

# La Semana de los Cálculos

## “Densidad, Soluciones y algo más”



Lic. Sebastián Oddone  
ESPECIALISTA EN FERMENTACIONES INDUSTRIALES

**La matemática tiene que ser sencilla de entender y aplicar, sino es inútil**

$$9-3: \frac{1}{3} + 1 = ?$$

# Pensar una regla de tres y/o un porcentaje como una fracción

Si 1 kg de malta tiene un 80% de azúcar potencial, ¿qué cantidad de malta se necesita para obtener un 6 kg de azúcar potencial?

$$\begin{array}{l} 100\% \\ 80\% \end{array} \begin{array}{l} \longrightarrow \\ \longrightarrow \end{array} \begin{array}{l} 1 \text{ kg} \\ x = (80 \times 1) / 100 \end{array} \longrightarrow \frac{80}{100}$$

$$\begin{array}{l} 0,8 \text{ kg azúcar} \\ 6 \text{ kg azúcar} \end{array} \begin{array}{l} \longrightarrow \\ \longrightarrow \end{array} \begin{array}{l} 1 \text{ kg malta} \\ x = (6 \times 1) / 0,8 \end{array} \longrightarrow \frac{6}{0,8}$$

**La teoría no es exactamente igual a la realidad, pero puede parecerse mucho**

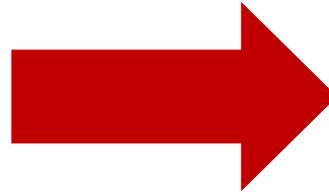
Un modelo matemático es una representación **simplificada** de alguna porción (sistema) de la realidad (modelo físico)

# Tipos de Cálculos

**Para el diseño  
de los equipos**

**Para el diseño  
de los productos**

**Para el diseño  
de los procesos**



# Para el diseño de los equipos

## Ejemplos

- ✓ Calorías del quemador
- ✓ Longitud del contracorriente de enfriamiento
- ✓ Cantidad de placas para un enfriador
- ✓ Dimensiones de los equipos de cocción y fermentación
- ✓ Frigorías de la cámara

# Para el diseño de los procesos

## Ejemplos

- ✓ Temperatura del agua de macerado
- ✓ Cantidad de agua de lavado
- ✓ Poder diastásico de las maltas
- ✓ Presión para carbonatación con CO<sub>2</sub>
- ✓ Caudal de oxígeno para oxigenación del mosto
- ✓ Cálculos para decocciones o Parti-Gyle

# Para el diseño de los productos

## Ejemplos

- ✓ Cantidad de malta necesaria y densidades
- ✓ Estimación del color y mezcla de maltas
- ✓ Cálculo del amargor
- ✓ Estimación del nivel de alcohol y atenuación
- ✓ Ajustes del agua y del nivel de gasificación

**Arrancamos con una pregunta**



**¿Cuál es el concepto o término fisicoquímico que más nombramos durante una cocción?**

**RESPUESTA**

**p**

# Definición de Densidad

La densidad se define como “**el peso de un determinado volumen**”

1 litro de agua pesa 1 kilo, 1 cm<sup>3</sup> de agua pesa 1 gramo, 1 m<sup>3</sup> de agua pesa 1000 kilos

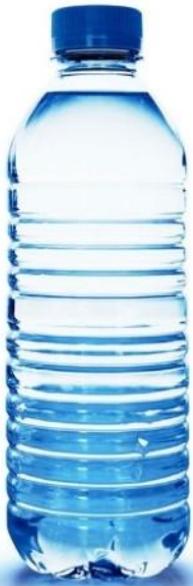
$$\rho_{H_2O} = 1 \frac{gr}{cm^3} \equiv 1000 \frac{kg}{m^3}$$

# Importante

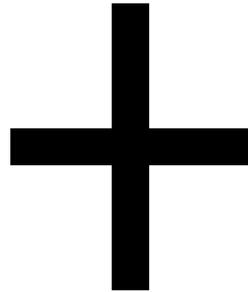
NO SUMAR VOLUMENES!

SI SUMAR MASAS!

# Importante



1 litro de  
agua



100 cm<sup>3</sup> de  
azúcar

# Conclusión

EL AGREGADO DE AZÚCAR INCREMENTA  
LA DENSIDAD DE LA SOLUCIÓN

# Soluciones

Si tenemos un recipiente con 1 litro de una solución que contiene 10 gramos de azúcar (solute) en agua (solvente), la concentración será de 10 gramos/litro

Si de la misma solución tomamos 100 cm<sup>3</sup>, tendremos allí 1 gramo de azúcar, la concentración también se puede expresar como 1% p/v

# Soluciones

Si tenemos un recipiente con 1 kilo de una solución que contiene 10 gramos de azúcar (solute) en agua (solvente), la concentración será de 10 gramos/kilo

Si de la misma solución tomamos 100 gramos, tendremos allí 10 gramos de azúcar, la concentración también se puede expresar como 10% p/p, que es equivalente a 10°Bx (10 grados Brix) o 10°Plato (aprox)

# Relación entre Densidad y °Brix

Hay una relación directa entre la densidad y la concentración de azúcar

Cada °Bx incrementa la densidad en 4 puntos

$$1 \text{ °Bx} \equiv 4 \text{ puntos de densidad}$$

**¿Qué densidad necesito al finalizar el lavado,  
para alcanzar la requerida al inicio de la  
fermentación?**



## Balance de Masa

$$PD_{AC} \times V_{AC} = PD_{DC} \times V_{DC}$$

$$PD_{AC} \times 28 = 50 \times 24$$

$$PD_{AC} \approx 42$$

Ojo con la temperatura en la medición!!

# Corrección de Densidad

**Tabla de correccion de densidades  
x temperatura, referida a 15 °C.**

°C	SUMAR OG
15	0.000
27	0.002
32	0.004
38	0.006
43	0.008
49	0.010
54	0.013
60	0.016
66	0.018
71	0.022
77	0.025
88	0.033
100	0.040

# Estimación de %ABV

*1 gr Azúcar → 0,485 gr Etanol + 0,464 gr CO<sub>2</sub>*

$$\frac{0,485}{0,464} = 1,05$$

Sí durante una fermentación pasamos de densidad 1,050 a densidad 1,010

Esto implica una pérdida de 40 gramos por litro

$$(PDi - PDf) \times 1,05 = 40 \times 1,05 = 42$$

Se debe dividir por la densidad del alcohol y por 10 para llevar a unidades de %v/v

$$\frac{(PDi - PDf) \times 1,05}{0,789 \times 10} = \frac{(PDi - PDf)}{7,5} = 5,3 \% \text{ABV}$$

# Atenuación Aparente %AtA

$$\%AtA = \frac{PD_i - PD_f}{PD_i} \times 100$$

$$\%AtA = \frac{50 - 10}{50} \times 100 = 80\%$$

# Cálculos con gases – O<sub>2</sub>

Transferencia de oxígeno:

$$OTR = k_L a \cdot (OD_{SAT} - OD)$$

The diagram illustrates the components of the oxygen transfer rate (OTR) equation. It features the equation  $OTR = k_L a \cdot (OD_{SAT} - OD)$  at the top. Four green arrows originate from the equation and point to the following definitions:

- $k_L$ : Coeficiente de transferencia líquido - gas
- $a$ : Superficie de contacto entre fases líquido - gas
- $OD_{SAT}$ : Concentración de Oxígeno Disuelto de Saturación (equilibrio con el gas)
- $OD$ : Concentración de Oxígeno Disuelto en el líquido

La velocidad de transferencia de oxígeno la aumentamos incrementando el  $k_L$ , el área o la concentración de saturación de oxígeno disuelto en equilibrio con el gas.

Asumiendo  
que se trata de  
un gas ideal

# Cálculos con gases – O<sub>2</sub>

Asumiendo  
que todo el gas  
se disuelve

Digamos que desea agregar 8 ppm (mg/L) de oxígeno a un lote de 20 litros. Para ello se necesitarán 160 mg de oxígeno.

Esos 160 mg equivalen a 0,005 moles de oxígeno (0,16 gramos / 32 gramos de oxígeno por mol = 0,005 moles).

Si multiplicamos 0,005 moles por 22,4 l/mol podemos ver que se requieren 0,112 litros de oxígeno para suministrar los 160 mg necesarios para producir una concentración de 8 ppm en los 20 litros de mosto.

Para llevar adelante el procedimiento de oxigenación, en la práctica se recomienda utilizar un rotámetro de gas (o flow meter). Conseguir uno que tenga una escala en litros por minuto con un rango entre 0-1 litros/minuto y 0.1 subdivisiones. En este ejemplo, *si se hace funcionar el flujo de gas a 0,2 litros por minuto y durante 30 segundos se introducirán aproximadamente 0,1 litros de oxígeno*. Este valor es aproximadamente el necesario para oxigenar correctamente el mosto del ejemplo.



# Nuestros datos

Canal de YouTube  
*Capacitaciones El Molino*



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



*Instagram*

Instagram y Facebook  
*Insumos El Molino*



**Consultá por nuestra MEMBRESÍA MENSUAL**