

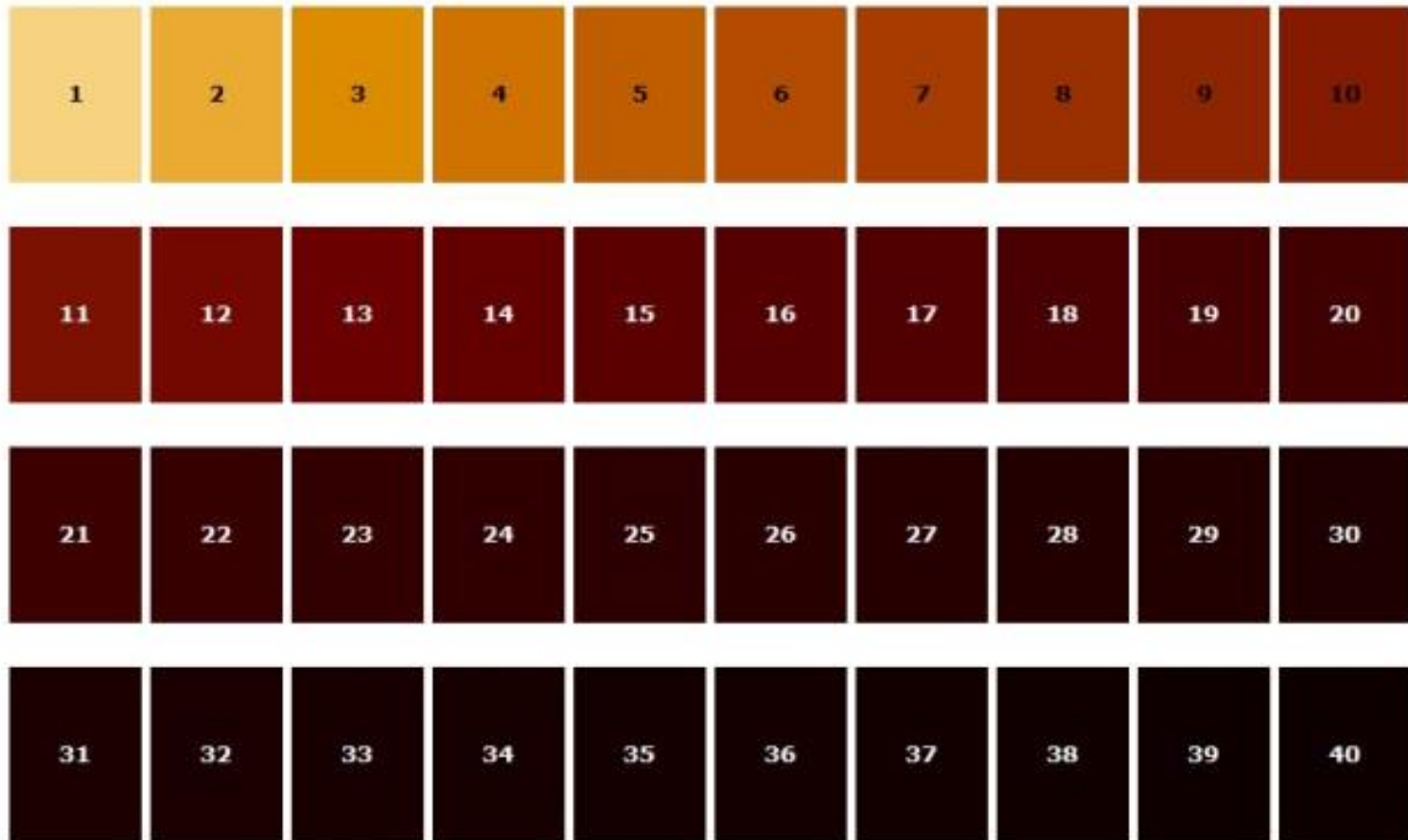
La Semana de los Cálculos

“Energía en Procesos”



Lic. Sebastián Oddone
ESPECIALISTA EN FERMENTACIONES INDUSTRIALES

Estimación del Color (SRM)



Estimación del Color (SRM)

Los SRM se calculan de la siguiente manera:

$$SRM = 1,5x(MCU)^{0,7}$$

MCU

$$= \left(\frac{kg\ malta\ 1\ x\ ^\circ L1 + kg\ malta\ 2\ x\ ^\circ L2 + \dots + kg\ malta\ n\ x\ ^\circ Ln}{Volumen\ frio} \right)^{x\ \frac{2,2}{0,26}}$$

Estimación del Color (SRM)

$$MCU = \left(\frac{4,850 \times 3 + 0,150 \times 30}{20} \right) \times \frac{2,2}{0,26} = 8,06$$

$$SRM = 1,5 \times (8,06)^{0,7} = 6,46$$

Cantidad de lúpulo de amargor

Qué cantidad de lúpulo necesito agregar en mi cocción para dar un determinado nivel de amargor en mi cerveza (IBUs):



$$\text{Gramos} = \frac{\text{IBUs} \times \text{Volumen frío} \times 10 \times \text{FC}}{\%U \times \%AA}$$



Ejemplo: si quiero lograr 20 litros de una cerveza de DO = 1050 con 24 IBUs utilizando un lúpulo con 7% AA, debería agregar los siguiente gramos cuando el mosto rompe hervor:

$$\text{Gramos} = \frac{24 \times 20 \times 10 \times 1}{34 \times 7} = 20 \text{ gramos}$$

Cálculo para 2 adiciones

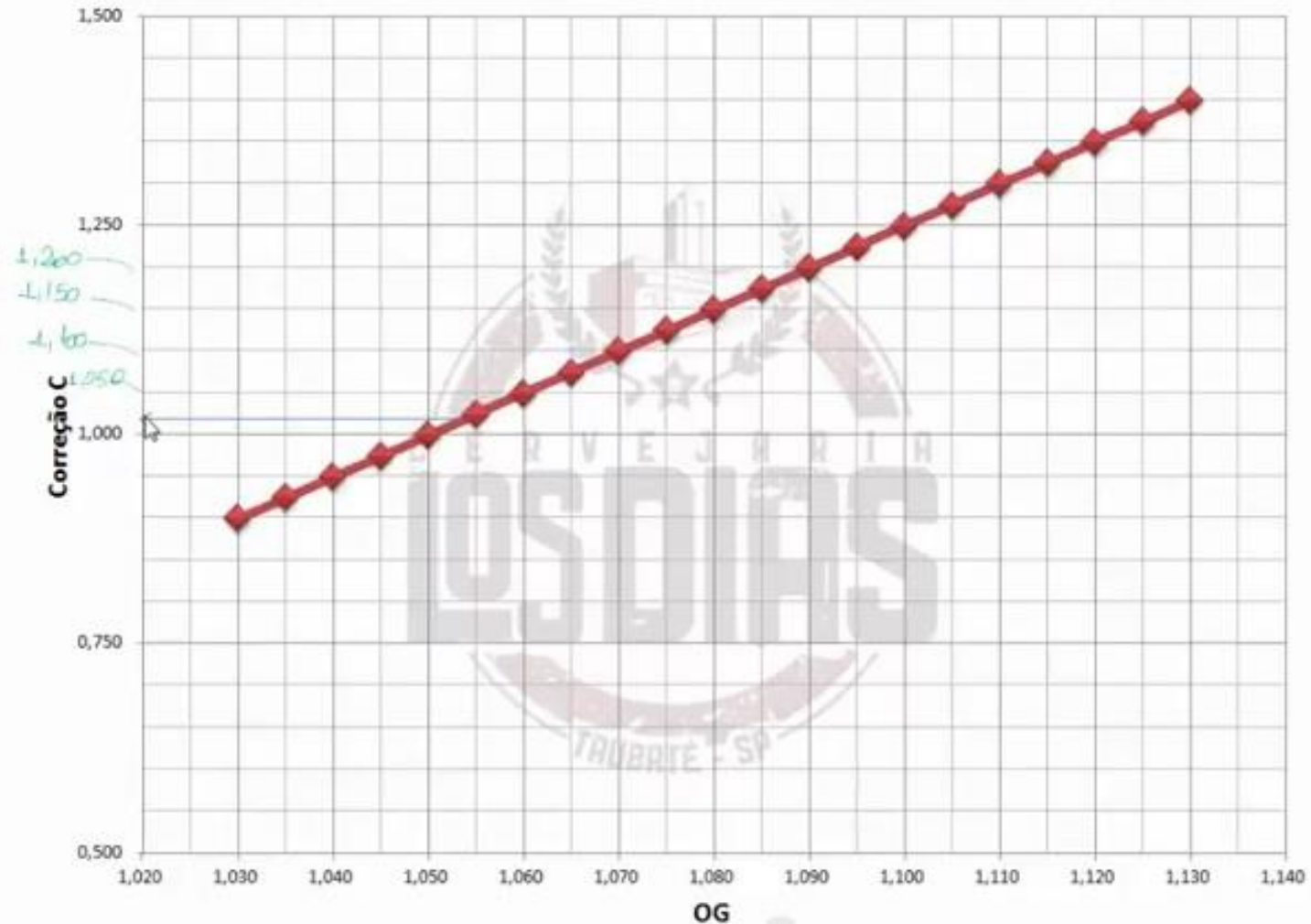
El primer paso es definir los IBUs totales, y como los queremos distribuir entre el lúpulo de amargor y el lúpulo de sabor

Tiempo de hervor en minutos	Porcentaje de utilización	
	Flor	Pellets
0 a 9	5	6
10 a 19	12	15
20 a 29	15	19
30 a 44	19	24
45 a 59	22	27
más de 60	27	34

$$\text{Gramos}(1) = \frac{\text{IBUs}(1) \times \text{Volumen frío} \times 10}{\%U(1) \times \%AA(1)}$$

$$\text{Gramos}(2) = \frac{\text{IBUs}(2) \times \text{Volumen frío} \times 10}{\%U(2) \times \%AA(2)}$$

Corrección por Densidad



Ejemplo de Aplicación

Combinamos los lúpulos en una receta para lograr el amargor, sabor y aroma deseados:

Lúpulos

Amargor: CHINOOK 11%AA

Sabor: BULLION 9%AA

Aroma: MOSAIC

Dry Hopping: CITRA



Ejemplo de Aplicación

$$\text{Gramos} = \frac{\text{IBUs} \times \text{Volumen frío} \times 10}{\%U \times \%AA}$$

$$\text{GrChinook} = \frac{19 \times 100 \times 10}{34 \times 11} = 50$$

$$\text{GrBullion} = \frac{16 \times 100 \times 10}{24 \times 9} = 74$$

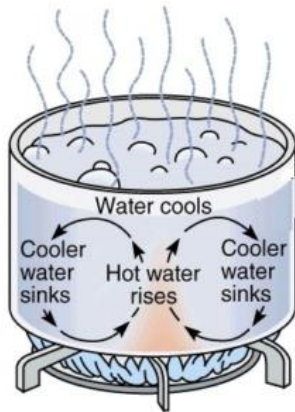
Tiempo de hervor en minutos	Porcentaje de utilización	
	Flor	Pellets
0 a 9	5	6
10 a 19	12	15
20 a 29	15	19
30 a 44	19	24
45 a 59	22	27
más de 60	27	34

Energía

Energía térmica que absorbe/libera un sistema

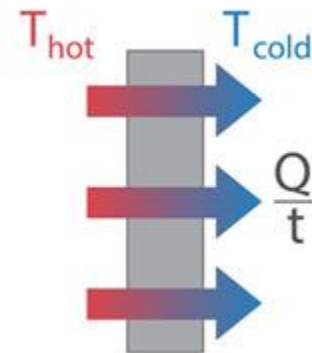
$$E = mc_p \Delta T \text{ (sensible)}$$

$$E = m\lambda \text{ (latente)}$$



Energía térmica que se transfiere

$$E = UA\Delta T$$



La ecuación de la Energía

Concepto general

Para elevar la temperatura de un sistema hace falta energía. Se puede calcular de la siguiente manera:

$$\text{Energía necesaria} = \text{masa } c_p (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}})$$

Si mezclo dos sistemas con diferente energía, obtengo una mezcla con otra energía intermedia:

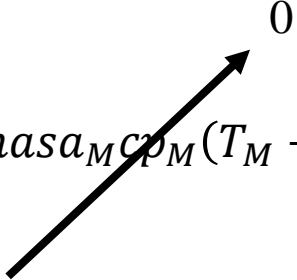
$$\text{Energía sistema 1} + \text{Energía sistema 2} = \text{Energía mezcla}$$

La ecuación de la Energía

Concepto general

Ejemplo:

Energía sistema 1 + Energía sistema 2 = Energía mezcla

$$masa_1 cp_1 (T_1 - T_M) + masa_2 cp_2 (T_2 - T_M) = masa_M cp_M (T_M - T_M)$$


Maceración Simple

Temperatura del agua



$$\text{Energía}_{\text{Agua}} + \text{Energía}_{\text{Grano}} = 0$$

$$\text{masa}_{\text{Agua}} c_{\text{Agua}} (T_{\text{Agua}} - T_{\text{Obj}}) + \text{masa}_{\text{Grano}} c_{\text{Grano}} (T_{\text{Grano}} - T_{\text{Obj}}) = 0$$

$$T_{\text{Agua}} = T_{\text{Obj}} + \frac{\text{masa}_{\text{Grano}} c_{\text{Grano}}}{\text{masa}_{\text{Agua}} c_{\text{Agua}}} (T_{\text{Obj}} - T_{\text{Grano}})$$

$$T_{\text{Agua}} = T_{\text{Obj}} + \frac{0,4}{R} (T_{\text{Obj}} - T_{\text{Grano}}) + FC$$

T_{agua} : temperatura del agua de empaste (°C)

T_{obj} : temperatura objetivo en el macerador (°C)

T_{grano} : temperatura del grano (°C)

R: relación de empaste (litros de agua/kg de grano)

FC: factor de corrección por pérdidas de energía (entre 1 y 2 °C dependiendo la instalación)

0,4: equivale la capacidad calorífica relativa del grano.

Maceración Simple

Ejemplo de cálculo

$$T_{\text{Agua}} = T_{\text{Obj}} + \frac{0,4}{R} (T_{\text{Obj}} - T_{\text{Grano}}) + FC$$

Si por ejemplo quisiéramos lograr una temperatura de macerado de 66°C, con una relación de empaste R=3, y una temperatura del grano de 10°C, luego la temperatura del agua, considerando una baja por proceso de temperatura de 1,5 °C sería:

$$T_{\text{Agua}} = 66 + \frac{0,4}{3} (66 - 10) + 1,5 = 75^{\circ}\text{C}$$

El incremento en la temperatura sería de unos 9 grados centígrados.

Maceración Escalonada

Fórmula para escalones

¿Qué cantidad de agua caliente tengo que agregar para elevar la temperatura del mash hasta el valor deseado?

$Energía_{Agua}$ = E. necesaria para elevar x grados la T°grano
+ E. necesaria para elevar x grados la T°mosto

$$\rho_{Agua} V_{Agua} (T_{agua} - T_2) = (T_2 - T_1) 0,4M + (T_2 - T_1) \rho_{Agua} V_1$$

$$V_{Agua} = \frac{(T_2 - T_1)}{(T_{agua} - T_2)} (0,4M + V_1)$$

V_{agua} : volumen que se debe agregar para llegar a la temperatura objetivo (litros)

T_2 : temperatura objetivo en el macerador (°C)

T_1 : temperatura actual del mash (°C)

T_{agua} : temperatura del agua agregada (°C)

M: cantidad de malta (kg)

V_1 : volumen inicial de agua del mash (litros)

0,4: equivale la capacidad calorífica relativa del grano.

Maceración Escalonada

Ejemplo de cálculo

$$V_{Agua} = \frac{(T_2 - T_1)}{(T_{agua} - T_2)} (0,4M + V_1)$$

Se quiere llevar un mosto que se encuentra a 50°C a una temperatura de 66°C. Se utilizaron inicialmente 20kg de malta y 50 litros de agua. Si para elevar la temperatura del mash se aplica agua a 95°C, ¿qué cantidad de agua es necesaria?

$$V_{Agua} = \frac{(66 - 50)}{(95 - 66)} (0,4 \times 20 + 50) = 32 \text{ litros}$$

En la práctica siempre es conveniente considerar un 10 a 15% más de agua o temperatura, para compensar las pérdidas de energía al ambiente

Maceración por Decocción

Fórmula

La decocción es un procedimiento de macerado tradicional, muy utilizado en cervezas alemanas y en gran parte de estilos del viejo mundo. Consiste en retirar una fracción del mash y llevarla a hervor en un recipiente aparte. Luego juntarlo con el macerado principal. De esta manera se eleva la temperatura del mismo.

Una fórmula aproximada para el cálculo es la siguiente:

$$\frac{V_D}{V_M} = \frac{(T - T_1)}{(T_e - T_1)}$$

V_D : volumen de decocción (litros)

V_M : volumen total de macerado (litros)

T : temperatura objetivo a lograr (°C)

T_e : temperatura ebullición en olla de decocción (°C)

T_1 : temperatura inicial del macerado (°C)

Maceración por Decocción

Ejemplo de cálculo

Se pretende cocinar una cerveza estilo Weissbier pasando por un escalón ferúlico (ácido) a 50°C, y llevar una decocción para luego elevar la temperatura del mash a 66°C. ¿Qué fracción del macerado hace falta llevar a decocción?

$$\frac{V_D}{V_M} = \frac{(66 - 50)}{(100 - 50)} = 0,32$$

Es decir 1/3 del macerado aprox debe ser llevado a decocción. En la práctica considerar un 10 a 15% adicional por posibles pérdidas de energía.

Calorías del quemador



La ecuación de energía que describe la absorción de calor durante una evaporación es la siguiente:

$$Q = m\lambda \quad \lambda = 590 \text{ kcal/kg}$$

Si busco evaporar 3 litros en 1 hora, necesitaría aplicar la siguiente energía:

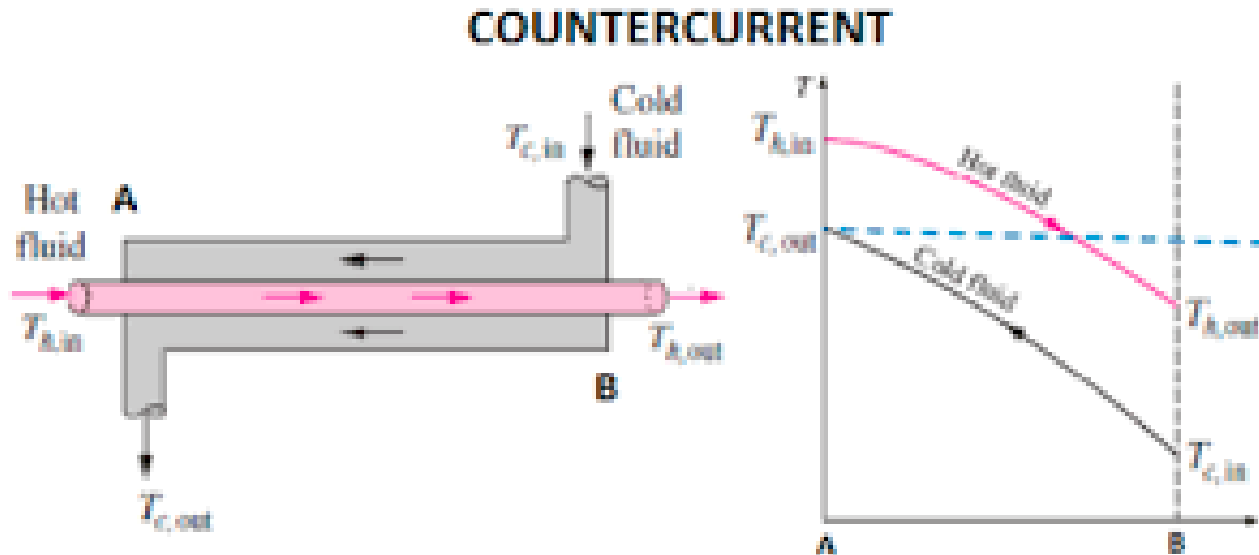
$$Q = 3 \times 590 = 1770 \text{ kcal}$$

A su vez los quemadores tienen una eficiencia promedio del 40%:

$$\frac{1770}{0,35} = 5057 \text{ kcal}$$

Longitud del contracorriente

Si busco enfriar 20 litros de mosto en un tiempo de entre 30 y 60 minutos, necesitaría contar con un enfriador de las siguientes características mínimas:



Longitud del contracorriente

$$Q = \dot{m}C_p(T_{in} - T_{out})$$

$$UA\Delta T_{ml} = \dot{m}C_p(T_{in} - T_{out})$$

$$A = \frac{\dot{m}C_p(T_{in} - T_{out})}{U\Delta T_{ml}}$$

Longitud del contracorriente

$$A = \frac{\dot{m}C_p(T_{in} - T_{out})}{U\Delta T_{ml}}$$

$$A = \frac{40 \times 4,18 \times (100 - 20)}{3600 \times 17} = 0,22$$

$$L = \frac{0,22}{2 \times 3,14 \times 0,005} = 7 \text{ mts}$$



Nuestros datos

Canal de YouTube
Capacitaciones El Molino



Nuestra WEB
www.capacitacioneselmolino.com



Instagram

Instagram y Facebook
Insumos El Molino



Consultá por nuestra MEMBRESÍA MENSUAL