

Ejemplos de anteriores actividades de investigación y desarrollo

Programa PROFIT: mejora del proceso de clasificación de los billetes usados

Ahorrar billetes y ahorrar dinero: no es exactamente lo mismo en nuestro trabajo cotidiano, pero conseguimos hacer ambas cosas.

La finalidad del programa PROFIT era conocer todos los parámetros que influyen en la precisión de la clasificación de los billetes aptos para la circulación. Esto nos permitió evaluar el funcionamiento de diferentes tipos de máquinas selectoras de billetes y optimizar su configuración mediante la adopción de un nuevo sistema de calibración.



Tras su entrada en circulación, los billetes en euros sufren tratos extremos (fricción, suciedad, manejo descuidado, etc.), a los que deben sobrevivir durante un cierto período de tiempo. Los billetes en euros están hechos para durar, pero tenemos que garantizar que todos los que se encuentren en circulación estén en buenas condiciones y razonablemente limpios. Por tanto, comprobamos los billetes cuando vuelven periódicamente a uno de nuestros centros de tratamiento de efectivo, como parte del ciclo normal de la circulación de billetes. Es de suma importancia que los

centros de tratamiento de efectivo dispongan de máquinas selectoras de billetes fiables para conservar únicamente los billetes en buen estado y destruir los que no son aptos para la circulación. Las pequeñas diferencias en el rendimiento de estas máquinas pueden tener un gran impacto en la calidad de los billetes en circulación y, especialmente, en el coste para el Eurosistema, ya que los billetes en euros destruidos deben sustituirse por otros nuevos.

Los bancos centrales nacionales del Eurosistema utilizan alrededor de 400 máquinas selectoras de billetes de alta velocidad, que procesan unos 30.000 millones de billetes en euros cada año. Algunas de estas máquinas pueden comprobar la aptitud para la circulación y la autenticidad de hasta 40 billetes por segundo y apilarlos o destruirlos.

Antes del programa PROFIT, las pruebas convencionales y la calibración de las máquinas selectoras de billetes incluían un conjunto de muestras (paquete de prueba de suciedad) de billetes reales con diferentes grados de suciedad, en el que un equipo de expertos clasificaba visualmente cada billete. Era una tarea compleja para los evaluadores y tenía el inconveniente añadido de que el conjunto de muestras se degradaba con el tiempo. El programa PROFIT nos permitió demostrar que la evaluación de la suciedad de los billetes llevada a cabo por los expertos no es un proceso perfectamente reproducible y, por tanto, lo sustituimos por un *software* de clasificación y evaluación de imágenes (*Image Classification and Evaluation*, ICE), que se ejecuta en un ordenador a cuya pantalla se le ha calibrado el color. El experto examina imágenes de billetes con diferentes grados de suciedad en la pantalla en lugar de billetes reales y, a continuación, clasifica cada imagen como apta o no apta para que el *software* pueda «aprender». Este método produce datos de mayor calidad que garantizan que la forma en que las máquinas selectoras ven y clasifican los billetes sea más acorde con la forma en que los ven las personas en la calle. Como consecuencia, hemos podido reducir de manera considerable el número de billetes destruidos erróneamente y ahorrar no solo billetes sino también dinero.

Proyecto CAST: desarrollo de un paquete coherente para la prueba de suciedad artificial

¿Alguna vez ha pensado en usar una impresora de inyección de tinta para ensuciar sus billetes? ¡Por favor, no lo haga! Ya lo hemos hecho por usted. Hemos ensuciado nuestros billetes para asegurarnos de que los suyos sigan estando limpios. Y, efectivamente, lo hemos hecho con una impresora de inyección de tinta.

En nuestro empeño por mejorar el rendimiento de las máquinas selectoras de billetes, fue difícil evaluar si las desviaciones en la eficacia de la clasificación de billetes se debían a los sensores o a las muestras de referencia utilizadas para su calibración. El proyecto de paquete coherente para la prueba de suciedad artificial (*consistent artificial soil test deck*, CAST) llevado a cabo en cooperación con la Banque de France desarrolló un método con el que se conseguía ensuciar los billetes de manera realista y coherente aplicando una plantilla manchada mediante

una impresora de inyección de tinta a los pliegos de billetes en euros limpios recién salidos de las fábricas de billetes. Estos billetes se utilizan ahora para calibrar nuestras máquinas selectoras.



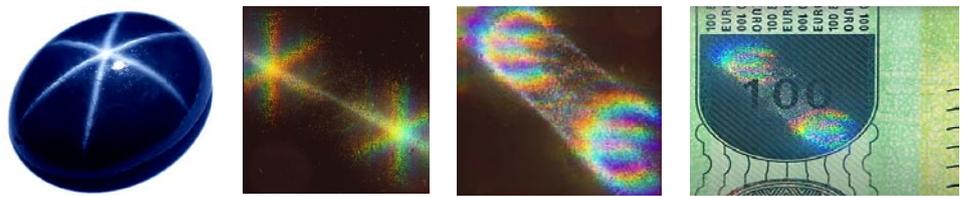
Con anterioridad al proyecto CAST, los billetes que se utilizaban para calibrar las máquinas selectoras se seleccionaban manualmente y su calidad variaba en función de la percepción del operador que los escogía. Existía además una complicación añadida cuando las evaluaciones se realizaban en distintos lugares utilizando equipos y paquetes de prueba diferentes. Como se demostró en el programa PROFIT, los paquetes de prueba de suciedad son una herramienta esencial para medir el rendimiento de las máquinas selectoras que evalúan la aptitud de los billetes. Sin embargo, la preparación de paquetes de prueba compuestos de billetes reales extraídos de la circulación resulta bastante cara y requiere mucho tiempo. También se deterioran rápidamente y es imposible reproducirlos de forma consistente para su uso futuro. Los paquetes de prueba CAST que hemos desarrollado son dos veces más precisos que el conjunto de referencia, se pueden producir por una pequeña parte del coste y pueden utilizarse en más de 100 calibraciones antes de que sea necesario sustituirlos debido al desgaste (unas cinco veces más).

SAPPHIRE: el holograma con satélite de los billetes en euros

Inspiración en la naturaleza para mejorar la seguridad del euro.

Concebimos, diseñamos y desarrollamos un elemento de seguridad público basado en el asterismo.

El asterismo es un fenómeno óptico que se produce de manera natural en zafiros, rubíes y otras gemas, que presentan la imagen de una estrella brillante de dos, cuatro o seis puntas sobre su superficie pulida que sigue la mirada del observador cuando se gira la piedra. Para utilizar este elemento de seguridad en los billetes en euros, su diseño permite el estampado en caliente (al igual que los hologramas actualmente) o que pueda colocarse en la ventana con retrato transparente.



Gracias al proyecto SAPPHIRE se obtuvieron diferentes muestras de laboratorio visualmente interesantes que resultaban idóneas para su posible utilización en los billetes, lo que se plasmó en el [holograma con satélite](#) que se puede ver en los billetes en euros. Aunque la creación del holograma con satélite requiere métodos específicos y conocimientos técnicos, para su producción se utilizan equipos estándar de fabricación de láminas holográficas. Esto demuestra que los elementos innovadores y notablemente perfeccionados no siempre requieren nuevas tecnologías de producción.

GREEN: desarrollo de un proceso de deposición en vacío para las planchas de impresión calcográfica

Más ecológico y mejor.

Evaluamos y validamos industrialmente un proceso de recubrimiento respetuoso con el medio ambiente para las planchas de impresión calcográfica de níquel desarrolladas en cooperación con la Banca d'Italia como alternativa al cromado galvánico.

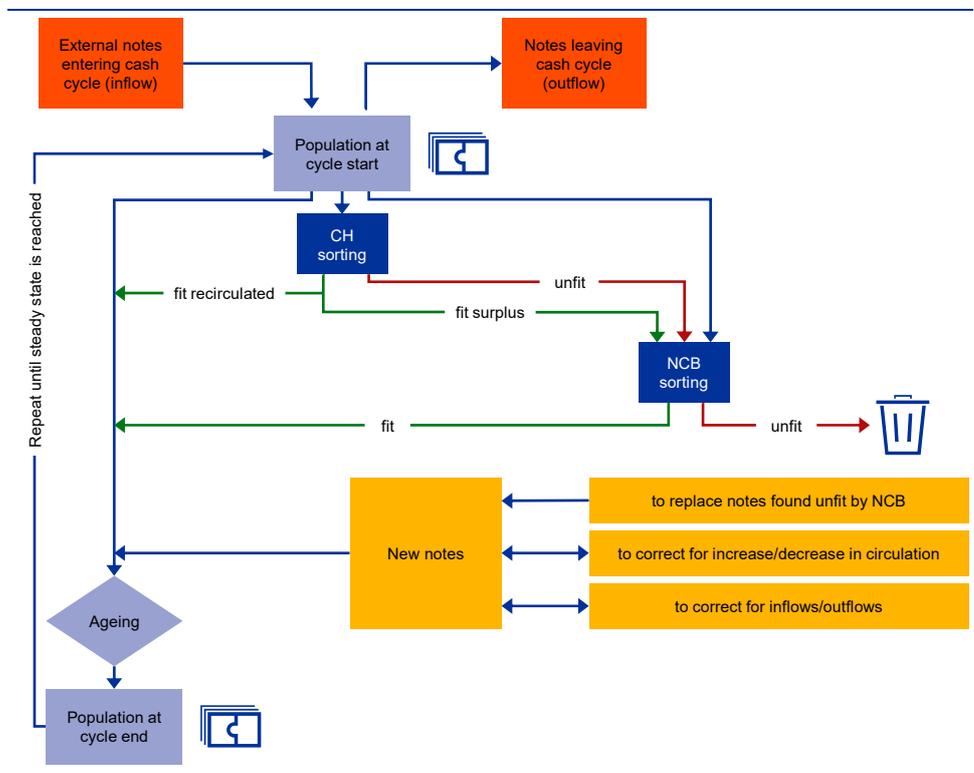


La impresión calcográfica es uno de los pasos clave en la impresión de billetes en euros y les confiere su tacto característico. Para este proceso se utilizan planchas metálicas especiales, normalmente de níquel. Las planchas de impresión calcográfica de níquel se recubren generalmente con una capa dura de cromo galvanizado para aumentar la resistencia de la superficie de impresión a la corrosión y al desgaste. En el pasado, este recubrimiento se aplicaba a través de un proceso de electrodeposición, que requiere una solución de cromo hexavalente, un compuesto tóxico con importantes consecuencias para el medio ambiente y la salud y seguridad si no se maneja correctamente y reconocido como una posible sustancia cancerígena por inhalación. La nueva tecnología de recubrimiento GREEN se basa en la deposición física en fase vapor (PVD), una técnica muy limpia que no requiere sustancias tóxicas intermedias. Ya se utilizaba para cromar pequeños objetos como gafas, grifos y piezas de automóvil, pero nuestro reto era recubrir por primera vez una superficie muy grande, finamente grabada en la que era necesario preservar cada pequeño detalle para el proceso de impresión. Con la tecnología GREEN, hemos conseguido evitar el riesgo de exposición de los trabajadores al cromo hexavalente y mejorar el proceso anterior.

MODELO DE CIRCULACIÓN: dos modelos informatizados de simulación de los ciclos de los billetes en euros

Asegurar la circulación del dinero.

Sabemos que la calidad de los billetes en circulación en los países de la zona del euro varía, aunque todos utilicen billetes en euros idénticos. También sabemos que esta variación de la calidad depende de las características nacionales, como la forma en que se utilizan los billetes y la participación del banco central en las operaciones de procesamiento de efectivo, pero todavía no se ha determinado la importancia de todos los parámetros pertinentes. A continuación se describen dos modelos informatizados de simulación de los ciclos de los billetes que utilizamos para predecir lo que sucede cuando están en circulación.



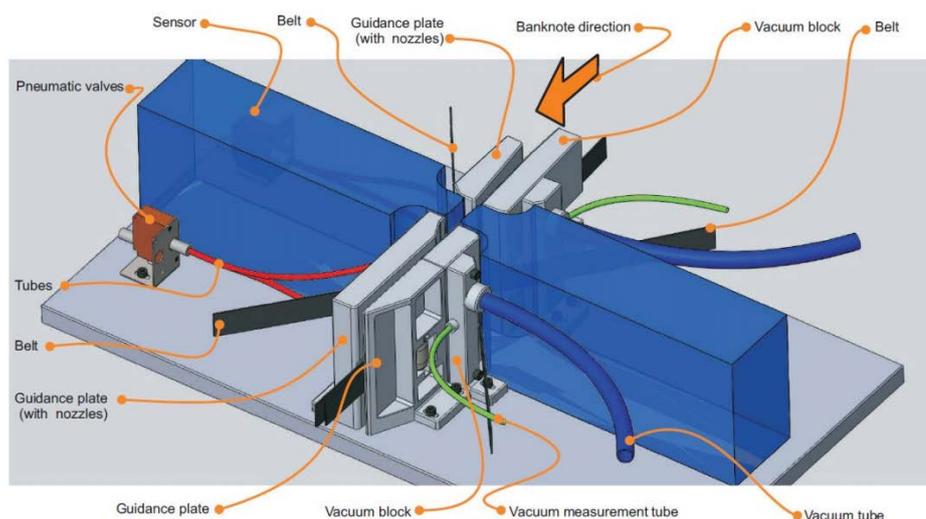
El primer modelo simula un ciclo de efectivo a partir de un enfoque teórico basado en cifras clave y modeliza la aptitud de los billetes para la circulación como un perfil unidimensional de los niveles de aptitud. El modelo establece que los tres principales factores determinantes de la calidad de los billetes en circulación y del coste del ciclo de los billetes son: i) la frecuencia de retorno de los billetes al banco central, ii) el umbral de aptitud utilizado en el procesamiento automático de los billetes en el banco central, y iii) la vida de los billetes. Se ha comprobado que las variaciones en la producción de nuevos billetes, el umbral de aptitud aplicado por los profesionales que manejan efectivo y la precisión de los sensores de aptitud utilizados en el proceso de clasificación tienen un impacto reducido, pero no

insignificante. El segundo modelo simula los billetes en circulación individualmente y está orientado a la modelización de los ciclos del efectivo específicos de cada país utilizando los datos disponibles sobre los diferentes billetes. El modelo se construye con los datos recopilados mediante el seguimiento de los billetes en circulación durante la «prueba de circulación» llevada a cabo en tres países de la zona del euro. Comparamos los resultados de calidad previstos por el segundo modelo basado en datos con los datos reales del ciclo del efectivo recopilados al margen de la prueba de circulación, analizamos los motivos de las desviaciones encontradas y formulamos conclusiones en cuanto a un [ciclo de los billetes](#) a nivel nacional teóricamente óptimo.

CDI2: norma abierta para las máquinas selectoras de billetes de alta velocidad

Compartir es cuidar.

La segunda generación de la interfaz común para sistemas de detección (*Common Detector Interface 2, CDI2*) es una nueva norma abierta para las máquinas selectoras de billetes de alta velocidad (véase el programa PROFIT mencionado con anterioridad) desarrollado por el Banco Central Europeo y la Reserva Federal en cooperación con el De Nederlandsche Bank y Oesterreichische Banknoten- und Sicherheitsdruck GmbH. La CDI2 supone un cambio de paradigma, ya que permite a los bancos centrales y a otros usuarios profesionales de los centros de tratamiento de efectivo controlar totalmente sus máquinas selectoras de billetes.



En el pasado, las máquinas selectoras de billetes normalmente eran sistemas cerrados con un acceso muy limitado a los datos sobre su funcionamiento básico. Para adaptar la lógica de clasificación o integrar nuevos detectores siempre se requería un conocimiento profundo y el apoyo del proveedor de máquinas

selectoras, lo cual conllevaba un coste. La CDI2 ofrece acceso a la lógica de clasificación subyacente, así como a la imagen de los billetes captada por la máquina selectora y a los datos de clasificación conexos. Permite a los bancos centrales instalar nuevos detectores compatibles y ofrece nuevas posibilidades de procesamiento de datos. Ya está disponible un simulador de la CDI2, que incluye el código fuente subyacente completo, y la asistencia técnica necesaria para implementar la interfaz.

Dos importantes fabricantes de máquinas selectoras de billetes y varios fabricantes de detectores están utilizando los simuladores de la CDI2 para desarrollar unidades compatibles con dicha interfaz. El conjunto de simuladores desarrollados también incluye un transportador mecánico de billetes, que permite realizar pruebas exhaustivas de nuevos detectores antes de su instalación en una [máquina selectora de billetes](#).

© Banco Central Europeo, 2021

Dirección postal 60640 Frankfurt am Main, Alemania

Teléfono +49 69 1344 0

Sitio web www.ecb.europa.eu

Todos los derechos reservados. Se permite la reproducción para fines docentes o sin ánimo de lucro, siempre que se cite la fuente.

En el [glosario del BCE](#) (disponible solo en inglés) puede consultarse la terminología específica utilizada.