



**APLICACIÓN DE PRONÓSTICOS Y TEORÍA DE FILAS DE ESPERA PARA EL SERVICIO DE
TRANSPORTE DE LA EMPRESA BUSS**

Análisis Cuantitativo de Negocios



Elias, Dunia-Lamarque, Santiago Javier - Pons Amún, Martina Oriana-Rizza Bosco, Ana Zoe

duniaelias01@gmail.com - santiagoolamarque@gmail.com-tinii.pons@gmail.com

zoerizza02@gmail.com



Índice

Resumen.....	3
Introducción.....	4
Situación Problemática.....	2
Preguntas de Investigación.....	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.....	5
Marco Metodológico.....	6
Marco Teórico.....	6
<i>Pronósticos.....</i>	<i>7</i>
<i>Teoría de filas de espera.....</i>	<i>7</i>
Aplicación.....	8
<i>Pronóstico.....</i>	<i>8</i>
<i>Filas de espera.....</i>	<i>12</i>
Recomendaciones.....	13
Conclusiones.....	14
Referencias.....	15



Resumen

El presente trabajo aplica herramientas de **análisis cuantitativo** de negocios al servicio de **transporte** público de pasajeros en San Miguel de Tucumán, tomando como caso de estudio a la empresa BUSS. El problema central es la incertidumbre en torno a la frecuencia de las unidades y los tiempos de espera de los usuarios.

El estudio se estructuró en dos etapas. En primer lugar, se aplicaron técnicas de **pronóstico** (promedio móvil y suavización exponencial) sobre la serie de demanda diaria de pasajeros para anticipar el comportamiento por tipo de día. En segundo lugar, se empleó la **teoría de filas de espera** mediante el modelo M/M/1 para evaluar la utilización del sistema y los **tiempos de espera** por franja horaria.

Los resultados muestran que el sistema opera con mayor utilización en los picos de los turnos mañana y noche. El trabajo evidencia que la variabilidad en la frecuencia de las unidades es el principal factor detrás de las esperas prolongadas y que la programación de refuerzos por franja y tipo de día constituye la palanca de mejora más efectiva.

Palabras clave: análisis cuantitativo, pronóstico, teoría de colas, transporte, tiempo de espera.

Introducción

El transporte constituye un servicio esencial para la movilidad diaria de la población. Su calidad depende, en gran medida, de la frecuencia de las unidades y de la capacidad del sistema para responder a una demanda que varía según los horarios y los días de la semana. En este contexto, las herramientas del análisis cuantitativo de negocios permiten transformar datos operativos en información útil para la toma de decisiones, anticipando la demanda, evaluando la congestión y midiendo el impacto de la incertidumbre sobre el servicio.

El presente trabajo, desarrollado en el marco de la asignatura Análisis Cuantitativo de Negocios, toma como unidad de análisis a la empresa BUSS, perteneciente al sistema de transporte de pasajeros de Tucumán. A partir de un relevamiento de campo en distintas franjas horarias, se aplican dos herramientas complementarias —pronósticos y teoría de filas de espera— con el fin de describir el funcionamiento del servicio y aportar recomendaciones orientadas a mejorar la frecuencia y la experiencia del usuario.

Situación Problemática

Empresas como BUSS enfrentan desafíos vinculados con la frecuencia de las unidades, los tiempos de espera y la variación de la demanda según horarios y días. En numerosas ocasiones los usuarios deben esperar períodos prolongados en las paradas o viajar en unidades sobrecargadas, especialmente en los horarios pico. A su vez, factores como el tránsito y las demoras generan incertidumbre en el funcionamiento del servicio y dificultan una adecuada planificación operativa.

Preguntas de Investigación

1. ¿Cuál es la demanda de pasajeros de la empresa BUSS según el tipo de día y la franja horaria?
2. ¿Cuál es el tiempo promedio de espera de los usuarios en las distintas franjas horarias del servicio?



3. ¿Qué nivel de congestión presenta el sistema de transporte en los horarios de mayor demanda?
4. ¿Cómo influye la frecuencia de las unidades en la calidad y eficiencia del servicio de transporte?

Objetivo General

Evaluar el funcionamiento operativo de la empresa BUSS mediante el estudio de la demanda de pasajeros, los tiempos de espera, la congestión y la frecuencia de las unidades, con el fin de evaluar la eficiencia del servicio de transporte.

Objetivos Específicos

- **Determinar** la demanda de pasajeros de la empresa BUSS mediante la cuantificación del flujo de usuarios, segmentando según el tipo de día y la franja horaria.
- **Estimar** el tiempo promedio de espera de los usuarios en el servicio a través de la medición de intervalos en las distintas franjas horarias.
- **Evaluar** el nivel de congestión del sistema de transporte en los horarios de mayor demanda para identificar los puntos de saturación del servicio.
- **Determinar** la influencia de la frecuencia de las unidades en la calidad y eficiencia del servicio de transporte mediante la comparación de los tiempos de recorrido y la satisfacción del usuario.

Marco Metodológico

La investigación adopta un enfoque cuantitativo (Hernández Sampieri et al., 2014), ya que se utilizan datos numéricos relativos a la cantidad de pasajeros, los tiempos de espera y la frecuencia de las unidades. El diseño es no experimental, descriptivo y aplicado: se observa y analiza el servicio tal como se presenta en su contexto natural, sin manipular variables, con el propósito de aplicar herramientas cuantitativas para evaluar posibles mejoras operativas. Asimismo, posee un carácter longitudinal de tendencia, dado que los datos corresponden a distintos momentos en el tiempo.

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia. Para el procesamiento y análisis se utilizaron la planilla de cálculo Microsoft Excel y el software QM for Windows para las técnicas de pronóstico y de filas de espera.

Marco Teórico

El análisis cuantitativo de negocios es, según Render, Stair y Hanna (2012), un enfoque científico para la toma de decisiones gerenciales, cuyo propósito es transformar datos en información significativa. Un modelo es una representación —habitualmente matemática— de una situación real, compuesto por variables (controlables y no controlables) y parámetros (cantidades que permanecen constantes dentro del modelo).

Pronósticos

Los pronósticos permiten estimar valores futuros a partir de datos históricos, reduciendo la incertidumbre y sirviendo de base para la planificación (Anderson et al., 2016). Entre los modelos de series temporales se encuentran el promedio móvil, que estima el período siguiente como el promedio de los últimos n períodos; el promedio móvil ponderado, que asigna mayor peso a los



datos más recientes; y la suavización exponencial, que pondera las observaciones con un factor α que decrece geométricamente hacia el pasado. La calidad de un pronóstico se evalúa con medidas de error como la desviación media absoluta (MAD) y el error porcentual absoluto medio (MAPE).

Teoría de filas de espera

La teoría de colas estudia el comportamiento de las líneas de espera dentro de un sistema (Anderson et al., 2016). El modelo M/M/1 supone llegadas que siguen un proceso de Poisson (tasa de llegada λ), tiempos de servicio exponenciales (tasa de servicio μ) y un único servidor. Sus principales indicadores son el factor de utilización $\rho = \lambda/\mu$; el número promedio de clientes en cola, $L_q = \lambda^2/(\mu(\mu-\lambda))$; el número promedio en el sistema, $L = \lambda/(\mu-\lambda)$; el tiempo promedio en cola, $W_q = \lambda/(\mu(\mu-\lambda))$; y el tiempo promedio en el sistema, $W = 1/(\mu-\lambda)$. El sistema es estable cuando $\rho < 1$.

Aplicada a una parada de colectivos, esta herramienta permite analizar la acumulación de pasajeros, la utilización del sistema y la capacidad de respuesta del servicio. Cabe señalar que el M/M/1 representa el servicio de embarque como un proceso continuo; dado que los colectivos llegan en intervalos discretos, el modelo capta principalmente la congestión en el embarque, mientras que la espera total percibida —gobernada por el intervalo entre unidades— se evalúa más adecuadamente mediante simulación.

Aplicación

Como se mencionó anteriormente, para el desarrollo del trabajo se utilizó una base de datos sobre la demanda de pasajeros por día y franja horaria provista por la empresa BUSS.



Figura N°1: Base de datos de la demanda de pasajeros por día y franja horaria de BUSS

Fecha	Día semana	Tipo de día	Franja	Horario	Pax/unidad	Unidades/hor a	Pax total (franja)	Ocupación (%)	Frecuencia (min)
07/05/2025	Miércoles	hábil	Mañana	07:00-09:00	45	10	900	80,4%	6
07/05/2025	Miércoles	hábil	Mediodía	12:00-14:00	30	7	420	53,6%	8,6
07/05/2025	Miércoles	hábil	Tarde	17:00-19:00	37	9	666	66,1%	6,7
07/05/2025	Miércoles	hábil	Noche	20:00-22:00	36	11	792	64,3%	5,5
08/05/2025	Jueves	hábil	Mañana	07:00-09:00	40	13	1040	71,4%	4,6
08/05/2025	Jueves	hábil	Mediodía	12:00-14:00	25	6	300	44,6%	10
08/05/2025	Jueves	hábil	Tarde	17:00-19:00	37	13	962	66,1%	4,6
08/05/2025	Jueves	hábil	Noche	20:00-22:00	36	11	792	64,3%	5,5
09/05/2025	Viernes	hábil	Mañana	07:00-09:00	41	14	1148	73,2%	4,3
09/05/2025	Viernes	hábil	Mediodía	12:00-14:00	27	9	486	48,2%	6,7
09/05/2025	Viernes	hábil	Tarde	17:00-19:00	41	9	738	73,2%	6,7
09/05/2025	Viernes	hábil	Noche	20:00-22:00	37	8	592	66,1%	7,5
10/05/2025	Sábado	sábado	Mañana	07:00-09:00	34	8	544	60,7%	7,5
10/05/2025	Sábado	sábado	Mediodía	12:00-14:00	24	6	288	42,9%	10
10/05/2025	Sábado	sábado	Tarde	17:00-19:00	33	8	528	58,9%	7,5
10/05/2025	Sábado	sábado	Noche	20:00-22:00	20	7	280	35,7%	8,6
11/05/2025	Domingo	domingo	Mañana	07:00-09:00	16	5	160	28,6%	12
11/05/2025	Domingo	domingo	Mediodía	12:00-14:00	15	3	90	26,8%	20
11/05/2025	Domingo	domingo	Tarde	17:00-19:00	21	8	336	37,5%	7,5
11/05/2025	Domingo	domingo	Noche	20:00-22:00	14	4	112	25,0%	15
12/05/2025	Lunes	hábil	Mañana	07:00-09:00	47	11	1034	83,9%	5,5
12/05/2025	Lunes	hábil	Mediodía	12:00-14:00	28	8	448	50,0%	7,5
12/05/2025	Lunes	hábil	Tarde	17:00-19:00	43	10	860	76,8%	6
12/05/2025	Lunes	hábil	Noche	20:00-22:00	35	10	700	62,5%	6

Fuente: Datos provistos por la empresa de transporte BUSS.

Pronóstico

Para pronosticar la demanda de la empresa BUSS para el período siguiente se utilizó el software QM.

Se trabajó con la franja horaria de la mañana (07:00–09:00), por constituir el período de mayor demanda del sistema y, por tanto, el más relevante para la planificación operativa. La unidad de medida es la cantidad de pasajeros por unidad observada en cada viaje relevado.

La serie se segmentó por tipo de día, dado que el comportamiento de la demanda difiere significativamente entre días hábiles, sábados y domingos. El análisis principal se realizó sobre los días hábiles (22 observaciones).

La serie registra un promedio de 44,00 pers./unidad, con un mínimo de 39 y un máximo de 49, lo que evidencia una variabilidad moderada en torno al valor de referencia del sistema.



Figura N°2: Base de datos filtrada por día hábil y franja horaria mañana

Período (t)	Fecha	Día semana	Horario	Pax/unidad (variable Y)	Ocupación (%)
1	07/05/2025	Miércoles	07:00-09:00	45	80,4
2	08/05/2025	Jueves	07:00-09:00	40	71,4
3	09/05/2025	Viernes	07:00-09:00	41	73,2
4	12/05/2025	Lunes	07:00-09:00	47	83,9
5	13/05/2025	Martes	07:00-09:00	39	69,6
6	14/05/2025	Miércoles	07:00-09:00	44	78,6
7	15/05/2025	Jueves	07:00-09:00	48	85,7
8	16/05/2025	Viernes	07:00-09:00	42	75
9	19/05/2025	Lunes	07:00-09:00	46	82,1
10	20/05/2025	Martes	07:00-09:00	43	76,8
11	21/05/2025	Miércoles	07:00-09:00	45	80,4
12	22/05/2025	Jueves	07:00-09:00	49	87,5
13	23/05/2025	Viernes	07:00-09:00	43	76,8
14	26/05/2025	Lunes	07:00-09:00	44	78,6
15	27/05/2025	Martes	07:00-09:00	41	73,2
16	28/05/2025	Miércoles	07:00-09:00	46	82,1
17	29/05/2025	Jueves	07:00-09:00	44	78,6
18	30/05/2025	Viernes	07:00-09:00	43	76,8
19	02/06/2025	Lunes	07:00-09:00	48	85,7
20	03/06/2025	Martes	07:00-09:00	40	71,4
21	04/06/2025	Miércoles	07:00-09:00	45	80,4
22	05/06/2025	Jueves	07:00-09:00	46	82,1

Fuente: Datos provistos por la empresa de transporte BUSS.

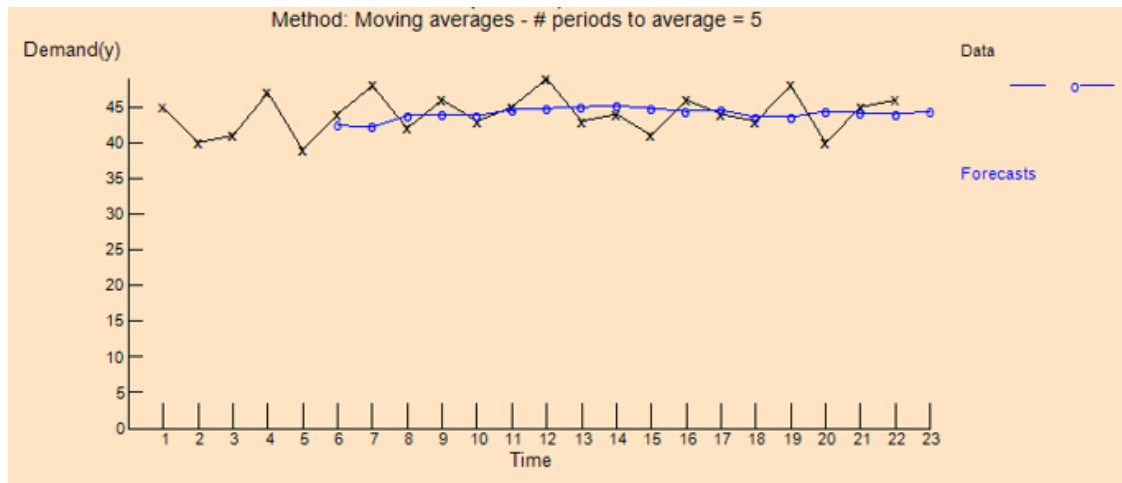
Para realizar esta proyección se implementó el método de promedio móvil con $n = 5$ (MM5). Este enfoque suaviza las fluctuaciones aleatorias de corto plazo, lo que permite identificar la tendencia subyacente de la ocupación y la demanda en la franja horaria más crítica del servicio.

Tabla N°1: Promedio móvil simple

PMS $n = 5$	
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	0,447
MAD (Mean Absolute Deviation)	2,235
MSE (Mean Squared Error)	7,553
Standard Error (denom= $n-2=15$)	2,926
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	4,99%
Forecast	
next period	44,4

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 1: Gráfico de línea del promedio móvil



Fuente: Obtenido mediante el software QM.

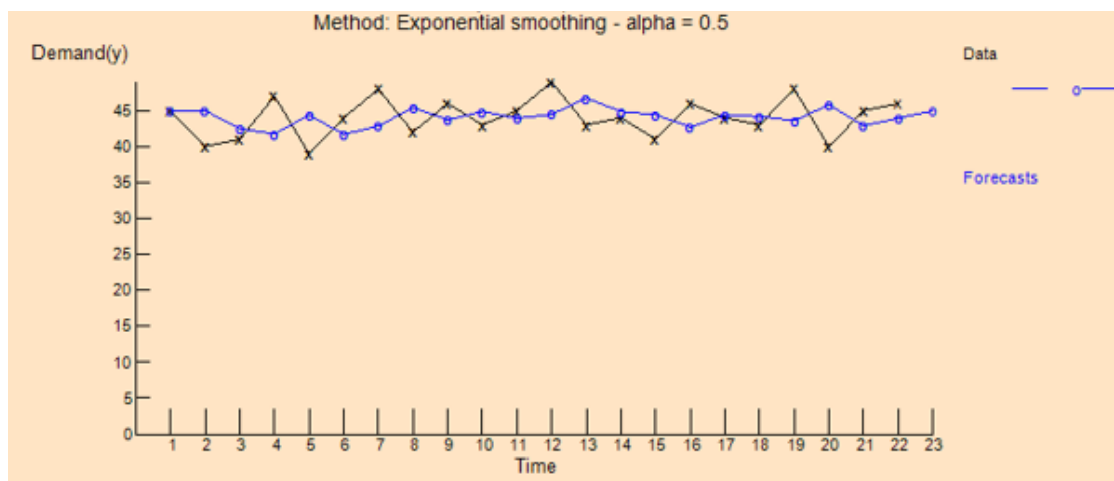
Tabla N°2: Suavizamiento exponencial con $\alpha = 0,5$

SE $\alpha = 0.5$	
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	-0,002
MAD (Mean Absolute Deviation)	3,094
MSE (Mean Squared Error)	12,294
Standard Error (denom=n-2=19)	368,60%
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	7,08%
Forecast	
next period	44,974

Fuente: Elaboración propia.



Gráfico N°2: Gráfico de línea del suavizamiento exponencial



Fuente: Obtenido mediante el software QM.

La alta precisión lograda en el modelo de pronóstico, respaldada por un MAPE de apenas el 4,99% y un MAD de 2,235 pasajeros, no es solo un dato estadístico; es la validación técnica que hace viable la propuesta de optimización de la empresa BUSS. Al demostrar que el comportamiento de la demanda matutina en días hábiles es altamente regular y predecible, la gerencia cuenta con un insumo analítico confiable para abandonar la programación rígida de frecuencias. Esta predictibilidad justifica operativamente la redistribución de la flota, permitiendo planificar con certeza el traspaso de unidades desde los períodos ociosos hacia los picos matutinos sin riesgo de desabastecer otras franjas.

Filas de espera

Para este estudio se aplicó la teoría de colas, utilizando un modelo matemático de líneas de espera que permite simular y evaluar el comportamiento de los usuarios (pasajeros) desde que llegan a la parada o terminal hasta que son atendidos (suben a la unidad). A través del software QM for Windows se introdujeron las variables críticas del sistema: la tasa de llegada, que representa la demanda de pasajeros por unidad de tiempo, y la tasa de servicio, que mide la capacidad y la velocidad de absorción del flujo de usuarios por parte del sistema de transporte.

Para realizar la aplicación se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

Tasa de llegadas (λ): 44 pasajeros por hora.

Tasa de servicio (μ): 50 pasajeros por hora.

Cantidad de servidores: 1.

Tabla N°3: Indicadores de desempeño del sistema

Parameter	Value	Parameter	Value	Minutes	Seconds
M/M/1 (exponential service times)		Average server utilization	0,88		
Arrival rate(λ)	44	Average number in the queue(L_q)	6,45		
Service rate(μ)	50	Average number in the system(L)	7,33		
Number of servers	1	Average time in the queue(W_q)	0,15	8,8	528
		Average time in the system(W)	0,17	10	600

Fuente: Obtenido mediante el software QM.



Los indicadores de desempeño de la Tabla N°3 diagnostican con precisión matemática el origen de las ineficiencias del servicio de BUSS en el turno mañana. Un factor de utilización del 88% ($\rho=0,88$) sitúa al sistema en una zona crítica de saturación donde cualquier pequeña fluctuación en las llegadas dispara de forma no lineal los tiempos de espera. Que un usuario deba esperar en promedio 8,8 minutos (W_q) en una fila que promedia las 6,45 personas (L_q) representa un fuerte deterioro en la percepción de calidad del servicio. Estos resultados cuantitativos fundamentan de manera directa la necesidad de elevar la tasa de servicio ($\mu=50$ pas./hora) incrementando la frecuencia de despacho de unidades en esa franja horaria para desplazar el factor de operación hacia niveles óptimos y seguros (cercanos al 75% o 80%).

Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos mediante la aplicación de los modelos de pronóstico y teoría de filas de espera, se proponen las siguientes recomendaciones orientadas a mejorar la eficiencia operativa del servicio de transporte de la empresa BUSS y la experiencia de los usuarios:

1. Incrementar la frecuencia de las unidades en los horarios de mayor demanda, especialmente entre las 07:00 y las 09:00 horas. Esta medida permitiría aumentar la capacidad de atención del sistema, reducir los tiempos de espera y disminuir el nivel de congestión observado en dicha franja horaria.
2. Redistribuir la flota de acuerdo con los patrones de demanda identificados. Considerando que los días hábiles presentan una afluencia significativamente superior a la de los fines de semana, resulta conveniente reasignar recursos hacia los períodos de mayor utilización para optimizar el aprovechamiento de las unidades disponibles.
3. Implementar mecanismos de información en tiempo real sobre la llegada de las unidades. La difusión de tiempos estimados de arribo mediante aplicaciones móviles, paneles informativos o canales digitales contribuiría a reducir la incertidumbre de los usuarios y mejorar su percepción sobre la calidad del servicio.
4. Realizar un monitoreo periódico de la demanda y de los indicadores de desempeño del sistema. La actualización constante de la información permitiría ajustar la programación de frecuencias de manera más precisa y responder oportunamente a cambios en los patrones de movilidad de los pasajeros.
5. Considerar la aplicación de estudios complementarios que incorporen otras variables operativas, como el impacto del tránsito, las condiciones climáticas o las variaciones estacionales, con el fin de lograr una planificación más integral y eficiente del servicio.

Conclusiones

A partir del presente trabajo, fue posible analizar el funcionamiento operativo de la empresa BUSS mediante la aplicación de herramientas de pronóstico y teoría de filas de espera, permitiendo obtener información relevante para la toma de decisiones orientadas a mejorar la calidad del servicio.



En relación con la demanda de pasajeros, se observó una marcada variación según el tipo de día y la franja horaria. Los días hábiles, especialmente en el turno mañana (07:00–09:00), concentran los mayores niveles de ocupación, evidenciando la necesidad de una planificación diferenciada de los recursos en función de la demanda.

Asimismo, el modelo de pronóstico implementado mediante promedio móvil de cinco períodos (MM5) demostró una alta precisión para representar la demanda matutina en días hábiles. Con un MAD de 2,235 pasajeros y un MAPE de 4,99 %, se comprobó que el comportamiento de la demanda presenta un patrón relativamente estable y predecible, convirtiéndose en una herramienta útil para la programación operativa y la asignación eficiente de unidades.

Por otra parte, el análisis de filas de espera permitió identificar situaciones de congestión en los horarios de mayor demanda. El factor de utilización del sistema ($\rho = 0,88$) evidencia un nivel de operación cercano a la saturación, generando filas promedio de 6,45 pasajeros y tiempos de espera de aproximadamente 8,8 minutos. Estos resultados reflejan un impacto negativo sobre la percepción de calidad del servicio por parte de los usuarios.

Finalmente, los hallazgos obtenidos permiten concluir que la frecuencia de las unidades constituye uno de los factores más relevantes para la eficiencia del sistema de transporte. En este sentido, una adecuada redistribución de la flota y el refuerzo de la frecuencia en los horarios pico podrían contribuir significativamente a reducir los tiempos de espera, disminuir la congestión y mejorar la experiencia de los pasajeros.

Referencias

- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T. A., Camm, J. D., Cochran, J. J., Fry, M. J. y Ohlmann, J. W. (2016). *Métodos cuantitativos para los negocios* (13.ª ed.). Cengage Learning.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Render, B., Stair, R. M. y Hanna, M. E. (2012). *Métodos cuantitativos para los negocios* (11.ª ed.). Pearson Educación.