

I PARTE

LA FUERZA DE EXTRACCIÓN DE LOS TAPONES DE CORCHO

Juan Beorlegui, director técnico de Ebrocork

La **fuerza de extracción** puede definirse como la fuerza de resistencia que ejerce el tapón al descorche. Como veremos a continuación, se necesita rozamiento para mantener un tapón en la botella, pero no tanto como para impedir la fácil extracción del mismo, por lo que es necesario emplear tratamientos de superficie, los cuales están formados por materiales que reducen el rozamiento para conseguir una fuerza de extracción adecuada.

El control de la fuerza de extracción de los tapones de corcho no tiene otro fin que garantizar un fácil descorche manual. Para ello es suficiente que el valor de la fuerza de extracción sea inferior a 45 daN. Por debajo de 15 daN existe el riesgo de hundimiento del tapón, que gira en el gollete.

La normativa UNE 56921 especifica que el intervalo de fuerzas de extracción se situará entre 20 y 40 daN, medida en unas condiciones determinadas por la misma, tales como velocidad de desplazamiento de 30 cm/min, el empleo de un sacacorchos normalizado y botellas de vidrio de acuerdo con norma UNE-EN 12726. Este parámetro de calidad de tapón se expresa en decaNewton (daN). 1 daN equivale a 10 N o 1.02 Kg-fuerza o Kilopondio.

No existe relación entre Fuerza de extracción del tapón y hermeticidad del taponado.

A menudo suelen identificarse, pero se trata de propiedades diferentes, aunque

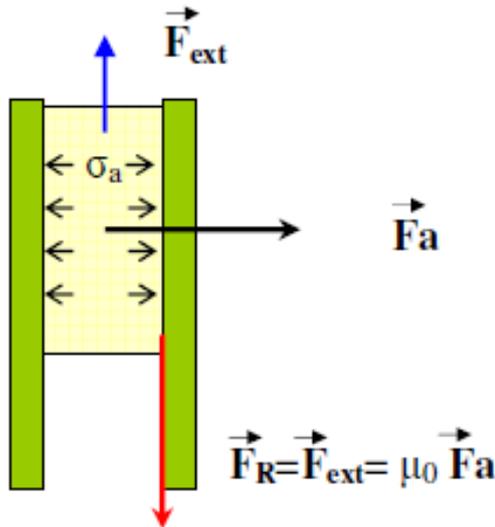


ambos dependan estrechamente de las propiedades elásticas del tapón y del tratamiento de superficie aplicado al mismo. Es más, el tratamiento de superficie debe garantizar la hermeticidad, y proporcionar unas características superficiales que aseguren una buena fuerza de extracción. Y al revés, un tratamiento que consiga una fuerza de extracción óptima, no debe comprometer la correcta hermeticidad del tapón.

La presión o fuerza de relajación - la presión que el tapón de corcho ejerce sobre las paredes de vidrio en el cuello de la botella - aunque está directamente relacionada con la fuerza de extracción, no es medida casi nunca de manera directa.

La medida de esta presión se realiza de manera indirecta a través de la medición de la fuerza de extracción del tapón introducido en la botella. En este caso, para que sea posible la determinación de la presión que el tapón ejerce sobre la botella, es necesario conocer además el coeficiente de rozamiento del deslizamiento (μ) del corcho sobre el vidrio, cuando se está extrayendo de la botella.

En la siguiente figura se encuentran esquematizadas todas estas fuerzas: \vec{F}_{ext} , fuerza de extracción; \vec{F}_a , fuerza de recuperación elástica; σ_a , presión de relajación, presión de apriete o presión que ejerce el tapón de corcho contra la pared del cuello de la botella.



En este diagrama del sistema aislado se representan de manera esquemática los distintos vectores fuerza involucrados excepto el peso, $P_y = mg$, del tapón, porque su valor promedio de 0.04 N (0.004 daN) puede considerarse despreciable a efectos de cálculo.

Sea H la altura del tapón y $2 \pi R_B$ (o también πD_B) la circunferencia del tapón dentro del cuello.

Su producto, el área lateral, S , correspondiente a la superficie de contacto del tapón con el cuello interno de la botella de diámetro, D_B , es dada

por:

$$S = 2 \pi R_B H = \pi D_B H \quad (\text{ec.1})$$

La Fuerza de recuperación elástica, F_a , viene dada por la expresión:

$$F_a = S \sigma_a \quad (\text{ec.2})$$

Siendo σ_a la presión media (en Pascales, Pa) que ejerce el tapón, después de la relajación dentro del cuello de la botella.

Este valor de la presión de recuperación del tapón de corcho, P o σ_a es igual, para un tapón de 44 x 24 mm, a aproximadamente:

$$\sigma_a = F_a / S \approx 0,3 \text{ Mpa} \quad (\text{ec.3})$$

Algunos autores (Amaral, 2004; Gibbson, 1997) han estimado esta presión que ejerce el corcho sobre la pared de vidrio en 0.6 Mpa, pero entendemos que por los datos experimentales de que disponemos su valor está muy sobreestimado.

En efecto, sea un tapón de corcho de 44 x 24 mm, introducido en una botella con un cuello de diámetro interno de 18 mm. Si tenemos en cuenta que experimentalmente el valor de la Fuerza

de recuperación elástica dentro del cuello de la botella es del orden de 40-70 daN , dependiendo del diámetro de compresión de las mordazas y del diámetro hasta el que se permite recuperar el tapón y de las distintas calidades de tapón, podemos calcular un valor promedio aproximado de la presión que ejerce el tapón sobre el vidrio:

$$S = \pi D_B H = \pi \times 18 \text{ mm} \times 44 \text{ mm} = 2488 \text{ mm}^2.$$

Dado que la Presión, P_a o σ_a es igual a Fuerza / Superficie , empleando unidades del Sistema Internacional y tomando como valor medio de fuerza de recuperación elástica experimental un valor de 65 daN, se obtiene :

$$\sigma_a = F_a / S = 650 \text{ N} / 2,488 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,6 \times 10^6 \text{ Pa} \approx 0,3 \text{ Mpa}$$

que es el valor estimado.

Cuando aplicamos una fuerza para extraer un tapón inserto en una botella, el tapón no se mueve debido a la fuerza de rozamiento estático, F_{Re} , ejercida por la superficie del vidrio sobre el corcho, equilibrando así la fuerza que estamos aplicando.

La fuerza de extracción máxima, $F_{ext \text{ máx}}$, es la que debemos aplicar al tapón para que éste comience a extraerse, y es igual al coeficiente de rozamiento estático μ_e entre el tapón y el vidrio.

Si llamamos μ_e al coeficiente de rozamiento estático (constante de proporcionalidad, adimensional), la Fuerza de extracción vendrá dada por la siguiente expresión:

$$F_{ext \text{ máx}} = F_{Re} = \mu_e F_a \quad (\text{ec.4})$$

Sustituyendo en esta expresión las ecuaciones (1) y (2), obtenemos:

$$F_{ext \text{ máx}} = \mu_e F_a = \mu_e S \sigma_a = \mu_e \pi D_B H \sigma_a \quad (\text{ec.5})$$

Si se aplica una fuerza suficiente de extracción, el tapón se desliza sobre la superficie del vidrio del interior del cuello de la botella. Al deslizarse, el vidrio ejerce una fuerza opuesta a la fuerza de extracción, la fuerza de rozamiento cinético, F_{Rc} , que se opone al sentido del movimiento:

$$F_{ext} = F_{Rc} = \mu_c F_a \quad (\text{ec.6})$$

El coeficiente de rozamiento cinético, μ_c , que al igual que μ_e depende de la naturaleza de las superficies de contacto del corcho y del propio vidrio, experimentalmente se cumple que $\mu_c < \mu_e$.

Ahora bien, en las condiciones de ensayo normalizadas por UNE-EN 56921, la velocidad de extracción especificada es de 30 cm/min. Dado que el valor de μ_c es aproximadamente constante en el intervalo entre 1 cm/s a 3m/s, cabe pensar que el coeficiente de rozamiento dinámico presentará un valor muy cercano al coeficiente de rozamiento estático ($\mu_c \approx \mu_e$) y

además puede ser variable durante el periodo de descorche, con las consecuencias que esto puede tener en la determinación correcta de la fuerza de extracción del tapón.

Estas ecuaciones (ec.1 a ec. 5) nos permiten prever el efecto de las dimensiones y otras propiedades físicas del tapón de corcho en la Fuerza de extracción, así como el efecto determinante que, a través del valor del coeficiente de rozamiento, van a suponer los diferentes tratamientos de superficie a los que puede ser sometido el tapón de corcho.

De acuerdo con la ecuación (ec.5), es fácil comprender que si disminuye el valor del coeficiente de rozamiento, disminuirá la fuerza de extracción.

De igual modo podemos razonar que la Fuerza de Extracción aumentará tanto si empleamos un tapón más largo (aumenta H y, por lo tanto, S) como si aumenta la presión que ejerce el corcho sobre la botella, σ_a . Conviene recalcar que, en todo caso, la Fuerza de extracción es proporcional a la altura, H , del tapón empleado para el mismo.

Ahora bien, la reducción de H , disminuye la fuerza de extracción y, afortunadamente, no altera el poder de estanqueidad del tapón. Ambos conceptos no deben confundirse.

Por supuesto, la física del tapón de corcho es mucho más compleja que lo aquí expuesto. No hemos entrado a valorar la variabilidad intrínseca del tapón de corcho como producto natural, los diferentes tipos de tapones, las diferentes relaciones diámetro de tapón /diámetro interno del gollete, el efecto de la tronco-conicidad de la botella y los diferentes perfiles existentes, el efecto de la humedad, la composición química de las paredes celulares y toda la serie de parámetros mecánicos del embotellado (tales como velocidad, diámetro de compresión, etc.).

Buscando siempre un enfoque práctico del tema que nos ocupa, y de acuerdo a datos experimentales obtenidos a partir de la Fuerza de Extracción de tapones de corcho de calidades y dimensiones diversas, con distintos tratamientos de superficie e introducidos en cuellos de botellas tipo bordelesa, podemos aventurar **las siguientes generalizaciones**:

-Cuando aumenta el contenido de humedad del tapón, disminuye la fuerza de extracción. Esto es debido tanto a la disminución de σ_a como de $\mu_{e,c}$

-La fuerza de extracción es prácticamente independiente de la calidad visual del tapón, aunque guarda una correlación más significativa con la densidad del tapón. La correlación más perfecta se da con la fuerza de recuperación elástica del tapón (F_a) o con σ_a , siempre que el coeficiente de rozamiento permanezca constante durante la extracción del tapón o los tratamientos de superficie sean homogéneos en toda la superficie del mismo.



Tabla1. Test de recuperación diametral y su relación con la fuerzas de compresión, la fuerza de relajación, densidad y humedad del tapón. Los tapones son comprimidos a un 66% de su diámetro inicial. Los resultados son obtenidos empleando una máquina de ensayos físicos MLER-2000.

Tabla1. Test de recuperación diametral y su relación con la fuerzas de compresión, la fuerza de relajación , densidad y humedad del tapón.Los tapones son comprimidos a un 66% de su diámetro inicial.Los resultados son obtenidos empleando una máquina de ensayos físicos MLER-2000.

Tapón	D (mm)	R-ins (mm)	R-5min (mm)	R-1 hora (mm)	R- 24 horas (mm)	D-inicial (%)	Compresión (%)	Fuerza compresión (daN)	Fuerza relajación inst. (daN)	R-ins (%)	R-5min(%)	R-1 hora(%)	R- 24 horas(%)	H%	DENSIDAD (Kg/m ³)
1	24,19	23,71	23,97	23,96	23,96	100,0	66,0	216,8	62,8	98,02	99,09	99,05	99,05	6,1	174
2	24,18	23,31	23,89	23,91	23,92	100,0	66,0	234,8	64,7	96,40	98,80	98,88	98,92	5,4	150
3	24,33	23,56	23,81	23,79	23,83	100,0	66,0	203,8	72,5	96,84	97,86	97,78	97,94	5,6	140
4	24,25	23,34	23,97	23,98	23,96	100,0	66,0	192,5	62,6	96,25	98,85	98,89	98,80	5,7	142
5	24,34	23,84	23,77	23,82	23,96	100,0	66,0	236,3	67,2	97,95	97,66	97,86	98,44	6,5	171
⋮															
30	24,32	23,94	24,01	23,95	23,90	100,0	66,0	230,5	61,0	98,44	98,73	98,48	98,27	5,4	167
31	24,22	23,95	23,89	23,97	23,97	100,0	66,0	247,4	67,0	98,89	98,64	98,97	98,97	6,0	174
32	24,20	23,96	23,87	23,95	23,97	100,0	66,0	190,6	63,3	99,01	98,64	98,97	99,05	5,8	172
	D (mm)	R-ins (mm)	R-5min (mm)	R-1 hora (mm)	R- 24 horas (mm)	D-inicial (%)	Compresión (%)	Fuerza de compresión (daN)	Fuerza de relajación instantanea (daN)	R-ins (%)	R-5min(%)	R-1 hora(%)	R- 24 horas(%)	H%	DENSIDAD (Kg/m ³)
Media	24,27	23,75	23,92	23,95	23,95	100,00	66,00	223,20	64,78	97,85	98,57	98,66	98,67	5,72	163,84
Desv.S	0,05	0,21	0,08	0,09	0,06	0,00	0,00	26,96	3,15	0,89	0,43	0,43	0,36	0,41	17,89
Max	24,37	24,01	24,03	24,06	24,05	100,00	66,00	282,11	72,45	99,17	99,21	99,18	99,09	6,80	200,22
Min	24,18	23,31	23,74	23,65	23,79	100,00	66,00	184,83	61,00	96,21	97,66	97,29	97,86	4,90	131,28
Rango	0,17	0,05	0,16	0,11	0,08	0,00	0,00	91,55	9,15	0,16	0,58	0,21	0,04	1,00	28,10

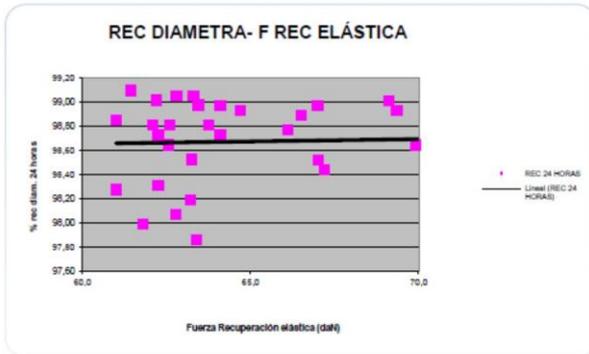
- Cuando aumenta la longitud del tapón, la fuerza de extracción tiende a aumentar. No se trata de una relación perfectamente lineal, debido a la tronco-conicidad del cuello de la botella.

- El efecto del diámetro del tapón en la Fuerza de extracción es importante, sobre todo en valores de humedad bajos: al aumentar el diámetro del tapón, aumenta la fuerza de extracción.

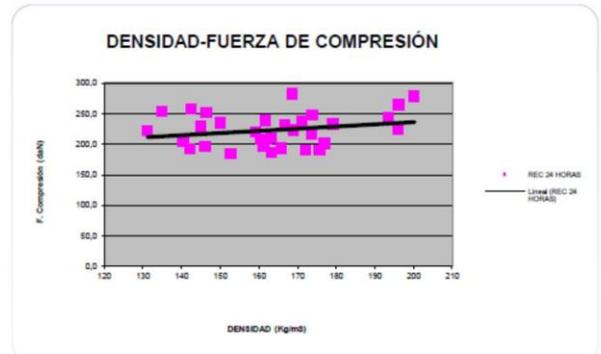
- El tratamiento de superficie del tapón es el factor más determinante para disminuir la Fuerza de Extracción del tapón. Experimentalmente un tapón sin tratamiento puede alcanzar fuerzas del orden de 75 daN e incluso superiores, haciendo muy difícil su extracción de la botella. Gracias al empleo parafinas y elastómeros de silicona, se consigue una disminución del coeficiente de rozamiento entre un 40 y 50 %, hasta alcanzar los valores normalizados de 20-40 daN de fuerza de extracción.

Todas estas generalidades, tal como se observa en los resultados de la tabla 1 y de la figura 1, son orientativas y no pueden ser tomadas de manera aislada, puesto que la fuerza de extracción es el resultado de la combinación de un gran número de variables de naturaleza físico-química. La tendencia en los últimos años de observar cómo en algunos protocolos de compra de tapones suelen exigirse diferentes intervalos de fuerza de extracción viene desmentida por el hecho de que no pueden encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre distintas calidades visuales de tapón con respecto a las fuerzas de compresión, recuperación diametral o relajación y fuerzas de extracción.

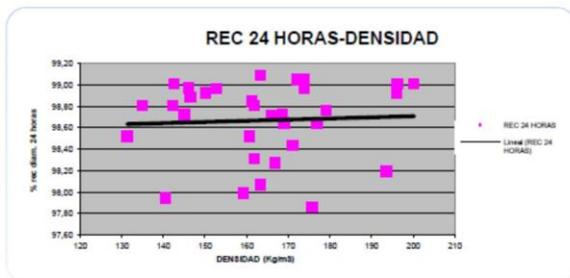
Figura 1. Correlaciones entre diferentes parámetros físicos del tapón y la fuerza de recuperación elástica. Los coeficientes de correlación son muy bajos, siendo los únicos parámetros más significativamente correlacionados la fuerza de compresión del tapón y la fuerza de relajación (0.33)



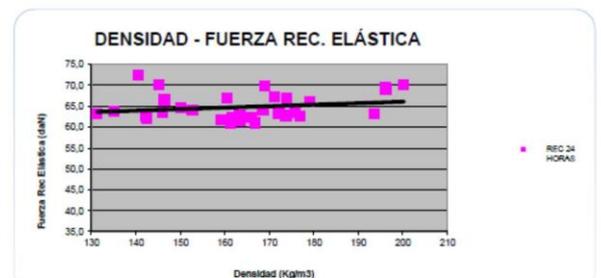
Coefficiente de correlación **0,05**



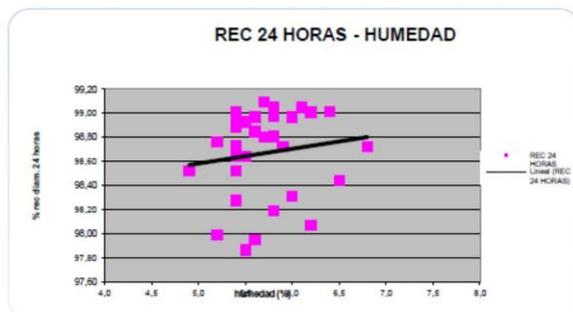
Coefficiente de correlación **0,24**



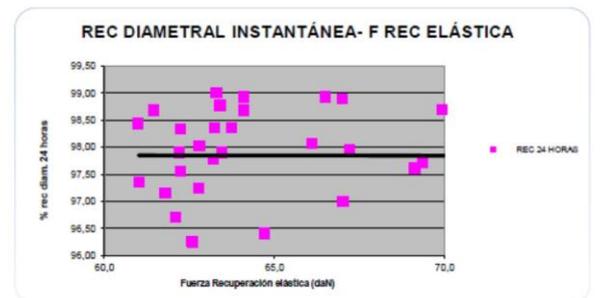
Coefficiente de correlación **0,14**



Coefficiente de correlación **0,04**



Coefficiente de correlación **0,21**



Coefficiente de correlación **0**

LA MODIFICACIÓN DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN

El coeficiente de rozamiento del corcho con otros materiales es muy elevado; **se cifra entre 0.6 y 0.7.**

Como consecuencia de este alto coeficiente de rozamiento μ_e , las fuerzas de extracción e introducción del tapón en el interior del cuello de la botella, que como hemos mencionado, están relacionadas con las fuerzas de relajación diametral a través del coeficiente de rozamiento, $\mu_{e,c}F_a = F_{Re,c}$ = Fuerza de extracción, pueden alcanzar valores muy elevados, incluso superiores a los 100 daN.

Partimos de la base de que el rozamiento es un fenómeno complejo del que no se dispone, en general de información suficiente, y menos aún en el campo que nos ocupa, pero que en último término es consecuencia de la fuerza de atracción de naturaleza electromagnética. En último término va a depender de la atracción de corto alcance entre átomos. Y esta atracción va a ser mayor cuanto mayor sea el valor de la presión que ejerce el tapón sobre la superficie de vidrio, lo que conduce a una mayor área de contacto corcho-vidrio: La fuerza por unidad de área aumenta.

Para hacer descender estos valores de fuerza de extracción y de fuerza de introducción es necesario aplicar a los tapones de corcho, en la fase final de su producción, una serie de tratamientos de superficie que, básicamente, consisten en la aplicación secuencial de parafinas de puntos de fusión medios y derivados de polidimetilsiloxanos y otros polímeros orgánicos para uso alimentario. Con ellos se pretende conseguir coeficientes de rozamiento estáticos que oscilen entre 0.3 y 0.5, dependiendo de la fuerza de extracción media que se quiera alcanzar de acuerdo con normativas o con protocolos específicos de cliente.

La combinación adecuada de estos **tratamientos de superficie** tiene como finalidad un triple objetivo:

1- **Modificar las características de la superficie del tapón de corcho**, que inicialmente es rugosa, conformada por millones de paredes celulares del orden de 20-30 μm que confieren, además, un efecto “ventosa” añadido a la superficie de vidrio con el que va entrar en contacto, incrementando aún más la fuerza de extracción.

Pero, además, la superficie del tapón presenta una **rugosidad macroscópica** del orden de 50 a 100 micrómetros resultado de los procesos de troquelado, rectificación y lavado de los tapones. Esta macrorrugosidad es medida empleando rugosímetros de contacto y evaluada por un parámetro denominado Rz, definido como la media de las rugosidades máximas en cinco zonas seleccionadas a lo largo de una línea paralela al eje longitudinal del tapón.

Por debajo de este nivel, la superficie del tapón presenta **microrrugosidades** a una escala de 5-15 micrómetros, y es a esta escala donde actúan los tratamientos de superficie del tapón, cubriendo estas irregularidades superficiales en una escala de 5-50 μm que, para hacernos una idea, corresponden a decenas de miles de diámetros atómicos.

En última instancia, el coeficiente de fricción estático es determinado por las interacciones electrónicas entre los grupos químicos de los tratamientos de superficie del corcho y los de la superficie de vidrio, fenómeno que se desarrolla a **escala nanométrica**.

Con los tratamientos de superficie se consigue, por tanto, reducir tanto el coeficiente de rozamiento dinámico como el estático, facilitando tanto la introducción como la extracción posterior del tapón.

2- Adecuar el tratamiento a las características del proceso de embotellado, a la cadencia impuesta por las altas velocidades de embotellado que se alcanzan en las máquinas embotelladoras actuales, recomendándose hasta 2 500 botellas / hora en monocabezal y 1 200 – 1500 en embotelladora multicabezal.

3- A la vez que se modifica la rugosidad de la superficie de los tapones (directamente relacionada con el coeficiente de rozamiento), es necesario alcanzar unas características óptimas de estanqueidad tanto a gases (CO₂, O₂, SO₂...) como a líquidos, esto es, al vino contenido en la botella. La hermeticidad del cierre del tapón va a depender fundamentalmente, entre otros factores, de la calidad y cantidad de tratamiento aplicada a la superficie del tapón y en contacto con el vidrio del cuello interno de la botella.

Finalmente, en el tratamiento de superficie de los tapones deben tenerse en cuenta condiciones especiales de embotellado (embotellado en caliente/pasteurización, contenido en CO₂, etc.) y de almacenamiento y/o distribución, especialmente las condiciones de temperatura a las que podrían verse sometidas las botellas y que comprometen tanto la estanqueidad como la fuerza de extracción de los tapones de corcho.

II PARTE

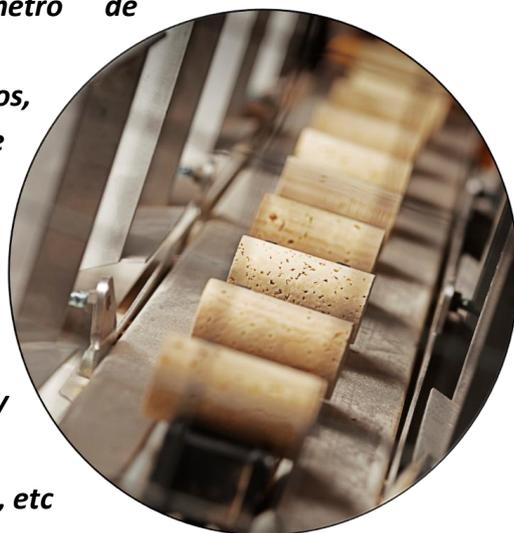
LA FUERZA DE EXTRACCIÓN DE LOS TAPONES DE CORCHO

ASPECTOS PRÁCTICOS A TENER EN CUENTA DURANTE EL PROCESO DE TAPONADO DE LA BOTELLA DE VINO Y CONDICIONES DE CONSERVACIÓN POSTERIORES.

Como ya publicamos en nuestro artículo anterior, la capacidad del corcho de comprimirse y recuperar elásticamente su forma, no sólo es la causa principal de su fácil introducción en la botella y de su perfecta función de sellado del vino contenido en su interior. La magnitud de la fuerza de recuperación elástica del tapón es, modificada por la constante de proporcionalidad, adimensional, del coeficiente de rozamiento, el parámetro más importante que determina la fuerza de extracción del tapón.

Igualmente vimos que existe una multiplicidad de variables que influyen en mayor o menor grado en el resultado final de la fuerza de extracción como son:

- *Clase visual/porosidad/densidad de los tapones*
- *Fuerza de compresión, diámetro de compresión/ velocidad de compresión*
- *Humedad del tapón/ temperatura descorche*
- *Fuerza de recuperación elástica/ diámetro de recuperación diametral*
- *Tratamientos de superficie del tapón: tipos, homogeneidad de reparto y condiciones de polimerización sobre la superficie de los tapones.*
- *Nivel de inserción/perfil interno de botella (tronco-conicidad, irregularidades superficie de contacto, inclinación del eje vertical del cuello, centrado del punzón de inserción, etc)/ nivel de llenado de la botella/sobrepresión*
- *Velocidad de extracción, sacacorchos empleado, etc*
- *Estado de las mordazas, así como otros parámetros de mantenimiento de la máquina embotelladora que abordaremos a continuación.*



Por estas razones, se comprende que, además de una correcta elaboración del tapón de corcho para que éste posea una fuerza de extracción y una estanqueidad adecuadas a su uso, es igualmente crucial que el desempeño de las operaciones de taponado en la máquina embotelladora y las condiciones de almacenado sean también las adecuadas.

El mantenimiento de las taponadoras de corcho es fundamental para un correcto embotellado con tapones de corcho. El elemento más importante de la taponadora a este respecto es la **mordaza**, que debe ser desmontada y revisada regularmente. La mordaza está formada por piezas o tenazas móviles, sujetas a desgaste por la acción abrasiva del tapón y debe ser inspeccionada cada cierto número de embotellados, siguiendo las recomendaciones del fabricante.

Debe realizarse la funcionamiento de las para asegurar que el 66 % del diámetro (aprox. **15.6-15.8** mm de Esta operación debe comenzar el proceso de

Este punto es crucial, comprimir el tapón más de la estructura celular este límite, el tapón recuperación elástica, y el

Un deficiente mordazas, unido a una (que debe ser ajustada en demasiado elevada rotación del tapón entre una compresión un plegamiento – **pliegue** compromete la

Otras operaciones previas de mantenimiento de la máquina taponadora, realizadas sobre una máquina que ha sido previamente ajustada, incluyen la **verificación del desempolvado** y **limpieza general** de máquina conforme a buenas prácticas, operaciones que deben haberse realizado tras la finalización del anterior embotellado.

Una vez iniciado el proceso de envasado, si se comprueba que el taponado no se está realizando correctamente, es necesario intervenir sobre otros parámetros del mismo para conseguir un resultado idóneo:

- **Determinación y verificación del nivel de llenado**: Básicamente depende del tipo de botella y de la temperatura del vino en el momento del embotellado. La acción combinada de dilatación del vino y sobrepresión (fallos en el envasado a vacío) en el interior del gollete es causa de no pocos problemas de hermeticidad en el embotellado.



verificación del correcto mordazas de compresión comprimen hasta alcanzar inicial del tapón de corcho **diámetro de compresión**). efectuarse antes de envasado.

puesto que hay que evitar allá del punto de fractura del corcho. Sobrepasado pierde su capacidad de cierre será imperfecto.

mantenimiento de las velocidad de compresión la máquina embotelladora) puede dar lugar a las mismas, provocando diferencial que da lugar a **de mordaza**- que hermeticidad del cierre.

Las botellas con nivel de llenado de 63 mm a 20º C permiten el empleo de cualquier longitud de tapón (44, 49 o 54 mm) porque deja una cámara suficiente para un correcto embotellado. Este dato es importante tenerlo en cuenta a la hora de emplear una botella personalizada.

- El émbolo de empuje o pistón debe estar regulado para que la **profundidad de inserción del tapón** sea a ras de la boca de la botella (a “ras de bague”, como se dice en Francia, haciendo referencia al tipo de boca corcho de anillo).

La altura de inserción puede variar con el tipo de tapón empleado y con diferentes tratamientos de superficie, por lo que debe supervisarse y ajustarse este parámetro en el comienzo del proceso de embotellado.

- Una inserción **por debajo de 1mm** de la boca tiene como consecuencia una pérdida de hermeticidad de la botella, ya que ésta básicamente está asegurada en los tres primeros milímetros del cuello, con un diámetro interno de 18.5 mm. Efectos añadidos de una inserción excesiva son la disminución de la cámara de aire (aumento de la sobrepresión interna) y la formación de una cámara húmeda entre el tapón y la cápsula, propicia para la proliferación de mohos.
- Una inserción **por encima de 1 mm** de la boca afecta estéticamente a la botella y dificulta la correcta colocación de la cápsula.

- El cono centrador debe ajustarse al perfil del gollete de la botella, en el caso que nos ocupa la boca de corcho única CETIE (atención con las botellas especiales).

ES IMPORTANTE PARA UN BUEN EMBOTELLADO TENER EN CUENTA EL TRINOMIO BOTELLA-MÁQUINA DE EMBOTELLAR-TAPÓN DE CORCHO

Además del ajuste del pistón, un buen taponado va a depender del concurso e interacción de otros muchos factores como la verticalidad de la botella, el perfil externo de la boca, el perfil interno del cuello de la botella; también la humedad, densidad y tratamiento de superficie del tapón especificado por el cliente deben ser tenidos en cuenta para ajustar la velocidad de introducción del tapón.

Esta última depende a su vez de otros parámetros que deben respetar el comportamiento elástico del tapón como son:

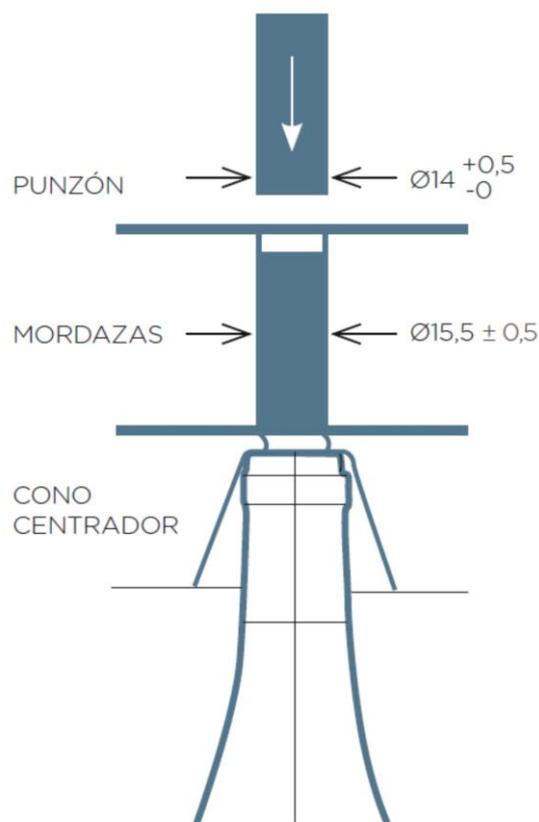
- El Diámetro de compresión del tapón comentado más arriba
- La Velocidad de compresión del tapón
- La fuerza de resistencia a la introducción del tapón, la cual a su vez también esta en función de:
 - Coeficiente de rozamiento de la superficie de fricción respecto al vidrio (tratamiento de superficie del tapón /rugosidad superficie del vidrio)
 - Densidad, humedad del tapón, entre otros.

La compresibilidad y recuperación elástica del tapón de corcho en dos tiempos tiene su origen en la ultraestructura de las paredes de las células del corcho (y es algo aún más complicado puesto que la compresión y recuperación elástica son diferentes en las fuerzas aplicadas paralela y perpendicularmente a las líneas de crecimiento de las células suberosas), pero sólo nos vamos a centrar en las **consecuencias prácticas** que este hecho tiene en un correcto embotellado, específicamente en el momento de la compresión del tapón y durante el tumbado posterior de las botellas.

La razón de estas últimas recomendaciones está justificada en el hecho de que la compresión del tapón se realiza en dos fases distintas:

- 1- Una primera fase de deformación elástica, instantánea, directamente proporcional a la fuerza de compresión. Si se deja de aplicar fuerza, el tapón vuelve a su diámetro original. La recuperación diametral instantánea representa entre el 85 y el 88 % del diámetro inicial.
- 2- Una segunda fase más lenta y que requiere un mayor esfuerzo, donde la componente de deformación del tapón aumenta. El corcho puede llegar a recuperar el 98 % de su valor inicial transcurridas 24 horas.

Cuando se comprime un tapón de corcho **por debajo de 15.5 -15.8 mm**, se rompe la estructura celular del corcho y a partir de ese momento comienzan a predominar **los efectos de deformación sobre los de recuperación elástica**.



Finalmente, de acuerdo con estas características de los tapones de corcho, durante el almacenamiento de las botellas éstas no deben ser tumbadas inmediatamente después del taponado, sino que es muy importante respetar un tiempo mínimo antes de ser acostadas. Este tiempo se cifra en al menos 5 minutos, preferiblemente 15 min, puesto que en este tiempo el tapón ya ha alcanzado al menos un 95 % de su capacidad de recuperación diametral.

MEDICIONES INTERLABORATORIOS DE LA FUERZA DE EXTRACCIÓN

Las comparaciones en los resultados de las fuerzas de extracción entre laboratorios, van a depender (obviando el hecho de que las muestras analizadas de tapones son **independientes**, es decir, no se realizan los ensayos sobre los mismos tapones dado que las pruebas son destructivas) de los métodos de calibración aplicados y del tipo de aparato empleado para la calibración.



Estas diferencias en la metodología empleada por los laboratorios se traducen en una diferencia sustancial en las incertidumbres de medición de los laboratorios participantes. Por tanto, para disminuir esta incertidumbre es necesario que los laboratorios seleccionen con especial cuidado el instrumento de medición y determinen especialmente las características metodológicas que influyen en incertidumbre de la calibración para que pueda evaluarse con rigor el valor de la fuerza de extracción en la comparación.

Otras características que deberían tenerse en cuenta en el aparato de medición, serían:

- Una alta resolución de medida (mínimo del orden de 0.1 daN)
- Una buena repetitividad entre medias de fuerza de extracción entre submuestras, dado que la medición conlleva la destrucción de los tapones analizados
- Una buena estabilidad, que se consigue con calibraciones frecuentes.

La finalidad es garantizar que estos factores no contribuyan significativamente a la incertidumbre de la medida de la fuerza de extracción.

Pero como ya hemos visto, la fuerza de extracción, como el propio concepto de rozamiento, no es una propiedad intrínseca del tapón de corcho, como es la masa o la densidad, sino el resultado final de la combinación de multitud de variables.

Para un mismo fabricante, puede esperarse una homogeneidad o estabilidad en los valores medios de la fuerza de extracción, obtenidos siempre de forma empírica, combinando procesos, combinaciones precisas de tratamientos de superficie, mantenimiento riguroso de humedad en tapón y en ambiente, homogeneidad de producto en parámetros físicos y mecánicos lote a lote, etc.

Pero la búsqueda de la reproducibilidad de datos interlaboratorios es hoy por hoy un empeño utópico, si no una pérdida de tiempo. Bastante resulta ya cumplir la normativa UNE 56921 presentando una fuerza de 20-40 daN. En muchos protocolos de compra de bodegas, muchas veces son exigidos valores medios entre 27-32 daN, 28-31 daN, entre 25 y 30 daN, etc. y con valores de dispersión inferiores a 4 daN, e incluso a 3 daN. E incluso valores distintos de fuerza de extracción para distintos tipos de vino comercializado por la bodega.

Y no sólo esto; en la medición de las fuerzas de extracción deberían tenerse en cuenta no sólo las características intrínsecas de la muestra de tapones de corcho a analizar y de las botellas (diámetro, longitud, densidad, fuerza de relajación, coeficiente de fricción corcho-vidrio, diámetro y perfil interno del gollete, superficie del vidrio, etc.) sino también las extrínsecas, que van a depender de las condiciones ambientales de cada laboratorio, y que tienen una notable incidencia en el valor de la fuerza de extracción, como son la temperatura y la Humedad Relativa de Equilibrio del ambiente, directamente relacionadas con la elasticidad y el contenido absoluto de agua del tapón de corcho.

En el caso de que un laboratorio quisiera constituirse como laboratorio de referencia para la medición de la fuerza de extracción, debería asegurarse de que tuviese capacidad para asignar incertidumbres de medición menores que las aportadas por el resto de laboratorios participantes ya que, de otra forma, sería difícil evaluar la eficacia de la medición de este parámetro por los demás laboratorios.



 **ebro cork**
Nada tan cerca del vino

Para contactar / Ebrocork

www.ebrocork.com

<https://www.facebook.com/ebro cork>

<https://twitter.com/ebro cork>