



Estudio sobre la eficacia de separacion del brik

Parte 2. Resultados Planta 1, 2 y3.

ENCARGADO POR:



**ZUMOS Y GAZPACHOS
DE ESPAÑA**



ELABORADO POR:



Ayuntamiento de
FUENLABRADA



Cátedra
Economía
Circular



Universidad
Rey Juan Carlos

Índice

Introducción	2
Metodología	3
Resultados	8
1. Análisis de la separación en planta	8
2. Influencia del tamaño de los envases sobre la eficacia de la separación.....	11
3. Influencia de las características de la superficie de los envases sobre la eficacia de separación	16
4. Influencia de la viscosidad del contenido de los envases sobre la eficacia de separación	17
5. Repercusión de la posible aplicación del sistema de devolución y retorno (SDDR)..	18
Conclusiones	21
Observaciones adicionales	23
Anexo I. Tablas de datos	24

Estudio sobre la eficacia de separación del Cartón para bebidas y alimentos

Autora: Inés Bozalongo Hita (Cátedra Economía Circular para la Gestión Sostenible de Residuos, abril de 2026)

Introducción

Los distintos tipos de envases que están afectados por la Responsabilidad Ampliada del Productor deben ser aptos para que, una vez convertidos en residuos, su recogida y selección para el reciclaje sea eficaz y eficiente.

La Cátedra de Economía Circular para la Gestión Sostenible de Residuos ha iniciado el estudio específico de los envases de cartón para bebidas de uso municipal, conocidos popularmente como envases tipo brik.

El estudio tiene como objetivo evaluar la eficiencia de la separación en las plantas de tratamiento de envases, comprobando si la cantidad de envases tipo brik que finalmente llega a las plantas de reciclaje alcanza los objetivos. O si, por el contrario, se genera una elevada cantidad de materiales no seleccionados para su posterior reciclaje. Asimismo, se pretende identificar la relación entre la capacidad de separación de estos envases y sus propiedades (tamaño, color, viscosidad de su contenido, etc.).

La Cátedra está abierta a la colaboración con entes locales e instituciones públicas, tanto en el estudio de la eficacia y eficiencia de su recogida y tratamiento, como en la aportación de datos intermedios. El informe final permitirá determinar si el actual sistema de recogida selectiva, a través de la deposición en el contenedor amarillo, cumple con los niveles de calidad adecuados, o si es necesario explorar alternativas de recogida.

El estudio se ha llevado a cabo en tres plantas de selección y tratamiento de envases situadas en la Comunidad de Madrid, que gestionan los envases de 158 municipios y atienden a 3.390.556 habitantes¹ (Plan de gestión de residuos municipales de la Comunidad de Madrid 2025 - 2032).

¹ El número de habitantes atendidos corresponden al 47,66% de la población de la Comunidad de Madrid.

Para ello, en primer lugar, se realizó una homogeneización del rechazo procedente del reproceso, esto consistió en el mezclado de los residuos, que se ilustra en la Figura 2. Posteriormente, se tomó una cazada para ser caracterizada y se ajustó mediante un factor de conversión para que fuera un valor comparable al de las muestras obtenidas del proceso principal.



Figura 2. Homogeneización del rechazo reprocesado correspondiente a 24 h.

Por otro lado, se toma la muestra de las corrientes de brik seleccionado durante el proceso de clasificación de la planta, manteniendo separada la muestra seleccionada por selección manual (S. Manual) y mecánica (S. Foucault). En la Figura 3 se presenta una fotografía del conjunto de muestras obtenidas.



*Figura 3. Muestras caracterizadas en Planta 1.
De izquierda a derecha: S. Foucault, R. Proceso y S. Manual.*

Planta 2:

La Planta 2 consta de 3 líneas principales de selección de brik, dos de ellas tienen una separación manual, y la tercera, siendo la principal, está basada en un separador óptico. El diagrama de procesos de la Planta 2 se presenta en la Figura 4.

El proceso de toma de muestra consistió en la selección del material procesado en un tiempo específico (12 minutos) en los diferentes puntos de muestreo. De un total de 5 puntos de muestreo, 3 fueron de brik seleccionado y 2 de rechazo, estos puntos se pueden ver en la Figura 4. El material es seleccionado en 3 líneas diferenciadas, y las muestras obtenidas han sido nombradas de la siguiente manera: S. Óptico (BRIK 1), S. Cinta Rechazo (BRIK 2) y S. Criba (BRIK 3). En el caso del rechazo, las 2 muestras obtenidas fueron nombradas de la siguiente manera: R. Planar (RECHAZO 1) y R. Proceso (RECHAZO 2).

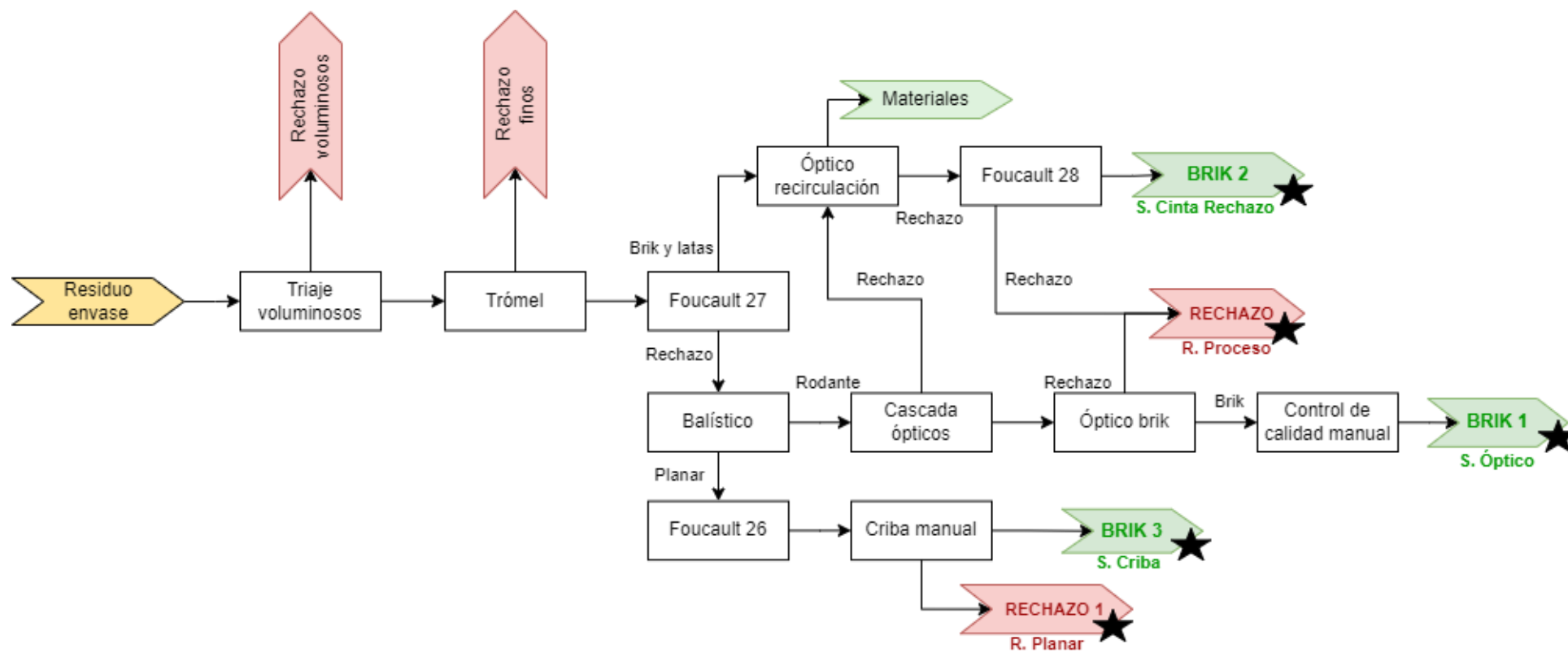


Figura 4. Planta 2. Diagrama de los procesos de separación para el brik.

Planta 3:

La Planta 3 consta de 1 línea principal de selección del brik, con dos metodologías de separación del brik (ver esquema del proceso en la Figura 5). El procedimiento de toma de muestra consistió en la selección del material procesado en un tiempo específico (10 minutos) en los dos puntos de muestreo: de la selección mecánica por óptico (S. Óptico, BRIK 1) y de la selección manual (S. Manual, BRIK 2). En el caso del rechazo, debido a la elevada cantidad de material en este flujo, se consideró más adecuado seleccionar la muestra correspondiente con un tiempo menor (3 minutos y 9 segundos). La medida tomada de esta muestra, denominada R. Proceso (RECHAZO), será recalculada para hacer coincidir ambos tiempos.

En las tres plantas objeto de estudio, una vez realizada la toma de muestra, se procedió a separar los envases brik por categorías de acuerdo con la siguiente lista:

- Alimentos líquidos: salsa de tomate, gazpacho, salmorejo, caldos y sopas, crema de verdura, yema de huevo y bechamel.
- Leche: leche, batidos de chocolate, nata.
- Bebidas: zumos de frutas, bebidas refrescantes, agua, zumos con leche y bebidas vegetal.
- Bebidas alcohólicas.
- Otros.

Asimismo, se distinguió entre envases grandes (≥ 1 L) y pequeños (< 1 L), envases coloreados ($>50\%$ superficie de color negro) y no coloreados, y envases metalizados ($>50\%$ superficie metalizada) y no metalizados. En las Figuras 6 y 7 se muestran ejemplos de las caracterizaciones por muestra y según la clasificación mencionada.

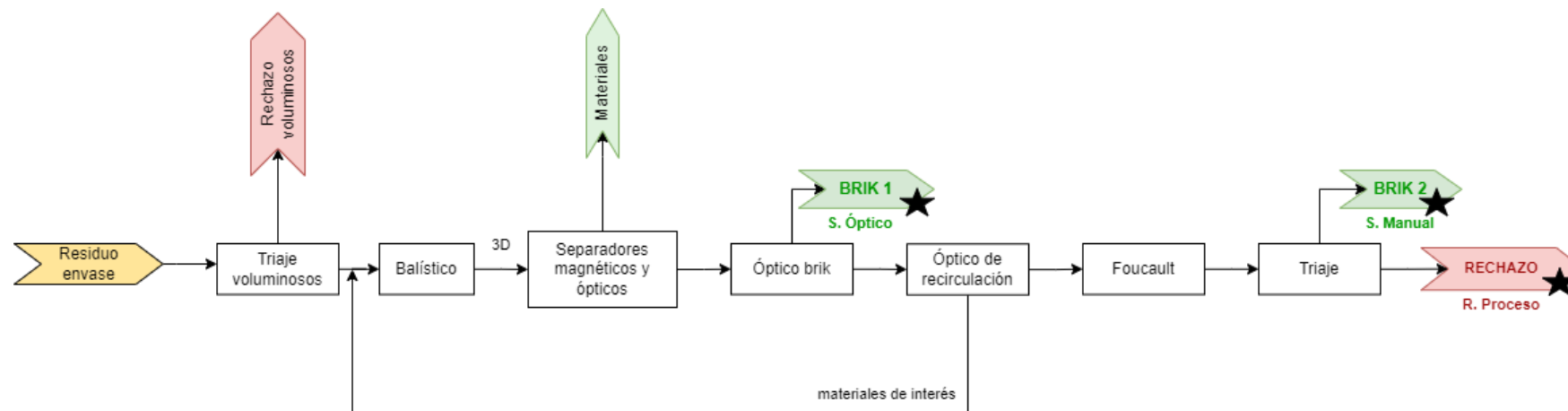


Figura 5. Planta 3. Diagrama de los procesos de separación para el brik.



Figura 6. Planta 1. Residuos de la muestra S. Manual caracterizados.



Figura 7. Planta 2. Residuos caracterizados por muestra.

Resultados

Se comenzó analizando la eficacia de separación de las plantas de manera global, seguido del análisis de la repercusión de diferentes propiedades de los briks sobre la separación, y finalmente, se estudiaron las posibles consecuencias de la aplicación de un Sistema de Depósito, Devolución y Retorno (SDDR) sobre los briks. Todos los resultados mostrados a continuación están referidos a una base de cálculo de 100 kg con el fin de facilitar la comparación entre las tres instalaciones.

1. Análisis de la separación en planta

Para el análisis de la separación del brik en planta se evaluó de forma separada el material que habría sido enviando a una planta de reciclaje (selección), y el que habría terminado en el vertedero (rechazo). En la Figura 8, se muestran los resultados por categoría y en función del peso.

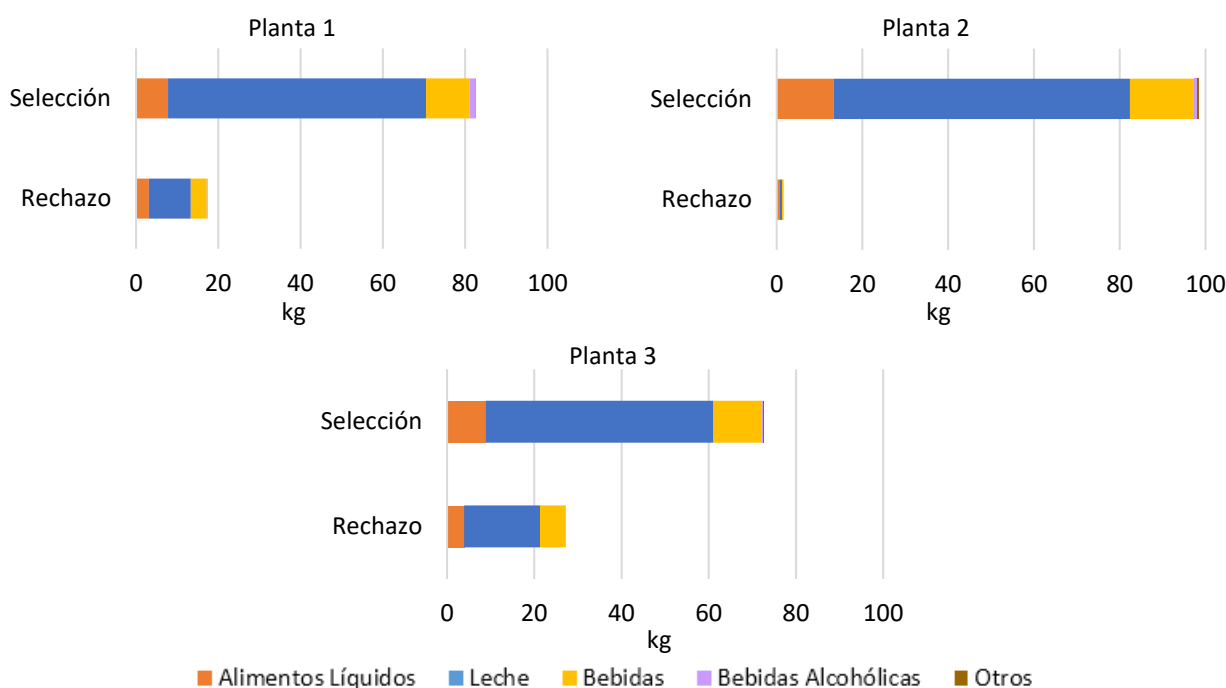


Figura 8. Caracterización de brik en las Plantas 1, 2 y 3, por destino y categoría (kg).

En todos los casos se observa una elevada tasa de selección de brik en función del peso. Sin embargo, la Planta 1 y 3 tienen una eficacia ligeramente menor (85,7% y 72,7%) que la Planta 2 (98,4 %). Posteriormente, se analizó la eficacia de separación de las diferentes metodologías (manual y mecánica) y, en el caso de separación mecánica, se distinguió entre tecnologías de separación (separador óptico y Foucault). Para ello, en la Figura 9 se representan los materiales seleccionados mediante los distintos métodos mencionados anteriormente y los que acaban en la corriente de rechazo.

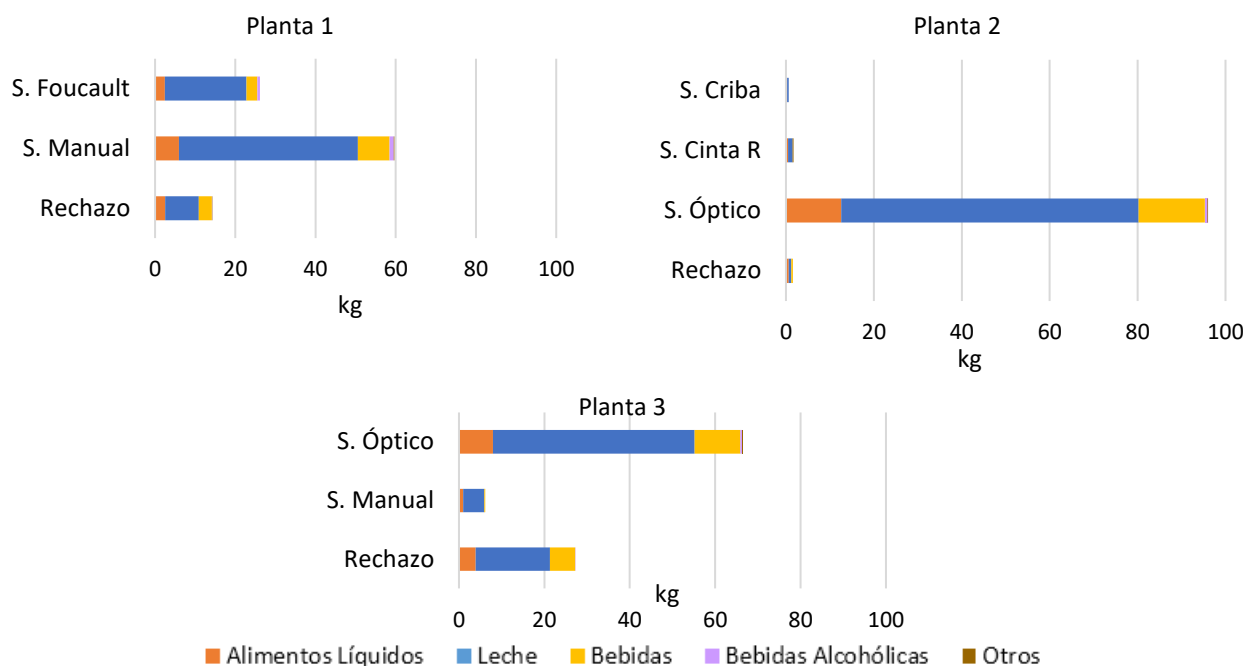


Figura 9. Caracterización de brik en las Plantas 1, 2 y 3, por metodología de selección y rechazo (kg).

Los datos de eficacia ligeramente inferiores de las Plantas 1 y 3 pueden deberse a diferentes casuísticas particulares de ambas, mientras que, la Planta 2 está más alineada con la normativa española en lo que se refiere a plantas de clasificación de envases.

Respecto a la Planta 1, se observa una predominancia de la separación manual. Esto dista de la tendencia seguida en las plantas españolas, en las que se emplea más habitualmente la separación mecánica. Del mismo modo, en cuanto a la tecnología utilizada en la separación mecánica, la Planta 1 realiza la separación del brik por corrientes de inducción (Foucault), lo que es algo único en cuanto a plantas de separación de envases. Normalmente, la tecnología de selección de brik empleada se basa en separadores ópticos, dejando tecnologías basadas en corrientes de Foucault para la separación de las latas.

Analizando los resultados numéricamente, la separación manual supone el 69,5% de los briks seleccionados en la Planta 1, mientras que la metodología mecánica (por corrientes de Foucault) supone solo el 30,5% de los materiales seleccionados (ver Figura 9). Estos datos resultan más interesantes al observar en el diagrama de la planta (ver Figura 1) que la separación manual es posterior a la mecánica.

Para evaluar de forma más precisa la eficacia de cada una de estas metodologías, se analizaron los briks seleccionados en función de la cantidad que entra en cada una de estas etapas. De esta forma, se toma en consideración que, en la etapa donde se realiza la separación manual, ya se han extraído previamente briks con el Foucault, por lo que el total de envases que entran es menor. Estos datos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Flujo del brik en las diferentes etapas en la Planta 1.

	Entrada (kg)	Selección (kg)	Eficacia (%)
S. Foucault	100,0	26,1	26,1%
S. Manual	73,9	59,6	80,7%
Selección total	100	85,7	85,7%

Como se puede observar en la Tabla 1 la eficacia de separación del Foucault (S. Foucault) es del 26,1%, mientras que la eficacia de separación manual asciende al 80,7%. También cabe destacar que el estudio se realizó al comienzo del turno del personal de separación, por lo que, debido al cansancio estos datos podrían verse afectados a lo largo del turno. Esta evaluación se ha hecho al comienzo del turno del personal bajo condiciones normales de funcionamiento, lo que equivale a un total de 4,5 personas dedicadas exclusivamente a la separación del brik. Este valor se calculó en función del número de personas y de las fracciones que cada una clasifica, ponderando su dedicación según el número de materiales separados. Por ejemplo, si dos personas clasifican PET y brik, su contribución conjunta se contabiliza como el equivalente a una persona dedicada exclusivamente a la separación de brik. Agrupando la separación por ambas metodologías, se obtiene una eficacia de separación total de la Planta 1 del 85,7% en peso.

En cuanto a la Planta 2, se puede observar en la Figura 8 la predominancia de la tecnología de separación por Óptico alcanzando el 98,4% del total de los briks seleccionados para reciclaje. Para realizar el análisis de eficacia de cada metodología se analizarán los briks de entrada y salida en cada etapa. Esto se realiza a partir de las caracterizaciones de las diferentes muestras y combinándolo con el esquema de la planta (ver Figura 4). Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 2:

Tabla 2. Flujo del brik en las diferentes etapas en la Planta 2.

	Entrada (kg)	Selección (kg)	Eficacia (%)
S. Óptico	96,5	96,0	99,5%
S. Cinta R	1,7	1,7	100,0%
S. Criba	1,8	0,6	36,7%
Selección total	100	98,4	98,4%

Para la asignación del material de entrada en la etapa de separación por óptico (S. Óptico) y en la de separación manual en la cinta de rechazo (S. Cinta R), se ha trabajado asumiendo la opción menos favorable para la eficacia de separación del Óptico. Debido a que no se disponen de valores a la entrada de cada una de estas etapas, el cálculo se realizó a partir de los valores de materiales seleccionados y rechazados en cada línea de trabajo. Sin embargo, en este caso, las líneas de trabajo correspondientes con las muestras de material seleccionado en la cinta de rechazo y el óptico convergen en el mismo punto para el rechazo (R. Proceso). Esto genera que no sea sencilla la asignación de la procedencia exacta de este rechazo, por lo que se ha supuesto que procede de la línea de la separación Óptica. En el caso de la obtención del material de entrada en la etapa de la separación manual en la criba (S. Criba), el cálculo es sencillo, ya que es una línea aislada con unos flujos claros materiales seleccionados y rechazados.

Una vez explicada la obtención de los valores mostrados en la Tabla 2, se procede a su análisis. La eficacia de la selección manual en la criba es del 36,7%, lo que corresponde con la separación

que realiza 0,25 personas trabajando en ese puesto, debido a que la persona que realiza esta separación selecciona 4 materiales diferentes. Al mismo tiempo, solo el 1,8% de los briks de la planta llegan a esta estación. Por ello, la separación en la Criba puede tener una relevancia limitada para el cómputo global.

No se analizó la eficacia de la separación manual en la cinta de rechazo (S. Cinta R), como consecuencia de la suposición realizada de la procedencia del rechazo del proceso. La separación mecánica realizada por el Óptico tiene una eficacia del 99,5% bajo la suposición de un escenario pesimista. Esta eficacia no solo es muy elevada, sino que también es muy relevante para el funcionamiento de la planta, ya que, el 96,5% de los briks son tratados en esta fase. Finalmente, agregando la separación por las diversas metodologías se obtiene un 98,4% de eficacia de selección de brik en función del peso en la Planta 2.

En cuanto a la Planta 3, se puede observar en la Figura 8 el elevado peso que tiene la fracción del rechazo, lo que se debe una vez más a una casuística particular de esta instalación. Esta planta se encuentra trabajando con un flujo de residuos muy superior a su capacidad óptima de funcionamiento y esto repercute negativamente en la capacidad de separación. Una vez conocido este hecho, se analiza la eficacia de cada elemento, teniendo en cuenta el funcionamiento en línea:

Tabla 3. Flujo del brik en las diferentes etapas en la Planta 3.

	Entrada (kg)	Selección (kg)	Eficacia (%)
S. Óptico	100,0	66,5	66,5%
S. Manual	33,5	6,2	18,5%
Selección total	100	72,7	72,7%

A pesar de que la separación por óptico supone el 91,5% de los briks seleccionados, la eficacia de este equipo se encuentra tan solo al 66,5%. Esto se debe a lo anteriormente comentado: esta planta está trabajando con unos flujos muy superiores a los óptimos de funcionamiento, por lo que se escapan más envases. La evaluación del funcionamiento de esta planta permite entender la posible repercusión que tiene una infraestructura insuficiente en la eficiencia de separación.

2. Influencia del tamaño de los envases sobre la eficacia de la separación

Una vez establecida la eficacia de separación en planta, se analizaron los posibles aspectos que puedan haber afectado a la dicha eficacia. En primer lugar, se comenzó analizando la repercusión del tamaño de los briks sobre la capacidad de selección del material. Para ello, en la Figura 10 se muestra la distribución del brik caracterizado por kilogramo, categoría y tamaño:

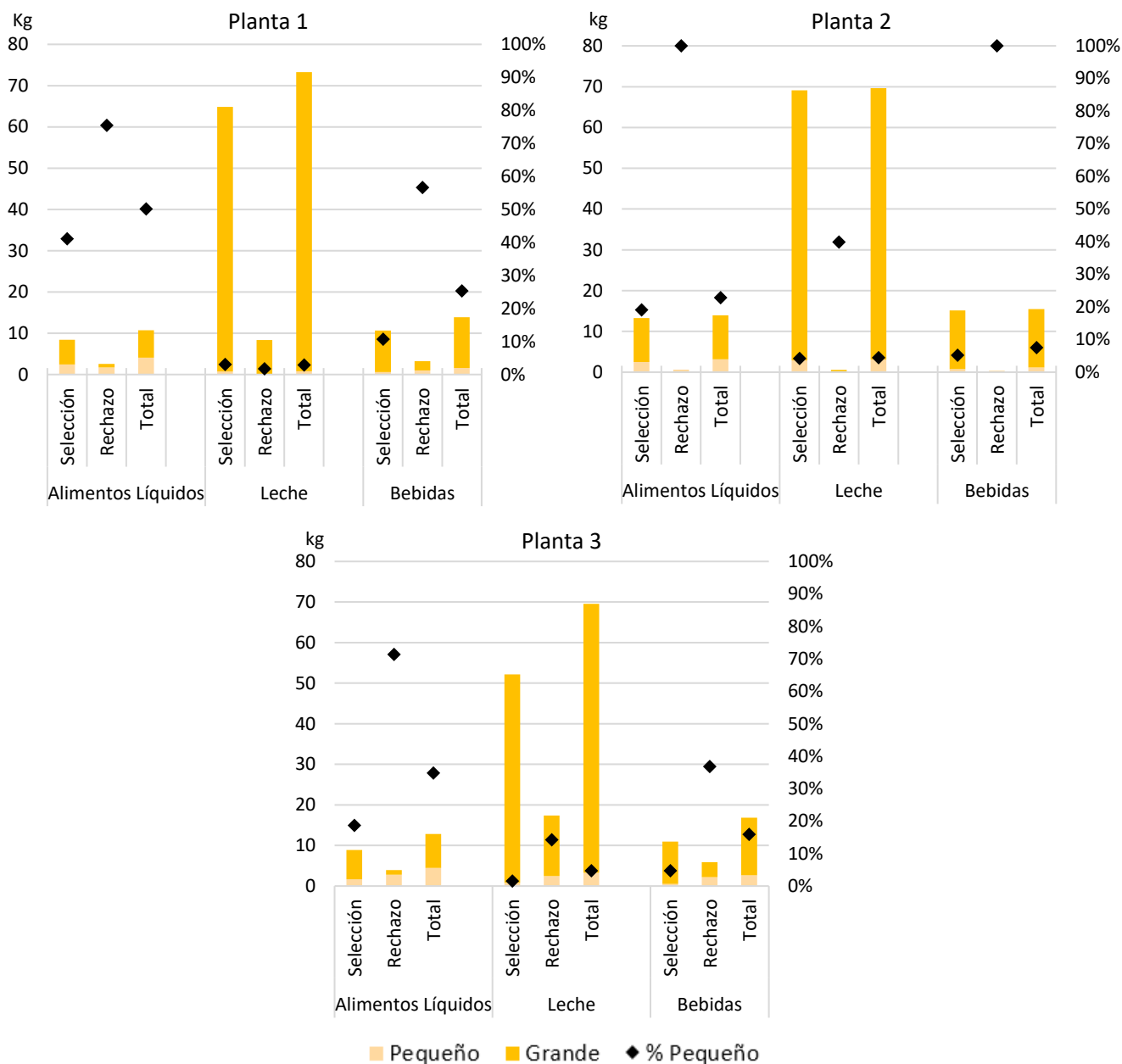


Figura 10. Resultados de caracterización de las plantas 1, 2 y 3, de las unidades por categoría y tamaño (kg).

Antes de nada, hay que recordar que los envases pequeños son aquellos con un volumen <1 L, mientras que los envases grandes son los que tienen un volumen ≥ 1 L. Se ha decidido realizar el análisis en función del peso, en lugar de por unidades, ya que se busca obtener una imagen global de esta problemática específica para el reciclado del brik.

Como se puede observar en la Figura 10, solo se han representado las categorías de *Alimentos Líquidos*, *Leche* y *Bebidas*, puesto que, en la Planta 1 las categorías no representadas tienen una presencia menor del 0,5 % en la fracción de envases pequeños: *Bebidas Alcohólicas* (0,3%) y *Otros* (0,0%). Al mismo tiempo, los envases pequeños de estas categorías suponen tan solo el 0,1% del total. Por otro lado, en la Planta 2 y 3 la categoría de *Otros* no se muestra por el mismo

motivo (0% de envases pequeños), mientras que *Bebidas Alcohólicas* no se presenta debido a que no se ha encontrado ningún envase de esta categoría en el rechazo.

Como ya se ha comentado anteriormente, los briks en la corriente de rechazo solo suponen el 14,3%, el 1,6% y el 27,3% en peso del total de briks que entran en las Plantas 1, 2 y 3 respectivamente. Sin embargo, se observa un incremento de la proporción de envases pequeños en la corriente de rechazo en comparación con la cantidad de este tipo de envases existentes en el total de la muestra. Estas variaciones han sido representadas en la Tabla 4 y se han calculado tal como se indica a continuación utilizando como ejemplo el caso de la corriente de selección de *Alimentos Líquidos (S. AL)* para la Planta 1:

$$\text{Variación}_{S.AL} = \Delta S.AL = \%selección - \%total;$$

$$\Delta S.AL = \frac{\text{pequeño selección}_{AL}}{\text{total selección}_{AL}} \cdot 100 - \frac{\text{pequeño total}_{AL}}{\text{total total}_{AL}} \cdot 100;$$

$$\Delta S.AL = \frac{2,421 \text{ kg}}{8,441 \text{ kg}} \cdot 100 - \frac{4,108 \text{ kg}}{10,730 \text{ kg}} \cdot 100 = 28,7\% - 38,3\% = -9,6\%$$

Tabla 4. Variación del porcentaje de envases pequeños en comparación con el total por categoría. (kg)

Categoría	Tipo	Planta 1		Planta 2		Planta 3	
		Variación	Total	Variación	Total	Variación	Total
Alimentos Líquidos	P. Selección	-9,6%	38,7%	-3,8%	22,9%	-16,1%	34,8%
	P. Rechazo	+27,9%		+77,1%		+36,6%	
Leche	P. Selección	0,0%	1,1%	-0,3%	4,5%	-3,2%	4,7%
	P. Rechazo	-0,3%		+35,4%		+9,6%	
Bebidas	P. Selección	-5,6%	11,4%	-2,3%	7,6%	-11,2%	16,0%
	P. Rechazo	+18,4%		+92,4%		+20,9%	

Tal y como se había observado, existe un incremento generalizado y marcado de la proporción de los envases pequeños en el rechazo de cada categoría. Queda así constatada la repercusión del tamaño sobre la separación de los briks en planta. Sin embargo, para evaluar la importancia de este aspecto, en la Figura 11 se representa la cantidad de envases pequeños y grandes en función de la corriente:

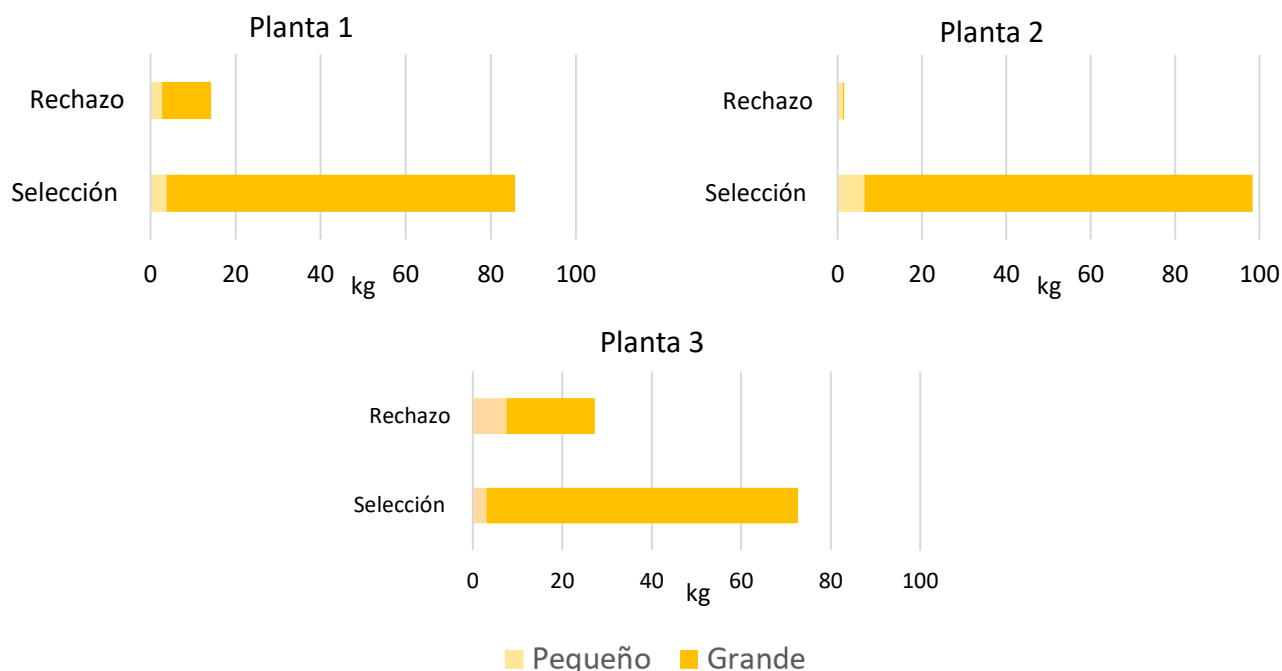


Figura 11. Caracterización del brik en las plantas 1, 2 y 3, por tamaño y corriente (kg).

En el caso de la Planta 1, los envases pequeños suponen el 4,4% de los envases seleccionados, y el 19,0% de los rechazados. A pesar de ese considerable incremento, en caso de que se lograran seleccionar, estos envases pequeños rechazados solo suponen el 2,7% del total. En la Planta 2, existe una variación aún mayor, ya que los envases pequeños suponen el 6,5% de los seleccionados y el 78,9% de los rechazados. Sin embargo, una vez más, los envases pequeños rechazados solo suponen el 1,3% del total de los envases en la planta.

En la Planta 3, como se puede esperar, tiene un comportamiento anómalo en cuanto a la separación. Esto se debe a la sobrecarga del sistema, ya que las Plantas 1 y 2 operan bajo unas condiciones de explotación normales, mientras que la Planta 3 lo hace con una carga excesiva. En el momento que se aumenta la carga y la eficacia de separación baja, pasan a un segundo plano los envases pequeños en la corriente del rechazo, registrándose un ligero incremento del 4,2% de los envases seleccionados y al 27,6% de los rechazados.

Una vez se ha comprobado que el tamaño afecta a la capacidad de separación del envase, se procedió a estudiar la eficacia de cada método y tecnología de separación, enfocado únicamente a los envases pequeños. Para ello, se siguió la metodología empleada en las Tablas 1, 2 y 3, en este caso centrado sólo en los envases pequeños. Los resultados obtenidos para la Planta 1 se muestran en la Tabla 5:

Tabla 5. Flujo del brik pequeño y total en las diferentes etapas en la Planta 1. (kg)

	Tamaño	Entrada (kg)	Selección (kg)	Eficacia (%)
S. Foucault	Pequeño	6,5	0,9	14,4%
	Total	100,0	27,2	27,2%
S. Manual	Pequeño	5,6	2,8	51,2%
	Total	72,8	55,5	76,2%
Selección total	Pequeño	6,5	3,8	58,2%
	Total	100	82,6	82,6%

Como se observa en la Tabla 5, a pesar de alcanzar una eficacia de separación del 82,6% para el conjunto de los briks, esta se reduce al 58,2% para los briks pequeños (<1 L). Esta disminución en la eficacia es más marcada con el método de selección mecánico (Foucault) que solo alcanza el 14,4% de separación. Por el contrario, la selección manual alcanza una eficacia del 51,2% de los envases pequeños que llegan a esa fase. Al ser un proceso en línea, donde la selección manual es posterior a la mecánica, llegarían todos a excepción de los ya seleccionados en el Foucault.

En cuanto a la Planta 2, como ya se vio en el apartado anterior, resulta más complejo el cálculo de los envases que llegan a cada etapa de separación y se trabajó de nuevo con el caso pesimista para la eficacia de separación por Óptico. Se supone que la totalidad de los envases pequeños presentes en la muestra del rechazo del proceso provienen únicamente de la línea donde opera el Óptico. Los resultados obtenidos para la Planta 2 se presentan en la Tabla 6:

Tabla 6. Flujo del brik pequeño y total en las diferentes etapas en la Planta 2. (kg)

	Tamaño	Entrada (kg)	Selección (kg)	Eficacia (%)
S. Óptico	Pequeño	6,5	6,1	92,7%
	Total	96,5	96,0	99,5%
S. Cinta R	Pequeño	0,3	0,3	100,0%
	Total	1,7	1,7	100,0%
S. Criba	Pequeño	0,8	0,0	0,0%
	Total	1,8	0,6	33,3%
Selección total	Pequeño	7,6	6,4	83,6%
	Total	100,0	98,4	98,4%

En este caso, la eficacia global de la planta para todos los envases briks es del 98,4% mientras que para los briks pequeños es de un 83,9%. Una vez más, se ignora la eficacia de la selección manual en la cinta de rechazo (S. Cinta R), ya que era la suposición de inicio para la asignación de materiales a la entrada de las etapas. La eficacia de la separación mecánica (por Óptico) alcanza el 92,7%, mientras que la separación manual en la criba (S. Criba) es totalmente ineficaz para los briks menores de 1 L, no logrando seleccionar ninguno.

Los resultados de eficacia de separación de brik pequeño con las diferentes metodologías correspondientes a la Planta 3 se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Flujo del brik pequeño y total en las diferentes etapas en la Planta 3. (kg)

	Tamaño	Entrada (kg)	Selección (kg)	Eficacia (%)
S. Óptico	Pequeño	72,7	2,8	3,8%
	Total	100,0	66,5	66,5%
S. Manual	Pequeño	69,9	0,2	0,4%
	Total	33,5	6,2	18,5%
Selección total	Pequeño	72,7	3,0	4,2%
	Total	100,0	72,7	72,7%

Como se puede observar en la Tabla 7, a pesar de alcanzar una eficacia de separación del 72,7% para el conjunto de los briks, esta reduce a un llamativo 4,2% para los briks pequeños (<1 L). Esta disminución en la eficacia afecta a ambas metodologías de separación. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, en caso de incrementarse la separación en el óptico, mejoraría la eficacia de separación manual. Esto se debe a que es un proceso en línea y que los recursos de personal y, por ende, la capacidad de separación manual es constante. Suponiendo una capacidad de separación del 92,7% en el óptico (observada en la Planta 2), la eficacia del manual ascendería un orden de magnitud (hasta el 4,7%).

En resumen, en la Planta 1 la metodología mecánica solo logra una eficacia del 14,4%, mientras que la de la Planta 2 alcanza el 92,7% para los briks pequeños. Esto guarda coherencia con las eficacias globales de ambas máquinas, ya que el Foucault (Planta 1) solo alcanza el 27,2%, mientras que el óptico (Planta 2) alcanza el 99,5%. Ambas plantas coinciden en la caída de la eficacia de la separación manual para los briks pequeños: en la Planta 1 se pasa del 76,2% al 51,2%, y en la Planta 2 se pasa del 33,3% al 0,0%. Por otro lado, se encuentra la Planta 3, con un funcionamiento por encima de sus capacidades y con una eficacia de separación de envases pequeños de tan solo un 4,2%.

3. Influencia de las características de la superficie de los envases sobre la eficacia de separación

Por otro lado, también se estudió la presencia de envases con una superficie en negro que supere el 50% del total. Sin embargo, apenas se detectaron este tipo de envases, solo un 0,4% en peso en la Planta 1, ninguno en la Planta 2 y un 0,1% en peso en la Planta 3. Debido al pequeño tamaño muestral el estudio no se considera suficientemente representativo. A pesar de ello, los resultados observados se presentan en la Figura 12 e indican que estos envases sí están siendo separados (65,8%), siendo más eficaz la separación manual (41,4%).

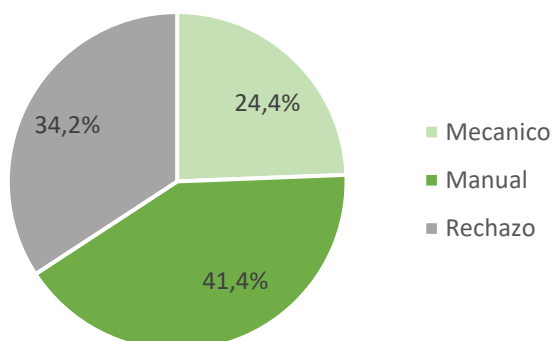


Figura 12. Planta 1. Resultados de caracterización de los briks con una superficie >50% negra por punto de muestreo (p/p).

No se estudió la repercusión de una superficie metalizada sobre la eficacia de separación, ya que no se encontró ningún envase de estas características durante la caracterización en la Planta 1 y 3, y solo uno en la Planta 2.

4. Influencia de la viscosidad del contenido de los envases sobre la eficacia de separación²

Para el análisis de la repercusión de la viscosidad de la bebida o alimento contenido en el brik, en la Figura 13 se representan los envases seleccionados frente a los no seleccionados para las diferentes categorías. La comparativa se realizó en función del peso:

² Estos resultados pueden verse afectados por la estacionalidad, ya que, en estudios previos realizados por la Cátedra de Economía Circular en verano si se detectó una repercusión relevante de esta variable sobre el porcentaje de separación.

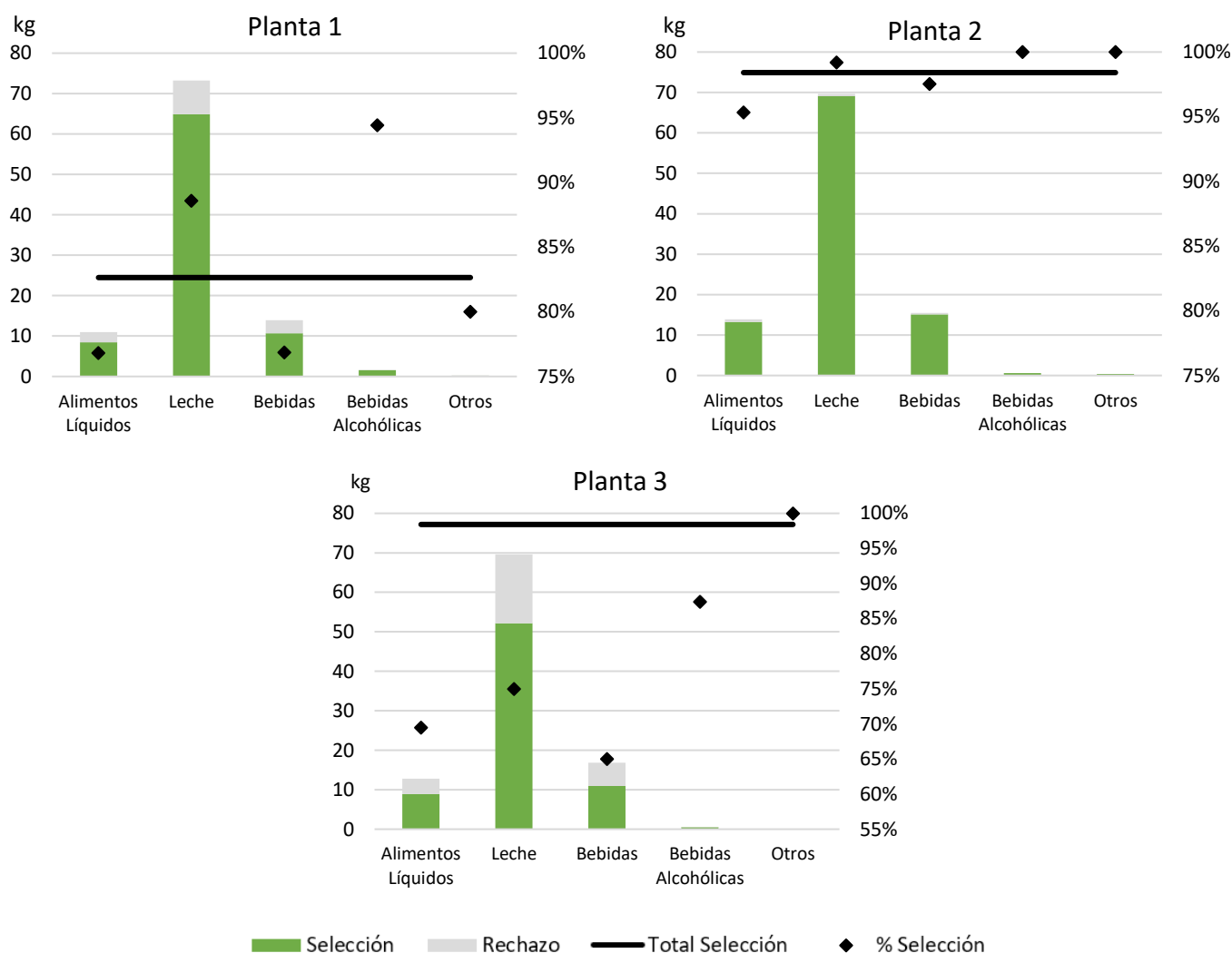


Figura 13. Eficacia de la separación por categoría planta 1, 2 y 3 (p/p).

En la Figura 13 no se observa una correlación directa entre la viscosidad y la eficacia de separación para la Planta 1 y 3. Sin embargo, en la Planta 2 si se detecta una ligera reducción en la eficacia de separación para la categoría de *Alimentos Líquidos*. Esta categoría contiene los elementos con mayor viscosidad, lo que puede generar que los briks sean más difíciles de vaciar una vez consumido el producto.

5. Repercusión de la posible aplicación del sistema de devolución y retorno (SDDR)

Finalmente, se analiza la distribución de los envases tipo brik por categoría y en función de si se encontraban entre el material seleccionado (S) o en el material de la corriente de rechazo (R), en función del peso. Los resultados se presentan en la Figura 14.

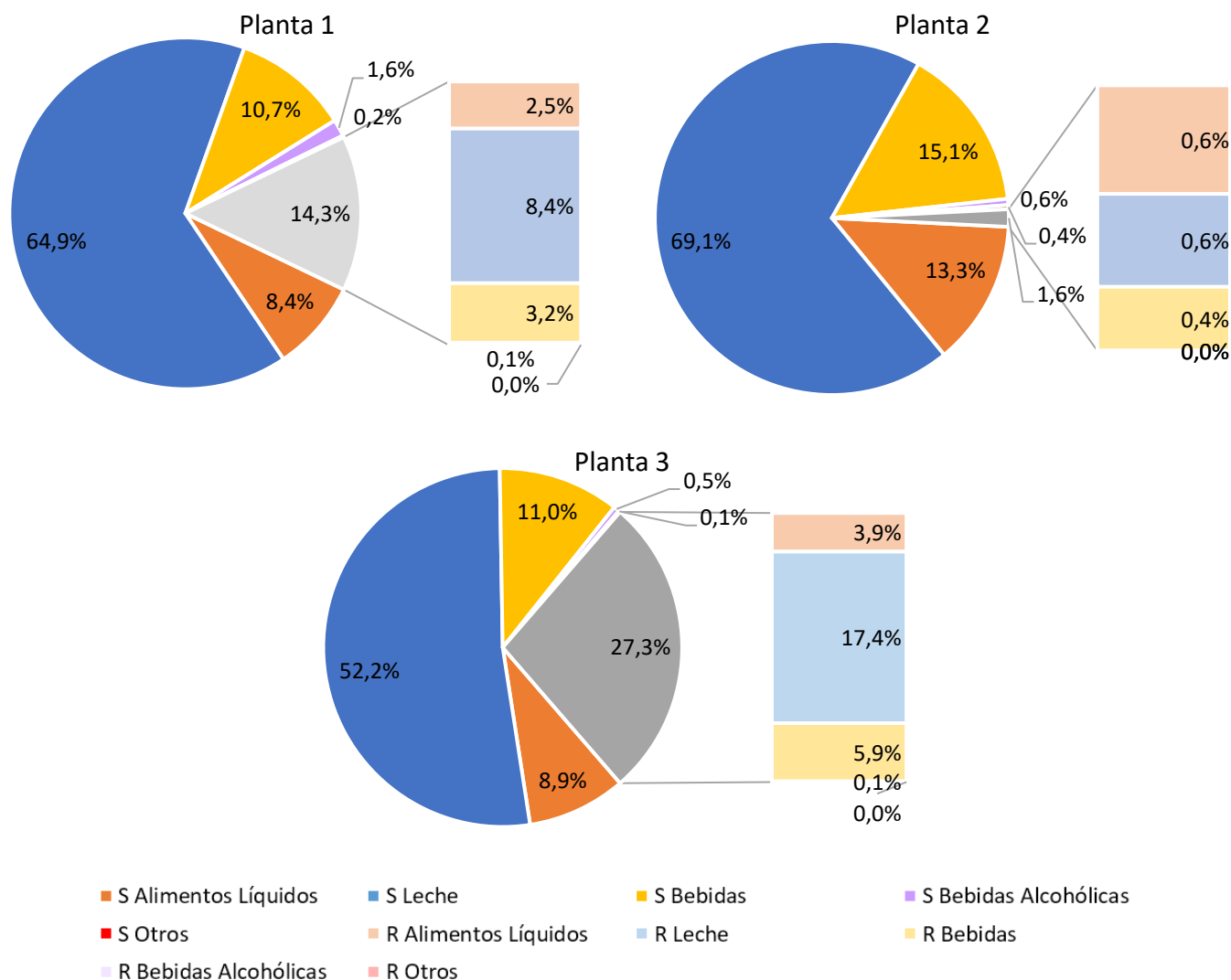


Figura 14. Resultados de caracterización por categoría y por selección; seleccionados (S) o rechazo (R), para las plantas 1, 2 y 3. (p/p)

En la Figura 14 se aprecia lo observado anteriormente, la categoría *Leche* es claramente dominante, habiéndose seleccionado el 64,9% en la Planta 1, el 69,1% en la Planta 2 y el 52,2% en la Planta 3. El material rechazado correspondiente a esta categoría supone un adicional 8,4%, 0,6% y 17,4% respectivamente. La siguiente categoría sería *Bebidas*, la cual supone el 10,7%, 15,1% y 11,0% del material seleccionado, y 3,2%, 0,4% y 5,9% del no seleccionado para las Plantas 1, 2 y 3 respectivamente. En tercer lugar, están los *Alimentos Líquidos*, que suponen el 8,4%, 13,3% y 8,9% de los materiales seleccionados, y el 2,5%, 0,6% y 3,9% de los no seleccionados para las Plantas 1, 2 y 3 respectivamente.

Debido a que no se alcanzó el objetivo del 70% de recogida separada en 2023 marcado por la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, se implantará el sistema de depósito, devolución y retorno para los envases (SDDR). Por otro lado,

en el Real Decreto 1055/2022, de 27 de diciembre, de envases y residuos de envases se abrió la puerta a la entrada de los envases de cartón para bebida³ (brik) en este sistema.

Transponiendo estas especificaciones a las categorías de productos empleadas en este estudio, solo se verían incluidas en el SDDR las *Bebidas* y *Bebidas Alcohólicas*. Para poder estudiar la posible repercusión que tendría la instauración de este sistema sobre el brik, se presenta a continuación la Tabla 8 con los porcentajes de los briks seleccionados y rechazados por categoría. Se han recalcado las categorías *Bebida* y *Bebidas Alcohólicas*:

Tabla 8. Flujo del brik por categoría y destino para las plantas 1, 2 y 3. (p/p)

		Alimentos Líquidos	Leche	Bebidas	Bebidas Alcohólicas	Otros
Planta 1	Selección	8,4%	64,9%	10,7%	1,6%	0,2%
	Rechazo	2,5%	8,4%	3,2%	0,1%	0,0%
	Total	11,0%	73,2%	13,9%	1,6%	0,2%
Planta 2	Selección	13,3%	69,1%	15,1%	0,6%	0,4%
	Rechazo	0,6%	0,6%	0,4%	0,0%	0,0%
	Total	13,9%	69,6%	15,5%	0,6%	0,4%
Planta 3	Selección	8,9%	52,2%	11,0%	0,5%	0,1%
	Rechazo	3,9%	17,4%	5,9%	0,1%	0,0%
	Total	12,8%	69,6%	16,9%	0,6%	0,1%

Estos resultados muestran que, del total del brik que entra en las plantas analizadas, solo un 16,5 % (valor promedio de las 3 instalaciones) son bebidas que irían al SDDR y el resto seguirían recogándose en el contenedor amarillo. Ello implica que la posibilidad de mejora en la capacidad de recuperación de los briks con el SDDR quedaría muy limitada. Asimismo, se debe destacar que la división de flujos del mismo tipo de envases en función de su contenido puede contribuir de manera considerable a la confusión de los usuarios del sistema, afectando notablemente a la eficacia del mismo.

³ Solo se incluirán los envases de cartón para bebida de estos productos: “aguas minerales y de manantial, zumos, néctares, mezclas de frutas y hortalizas recién exprimidas, concentrados para disolución, bebidas refrescantes, energéticas, isotónicas y bebidas alcohólicas”

Conclusiones

El presente estudio ha permitido evaluar la situación actual sobre la selección de envases de tipo brik en tres plantas de la Comunidad de Madrid con diferentes características técnicas y condiciones de operación. Los datos obtenidos, resumidos en la Figura 15, muestran que se llega a seleccionar para su reciclado el 85,7% en peso de los envases de brik en la Planta 1, el 98,4% en la Planta 2 y el 72,7% en la Planta 3.

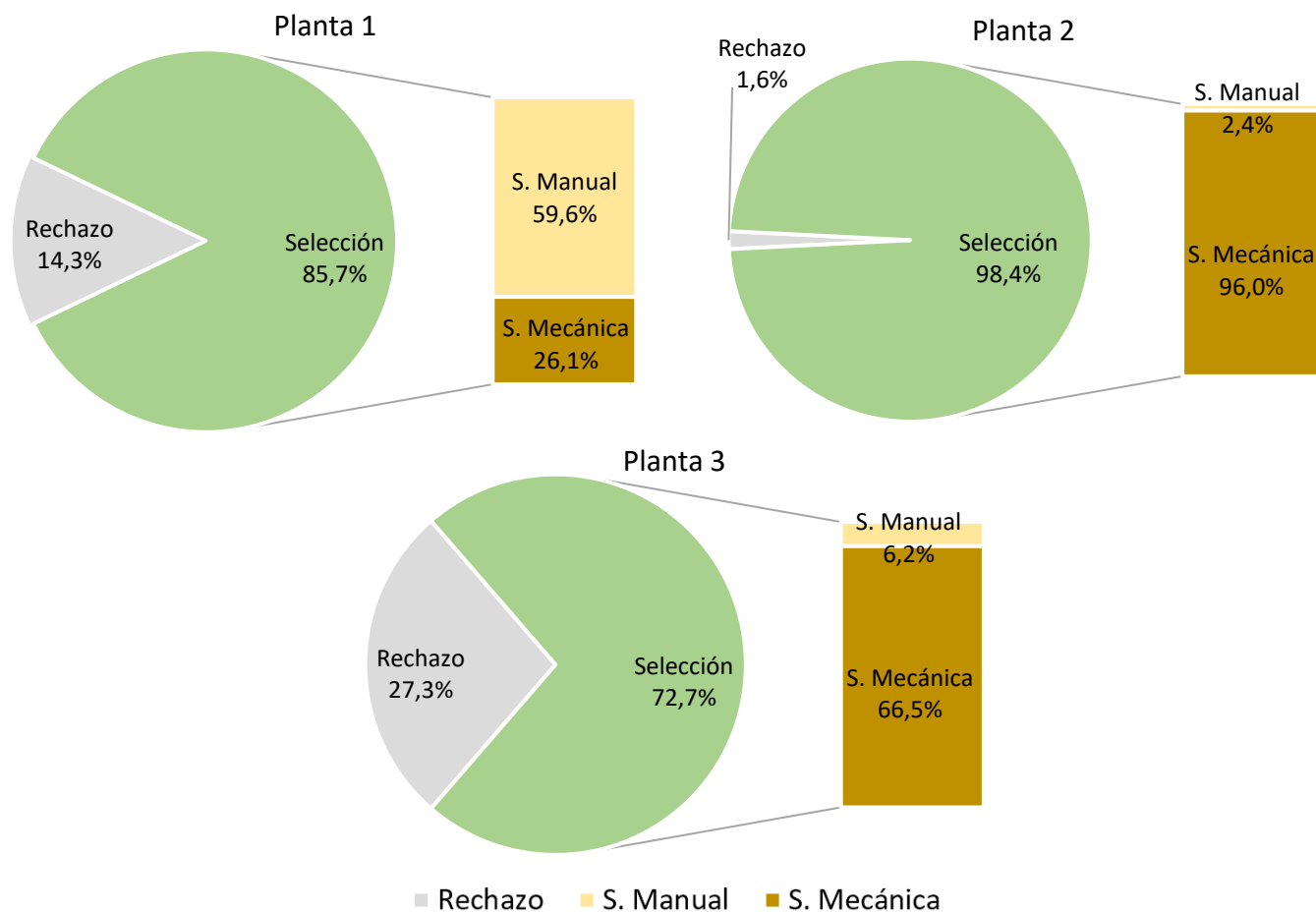


Figura 15. Flujo de briks en las plantas de selección 1, 2 y 3. (p/p)

Como se ha comentado a lo largo de este informe, las Plantas 1 y 3 tienen unas casuísticas particulares que implica que los datos obtenidos puedan ser poco representativos del estándar actual de separación óptica de brik en España, en consecuencia, las principales conclusiones se van a centrar en los resultados obtenidos en la Planta 2.

La separación óptica de envases de tipo brik es altamente eficiente, separando el 96 % en peso de todos los envases que entran en la instalación. El porcentaje de separación total asciende hasta más del 98 % gracias a la selección manual efectuada en ciertos puntos de la planta.

En cuanto a la evaluación de la repercusión del tamaño del envase sobre la eficacia de separación, se puede afirmar que existe una mayor presencia de envases pequeños (<1L) en la corriente de rechazo (78,9% en peso de esa corriente) frente a la proporción observada en la corriente de envases seleccionados (6,5% en peso de esa corriente). En este punto es relevante recalcar que los resultados muestran que la separación del brik en plantas dotadas de tecnología óptica presenta un elevado nivel de eficiencia. Aunque los formatos de menor tamaño registran una mayor probabilidad de acabar en la fracción de rechazo, su impacto real sobre la eficiencia global del sistema resulta muy reducido, situándose en torno al 1,3 % cuando se emplea esta tecnología.

En lo referente al estudio de la problemática de las peculiaridades de la superficie (>50% negro o metalizado) se ha considerado insignificante por su baja presencia.

Con respecto a la influencia de la viscosidad de la bebida o alimento contenidos en el brik, no se ha observado un efecto claro sobre la capacidad de separación del envase. Sin embargo, se recomienda evaluar esta variable en función de la estacionalidad debido a que el consumo de bebidas pastosas, como salmorejo y gazpacho, se incrementa notablemente en la época estival.

Este estudio también analiza la posible repercusión de la aplicación de un Sistema de Depósito, Devolución y Retorno (SDDR) a los envases de cartón para bebidas. Los resultados muestran que, debido a las condiciones de aplicación establecidas en el RD 1055/2022, únicamente una parte reducida de los envases que entran en las plantas analizadas estaría sujeta al sistema. En concreto, las categorías de Bebidas y Bebidas Alcohólicas representan, en promedio, alrededor del 16,5 % de los envases de cartón para bebidas presentes en las instalaciones estudiadas, mientras que el resto continuaría gestionándose a través del contenedor amarillo.

Por tanto, los resultados obtenidos indican que la capacidad del SDDR para mejorar la recuperación de los envases de cartón para bebidas sería muy limitada, al afectar únicamente a una fracción reducida de los envases gestionados por las plantas analizadas. Asimismo, debe considerarse que la coexistencia de distintos sistemas de recogida para envases del mismo material en función de su contenido podría generar confusión entre los usuarios y afectar a la eficacia global del sistema.

Observaciones adicionales

Inicialmente, el alcance del estudio contemplaba la inclusión de una cuarta planta dedicada a la selección y tratamiento de envases. Esta instalación, de reciente construcción, dispone de una infraestructura avanzada y de tecnologías ópticas de última generación para la clasificación de diferentes tipos de envases. No obstante, debido a limitaciones logísticas ajenas al objeto del estudio, no fue posible llevar a cabo su análisis dentro del periodo establecido.

Dado las características técnicas de planta, tratándose de una instalación moderna y equipada con sistemas de separación de alta precisión (basada en sistemas ópticos⁴), se estima que la eficacia en la selección de envases de cartón para bebidas tipo *brik* se situaría en torno al 100%. En consecuencia, de haberse incluido en el estudio, los valores globales de eficacia para esta tipología de envases habrían sido previsiblemente superiores.

Por tanto, puede concluirse que, con el sistema actual de separación de envases, la fracción *brik* presenta un nivel de recuperación altamente eficiente.

⁴ Tal y como se ha podido demostrar en el estudio, la separación óptica de envases de tipo *brik* es altamente eficiente.

Anexo I. Tablas de datos

Planta 1.

Anexo I. Tabla 1. Planta 1. Distribución de los briks por categoría, destino y tamaño. (kg)

Categoría	Tipo	Pequeño (kg)	Grande (kg)	Pequeño (%)
Alimentos Líquidos	Selección	2,421	6,020	28,7%
	Rechazo	1,687	0,861	66,2%
	Total	4,108	6,622	38,3%
Leche	Selección	0,730	64,150	1,1%
	Rechazo	0,064	8,303	0,8%
	Total	0,794	72,453	1,1%
Bebidas	Selección	0,622	10,066	5,8%
	Rechazo	0,960	2,259	29,8%
	Total	1,582	12,325	11,4%
Bebidas Alcohólicas	Selección	0,005	1,548	0,3%
	Rechazo	0,000	0,092	0,0%
	Total	0,005	1,640	0,3%
Otros	Selección	0,000	0,169	0,0%
	Rechazo	0,000	0,042	0,0%
	Total	0,000	0,212	0,0%

Anexo I. Tabla 2. Planta 1. Distribución de los briks por categoría y método de selección. (kg)

Categoría	Rechazo (kg)	S. Manual (kg)	S. Foucault (kg)	Selección (kg)	Total (kg)
Alimentos Líquidos	2,5	6,0	2,5	8,4	11,0
Leche	8,4	44,6	20,3	64,9	73,2
Bebidas	3,2	7,9	2,8	10,7	13,9
Bebidas Alcohólicas	0,1	1,0	0,6	1,6	1,6
Otros	0,0	0,2	0,0	0,2	0,2
Σ Total	14,3	59,6	26,1	86	100,0

Anexo I. Tabla 3. Planta 1. Distribución de los briks por entrada y salida de los métodos de selección. (kg)

	Entrada (kg)	Selección (kg)	Eficacia (%)
S. Foucault	100,0	26,1	26,1%
S. Manual	100	85,7	85,7%
Σ Selección	100,0	26,1	26,1%

Anexo I. Tabla 4. Planta 1. Distribución de los briks por tamaño y destino. (kg)

	Selección (kg)	Rechazo (kg)
Pequeño	3,777	2,712
Grande	81,953	11,558
% Pequeño	4,4%	19,0%

Planta 2.

Anexo I. Tabla 5. Planta 2. Distribución de los briks por categoría, destino y tamaño. (kg)

Categoría	Tipo	Pequeño (kg)	Grande (kg)	Pequeño (%)
Alimentos Líquidos	Selección	2,534	10,733	19,1%
	Rechazo	0,649	0,000	100,0%
	Total	3,183	10,733	22,9%
Leche	Selección	2,891	66,201	4,2%
	Rechazo	0,222	0,334	39,9%
	Total	3,113	66,535	4,5%
Bebidas	Selección	0,789	14,320	5,2%
	Rechazo	0,382	0,000	100,0%
	Total	1,172	14,320	7,6%
Bebidas Alcohólicas	Selección	0,160	0,405	28%
	Rechazo	0,000	0,000	
	Total	0,160	0,405	28%
Otros	Selección	0,000	0,379	0%
	Rechazo	0,000	0,000	
	Total	0,000	0,379	0%

Anexo I. Tabla 6. Planta 2. Distribución de los briks por categoría y método de selección. (kg)

Categoría	Rechazo (kg)	S. Manual (kg)	S. Cinta R (kg)	S. Criba (kg)	S. Óptico (kg)	Selección (kg)	Total (kg)
Alimentos Líquidos	0,6	0,7	0,5	0,2	12,5	13,3	13,9
Leche	0,6	1,4	1,0	0,4	67,7	69,1	69,6
Bebidas	0,4	0,0	0,0	0,0	15,1	15,1	15,5
Bebidas Alcohólicas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	0,6
Otros	0,0	0,2	0,2	0,0	0,1	0,4	0,4
Σ Total	1,6	2,4	1,7	0,6	96,0	98,4	100,0

Anexo I. Tabla 7. Planta 2. Distribución de los briks por entrada y salida de los métodos de selección. (kg)

	Entrada (kg)	Selección (kg)	Eficacia (%)
S. Óptico	96,5	96,0	99,5%
S. Cinta R	1,7	1,7	100,0%
S. Criba	1,8	0,6	36,7%
Σ Selección	100	98,4	98,4%

Anexo I. Tabla 8. Planta 2. Distribución de los briks por tamaño y destino. (kg)

	Selección (kg)	Rechazo (kg)
Pequeño	6,375	1,253
Grande	92,038	0,334
% Pequeño	6,5%	78,9%

Planta 3.

Anexo I. Tabla 9. Planta 3. Distribución de los briks por categoría, destino y tamaño. (kg)

Categoría	Tipo	Pequeño (kg)	Grande (kg)	Pequeño (%)
Alimentos Líquidos	Selección	1,668	7,240	18,7%
	Rechazo	2,796	1,119	71,4%
	Total	4,465	8,358	34,8%
Leche	Selección	0,806	51,371	1,5%
	Rechazo	2,486	14,915	14,3%
	Total	3,291	66,286	4,7%
Bebidas	Selección	0,518	10,443	4,7%
	Rechazo	2,175	3,729	36,8%
	Total	2,693	14,172	16,0%
Bebidas Alcohólicas	Selección	0,027	0,490	5%
	Rechazo	0,075	0,000	
	Total	0,102	0,490	17%
Otros	Selección	0,000	0,143	0%
	Rechazo	0,000	0,000	
	Total	0,000	0,143	0%

Anexo I. Tabla 10. Planta 3. Distribución de los briks por categoría y método de selección. (kg)

Categoría	Rechazo (kg)	S. Manual (kg)	S. Óptico (kg)	Selección (kg)	Total (kg)
Alimentos Líquidos	3,9	1,0	7,9	8,9	12,8
Leche	17,4	4,9	47,2	52,2	69,6
Bebidas	5,9	0,3	10,7	11,0	16,9
Bebidas Alcohólicas	0,1	0,0	0,5	0,5	0,6
Otros	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Σ Total	27,3	6,2	66,5	72,7	100,0

Anexo I. Tabla 11. Planta 3. Distribución de los briks por entrada y salida de los métodos de selección. (kg)

	Entrada (kg)	Selección (kg)	Eficacia (%)
S. Óptico	100,0	66,5	66,5%
S. Manual	33,5	6,2	18,5%
Σ Selección	100,0	72,7	72,7%

Anexo I. Tabla 12. Planta 3. Distribución de los briks por tamaño y destino. (kg)

	Selección (kg)	Rechazo (kg)
Pequeño	3,019	7,532
Grande	69,687	19,762
% Pequeño	4,2%	27,6%