

# Curso Profesional en Agua Cervecera (Clase 6)



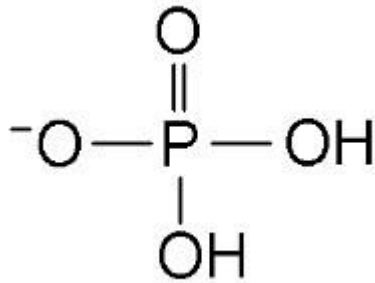
**Lic. Sebastián Oddone**

ESPECIALISTA EN FERMENTACIONES INDUSTRIALES

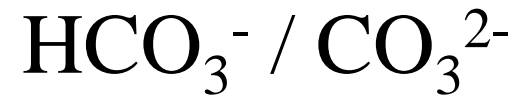
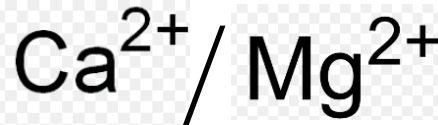
# Alcalinidad Residual

Habiendo reaccionado ya la totalidad del Calcio, es posible que quede alcalinidad sin neutralizar. Dicha alcalinidad se conoce como alcalinidad residual.

La alcalinidad residual incrementa al pH más allá de que si se usa agua destilada para macerar.



En exceso



Si equivalentes de Ca/Mg es mayor que Carbonato/Bicarbonato, entonces no quedará alcalinidad residual.

Si equiv. Calcio/Magnesio es menor, luego quedará alcalinidad residual. Puede ser compensada con agregados de Calcio y/o Magnesio, ácidos o maltas oscuras

# Alcalinidad Residual: fórmulas

En ppm:

$$RA = ppm\ Alk - \frac{ppm\ Ca}{1,4} - \frac{ppm\ Mg}{1,7}$$

En mEq/litro:

$$RA = mEq/L\ Alk - \frac{mEq/L\ Ca}{3,5} - \frac{mEq/L\ Mg}{7}$$

En dH:

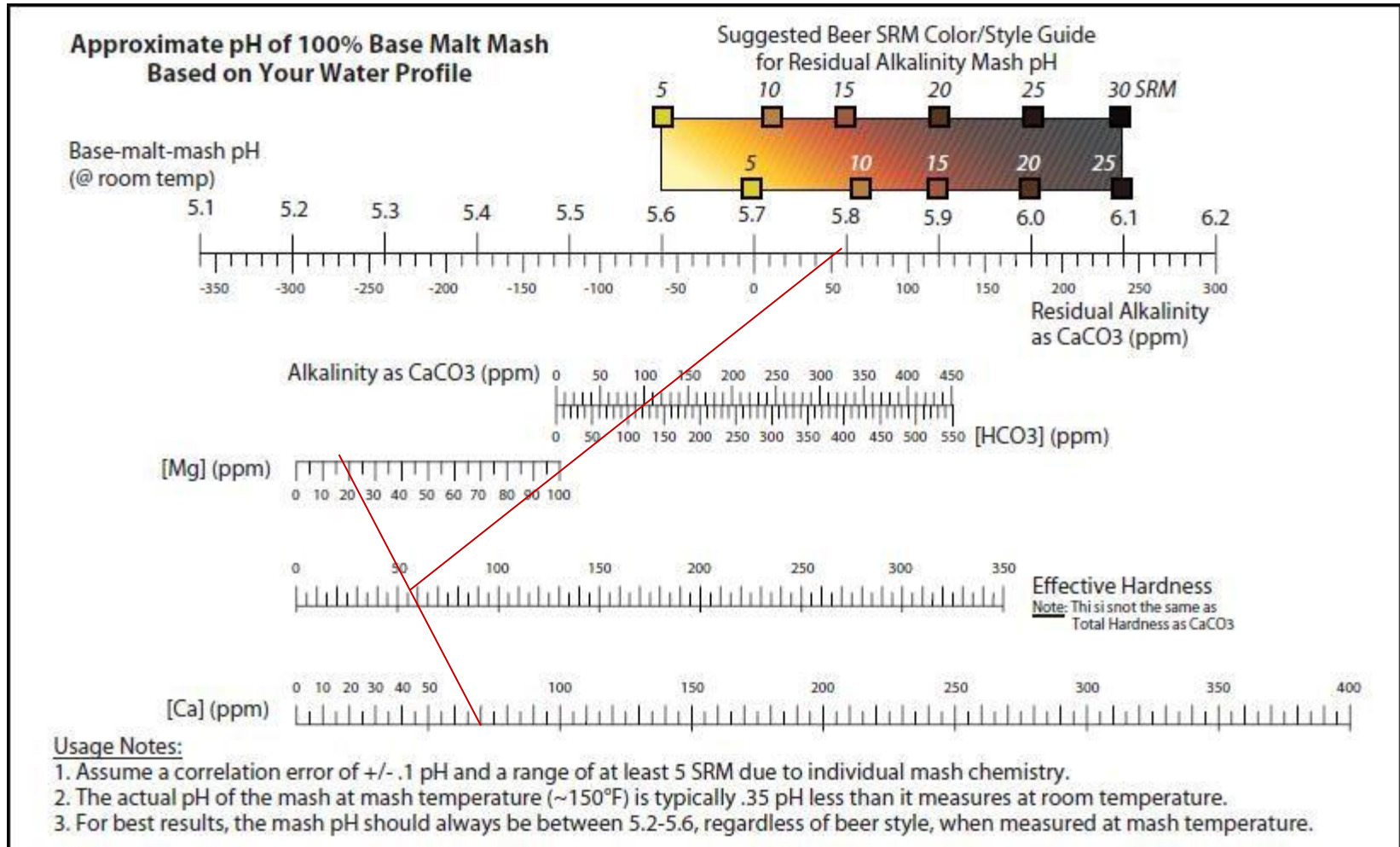
$$RA = (ppm\ Alk) \times 0,056 - (ppm\ Ca) \times 0,04 - (ppm\ Mg) \times 0,033$$

# La pregunta es: cuando hago el empaste, ¿qué pH voy a lograr?

Es ahí donde tenemos que unir todos estos conceptos

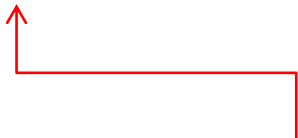


# Procedimiento desde el Nomograma



# Hay una fórmula aproximada derivada de Troester (2009)

Con agua destilada


$$pH_{mash} = pH_{base} + RA \times 0,03 - (\%cara) \times 0,025 - (\%oscuras_{light}) \times 0,03 - (\%oscuras_{dark}) \times 0,05$$

Con RA en unidades de grados alemanes dH

$$RA = (ppm Alk) \times 0,056 - (ppm Calcio) \times 0,04 - (ppm Magnesio) \times 0,033$$

# Procedimiento de John Palmer (Water, 2013)

El método es por prueba y error. Las componentes de alcalinidad de las maltas y del agua se deben sumar, y su suma debe ser igual a cero en el pH final logrado.

- Proponemos un pH final igual al pH objetivo para el macerado, esto es por ejemplo 5,4.
- Sumamos los aportes de alcalinidad y acidez de las maltas y el agua. Si el valor obtenido de la suma es igual a cero, luego el pH que daría el empaste en cuestión sería el propuesto.
- Si la suma es diferente de cero, luego se propone otro valor de pH y se recalcula.
- Se repite este procedimiento hasta lograr la suma igual a cero.
- Otra alternativa es una vez calculada la primera suma, con ese valor estimar la cantidad de ácido a agregar para neutralizar el valor.

# La Alcalinidad: la fórmula

Como vimos, la alcalinidad se puede definir como la cantidad de mmol/litro de especies carbonato multiplicada por la «carga de miliequivalentes» (mEq/mmol) que a su vez es función del pH

$$Alk_{Agua} \left( \frac{mEq}{L} \right) = c_T \left( \frac{mmol}{L} \right) \times Carga_{pH} \left( \frac{mEq}{mmol} \right)$$

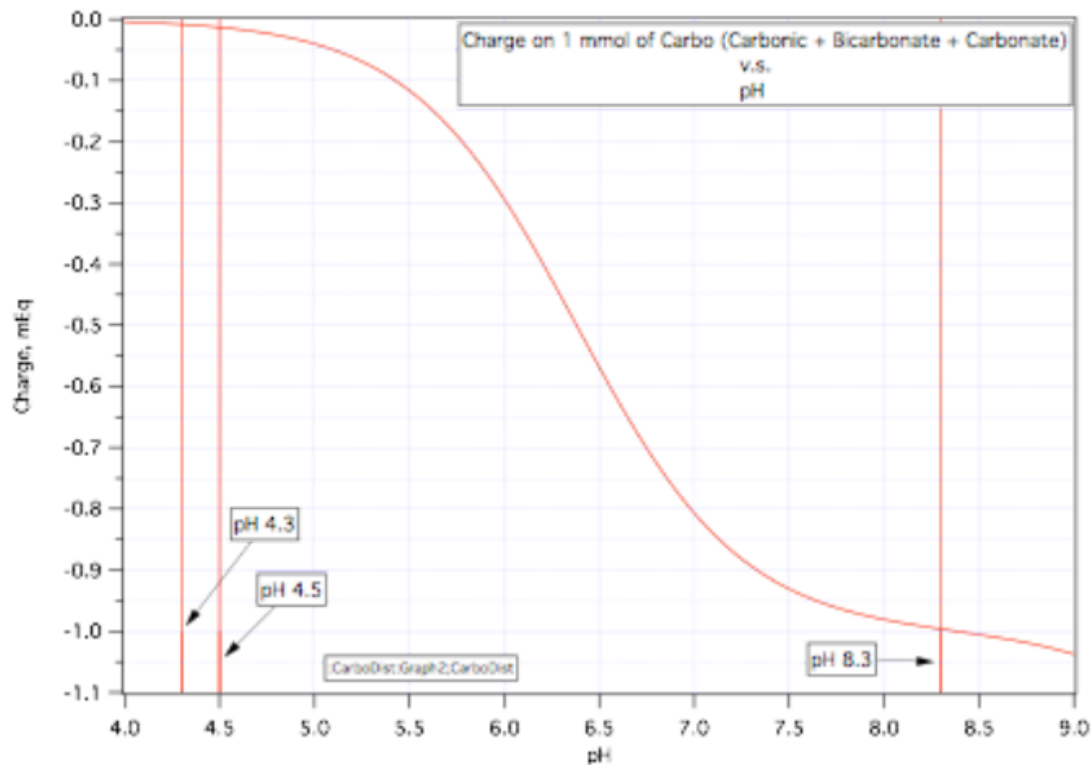
La Carga, como veremos a continuación se puede estimar gráficamente



# Procedimiento de John Palmer (Water, 2013)

En primer lugar calcular Alcalinidad Z y RA Z. Es decir, ambas respecto al pH del macerado (en lugar de 4,3)

Para ello primero comprender que la capacidad buffer del agua depende de las especies carbonato, que a su vez su distribución y sus correspondientes aportes de equivalentes cambian con el pH (ver figura)



# Procedimiento de John Palmer (Water, 2013)

Supongamos el siguiente perfil de agua:

Calcio 70 ppm (3,5 mEq/L)

Magnesio 15 ppm (1,24 mEq/L)

Alcalinidad Total 125 ppm (como CaCO<sub>3</sub>), (2,5 mEq/L)

Sodio 30 ppm

Cloruro 60 ppm

Sulfato 85 ppm

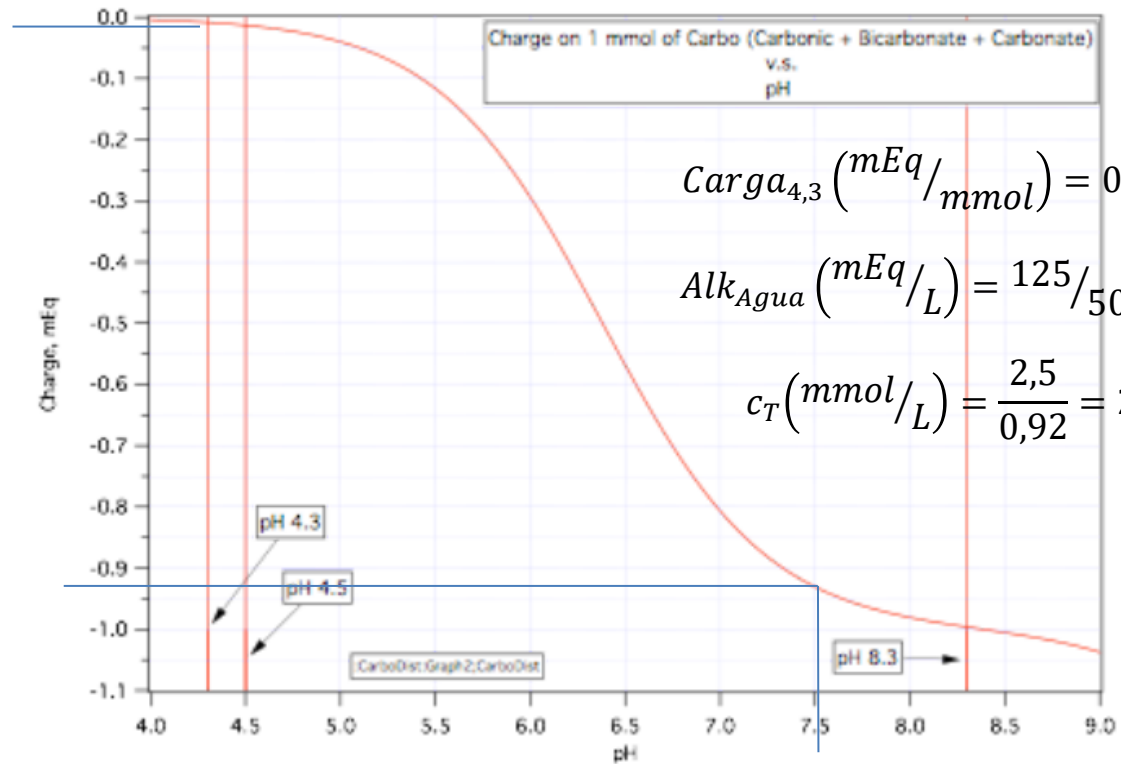
pH 7,5

Calculamos el  $c_T$  (mmoles de especies carbonato/litro)

$$c_T \left( \text{mmol/L} \right) = \text{Alk}_{\text{Agua}} \left( \text{mEq/L} \right) / \text{Carga}_{\text{pH}} \left( \text{mEq/mmol} \right)$$

# Procedimiento de John Palmer (Water, 2013)

$$c_T \left( \text{mmol/L} \right) = \text{Alk}_{\text{Agua}} \left( \text{mEq/L} \right) / \text{Carga}_{\text{pH}} \left( \text{mEq/mmol} \right)$$



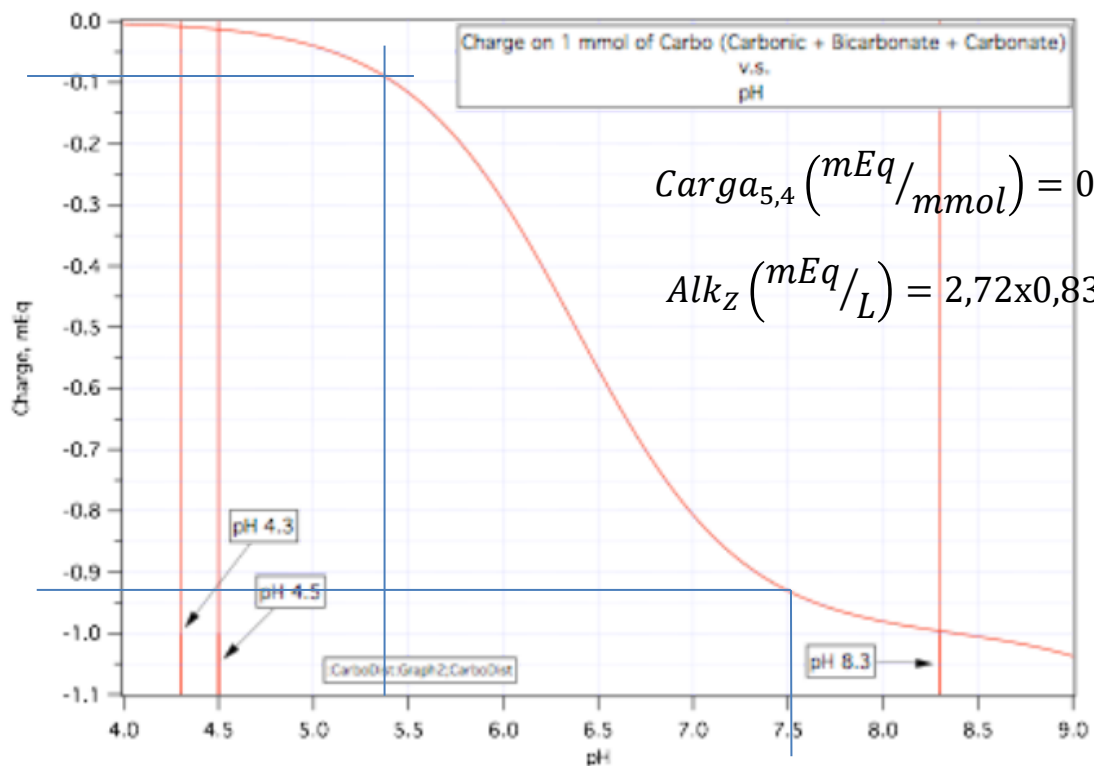
$$\text{Carga}_{4,3} \left( \text{mEq/mmol} \right) = 0,93 - 0,01 = 0,92$$

$$\text{Alk}_{\text{Agua}} \left( \text{mEq/L} \right) = 125/50 = 2,5$$

$$c_T \left( \text{mmol/L} \right) = \frac{2,5}{0,92} = 2,72$$

# Procedimiento de John Palmer (Water, 2013)

Paso siguiente calcular la Carga Z y la correspondiente Alcalinidad Z:



$$Carga_{5,4} \left( \frac{mEq}{mmol} \right) = 0,93 - 0,1 = 0,83$$

$$Alk_Z \left( \frac{mEq}{L} \right) = 2,72 \times 0,83 = 2,26$$

# Procedimiento de John Palmer (Water, 2013)

A continuación calcular la RA Z:

En mEq/litro:

$$RA Z = \text{mEq/L Alk Z} - \frac{\text{mEq/L Ca}}{3,5} - \frac{\text{mEq/L Mg}}{7}$$

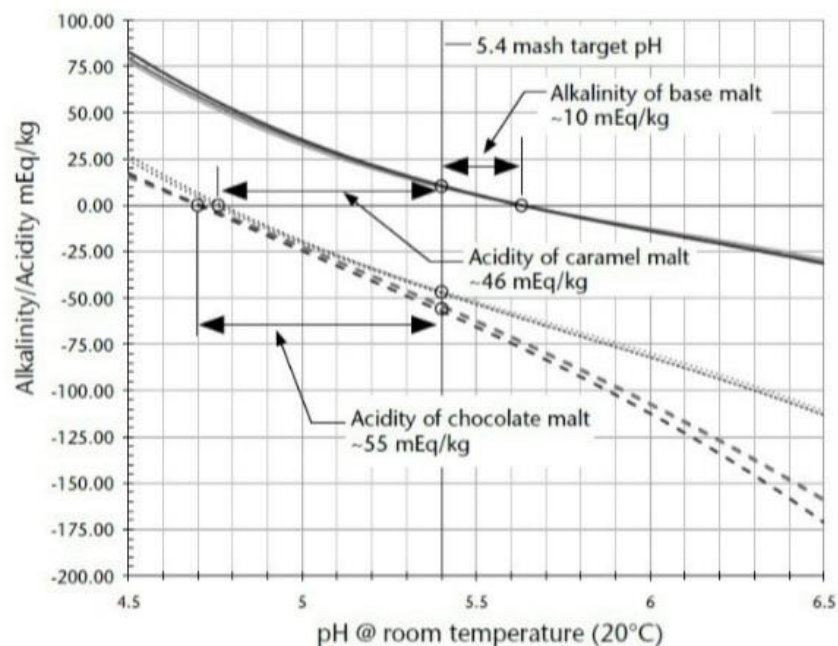
$$RA Z = 2,26 - \frac{3,5}{3,5} - \frac{1,24}{7} = 1,08 \text{ mEq/L}$$

# Procedimiento de John Palmer (Water, 2013)

En paralelo calcular el aporte de alcalinidad/acidez de las maltas respecto al pH target. Para ello nos podemos valer de gráficos como este:

Para nuestro ejemplo en el que se busca un pH 5,4 y si se usa sólo malta base con DI pH 5,62, luego la alcalinidad aportada por la misma será de 10 mEq/Kg

## Determining Malt Acidity Contributions



# Procedimiento de John Palmer (Water, 2013)

Sumamos los aportes de alcalinidad/acidez de las maltas y el agua según nuestra receta:

Ejemplo, maceramos con 5 kg de malta base y 15 litros de agua, luego

RA Z a neutralizar del agua es  $1,08 \times 15 = 16,2$

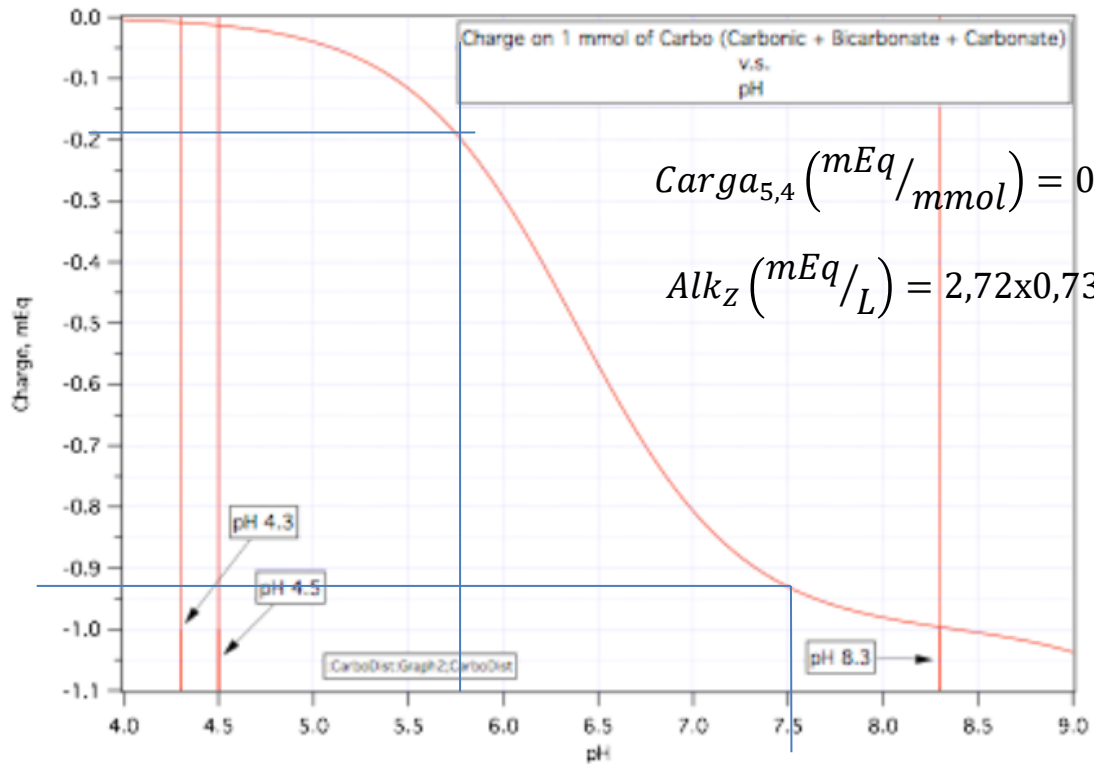
Alcalinidad de las maltas a neutralizar es  $10 \times 5 = 50$

Es decir el valor total es positivo e igual a 66,2 mEq. Como la suma no fue cero, luego el pH de este empaste no sería 5,4, sino que sería mayor.

Proponemos ahora un pH de por ejemplo 5,7, y recalculamos

# Procedimiento de John Palmer (Water, 2013)

Volvemos a calcular la Carga Z y la correspondiente Alcalinidad Z pero respecto de 5,7:



$$Carga_{5,4} \left( \frac{mEq}{mmol} \right) = 0,93 - 0,2 = 0,73$$

$$Alk_Z \left( \frac{mEq}{L} \right) = 2,72 \times 0,73 = 1,99$$



# Procedimiento de John Palmer (Water, 2013)

A continuación calcular la RA Z:

En mEq/litro:

$$RA Z = \text{mEq/L Alk Z} - \frac{\text{mEq/L Ca}}{3,5} - \frac{\text{mEq/L Mg}}{7}$$

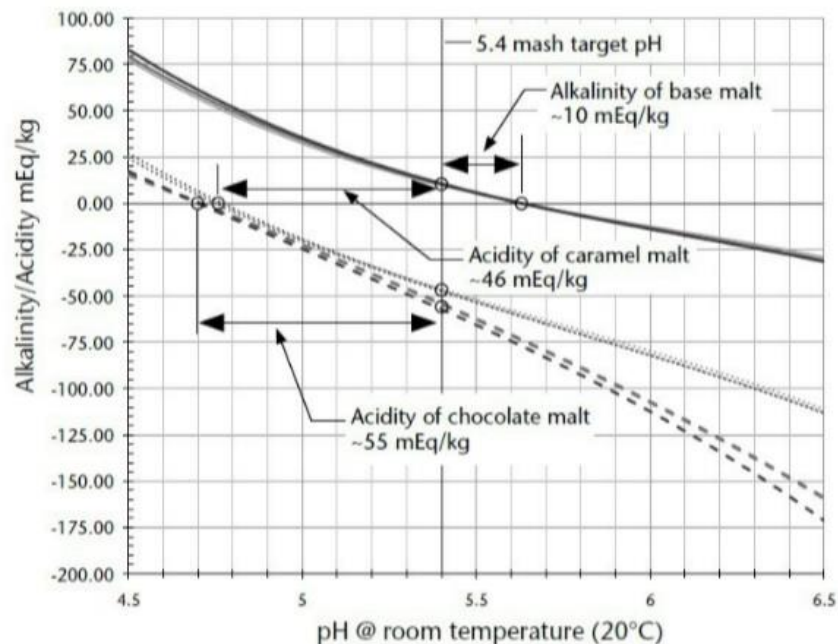
$$RA Z = 1,99 - \frac{3,5}{3,5} - \frac{1,24}{7} = 0,81 \text{ mEq/L}$$

# Procedimiento de John Palmer (Water, 2013)

Recalculamos acidez/alcalinidad de las maltas:

En este caso hasta 5,7 la  
acidez ahora aportada por la  
misma será de 3 mEq/Kg

## Determining Malt Acidity Contributions



# Procedimiento de John Palmer (Water, 2013)

Sumamos los aportes de alcalinidad/acidez de las maltas y el agua según nuestra receta:

Ejemplo, maceramos con 5 kg de malta base y 15 litros de agua, luego

RA Z a neutralizar del agua es  $0,83 \times 15 = 12$

Acidez de las maltas a neutralizar es  $-3 \times 5 = -15$

Es decir el valor total es negativo e igual a -3 mEq. Podemos asumir este valor aproximadamente cero, o bien recalcular con un pH algo menor, por ejemplo 5,68.

El mismo problema, aplicando la fórmula derivada de Troester da:

$$RA = 125 \times 0,056 - 70 \times 0,04 - 15 \times 0,033 = 3,7$$

$$pH_{mash} = 5,62 + 3,7 \times 0,03 = 5,73$$

# El enfoque de DeLange (tabulado)

pH mash		5,4
Alcalinidad (ppm)		125
pH agua		7,5
CT		2,72
Req. Prot. Agua	$0,83 \times 2,72 \times 15$	33,8
Req. Prot. Calcio	$-3,5/3,5 \times 15$	-15
Req. Prot. Mg	$-1,24/7 \times 15$	-2,6
Req. Prot. Malta base	$5 \times 10$	50
		66,2

# Cálculo de cantidad de ácido a agregar

Conviene en general preparar soluciones de ácido en concentración 1 N (1 mEq/ml).

Para ello mezclar 68 ml de fosfórico al 85%, o bien 84 ml de láctico al 88% y llevar a 1 litro de agua (siempre agregar el ácido sobre el agua)

Luego si necesitamos neutralizar 66 mEq de alcalinidad del agua y las maltas deberíamos agregar 66 ml de la solución 1N de ácido.

Para el ácido cítrico que es sólido, 1 mEq de cítrico equivalen a 0,064gr (con lo cual habría que agregar unos 4 gramos en este caso)



# Nuestros datos

Canal de YouTube  
*Capacitaciones El Molino*



Nuestra WEB  
[www.capacitacioneselmolino.com](http://www.capacitacioneselmolino.com)



*Instagram*

Instagram y Facebook  
@capacitacioneselmolino



**Consultá por nuestra MEMBRESÍA MENSUAL**