

NOTA EDITORIAL

EXPERIENCIA DEL BANCO DE LA REPÚBLICA CON BILLETES BARNIZADOS

Una de las funciones del Banco de la República es la producción y distribución de efectivo para facilitar las transacciones económicas. Los billetes tienen una vida útil determinada por el material en que se fabrican y por el desgaste natural que sufren en circulación, razón por la cual deben retirarse al término de su ciclo y reemplazarse por billetes nuevos. Más aún, la vida útil de los billetes está asociada con su denominación, pues un billete de baja denominación tiene una mayor velocidad de circulación que uno de mayor signo, y se deteriora más pronto, por lo cual debe reemplazarse con mayor frecuencia.

Una parte significativa de la producción anual de billetes tiene como propósito el reemplazo de las piezas que por su estado de deterioro deben salir de circulación. Así, aumentar la durabilidad de las especies en circulación tiene un efecto directo de reducción de costos y se enmarca dentro del lineamiento estratégico del Banco de la República de proveer y producir con alta eficiencia billetes con la seguridad, calidad, oportunidad y cantidad necesarias.

De otra parte, lograr incrementar la vida útil de los billetes no solo impacta directamente el costo de producción, sino que también influye en el ambiente de manera positiva, al disminuir el uso de insumos de producción, requerimientos de distribución y generación de residuos por destrucción de billetes.

Estudios previos realizados sobre el deterioro de los billetes mostraron que la principal causa del retiro de los mismos de circulación se origina en el desgaste por suciedad debido a su manipulación. En consecuencia, una de las estrategias adoptadas consistió en evaluar opciones tendientes a incrementar la resistencia a este tipo de desgaste y con ello mejorar su durabilidad en circulación. Dentro de las opciones evaluadas se consideraron, como primera medida, el uso de sustratos de mayor resistencia (papel de alta durabilidad), así como la aplicación de un barniz al billete terminado, que contribuyera a protegerlo del desgaste durante su circulación.

Después de cuidadosos análisis de laboratorio de las alternativas tanto de papeles de alta duración como de barnices disponibles en el mercado, de realizar pruebas reales de circulación para las dos opciones y luego de las respectivas evaluaciones financieras de cada alternativa, en el año 2008 el Banco adoptó la tecnología del barnizado para las denominaciones de \$1.000, \$2.000 y \$20.000.

En la presente nota se describe el proceso adelantado por el Banco para la adopción de la tecnología del barnizado de billetes y los resultados obtenidos en el incremento de vida útil de las denominaciones de \$1.000 y \$2.000¹ luego de dos años de experiencia con esta técnica, como ejemplo de esfuerzo innovador de la Entidad para ganar eficiencia y reducir costos en la ejecución de una de sus funciones.

I. ANTECEDENTES

La primera de las alternativas analizadas para el incremento de la vida útil de los billetes fue el empleo de papeles de alta durabilidad. Para la evaluación se tomaron muestras de cada una de las ofertas en el mercado, se

¹ Por su parte, para los resultados sobre el billete de \$20.000 se debe esperar un tiempo adicional. La razón es que tiene que transcurrir cierto tiempo necesario para el reemplazo de los billetes en papel sin barnizar actualmente en circulación, cuyo proceso no se ha cumplido aún para esta denominación, dado que su tiempo de vida media es por lo menos del doble de los papeles de baja denominación (\$1.000 y \$2.000).

estudiaron sus características y se evaluó el comportamiento de impresiones de billetes en estos papeles, de forma tal que en el laboratorio se pudo descartar aquellos que no ofrecían resultados que mejoraran el desempeño de los mismos, al ser comparados con los billetes en papel estándar en circulación. Luego del análisis se decidió adelantar una prueba en circulación con uno de los papeles de alta durabilidad que mostró los mejores resultados en las pruebas de laboratorio. Esta prueba, realizada con una de las bajas denominaciones, mostró un incremento de 25% en durabilidad, lo cual fue considerado como un resultado aceptable, pero en el análisis costo/beneficio la relación no era suficientemente favorable al Banco para pensar en adoptar esta opción para todos nuestros billetes.

Adicionalmente, se estudió la tecnología del barnizado, la cual consiste en proteger el billete terminado que se ha impreso en papel estándar, con una capa protectora transparente que busca retardar el ensuciamiento del billete como efecto de la circulación, con el fin de aumentar su durabilidad.

Similar a lo realizado en el caso de la alternativa de papeles de alta durabilidad, la evaluación de barnices se inició con pruebas en el laboratorio sobre muestras de billetes de baja denominación que se barnizaron con las diferentes opciones que se encontraron en el mercado para este tipo de material. Las pruebas de laboratorio realizadas permitieron establecer el tipo de barniz con el mejor desempeño, para poder pasar a una prueba piloto con billetes en circulación, que era parte fundamental en la evaluación del proyecto.

El ensayo piloto con billetes barnizados en circulación se realizó con la denominación de \$2.000, poniendo simultáneamente en circulación un grupo control de 1,2 millones de billetes en papel estándar sin barnizar marcados con una señal magnética y un grupo de ensayo de 1,2 millones de billetes en papel estándar con una capa de barniz y una segunda señal magnética. El propósito de las marcas magnéticas era poder realizar un seguimiento a los billetes de cada grupo y detectarlos cuando regresaran a la Tesorería producto de las consignaciones de los bancos comerciales. Gracias a estas señales, las máquinas de la Tesorería separaban los billetes de la prueba (tanto barnizados como no barnizados), los cuales eran analizados independientemente para evaluar su comportamiento en circulación.

La prueba en circulación se realizó durante el año 2006 y mostró un resultado estimado de 57,7% de incremento en la duración del billete barnizado,

cifra que se tomó como base para realizar los estudios de factibilidad económica para su implementación. Vale la pena anotar que estudios recientes de pruebas piloto en circulación del Banco Central Europeo reportan en promedio para la zona del euro un incremento que alcanza en algunos casos el 50% por el uso del barnizado.

La evaluación económica resultó favorable, por lo que se decidió iniciar la implementación de esta tecnología en el año 2008 con la adquisición de una máquina barnizadora para emplear esta técnica en todos los billetes de \$1.000, \$2.000 y \$20.000, dado que estas tres denominaciones son las de mayor demanda en la actualidad en Colombia y las que se fabrican en la línea de producción donde se instaló la máquina barnizadora.

II. METODOLOGÍA APLICADA

Para el seguimiento del comportamiento de los billetes barnizados en circulación en las tres denominaciones mencionadas, se contó con el apoyo del Departamento de Tesorería y las cifras y estadísticas que este departamento genera, donde se tuvieron las siguientes consideraciones:

- El proceso fue realizado en condiciones similares de clasificación a las utilizadas durante la prueba de circulación con el billete barnizado de \$2.000.
- Se suprimieron los rangos de tiempo donde las necesidades de Tesorería para satisfacer la demanda hubieran modificado los parámetros de clasificación de billetes en las máquinas.
- Los datos para calcular la durabilidad de los billetes barnizados en circulación fueron obtenidos del *Boletín Estadístico* publicado mensualmente por el Departamento de Tesorería.
- La fórmula empleada para determinar la durabilidad de los billetes barnizados es la misma que se ha utilizado tradicionalmente para medir la vida media de los billetes en circulación y corresponde a un promedio móvil calculado como la cantidad de billetes en circulación en un periodo frente a la cantidad de billetes deteriorados.
- El seguimiento del comportamiento de las dos denominaciones se realizó con una frecuencia mensual.
- La durabilidad en circulación del billete sin barnizar, determinada con esta metodología y que sirvió como punto inicial de referencia, se observa en el Cuadro 1.

Cuadro 1		
Durabilidad de un billete sin barnizar		
Denominación (pesos)	Vida media (meses)	
	1.000	8,7
	2.000	8

Fuente: Banco de la República.

- Para calcular el incremento de la durabilidad de los billetes en circulación con el barnizado, se tomaron promedios en el rango inicial y en el rango final del seguimiento.

III. RESULTADOS

El incremento en la durabilidad de los billetes barnizados en circulación se presenta en el Cuadro 2, con un incremento promedio en el costo de producción de 11,9% con datos al cierre de 2010:

Los gráficos suavizados que representan este comportamiento para los billetes de \$1.000 y \$2.000 se presentan en los anexos 1 y 2, respectivamente, cuyo resultado supera la expectativa del estudio previo que se realizó y que estimó el aumento en un 57,7%.

De los beneficios obtenidos al implementar la tecnología del barnizado se pueden resaltar los siguientes:

- Reducción en costos de producción. De acuerdo con las proyecciones del Departamento de Tesorería y los resultados observados a diciembre

Cuadro 2				
Incremento de la durabilidad de los billetes barnizados				
Denominación	Vida media (meses)		Incremento	
	sin barniz	barnizado	meses	porcentaje
\$1.000	8,7	15,2	6,5	74,7
\$2.000	8	13,8	5,8	72,5

Fuente: Banco de la República.

de 2009 sobre el estado de los billetes de \$1.000 y \$2.000 como consecuencia del barnizado, se estimó una reducción en las necesidades de estas dos denominaciones del 25% para el año 2010, lo que significó evitar producir aproximadamente 112 millones de billetes en dicho año. Las menores necesidades de estas denominaciones se confirmaron durante 2010, pues la demanda fue atendida satisfactoriamente con la producción ajustada y con el billete recuperado en los procesos de clasificación.

- Desde el punto de vista de beneficios a mediano plazo, surge la pregunta de cuál es la relación entre incremento en durabilidad y disminución de producción. Esta cuestión no tiene una respuesta directa si se tiene en cuenta que la producción anual de billetes \hat{P} que se solicita a la Imprenta de Billetes está determinada por la siguiente fórmula:

$$\hat{P} = \hat{D} + MS - \Xi_0$$

donde

\hat{P} = Producción estimada

MS = Margen de seguridad requerido

\hat{D} = Demanda estimada

Ξ_0 = Existencia inicial

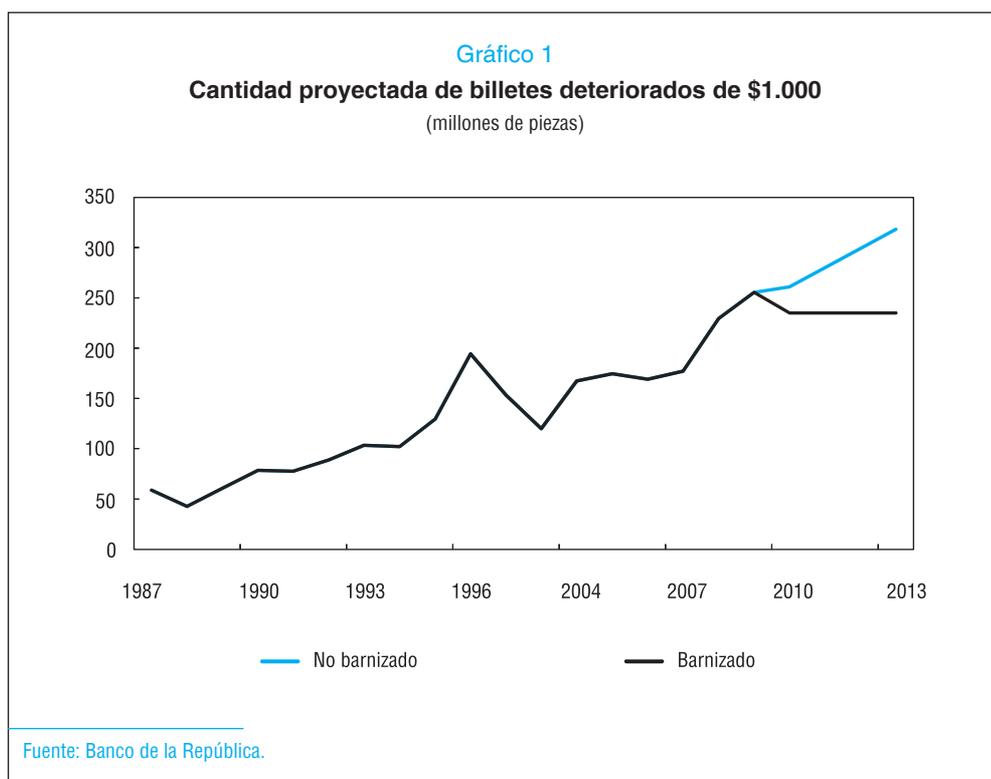
De acuerdo con lo anterior, la cantidad de billetes por fabricar en un año para cada denominación es igual a la demanda estimada de billetes, más el inventario de seguridad que se debe mantener, el cual oscila entre el 35% y el 45% de la demanda estimada del año siguiente, dependiendo de la denominación, menos las existencias al inicio del año.

A su vez, la demanda de billetes (\hat{D}) corresponde a la suma de la cantidad estimada de billetes en los que variará la circulación y la cantidad estimada de billetes deteriorados (BDT) que se retirarán de circulación. La variación de la circulación se estima evaluando distintas técnicas de pronóstico, principalmente mediante el uso de redes neuronales artificiales (ANN, por su sigla en inglés), que incluye variables macroeconómicas como inflación y brecha de producto, técnica econométrica robusta frente a cambios estructurales que permiten incorporar elementos no lineales en la modelación del efectivo. De otra parte, el billete deteriorado se estima con pronósticos obtenidos con mínimos cuadrados flexibles (FLS, por su sigla en inglés) sobre las series históricas de billete deteriorado e índice de vida útil de cada denominación.

Con el propósito de estimar la cantidad de billetes que se dejarían de producir en los siguientes tres años por efecto del barnizado, se aísla la

variable BDT en la ecuación de estimación de demanda y se utiliza un modelo estadístico (regresión lineal) alimentado con los datos históricos disponibles (25 años) de billete deteriorado, para proyectar la cantidad de billetes que se hubieran retirado de circulación con billetes en papel sin barnizar.

El resultado muestra que entre 2011 y 2013 se dejarían de producir alrededor de 218 millones de piezas de la denominación \$1.000 si la línea de deterioro con billete barnizado se mantuviera en el mismo nivel al observado durante 2010. Esta reducción corresponde aproximadamente al 30% de las necesidades de producción anual de esta denominación. El Gráfico 1 presenta los resultados de la estimación, donde se muestra con la línea negra la cantidad histórica real de billete deteriorado hasta el año 2010 (este último año con resultados de billete barnizado) y se proyecta el resultado de este último año a los tres siguientes, mientras que la línea azul muestra la proyección de la cantidad de billete deteriorado en papel sin barnizar, acorde con la tendencia observada hasta 2009. La diferencia entre las dos curvas corresponde al estimado de menores necesidades de producción para los próximos tres años en la denominación de \$1.000.



- Para la Imprenta de Billetes los beneficios están asociados con la reducción de necesidades de producción para satisfacer la demanda de efectivo.
- Para la Tesorería los beneficios parten de la reducción de la cantidad de billetes deteriorados en clasificación, ubicándose en niveles cercanos al 50% (50 billetes deteriorados por cada 100 billetes clasificados), mientras que en años anteriores el deterioro alcanzó a ser del orden del 90%. De esta manera se mejora la calidad del billete por procesar, facilitando su clasificación y aumentando los niveles de productividad en máquina.

Por otra parte, se disminuye el movimiento de valores y la cantidad de billetes por destruir, ya que cerca del 65% de la demanda de tales denominaciones está originada en ciudades diferentes a Bogotá.

- Para el público hay una mejor calidad y limpieza del billete en circulación sin afectar visualmente al mismo, lo que facilita validar sus dispositivos de seguridad. Al no tener efecto el barniz sobre la apariencia del billete, se disminuyó el riesgo de confusión en el público entre billetes barnizados y no barnizados, por lo que no fue necesario hacer campañas adicionales de información relacionadas con la aplicación de esta técnica.
- Impacto ambiental. Incrementar la vida útil de los billetes no solamente tiene un efecto directo sobre costos de producción, sino que tiene un impacto ambiental positivo al disminuir la utilización de papel, tintas e insumos de producción, menores requerimientos de transporte y distribución y la disminución en la generación de residuos originados en la destrucción de los billetes que salen de circulación al terminar su vida útil.

IV. CONCLUSIONES

- La aplicación del barniz a los billetes funciona como una protección efectiva contra el desgaste por ensuciamiento, lo que permite mantener billetes en circulación de mejor calidad y limpieza.
- Luego de dos años en circulación, los billetes barnizados de \$1.000 y \$2.000 presentan un incremento de la durabilidad del orden del 74%

y 72%, respectivamente, frente a los billetes sin barnizar y mejorando el resultado obtenido en el estudio del año 2006 (57,7%).

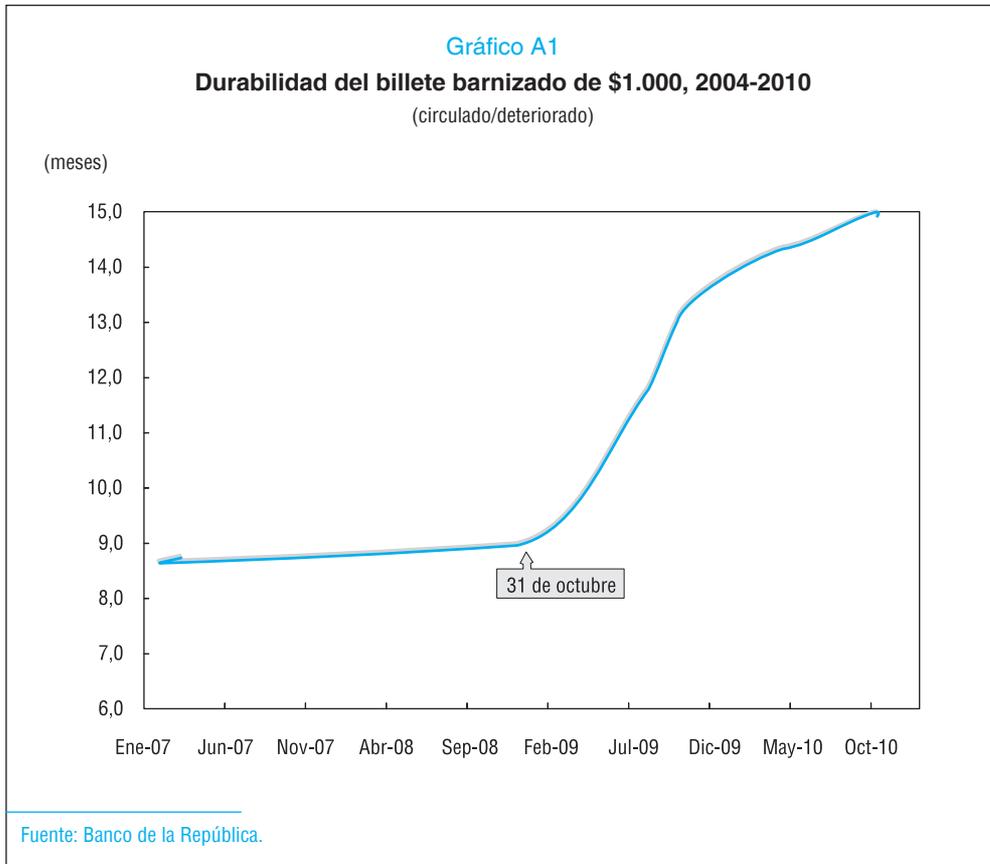
- Los beneficios alcanzados por la implementación del barnizado de los billetes de \$1.000 y \$2.000 comienzan con una reducción inicial en las necesidades de estas denominaciones del 25% y otros adicionales por la reducción de necesidades de producción en la Imprenta de Billetes y por el manejo más eficiente del numerario en la Tesorería.
- Ahorros adicionales se esperan en el futuro con el aumento de la durabilidad en circulación del billete de \$20.000.
- De acuerdo con los resultados obtenidos, se evaluará la aplicación del barniz a los billetes de las demás denominaciones para aumentar su durabilidad en circulación, en la medida en que la capacidad de la máquina barnizadora lo permita.

José Darío Uribe Escobar
*Gerente general**

* Esta Nota Editorial ha sido elaborada con la colaboración de Néstor Plazas, Subgerente Industrial y de Tesorería y el Departamento Técnico Industrial. Las opiniones expresadas no comprometen a la Junta Directiva del Banco de la República, pues son de exclusiva responsabilidad del Gerente General.

Anexos

Anexo 1



Anexo 2

