

# Metodología aplicada para el pronóstico de demanda de fondo de cambio en empresas de retail

## Applied methodology for the exchange of fund demand forecast in retail companies

David Rodríguez, Alexander Gómez

Revista

**CONTEXTO**

ISSNPrint: 2339-3084  
ISSN (E): 2346-0784

<http://contexto.ugca.edu.co>

Investigación

*David Rodríguez*

davidrodriguez@itm.edu.co

*Alexander Gomez*

Alexandergo12@hotmail.com

Revista Contexto  
Universidad La Gran Colombia  
Colombia  
ISSN: 2339-3084  
ISSN-e: 2346-0784  
Periodicity: Semestral  
no. 9, 2020  
<http://contexto.ugca.edu.co>

citar:

Gómez, A., Rodríguez, D. (2020) Metodología aplicada para el pronóstico de demanda de fondo de cambio en empresas de retail. Contexto, 9, 33-45.

Received: 26 octubre 2020 Accepted:  
20 November 2020

### Resumen

El proceso de remisión de dinero de baja denominación para las cajas de los almacenes de cadena determina cuánto dinero y cuales denominaciones debe haber para ofrecer de forma óptima el cambio a los clientes en sus compras, este proceso logístico es intuitivo y se basa de los valores inmediatamente anteriores presentando sobrecostos al no establecer medidas de predicción precisas para el destino de recursos. Un método adecuado para establecer un proceso de pronóstico de las series de demanda son los modelos de suavizamiento exponencial que permiten conocer la demanda semanal de efectivo, garantizando la medición de los inventarios requeridos máximos de solicitud de dinero de baja denominación sin generar sobre costos en la operación, adicionalmente se exploraron métodos estadísticos que simularon escenarios sobre la misma demanda robusteciendo el proceso por medio de Valor en Riesgo (VaR) (Value at Risk). El resultado arrojó que el modelo óptimo fue el suavizamiento exponencial simple para todas las series, que en conjunto con el análisis de simulación indicaron que el esperado de demanda para el almacén de cadena era de 192 millones de pesos con desviación de 6 millones de pesos, identificando la eficiencia de la herramienta.

**Palabras clave:** Suavizamiento exponencial, gestión de inventarios, suavizamiento simple, simulación de Montecarlo.

**Código JEL:** C01, C02, C13, C15, C22

### Abstract

The low value currency distribution on retail stores let know the available delivery demand to offer optimally the customers' exchange in their purchases, this process is intuitive and based on the immediately previous demand showing cost overruns by not establishing precise measures for the resource's destination. A suitable method to forecast the demand series are the exponential smoothing models, those allow knowing the weekly cash demand, guaranteeing the measurement of the maximum required inventories for requesting low-denomination money without generating overhead costs. Further the model, the statistical methods were explored that simulated scenarios on the same demand, strengthening the process through Value at Risk (VaR) (Value at Risk). The research outcome showed the optimal model was the simple exponential smoothing for all the series, which together with the simulation analysis indicated that the expected demand for the chain store was 192 million pesos with a deviation of 6 million pesos, identifying the efficiency of the tool.

**Keywords:** Exponential smoothing, inventory management, simple smoothing, Monte Carlo simulation.  
tion of the capital, ortodoxia, appreciation.

## Introducción

Para las compañías de retail (supermercados o hipermercados) el proceso de logística de valores (entiéndase como la operación de envío de dinero en efectivo de baja denominación a las sedes o sucursales) depende de la atención a las solicitudes de demanda de efectivo registrada semanalmente por parte de las sucursales de venta de la entidad, con estos recursos se devuelve el cambio a los clientes en el momento en que realizan una compra en efectivo; al momento de la solicitud los montos son una aproximación al valor que realmente pueden necesitar, generando un déficit que se corrige con una solicitud de préstamo a entidades financieras que ofrecen este servicio de cobertura, por tanto, debido a las inconsistencias de solicitudes se generan los siguientes problemas 1) poco control del manejo de los inventarios monetarios para suplir la demanda y 2) un incremento del gasto operacional, 3) sobre ejecución de los fondos presupuestados.

Este problema realmente se evidencia en trabajos enfocados en dirigidos a la logística y optimización de inventarios y bienes de consumo que tienen el mismo componente de investigación, y, que por medio de metodologías de análisis de comportamiento de inventario, análisis de series de tiempo o procesos de suavizamiento que permiten predecir el movimiento del inventario en un tiempo, como se evidencia en los trabajos de Este enfoque permite generar un control directo a los costos operacionales, un manejo claro de la demanda solicitada para en cada tiempo futuro reestablecer el comportamiento de la serie y ser preciso en la estimación. Es por esto, que soluciones propuestas al anterior problema, se encuentran en Vidal (2005) (Pérez-Vergara, Cifuentes-Laguna, Vásquez-García, & Ocampo, 2013), (Gutiérrez & Vidal, 2008) y (Gomez & Rendon, 2018) consiste en el poco tiempo que se da en la operación para cubrir la demanda de efectivo de los almacenes de la cadena distribuidos a nivel nacional, generando incrementos de gastos operacionales. Este proyecto busca por medio de la aplicación y análisis de resultados de una serie de modelos estadísticos, determinar el modelo más adecuado que permita pronosticar la demanda semanal de efectivo de baja denominación solicitado por los almacenes; con el fin de optimizar el proceso y definir unos niveles de stock de seguridad que permitan garantizar el abastecimiento en 100% de la demanda de efectivo (Gomez & Rendon, 2018 quienes tomaron métodos de gestión de inventarios que garantizan el nivel óptimo de demanda, el control de inventarios y el pronóstico de series.

Pero, la predicción de demanda solo muestra un escenario de medición que puede no ser en ciertas situaciones el más adecuado, la investigación de Ramírez-Reyes & Manotas-Duque (2014) demuestra que un análisis simulado de escenarios requiere analizar la variable endógena usando sus criterios de distribución evaluados en metodología, Value At Risk (VaR), permitiendo optimizar el resultado teniendo en cuenta la simulación de dichos parámetros de distribución tomados como eventos exógenos.

La presente investigación busca desarrollar una aplicación de pronóstico de la serie de demanda de moneda de baja denominación para una empresa de Retail colombiana, para este estudio se analizan 80 semanas de demanda consecutivas para obtener un modelo de suavizamiento exponencial como se propone en (Gutiérrez & Vidal, 2008) y (Gomez & Rendon, 2018) consiste en el poco tiempo que se da en la operación para cubrir la demanda de efectivo de los almacenes de la cadena distribuidos a nivel nacional, generando incrementos de gastos operacionales. Este proyecto busca por medio de la aplicación y análisis de resultados de una serie de modelos estadísticos, determinar el modelo más adecuado que permita pronosticar la demanda semanal de efectivo de baja denominación solicitado por los almacenes; con el fin de optimizar el proceso y definir unos niveles de stock de seguridad que permitan garantizar

el abastecimiento en 100% de la demanda de efectivo.(Gomez & Rendon, 2018, que permitió evaluar el modelo adecuado y estableció que un análisis de las series por medio de modelos de suavizamiento exponencial simple permite acotar un pronóstico de la demanda acertado según los estándares metodológicos, además de generar los niveles de stock de seguridad óptimos que garantizan el aprovisionamiento al cambio semanal con menor sesgo, cuyos resultados preliminares fueron posteriormente evaluados por medio de simulación de Montecarlo para Value At Risk (VaR) y establece no solamente el valor esperado optimizado de la semana 88, también permite identificar el rango inferior y superior esperados para tomar políticas de stock internas. Con este procedimiento se logró ahorrar un 35% en costo de la demanda esperada.

## Marco referencial

Para identificar la descripción teórica de este estudio, se debe comprender 1) el concepto de la demanda, 2) el análisis y construcción de los modelos de demanda, 3) el análisis de Value At Risk para la demanda.

Respecto al análisis sobre la teoría de la demanda se puede ubicar en la teoría microeconómica del mercado (oferta – demanda) descrita por Marshall (1890), Varian (1999), Pindyck & Rubinfeld (2009), Corchuelo & Quiroga (2014), Jaén-García, Carretero, Amate, & Piedra (2014), Aguado Franco (2014), que permiten identificar las aplicaciones de la teoría de la demanda y su comportamiento en el mercado, y que pueden ser totalmente aplicables en la demanda de efectivo de baja denominación contra la oferta de la moneda presupuestada para cada almacén, para este caso en particular, se tendrá como referente que la demanda es aquel componente de solicitud de las sedes de la entidad de cadena y que la oferta depende de ellas al momento de ser solicitada.

Complementando lo anterior, Vidal (2005), Gutiérrez & Vidal (2008); Pérez-Vergara, Cifuentes-Laguna, Vásquez-García, & Ocampo (2013) manifiestan que es requerido establecer un equilibrio de mercado por medio de un proceso logístico que garantice la gestión de inventarios y un nivel óptimo de materiales y/o productos que sean capaces de incrementar al máximo la rentabilidad de los recursos financieros que se han invertido para su formación o composición. En dicha gestión es necesaria la creación de stock o niveles de inventarios que permitan garantizar el abastecimiento frente a variaciones y estacionalidades de la demanda, condiciones económicas e inconvenientes que se puedan presentar con los proveedores. Para tal caso, se identifican los siguientes tipos de Stock: 1) stock de ciclo, 2) stock de seguridad 3) stock de anticipación: 4) stock en tránsito 5) stock promoción.

Para identificar los modelos adecuados de predicción de la demanda, Vidal (2005) y Gutiérrez & Vidal (2008), Hanke & Wichern (2010) y Ferrer & Valderromo Villarroel (2012), muestran metodologías matemáticas y estadísticas que buscan predecir y proyectar un acontecimiento a partir del estudio de datos históricos (de series de tiempo) usando esencialmente métodos de suavizamiento exponencial simple, doble o triple (método Winters),

Finalmente, para la verificación del riesgo del valor de la demanda estimada, según (Scheid & Di Constanzo, 1991) y (Johnson, 2005) los procesos de simulación Monte Carlo VaR (*Value at Risk*), proviene de la necesidad de cuantificar con determinado nivel de significancia o incertidumbre el monto o porcentaje de pérdida o riesgo financiero de un portafolio o una inversión en un periodo de tiempo determinado. Dicho de otra forma, el VaR establece la pérdida máxima que podría llegar a tener una inversión dentro de un tiempo determinado.

Dado un nivel de confianza  $(1 - \alpha)$ , normalmente del 95% o 99%. Para el caso aplicado, se determinará que las series corresponderán a una distribución log normal en los procesos simulados, Lee, Lee, & Lee (2010) muestran que los precios o valores discretos de una serie de tiempo económica tiene este tipo de comportamientos, y que habitualmente tienen factores truncados en valores estrictamente positivos.

### Metodología aplicada

Figura 1

Metodología aplicada para el estudio.

Analisis de datos	Aplicación y resultados	VaR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis estadístico de las series de moneda</li> <li>• Analisis ADF Test a 3 niveles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación del modelo óptimo</li> <li>• Identificación de stock de seguridad y nivel de inventario</li> <li>• Ajuste y pronóstico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulación de los factores identificados para determinar VaR en la serie de inventarios futura.</li> </ul>

Este estudio utiliza un tipo de investigación cuantitativa - evaluativa; buscando identificar el manejo de un método matemático de predicción en el histórico de datos de la demanda de efectivo de baja denominación a fin de evaluar su funcionamiento en el pronóstico mismo e identificar el valor promedio cercano para cada denominación.

Para su desarrollo (Figura 1), se parte del análisis del comportamiento de los datos de cada denominación para identificar si las demandas comprenden los componentes clásicos de una serie de tiempo: 1) Ciclo, 2) Tendencia, 3) Estacionalidad por medio de pruebas clásicas estadísticas y test de Dickey-Fuller Aumentado (ADF). Con este proceso se determina la existencia de dichos componentes a fin de garantizar el manejo adecuado de cada serie. Cabe aclarar, que los diferentes métodos de suavizamiento exponencial responden a los componentes de una serie de tiempo y por tanto estas pruebas son ideales para determinar el uso del mejor método.

Al momento de estimar cada modelo óptimo según las pruebas anteriores, y, según lo expresado por Vidal (2005), se procede con un análisis stock de seguridad y un nivel de inventario de acuerdo al método óptimo que garantice un abastecimiento de los fondos en baja denominación, cuyo objetivo sea el establecer aprovisionamiento máximo ante la incertidumbre ocasionada principalmente por la demanda o las fuentes de suministros del cambio.

Finalmente, para determinar el valor esperado de demanda, e identificar un proceso de riesgo adicional al presentado por Vidal (2005), se realizó un análisis de valor en riesgo con simulación de Montecarlo usando distribución Log - Normal por la naturaleza de la demanda que es siempre positiva, adicionalmente, se efectuó un truncamiento de los valores presupuestados, dado a que dicha función no es infinita positiva y debe ser controlada por los valores de inventario máximo a fin de establecer el real valor esperado, el monto mínimo y el monto máximo de demanda de dinero, simulado a un millón de iteraciones.

## Resultados

Se tomó como muestra los almacenes de cadena de la ciudad de Medellín, dicha ciudad cuenta con un total de 18 almacenes los cuales se abastecen de acuerdo a una clasificación determinada de acuerdo al tamaño y venta de cada almacén, para el estudio se tomarán 4 de ellos teniendo en cuenta la información de la Tabla 1, siendo los de mayor participación en la ciudad referente a la concentración en la demanda. De estos cuatro almacenes se trabajará con 88 semanas de información para cada denominación.

Tabla 1.  
Participación de la Demanda total por almacén

ALMACENES MEDELLÍN	PARTICIPACIÓN (Tamaño – venta)
Almacén 1	16%
Almacén 2	15%
Almacén 3	16%
Almacén 4	32%
Otros Almacenes	21%

### 4.1. Análisis estadístico para la demanda de los cuatro almacenes

En la Tabla 2 se evidencia la composición estadística de las monedas de baja denominación en la demanda de 88 semanas trabajadas para uno de los cuatro almacenes que tienen gran participación en la ciudad.

Tabla 2.

Estadística descriptiva de la demanda de baja denominación de los almacenes por unidades solicitadas.<sup>1</sup>

Almacén	Denominación	Media	Max	Des-vest	Coef var	Almacén	Denominación	Media	Max	Desvest	Coef var
1	<b>M50</b>	19.907	56	13.084	0.67	3	<b>M50</b>	4.805	12	3.206	0.667
	<b>M100</b>	14.023	50	14.734	1.062		<b>M100</b>	5.207	12	3.13	0.601
	<b>M200</b>	10.349	36	8.85	0.867		<b>M200</b>	3.241	8	1.83	0.565
	<b>M500</b>	8.919	25	7.582	0.862		<b>M500</b>	2.554	7	1.958	0.767
	<b>M1000</b>	442	22	2.56	5.829		<b>M1000</b>	839	3	7.45	0.888
	<b>B1000</b>	721	10	1.895	2.646		<b>B1000</b>	121	3	482	3.994
	<b>B2000</b>	10.463	26	5.304	0.521		<b>B2000</b>	2.215	6.9	1.159	0.523
	<b>B5000</b>	5.664	19.6	2.679	0.488		<b>B5000</b>	725	3	590	0.814

1. Para identificar las denominaciones se llamarán M a las monedas acuñadas y B a los billetes o papel moneda

2	<b>M50</b>	4.092	20	4.147	0.722	4	<b>M50</b>	4.092	20	4.147	1.014
	<b>M100</b>	4.368	14	3.983	0.791		<b>M100</b>	4.368	14	3.983	0.912
	<b>M200</b>	3.874	9	2.128	0.649		<b>M200</b>	3.874	9	2.128	0.549
	<b>M500</b>	2.471	8	2.287	0.697		<b>M500</b>	2.471	8	2.287	0.925
	<b>M1000</b>	1.816	12	2.11	9.327		<b>M1000</b>	1.816	12	2.11	1.162
	<b>B1000</b>	-	-	-	-		<b>B1000</b>	-	-	-	-
	<b>B2000</b>	3.351	8.9	1.214	0.553		<b>B2000</b>	3.351	8.9	1.214	0.362
	<b>B5000</b>	3.189	10.1	1.365	0.519		<b>B5000</b>	3.116	10.1	1.432	0.46

Nota: El valor mínimo para este proceso es Cero unidades demandadas para todos los casos

Se identifica que tanto las monedas como billetes de 1000 pesos tienen un coeficiente de variación superior a 100%, determinado por la volatilidad presentada en las series, dada por las cantidades poco demandadas de estas unidades monetarias. Respecto a las series monetarias de cuantías como 50, 100 y 200 presentan volatilidades un poco más concentradas dadas que son monedas de alta rotación. Respecto a las denominaciones de 2000 y 5000 si bien su coeficiente de variación es inferior a 0.5, es evidente que son las series menos volátiles con respecto al total de las series demandadas.

### Aplicación de los modelos de suavizamiento exponencial.

Para determinar el modelo óptimo de suavizamiento exponencial se usó test de Dickey-Fuller Aumentado para determinar si las series de datos contienen estacionalidad y tendencia. Los resultados de las denominaciones se aprecian en la Tabla 3.

Tabla 3.

Test Dickey - Fuller Aumentado<sup>2</sup> para cada denominación.

Almacén		1		2		3		4	
Lag		0	1	0	1	0	1	0	1
<b>M50</b>	ADF	-2,681	-1,808	-4,102	-2,214	-2,418	-2,052	-6,295	-2,923
	p.va-lue	0,01	<b>0,07</b>	0,01	0,027	0,018	0,041	0,01	0,01
<b>M100</b>	ADF	-3,849	-2,967	-4,199	-2,567	-2,025	-1,704	-5,032	-2,612
	p.va-lue	0,01	0,01	0,01	0,012	0,044	<b>0,086</b>	0,01	0,01
<b>M200</b>	ADF	-3,800	-2,796	-3,188	-1,829	-2,518	-2,290	-3,452	-2,080
	p.va-lue	0,01	0,01	0,01	<b>0,068</b>	0,014	0,023	0,01	0,039
<b>M500</b>	ADF	-3,188	-2,065	-3,229	-1,727	-2,489	-1,995	-4,811	-2,794
	p.va-lue	0,01	0,040	0,01	<b>0,083</b>	0,015	0,046	0,01	0,01
<b>M1000</b>	ADF	-9,219	-6,060	-9,220	-6,442	-3,298	-2,345	-6,316	-3,784
	p.va-lue	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,021	0,01	0,01

2. Tipo 1: No deriva, No tendencia

<b>B1000<sup>1</sup></b>	ADF	-6,871	-4,343	-3,983	-1,680	-6,376	-4,319	N/A	N/A
	p.va-lue	0,01	0,01	0,01	<b>0,089</b>	0,01	0,01	N/A	N/A
<b>B2000</b>	ADF	-3,027	-2,039	-3,130	-2,348	-3,228	-1,807	-2,588	-1,364
	p.va-lue	0,01	0,04	0,01	0,021	0,01	<b>0,071</b>	0,011	<b>0,189</b>
<b>B5000</b>	ADF	-2,982	-2,116	-2,989	-2,194	-3,957	-2,653	-3,083	-1,846
	p.va-lue	0,01	0,03	0,01	0,029	0,01	0,010	0,01	<b>0,065</b>

Se observa que algunas series de demanda presentan posibles condiciones de tendencia dado que su P-valor es superior a 5% indicando que hay sospecha de estacionalidad en las series, por lo cual, a dichas variables se les hace una extensión del test con pruebas del test Dickey - Fuller Aumentado como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4.

Test Dickey - Fuller Aumentado Tipo 2 y Tipo 3 para las denominaciones con p-valor superior a 5%.

		lag 0	Tipo 2 <sup>2</sup>		Tipo 3 <sup>3</sup>		
			1	0	1		
Almacén	1	<b>M50</b>	ADF	-5,01	-3,22	-6,67	-4,51
			p.value	0,01	0,023	0,01	0,01
	2	<b>M200</b>	ADF	-7,04	-4,4	-7,17	-4,44
			p.value	0,01	0,01	0,01	0,01
	2	<b>M500</b>	ADF	-6,8	-4,33	-7,29	-4,59
			p.value	0,01	0,01	0,01	0,01
	3	<b>B1000</b>	ADF	-4,93	-2,13	-7,39	-2,83
			p.value	0,01	0,279	0,01	0,234
	3	<b>M100</b>	ADF	-4,57	-3,09	-5,73	-3,53
			p.value	0,01	0,033	0,01	0,0441
	4	<b>B2000</b>	ADF	-9,56	-5,21	-9,59	-5,31
			p.value	0,01	0,01	0,01	0,01
	4	<b>B2000</b>	ADF	-10,7	-7,01	-10,7	-6,96
			p.value	0,01	0,01	0,01	0,01
4	<b>B5000</b>	ADF	-9,94	-7,62	-9,88	-7,55	
		p.value	0,01	0,01	0,01	0,01	

La tabla anterior muestra que las series con revisión de deriva sin tendencia tienen p-valor inferior a 5% mostrando la corrección de la prueba, por lo tanto, estas series tienen un valor de intercepto mas no presentan tendencias o estacionalidad.

## Pronóstico de demanda y de stock de seguridad

Identificada la no tendencia o estacionalidad de las series de demanda, se elige el modelo de suavizamiento exponencial simple (SES) para pronosticar la demanda según las especificaciones que propone el método que se presenta en la ecuación [1]. En este se encuentra que  $\alpha$  es el valor de constante de suavización y  $S_T$  es el pronóstico realizado al final del periodo .

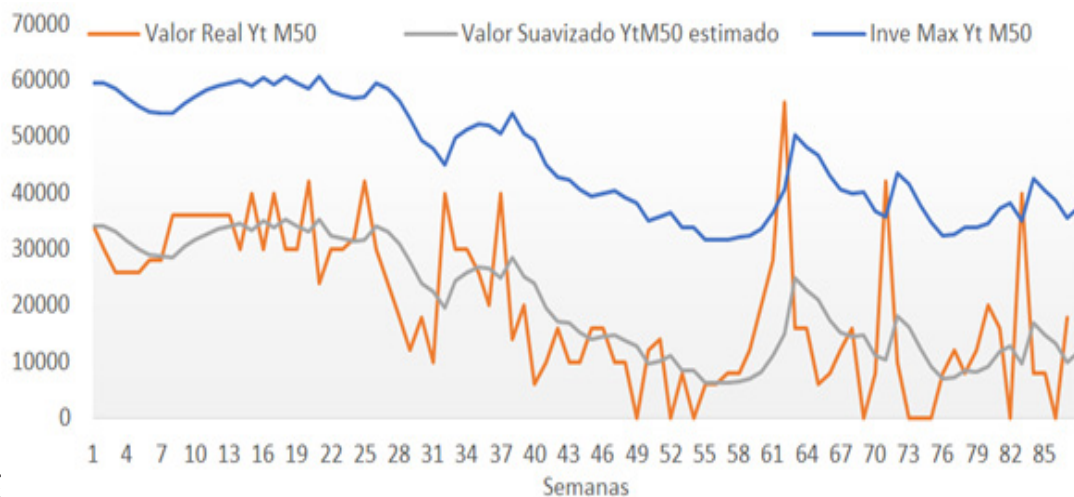
$$S_T = \alpha \sum_{k=0}^{T-1} (1 - \alpha)^k x_T + (1 - \alpha)S_{T-1}$$

Adicionalmente, para identificar el inventario o stock de seguridad como lo plantea Vidal (2005) como se muestra en la ecuación [2]. En este se involucra  $k$  como la distribución normal estándar de nivel de servicio al 95%;  $\sigma_L$  como la desviación estándar estimada del MAD (Error Absoluto Medio) multiplicado por  $L$  y  $L$  como el tiempo de reposición de la demanda.

$$IS = k\sigma_L\sqrt{L}$$

La Error: no se encontró el origen de la referencia muestra la aplicación del modelo SES en la serie M50 del almacén 1 se observa que el pronóstico reacciona ante las volatilidades de la demanda, identificando un óptimo de 0,24087<sup>3</sup>, un pronóstico de  $S_T = 11.941$  Unidades, y un stock de seguridad al 95% = 17.079 unidades, lo cual daría un  $S_T + IS = 29.021$  unidades de monedas de 50 COP.

Figura 1.  
Comparación Demanda Real VS Pronostico Simple M50 Almacén 1.



sismo” en el sistema de pronósticos, al responder de manera acelerada a las fluctuaciones del proceso, mientras que valores muy pequeños, menores que 0.01, no responden adecuadamente a posibles cambios reales del proceso.”



Para el resto de casos, se evidencia que las series M500 (almacén 1), B1000 (almacén 2), M50, M100, M200, M500 y M1000 (almacén 3) las cuales presentan parámetros superiores a 0,3, indicando que las series del almacén 3 pueden ser más susceptibles a los cambios y su pronóstico sea más volátil en el tiempo.

Tabla 5.

Resultados de método de Suavizamiento Exponencial Simple aplicado para los cuatro almacenes en unidades demandadas al 95% de confianza.

Almacén	Denominación	Alpha (	Pronostico	Stock seguridad	Invent max	MAD*
1	<b>M50</b>	0,24	11.941	17.079	29.021	7.619,19
	<b>M100</b>	0,23	15.909	21.033	36.943	8.748,71
	<b>M200</b>	0,28	12.546	14.144	26.690	5.727,92
	<b>M500</b>	0,34	8.235	10.500	18.735	4.369,18
	<b>M1000</b>	0,01	291	4.223	4.514	582,99
	<b>B1000</b>	0,16	401	3.077	3.478	1.110
	<b>B2000</b>	0,14	9.477	8.956	18.434	4.106,93
	<b>B5000</b>	0,19	4.969	4.684	9.654	2.007,89
2	<b>M50</b>	0,18	19.261	32.062	51.323	15.326,78
	<b>M100</b>	0,11	23.635	34.587	58.222	18.454,68
	<b>M200</b>	0,26	27.647	30.049	57.696	13.751,19
	<b>M500</b>	0,28	28.562	26.024	54.586	12.176,88
	<b>M1000</b>	0,00	-	2.123	2.123	137,93
	<b>B1000</b>	0,33	774	866	1.640	292
	<b>B2000</b>	0,15	17.238	20.441	37.679	9.589,88
	<b>B5000</b>	0,13	10.122	9.607	19.729	4.281,43
3	<b>M50</b>	0,45	3.570	4.488	8.058	2.161,72
	<b>M100</b>	0,60	4.117	4.144	8.262	1.786,25
	<b>M200</b>	0,45	3.316	3.126	6.443	1.405,16
	<b>M500</b>	0,52	2.425	2.701	5.127	1.266,60
	<b>M1000</b>	0,45	1.025	1.160	2.186	516,42
	<b>B1000</b>	0,29	0.00	797	797	189
	<b>B2000</b>	0,15	2.057	1.973	4.030	951,56
	<b>B5000</b>	0,28	454	949	1.404	444,01
4	<b>M50</b>	0,24	4.442	7.567	12.009	3.526,33
	<b>M100</b>	0,10	5.274	6.399	11.674	3.050,87
	<b>M200</b>	0,08	3.155	3.656	6.812	1.596,90
	<b>M500</b>	0,20	2.756	3.973	6.730	1.994,39
	<b>M1000</b>	0,08	1.529	3.672	5.202	1.680,88
	<b>B1000</b>	0,80	-	-	-	-
	<b>B2000</b>	0,05	3.232	2.063	5.296	928,51
	<b>B5000</b>	0,06	2.879	2.393	5.273	1.060,89

\* MAD: Error Absoluto Medio

Tomando el total de la información anterior, la , muestra los resultados de acuerdo a los pronósticos de demanda realizados para cada uno de los almacenes de la muestra seleccionada, se identificó que con una probabilidad del 95% la demanda esperada total sería por valor de \$ 197'337.975 COP para la demanda , de los cuales \$ 40'024.099 COP sería en Monedas y \$ 157'313.876 COP serían en Billetes.

Tabla 6.

Demanda Total (4 almacenes) proyectada e Inventario Máximo – Fondo Ciudad Medellín

Denominación			Stock Seguridad	Inv. Máx	D Proyectada 95%	Inventario Max \$
<b>M50</b>	39.215	37.088.9	53.630	92.845	\$ 1'960.728	\$ 4'642.250
<b>M100</b>	48.937	40.099	59.764	108.701	\$ 4'893.664	\$ 10'870.100
<b>M200</b>	46.666	30.894	47.319	93.985	\$ 9'333.138	\$ 18'797.000
<b>M500</b>	41.980	26.180	39.225	81.205	\$ 20'990.128	\$ 40'602.500
<b>M1000</b>	2.846	6.774	7.506	10.353	\$ 2'846.441	\$ 10'353.000
<b>B1000</b>	1.175	2.873	4.740	5.915	\$ 1'174.728	\$ 5'915.000
<b>B2000</b>	32.005	20.262	33.433	65.439	\$ 64'010.498	\$ 130'878.000
<b>B5000</b>	18.426	10.687	17.634	36.060	\$ 92'128.650	\$ 180'300.000
<b>TOTAL</b>	231.249	174.859	263.250	494.503	\$ 197'337.975	\$ 402'357.850

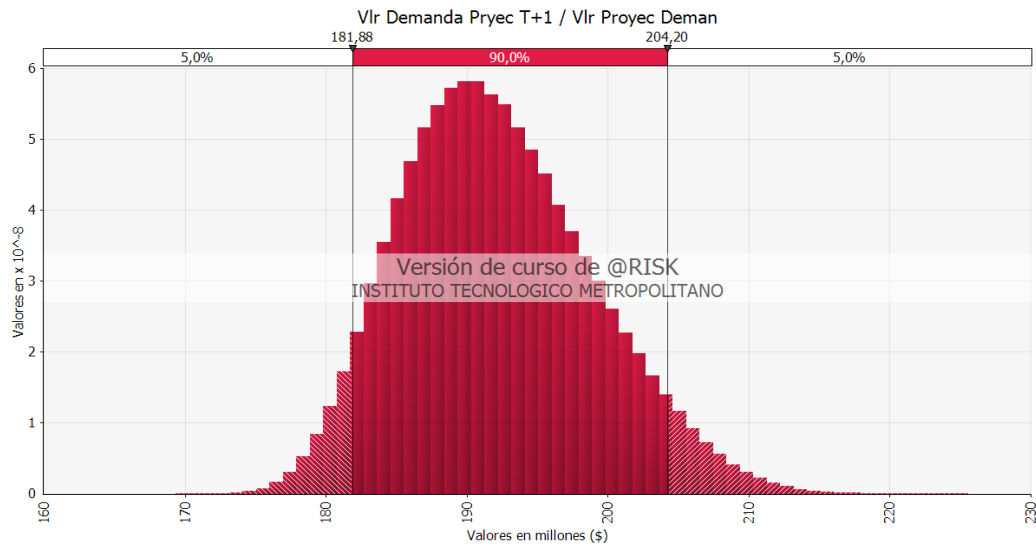
Con respecto al nivel de inventario Máximo por provisionar, se esperaría que con una probabilidad del 95% los niveles de inventarios para el periodo sería por valor total de 402'357.850 COP, es decir que el stock de seguridad que debe mantener la demanda debe ser superior en 2,03 veces del valor total de la demanda.

### Aplicación De Simulación Montecarlo (VaR)

Con la proyección de la demanda total para el periodo calculada con el método de Suavizamiento exponencial simple para la ciudad de Medellín, se realizó una simulación de Montecarlo, basada en distribución log-normal, en la cual se simuló un millón de iteraciones diferentes cuyo objetivo es verificar las variaciones que se pudiesen presentar en la demanda teniendo en cuenta la desviación estándar de las cantidades de demanda de monedas y su valor promedio en cada caso, dichos resultados se presentan a continuación en la Figura 2.

Figura 2.

Distribución normalizada simulación de la demanda estimada y Gráfica probabilidad Acumulada simulación de la demanda estimada.



Según los resultados de la simulación Montecarlo con distribución Log- Normal, se esperaría que la demanda para el periodo fuese de 192'138.446,42 COP, una diferencia inferior de cinco millones de pesos con el valor pronosticado por medio del suavizamiento exponencial; adicionalmente, se detecta una desviación estándar de \$6'805.679,58 COP, lo que confirmaría el valor mostrado en el resultado del pronóstico con el método de suavizamiento exponencial simple, indicando que estos valores están dentro de los parámetros esperados. Sobre los valores VaR esperados, se observa que el rango esperado de demanda final sea entre 181'864.603,72 COP y 204'250.489,05 COP. Una diferencia de  $\pm$  \$22'385.885,33 COP. Aun así, el valor máximo esperado para la demanda (99.9%) es \$ 222'350,513 COP y un mínimo de \$ 171'098.450 COP.

## Discusión

Vidal (2005) en su propuesta de diseño de pronóstico de series de precios basados en suavizamiento exponencial, establece criterios de pronóstico usando esencialmente el proceso matemático involucrado que en su documento llama "simulación" en el cual también se refleja el inventario de seguridad que es el límite máximo de pronóstico para establecer la demanda a futuro; si bien el proceso es estable y simple de manejar, puede ser ampliamente mejorado con pruebas adicionales como se propone en este documento.

Respectivamente, en el proceso de "simulación" que corresponde al análisis puntual de la estimación según el método escogido, el agregar una simulación VaR permite conocer de manera clara no solo el verdadero valor del estimado según la distribución Log-Normal, que en este documento muestra que es un valor levemente diferente al presentado en el valor "simulado" básico, también aumenta el conocer el valor mínimo y máximo de demanda agregando un plus no solo al inventario de seguridad, también agrega una estrategia de conocimiento de demanda estable según la cantidad de simulaciones propuestas. Adicionalmente, teniendo en cuenta la cantidad de simulaciones realizadas la gráfica final que es una sumatoria de iteraciones para cada moneda muestra una forma similar a la normal obedeciendo a la teoría de grandes números y su composición de distribución, este efecto igualmente no presenta un problema o un desacierto en la estimación, solo garantiza que los valores de demanda están truncados a cero en caso de estar presentes.

## Conclusiones

Por medio de la aplicación de los tipos de pronósticos estudiados en la presente investigación, se logró identificar que el modelo de suavizamiento exponencial simple utilizado en la estimación de la demanda de baja de nominación para la semana siguiente o periodo en una empresa de retail es un modelo aplicable. Como lo indica la metodología preliminar, el análisis estadístico es un importante factor que permite realizar mediciones, identificar características o comportamiento de los datos de forma que se convierte en una herramienta fundamental para la toma de decisiones, identificando tendencias o ciclos y/o estacionalidades; teniendo en cuenta lo anterior, la metodología óptima usada fue de suavizamiento exponencial simple para realizar el pronóstico de la demanda semanal, para ello, la evaluación de Dickey – Fuller fue sustancial para descartar la presencia de tendencia o estacionalidad.

Referente a la evaluación de los modelos, se encuentra que las demandas con , tienden a mostrar mayores volatilidades que los que se ajustan a los valores descritos por (Vidal, 2005), indicando que este sistema si bien es eficiente para medir el proceso de la demanda carece de potencia para identificar los picos altos en la demanda de monedas, mostrando que en ciertos casos el valor de Stock de inventario máximo sea superado; esto es una evidente falta de corrección en las políticas de la entidad para estas solicitudes.

Con la aplicación de la simulación Montecarlo por medio de Log-Normal se aplicaron simulaciones a los resultados esperados por medio de dicho método, identificando que el valor en riesgo o VaR del modelo corresponde a un rango entre \$181'864.603,72 COP y \$204 250 489.05 COP siendo este un valor acotado al pronosticado sin simulación de \$ 197'337.975 COP, permitiendo identificar una desviación acotada a la izquierda de 20 millones de pesos. Si bien el método de suavizamiento exponencial es eficiente en este tipo de predicciones de demanda, es importante tener en cuenta que los datos ciertos datos han mostrado picos de demanda que no son constante y por ende pueden afectar la volatilidad de la estimación.

## Referencias bibliográficas

- Aguado, ., J. C. (2014). *Curso Fundamental De Microeconomía*. (Delta Publicaciones, Ed.). Delta Publicaciones.
- Corchuelo, M. B., & Quiroga, R. A. (2014). *Lecciones de Microeconomía, producción, costes y mercado*. Pirámide, Ed. )
- Ferrer, J. R., & Valderromo Villarroel, S. (2012). *Gestion y pedido de stock*. (Ministerio De Educación ee España, Ed.) (1st ed.).
- Gomez, A., & Rendon, P. (2018). *Pronóstico de fondo de cambio por medio del método de suavizamiento exponencial para un almacén de cadena*. Itm.
- Greene, W. H. (2008). *Econometric Analysis*. Pearson/Prentice Hall.
- Gutiérrez, V., & Vidal, C. J. (2008). Modelos de gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento: Revisión de la literatura. *Revista Facultad de Ingeniería*, 1(43), 134–149.
- Lee, C. F., Lee, J., & Lee, A. (2010). Handbook of Quantitative Finance and Risk Management. In Springer (Ed.), *Handbook of Quantitative Finance and Risk Management* (1st ed., pp. 421–428). <https://doi.org/10.1007/978-0-387-77117-5>
- Pérez-Vergara, I., Cifuentes-Laguna, A. M., Vásquez-García, C., & Ocampo, D. (2013). Un Modelo De Gestión De Inventarios Para Una Empresa De Productos Alimenticios/ an Inventory Model for a Food Company. *Ingeniería Industrial*, XXXIV(2), 227–236. Retrieved from <http://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/583>
- Ramírez-Reyes, G., & Manotas-Duque, D. (2014). Modelo de medición del impacto financiero

- del mantenimiento de inventario de suministros. *Scientia Et Technica*, 19(3), 251–260.  
<https://doi.org/10.22517/23447214.8659>
- Vidal, C. J. (2005). *Fundamentos de gestión de inventarios* (Tercera Ed; U. del V. – F. de Ingeniería, Ed.). Santiago de Cali.
- Hanke, J. E., & Wichern, D. W. (2010). *Pronóstico en los negocios*.
- Maddala, G. ., & Miller, E. (1991). *Microeconomía: Teoría y Aplicaciones*. (McGraw-Hill Interamericana, Ed.) (1st ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Marshall, A. (1890). *Principles of Economics. Library* (Vol. 1). <http://doi.org/10.1093/library/s5-XVII.3.238>
- Pindyck, R., & Rubinfeld, D. (2009). *Microeconomía*. Retrieved from <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=AGRIUAN.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=023065>
- Varian, H. (1999). *Microeconomía Intermedia: Un Enfoque Actual*. Antony Bosch.

(Footnotes)

1. No hay prueba aplicada debido a que la serie es constante cero.
2. Tipo 2: Con deriva, No tendencia
3. Tipo 3: Con deriva, Con tendencia