



Identificación del Trabajo	
Área:	Materiales
Categoría:	Alumno
Regional:	Santa Fe

## **Papel de etiquetas de cerveza, alternativa de uso en la industria de la construcción**

---

**Federico N. ANDRÉS, Sebastián PEIRANO.**

Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI), Facultad Regional Santa Fe, UTN  
E-mail de contacto: [fandres@frsf.utn.edu.ar](mailto:fandres@frsf.utn.edu.ar)

Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección del Ing. Rudy Grether y el Ing. Néstor Ulibarrie, en el marco de un proyecto "Interno".

### **Resumen**

---

*En el ciclo productivo de cerveza, el envasado se realiza en botellas retornables de vidrio, lo que requiere su lavado antes de introducir el producto. En esta etapa se retira todo material adherido al envase mediante una solución de agua y soda cáustica, siendo las etiquetas de los envases el principal residuo de este proceso.*

*Desde la perspectiva del reciclado, se propone investigar la factibilidad de uso de este residuo para la producción de material de construcción, ya sea en la confección de bloques o paneles, estudiando su aglomeración con el cemento a través de diferentes formas de incorporar el residuo, como ser, en estado húmedo o seco, para luego analizar las ventajas y desventajas que proporciona cada opción.*

*Para llevar adelante lo expuesto, se plantean distintas dosificaciones manteniendo constante la cantidad de residuo y variando las cantidades de agua y de cemento.*

**Palabras Claves:** Residuo, reciclado, etiqueta, construcción

---

### **1. Introducción y Objetivos**

En el presente trabajo se desarrolla la primera instancia del análisis del residuo generado en el proceso de envasado en la industria cervecera, destacando su homogeneidad, lo que proporciona un buen punto de partida para su aprovechamiento como materia prima para la generación de elementos de construcción.

El foco de esta investigación radica en la factibilidad de aglomeración de este residuo con cemento comercial para la obtención de un material compuesto destinado al rubro de la construcción, cuyo objetivo se respaldará con ensayos y análisis de propiedades físicas y mecánicas que expresen dicha afinidad.

El residuo con el que se cuenta proviene de una empresa productora de cerveza, la cual en su proceso requiere de la reutilización de botellas de vidrio retornables para el posterior envasado de la bebida. Para que sea factible el uso reiterado de las botellas es imprescindible el lavado de éstas con una solución en agua de soda cáustica a modo de retirar toda suciedad del interior y exterior, como así también las etiquetas que llevan adheridas. Por esto último, la

composición del desecho es en su mayoría papel de etiquetas, que de acuerdo al nivel de producción de la empresa, la magnitud generada de residuo es de 150 toneladas semestrales.

## 2. Metodología

Para el análisis de factibilidad de aglomeración se tomaron muestras del residuo en la planta de producción (figura 1), las que fueron debidamente embaladas para su conservación con las condiciones en el momento de la extracción, es decir, mantener el contenido de humedad y la concentración de soda cáustica. Como aglomerante, se utilizó cemento comercial (CPC 40).



**Figura 1.** Toma de muestra en planta.

Debido a que el contenido de humedad en el residuo influye en las dosificaciones para la prueba de factibilidad de aglomeración, por ser el agua quien se combine con el cemento, se procedió a su determinación, pesando el residuo y colocándolo en estufa a  $105\pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta peso constante. La figura 2 muestra el material antes de ser llevado a estufa.



**Figura 2.** Residuo.

En cuanto a la concentración de soda cáustica, la empresa proporcionó dicha información, siendo la utilizada para el lavado, una solución al 2% en agua.

En primera instancia se plantearon diferentes alternativas de utilización del residuo: sin alteraciones (en las condiciones como se obtiene de planta) y triturado; éste último, por su parte, se llevó adelante con el residuo en estado húmedo y seco. Con las muestras generadas se evaluó el comportamiento de cada alternativa en combinación con el cemento, mediante ensayo mecánico de probetas cúbicas de  $7\times 7\times 7$  cm con 28 días de edad, sometidas a compresión simple.

### 2.1. Residuo sin alterar

El residuo se utiliza tal cual como proviene de planta, es decir, no se modifica el contenido de humedad, la concentración de soda cáustica, el tamaño, ni cualquier otra propiedad. El objetivo de esta experiencia es tener un primer acercamiento del comportamiento de la mezcla residuo-cemento. Para ello, en las condiciones indicadas, se mezcla cemento y agua que se incorpora luego al residuo para formar un panel de 30x30x3cm (Figura 3).



**Figura 3.** Panel 30x30x3cm.

### 2.2. Residuo triturado

En busca de aumentar la superficie específica del residuo que genere una interfaz con el cemento, se tritura el residuo por 1 minuto, reduciendo su tamaño y logrando de este modo dos beneficios, mayor interrelación residuo-cemento, con una consecuente disminución en la fragilidad y mayor homogeneidad.

#### 2.2.1. Residuo triturado en húmedo

De acuerdo a las características del equipo de triturado, se introducen 1/18 partes de papel junto con una parte de agua a modo de facilitarle al equipo la operación de molienda.

Al residuo en este caso se lo utiliza para moldear cubos de 7cm de lado y a través de éstos determinar la factibilidad de aglomeración; para lo cual se mezcla residuo, cemento y agua, donde la cantidad de fluido (agua) es de un orden mayor a la sólida (papel y cemento), debido a lo requerido por el proceso de molienda del desecho. Por esto último, se genera un inconveniente a la hora de dosificar, ya que se produce un exceso de este agente de hidratación del cemento, es decir, parte del fluido se combina con el cemento hidratándolo y el resto queda libre.

Cabe destacar, que como opción de eliminación del agua libre, no se puede someter a un proceso de secado al residuo triturado en húmedo, ya que las partículas del mismo se aglutinan a medida que el agua (libre y absorbida) es evaporada.

Debido al inconveniente de exceso de agua, se plantean dos nuevas maneras de utilizar el residuo húmedo, esto es, escurriéndolo y sin escurrir.

##### 2.2.1.1. Residuo triturado en húmedo, sin escurrir

Luego de triturado el residuo junto con agua, se mezcla la pulpa obtenida con cemento, en las proporciones indicadas en la tabla 1, hasta lograr una mezcla homogénea, para después colarla dentro del molde cúbico de 7cm de lado y dejarla fraguar por 48hs antes de desmoldarla.

**Tabla 1.** Proporciones de dosificación.

Material	Dosificación 1	Dosificación 2
Papel	1/21	3/73
Cemento	10/63	20/73
Agua	50/63	50/73

Las probetas logradas de este modo a medida que fraguan van liberando, por efecto de la gravedad, el exceso de agua que tienen, por lo que la combinación de ésta con el cemento, es menor a la cantidad introducida como dosificación.

#### 2.2.1.2. Residuo triturado en húmedo, escurrido

En este caso, el residuo triturado con la ayuda de agua, antes de ser mezclado con cemento portland es escurrido sobre una malla por un periodo de tiempo de 1 minuto con el objetivo de disminuir la cantidad de agua libre. Luego se repite el proceso de colado de la mezcla ya mencionado en el caso precedente.

Las proporciones de materiales que componen las probetas son idénticas a las planteadas para la opción anterior.

Cabe aclarar que en esta oportunidad, al igual que en la anterior, la cantidad de agua que realmente hidrata al cemento es menor a la dosificada. Debido a las filtraciones durante el moldeo y al previo escurrido sobre malla, no toda el agua que se introduce en la mezcla se combina con cemento o queda retenida como agua libre en el interior de la probeta. A su vez, surge una nueva variable que se da durante la etapa de escurrido, la que consiste en que la cantidad de agua que libera el residuo molido sobre una malla durante un minuto, es distinta al repetir la operación para generar diferentes probetas.

#### 2.2.2. Residuo triturado en seco

En las alternativas hasta aquí planteadas el agua se presenta en abundancia, así como también la relación de la misma con los materiales restantes, con lo que parte de ella, en estado libre, drena por acción de la gravedad y se pierde. Por estas razones se decide triturar el papel seco, sin adicionarle agua durante el proceso, con lo cual, por las características del equipo, es necesaria la reducción de la cantidad de papel a triturar por operación, pero siendo éste un procedimiento independiente de lo que es el moldeo.

De este modo se tiene certeza de las dosificaciones y proporciones de agua, cemento y papel, siendo éstas las indicadas en la tabla 2.

**Tabla 2.** Proporciones de dosificación.

Material	Dosificación 1	Dosificación 2	Dosificación 3	Dosificación 4
Papel	3/33	3/37	3/39	3/43
Cemento	20/33	20/37	20/39	20/43
Agua	10/33	14/37	16/39	20/43

El proceso de moldeo y desmolde no son modificados.

### 3. Resultados y discusión

Del ensayo de determinación de contenido de humedad del residuo en el momento de toma de muestra en planta, se obtienen los siguientes valores:

**Tabla 3.** Contenido humedad del residuo.

Muestra	Peso húmedo [gr]	Peso Seco [gr]	W %
1	186	91	<b>104,4</b>
2	171,5	83,5	<b>105,39</b>
3	206,5	99,5	<b>107,54</b>
		Promedio	<b>105,78</b>

Del análisis de los valores anteriores, se puede decir que es de vital importancia tener en cuenta la humedad con que sale el residuo de planta, ya que la misma puede alterar significativamente las dosificaciones que se planteen. A su vez por medio de una evaluación visual del residuo húmedo, se observa que el contenido mayoritario de agua se encuentra absorbido.

A continuación se estudian los resultados de los ensayos de resistencia a compresión realizados para cada alternativa mencionada, de modo tal que éstos reflejen el comportamiento del residuo con el cemento y así se oriente y profundice la investigación en un campo más reducido de opciones.

#### 3.1. Residuo sin alterar

En esta alternativa, el tamaño de las etiquetas es relativamente grande con respecto a las dimensiones del elemento moldeado, por lo que resulta frágil, de dificultoso manipuleo y de estética inadecuada, con lo que se descarta su utilización y no se generan probetas cúbicas para ensayo a resistencia a compresión.

#### 3.2. Residuo triturado en húmedo, sin escurrir

En esta oportunidad no se registran mayores inconvenientes al momento de producir la mezcla ni durante el colado de la misma, teniendo además buena trabajabilidad. Sin embargo surgen problemas durante el fragüe, debido al exceso de agua libre que filtra por la base del molde. Esto último produce condiciones post-moldeo demasiado incómodas, más aún si se piensa en una producción a escala industrial.

En cuanto al ensayo de resistencia a compresión, la falla de las probetas se da por excesiva deformación, interrumpiendo el procedimiento al alcanzar una reducción de su altura en 10%. En la tabla 4 se muestra la densidad de cada dosificación, como así también su valor de resistencia.

**Tabla 4.** Densidad - Resistencia a compresión.

Dosificación	Densidad [Kg/m <sup>3</sup> ]	Tensión [Kg/cm <sup>2</sup> ]
1	477,97	3,27
2	624,99	15,88

### 3.3. Residuo triturado en húmedo, escurrido

Durante la generación de las probetas no se presentan dificultades, obteniendo en la mezcla una trabajabilidad adecuada y correcto colado dentro del molde. El inconveniente planteado para la opción anterior es parcialmente solucionado, ya que se reduce la cantidad de agua que drena por la parte inferior del molde. De todos modos no hay que descuidar que en esta alternativa se ha introducido una instancia más en el proceso de producción de las probetas, lo que traducido a una escala de producción industrial se traduce en aumento de costos sin lograr efectivamente el objetivo por el que se introdujo dicha instancia.

Los resultados de resistencia a compresión se presentan en la tabla 5, habiendo procedido para su determinación de igual modo que en el caso anterior, admitiendo hasta un 10% de deformación en su altura al no romper como un material frágil.

**Tabla 5.** Densidad - Resistencia a compresión.

Dosificación	Densidad [Kg/m <sup>3</sup> ]	Tensión [Kg/cm <sup>2</sup> ]
1	578,21	1,90
2	841,73	4,36

Las magnitudes de resistencia antes mostradas son inferiores a las obtenidas en la alternativa anterior, cuestión que se le amerita a que para un mayor drenaje, las fuerza de arrastre ejercidas por el agua sobre las partículas aumentan, haciendo que estas últimas se acomodan de mejor manera.

### 3.4. Residuo triturado en seco

En esta alternativa se dispone del papel triturado en estado seco, lo que a la hora de plantear distintas dosificaciones, proporciona un campo más amplio para establecer relaciones entre los materiales intervinientes. Fundamentalmente, se puede reducir la cantidad de agua, que antes se planteaba como un inconveniente, y a su vez disminuir la razón agua-cemento que conlleva a obtener mezclas menos fluidas y de aceptable trabajabilidad. Esta modificación genera estructuras con menor cantidad de vacíos, mayor densidad y resistencia, debido a ser estas más cerradas que en los casos anteriores. Lo expresado anteriormente se refleja en la tabla 6.

**Tabla 6.** Densidad - Resistencia a compresión

Dosificación	Densidad [Kg/m <sup>3</sup> ]	Tensión [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	966,78	2,38
2	1215,62	12,48
3	1103,21	7,10
4	1045,59	16,08

#### **4. Conclusiones**

- Es factible la aglomeración del residuo con cemento en cualquiera de las alternativas planteadas.
- Se obtienen mejoras en las propiedades de los elementos generados si el residuo se encuentra triturado.
- Triturar el residuo en húmedo genera un inconveniente en el planteo de dosificaciones y en el control del agua en exceso durante el moldeo de elementos.
- Las dosificaciones planteadas con el residuo triturado en seco, aseguran razones reales de agua con cemento y residuo, esto es, por el no drenaje de agua libre.
- El residuo en seco proporciona condiciones de trabajo más limpias a la hora de moldear.

#### **5. Acciones Futuras**

- Analizar cómo influye la granulometría del papel, es decir, el tamaño de las partículas de éste, en combinación con el cemento.
- Encontrar una razón agua-cemento que proporcione mejores propiedades físicas.
- Determinar la óptima cantidad de residuo para la razón agua-cemento antes mencionada, de modo de potenciar las propiedades físicas y mecánicas de los elementos generados.

#### **6. Bibliografía**

Zanuttini, M.A.(2012). Reciclado celulósico (Red Iberoamerica para la revalorización del reciclado celulósico). Santa Fe: Universidad Nacional del Litoral, Argentina.

Mohamed, B., Amor, G., Karen, S., Kamel S., Salah H. (2012). Effect of recycled cellulose fibres on the properties of lightweight cementcomposite matrix. Construction and Building Materials. 34, 451-456.