



Material  
Didáctico  
para Estudiantes

---

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS:  
**Operaciones Unitarias I**

---

Ingeniería en Alimentos

**FQByF**

Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia



Universidad Nacional  
de San Luis

# **SERIE DIDÁCTICA: MATERIAL DIDÁCTICO PARA ESTUDIANTES**

## **Guías de Trabajos Prácticos: Operaciones Unitarias I**

Dr. Luis CADÚS  
Dra. Fabiola AGÜERO  
Dra. Flavia DURAN

FACULTAD DE  
QUÍMICA, BIOQUÍMICA Y FARMACIA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS

2019

Decana

***Dra. Mercedes Edith CAMPDERRÓS***

Vice Decana

***Dra. Lucía Beatriz FUENTES***

Secretaria académica

***Dra. Estela Isabel GASULL***

Comisión de la Serie Didáctica

Coordinadora

***Dra. María Cristina ALMANDOZ***

Integrantes

Departamento de Bioquímica  
y Ciencias Biológicas

***Dra. Susana I. SÁNCHEZ***

***Dra. Verónica P. FILIPPA***

Departamento de Farmacia

***Dr. Luis A. DEL VITTO***

***Dra. Alejandra O. MARIA***

Departamento de Química

***Dra. Yamina A. DÁVILA***

***Dra. María de los Ángeles ÁLVAREZ***

Edición

***Secretaría de Vinculación y Extensión***

## SUMARIO

La publicación periódica Serie Didáctica ha sido creada en el ámbito de la Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia de la Universidad Nacional de San Luis (Ordenanza N° 008/07-CD) con el fin de proporcionar material de estudio a los estudiantes de las Carreras de grado impartidas en la Facultad.

Actualmente, la SERIE DIDÁCTICA: MATERIAL DIDÁCTICO PARA ESTUDIANTES (Resolución N° 269/16) ofrece guías de Trabajos Prácticos de Laboratorio y de campo, guías de resolución de problemas, material teórico, propuestas de estudios dirigidos y comprensión de textos, entre otros materiales, elaborados por el cuerpo docente de las diferentes Áreas de Integración Curricular de la Facultad. Estas producciones didácticas significan un aporte para cubrir necesidades académicas acorde al enfoque de cada asignatura o que no se encuentran habitualmente en bibliografía específica. Las mismas están disponibles en la página de la UNSL ( <http://www.fqbf.unsl.edu.ar/mda.html>) lo que facilita la accesibilidad por parte de los estudiantes, docentes y comunidad educativa en general, garantizando la calidad de la visualización y la amplia difusión del material publicado en este sitio. De igual modo, la Serie Didáctica realiza una extensión invitando a docentes y alumnos de diferentes niveles educativos a participar, crear, producir y utilizar este espacio fomentando así el vínculo entre esta Institución y la comunidad.

En nuestra opinión, es de vital importancia producir y compartir el conocimiento con los estudiantes y la sociedad. De este modo, se tiende a facilitar los procesos de enseñanza y de aprendizaje y la transmisión de una idea directriz de conducta humana y científica, fortaleciendo los vínculos entre docentes-alumnos-conocimientos y sociedad.

Dado que la presente SERIE DIDÁCTICA resulta de la participación de numerosos actores, ante los posibles errores humanos y cambios en la ciencia, ni los editores ni cualquier otra persona que haya participado en la preparación del material didáctico garantizan íntegramente que la información sea precisa o completa.

## **PRESENTACION DE LA ASIGNATURA**

Una **operación unitaria** se define como un área del proceso o equipo donde se incorporan materiales, insumos o materias primas y ocurre una función determinada que forman parte del proceso. Todas las operaciones unitarias se basan en principios científicos traducidos a realidades y aplicaciones industriales.

En el caso particular de la materia de Operaciones Unitarias I proporciona las bases para diseñar, seleccionar, operar y adaptar equipos en procesos industriales que involucren transferencia de cantidad de movimiento, separación de sólidos y reducción de tamaño.

Para lograr una efectiva adquisición de conocimientos, es necesario contar con conocimientos de física, termodinámica y fenómenos de transporte, como así también, priorizar las consideraciones generales respecto al medio ambiente y a la Higiene y seguridad del trabajo.

Se debe dotar al futuro profesional de las herramientas básicas que utilizará en el diseño de los equipos utilizados en la industria donde se llevan a cabo operaciones basadas en la transferencia de cantidad de movimiento. Se pretende que los alumnos se familiaricen con las herramientas de cálculo y adopción de equipos. Adicionalmente se pretende que el alumno adquiera criterios de discernimiento en la adopción y/o elección de equipos, accesorios, etc.

**INDICE**

Presentación de la Asignatura	II
Índice	III
Trabajo práctico N° 1: Repaso balance de materia	1
Trabajo práctico N° 2: Ecuaciones básicas del flujo del fluido	4
Trabajo práctico N° 3: Pérdida de carga	6
Trabajo Práctico N° 4: Medidores de caudal	8
Trabajo Práctico N° 5: Sistema de bombeo	9
Trabajo Práctico N° 6: Agitación y Mezcla	17
Trabajo Práctico N° 7: Sedimentación	21
Trabajo Práctico N° 8: Centrifugación	25
Trabajo Práctico N° 9: Fluidización	28
Trabajo Práctico N° 10: Filtración	30
Medidas de seguridad en el laboratorio	33
Trabajo de Laboratorio N° 1. Bombas	40
Trabajo de Laboratorio N° 2. Agitación y mezclado de fluidos	44
Trabajo de Laboratorio N° 3. Sedimentación	51

Trabajo de Laboratorio N°4. Molienda y Tamizado	57
Anexo I: Programa de la asignatura y régimen de aprobación	63

## Trabajo práctico N° 1

### Tema: Repaso de balances de materia

#### Problema N° 1

Las papas se secan desde el 14% de sólidos totales hasta el 93%. ¿Cuál es el producto obtenido cada 1000 kg de papas sabiendo que se pierde el 8% en peso en el pelado?

**Rta.:  $m_s = 138,5 \text{ kg}$**

#### Problema N° 2

En un evaporador se concentra una solución acuosa de sal desde un 2% a un 40% en peso de sal. Calcular el caudal de agua evaporada (B) y el caudal de solución diluida (A) si se desean obtener 500 kg/h de solución concentrada (C).

**Rta.:  $B = 9500 \text{ kg/h}$ ;  $A = 10000 \text{ kg/h}$**

#### Problema N° 3

Una planta de procesamiento produce carne picada que debe contener un 15% de grasa. Si esta carne se obtiene a partir de carne de vaca deshuesada con un contenido de 23% de grasa y carne de buey deshuesada que contiene 5% de grasa, calcular en qué proporciones deben ser mezcladas estas dos carnes.

**Rta.:  $C_v = 55,56 \text{ kg}$ ;  $C_b = 44,4 \text{ kg}$**

#### Problema N° 4

La leche descremada se obtiene al eliminar parte de la grasa de la leche entera. Esta leche descremada contiene: 90% de agua; 3,5% de proteínas; 5,1% de hidratos de carbono; 0,1% de lípidos y 0,8% de cenizas. Si la leche entera original contiene un 4,5% de grasa, calcular su composición suponiendo que sólo se ha eliminado la grasa al obtener la leche descremada y que no hay pérdidas en el proceso.

**Rta.:  $\text{Agua} = 86,5\%$ ,  $\text{Proteínas} = 3,35\%$ ,  $\text{Hidratos de Carbono} = 4,88\%$ ,  $\text{Lípidos} = 4,5\%$ ,  $\text{Cenizas} = 0,76\%$**

#### Problema N° 5

Si 35000 kg de leche entera que contiene un 4% de grasa se separan en 6 horas en leche descremada con un 0,45% de grasa y en crema con un 45% de grasa, calcular la velocidad de flujo de las dos corrientes que salen de la centrífuga continua que realiza esta operación.

**Rta.: Crema=465 kg/h, Leche descremada= 5368,3 kg/h**

### **Problema Nº 6**

Las semillas de soja están compuestas de: 18% de aceite; 35% de proteínas; 27,1% de carbohidratos; 9,4% de fibra y ceniza y 10,5% de humedad. Durante la primera etapa del proceso de obtención de aceite de soja, las semillas se trituran y prensan, lo que reduce el contenido de aceite al 6%. Luego, se realiza una extracción con hexano para producir una harina que contiene 0,5% de aceite. Finalmente, se desecan hasta lograr un 8% de humedad. Suponiendo que no hay pérdidas de proteínas y agua con el aceite, calcular la cantidad de aceite por prensado y aceite por extracción que puede obtenerse a partir de 1000 kg de semillas y la composición final de la harina seca.

**Rta.: Aceite prensado: 127,66 kg, Aceite extracción: 48,2 kg,  $x_p=44,7\%$   $x_c=34,6\%$   $x_{fyc}=12\%$ , humedad=8% aceite=0,7%**

### **Problema Nº 7**

Para fabricar mermelada se mezcla la fruta triturada con suficiente azúcar para que la proporción de la mezcla sea 45 partes en peso de fruta a 55 partes de azúcar. Asimismo, se añade por cada 100 kg de azúcar, 250 g de pectina. La mezcla se homogeneiza y evapora hasta que la concentración en sólidos, deducidas por medidas refractométricas, sea del 67% en peso. Calcular el rendimiento de mermelada que se obtendrá a partir de un fruto con 14% de sólidos y la cantidad de agua evaporada.

**Rta.:  $\eta=91,6\%$ ;  $m_{H_2O}=15,34$  kg**

### **Problema Nº 8**

La levadura de panadería crece en un sistema de fermentación continuo que utiliza un fermentador de 20 m<sup>3</sup> de volumen siendo el tiempo de residencia de 16 horas. En el medio de cultivo se añade un 2% de volumen de siembra con un 1,2% de levaduras. Este medio se añade al fermentador, en el que las levaduras se reproducen generando 13 kg/h. El caldo abandona el fermentador y pasa a una centrífuga continua que produce una pasta de levadura con un 7% de levaduras, que son el 97% del total existente en el caldo. Calcular la velocidad de flujo de la pasta de levadura y del caldo residual de la centrífuga.

**Rta.:  $m_c=1066,4$  kg/h;  $m_{pl}=183,6$  kg/h**

### **Problema Nº 9**

Se utiliza un sistema de separación para concentrar un alimento líquido desde el 10% de sólidos totales al 30% de sólidos totales. La operación se realiza en dos etapas,

como se muestra en el esquema. La circulación de los fluidos está indicada con el sentido de las flechas. Las concentraciones, para cada corriente, están expresadas como % en peso. Calcular la magnitud de la corriente de reciclo (R) para una producción (P) de 100 kg/minuto.

**Rta.:  $R=21,74$  kg/min;  $F= 310,5$  kg/min**



## Trabajo práctico N° 2

### Tema: Ecuaciones básicas del flujo de fluidos

#### Problema N° 1

Un fluido que tiene una densidad de  $1005 \text{ kg/m}^3$  es descargado desde un tanque de almacenamiento de 3,5 m de diámetro a través de una corta tubería sanitaria horizontal de 1,5 in de diámetro nominal ( $D. I. = 0,03561 \text{ m}$ ) con una válvula de cierre en el extremo. Si el fluido sale de la tubería de descarga a una velocidad de 40 L/min, calcular la velocidad media del fluido en la tubería y la velocidad a la cual el nivel del líquido desciende dentro del tanque. Comparar ambos valores y sacar conclusiones.

**Rta.:  $v_{tub}= 40,16 \text{ m/min}$ ;  $v_{tanque}=0,0041 \text{ m/min}$**

#### Problema N° 2

Por un tubo de 2,5 cm de diámetro fluye leche a  $0,12 \text{ m}^3$  por minuto. Si la temperatura de la leche es de  $21^\circ\text{C}$ , ¿qué tipo de flujo existe?

**Rta.:  $Re= 49500$**

#### Problema N° 3

En tratamientos de pasteurización de alimentos líquidos, comúnmente se emplean dispositivos en los que el fluido circula dentro de un tubo. Para asegurar una pasteurización satisfactoria es necesario que los microorganismos que circulan a la velocidad máxima permanezcan lo suficiente para recibir un tratamiento térmico adecuado. Un alimento líquido que tiene una densidad de  $1250 \text{ kg/m}^3$  circula a través de una cañería de 26,7 mm de diámetro interno ( $3/4''$  de diámetro nominal) con una velocidad de flujo másico de  $10000 \text{ kg/h}$ . Calcular el valor de la velocidad máxima de circulación para los dos casos siguientes:

- jugo clarificado o jugo de durazno de  $45^\circ$  Brix con una viscosidad de  $9 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ .
- yema de huevo que presenta un comportamiento al fluido ley de potencia con  $K = 880 \text{ mPa}\cdot\text{s}^n$  y  $n = 0,20$ .

**Rta.: a)  $4,95 \text{ m/s}$ ; b)  $4,3 \text{ m/s}$**

#### Problema N° 4

Un problema común que enfrentan los ingenieros de procesos de alimentos es predecir la velocidad máxima encontrada durante el flujo en tubos. Determinar la velocidad máxima en la tubería considerando los siguientes datos:  $\mu = 0,012 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ;  $D = 0,0348 \text{ m}$ ;  $v = 1,66 \text{ m/s}$ ;  $\rho = 1250 \text{ kg/m}^3$ .

**Rta.:  $v_{max}= 2,18 \text{ m/s}$**

**Problema Nº 5**

Determinar la velocidad máxima de un fluido ley de potencia en una cañería dada la siguiente información:  $K = 0,25 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$ ;  $n = 0,45$ ;  $\rho = 1250 \text{ kg/m}^3$ ;  $D = 0,0348 \text{ m}$ ;  $v = 1,66 \text{ m/s}$ .

**Rta.:  $v_{max}=1,93 \text{ m/s}$**

**Problema Nº 6**

El agua fluye a una velocidad de  $0,4 \text{ m}^3/\text{min}$  en una tubería lisa de  $7,5 \text{ cm}$  de diámetro a una presión de  $70 \text{ kPa}$ . Si el diámetro de la tubería se reduce a  $5 \text{ cm}$ , calcular la nueva presión del fluido. La densidad del agua es  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

**Rta.:  $P_2= 64,4 \text{ kPa}$**

**Problema Nº 7**

Calcular el caudal volumétrico de aceite de oliva que circula por un tubo liso horizontal de  $2 \text{ cm}$  de diámetro sabiendo que en un punto determinado, el tubo se estrecha hasta un diámetro de  $1,2 \text{ cm}$  y la diferencia de presión entre la zona del tubo más ancha y más estrecha equivale a  $8 \text{ cm}$  de agua.

**Rta.:  $Q= 6,42 \text{ l/min}$**

**Problema Nº 8**

En un depósito, el nivel del agua sobre el tubo de salida es de  $4,7 \text{ metros}$ . El depósito está a presión atmosférica y el tubo de salida al aire. ¿Cuál es la velocidad de flujo a través de ese tubo si su diámetro es de  $1,2 \text{ cm}$ ?

**Rta.:  $Q= 1,08 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$**

### Trabajo práctico N° 3

#### Tema: Pérdidas de carga por rozamiento en conducciones y accesorios

##### Problema N° 1

¿Qué presión debe ser generada en la descarga de una bomba que libera 100 l/min de un fluido que tiene una densidad específica de 1,02 y una viscosidad de 100 centipoises? El líquido fluye a través de una cañería sanitaria de 2,5 in. de diámetro nominal y 50 m. de longitud. La cañería es recta y horizontal y el extremo de descarga de la cañería está a presión atmosférica.

**Rta.:  $\Delta P=25,9 \text{ kPa}$**

##### Problema N° 2

Calcular la caída de presión de 170 metros de una cañería sanitaria de 2" de diámetro nominal por la que circula aceite de oliva a 20°C, con una velocidad de flujo de 0,1 m<sup>3</sup>/min.

**Rta.:  $\Delta P=190 \text{ kPa}$**

##### Problema N° 3

Leche entera a 20°C es bombeada a través de una cañería sanitaria de 1 in de diámetro nominal a una velocidad de 12 l/min. Calcular la caída de presión por unidad de longitud de cañería recta horizontal.

**Rta.:  $\Delta P/l=201 \text{ Pa/m}$**

##### Problema N° 4

Calcular la caída de presión para 100 m de cañería de hierro fundido de 1 in de diámetro nominal por la que circula agua a un caudal de 40 l/min.

**Rta.:  $\Delta P=102 \text{ kPa}$**

##### Problema N° 5

El concentrado de tomate presenta un comportamiento al flujo que sigue el modelo de ley de la potencia ( $\tau = K \gamma^n$ ), con  $K = 125 \text{ dina.s}^n/\text{cm}^2$  y  $n = 0,45$ . Calcular la caída de presión por metro de longitud de cañería horizontal si este fluido es bombeado a través de una cañería sanitaria de 1 in de diámetro nominal a una velocidad de flujo volumétrico de 19 l/min. El concentrado tiene una densidad de 1,13 g/cm<sup>3</sup>.

**Rta.:  $\Delta P=30,5 \text{ kPa}$**

**Problema N° 6**

El puré de durazno que tiene un contenido de sólidos de 11,9% muestra un índice de consistencia  $K$  de  $72 \text{ dinas}\cdot\text{s}^n/\text{cm}^2$  y un índice de comportamiento al flujo  $n = 0,35$ . Si este fluido es bombeado a través de una tubería sanitaria de 1,5 in de diámetro nominal a una velocidad de flujo volumétrico de 450 l/min, calcular la caída de presión por metro de tubería recta horizontal. La densidad del puré de durazno es  $1,07 \text{ g/cm}^3$ .

**Rta.:  $\Delta P=33 \text{ kPa/m}$**

**Problema N° 7**

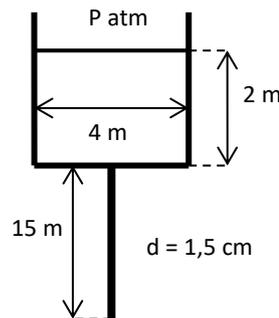
Calcular la caída de presión debido a la fricción del fluido a través de 50 m de cañería sanitaria de 1 in de diámetro nominal que incluye cinco codos de  $90^\circ$  en el sistema de cañerías. Puré de peras fluye a través de la cañería a una velocidad de 20 l/min. Datos:  $K = 5,3 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$ ;  $n = 0,38$ ;  $\rho = 1090 \text{ kg/m}^3$ .

**Rta.:  $\Delta P=486 \text{ kPa}$**

**Problema N° 8**

Un depósito elevado conteniendo 2 m de altura de agua está conectado a una tubería de descarga como se muestra en la Figura. La conducción es lisa y posee un diámetro de 1,5 cm. Determinar el caudal de agua que se recoge a la salida y la velocidad de descenso del nivel de agua en el depósito.

**Rta.:  $Q=2,54 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $v=5,6 \times 10^{-5} \text{ m/s}$**



**Problema N° 9**

Calcular la longitud equivalente total de una cañería de hierro fundido de 1" que produce una caída de presión de 70 kPa debida a la fricción del fluido que tiene una densidad de  $988 \text{ kg/m}^3$  y una viscosidad de 2 cP. La velocidad de flujo es de 50 l/min.

**Rta.:  $L=40,2 \text{ m}$**

## Trabajo práctico N°4

### Tema: Medidores de caudal

#### Problema N° 1

Está fluyendo aire a 0°C por un tubo de un sistema de refrigeración. Se inserta un tubo estático de Pitot con el que se mide una altura de presión diferencial de 0,8 mm de agua. Calcular la velocidad del aire en el conducto. La densidad del aire a 0°C es de 1,3 kg/m<sup>3</sup>.

**Rta:  $v=3,47$  m/s**

#### Problema N° 2

Por una tubería circula aceite de soja a 30°C. Su flujo se mide con un medidor de Venturi. El diámetro del tubo es de 15 cm y disminuye a 6 cm en la constricción del medidor. Si la presión diferencial es equivalente a 14 cm de agua, calcular la velocidad de flujo del aceite de soja.

**Rta.:  $v=0,275$  m/s**

#### Problema N° 3

El flujo de una salmuera de 1080 kg/m<sup>3</sup> de densidad se mide con un orificio de 2 cm. de diámetro colocado en una tubería sanitaria de 2" de diámetro nominal. La presión diferencial es de 182 kPa. Calcular la velocidad de flujo de la salmuera considerando que el coeficiente de descarga del orificio es 0,97.

**Rta.:  $v=2,88$  m/s**

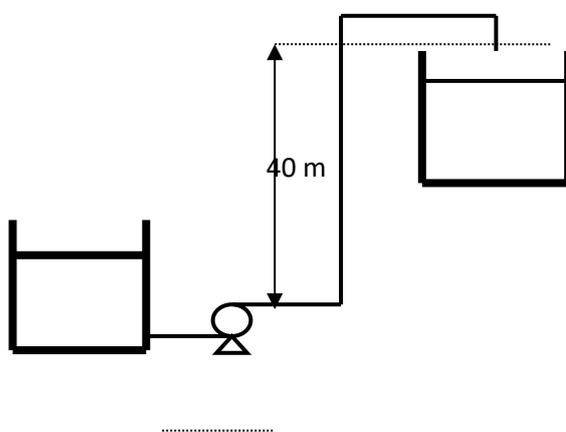
## Trabajo práctico N°5

### Tema: Sistemas de bombeo

#### Problema N° 1

Una solución de cloruro sódico al 25% es bombeada desde un tanque de almacenamiento a un tanque de cabeza ubicado 40 metros más arriba. Si la tubería es de PVC y tiene un diámetro nominal de  $\frac{1}{2}$ " , calcular la potencia requerida para bombear  $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$  de la solución y la potencia que consumirá el motor de la bomba si el rendimiento es del 68%. Se tienen 48 m de cañería recta.

**Rta.: Potencia consumida= 305 Watt**



#### Problema N° 2

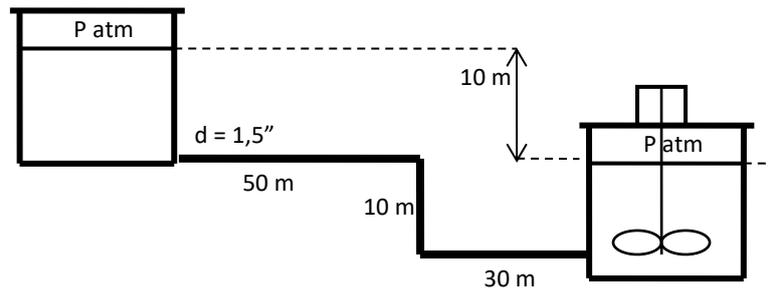
Se bombea aceite de soja desde un tanque de almacenamiento hasta un recipiente de procesado a través de 48 metros de una cañería de acero de 2" de diámetro nominal (cédula N° 40) en la que hay instalados 6 codos en ángulo recto, 2 válvulas de compuerta y una válvula de asiento. Si el recipiente de procesado está 3 metros por debajo del tanque de almacenamiento, calcular la potencia requerida para bombear el aceite a  $20^\circ\text{C}$  con un flujo de 8 toneladas por hora.

**Rta.: Potencia Requerida= 39,2 Watt**

#### Problema N° 3

Se desea alimentar un tanque agitado con un caudal de  $3 \text{ m}^3/\text{h}$  de un concentrado de zumo de naranja procedente de un depósito elevado como se muestra en la Figura. Ambos depósitos se encuentran a presión atmosférica y están conectados por una cañería sanitaria de 1,5" de diámetro nominal. Determinar si es necesario el uso de una bomba para conseguir transportar el caudal de fluido necesario. En caso afirmativo, calcular la potencia de dicha bomba suponiendo un rendimiento del 75%.

Rta.:  $P=2$  HP



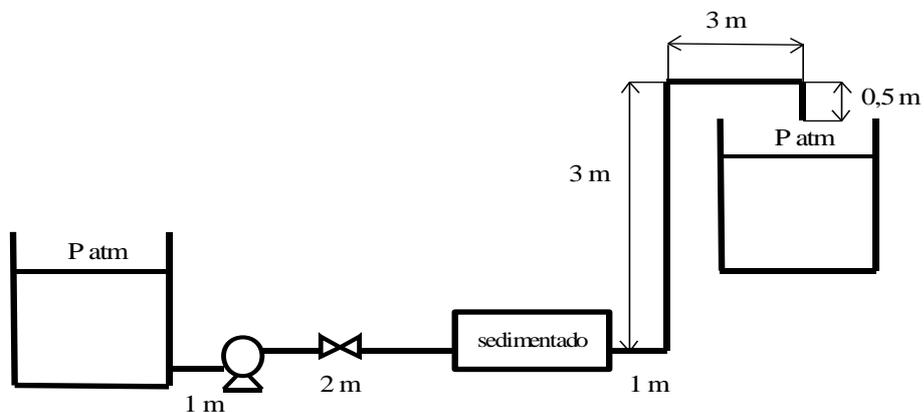
#### Problema Nº 4

Considerar el sistema de flujo ilustrado en la Figura. Suponer que la válvula está abierta y la caída de presión a través del sedimentador es 100 kPa. La cañería es de 0,0348 m de diámetro y un líquido con una densidad de  $1250 \text{ kg/m}^3$  circula a una velocidad de flujo másico de  $1,97 \text{ kg/s}$ . Determinar las pérdidas por fricción en el sistema y calcular el trabajo de la bomba para los siguientes dos casos:

Caso a) Suponer  $K = 5,2 \text{ Pa s}^n$ ;  $n = 0,45$

Caso b) Suponer  $K = 0,25 \text{ Pa s}^n$ ;  $n = 0,45$

Rta.: a)  $P=5,94$  HP; b)  $P= 0,35$  HP



#### Problema Nº 5

Se desea instalar una bomba centrífuga para extraer agua desde una cisterna subterránea de 2 m de profundidad con el objeto de suministrar un caudal de  $0,013 \text{ m}^3/\text{s}$  a un dado proceso. Para ello, se utilizará una cañería de PVC de 4" de diámetro nominal, catálogo Nº 40, que tiene instalado un filtro cuya constante de pérdida de carga,  $K$ , es igual a 10. Según lo especificado por el proveedor de la bomba, la altura neta de succión positiva (ANPA) para el caudal requerido es de 4,6 m. Para estas condiciones, calcular

la altura máxima a la cual puede ser instalada la bomba sin que se produzca cavitación.

**Rta.:  $Z=4,22\text{ m}$**

**Problema Nº 6**

Una bomba centrífuga de tipo sanitaria se ha de utilizar para extraer un jugo concentrado (densidad =  $1250\text{ kg/m}^3$ ) desde un evaporador que opera a  $640\text{ mmHg}$  de vacío. Para el caudal de operación, el ANPA requerido por la bomba es de  $3\text{ m}$ . Si las pérdidas en la cañería de aspiración corresponden a una altura de  $1,5\text{ m}$  y el jugo llega a la bomba a  $30^\circ\text{C}$ , ¿cuál ha de ser la altura mínima del evaporador por encima de la entrada de la bomba? Considere que el nivel del líquido dentro del evaporador está  $3\text{ metros}$  por encima del punto de descarga.

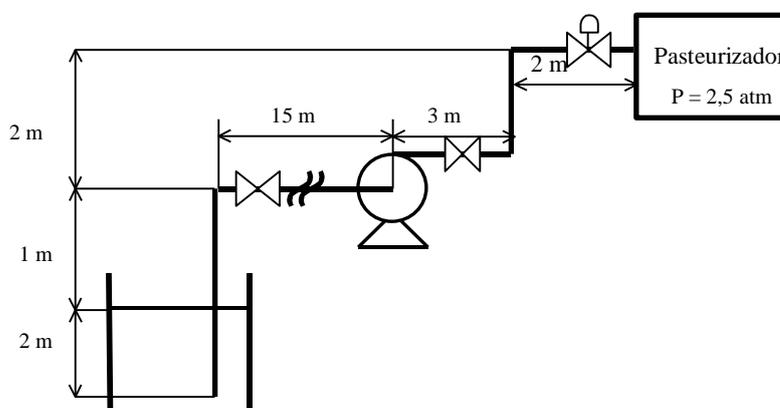
**Rta.:  $z=0,54\text{ m}$**

**Problema Nº 7**

Se necesita trasladar un caudal de  $15\text{ m}^3/\text{h}$  de leche desde un tanque de almacenamiento a presión atmosférica hasta un pasteurizador que trabaja a  $2,5\text{ atm}$  de presión. La instalación se muestra en la figura. La cañería es sanitaria de  $2''$  de diámetro nominal y tiene instaladas dos válvulas esclusas, una válvula de asiento y tres codos largos de  $90^\circ$ . Verificar si la bomba centrífuga de tipo sanitaria cuyos datos se dan a continuación es apta para esta aplicación.

**Rta.:  $H_m= 26,2\text{ m}$ ;  $ANPA=4,3\text{ m}$**

Q ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	5	10	15	20
$H_m$ (m)	35	33	30	26
ANPA (m)	3,2	3,5	3,8	4,0



**Problema Nº 8**

Se pretende calentar 10 m<sup>3</sup>/h de agua desde 20°C hasta 80°C en un intercambiador de calor y trasvasarla desde un depósito 1 a un depósito 2 situado a un nivel más elevado. Se asume que el nivel de líquido en los depósitos permanece constante a 2 m y 19 m respectivamente, en ambos casos respecto del piso. La cañería de conducción del fluido es de 0,05 m de diámetro interior. La pérdida de carga  $h_f$  (expresada en metros) en los diferentes tramos de cañería e intercambiador responden a las siguientes expresiones en términos del caudal Q (expresado en m<sup>3</sup>/h):

Tramo a-b (Depósito 1 – Intercambiador):  $h_{f(a-b)} = 0,008 Q^2$

Intercambiador:  $h_{f i} = 0,03 Q^2$

Tramo c-d (Intercambiador – Depósito 2):  $h_{f(c-d)} = 0,036 Q^2$

En las expresiones anteriores para los tramos a-b y c-d se incluyen todas las pérdidas, tanto debido a los accesorios y válvulas como a los tramos rectos de cañería.

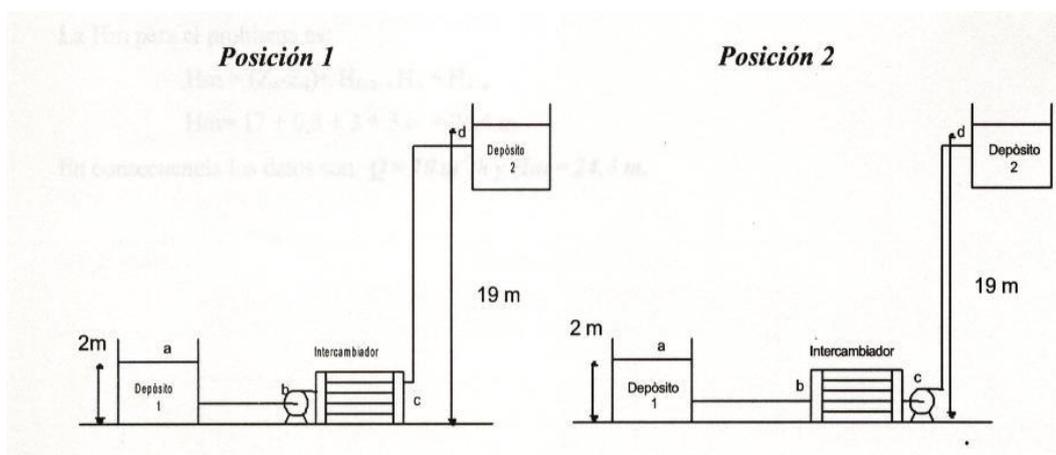
Determinar:

a) Atendiendo a la viscosidad del fluido, indique el tipo de bomba que elegiría entre los siguientes tipos posibles justificando la respuesta:

- i) a engranajes
- ii) centrífuga

b) Se plantean dos posiciones posibles para la instalación de la bomba según se observa en el esquema siguiente. Ante la posibilidad de cavitación, proponga la mejor posición y justifique la respuesta.

c) Especifique y calcule, si es necesario, los parámetros requeridos para seleccionar la bomba que posibilite la solución del problema.



**Problema Nº 9**

Para bombear una solución de cloruro de bario al 80% en volumen se dispone de una instalación como la indicada en la Figura.

Datos:

Altura del tanque constante = 2 m

Diámetro de cañería = 1" diámetro nominal, cat. 40 (Material: hierro forjado)

Longitud total, tramos rectos = 20 m

Densidad del cloruro de bario 80% = 1,90125 g/cm<sup>3</sup>

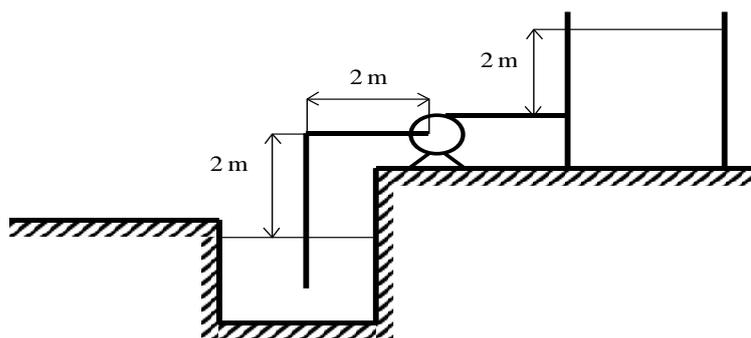
Viscosidad = 1,21 cP

Presión de vapor cloruro de bario = 0,092 kgf/cm<sup>2</sup>

Determinar:

- Accesorios mínimos para el correcto funcionamiento.
- $Q_{\max}$  a bombear por la bomba no autocebante cuyos datos se dan a continuación:

Q (m <sup>3</sup> /h)	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00
Hm	19,00	17,00	15,50	12,00	8,00
ANPA (m)	0,87	1,40	1,94	3,30	4,80



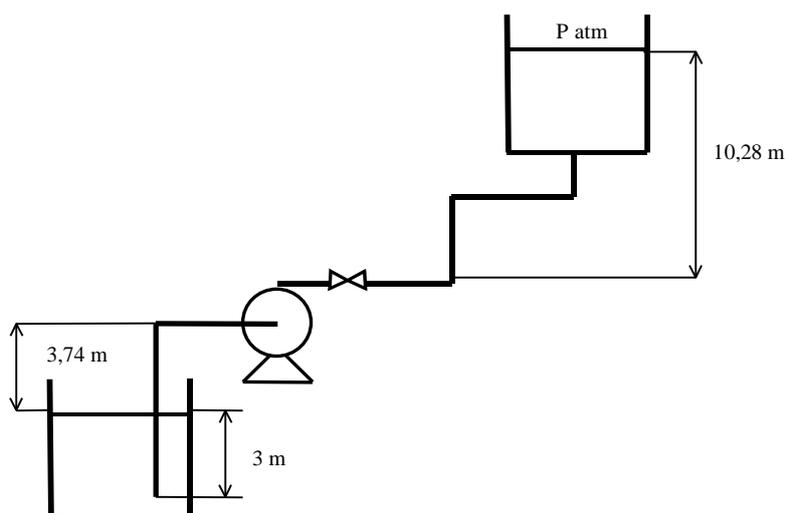
### Problema Nº 10

La bomba centrífuga no autocebante, accionada mediante un motor eléctrico, cuyos datos se dan a continuación, debe ser usada para bombear agua a 27°C a través del sistema de bombeo mostrado en la figura el cual está compuesto por 7,62 m de cañería recta de 2,5" de diámetro nominal, catálogo 40, en la línea de succión y 64,01 m de cañería recta de 2" de diámetro nominal, catálogo 40, en la línea de descarga. La presión de vapor del agua a 27°C es 0,036 kgf/cm<sup>2</sup>; la densidad de 1g/cm<sup>3</sup> y la viscosidad de 1 cp. La cañería es de acero comercial. Considerar que todas las válvulas en el sistema están abiertas. Determinar:

- Accesorios mínimos para el correcto funcionamiento
- Caudal máximo a través de la cañería en m<sup>3</sup>/min
- Potencia consumida por el motor de accionamiento de la bomba.

d) ¿Es apta la bomba para operar en este sistema al valor del caudal hallado en el punto b? En caso de no ser apta, ¿qué modificaciones introduciría al sistema a fin de que la bomba pueda funcionar correctamente?

Caudal $\text{dm}^3/\text{min}$	Hm (m)	Eficiencia bomba-motor	ANPA req. (m)
0,00	36,576	0,0	0,00
37,85	36,424	13,0	0,00
75,70	35,662	23,5	2,11
113,55	34,442	31,6	2,54
151,40	32,766	37,5	3,09
189,25	30,632	42,2	3,79
227,10	28,346	42,5	4,67
264,95	25,908	41,7	5,79
302,80	23,470	39,5	7,22



### Problema Nº 11

#### Bombas en serie

Dos bombas centrífugas se conectan en serie en un determinado sistema de bombeo.

Graficar las curvas de altura de carga total,  $H$ , en función de la capacidad,  $Q$ , de la bomba y sistema y determinar los puntos operativos para:

- funcionando sólo la bomba 1
- funcionando sólo la bomba 2
- funcionando las dos bombas

Sobre la base de los siguientes datos:

Datos de operación de la bomba 1

H	0	9,5	8,5	8	6,5	4	2	9,5	6	2,5	8,5
Q (m <sup>3</sup> /h)		5	0	5	00	25	50	75	00	25	50

Datos de operación de la bomba 2

H	0	9,5	9	8	7	6	4	2	0,5	8	5
Q (m <sup>3</sup> /h)		5	0	5	00	25	50	75	00	25	50

Datos del sistema

H	5	7	0	3,5	6,5	0,5	4,5	9,5	6	2,5	0
Q (m <sup>3</sup> /h)		5	0	5	00	25	50	75	00	25	50

### Problema Nº 12

*Bombas en paralelo*

Dos bombas centrífugas se conectan en paralelo en un determinado sistema de bombeo. Graficar la altura de carga total, H, en función de la capacidad Q de la bomba y sistema cuando funcionan las dos bombas y sobre la base de los siguientes datos

Datos de operación de la bomba 1

H (m)		40	35	30	25
Q (m <sup>3</sup> /h)		169	209	239	265

Datos de operación de la bomba 2

H (m)		40	35	30	25
Q (m <sup>3</sup> /h)		0	136	203	267

Datos del sistema

H (m)	20	25	30	35
Q (m <sup>3</sup> /h)	0	244	372	470

## Trabajo práctico N°6

### Tema: Agitación y mezcla de líquidos

#### Problema N° 1

Un fermentador cilíndrico de 150 litros de capacidad posee un agitador de turbina de 6 paletas de 18 cm que gira a una velocidad de 240 rpm. La altura que alcanza el líquido en dicho fermentador es de 1,2 veces el diámetro del mismo. Calcular la potencia que es necesario comunicar al agitador para conseguir el grado de mezclado deseado en los dos casos siguientes:

- El fermentador está provisto de 4 placas deflectoras de 5,4 cm de ancho cada una.
- El fermentador no posee tabiques deflectores.

Comentar si se justifica el uso de placas deflectoras.

La viscosidad del medio puede considerarse igual a 4 cP y la densidad = 1200 kg/m<sup>3</sup>.

**Rta.: a)  $P=0,11$  HP; b)  $P=4,6 \times 10^{-3}$  HP**

#### Problema N° 2

En un tanque cilíndrico de 90 cm de diámetro se mezclan, a 20°C, aceite de oliva y aceite de colza en una proporción de 1/4. Para ello se emplea un agitador de hélice de 30 cm de diámetro y paso =  $D_a$  girando a 750 rpm. Calcular la potencia que deberá tener el motor del agitador. ¿Sería conveniente emplear placas deflectoras? En ese caso, ¿qué potencia consumirá el motor del agitador?

**Rta.:  $P= 2$ HP con placas;  $P= 1,26$  HP sin placas**

#### Problema N° 3

Se dispone de un moto agitador de 0,1 HP que se utilizará para agitar una emulsión cuya densidad es 0,89 g/cm<sup>3</sup> y la viscosidad, 5 poise. El tanque es cilíndrico con cuatro palas deflectoras uniformemente distribuidas y con un ancho igual al 10% del diámetro del tanque. Se introducen 0,65 m<sup>3</sup> de líquido que alcanza una altura de tres veces el diámetro del agitador. El agitador es una turbina de seis palas planas y se encuentra a una altura del fondo del tanque igual a su diámetro. Determinar:

- la velocidad a la que girará el agitador.
- si es posible, con la potencia suministrada por el motor, agitar 65 litros de líquido al mismo número de Reynolds en otro tanque que cumpla con idénticas condiciones.

**Rta.: a)  $N= 120$  rpm**

#### Problema Nº 4

Se desea mantener agitada una solución líquida de densidad igual a  $1,092 \text{ g/cm}^3$  y viscosidad de 5,4 poise en un tanque de 2 m de altura y 1,6 m de diámetro que no posee placas deflectoras. El líquido alcanza una altura de 80% de la altura del tanque. Se dispone de un motor de 12 HP de potencia al freno y de tres agitadores:

- 1) Turbina de seis palas planas de 60 cm de diámetro y 15 cm de longitud, que puede colocarse a cualquier altura del fondo.
- 2) Hélice de tres palas de 36 cm de diámetro, de paso de hélice 1:1 y que puede instalarse a una altura desde fondo igual a su diámetro.
- 3) Idem b), pero de 60 cm de diámetro.

Determinar:

- a) ¿A qué velocidad girará el agitador en cada caso?
- b) ¿Cuál es el más conveniente?

**Rta.: 1)  $N=445 \text{ rpm}$ ; 2)  $N=1100 \text{ rpm}$ ; 3)  $N=456 \text{ rpm}$**

#### Problema Nº 5

En un tanque cilíndrico de 20 litros de capacidad y 30 cm de diámetro, desprovisto de placas deflectoras, se lleva a cabo una fermentación a escala de laboratorio. Para conseguir homogeneidad en todo el medio se utiliza un agitador de hélice de tres palas (paso =  $D_a$ ) de 10 cm de diámetro que opera a 1200 rpm. Calcular la potencia consumida en los casos siguientes:

- a) El medio de cultivo se comporta como un fluido pseudoplástico ( $k = 1 \text{ N}\cdot\text{s}^n/\text{m}^2$ ,  $n = 0,8$ ).
- b) El medio de cultivo se comporta como un fluido dilatante ( $k = 1 \text{ N}\cdot\text{s}^n/\text{m}^2$ ,  $n = 1,1$ ).

La densidad del medio de cultivo puede asumirse igual a  $1,2 \text{ g/cm}^3$  y la constante de proporcionalidad  $\beta$  para fluidos pseudoplásticos igual a 10.

**Rta.: a)  $P= 39 \text{ J/s}$ ; b)  $P= 77 \text{ J/s}$**

#### Problema Nº 6

Para la producción de levadura se emplea un fermentador de 40000 litros dotado de un agitador de turbina estándar de 6 paletas planas de 1,2 m de diámetro y 4 tabiques deflectores de 0,36 m de diámetro. La relación altura/diámetro del tanque es igual a 1. El agitador opera a 60 rpm y la velocidad de aireación es 0,3 volúmenes de aire por volumen de medio y por minuto. Calcular:

- a) la potencia necesaria sin aireación
- b) la potencia requerida cuando el sistema se encuentra aireado.

La densidad del medio es  $1100 \text{ kg/m}^3$  y la viscosidad,  $0,03 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$ .

**Rta.: a)  $P= 22HP$ ; b)  $P= 11,45 HP$**

**Problema Nº 7**

Se dispone de un fermentador continuo, tipo tanque agitado, con un volumen de 250 litros. El mismo está provisto de un agitador de hélice de 3 palas (paso = 1,04  $D_a$ ) que gira a 1200 rpm. El tanque no dispone de placas deflectoras y se cumple que  $D_T/D_a = 4,5$  y  $H_l/D_a = 3$ . El medio de reacción se comporta como un fluido pseudoplástico ( $n = 0,8$ ;  $k = 1 \text{ Pa s}^n$ ) y tiene una densidad de  $1000 \text{ kg/m}^3$ . La velocidad de aireación es de 1,12 volúmenes de aire por volumen de medio y por minuto. Calcular la potencia de agitación considerando que la constante de proporcionalidad entre la velocidad de agitación y el gradiente de velocidad  $\beta = 12$  y que puede aplicarse la correlación de Calderbank:

$$P_g/P = 1 - 1,26 N_a$$

**Rta.:  $P_g= 250 \text{ J/s}$**

**Problema Nº 8**

Se desea obtener zumo de manzana de 20°Brix a partir de zumo de manzana de 60° Brix diluyéndolo con agua. El zumo concentrado es bombeado a través de una cañería y descargado en un tanque de 1 m de diámetro que a su vez es alimentado con agua transportada por otra cañería. El tanque de mezclado se va a agitar con una turbina de seis palas planas operando a 300 rpm y está provisto con 4 placas deflectoras. La configuración es estándar con factores de forma  $D_T/D_a = 3$ ;  $H_a/D_a = 1$ ;  $H_l/D_a = 3$ ;  $J/D_T = 0,1$ . Si se desea operar en forma continua y obtener una producción de 60000 litros/hora, verificar si la mezcla se realiza satisfactoriamente.

**Rta.:  $t=7,14 \text{ s}$**

**Problema Nº 9**

En dos modelos de dimensiones estándares se ha conseguido la mezcla deseada de una suspensión de densidad  $\rho = 0,95 \text{ g/cm}^3$  y viscosidad  $\mu = 1000 \text{ cP}$ , en las siguientes condiciones:

Tanque	Volumen (l)	Diámetro del tanque (m)	N (rpm)
1	10	0,25	1273
2	80	0,50	637

Calcular:

- Criterio de extrapolación más adecuado.
- Condiciones que deben cumplirse en un tanque industrial de 3 m de diámetro, de dimensión estándar, provista de 4 tabiques deflectores y un agitador de turbina de 6 palas planas si se utiliza como criterio de extrapolación el obtenido en el punto anterior.
- La velocidad de agitación del tanque del apartado b) si éste está desprovisto de tabiques deflectores y se desea mantener constante la potencia del motor de agitación del caso anterior.

Nota: se denomina tanque de dimensiones estándar a aquel que cumple:

$$D_T/D_a = 3 \quad \text{y} \quad J/D_T = 0,1$$

### Problema Nº 10

Se ha efectuado el diseño de un tanque agitado para la fabricación de zumos de frutas a partir de ensayos realizados en uno de menor tamaño en el laboratorio. Las dimensiones y las velocidades de agitación de ambos tanques son:

Tanque	Volumen (litros)	Diámetro del tanque (m)	N (rpm)
laboratorio	25	0,3	1200
industrial	1600	1,2	300

Ambos tanques están provistos de un agitador de turbina de 6 palas planas ( $D_T/D_a = 3$ ) y de 4 tabiques deflectores de 3 y 12 cm, respectivamente. Calcular:

- Criterio de extrapolación utilizado para el cambio de escala.
- Potencia necesaria para la fabricación de zumo de naranja en el tanque industrial ( $\rho = 1100 \text{ kg/m}^3$ ;  $\mu = 1,5 \text{ cP}$ ).
- Velocidad de agitación que se consigue manteniendo la potencia del aparato anterior, en la fabricación de zumo de tomate que se comporta como un fluido pseudoplástico ( $K = 0,22 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^{2-n}$ ;  $n = 0,59$ ,  $\rho = 1300 \text{ kg/m}^3$ ;  $\beta = 10,6$ ).

## Trabajo práctico N° 7

### Tema: Sedimentación

#### Problema N°1

Encontrar la velocidad de sedimentación en agua a 20°C de partículas esféricas de sílice, de peso específico relativo de 2,65 para los siguientes diámetros: a)  $d_p = 5 \times 10^{-3}$  cm; b)  $d_p = 0,39$  in y c)  $d_p = \frac{3}{4}$  in.

Con los tres diámetros las partículas sedimentan en régimen de Stokes?

**Rta.: a)  $v_t = 0,22$  cm/s, b)  $v_t = 88,7$  m/s, c)  $v_t = 321$  m/s**

#### Problema N° 2

Calcular la velocidad de sedimentación de partículas de polvo de a)  $60 \mu$  y b)  $10 \mu$  de diámetro en aire a 21°C y 100kPa de presión. Supóngase que las partículas son esféricas y de densidad  $1280 \text{ kg/m}^3$ .

**Rta.: a)  $v_t = 0,139$  m/s, b)  $v_t = 3,87 \times 10^{-3}$  m/s**

#### Problema N° 3

Se desea sedimentar gotas de aceite de  $15 \mu$  de diámetro de una mezcla con aire. La densidad relativa del aceite es igual a 0,90 y el aire está a 21°C y 1 atm. El tiempo que se dispone para la sedimentación es de 1 min. Determinar la altura de la cámara para que las partículas puedan sedimentar.

**Rta.:  $h = 36,7$  cm**

#### Problema N° 4

Calcular la velocidad de sedimentación y el tiempo requerido para alcanzar el 95% de la  $v_s$  para una partícula de arena en agua a 20 °C. La partícula tiene un diámetro de  $50 \mu\text{m}$ , densidad de  $2650 \text{ Kg/m}^3$  y la profundidad de la columna es de 3m.

**Rta.:  $v_t = 2,3 \times 10^{-3}$  m/s;  $t = 23,3$  min**

#### Problema N° 5

Considerar la sedimentación de partículas esféricas de tamaño  $0,5 \text{ mm}$  y densidad  $1030 \text{ kg/m}^3$ , que caen en un líquido de densidad  $1000 \text{ kg/m}^3$  y viscosidad  $1,5 \text{ cP}$ . Calcular la velocidad de sedimentación, suponiendo que es régimen de Stokes y verificando este supuesto.

**Rta.:  $v_t = 2,7 \times 10^{-3}$  m/s**

### Problema N° 6

Cuál es el diámetro máximo de partícula que logra separarse, en la sedimentación en aire a 20 °C, si la partícula de densidad 1500 kg/m<sup>3</sup> sedimenta en régimen de Stokes?

**Rta.:  $D_{p_{máx}} = 67,4 \mu m$**

### Problema N° 7

Una esfera sólida, de diámetro 0,006 m y densidad 1.800 kg/m<sup>3</sup>, sedimenta en un líquido de densidad 1000 kg/m<sup>3</sup> y viscosidad 0,7 cp.

- Suponer que la esfera sedimenta en régimen de Stokes. Calcular su velocidad de sedimentación. Verificar si el resultado corresponde al rango de validez de este régimen.
- Suponer ahora que la esfera sedimenta en el régimen de transición: Repetir como en (a).
- Suponer ahora que la esfera sedimenta en régimen de Newton: Repetir como en (a).

**Rta.: a)  $v_t = 22,4 \text{ m/s}$ , b)  $v_t = 4,35 \text{ m/s}$ , c)  $v_t = 0,38 \text{ m/s}$**

### Problema N° 8

La medición experimental de la velocidad de sedimentación de una esfera puede utilizarse para determinar la viscosidad de un líquido, bajo ciertas condiciones:

- Calcular la viscosidad del líquido A (densidad 980 kg/m<sup>3</sup>) si una esfera de 4 mm de diámetro y densidad 1120 kg/m<sup>3</sup> sedimenta en él con velocidad 0,9 cm/s.
- Calcular la viscosidad del líquido B (densidad 1045 kg/m<sup>3</sup>) si una esfera de 8 mm de diámetro y densidad 1200 kg/m<sup>3</sup> sedimenta en él con velocidad 9 cm/s.
- Explique por qué no se puede aplicar este método en régimen de Newton.

Nota: verificar el régimen de sedimentación.

**Rta.: a)  $\mu_A = 135 \text{ cP}$ , b)  $\mu_B = 17 \text{ cP}$**

### Problema N° 9

En la clarificación de jugo de manzana se utilizan bentonitas para la adsorción de proteínas y de posibles restos de metales pesados y pesticidas. Calcular la velocidad terminal de sedimentación de las partículas de bentonita, cuyo diámetro es de 0,5 mm en una suspensión que contiene 11% en peso de bentonita.

- suponiendo sedimentación libre
- suponiendo sedimentación impedida

*Datos*

Densidad de la bentonita: 1706 kg/m<sup>3</sup>

Propiedades del jugo de manzana:

Densidad:  $1179 \text{ kg/m}^3$

Viscosidad:  $30 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m s}$

**Rta.: a)  $v_t = 2,4 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ , b)  $v_t = 1,64 \times 10^{-3} \text{ m/s}$**

### Problema Nº 10

Una suspensión contiene partículas sólidas en una concentración de 3 g/l. Calcúlese la velocidad terminal de sedimentación gravitatoria de partículas de 0,5 mm de diámetro y la desviación de este valor respecto del que se obtendría considerando sedimentación libre.

*Datos:*

Viscosidad de la suspensión:  $2,1 \cdot 10^{-3} \text{ kg/ms}$

Densidad de los sólidos:  $1800 \text{ kg/m}^3$

Densidad del fluido:  $1051 \text{ kg/m}^3$ .

**Rta.: Sedimentación libre  $v_t = 2,87 \times 10^2 \text{ m/s}$ , b) Sedimentación impedida  $v_t = 2,85 \times 10^2 \text{ m/s}$**

### Problema Nº 11

En las depuradoras de aguas residuales urbanas, una vez separados los sólidos de mayor tamaño mediante un sistema de rejillas, se hace pasar el agua a través de canales desarenadores en los que sedimentan las partículas de arena que contiene en suspensión.

En un caso concreto, el canal desarenador tiene 12 m de longitud y una sección rectangular de 2 m de base en la que el agua alcanza una altura de 80 cm. ¿Cuál sería el tamaño mínimo de partículas de arena que sedimentaría, si el caudal de agua que circula por el canal es de  $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ? Supóngase sedimentación libre y densidad de la arena,  $2500 \text{ kg/m}^3$ .

**Rta.:  $D_p = 123 \mu\text{m}$**

### Problema Nº 12

Se tiene una mezcla de dos sustancias sólidas A y B ( $\rho_A = 7,5 \text{ g/cm}^3$  y  $\rho_B = 2,65 \text{ g/cm}^3$ ) de granulometría variable que desea separarse en A y B puros, con diámetros mayores a  $15 \mu\text{m}$ . Para ello se propone utilizar una cámara de sedimentación empleando agua como fluido sedimentador. De acuerdo a la masa de sólido a tratar y con el objeto de obtener una concentración óptima para bombearlo, se logra una suspensión de  $14,5 \text{ m}^3/\text{h}$ .

$D_p$ ( $\mu\text{m}$ )	$x_A$	$x_B$
+100	0,004	0,005
-100 +90	0,025	0,025
-90 +80	0,03	0,04
-80 +70	0,08	0,07
-70 +60	0,12	0,14
-60 +50	0,18	0,16
-50 +40	0,20	0,21
-40 +30	0,17	0,18
-30 +20	0,12	0,10
-20 +10	0,07	0,04
-10	0,001	0,03

Si la profundidad de la cámara de sedimentación es de 3 m y el ancho de 2 m, determinar la longitud total de la cámara y la posición de los tabiques para lograr el mayor porcentaje posible de A y B puros. Calcular los porcentajes de A y B puros que pueden obtenerse y los porcentajes de ambos en la fracción mezcla que se obtendrá en el compartimento central. El análisis granulométrico arroja los siguientes resultados.

**Rta.:  $L_1 = 0,224 \text{ m}$ ,  $L_2 = 5,69 \text{ m}$ ,  $L_3 = 10,07 \text{ m}$**

## Trabajo práctico N° 8

### Tema: Centrifugación

#### Problema N° 1

Para obtener leche descremada se utiliza una centrífuga tubular cuyos radios de descarga son 5 cm y 7,5 cm. A fin de poder diseñar la zona de entrada de la alimentación, calcule el radio de la zona neutra considerando que la densidad de la leche descremada es  $1032 \text{ kg/m}^3$  y la de la crema,  $865 \text{ kg/m}^3$ .

**Rta.:  $R_N = 14,76 \text{ cm}$**

#### Problema N° 2

Una centrífuga tubular se utiliza para romper una emulsión de agua y aceite. Determinar el radio de la zona neutra si el radio de conducción de salida del agua es 4,5 cm y el de salida de aceite es de 3 cm.

*Datos:*

Densidad del agua:  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

Densidad del aceite:  $870 \text{ kg/m}^3$ .

**Rta.:  $R_N = 9,77 \text{ cm}$**

#### Problema N° 3

Se utiliza una centrífuga para separar crema de la leche. El radio de descarga de la fase pesada es de 76,2 mm y el de la fase liviana es de 50,8 mm. Calcular el radio de la zona neutra.

*Datos:*

Densidad de la leche descremada:  $1032 \text{ kg/m}^3$ .

Densidad de la crema:  $865 \text{ kg/m}^3$ .

**Rta.:  $R_N = 150 \text{ mm}$**

#### Problema N° 4

Una centrífuga tubular concentra correctamente una suspensión de células de *E. coli* antes de someterlas a disrupción celular. La centrífuga tiene un radio de 15 cm y una longitud de 80 cm. Se considera a las células de forma esférica de diámetro  $1 \mu\text{m}$  y densidad  $1,5 \text{ g/cm}^3$ . La densidad es similar a la del agua y la viscosidad de la solución es 3 veces la del agua. Cuando opera a una velocidad de 16.000 rpm la capacidad volumétrica es de 200 l/h. Tras la disrupción celular el diámetro medio de las células es la mitad del de las células originales. Calcular:

a) Velocidad de sedimentación centrífuga de las células antes de la disrupción.

b) Caudal luego de la disrupción si la viscosidad del medio aumenta 4 veces y el tiempo de residencia de las células en la centrifuga es igual a la mitad del tiempo requerido originalmente.

**Rta.: a)  $v = 3,89 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ , b)  $Q = 0,4 \text{ m}^3/\text{h}$**

### Problema N° 5

Con una centrífuga de laboratorio del tipo de rotor tubular de  $D_i = 1 \frac{3}{4} \text{ in}$ ,  $h = 7 \frac{1}{4} \text{ in}$  y  $n = 2300 \text{ rpm}$ , se realizaron ensayos de laboratorio para la separación de aceite y jabón, son la mezcla proveniente del proceso de neutralización de un aceite vegetal. La centrífuga de laboratorio operaba con un caudal de 37,85 l/h conteniendo un 10% en jabón y sus radios de derrame interior y exterior eran respectivamente 0,43 in y 0,44 in. Se logró en estos ensayos que la pérdida de aceite en la fase jabonosa se redujera al 2%. Si luego de estos resultados exitosos se quisiera trasladar esta experiencia a una planta de refinación continua con una super centrífuga Sharples N°16 y se quiere alimentar con un caudal de 100  $\text{cm}^3/\text{s}$ . ¿Cuál será el diámetro del anillo interior cambiante que tendríamos que colocar si el radio de derrame exterior está fijado en 2,43 cm?

*Datos:*

Densidad del aceite: 0,92  $\text{g}/\text{cm}^3$ .

Densidad del jabón: 0,98  $\text{g}/\text{cm}^3$ .

Viscosidad del jabón: 300 cp.

Especificaciones de la centrífuga Sharples N°16

$D_i = 4 \frac{1}{8} \text{ in}$ ;  $h = 29 \text{ in}$ ;  $n = 1500 \text{ rpm}$ .

**Rta.:  $R_b = 2,23 \text{ cm}$**

### Problema N° 6

Células de *Chlorella* están siendo cultivadas en cultivo continuo y desean cosecharse empleando una centrífuga de discos. La velocidad de sedimentación de estas células tiene un valor de  $1.07 \times 10^{-4} \text{ cm s}^{-1}$ . La centrífuga a emplear posee 80 discos con un ángulo de giro de  $40^\circ$ , un radio externo de 15,7 cm y un radio interno de 6 cm. Si se desea trabajar a 6000 rpm, estime la capacidad volumétrica para esta centrífuga en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

**Rta.:  $Q = 111,8 \text{ m}^3/\text{h}$**

### Problema N° 7

Se desea clarificar cerveza que contiene 1,5% de sólidos mediante una centrífuga de discos de las siguientes características:

$$r_1 = 4,77 \text{ cm} \quad r_2 = 14,5 \text{ cm}$$

$$\beta = 45^\circ \quad \text{Número de discos} = 50$$

Sabiendo que la densidad de la cerveza es  $1042 \text{ kg/m}^3$ , y su viscosidad,  $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m s}$ , mientras que la densidad de las partículas sólidas es  $1160 \text{ kg/m}^3$ , calcule la velocidad de giro de la centrífuga si se desea operar con un caudal de  $540 \text{ l/h}$  y separar todas las partículas de diámetro superior a  $0,68 \text{ }\mu\text{m}$ .

**Rta.:  $n = 4600 \text{ rpm}$**

## Trabajo práctico N° 9

### Tema: Fluidización

#### Problema N° 1

Se trata de clasificar pequeñas partículas de carbón, aproximadamente esféricas y de densidad relativa 0,8. El carbón se dejará caer libremente en una torre vertical por la que asciende una corriente de aire a 20 °C y a presión atmosférica normal. Calcular el tamaño mínimo de partícula que caerá al fondo de la torre, si la velocidad lineal de ascensión es de 3 m/s.

**Rta.:  $D_p = 8,67 \times 10^{-4} \text{ m}$**

#### Problema N° 2

Durante el procesamiento de semillas de soja para la extracción de aceite, las cáscaras deben separarse de los cotiledones de manera que la harina de soja eventualmente producida tenga un alto valor como alimento o como material para posterior procesado por las proteínas para alimentación. Las semillas de soja enteras son pasadas entre rollos quebrantadores que separan los cotiledones y produce una mezcla de cotiledones y cáscaras. Las cáscaras y los cotiledones se pueden separar usando un sistema de clasificación con aire. Los diámetros proyectados y densidades de los cotiledones y las cáscaras son 4,76 mm y 1003,2 kg/m<sup>3</sup> y 6,35 mm y 550 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. El proceso se lleva a cabo a 20°C. Calcular la velocidad apropiada del aire a través de la apertura para lograr la separación deseada.

**Rta.:  $9,29 \text{ m/s} < v_t < 10,87 \text{ m/s}$**

#### Problema N° 3

Se desea secar guisantes (Diámetro medio = 6 mm; densidad = 880 kg/m<sup>3</sup>) en un lecho fluidizado de 0,56 m de diámetro en el que se introduce una corriente de aire a 50°C y 152000 N/m<sup>2</sup> de presión. En estas condiciones, la viscosidad del aire es  $2,15 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m s}$ . Los guisantes se introducen y se extraen continuamente del lecho, manteniéndose en su interior una masa de 108 kg de guisantes. Calcular:

- La velocidad mínima de fluidización considerando que en las condiciones mínimas de fluidización, la porosidad del lecho es igual a 0,41.
- La velocidad de arrastre.
- El caudal de aire que habrá de utilizarse si se opera a 2,5 veces la velocidad mínima de fluidización.
- Pérdida de presión en el lecho.

Considérese que el aire se comporta como un gas ideal de peso molecular 28,9.

**Rta.: a)  $v_{mf} = 1,12 \text{ m/s}$  b)  $v_a = 9,79 \text{ m/s}$  c)  $Q = 0,68 \text{ m}^3/\text{s}$  d)  $\Delta P = 4294 \text{ Pa}$**

#### Problema Nº 4

Se desea congelar frutillas en un lecho fluidizado utilizando aire a  $-30^\circ\text{C}$  como agente de fluidización. El diámetro del lecho es de 1,2 m y la porosidad del mismo en las condiciones mínimas de fluidización es de 0,5. Se utilizará una velocidad superficial de gas igual a 3 veces la velocidad mínima de fluidización. Calcular:

- La velocidad mínima de fluidización.
- La velocidad de arrastre
- El caudal de aire necesario para la fluidización.
- Suponiendo que existiera una distribución amplia de tamaños de frutillas, ¿por debajo de qué diámetro serían arrastradas las frutillas en las condiciones de operación anteriormente citadas?

Considérese que las frutillas tienen geometría esférica con un diámetro medio de 2,5 cm y la densidad es  $1050 \text{ kg/m}^3$ . La densidad del aire es  $1,45 \text{ kg/m}^3$  y la viscosidad,  $1,46 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ .

**Rta.: a)  $v_{mf} = 3,56 \text{ m/s}$  b)  $v_a = 23,18 \text{ m/s}$  c)  $Q = 12,08 \text{ m}^3/\text{s}$  d)  $D_p = 5,3 \text{ mm}$**

#### Problema Nº 5

En un proceso de secado se hace circular aire a través de un lecho de semillas de arvejas, que están contenidas en una columna cilíndrica de 85 cm de diámetro presentando el lecho una fracción de 0,4 en las condiciones mínimas de fluidización. El aire se introduce a 1,5 atm y  $90^\circ\text{C}$ . Las semillas se introducen y se extraen continuamente manteniendo en su interior una masa de 100 kg. Calcular:

- La velocidad mínima de fluidización.
- La velocidad de arrastre
- El caudal de aire que habrá de utilizar si se opera a 2,5 la  $v_{mf}$ .
- Pérdida de presión en el lecho

Datos: diámetro medio de las semillas: 5 cm, densidad de las semillas:  $800 \text{ kg/m}^3$ , viscosidad del aire:  $2,15 \times 10^{-5} \text{ kg/ms}$

**Rta.: a)  $v_{mf} = 0,9 \text{ m/s}$  b)  $v_a = 8,9 \text{ m/s}$  c)  $Q = 1,28 \text{ m}^3/\text{s}$  d)  $\Delta P = 1721,56 \text{ N/m}^2$ .**

## Trabajo práctico N° 10

### Tema: Filtración

#### Problema N° 1

En la fabricación de sidra, el caldo de fermentación que contiene 20 g de sólido por litro de caldo se filtra utilizando un filtro de láminas con una diferencia de presión constante de  $137340 \text{ N/m}^2$ . Calcular el área de filtración necesaria para que se obtengan 1500 litros de filtrado por hora. Supóngase que la torta se comporta como incompresible con las siguientes características:

Resistencia específica:  $6,72 \cdot 10^{10} \text{ m/kg}$

Porosidad: 0,40

Densidad del filtrado:  $1050 \text{ kg/m}^3$

Viscosidad del filtrado:  $1,25 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m.s}$

Densidad de las partículas sólidas:  $2400 \text{ kg/m}^3$

La resistencia ofrecida por el medio filtrante es igual a la que ofrece una capa de torta de 0,25 cm de espesor.

**Rta.:  $A = 2,48 \text{ m}^2$**

#### Problema N° 2

Para la clarificación de zumos de frutas se emplean bentonitas que adsorben restos de pesticidas y metales pesados. Después del proceso de adsorción las partículas de bentonita pueden separarse del jugo clarificado mediante filtración. Cuando se trabaja a  $30^\circ\text{C}$  y una diferencia de presión de  $3 \text{ kg/cm}^2$ , el tiempo de filtración es de 34 minutos. Si se cambian las condiciones de trabajo a  $40^\circ\text{C}$  y  $4 \text{ kg/cm}^2$ , calcular en qué porcentaje aumenta la capacidad del filtro expresada en volumen de filtrado por hora de trabajo del filtro. Téngase en cuenta que el tiempo requerido para abrir, descargar y armar el filtro es de 12 minutos. La resistencia de la tela filtrante puede considerarse despreciable y la torta, incompresible.

Datos:

Viscosidad del zumo a  $30^\circ\text{C}$ :  $30 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m.s}$  y a  $40^\circ\text{C}$ :  $20 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m.s}$

**Rta.: 58,62%**

#### Problema N° 3

Un jarabe que contiene  $150 \text{ kg}$  de sólidos/ $\text{m}^3$  de líquido se filtra en un filtro prensa que consta de 40 marcos con sus correspondientes placas de  $50 \times 50 \times 3 \text{ cm}$ , manteniendo una diferencia de presión constante de  $290000 \text{ N/m}^2$ . La evolución de la masa de filtrado con el tiempo se presenta en la siguiente tabla:

Tiempo (minutos)	Masa de filtrado (kg)
7,5	1800
30,4	3800
50,0	4900
90,0	6800

Calcular:

- La resistencia específica de la torta y el volumen de filtrado que genera una torta de resistencia equivalente a la del medio filtrante.
- La masa de filtrado que se obtendrá si el tiempo de filtración es de 45 minutos. Supóngase despreciable el volumen de filtrado que queda retenido en los poros de la torta.

Viscosidad del filtrado:  $1,33 \cdot 10^{-3}$  kg/m.s

Densidad del filtrado: 1000 kg/m<sup>3</sup>.

**Rta.: a)  $\alpha = 3,18 \times 10^{10}$  m/kg b)  $m = 4475,6$  kg**

#### Problema Nº 4

El jarabe del problema anterior se filtra en el mismo equipo pero utilizando una diferencia de presión constante de 670000 N/m<sup>2</sup>. Los resultados obtenidos en este segundo experimento son los siguientes:

Tiempo (minutos)	Masa de filtrado (kg)
6,5	1800
25,5	3800
41,2	4900
77,2	6800

Calcular, a partir de ambos experimentos, una ecuación que represente la relación entre la resistencia específica de la torta y la diferencia de presión.

Supóngase que la densidad y la viscosidad del filtrado no varían con la presión y que el volumen de filtrado retenido en los poros de la torta es depreciable.

**Rta.:  $\alpha = 1,35 \times 10^6$  m/kg Pa<sup>-0,8</sup> ( $\Delta P$ )<sup>0,8</sup>**

#### Problema Nº 5

Una suspensión que contiene 0,15 kg de sólido por litro de suspensión se filtra en un filtro prensa que consta de 10 marcos con sus correspondientes placas de 40 x 40 x 2,5 cm. Durante un experimento a 25°C y una diferencia de presión de 3 kg/cm<sup>2</sup> se constató un tiempo de filtración de 25 minutos. En un ensayo posterior a igual temperatura y concentración pero a una diferencia de presión de 5 kg/cm<sup>2</sup>, el tiempo de filtración se redujo a 20 minutos. Sabiendo que la porosidad de la torta en el primer

experimento fue de 0,4 y en el segundo, de 0,35, estimar la resistencia de la torta si se mantienen constantes la temperatura y la concentración pero la diferencia de presión es de 4 kg/cm<sup>2</sup>. Considerar despreciable la resistencia del medio filtrante.

Densidad relativa del sólido: 1,6

Viscosidad del filtrado: 3.10<sup>-3</sup> Pa.s

**Rta.:  $\alpha = 9,7 \times 10^{10} \text{ m/k}$**

## MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL LABORATORIO

### OBJETIVO

Con el objeto de prevenir accidentes, se debe conocer antes de comenzar a trabajar en el laboratorio, que durante el desarrollo de las prácticas, se manejarán productos potencialmente peligrosos y a realizar procesos, algunos de los cuales, si no se toma las precauciones pertinentes, podría traer asociado algún tipo de riesgo. Por ello, se debe tener en cuenta las normas de seguridad.

### MEDIDAS GENERALES

#### Hábitos personales y Vestimenta:

- No se debe realizar ninguna actividad sin autorización previa o no supervisada convenientemente.
- Es preferible no trabajar nunca solo.
- Se deberá llevar siempre el guardapolvo (bien abrochado) y los equipos de protección individual exigidos según el tipo de trabajo que se realice.
- Se llevará el pelo siempre recogido. No se llevará pulseras, colgantes, mangas anchas, capuchas, bufandas, etc.
- Utilizar calzado adecuado: no llevar sandalias u otro tipo de calzado que deje el pie al descubierto. Es recomendable utilizar pantalones largos y, en general, vestimenta que evite que las sustancias que puedan caer se introduzcan dentro del calzado o entren en contacto con la piel de las piernas o pies.
- Se debe lavar las manos después de manipular muestras biológicas, cultivos microbiológicos, animales, al quitarse los guantes y siempre al salir del laboratorio.
- Los guardapolvos, guantes y otros elementos de seguridad personal o vestimentas de laboratorio se deben retirar antes de acceder a zonas fuera del laboratorio.
- Se debe retirar de la zona de trabajo cualquier material que no tenga relación con el mismo.
- Está prohibido fumar, comer o beber en los laboratorios, así como otras prácticas que impliquen riesgo de ingestión o contacto de sustancias tóxicas o patógenos (masticar chicle, aplicar maquillaje, ponerse o quitarse lentes de contacto, etc.). En general, se debe evitar el contacto de las manos con boca u ojos mientras se esté en el laboratorio y antes de lavarse las manos.
- Se debe evitar el contacto de las sustancias químicas, microorganismos, material de laboratorio, etc., con boca, piel y ojos.

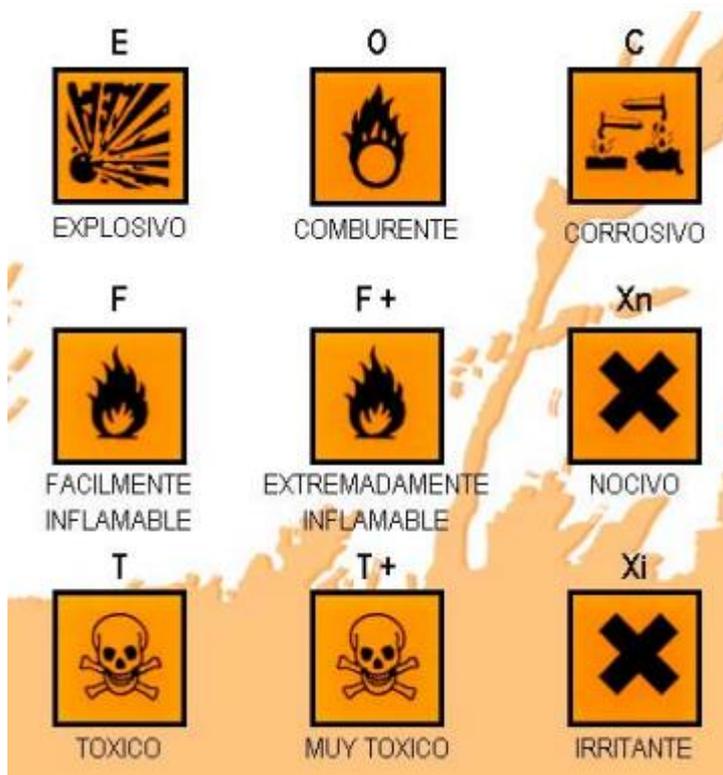
- Es recomendable emplear y almacenar sustancias inflamables en cantidades mínimas imprescindibles.
- Los alimentos y bebidas NO deben guardarse en las heladeras del laboratorio.
- Nunca se emplearán recipientes de laboratorio para contener bebidas o alimentos ni se ubicarán productos químicos en recipientes de productos alimenticios.
- No recibir visitas ni realizar reuniones en el laboratorio: existen otras dependencias más adecuadas para estas actividades.
- Es conveniente separar las actividades docentes de las de investigación. Si fuera necesario emplear algún equipo, no es conveniente que alumnos sin supervisión o grupos numerosos accedan a laboratorios especializados.
- El trabajo o la visita a un laboratorio puede suponer un riesgo para las mujeres embarazadas y las personas inmunodeprimidas. Se debe informar de los riesgos que supone la actividad concreta que se realiza en el laboratorio.
- Evitar llevar lentes de contacto.

**Hábitos de trabajo:**

- Es conveniente documentar todas las actividades que se realizan en el laboratorio y las incidencias (cuaderno de laboratorio).
- Trabajar con orden, limpieza y sin prisa.
- Se deben mantener las mesas de trabajo limpias, sin productos, libros o material innecesario para el trabajo que se está realizando.
- Las superficies de trabajo deben limpiarse antes y después de la actividad a realizar, y deberían protegerse con papel absorbente. El procedimiento de limpieza dependerá del tipo de actividad y de las sustancias manejadas. Si se ha derramado alguna sustancia, se debe limpiar apropiadamente y atendiendo a las medidas de seguridad.
- No debe utilizarse nunca un equipo de trabajo sin conocer su funcionamiento.
- Asegurar la desconexión de equipos, el agua y el gas al terminar el trabajo.
- Usar los elementos de protección personal adecuados para cada experimento.
- Utilizar siempre gradillas y soportes.
- Al circular por el laboratorio debe ir con precaución, sin interrumpir a los que están trabajando.
- No efectúe pipeteos con la boca: usar una propipeta.
- Si la actividad lo requiere, deben utilizarse las campanas extractoras de gases siempre que sea posible.
- Las campanas de gases son un medio de protección colectiva y no deben utilizarse para almacenar productos.

- Exigir o proveer (según corresponda) las fichas de seguridad de los reactivos que deban manipularse.
- Leer la etiqueta de los envases y consultar las fichas de seguridad de los productos antes de utilizarlos por primera vez.
- Si es necesario moverse por el laboratorio debe hacerse con precaución, sin interrumpir a los que están trabajando.
- El material de trabajo debe transportarse con seguridad, utilizando bandejas o carritos. Nunca se debe utilizar el cuaderno de laboratorio como una bandeja. No se deben mover reactivos o soluciones en recipientes sin tapar.
- Al finalizar una tarea u operación, recoger materiales, reactivos, equipos, etc., evitando las acumulaciones innecesarias.
- No forzar directamente con las manos cierres de botellas, frascos, llaves de paso, etc. que se hayan obturado. Emplear las protecciones adecuadas (guantes, gafas, campanas, etc.).
- No mezclar nunca productos desconocidos, sin indicación expresa.
- Colocar los reactivos en su sitio después de su utilización.
- Para calentar productos inflamables, utilizar fuentes de calor que no produzcan llama, como placas, baños de arena, etc.
- Al calentar tubos de ensayo, se debe evitar dirigir la boca del tubo hacia personas o equipos. Si un mechero no se utiliza debe estar apagado.
- Los productos químicos, una vez sacados de sus frascos, no deben volver a introducirse en ellos.
- El uso de agujas y otros objetos punzantes debe estar limitado estrictamente a aquellas prácticas en los que sean indispensables.
- La manipulación de agentes bio-peligrosos requiere precauciones especiales. Se debe evitar la formación de aerosoles, se deben seguir normas de pipeteo específicas y posiblemente la utilización de campanas de seguridad biológica con material exclusivo.
- No utilice el contenido de un recipiente que no esté identificado. Los envases que contengan agentes químicos deben adecuadamente etiquetados con la denominación del compuesto y el tipo de riesgo (Ej.: corrosivo, tóxico, inflamable, oxidante, radiactivo, explosivo o nocivo).
- Cuando sea necesario manipular grandes cantidades de materiales inflamables (más de 5 litros) deberá tenerse a mano un extintor apropiado para ese material en cuestión.
- Al almacenar sustancias químicas se debe considerar las incompatibilidades que dan lugar a reacciones peligrosas. Consultar con el Docente.

- Está prohibido descartar líquidos inflamables o tóxicos o corrosivos por los desagües de las piletas, sanitarios o recipientes comunes para residuos. Se deben seguir las pautas para la gestión de residuos.



- Está terminantemente prohibido hacer experimentos no autorizados por el Docente. No sustituya nunca, un producto químico por otro en una práctica.

**ANTE CUALQUIER DUDA CONSULTE CON EL DOCENTE**

***La seguridad la disfrutamos todos. Actuemos responsablemente***

## PAUTAS DE ACTUACIÓN EN CASO DE EMERGENCIAS

***En caso de accidente, avisar inmediatamente al Docente.***

### Emergencias médicas

Si ocurre una emergencia tal como cortes o abrasiones, quemaduras o ingestión accidental de algún producto químico, tóxico o peligroso, se deberá proceder en la siguiente forma:

1. A los accidentados se les proveerá los primeros auxilios.
2. Se da aviso al Servicio de Seguridad e Higiene (Int. 5252)
3. El Docente responsable del turno o una autoridad del Departamento, deberá completar el Formulario de Incidentes y enviarlo al Servicio de Higiene y seguridad para su conocimiento y evaluación.

### **Tipos de Emergencias médicas**

#### *1. Quemaduras.*

Las pequeñas quemaduras producidas por material caliente, baños, placas o mantas calefactoras, etc., se tratarán lavando la zona afectada con agua fría durante 10-15 minutos. Las quemaduras más graves requieren atención médica inmediata. No utilizar cremas y pomadas grasas en las quemaduras graves.

#### *2. Cortes.*

Los cortes se tienen que lavar bien, con abundante agua corriente, durante 10 minutos como mínimo. Si son pequeños y dejan de sangrar en poco tiempo, lavar con agua y jabón y taparlos con una venda o apósito adecuados. Si son grandes y no paran de sangrar, requiere asistencia médica inmediata.

#### *3. Derrame de productos químicos sobre la piel.*

Los productos químicos que se hayan vertido sobre la piel han de ser lavados inmediatamente con agua corriente abundante, como mínimo durante 15 minutos. Es necesario sacarle toda la ropa contaminada a la persona afectada lo antes posible. El lavado es muy importante para reducir la gravedad y la extensión de la herida. Requiere asistencia médica.

#### *4. Actuación en caso de producirse corrosiones en la piel.*

Por ácidos. Sacar o cortar lo más rápidamente posible la ropa. Lavar con agua corriente abundante la zona afectada. Neutralizar la acidez con bicarbonato sódico durante 15-20 minutos. Esperar la asistencia médica. Por álcalis. Lavar la zona afectada con agua corriente abundante y luego con una solución saturada de ácido bórico. Secar y esperar la asistencia médica.

#### *5. Fuego en el cuerpo.*

Si se incendia la ropa, pedir ayuda. El afectado no debe correr, tiene que tirarse en el suelo y rodar sobre sí mismo para apagar las llamas. Es necesario que la persona que esté cerca ayude a alguien que se esté quemando. Cubrirlo con una manta anti fuego, conducirlo hasta la ducha de seguridad, si está cerca. No utilizar nunca un extintor

sobre una persona. Una vez apagado el fuego, mantener a la persona tendida, hasta que llegue la asistencia médica.

*6. Actuación en caso de producirse corrosiones en los ojos.*

En este caso el tiempo es esencial (menos de 10 segundos). Cuanto antes se lave el ojo, menos grave será el daño producido. Lavar los dos ojos con agua corriente abundante durante 15 minutos como mínimo en una ducha de ojos, o con solución fisiológica. Es necesario mantener los ojos abiertos con la ayuda de los dedos para facilitar el lavado debajo de los párpados. Es necesario recibir asistencia médica, por pequeña que parezca la lesión.

*7. Actuación en caso de ingestión de productos químicos.*

Antes de cualquier actuación concreta pedir asistencia médica. Si el paciente está inconsciente, ponerlo en posición inclinada, con la cabeza de lado. Si está consciente, mantenerlo apoyado. No dejarlo sólo. No provocar el vómito si el producto ingerido es corrosivo.

*8. Actuación en caso de inhalación de productos químicos.*

Identificar el vapor tóxico. Si se trata de un gas, utilizar el tipo adecuado de máscara para gases durante el tiempo que dure el rescate del accidentado. No arriesgarse. Conducir inmediatamente la persona afectada a un sitio con aire fresco. Requiere asistencia médica lo antes posible. Ante el primer síntoma de dificultad respiratoria, iniciar la respiración artificial boca a boca.

**Incendios**

*1. Fuego en el laboratorio.*

Mantenga la calma. Informe al docente responsable. Se dará aviso inmediatamente al Servicio de Seguridad e Higiene (Interno 5252) informando el lugar y las características del siniestro

*2. Fuegos pequeños*

Si el fuego es pequeño y localizado, y sabe utilizar un extintor, trate de apagarlo utilizando un extintor adecuado, arena, o cubriendo el fuego con un recipiente de tamaño adecuado que lo ahogue. Retirar los productos químicos inflamables que estén cerca del fuego. NO utilice nunca agua para extinguir un fuego provocado por la inflamación de un solvente.

*3. Fuegos grandes*

Si el fuego es de consideración, no se arriesgue y manteniendo la calma ponga en marcha el plan de evacuación. Apague los equipos eléctricos y cierre las llaves de gas y ventanas. Acate las indicaciones de los brigadistas. Evacue la zona por la ruta asignada. No corra, camine rápido, cerrando a su paso la mayor cantidad de puertas. No utilice ascensores. Descienda siempre que sea posible. No lleve consigo objetos,

pueden entorpecer su salida. Si pudo salir por ninguna causa vuelva a entrar. Deje que los equipos especializados se encarguen.

## TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO N°1

### TEMA: BOMBAS

#### INTRODUCCIÓN

Una de las operaciones más comunes en las industrias alimentarias es el transporte de líquidos poco viscosos, de suspensiones sólido-líquido (papillas), de pastas de elevada consistencia, etc. Generalmente se lleva a cabo bombeando los productos a través de un sistema de tuberías. Las bombas son dispositivos mecánicos que suministran energía al líquido para promover su flujo a una velocidad especificada y en las condiciones de transporte deseadas.

La bomba más frecuentemente usada con fines industriales de carácter general es la bomba centrífuga (rotodinámica) que es relativamente barata y simple y que también se usa mucho en la industria alimentaria. Básicamente, una bomba centrífuga consta de un impulsor rotatorio introducido en una carcasa que tiene un orificio de entrada (sección) y otro de salida (descarga). El líquido entra normalmente en dirección axial al ojo del impulsor que rota a una velocidad constante; es acelerado y lanzado desde el borde de las palas del impulsor a gran velocidad pasando a una zona de área creciente por la que fluye y en la que su energía cinética se convierte en energía de presión. El fluido que abandona la bomba fluye a través del sistema de conductos a impulso de la presión o carga impartida por la bomba.

Si funciona a velocidad constante, la carga desarrollada por una bomba centrífuga varía con el caudal. A caudal cero, la carga de la bomba es máxima y, a medida que el caudal aumenta, la carga desarrollada disminuye. La relación para una determinada bomba la da el fabricante, que suministra una gráfica de carga en función de la capacidad ( $H_m$  vs.  $Q$ ) que es característica de la bomba.

Las bombas centrífugas convencionales son muy útiles en los casos que se requiere una alta capacidad y una carga baja. Si se necesitan presiones más altas y se pretende usar bombas de este tipo, deben considerarse las bombas de múltiples etapas, en las que el líquido pasa secuencialmente a través de una serie de impulsores, aunque estas bombas se han utilizado muy poco hasta ahora. Se puede aumentar la carga o la capacidad haciendo funcionar conjuntamente dos bombas centrífugas. Cuando funcionan dos bombas idénticas en serie, a un caudal volumétrico,  $Q$ , se desarrolla una carga total  $2H_m$ . Si funcionan en paralelo, el caudal obtenido es  $2Q$  a una carga total  $H_m$ . En ambos sistemas de funcionamiento, la eficacia sigue siendo aproximadamente la misma que la de una sola bomba.

## OBJETIVOS

Con la realización de este trabajo práctico se pretende:

- Obtener la curva característica de una bomba centrífuga ( $H_m$  vs.  $Q$ ).
- Comprobar la relación  $H_m - Q$  de dos bombas centrífugas funcionando en serie y en paralelo.
- Observar la cavitación de una bomba centrífuga cuando se eleva la temperatura del fluido y/o la altura de succión.

## SISTEMA EXPERIMENTAL

Se empleará una instalación experimental similar a la representada en la Figura 1 que consiste esencialmente de dos bombas centrífugas conectadas mediante tuberías y válvulas a un tanque de almacenamiento. La apertura y cierre de las válvulas correspondientes permite que las bombas operen independientemente una u otra; o bien, que ambas funcionen en serie o en paralelo.

Mediante una válvula de asiento instalada en el punto de descarga es posible regular el caudal que será medido usando un flotámetro.

Entre los puntos de succión y de descarga del sistema de bombas, es posible determinar la diferencia de presión mediante un manómetro.

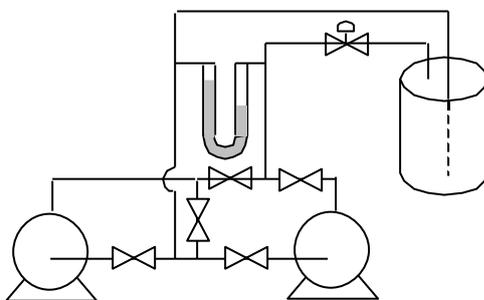


Figura 1. Esquema del equipo experimental

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Antes de poner en funcionamiento la/s bomba/s debe verificarse que el sistema está purgado, es decir, que las cañerías están llenas de agua. Si fuera necesario cebar la/s bomba/s, se removerá el tapón que se encuentra en la parte superior del cuerpo de la bomba y se agregará agua limpia.
- Se verificará que la cañería de succión está bien sumergida en el tanque de agua para evitar que la/s bomba/s aspire/n aire.

3. Para obtener la curva características ( $H_m$  vs.  $Q$ ) de una de las bombas centrífugas, se abrirán y cerrarán las válvulas correspondientes de modo que el líquido circule por una de ellas.
4. Se pondrá en funcionamiento la/s bomba/s con la válvula de regulación totalmente abierta.
5. Se leerá la presión en la zona de descarga de la bomba empleando el manómetro y se registrará el valor.
6. Se conectará el manómetro de mercurio al punto de descarga de la bomba y se cerrará la válvula de regulación hasta que la lectura en el manómetro sea la máxima de la escala.
7. Se medirá el caudal con la ayuda de una probeta y un cronómetro.
8. Se abrirá lentamente la válvula de regulación de modo que la variación de presión sea aproximadamente 100 mmHg y se medirá el caudal.
9. Se repetirá el punto 8 hasta obtener la apertura total de la válvula de regulación.
10. Para obtener la curva  $H_m$  vs.  $Q$  de las bombas funcionando en serie o paralelo se abrirán o cerrarán las válvulas correspondientes y se repetirán los puntos 4 a 9.

## RESULTADOS

Calcular los valores de  $H_m$  y  $Q$  con los datos experimentales obtenidos.

Para calcular  $H_m$  se debe aplicar la ecuación de Bernoulli entre los puntos de succión y descarga del sistema de bombas en los que se ha conectado el manómetro.  $Q$  se calcula usando:

$$Q = V / t$$

donde:  $V$  = volumen de líquido

$t$  = tiempo

Con estos resultados, graficar la curva característica de la bomba. Comparar con la informada por el fabricante.

De la misma manera, obtener las curvas  $H_m$  y  $Q$  para el sistema de bombas cuando funcionan en serie y en paralelo. Comparar el resultado experimental con los valores teóricos asumiendo que ambas bombas son iguales.

Comentar acerca del efecto del calentamiento del fluido y el aumento de la altura de succión.

## BIBLIOGRAFÍA

- J. G. Brennan, J. R. Butters, N. D. Cowell, A. E. V. Lilly. *Las operaciones de la ingeniería de los alimentos*. 3ra. edición. Editorial Acirbia S.A. (1998).

- Earle, R. L. *Ingeniería de los Alimentos (Las operaciones básicas del procesado de los alimentos)*. Editorial Acribia, S.A.
- Toledo, R. T. *Fundamentals of Food Process Engineering*. 2º Edition. Chapman & Hall.
- Brown, G. G. *Operaciones Básicas de la Ingeniería Química*. Editorial Marín S. A.
- McCabe, W. L.; Smith, J. C: y Harriot, T. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*.
- Perry, R. H.; Green, D. W. y Maloney, J. O. *Manual del Ingeniero Químico*.

## **TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO N°2**

### **TEMA: AGITACIÓN Y MEZCLADO DE FLUIDOS**

#### **INTRODUCCIÓN**

La agitación es una operación unitaria importante en muchos procesos industriales. Se refiere al movimiento inducido (generalmente con un modelo circulatorio) de un material de propiedades físicas conocidas dentro de algún tipo de contenedor.

La agitación se utiliza en los siguientes casos:

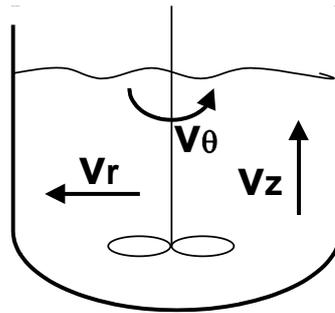
- Suspensión de partículas sólidas.
- Mezclado de líquidos miscibles.
- Dispersión de un gas en un líquido en forma de pequeñas burbujas.
- Dispersión de un segundo líquido, inmiscible con el primero, para formar una emulsión o suspensión de gotas diminutas.
- Mejora de la transferencia de calor en tanques encamisados o con serpentín.

Los líquidos se agitan frecuentemente en tanques, generalmente de forma cilíndrica. Se puede trabajar a presión atmosférica o a mayores presiones. Las dimensiones del tanque y del agitador y las condiciones de agitación, dependen de los objetivos del proceso. Generalmente la altura del líquido en el tanque es aproximadamente igual al diámetro del tanque. En una operación de calentamiento, la función fundamental de un agitador es asegurar una transmisión de calor producida mayoritariamente por mecanismos convectivos.

Los agitadores utilizados en la industria pueden ser de tres clases: aquellos que operan a gran velocidad creando localmente altos gradientes de velocidad, obteniéndose un eficiente transporte de cantidad de movimiento que transmite la energía desde el agitador hacia los rincones más lejanos del tanque; aquellos que no pueden contar con transporte de cantidad de movimiento adecuado a causa de los efectos viscosos, y que por eso son grandes con el fin de extenderse hacia los rincones más lejanos del tanque; y aquellos que operan lentamente sin crear gradientes altos, pero que cuentan con su excelente capacidad de bombeo como para llegar a cada rincón del tanque.

El tipo de flujo que se produce en un tanque agitado, depende del tipo de agitador, de las características del fluido y del tamaño y proporciones del tanque, placas deflectoras y agitador. De las tres componentes de la velocidad del flujo creada en el tanque (Fig. 1), las componentes radial y longitudinal contribuyen para que se produzca una mezcla. Cuando el eje es vertical y está dispuesto en el centro del tanque, la componente tangencial de velocidad es generalmente perjudicial a la mezcla. De este

modo aparece uno de los principales problemas en los procesos de agitación, que es la aparición de un vórtice que, debido a la circulación en flujo laminar, da lugar a una estratificación permanente en diferentes niveles de sustancias sin mezclar, sin que exista flujo longitudinal de un nivel a otro. Si hay partículas sólidas, las corrientes circulatorias tienden a lanzar las partículas contra la pared central del fondo del tanque, provocando una concentración en lugar de una mezcla.



**Figura 1.** Componentes de la velocidad de un fluido en agitación.  $V_r$ : componente radial,  $V_z$ : componente longitudinal y  $V_\theta$ : componente tangencial.

La viscosidad ejerce un papel importante en el procesamiento de alimentos donde ocurre el calentamiento y la agitación de los mismos. El calentamiento siempre provoca una alteración en la viscosidad de cualquier tipo de líquido. Sin embargo, si se trata de agitación de un líquido, la viscosidad dependerá del tipo de fluido que se procesa. Cuando se trabaja con fluidos newtonianos la velocidad de agitación empleada en el proceso no provoca variación de la viscosidad, ya que la viscosidad es independiente de la velocidad de deformación. Para fluidos no newtonianos la viscosidad ya no es constante y dependerá de las velocidades de deformación locales puesto que se debe trabajar con el concepto de viscosidad aparente. Los gradientes de velocidad en un tanque agitado varían linealmente de un punto a otro del fluido. La distribución de velocidad es función de la viscosidad y del esfuerzo cortante aplicado, lo que provoca cambios en el funcionamiento del agitador cuando el fluido es no newtoniano. También varía linealmente con la velocidad del agitador. En este caso, la velocidad variará de un valor máximo en la zona en contacto con el agitador hasta velocidades más baja cerca de la pared del tanque y además, si el fluido es pseudoplástico será más viscoso en regiones lejanas del agitador (próximo a la pared del tanque) que en la región de agitación (próximo al agitador). La disminución de la velocidad de agitación entre la pared del tanque y el agitador es más pronunciada en fluidos pseudoplásticos que en fluidos newtonianos. También se ha comprobado, trabajando con fluidos dilatantes, que al intensificar la velocidad de agitación se

incrementa la viscosidad del fluido situado en contacto con el agitador. Esto produce una mejor agitación debido a que, en la práctica, aumenta el diámetro del agitador.

Varios autores coinciden en afirmar que existe cierta dificultad para determinar el gradiente de velocidad local cuando se trabaja con un fluido pseudoplástico en tanque agitado. A partir de los valores de la velocidad de deformación ( $\gamma$ ) aplicados en un viscosímetro, se obtiene un valor medio de velocidad de deformación ( $\gamma_m$ ) en un tanque agitado. Este valor de  $\gamma_m$  para el flujo en el interior del tanque agitado se ha encontrado que es linealmente proporcional a la velocidad de agitación del agitador según la expresión:

$$\gamma_m = \beta N \quad (1)$$

siendo

$\beta$  constante de proporcionalidad

$N$  velocidad de agitación

Los valores de  $\beta$  varían entre 10 y 13. En el caso de calentamiento en tanque agitado de derivados de frutas con comportamiento pseudoplástico se ha aplicado  $\beta = 13$ . Aunque también se recomienda un valor de  $\beta = 10$ , tanto para fluidos pseudoplásticos ( $0,06 < n < 0,6$ ), como fluidos de Bingham y dilatantes ( $1,28 < n < 1,68$ ). Algunos autores coinciden en que se puede aplicar de forma satisfactoria el valor de  $\beta = 11$ , para fluidos pseudoplásticos agitados en tanques.

### **Consumo de potencia en la agitación de líquidos**

Un factor importante en el diseño de un sistema de agitación es el cálculo de las necesidades energéticas para el proceso. La potencia que hay que suministrar a un agitador para conseguir un elevado grado de mezcla depende de un gran número de variables como son: *variables dependientes del sistema de agitación*: tipo de agitador y geometría del sistema ( $D_t$ ,  $D_a$ ,  $H_l$ ,  $H_a$ ,  $J$ , etc.); *variables dependientes del fluido*: densidad ( $\rho$ ) y viscosidad ( $\mu$ ) y *variables de operación*: velocidad de rotación ( $N$ ).

Las variables dependientes de la geometría del sistema pueden convertirse en relaciones adimensionales, *factores de forma*, eligiendo una de ellas como referencia. Mediante análisis dimensional es posible agrupar estas variables en un número reducido de números adimensionales y factores de forma.

$$P = f(N, D_a, \mu, \rho, g) \quad (2)$$

$$\frac{P}{N^3 \rho D_a^5} = f\left(\frac{ND_a^2 \rho}{\mu}, \frac{N^2 D_a}{g}, \text{factores de forma}\right) \quad (3)$$

donde el primer grupo adimensional recibe el nombre de *número de potencia* ( $Po$ ), el segundo es el *número de Reynolds* ( $Re$ ) y el tercero es el *número de Froude* ( $Fr$ ). Para un sistema de geometría definida, la ecuación (3) se transforma en:

$$Po = c Re^x Fr^y \quad (4)$$

donde  $c$ ,  $x$  e  $y$  son constantes que han de determinarse experimentalmente.

En tanques con placas deflectoras no se forma vórtice en la superficie del líquido y el efecto de la gravedad es mínimo, de modo que el número de Froude tiene escasa influencia y la ecuación (4) se reduce a:

$$Po = c Re^x \quad (5)$$

Si se representa el número de potencia frente al número de Reynolds, en escala doble logarítmica, se obtiene una curva de potencia válida para un tipo de agitador y una geometría definida del sistema de agitación.

Cuando el tanque no posee placas deflectoras y el número de Reynolds es superior a 300, puede producirse la formación de vórtice en la superficie del líquido y será necesario considerar el número de Froude. Dado que la velocidad de rotación del agitador está incluida tanto en el número de Reynolds como en el número de Froude, es conveniente modificar la ecuación (4) en la forma:

$$\frac{Po}{Fr^y} = c Re^x \quad (6)$$

El primer término se denomina función de potencia,  $\phi$ . El exponente  $y$ , al que se encuentra elevado el número de Froude, está empíricamente relacionado con el número de Reynolds mediante la ecuación:

$$y = \frac{a - \log Re}{b} \quad (7)$$

donde  $a$  y  $b$  son constantes que dependen del tipo de agitador y la geometría del sistema.

## OBJETIVOS

Mediante la realización de los experimentos propuestos se espera:

- Observar los diferentes patrones de flujo que se obtienen usando impulsores diferentes con y sin placas deflectoras.
- Observar la variación de la potencia consumida por el agitador en función de la velocidad de giro con distintos tipo de agitador, con y sin placas deflectoras.
- Observar el efecto de la velocidad de agitación sobre el tiempo de mezclado de líquidos miscibles.

## EQUIPO EXPERIMENTAL

Se utilizará un tanque agitado como el mostrado en Figura 2. La agitación es provista por un motor de velocidad variable en el rango de 0-500 rpm. La velocidad de giro del agitador es medida por un tacómetro digital. El torque es medido por un dinamómetro de lectura directa en el rango de 0-75 W. El equipo incluye varios tipos de impulsores y juego de placas deflectoras removibles.



**Figura 2.** Ilustración del equipo Armfield para estudiar la agitación y mezclado de fluidos.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para observar los diferentes patrones de flujo y la variación de la potencia consumida con la velocidad de agitación:

1. Llenar el tanque con agua hasta una altura de 30 cm.
2. Montar el agitador de paletas planas en el extremo de la varilla.
3. Agregar algunos pellets plásticos.
4. Aumentar la velocidad de agitación lentamente hasta observar que los pellets se mueven en el fluido.
5. Seguir incrementando la velocidad de agitación hasta observar la formación del vórtice.
6. Registrar la fuerza indicada por la balanza para las distintas velocidades de agitación.
7. Repetir el experimento con los agitadores de hélice y de turbina.
8. Repetir usando las placas deflectoras.

Para observar la influencia de la velocidad de agitación sobre el tiempo de mezclado de líquidos miscibles:

1. Montar el agitador de turbina y las placas deflectoras.
2. Agregar una pequeña cantidad de indicador en el tanque.
3. Fijar una velocidad de agitación y dejar homogeneizar.
4. Agregar aprox. 50 ml de solución de NaOH y tomar el tiempo que transcurre hasta la homogeneización del color a pH alcalino.
5. Repetir para otras velocidades de agitación.

## RESULTADOS

Con los datos obtenidos para cada serie de experimentos de consumo de potencia:

1. Graficar la potencia en función de la velocidad de agitación para cada caso.

La potencia se calcula como:

$$\text{Potencia (W)} = \text{Torque (T)} \times \text{Velocidad angular } \omega \text{ (rad/s)}$$

$$\text{Torque (T)} = \text{Lectura de la balanza} \times 9,81 \text{ (Newtons)} \times \text{radio del brazo de torque (m)}$$

$$\text{Radio del brazo de torque} = 0,11 \text{ m.}$$

2. Discutir la forma de las curvas obtenidas.
3. Comentar las diferencias observadas en el patrón de flujo al usar distintos agitadores con y sin placas deflectoras.
4. Calcular los módulos de Froude (Fr), Reynolds (Re) y de la potencia (Po).
5. Representar en escala doble logarítmica el módulo de potencia frente al módulo de Reynolds.
6. Comparar con los valores que se pueden encontrar en la bibliografía.
7. Discutir que tipo de agitador es el que consume una mayor potencia.
8. Predecir el consumo de potencia de un agitador de 1 m de diámetro.

Con los datos obtenidos en los experimentos de mezclado:

1. Construir la curva de función de tiempo ( $t_T$ ) vs. módulo de Reynolds (Re)
2. Comparar con la curva disponible en la bibliografía.

## BIBLIOGRAFÍA

- Rodriguez Somolinos, F. (Ed.). *Ingeniería de la industria alimentaria. Volumen II. Operaciones de procesamiento de alimentos*. Editorial Síntesis (2002).
- Ibarz, A.; Barbosa, G.; Garza, S. y Gimeno, V. *Métodos experimentales en la Ingeniería Alimentaria*. Editorial Acribia S.A. Madrid. (2000).
- Fellows, P. *Tecnología del procesamiento de los alimentos: teoría y práctica*. Editorial Acribia S. A. (1994).
- Brown, G. G. *Operaciones Básicas de la Ingeniería Química*. Editorial Marín S. A.

- McCabe, W. L.; Smith, J. C. y Harriot, T. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*, 4<sup>o</sup> edición. Editorial McGraw-Hill. (1994).
- Perry, R. H.; Green, D. W. y Maloney, J. O. *Manual del Ingeniero Químico*, 7<sup>o</sup> edición. Editorial McGraw-Hill. (1992).

## TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO N° 3

### TEMA: SEDIMENTACIÓN

#### INTRODUCCIÓN

La sedimentación es la operación unitaria que consiste en separar, por acción de la gravedad, un sólido finamente dividido del líquido en el que está suspendido. Como resultado de este proceso se obtiene un líquido claro que sobrenada (exento o con muy bajo contenido en sólidos) y una pasta más o menos espesa con un elevado contenido en sólidos.

Esta operación unitaria puede llevarse a cabo en forma continua o intermitente. En la industria, la sedimentación de las suspensiones acuosas es un proceso continuo que se realiza en los llamados espesadores, que son grandes depósitos a los cuales llega, por el centro o por un lado, la suspensión o lodo diluido y que permiten el rebose del líquido que sobrenada separándolo del lodo espeso que sale por el fondo del aparato.

#### Sedimentación discontinua o intermitente

En la Figura 1 se representa el proceso de sedimentación por zonas en una probeta. Este proceso consta de las siguientes etapas: en un principio el sólido, que se encuentra con una concentración inicial  $C_0$  (figura 1a), comienza a sedimentar (figura 1b), estableciéndose una **interfase 1** entre la superficie de la capa de sólidos que sedimentan y el líquido clarificado que queda en la parte superior (zona **A**). La zona por debajo del líquido clarificado se denomina **zona interfacial** (zona **B**). La concentración de sólidos en esta zona es uniforme, sedimentando toda ella como una misma capa de materia a velocidad constante  $V_s$ . Esta velocidad de sedimentación puede calcularse a partir de la pendiente de la representación de la altura de la interfase 1 frente al tiempo, tal y como se muestra en la Figura 2.

Simultáneamente a la formación de la interfase 1 y de la zona interfacial, se produce una acumulación y compactación de los sólidos en suspensión en el fondo de la probeta, dando lugar a la denominada **zona de compactación** (zona **D**). En esta zona la concentración de sólidos en suspensión es también uniforme y la interfase que bordea esta zona, **interfase 2**, avanza en sentido ascendente en el cilindro con una velocidad constante  $V$ .

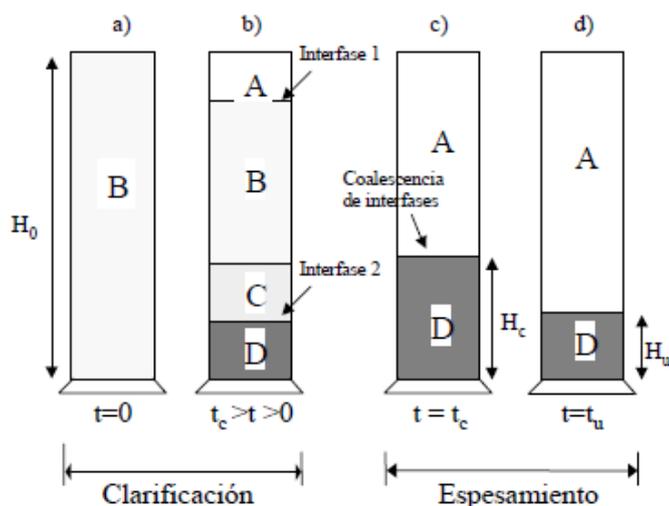


Figura 1. Esquema de un proceso de sedimentación discontinua.

Entre la zona interfacial y la zona de compactación se encuentra la **zona de transición** (zona **C**). En esta zona la velocidad de sedimentación de los sólidos disminuye debido al incremento de la viscosidad y de la densidad de la suspensión, cambiando la concentración de sólido gradualmente entre la correspondiente a la zona interfacial y la de la zona de compactación.

Las zonas de compactación e interfacial pueden llegar a encontrarse, produciéndose la coalescencia de las dos interfaces anteriormente citadas, en el denominado **momento crítico**  $t_c$ , desapareciendo la zona de transición (Figura 1c). En este momento el sólido sedimentado tiene una concentración uniforme  $C_c$  o **concentración crítica**, comenzando la compactación y alcanzándose, posteriormente, la concentración final  $C_u$  (Figura 1d).

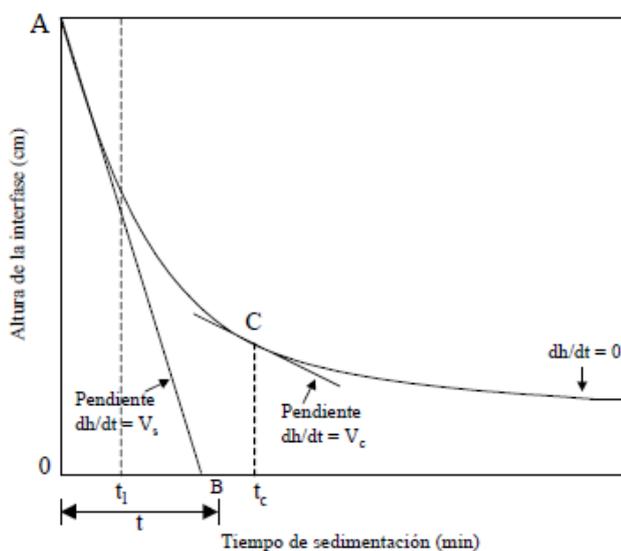
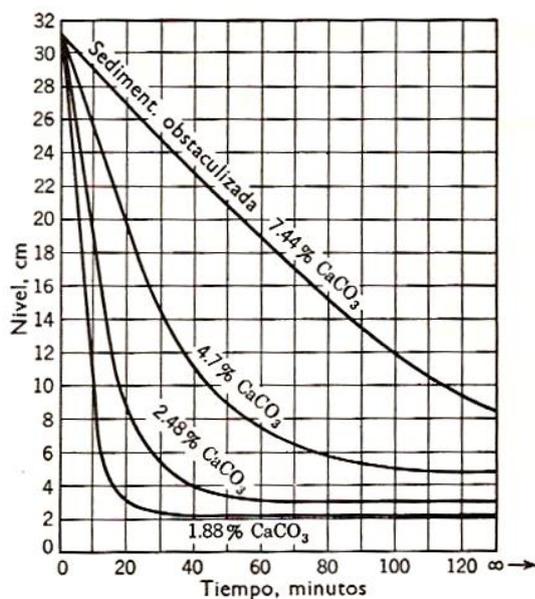


Figura 2. Representación gráfica de las alturas en función del tiempo.

La velocidad de sedimentación en el momento  $t_c$  corresponde a un valor  $V_c$  dado por la pendiente de la tangente a la curva de sedimentación en el punto C, tal y como se indica en la figura 2 donde  $V_c < V_s$ .

Empleando suspensiones de diferentes concentraciones se obtienen resultados diferentes como puede apreciarse en la Fig. 3. Las suspensiones más concentradas precipitan a menor velocidad poniendo de manifiesto la mutua interferencia de las partículas durante la sedimentación impedida y las desviaciones que aparecen en la práctica respecto de las velocidades de sedimentación establecidas a partir del comportamiento individual de las partículas en la sedimentación libre. Las suspensiones de muy baja concentración pueden sedimentar con una velocidad aproximadamente igual a la de sedimentación libre, durante los primeros minutos, pero generalmente la velocidad observada será un poco menor.



**Figura 3.** Nivel de la superficie de separación en una sedimentación discontinua.

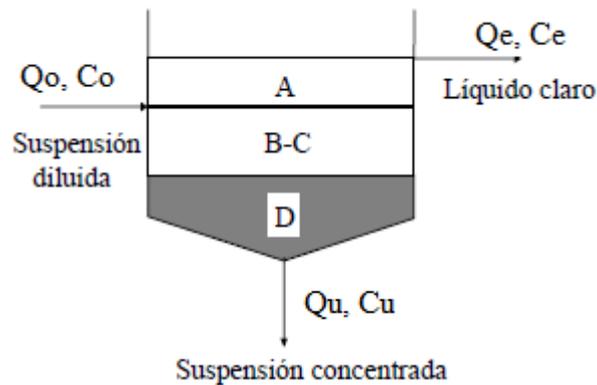
### Sedimentación continua

El diseño de un sedimentador continuo puede realizarse a partir de los datos obtenidos en experimentos discontinuos.

La sedimentación continua se realiza industrialmente en tanques cilíndricos a los que se alimenta constantemente la suspensión inicial con un caudal inicial  $Q_0$  y una concentración inicial  $C_0$  (Figura 4). Por la parte inferior se extrae un lodo con un caudal  $Q_u$  y una concentración  $C_u$ , normalmente con ayuda de rastrillos giratorios, y por la parte superior del sedimentador continuo se obtiene un líquido claro que sobrenada las zonas

de clarificación (A), sedimentación (B-C) y compresión (D) que pueden distinguirse en la Figura 4. En un sedimentador continuo, estas tres zonas permanecen estacionarias.

El área mínima requerida  $A_c$  para la clarificación depende de la velocidad  $V_s$  para la que las partículas en suspensión sedimentan antes de alcanzar la concentración crítica interfacial  $C_c$ . En condiciones de caudal constante, la velocidad del clarificado que rebosa por la parte superior del sedimentador, o vertedero, no debe exceder de  $V_s$  si se desea evitar el arrastre de las partículas y la clarificación.



**Figura 4.** Sección esquemática de un espesador de funcionamiento continuo.

Por lo tanto, el área mínima requerida para la clarificación  $A_c$  puede calcularse a partir de la expresión:

$$A_c = Q_e / V_s \quad [1]$$

en la que  $Q_e$  es el caudal ( $m^3/s$ ),  $V_s$  es la velocidad de sedimentación por zonas ( $m/s$ ) y  $A_c$  el área mínima requerida para la clarificación ( $m^2$ ).

El valor de la velocidad en la zona de sedimentación libre,  $V_s$ , puede calcularse a partir de la pendiente de la tangente de dicha zona de las curvas de sedimentación, tal y como se muestra en la figura 2. El valor de  $t$  se puede leer directamente de la abscisa en el punto B.  $V_s$  en la ecuación (1) corresponde a la velocidad a la cual las partículas en suspensión sedimentan antes de alcanzar la concentración crítica  $C_c$  y viene dada por la pendiente de la tangente AB de la curva correspondiente a la concentración inicial  $C_0$ :

$$V_s = OA / OB = H_0 / t \quad (m/s) \quad [2]$$

Nota:

Calculo de  $Q_e = Q_o \cdot (C_u - C_o) / (C_u - C_e)$

$Q_u = Q_o - Q_e$

## OBJETIVOS

Con la realización de este práctico se espera:

- a) Obtener la gráfica de  $h$  vs  $t$  a distintas concentraciones.
- b) Determinar la velocidad de sedimentación libre de una suspensión acuosa,  $V_s$ .
- c) Calcular el área de la superficie mínima que se requiere para conseguir la clarificación del lodo.
- d) Observar el efecto del tamaño de partículas sobre la velocidad de sedimentación.

## MATERIALES NECESARIOS

- Vasos de precipitado
- Probeta graduada
- Cronómetro
- Balanza analítica
- Baño ultrasónico
- Material sólido particulado

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Se prepararán suspensiones de un sólido ( $\text{CaCO}_3$ ) en agua con diferentes concentraciones (30, 40 y 50 g/l).
2. Se coloca la suspensión en la probeta graduada, se agita muy bien para homogeneizar, se coloca en un plano horizontal, sin vibraciones y se comienza a medir la altura de la interfase 1 a diferentes tiempos de sedimentación.
3. El proceso es inicialmente rápido, por lo que deberán tomarse medidas a intervalos pequeños de tiempo. Posteriormente dichos intervalos podrán ser mayores. Las medidas se tomarán para un tiempo de 60 minutos: los primeros 15 minutos se anotará la altura de la interfase cada minuto, posteriormente hasta los 25 minutos se hará cada 2 minutos y el tiempo restante, hasta los 60 minutos, cada 5 minutos. Se representará gráficamente  $h_L$  frente a  $t$ .
4. Se repite este proceso con suspensiones de distintas concentraciones.

5. Se preparan suspensiones de carbonato de calcio de dos diferentes tamaños de partículas para observar la influencia del tamaño de partícula sobre la velocidad de sedimentación y luego compararla con su valor teórico utilizando la ley de Stokes.

6. Se realiza la experiencia de los puntos 1 a 4 en una solución de NaCl para variar la densidad.

### **CALCULOS**

Con los datos experimentales de altura (h) y tiempo (t):

1. Se construye una tabla y se grafica  $h = f(t)$  para cada experimento.
2. Se calcula la velocidad de sedimentación inicial a partir de la pendiente de la curva  $h = f(t)$  para tiempo  $t = 0$ .
3. Se calcula el área mínima de un sedimentador continuo.
4. Se comparan los valores de área obtenidos a diferentes concentraciones.
5. Se comparan los resultados de velocidad de sedimentación obtenidas con distintos tamaños de partículas con los que se obtienen de calcular la velocidad de sedimentación usando la ley de Stokes.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Ibarz, A.; Barbosa, G.; Garza, S. y Gimeno, V. *Métodos experimentales en la Ingeniería Alimentaria*. Editorial Acribia S.A. Madrid. (2000)
- Brown, G. G. *Operaciones Básicas de la Ingeniería Química*. Editorial Marín S. A.
- McCabe, W. L.; Smith, J. C: y Harriot, T. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*, 4<sup>o</sup> edición. Editorial McGraw-Hill. (1994).
- Perry, R. H.; Green, D. W. y Maloney, J. O. *Manual del Ingeniero Químico*, 7<sup>o</sup> edición. Editorial McGraw-Hill. (1992).

## TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO N°4

### TEMA: MOLIENDA Y TAMIZADO

#### INTRODUCCIÓN

Muchos productos y materias primas de la Industria Química y Alimentaria requieren una preparación y acondicionamiento, con el fin de obtener un tamaño determinado de partículas. Cuando se trata de reducir el tamaño, se aplican las operaciones unitarias de trituración, molienda o corte. Quizás la aplicación más extensa de la trituración en la industria de los alimentos sea la conversión de granos de trigo en harina, usándose también en otras muchas ocasiones, como en la trituración del maíz para producir almidón de maíz, en la trituración del azúcar y en la elaboración de productos secos, como las legumbres. El corte se utiliza para transformar grandes trozos de productos alimenticios en otros de tamaño adecuado para un tratamiento ulterior, como es la preparación de carnes enlatadas y las hortalizas.

En el proceso de trituración, la sustancia es sometida a tensiones por la acción mecánica de la máquina trituradora y la reducción de tamaño se produce por fractura. La fuerza aplicada puede ser de compresión, de impacto o de cizalla y tanto la magnitud de la fuerza como el tiempo de aplicación influyen en la cantidad de trituración alcanzada. Al reducir el tamaño de una sustancia se obtiene un producto más o menos pulverulento, según su naturaleza, las características del equipo, el tiempo de operación, etc. No todas las partículas producidas tienen el mismo tamaño, por lo que es de gran interés conocer la distribución de tamaños que cada máquina puede producir. Para esto se hace un análisis por tamizado.

Para que la trituración sea eficaz, la energía aplicada a la sustancia debe exceder a la energía mínima para romperla en un margen tan pequeño como sea posible. Cualquier exceso a la energía mínima se pierde en forma de calor, por lo que esta pérdida debe ser lo más pequeña posible.

Los factores importantes a estudiar en el proceso de trituración son la cantidad de energía utilizada y la nueva superficie formada durante la trituración.

#### **Superficie nueva formada durante la trituración**

Cuando se reduce el tamaño de las partículas de una sustancia se incrementa la superficie por unidad de masa, denominada superficie específica. El área superficial de una sustancia constituida por partículas finas es muy grande y puede ser importante. La mayoría de las reacciones están relacionadas con la superficie disponible, por lo que la superficie específica tiene una influencia considerable en las propiedades de la sustancia.

Para calcular la superficie específica de una sustancia es necesario conocer la distribución de tamaños de partículas y también su factor de forma. El tamaño de partícula es una dimensión denominada dimensión típica  $D_p$  de la partícula y se puede determinar desde un análisis por tamizado. El factor de forma  $\lambda$ , está relacionado a la geometría de la partícula. En el caso de un cubo y una esfera es igual a 1. Se ha encontrado experimentalmente que cuando una sustancia se tritura, el factor de forma de las partículas obtenidas es aproximadamente igual a 1,75 lo que significa que su relación de área superficial a volumen es aproximadamente dos veces la correspondiente a un cubo o una esfera.

Entonces, la superficie específica  $A_w$  se determina empleando la ecuación teórica:

$$A_w = 6 \lambda / \rho D_p$$

donde  $\rho$  es la densidad de la sustancia.

### **Análisis por tamizado**

El tamizado es un proceso de separación mecánica cuya fuerza impulsora es la gravedad y que es ampliamente utilizado en la industria alimentaria para separar las partículas finas de las gruesas. Muchos productos y materias primas de la Industria Química y Alimentaria se requieren en un tamaño determinado de partícula. Debido a que no todas las partículas tienen el mismo tamaño, es de interés conocer la distribución de tamaños que presenta la muestra.

Los tamaños estándar de tamices de alambre entrelazado presentan diferentes aberturas. Existen tres estándares típicos que son la International Standard Organization (ISO), Número de tamiz estándar US y la serie de tamices Tyler. En el Sistema Internacional (ISO) la luz de malla se mide en milímetros, mientras que en la serie Tyler la malla viene caracterizada por el número de aberturas por pulgada lineal (número de malla). Las luces de malla de los tamices de una serie siguen una razón determinada. Las series normales progresan según la razón  $\sqrt{2}:1$ , y si todavía se requieren razones más próximas, también están disponibles tamices con razones tan pequeñas como  $4\sqrt{2}:1$ .

La distribución de tamaños de una mezcla de partículas normalmente se determina utilizando una serie de tamices. Los tamices se colocan uno encima de otro situando el de mayor luz de malla en la parte superior, donde se deposita el producto a tamizar (M). Para facilitar el proceso de tamizado se puede utilizar un vibrador de tamices que proporcionan un movimiento de baja amplitud y una oscilación de alta frecuencia. La cantidad de producto retenida por un tamiz se llama rechazo (R) y la no retenida, cernido (C). El tamaño medio del rechazo (L) es la media aritmética de las luces de malla entre dicho tamiz y el superior.

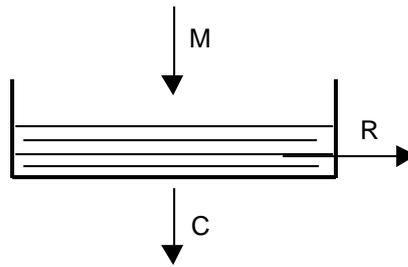


Figura 1. Balance de materia en un tamiz.

Una forma de estudiar la distribución de tamaños es mediante la curva acumulativa de rechazos (Figura 2). En ella se representa la cantidad de producto (en porcentaje respecto al total) que no atraviesa cada tamiz frente a su luz de malla.

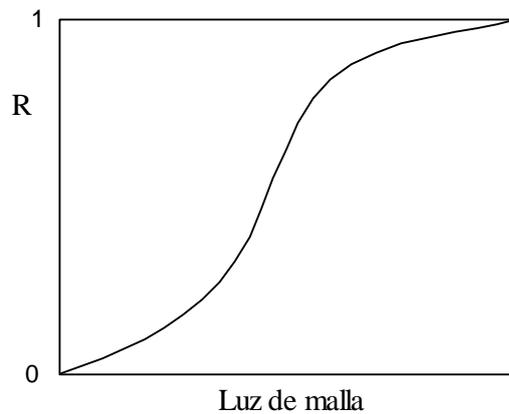


Figura 2. Curva acumulativa de rechazos.

Esta curva recoge toda la gama de tamaños presentes, desde las más pequeñas hasta las más grandes. Si se calcula la pendiente de las tangentes a la curva en diferentes puntos y se representan frente a los valores de luz de malla en dichos puntos, se obtiene la curva de frecuencia de tamaños (Figura 3).

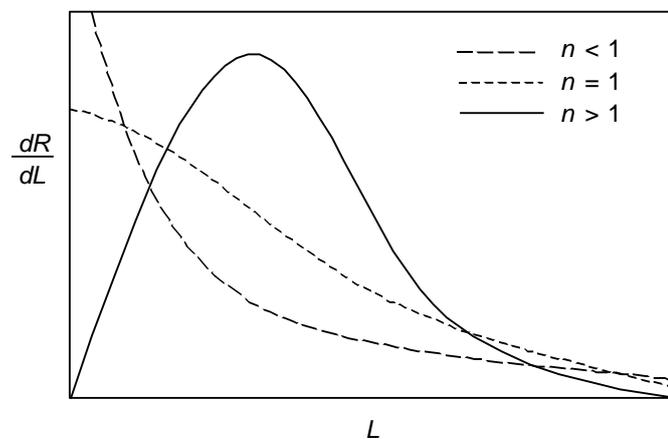


Figura 3. Curva de frecuencia de tamaños.

En esta curva se aprecia mejor la distribución de tamaños. El máximo de la curva indica el tamaño que aparece con más frecuencia;  $n$  es el índice de uniformidad de tamaños. Si la línea obtenida fuera vertical ( $n = \infty$ ), significaría que se tiene un tamaño único, si fuera horizontal ( $n = 0$ ), se tendrían partículas de todos los tamaños en la misma proporción. Si  $n = 1$  el máximo se produce para  $L = 0$ , lo que no tiene significado físico. Y si  $n < 1$  no hay máximo en la curva.

### **OBJETIVOS**

La realización de este trabajo tiene los siguientes objetivos:

- a- Familiarizarse con las operaciones de molienda y tamizado mediante la observación del molino y juegos de tamices.
- b- Estimar la distribución de tamaños de partículas a partir de un análisis de tamizado.
- c- Calcular la homogeneidad de las mezclas resultantes de una reducción de tamaño para diferentes cargas y tiempos de operación.
- d- Calcular el área específica y el número de partículas para las diferentes cargas y tiempos de operación.
- e- Comparar los resultados para un mismo tiempo y diferentes cargas, así como para una misma carga y distintos tiempos de molienda.

### **MATERIALES NECESARIOS**

- Molino de discos.
- Conjunto de cribas o tamices.
- Vibrador.
- Balanza analítica.
- Material a moler, por ej. polenta.

### **PROCEDIMIENTO**

Las etapas a seguir son:

- a) Si no se dispone de información acerca del material a moler, realizar un análisis del tamaño de partículas mediante tamizado.
- b) Colocar una cantidad conocida del producto a moler dentro del molino y accionarlo durante un tiempo determinado.
- c) Una vez realizada la molienda se procede a un análisis de tamaños de partículas mediante tamizado. Se debe tener la precaución de emplear siempre los mismos tiempos de tamizado para todos los experimentos.
- d) Repetir la operación para distintos tiempos de molienda.
- e) Repetir el procedimiento para distintas cantidades de producto a moler.

f) Registrar los datos obtenidos en los distintos experimentos.

Para el análisis del tamaño de partículas mediante tamizado:

a) Asegurarse de colocar los tamices en la secuencia adecuada (de mayor apertura a menor).

b) Pesar una muestra del material en estudio e introducirla en el tamiz superior del conjunto de tamices

c) Poner los tamices bajo vibración durante 5 minutos, y a continuación pesar el rechazo de cada tamiz y calcular el porcentaje en relación con el peso de partida.

d) Montar de nuevo el conjunto de tamices y hacerlos vibrar un minuto más. Pesar de nuevo el residuo y calcular su porcentaje, y si ha aumentado más del 1%, montar de nuevo los tamices y hacerlos vibrar durante otro minuto. Los datos se pueden representar como el porcentaje en rendimiento frente al tiempo para cada conjunto de datos calculado. Cuando el cambio en el porcentaje de finos que pasan en el periodo de 1 minuto cae por debajo del 1%, se puede dar por finalizado el experimento. Anotar los tiempos totales de cada experimento para su posterior análisis.

e) Una vez que el intervalo de tamizado se ha completado, se saca el rechazo de cada tamiz y se pesa. Para eliminar el material atrapado en las aberturas de la malla de los tamices, se debe invertir el tamiz sobre una hoja de papel o un colector adecuado y cepillar la malla con un cepillo. Las partículas retenidas entre el marco y el tamiz se pueden eliminar dando golpes sobre el marco, pero de ningún modo se debería utilizar una aguja y otro objeto punzante para eliminar las partículas atrapadas entre los alambres de la malla. Se debe poner especial cuidado cuando se cepillan tamices más finos de 80 de malla debido a que el cepillado puede causar distorsiones e irregularidades en el tamiz.

### **CALCULOS**

a) Comparar el peso de la muestra al inicio con la suma de los pesos retenidos en cada uno de los tamices. De esta manera se puede determinar si existen variaciones grandes o pérdidas de la muestra. Comparar los pesos de cada tamiz con el peso total de la muestra y calcular el porcentaje total retenido en cada punto.

b) Presentar y analizar los datos experimentales obtenidos representando gráficamente:

- El porcentaje acumulado de material en cada tamiz (en escala logarítmica) frente al tamaño de abertura del tamiz (en escala lineal). La curva resultante permite una rápida aproximación del tamaño de la muestra para una acumulación del 50%.

- La curva de distribución de tamaños de partículas

c) Estimar la superficie específica del sólido inicial y después de la molienda.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Ibarz, A.; Barbosa, G.; Garza, S. y Gimeno, V. *Métodos experimentales en la Ingeniería Alimentaria*. Editorial Acribia S.A. Madrid. (2000)
- Brown, G. G. *Operaciones Básicas de la Ingeniería Química*. Editorial Marín S. A.
- McCabe, W. L.; Smith, J. C: y Harriot, T. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*, 4º edición. Editorial McGraw-Hill. (1994).
- Perry, R. H.; Green, D. W. y Maloney, J. O. *Manual del Ingeniero Químico*, 7º edición.



**Ministerio de Cultura y Educación  
Universidad Nacional de San Luis  
Facultad de Química Bioquímica y Farmacia  
Departamento: Química  
Area: Tecnología Química y Biotecnología**

**I - Oferta Académica**

<b>Materia</b>	<b>Carrera</b>	<b>Plan</b>	<b>Año</b>	<b>Período</b>
OPERACIONES UNITARIAS I	ING. EN ALIMENTOS	38/11	2019	1° cuatrimestre

**II - Equipo Docente**

<b>Docente</b>	<b>Función</b>	<b>Cargo</b>	<b>Dedicación</b>
CADUS, LUIS EDUARDO	Prof. Responsable	P.Tit. Exc	40 Hs
AGUERO, FABIOLA NERINA	Responsable de Práctico	JTP Exc	40 Hs
DURAN, FLAVIA GRACIELA DEL CAR	Auxiliar de Práctico	JTP Simp	10 Hs

**III - Características del Curso**

<b>Credito Horario Semanal</b>				
<b>Teórico/Práctico</b>	<b>Teóricas</b>	<b>Prácticas de Aula</b>	<b>Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.</b>	<b>Total</b>
Hs	30 Hs	74 Hs	16 Hs	8 Hs

<b>Tipificación</b>	<b>Periodo</b>
B - Teoria con prácticas de aula y laboratorio	1° Cuatrimestre

<b>Duración</b>			
<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>	<b>Cantidad de Semanas</b>	<b>Cantidad de Horas</b>
11/03/2019	28/06/2019	15	120

**IV - Fundamentación**

La versatilidad de la ingeniería química y de la ingeniería en alimentos, conduce en la práctica al desdoblamiento de un proceso complejo, en estudios físicos individuales llamados Operaciones Unitarias, así como también en reacciones químicas. Todas las operaciones unitarias se basan en principios científicos traducidos a realizaciones y aplicaciones industriales. En el caso particular de Operaciones Unitarias I, los contenidos se orientan al cálculo y adopción de equipos en lo que interviene fundamentalmente la transferencia de cantidad de movimiento.

Para lograr una efectiva adquisición de conocimientos, el alumno deberá principalmente poseer conocimientos de física, termodinámica y fenómenos de transporte.

En el desarrollo del curso deberán priorizarse las consideraciones generales respecto al medio ambiente y a la Higiene y seguridad del trabajo

## **V - Objetivos**

Dotar al futuro profesional de las herramientas básicas que utilizará en el diseño de los equipos utilizados en la industria donde se llevan a cabo operaciones basadas en la transferencia de cantidad de movimiento. Se pretende que los alumnos se familiaricen con las herramientas de cálculo y adopción de equipos. Adicionalmente se pretende que el alumno adquiera criterios de discernimiento en la adopción y/o elección de equipos, accesorios, etc. Dotar al futuro profesional de las herramientas básicas que utilizará en el diseño de los equipos utilizados en la industria donde se llevan a cabo operaciones basadas en la transferencia de cantidad de movimiento. Se pretende que los alumnos se familiaricen con las herramientas de cálculo y adopción de equipos. Adicionalmente se pretende que el alumno adquiera criterios de discernimiento en la adopción y/o elección de equipos, accesorios, etc.

**VI - Contenidos**

**INTRODUCCIÓN: Operaciones Unitarias controladas por el Transporte de Cantidad de Movimiento. • Clasificación** de las Operaciones Unitarias controladas por el Transporte de Cantidad de Movimiento. • Revisión de conceptos básicos referidos al movimiento de fluidos

**UNIDAD TEMÁTICA I: CIRCULACIÓN INTERNA DE FLUIDOS****Bolilla 1**

**CONTENIDOS:** 1.1 - Ecuaciones básicas del flujo de fluidos. Ecuación de Bernoulli. Correcciones de la ecuación de Bernoulli debido a factores de fricción y bombas. 1.2- Equipos para el flujo de fluidos: Conducciones y Accesorios Construcción, materiales. Criterios de selección. Pérdida de carga en conducciones y accesorios. Concepto de longitud equivalente. Circuitos ramificados y en paralelo. Diámetro óptimo. 1.3- Tendidos típicos para el transporte de fluidos incompresibles.

**Bolilla 2**

**CONTENIDOS.** 2.1- Medidores de caudal Clasificación. Medidores de caudal de área constante: Tubo Venturi. Brida Orificio. Tubo Pitot. ecuaciones representativas. 2.2- Medidores de caudal de área variable: Rotámetros. Ecuaciones representativas. 2.3-- Impulsión de líquidos: Bombas 2.3.1 - Tipos y principio de funcionamiento. Criterios de Selección del tipo de Bomba. 2.3.2. Bombas en serie y paralelo

**UNIDAD TEMÁTICA 2: AGITACIÓN Y MEZCLA DE FLUIDOS****Bolilla 3**

**CONTENIDOS:** 3.1- Introducción. 3.2- Modelo de flujo en tanques agitados. 3.3- Equipo de agitación 3.3.1- Tanque de agitación, 3.3.2- Tipos de agitadores, 3.3.3- Sistema de agitación estándar, 3.4- Consumo de potencia en la agitación de líquidos, 3.4.1- Fluidos newtonianos, 3.4.2- Fluidos no newtonianos, 3.4.3- Suspensiones sólido-líquido y tanques aireados, 3.5- Tiempo de mezclado, 3.6- Cambio de escala de agitación, 3.7- Emulsificación y homogeneización de líquidos, 3.7.1- Fundamento teórico, 3.7.2- Equipos y aplicaciones generales.

**Bolilla 4**

**CONTENIDOS:** 4.1- Introducción, 4.2- Mezcladores de sólidos pulverizados y granulados, 4.2.1- Mezcladores de cintas, 4.2.2- Mezcladores de volteo, 4.2.3-Mezcladores de tornillo interno, 4.2.4- Criterios de eficacia de una mezcladora, 4.3- Mezcladores de masas y pastas, 4.3.1- Mezcladores de cubetas intercambiables, 4.3.2 Amasadoras, dispersadores y masticadores, 4.3.3- Mezcladores continuos, 4.3.4- Criterios de eficacia de un mezclador

**UNIDAD TEMÁTICA 3: Operaciones Mecánicas Sólido-Fluido****Introducción****Bolilla 5**

**CONTENIDOS:** 5.1- Filtración, 5.1.1- Fundamento teórico, 5.1.2- Desarrollo práctico de la filtración, 5.1.3- Equipos para la filtración

**Aplicaciones a la industria alimentaria****Bolilla 6**

**CONTENIDOS:** 6.1-Sedimentación gravitatoria, 6.1.1- Velocidad terminal de sedimentación, 6.1.2- Sedimentación impedida, 6.3.3- Equipo para la sedimentación, 6.2- Centrifugación, 6.2.1- Teoría de la centrifugación para separación de líquidos inmiscibles, 6.2.2- Teoría de la sedimentación centrífuga para separaciones sólido-líquido, 6.2.3- Aparatos de la sedimentación centrífuga, 6.2.4- Ciclones, 6.3- Fluidización, 6.3.1- Relación entre velocidad del fluido y pérdida de presión en el lecho, 6.3.2- Determinación de la velocidad mínima de fluidización y de la velocidad de arrastre, 6.3.3- Utilización de los lechos fluidizados en la Industria Alimentaria,

**UNIDAD TEMÁTICA 4 : OPERACIONES CON SÓLIDOS****Bolilla 7**

**CONTENIDOS:** 7.1- Transporte de sólidos: Distintos tipos de transportadores y elevadores. Consumo estimado de potencia 7.2- Desintegración mecánica de sólidos Quebrantamiento Trituración Molienda Molienda Coloidal Leyes de desintegración mecánica Eficiencia. 7.3- Tamizado: Tamaño de partículas Características de un tamiz Análisis granulométrico por tamizado Representación de los resultados Determinación de la superficie específica de un material granulado Rendimiento de la separación por tamizado Equipos industriales de tamices fijos y móviles

**SEGURIDAD E HIGIENE EN EL LABORATORIO****1) Recomendaciones generales de orden personal**

- Trabaje en el laboratorio con al menos otra persona tenga conocimiento de ello.
- Use propipetas o pipetas automáticas para pipetear solventes orgánicos, soluciones tóxicas o ácidos o bases fuertes.
- Emplee guantes y/o gafas para manipular sustancias peligrosas, inflamables o explosivas y hágalo bajo campana.
- No lleve sus manos sin lavar a la boca u ojos si ha usado productos químicos.

- No ingiera alimentos o bebidas en el laboratorio.

Página 2

## 2) Recomendaciones generales con respecto al laboratorio

Página 2

- Mantenga las mesadas limpias y libres de materiales extraños al trabajo.
- Rotule inmediatamente cualquier reactivo, solución o muestra para el análisis.
- Todas las botellas y recipientes deben estar identificados de la siguiente forma: nombre, concentración, fecha de preparación y responsable. Cuando se tenga duda sobre un reactivo éste se descartará.
- Mantener limpia la campana de extracción, no usarla como lugar de almacenamiento.
- Limpiar inmediatamente cualquier derrame de productos o reactivos. Protéjase si es necesario para realizar la tarea.
- En caso de derrames de productos inflamables, tóxicos o corrosivos siga los siguientes pasos: interrumpa el trabajo, advierta a las personas próximas sobre lo ocurrido, realice o solicite ayuda para una limpieza inmediata.
- Cuando se utilicen solventes inflamables, asegurarse que no haya fuentes de calor cercanas.

## 3) Operaciones rutinarias en el Laboratorio

### a- Trabajo con material de vidrio:

Cuando se insertan partes de vidrio en tubos de goma o tapones se las debe lubricar con agua, glicerina o detergente y deben protegerse las manos con guantes o una tela doblada. Mantener el tapón entre el pulgar y el índice, nunca en la palma de la mano.

### b- Encendido de fuego:

Antes de encender una llama asegúrese que lo hace en un lugar permitido donde no haya material inflamable a su alrededor. Pruebe con solución de detergente la tubería, robinete y mechero para evitar pérdida de gas. Encienda el mechero al principio con la menor apertura posible del robinete. No abandone el laboratorio sin haber apagado los mecheros.

### c- Trabajo con ácidos y bases fuertes:

Abrir las botellas despacio y bajo campana. Antes de tocar una botella verificar que no esté húmeda. No la tome del cuello ni del tapón. Si está contenida en un recipiente, verifique el estado del mismo y tómelo sosteniéndolo por la base. Trabaje siempre con guantes. Nunca intente verificar el contenido de una botella o recipiente por su olor. Pipetear con propipeta. No apoyar la pipeta usada sobre la mesada, colocarla sobre un vidrio de reloj. Las propipetas se deben guardar con la ampolla llena de aire (sin aplastar) porque se deforman y pierden su función.

Para diluir ácidos concentrados: Agregar el ácido sobre el agua de a poco y agitando y no a la inversa para evitar proyecciones del ácido en todas direcciones. Use envases plásticos para guardar ácido fluorhídrico porque ataca al vidrio. El hidróxido de sodio también se guarda en recipientes plásticos.

En todos los casos, tapar con firmeza las botellas de manera de evitar pérdida de concentración por volatilización (HCl, HNO<sub>3</sub>), dilución (higroscopicidad del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) o carbonatación del NaOH.

## 5) Procedimiento en caso de incendio

Si se produce un incendio se debe primero informar a los demás y pedir ayuda. Si el incendio es pequeño puede intentar apagarlo o circunscribirlo cortando el gas y atacando el incendio con arena, extintor o agua. Con los equipos eléctricos no se puede usar agua. El chorro del extintor se debe dirigir a la base de la llama. Si corre el riesgo de verse atrapado o alcanzado por las llamas o una explosión o sofocarse por el humo abandone el lugar (su vida es más valiosa que cualquier equipo).

Retírese del lugar en orden, sin pánico. Si hay humo, arrójese al suelo. El humo va hacia arriba. Si debe pasar por zonas de intenso calor, cúbrase la cabeza con una tela preferentemente mojada. Si se estaba trabajando con materiales peligrosos (tóxicos o corrosivos), antes de alejarse del lugar del incendio informe de esta circunstancia a los que vayan a combatir el incendio. Se debe conocer antes que nada dónde están ubicados en el Laboratorio, los elementos de lucha contra incendios, las llaves de gas, electricidad, el teléfono y los números de emergencia .

## PRIMEROS AUXILIOS

### 1) Acidos corrosivos: Sulfúrico, clorhídrico, nítrico, fluorhídrico, etc.

Íngesta: Se administrará rápidamente líquidos acuosos adicionados con agentes alcalinos débiles como:

- Mg(OH)<sub>2</sub> al 8 %
- Gel de Al(OH)<sub>3</sub>
- Cal apagada (Ca(OH)<sub>2</sub>) en forma de solución azucarada.

NO usar bicarbonato de sodio pues da origen a desprendimiento de gas carbónico, lo cual puede provocar perforación en las paredes digestivas ya fuertemente traumatizadas.

Lesiones externas:

En piel: lavar la región atacada con abundante agua y aplicar compresas embebidas en los neutralizantes alcalinos antes indicados

En boca: enjuagar con una solución de bicarbonato de sodio.

En ojos: colocar solución de bicarbonato de sodio al 22,5 % o isotónica con las lágrimas.

Derrames: NO utilizar agua. Utilizar arena, bicarbonato de sodio o mezcla de ambos protegiendo las manos con guantes de goma.

2) Alkalís cáusticos: Hidróxido de sodio o calcio, amoníaco, carbonato de sodio o potasio, etc. Las lesiones son más peligrosas que los ácidos porque actúan a mayor profundidad en los tejidos (saponificación de triglicéridos).

Ingesta: Se puede suministrar abundante agua fría para diluir el álcali y luego soluciones acuosas de ácidos débiles.

- Vinagre al 1 %
- Ácido acético al 1 %.
- Jugo de limón (ácido cítrico).

Lesiones Externas:

En piel: lavar la región atacada con abundante agua y aplicar compresas embebidas en los neutralizantes antes indicados.

En boca: enjuagar con agua y luego con alguna de las soluciones antes indicadas.

Derrames: Si el álcali es líquido y en poca cantidad, se puede lavar con abundante agua y drenar a la rejilla o pileta. Si es sólido, juntar con pala de plástico y verter poco a poco en la pileta, haciendo correr abundante agua. Siempre protéjase las manos con guantes de goma.

3) Metales pesados: Por ejemplo Cd, Zn, Pb, Be, Cr, Hg.

Toxicidad: En general los metales pesados y sus sales son tóxicos o cancerígenos si se ingieren en cantidades apreciables o se inhalan en forma permanente. El contacto con la piel puede producir irritación.

Lesiones: El material que entra en contacto con la piel debe ser lavado enseguida con abundante agua, al igual si se salpican los ojos.

Procedimiento Básico para Utilizar un Extintor Portátil

1.- Asegúrese que el extintor se encuentra en buenas condiciones, el precinto no está roto y la presión es la apropiada. Para los extintores de CO<sub>2</sub>, el peso es un indicador de que el mismo está lleno.

2.- Rompa el precinto y quite el anillo de seguridad. Si el extintor es de presión indirecta, percuta el cilindro de gas, empujando la palanca hacia abajo.

3.- Realice una pequeña descarga del extintor frente a Ud., a fin de verificar si no tiene problemas

4.- Dirija la boquilla del extintor hacia la base de la llama, y con el viento a su favor, dispare repetidas veces y de forma que cubra la mayor área del incendio, hasta que controle el mismo.

5.- Luego de terminar y verificar que no existen más focos, ventile el área y recargue los extintores utilizados.

6.- Recuerde que el uso de extintores portátiles es sólo para principios de incendio.

En la Tabla A.1 se muestra de manera resumida los tipos de fuego, y en la Tabla A.2 las características de los extintores

## VII - Plan de Trabajos Prácticos

De laboratorio (cada laboratorio requiere de su respectivo informe escrito)

Trabajo Práctico N° 1: BOMBAS. Determinación de la curva característica. Operación de bombas en serie y en paralelo.

Trabajo Práctico N° 2: AGITACION DE FLUIDOS Determinación de la curva de Número de Potencia vs. Número de Reynolds : a) Para un agitador de hélice de 4 palas b) Para un agitador de turbina

Trabajo Práctico N° 3: SEDIMENTACION Determinación de la curva de altura vs. tiempo para Sedimentación Libre y Sedimentación Impedida

Trabajo Práctico N° 4: MOLIENDA Estudio de los parámetros del proceso sobre el producto final

Trabajo Práctico N° 5: TAMIZADO Determinación de superficie específica de una mezcla Determinación de tamaño medio de partículas Determinación del número de partículas de una mezcla

De aula

1. Resolución de problemas
2. Preparación y exposición oral de monografías sobre temas descriptivos. Utilización de recursos multimedia (Power Point)

De campo

1. Visitas a plantas industriales. Elaboración de informe.

## VIII - Regimen de Aprobación

El curso no tiene el régimen de promoción.

Para aprobar el curso como alumno regular, el alumno deberá:

1. Cumplir con el sistema de correlatividades según el plan de Estudios vigente

2. Asistir al 70% de las clases teórico-prácticas.
3. Aprobar el 100% de los prácticos de laboratorio.
4. Aprobar el 100% de las exámenes parciales teniendo derecho a tres recuperaciones (ord. 003/86) en las fechas indicadas por la Cátedra. Los alumnos que trabajan y las madres con hijos menores de 6 años tendrán derecho a una recuperación adicional previa presentación de la certificación correspondiente antes de la primera evaluación parcial. Alcanzadas estas condiciones, el alumno adquirirá la condición de REGULAR. Para lograr la aprobación de este curso deberá rendir un examen final que podrá ser escrito y/u oral en los turnos que estipule la Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia, según el calendario académico.

Toda la información sobre fechas de exámenes parciales/promocionales y metodología de examen se informan al alumno por cartelera con, al menos dos semanas de anticipación. Los resultados de las evaluaciones son publicados por el mismo medio antes de transcurridas las 24 horas de la toma de la prueba.

Las exámenes aprobadas y no aprobadas son mostradas a los alumnos a los efectos que los mismos verifiquen los errores cometidos y el personal docente, en clases de consulta especiales, desarrollan la resolución de las pruebas.

## IX - Bibliografía Básica

- [1] F. RODRÍGUEZ, J. AGUADO, J. A. CALLES, P. CAÑIZARES, B. LOPEZ, A. SANTOS, D. SERRANO. "Ingeniería [2] de la Industria Alimentaria. Vol I y II, Operaciones de procesado de alimentos", Ed. Síntesis
- [3] EARLE, R. L. Ingeniería de los Alimentos (Las operaciones básicas del procesado de los alimentos). Editorial Acribia, [4] S.A.
- [5] TOLEDO, R. T. Fundamentals of Food Process Engineering. 2º Edition. Chapman & Hall.
- [6] HELDMAN, D. R.; LUND, D. B. Handbook of Food Engineering. Marcel Dekker, Inc.
- [7] MCCABE, W. L.; SMITH, J. C. Y HARRIOT, T. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, 4º edición. Editorial [8] McGraw-Hill. (1994).
- [9] MC.CABE, W. L.; SMITH, J. C. "Operaciones Básicas de Ingeniería Química." Editorial REVERTE S.A.
- [10] PERRY AND CHILTON, "Chemical Engineer's Handbook", Ed. Mc. Graw Hill
- [11] IBARZ, A.; BARBOSA, G.; GARZA, S. Y GIMENO, V. Métodos experimentales en la Ingeniería Alimentaria. Editorial Acribia S.A. Madrid. (2000)
- [12] BARBOSA - CANOVAS, G. V.; MA L.; BARLETTA, B. Manual de laboratorio de Ingeniería de Alimentos. Editorial [14] Acribia, S.A.
- [15] BRENNAN, J. G.; BUTTERS, J. R.; COWELL, N. D.; LILLY, A. E. V. Las operaciones de la ingeniería de los [16] alimentos. Segunda Edición. Editorial Acribia S. A.
- [17] BROWN, G. G. Operaciones Básicas de la Ingeniería Química. Editorial Marín S. A.

## X - Bibliografía Complementaria

- [1] SINGH, R. P., HEDMAN, D. R. Introducción a la Ingeniería de los Alimentos. Editorial Acribia, S.A.
- [2] FELLOWS, P. Tecnología del procesado de los alimentos: Teoría y práctica. Editorial Acribia, S.A.
- [3] LEWIS, M. J. Propiedades Físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. Editorial Acribia, S.A.
- [4] ROUSSEAU, R. W. Principios elementales de los procesos químicos. Editorial Addison Wesley Iberoamericana S. A.
- [5] HAYES G. D. Manual de datos para ingeniería de los alimentos. Editorial Acribia, S.A. 1992.

## XI - Resumen de Objetivos

Dotar al futuro profesional de las herramientas básicas que utilizará en la adopción y eventual diseño de los equipos utilizados en la industria donde se llevan a cabo operaciones basadas en la transferencia de cantidad de movimiento. Se pretende que los alumnos se familiaricen con las herramientas de cálculo y adopción de equipos. Adicionalmente se pretende que el alumno adquiera criterios de discernimiento en la adopción y/o elección de equipos, accesorios, etc

## XII - Resumen del Programa

INTRODUCCIÓN UNIDAD TEMÁTICA I: CIRCULACIÓN INTERNA DE FLUIDOS Página 5 Bolilla 1 Ecuaciones básicas del flujo de fluidos. Ecuación de Bernoulli. Bolilla 2 Medidores de caudal Clasificación y Bombas UNIDAD TEMÁTICA 2: AGITACIÓN Y MEZCLA DE FLUIDOS UNIDAD TEMÁTICA 3: OPERACIONES MECÁNICAS SÓLIDO-FLUIDO Bolilla 5 Filtración Bolilla 6 Sedimentación gravitatoria y centrífuga UNIDAD TEMÁTICA 4 : OPERACIONES CON SÓLIDOS
--

## XIII - Imprevistos

Ninguno
---------

<b>ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA</b>	
	<b>Profesor Responsable</b>
Firma:	
Aclaración:	
Fecha:	