

# Manual de Diseño de Procesos Agroindustriales



Segundo Semestre 2024

## MATERIAL NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Práctica	Materiales
Practica No.1	Lápiz Lapiceros de colores o marcadores Regla y escuadras Calculadora Hojas milimetradas Computadora
Práctica No.2	Lápiz Calculadora Hojas en blanco
Práctica No.3	Lápiz Regla y escuadras Calculadora Hojas en blanco
Práctica No.4	Lápiz Lapiceros de colores o marcadores Calculadora Regla y escuadras Hojas en blanco y milimetradas

**Tabla No. 1: PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES**

DÍA	HORARIO	ACTIVIDAD
Lunes	08:00-12:00	<b>Práctica 1:</b> Diagrama de flujo de proceso
Martes	08:00-12:00	<b>Práctica 2:</b> Clasificación de los fluidos
Miércoles	08:00-12:00	<b>Práctica 3:</b> Balance masa
jueves	08:00-12:00	<b>Práctica 4:</b> Operaciones unitarias

## **INSTRUCCIONES Y NORMAS PARA REALIZAR LAS PRÁCTICAS Y TENER DERECHO A EXAMEN FINAL DE LABORATORIO**

Para la realización adecuada de las prácticas deberán atenderse las siguientes indicaciones:

1. Presentarse puntualmente a la hora del inicio del laboratorio y permanecer durante la duración de este.
2. Realizar las actividades y hojas de trabajo planteadas durante la práctica.
3. Participación y cuidado de cada uno de los integrantes del grupo en todo momento de la práctica.
4. Conocer la teoría, (leer el manual antes de presentarse a cada práctica).
5. **No se permite el uso de teléfono celular dentro del laboratorio**, Si tiene llamadas laborales deberá atender las mismas únicamente en el horario de receso.
6. Si sale del salón de clases sin la autorización del docente perderá el valor de la práctica.
7. No puede atender visitas durante la realización de la práctica.
8. El horario de receso es únicamente de 15 minutos.
9. **Respeto dentro del laboratorio hacia los catedráticos o compañeros (as).**

**La falta a cualquiera de los incisos anteriores será motivo de una inasistencia.**

Considere que se prohíbe terminantemente comer, beber y fumar. Éstos también serán motivos para ser retirado de la práctica.

Recuerde que para tener derecho al punteo y aprobar el curso deberá presentarse a las prácticas y realizar las evaluaciones en línea, las cuales estarán habilitadas del **28 de octubre 2024 a las 8:00 al 1 de noviembre 2024 a las 18:00.**

# REPORTE DE INVESTIGACIÓN

Las secciones de las cuales consta un reporte, el punteo de cada una y el orden en el cual deben aparecer son las siguientes:

a. Carátula.....	0 puntos
b. Introducción.....	25 puntos
c. Resultados.....	25 puntos
d. Conclusiones.....	25 puntos
e. Recomendaciones.....	25 puntos
Total.....	100 puntos

Por cada falta de ortografía o error gramatical, se descontará un punto sobre cien, todas las mayúsculas se deben de tildar. Es importante dirigirse al lector de una manera impersonal, de manera que expresiones tales como “obtuvimos”, “hicimos”, “observé”, serán sancionadas. Si se encuentran dos reportes parcial o totalmente parecidos se anularán automáticamente dichos reportes.

- a. **INTRODUCCIÓN:** Es la parte inicial de un texto, ya sea en un ensayo, un libro, una monografía o un artículo. En esta primera parte se sitúa el texto en un contexto determinado y se suele expresar un resumen de lo que será explicado o desarrollado en el cuerpo del texto.
- b. **RESULTADOS:** En esta sección deben incluirse todos los datos obtenidos al final de la práctica. Por ejemplo masa o volumen recuperado, concentración de soluciones o cualquier otro tipo de resultado final. Deben presentarse, de preferencia, en tablas debidamente ordenadas para mayor facilidad al interpretar. Ejemplo:

Tabla No. 1: Ejemplo de entrega de Resultados

Líquido	Densidad experimental	Densidad real
Agua	XXX g/mL	Investigar
Vinagre	XXX g/mL	Investigar

Fuente: Laboratorio de Química Inorgánica. Universidad Rural de Guatemala.

- c. **CONCLUSIONES:** Constituyen la parte más importante del reporte. Las conclusiones son “juicios críticos razonados” a los que ha llegado el autor, después de una cuidadosa consideración de los resultados del estudio o experimento y que se infieren de los hechos. Deberán ser lógicos, claramente apoyados y sencillamente enunciados. Esta sección deberá ser extraída de la interpretación de resultados ya que allí han sido razonados y deben de ir numeradas.
  
- d. **RECOMENDACIONES:** Constituyen un ítem en donde el estudio sea aplicado a alguna organización, sector económico, comunidad, etc.; es importante siempre incluir en las recomendaciones una o varias propuestas enfocadas en ese objeto o sujeto de estudio, bien sean para corregir algunos aspectos, emprender mejoras o incluir nuevos elementos de interés para la solución a la problemática abordada.

**IMPORTANTE:**

Los reportes se entregarán en físico, impreso y solamente engrapado, al día siguiente de la realización de la práctica al entrar al laboratorio SIN EXCEPCIONES.

# PRÁCTICA No. 1: DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO

## 1. Objetivos

- 1.1. Definir y conocer un diagrama de flujo de un proceso.
- 1.2. Identificar la simbología de un diagrama de flujo de un proceso.
- 1.3. Realizar diagramas de flujo para un proceso industrial

## 2. Marco teórico:

El estudio y análisis de procesos productivos se realizan mediante diagramas, los cuales se utilizan con frecuencia para estimar tiempos, costos y recursos del proceso de producción, entre otros. Los diagramas relativos a un proceso muestran la secuencia cronológica de todas las operaciones que ocurren durante un proceso productivo, mientras que los diagramas relativos a un operario analizan los tiempos y movimientos de las personas que manipulan la materia prima y la convierten en un producto terminado. Para poder realizar un diagrama acertado y acorde a las necesidades del proceso se deben conocer los conceptos básicos sobre diagramas relativos a los mismos, así como los relativos a los operarios y todo lo referente a estudios de tiempos a considerar en cada fase de la producción. Por otro lado, el balance de líneas nos permite asegurar un flujo continuo y uniforme de los productos a través de los procesos de la planta el cual busca la eficiencia en los flujos de la materia prima, tiempo humano, energía y mano de obra. El estudio de los tiempos y los tipos de jornadas laborales son algunos de los factores importantes a tomar en cuenta para la optimización de todos los procesos y con ello maximizar nuestros beneficios económicos.

### Diagrama de flujo:

Los diagramas de flujo también conocidos como flujogramas son una representación gráfica mediante la cual se representan las distintas operaciones de que se compone un procedimiento o parte de él estableciendo su secuencia cronológica. Clasificándolos mediante símbolos según la naturaleza de cada cual. Es decir, son una mezcla de símbolos y explicaciones que expresan secuencialmente los pasos de un proceso de forma tal que este se comprenda más fácilmente.

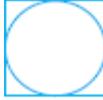
Se les llama diagramas de flujo porque los símbolos utilizados se conectan por medio de flechas para indicar la secuencia de la operación, en pocas palabras son la representación simbólica de los procedimientos administrativos. Esta herramienta es de gran utilidad para una organización, debido a que su uso contribuye con el desarrollo de una mejor gestión institucional, en aspectos como:

- Muestran de manera global la composición de un proceso o procedimiento por lo que favorecen su comprensión al mostrarlo como un dibujo. El cerebro humano reconoce fácilmente los dibujos. Un buen diagrama de flujo reemplaza varias páginas de texto.
- Permiten identificar problemas tales como cuellos de botella o posibles duplicidades que se presentan durante el desarrollo de los procedimientos, así como las responsabilidades y los puntos de decisión.
- Facilitan a los funcionarios el análisis de los procedimientos, mostrando gráficamente quién proporciona insumos o recursos y a quién van dirigidos.
- Sirven como herramienta para capacitar a los nuevos funcionarios, y de apoyo cuando el titular responsable del procedimiento se ausenta, de manera que otra persona pueda reemplazarlo. La creación del diagrama de flujo es una actividad que agrega valor, pues el proceso que representa está disponible para ser analizado, no sólo por quienes lo llevan a cabo, sino también por todas las partes interesadas que aportarán nuevas ideas para cambiarlo y mejorarlo.

Este es un recurso que constituye un elemento de juicio invaluable para individuos y organizaciones de trabajo; porque así pueden percibir en forma analítica y detallada la secuencia de una acción, lo que contribuye sustancialmente a conformar una sólida estructura de pensamiento que fortalece su capacidad de decisión.

Para que no exista un lenguaje incoherente y se evite transmitir errores en el proceso productivo, los diagramas de flujo del proceso utilizan sus propios símbolos (ver tabla I).

Tabla I. Simbología utilizada para los diagramas de flujo.

<b>Símbolo</b>	<b>Representa</b>
	Representa el inicio y final de un proceso
	Operaciones: fases del proceso, método o procedimiento.
	Inspección: Representa el hecho de verificar la naturaleza, calidad y cantidad de los insumos y productos.
	Operación combinada: Ocurre cuando se efectúan simultáneamente dos de las acciones mencionadas

	Transporte: indica el movimiento de personas, material o equipo.
	Demora: indica retraso en el desarrollo productivo.
	Almacenamiento: indica depósito o resguardo de productos, regularmente es con materia prima o producto terminado.
	Entrada/salida: Representa la lectura de datos en la entrada y en la impresión de datos en la salida
	Decisión: nos permite analizar una situación, con base en los valores falso y verdadero
	Proceso: Representa cualquier tipo de operación
	Documento: Representa cualquier tipo de documento que entra, se utilice, se genere o salga del procedimiento

Fuente: elaboración propia

Un diagrama de flujo se compone de: encabezado, diagrama y cuadro de resumen.

En el encabezado se coloca el nombre del proceso, departamento encargado, persona(s) que elabora(n) el diagrama, fecha de elaboración, responsables del proceso y número de hoja.

En el diagrama se colocar el nombre a cada línea de flujo, las premezclas o preensambles fluyen desde líneas de izquierda a derecha hasta formar el producto final en la línea final del lado derecho, se debe enumerar cada operación, colocar breve descripción del lado derecho del símbolo, colocar del lado izquierdo el tiempo que requiere la operación, y la distancia que debe recorrer en caso de ser transporte y colocar símbolos de continuidad para cada línea al final de cada página e identificarlos con letras.

En el cuadro de resumen se debe: colocar todas las figuras utilizadas junto con el tipo de operación, indicar cuantas veces aparece cada figura en el diagrama, indicar el tiempo empleado para cada tipo de operación e indicar cuanta distancia se recorre en los transportes

## **Pasos para realizar un diagrama de flujo de un proceso:**

- Determine los principales componentes del proceso:

En este paso es necesario aclarar cuáles son las entradas del proceso y sus salidas, así como las actividades que se desarrollan en el mismo.

- Ordene las actividades:

El diagrama de procesos de negocio es un flujo, por lo que se necesita ordenar estas actividades. Haga una lista en orden cronológico.

- Elija los símbolos correctos para cada actividad:

Hay varias notaciones usadas para dibujar diagramas de flujos de procesos. Por lo tanto, al indicar correctamente cada tipo de actividad, utilizando los símbolos correctos, será mucho más fácil para cualquiera que esté familiarizado con los símbolos, poder entender el flujo rápidamente.

- Haga la conexión entre las actividades:

Para esto se utilizan conectores, normalmente flechas y líneas de puntos, o continuas.

- Indique el comienzo y el final del proceso:

Puede parecer trivial, pero a veces, las personas se olvidan de indicar cuándo el proceso comienza y cuándo termina. Y esta es una información muy importante para establecer límites para los propietarios de los procesos, gerentes y supervisores.

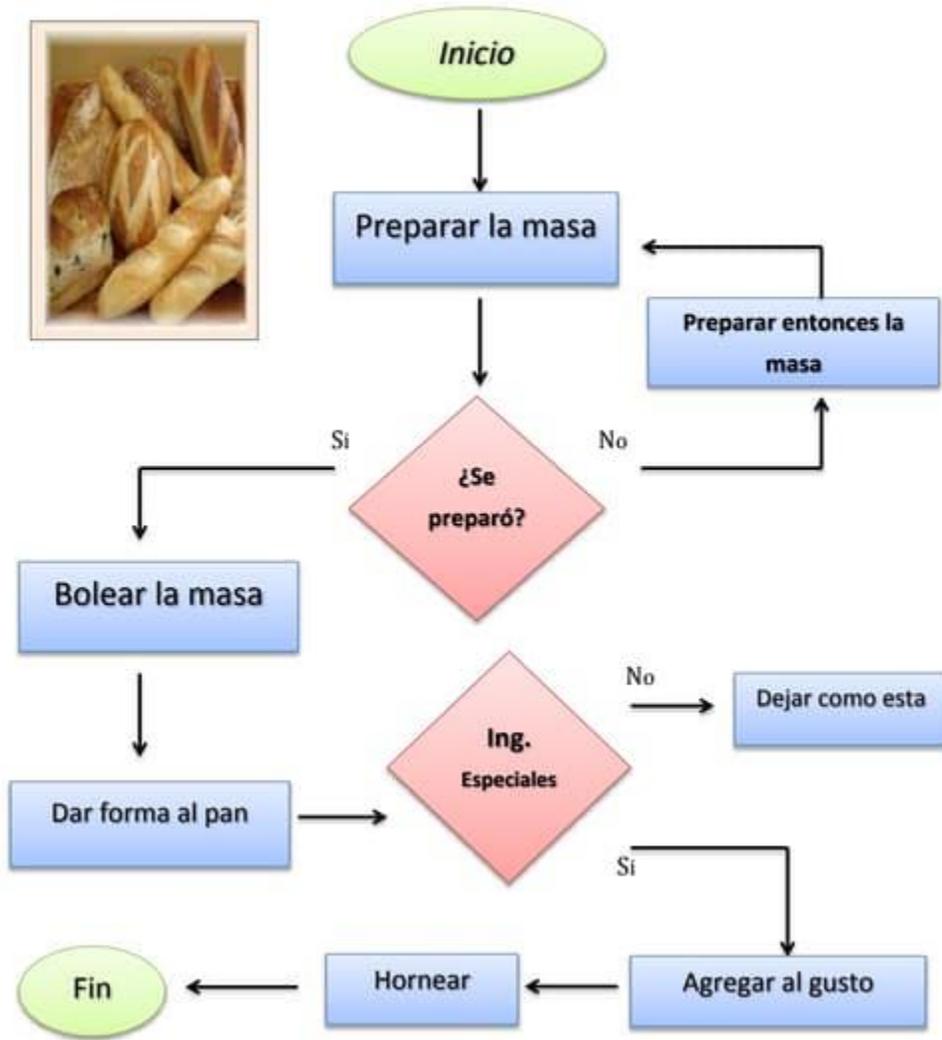
- Revise su diagrama de flujo de su proceso:

¿Usted acabó de dibujar su diagrama de flujo de procesos? ¡Ahora será fácil entender si es realmente así que ocurre! Revíselo, estúdielo nuevamente y asegúrese de que su representación gráfica del proceso aun es adecuada.

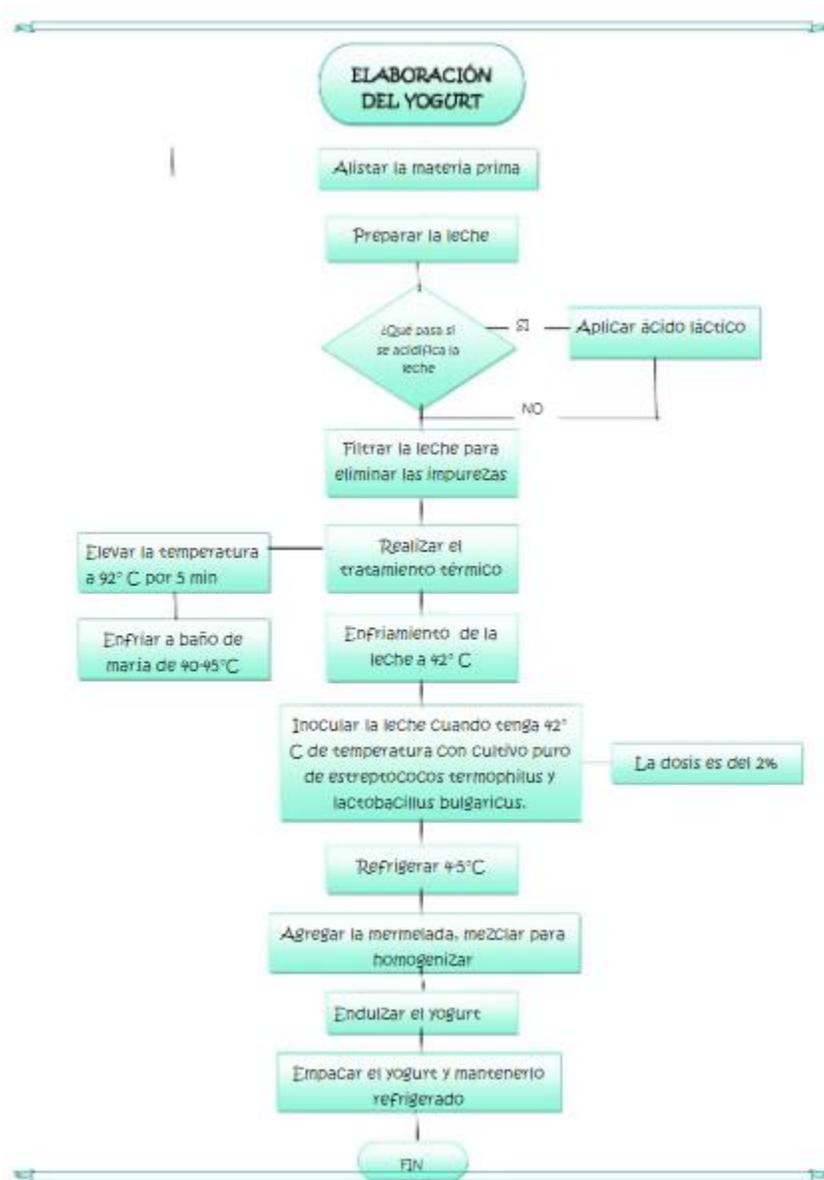
### **3. Ejemplo de la realización de un diagrama de flujo:**

**Ejemplo.1:** El diagrama de flujo es una herramienta muy versátil para representar el desarrollo de actividades de determinado proceso, la siguiente figura representa un diagrama de flujo para elaboración del pan.

### Elaboración del Pan



## Ejemplo No. 2 Diagrama de flujo de la elaboración del yogurt



Para la elaboración de los diagramas no se necesitan muchos recursos, una vez definido el proceso que se quiere representar se puede hacer a lápiz en una hoja de papel o a través de recursos digitales.

Si quieres usar recursos digitales y ya conoces que simbología implementar puedes usar herramientas sin conexión a internet como las que ofrece Microsoft office, como PowerPoint o incluso Word, solo tienes que insertar las formas que necesitas.

## HOJA DE TRABAJO NO. 1

Realice un diagrama de flujo de su trabajo, si no trabaja investigar un proceso agroindustrial, indicando el encabezado, el diagrama con una de su simbología y el cuadro de resumen en donde va el número de figura relacionado con el número de tiempo.

### REPORTE NO. 1

Instrucciones: Realice el siguiente diagrama de flujo a computadora indicando el encabezado, el diagrama con cada una de su simbología y el cuadro de resumen en donde va el número de figura relacionado con el número total de tiempo.

El gerente de producción de una fábrica de bloques de concreto le ha pedido a usted como asistente de producción que realice el diagrama de flujo del proceso productivo, con el propósito de mejorar la eficiencia de los operarios y bajar los costos de producción. La información proporcionada es la siguiente:

Las materias primas se reciben e inspeccionan antes de ingresar a la bodega, para comprobar que cumplan con las especificaciones requeridas. El proceso productivo inicia con el traslado de los materiales de la bodega hacia el área de producción (10 metros, 7 minutos). Se pesan las materias primas en una báscula según formulación: cemento 4.4 %, arena blanca 95.6 % y agua según sea necesaria (15 minutos). Se agrega a la mezcladora: 30 % de lo requiere la formulación de arena blanca (50 segundos), cemento (40 segundos), 70 % de lo requiere la formulación de arena blanca (1 min 35 segundos) y agua (40 segundos), se esperan 30 segundos para que se realice la mezcla. Se inspecciona la mezcla y se procede a realizar los bloques de concreto, se vacía el contenido de la mezcladora (7 segundos) y llena la tolva de la máquina de volteo (9 segundos), se toma la tabla y se coloca en la máquina (3 segundos), se llena el molde y se le aplica vibración para acomodar la mezcla (8 segundos), se voltea el molde y se hace vibrar para que la mezcla se compacte lo suficiente (8 segundos), se baja la mesa de la máquina (pedal y palanca) (4 segundos), llevar con cuidado la tabla al área de secado (16 segundos) y revisar el bloque. Esperar 12 horas para que sequen los bloques a la sombra, una vez secos se llevan al almacén de producto terminado.

## PRÁCTICA No. 2: CLASIFICACIÓN DE LOS FLUIDOS

### 1. Objetivos:

- Reconocer las características que puede poseer un fluido
- Determinar el número de Reynolds
- Analizar las propiedades de un Flujo Laminar
- Analizar las propiedades de un Flujo Turbulento

### 2. Marco Teórico:

#### Numero de Reynolds:

Es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos, diseño de reactores y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido. Su valor indica si el flujo sigue un modelo laminar o turbulento.

El número de Reynolds ( $Re$ ) es un parámetro adimensional cuyo valor indica si el flujo sigue un modelo laminar o turbulento.

El número de Reynolds depende de la velocidad del fluido, del diámetro de tubería, o diámetro equivalente si la conducción no es circular, y de la viscosidad cinemática o en su defecto densidad y viscosidad dinámica.

En una tubería circular se considera:

- $Re < 2300$  El flujo sigue un comportamiento laminar.
- $2300 < Re < 4000$  Zona de transición de laminar a turbulento.
- $Re > 4000$  El fluido es turbulento.

#### Determinación del Número de Reynolds:

La ecuación que se utiliza para calcular el número de Reynolds en un conducto de sección transversal circular es:

$$R_e = \frac{\text{Fuerzas Inerciales}}{\text{Fuerzas Viscosas}} = \frac{\rho * D * v}{\mu} = \frac{v * D}{\nu}$$

Donde:

$\rho$  = Densidad del fluido

$\mu$  = Viscosidad dinámica del fluido

$v$  = Velocidad del fluido

$D$  = Diámetro interno de la tubería

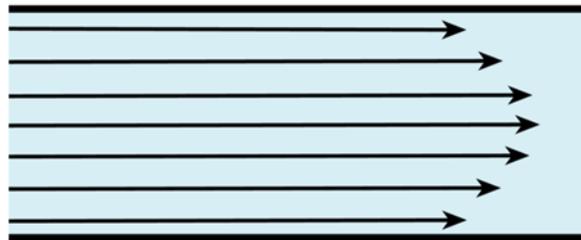
$\nu$  = Viscosidad cinemática del fluido

### Flujo laminar:

En la dinámica de fluidos, el flujo laminar se caracteriza por trayectorias suaves o regulares de partículas del fluido, en contraste con el flujo turbulento, que se caracteriza por el movimiento irregular de las partículas del fluido. El fluido fluye en capas paralelas (con una mezcla lateral mínima), sin interrupción entre las capas. Por lo tanto, el flujo laminar también se conoce como flujo aerodinámico o flujo viscoso.

El término flujo de línea de corriente es descriptivo del flujo porque, en el flujo laminar, las capas de agua que fluyen unas sobre otras a diferentes velocidades, prácticamente sin mezclarse entre capas, las partículas de fluido se mueven en rutas o líneas de corriente definidas y observables.

Cuando un fluido fluye a través de un canal cerrado como una tubería o entre dos placas planas, puede ocurrir cualquiera de los dos tipos de flujo (flujo laminar o flujo turbulento) dependiendo de la velocidad, la viscosidad del fluido y el tamaño de la tubería (o en el número de Reynolds). El flujo laminar tiende a ocurrir a velocidades más bajas y alta viscosidad.



## Flujo Turbulento:

En la dinámica de fluidos, el flujo turbulento se caracteriza por el movimiento irregular de partículas (se puede decir caótico) del fluido. A diferencia del flujo laminar, el fluido no fluye en capas paralelas, la mezcla lateral es muy alta y hay una interrupción entre las capas. La turbulencia también se caracteriza por recirculación, remolinos y aleatoriedad aparente. En el flujo turbulento, la velocidad del fluido en un punto está experimentando cambios continuos tanto en magnitud como en dirección.

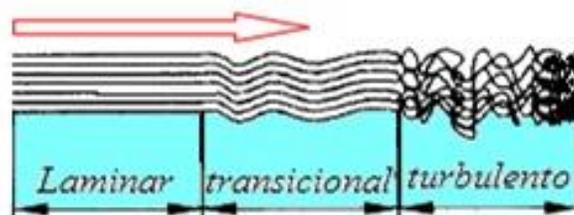
El conocimiento detallado del comportamiento del régimen de flujo turbulento es importante en ingeniería, porque la mayoría de los flujos industriales, especialmente los de ingeniería nuclear, son turbulentos. Desafortunadamente, el carácter altamente intermitente e irregular de la turbulencia complica todos los análisis. De hecho, a menudo se dice que la turbulencia es el "último problema no resuelto en la física matemática clásica".



## Flujo Transicional:

Flujo en transición: es aquel en el que hay algunas fluctuaciones intermitentes del fluido en un flujo laminar, aunque no es suficiente para caracterizar un flujo turbulento.

Es el flujo comprendido entre el flujo laminar y turbulento, realmente es el paso de flujo laminar a flujo turbulento.



### 3. Ejemplo determinación del número de Reynolds y clasificación del tipo de flujo.

Supongamos que tenemos un flujo de agua a través de una tubería con un diámetro de 0.1 m, y una velocidad de 2 m/s. La densidad del agua es aproximadamente 1000 kg/m<sup>3</sup> y su viscosidad dinámica es de 0.001 kg/m-s

$$Re = (\rho * V * L) / \mu = (1000 * 2 * 0.1) / 0.001 = 200000 / 0.001 = 200000000$$

En este caso, el número de Reynolds sería 200,000,000.

El número de Reynolds se utiliza para determinar si el flujo es laminar o turbulento. En general, para flujos con un número de Reynolds menor a 2,000 se considera laminar, entre 2,000 y 4,000 puede ser una transición, y por encima de 4,000 se considera turbulento. Sin embargo, estos valores pueden variar dependiendo del contexto y la geometría del objeto o tubería

## HOJA DE TRABAJO NO. 2

Instrucciones: Realizar los siguientes problemas y escribir con lapicero la respuesta que se le pide.

1. Un conducto de 2 "de diámetro lleva glicerina a 3 m/s a 25° C el flujo es laminar o turbulento?
2. Para una tubería con un diámetro interior de 2.067 pulgada, fluye agua a 303 kelvin, con una velocidad de 10 gal/min. Calcule el número de Reynolds.
3. Determine si el flujo es laminar o turbulento si fluye glicerina a 25°C en una tubería cuyo diámetro interno es de 150mm. La velocidad promedio del flujo es de 3.6 m/s.
4. Determine si el flujo es laminar o turbulento, si circula agua a 70°C en un tubo de cobre de 1pulg de diámetro interno. A razón de 285 L/min.
5. ¿Cuál es la diferencia entre un flujo másico y un volumétrico?
6. ¿Qué es la densidad de un Fluido?
7. ¿Qué es la viscosidad de un Fluido?
8. ¿Qué relación existe entre el área de sección transversal de una tubería con la velocidad lineal de un fluido?
9. ¿Qué es un fluido?
10. ¿Qué tipos de fluidos existen y defina cada uno de ellos?

## REPORTE NO. 2

Instrucciones: Realizar los siguientes problemas y dibujar el sistema con el tipo de fluido determinado.

### Problema No. 1:

Se desea determinar el número de Reynolds para el flujo de aire a través de un conducto de 5 cm de diámetro a una velocidad media de 10 m/s. La densidad del aire es 1.2 kg/m<sup>3</sup> y su viscosidad dinámica es 0.000018 kg/m-s.

### Problema No. 2:

Se tiene un tanque cilíndrico lleno de aceite (densidad  $\rho=850$  kg/m<sup>3</sup>) con un diámetro de 2 metros. El aceite fluye hacia fuera del tanque a través de un tubo de 10 cm de diámetro y una longitud de 5 metros. La viscosidad dinámica del aceite es  $\mu=0.08$  kg/m-s. La velocidad media del flujo de aceite en el tubo es de 3 m/s.

## PRÁCTICA No.3: BALANCE DE MASA

### 1. Objetivos:

- Determinar que es un balance de masa.
- Identificar la ecuación general del balance de masa.

### 2. Marco Teórico:

#### **Balance de Masa:**

Un balance de masa o de materiales es una secuencia de cálculos que permite llevar la cuenta de todas las sustancias que intervienen en un proceso de transformación, satisfaciendo la ley de la conservación de la masa, la cual establece que la materia se transforma, pero no se crea ni se destruye. Un balance de materia es, pues, una contabilidad de los materiales que toman parte del proceso.

Las sustancias pueden entrar, salir, producirse, acumularse o consumirse durante el proceso.

Para realizar los cálculos de balances de masa, es necesario recolectar información bien sea de las cantidades (en masa, en moles o en volumen) de las sustancias participantes o de los flujos de las mismas (velocidades másicas, molares o volumétricas), como también de las composiciones de las mezclas y de las condiciones de operación principalmente las presiones y las temperaturas.

#### **Proceso:**

Se entiende por proceso cualquier conjunto de operaciones que produce una transformación física o química en una sustancia o en un grupo de sustancias. Todas las sustancias que ingresan en un proceso reciben el nombre de alimentación o entrada, mientras que las que emergen del proceso se llaman producto o salida.

Un proceso puede estar constituido por varias unidades de proceso, recibiendo este nombre cualquier aparato o sitio donde se lleve a cabo una operación de transformación.

#### **Clasificación de los procesos:**

Los procesos químicos se clasifican de dos maneras: la primera, teniendo en cuenta los flujos de las corrientes que intervienen en el proceso, y la segunda, considerando los cambios de las variables de proceso, con relación al tiempo, en cualquier punto del mismo.

Según la primera consideración, se clasifican así: intermitentes (batch) que son aquellos en los cuales la alimentación se introduce en el equipo, se realiza el proceso y por último se retira el producto; continuos en los cuales permanentemente entra alimentación y sale producto del proceso; semi intermitentes siendo aquellos que no se pueden clasificar ni como continuos ni como intermitentes. Atendiendo la segunda consideración, se clasifican como estacionarios, o en régimen permanente, cuando no cambian considerablemente con el tiempo las variables de proceso (temperaturas, presiones, volúmenes, velocidades de flujo) en un determinado punto del proceso y transitorios que son aquellos procesos en los cuales alguna variable cambia con el tiempo. Los procesos intermitentes y semi intermitentes son transitorios y los procesos continuos pueden ser transitorios o estacionarios.

### **Ecuación General de Balance de Masa:**

Una manera más simple de visualizar un balance de masa, es verlo como un conteo total de todas las entradas y salidas de masa a un sistema, así como la acumulación de ésta (de existir en el sistema a estudiar).

Los balances de masa son muy importantes, ya que son la base para cálculos mucho más avanzados, además de darnos información sobre las concentraciones másicas de las tuberías que forman parte del estudio y calcular por ende los tamaños de los equipos que forman parte de un proceso, de modo que permiten estimar costos.

Sistema Abierto:

$$\Sigma \text{ masa que se acumula en el sistema} = \Sigma \text{ masa que entra al sistema} + \Sigma \text{ masa producido en el sistema} - \Sigma \text{ masa que sale del sistema} - \Sigma \text{ masa producido en el sistema}$$

Sistema estacionario:

$$\Sigma \text{ masa que entra al sistema} = \Sigma \text{ masa que sale del sistema}$$

### **Corrientes:**

Las corrientes representan la entrada y salida de masa a los sistemas. Se representan como líneas con flechas que indican el sentido del flujo (si entra o sale). Las corrientes son muy importantes en el balance de masa, ya que permiten obtener datos y calcular valores de entrada o salida de un sistema al aplicar el balance, así como también, caracterizar tanto las entradas como las salidas de masa de un sistema.

# Balance de masa

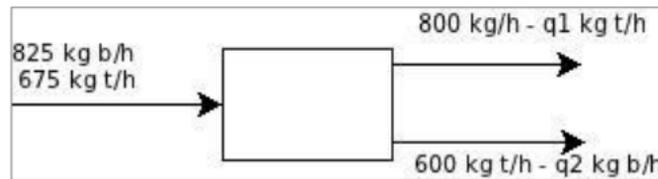
Ley de conservación de la materia

La masa no se crea ni se destruye, sólo se transforma



### 3. Ejemplos de Balance de Masa:

1. 1500 kg/h de una mezcla de benceno y tolueno que contiene 55% en masa de benceno se separan, por destilación, en dos fracciones. La velocidad de flujo másico del benceno en la parte superior del flujo es de 800 kg/h y la del tolueno en la parte inferior del flujo es de 600 kg/h. La operación se lleva a cabo en régimen permanente. Escriba los balances del benceno y del tolueno para calcular las velocidades de flujo no conocidas de los componentes en los flujos de salida.



El proceso se efectúa en régimen permanente y por eso el término acumulación de los balances de masa es cero. Como no ocurren reacciones químicas, los términos de producción y consumo son iguales a cero. Por lo tanto, la ecuación de balance de masa toma la forma: Entrada = salida.

$$\Sigma \text{ masa que entra al sistema} = \Sigma \text{ masa que sale del sistema}$$

Balance parcial de masa de benceno:  $825 \text{ kg b/h} = 800 \text{ kg b/h} + q_2 \rightarrow q_2 = 25 \text{ kg b/h}$

Balance parcial de masa de tolueno:  $675 \text{ kg t/h} = q_1 + 600 \text{ kg t/h} \rightarrow q_1 = 75 \text{ kg t/h}$

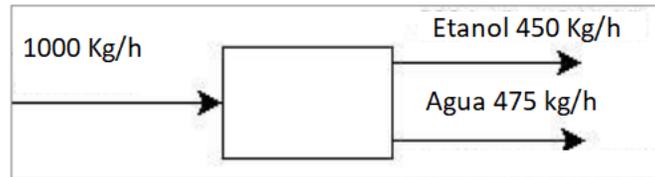
Comprobación: Balance total de masa:

$$1500 \text{ kg/h} = 800 \text{ kg/h} + q_1 + q_2 + 600 \text{ kg/h} \rightarrow$$

$$1500 \text{ kg/h} = 800 \text{ kg/h} + 75 \text{ kg/h} + 25 \text{ kg/h} + 600 \text{ kg/h} \rightarrow$$

$$1500 \text{ kg/h} = 1500 \text{ kg/h}$$

2. Cada hora se separan, por destilación en dos fracciones, 1000 Kg de mezcla de Etanol (x) y Agua (Y) que contiene 50% de Etanol por masa. La velocidad del flujo másico del Etanol en la corriente superior es de 450 Kg/h y la de agua en la corriente inferior es de 475 Kg/h. La operación se encuentra en estado estacionario. Escriba los balances del Etanol y Agua para calcular las velocidades de flujo desconocidas de los componentes en las corrientes de salida.



El proceso se efectúa en régimen permanente y por eso el término acumulación de los balances de masa es cero. Como no ocurren reacciones químicas, los términos de producción y consumo son iguales a cero. Por lo tanto, la ecuación de balance de masa toma la forma: Entrada = salida.

**$\Sigma$  masa que entra al sistema =  $\Sigma$  masa que sale del sistema**

Balance parcial de masa de Etanol:  $500 \text{ kg /h} = 450 \text{ kg /h} + Y \rightarrow Y = \mathbf{50 \text{ kg /h}}$   
 Balance parcial de masa de Agua:  $500 \text{ kg /h} = X + 475 \text{ kg /h} \rightarrow X = \mathbf{25 \text{ kg /h}}$

Comprobación: Balance total de masa:

$$1000 \text{ kg/h} = 450 \text{ kg/h} + x + y + 475 \text{ kg/h} \rightarrow$$

$$1000 \text{ kg/h} = 450 \text{ kg/h} + 50 \text{ kg/h} + 25 \text{ kg/h} + 475 \text{ kg/h} \rightarrow$$

$$1000 \text{ kg/h} = 1000 \text{ kg/h}$$

### HOJA DE TRABAJO NO. 3

Instrucciones: Conteste los siguientes enunciados:

1. ¿Qué es un proceso Balanceado?
2. ¿Cuál es la ecuación general del balance de masa?
3. ¿En qué consiste la ley de la conservación de la masa y energía?
4. ¿Qué variables son importantes considerar al realizar un balance de masa en un sistema cerrado?
5. Da un ejemplo específico de un proceso industrial donde se aplique el balance de masa en Guatemala y explique porque?
6. ¿Qué es un proceso intermitente o por lotes? De dos ejemplos.
7. ¿Qué es un proceso Continuo? De dos ejemplos.
8. ¿Qué es un proceso semicontinuo? De dos ejemplos.
9. ¿Qué son los grados libertad y para qué sirven?
10. ¿Cuáles son algunos de los desafíos comunes al realizar un balance de masa?
11. ¿Qué medidas se pueden tomar para minimizar errores en el cálculo del balance de masa?
12. Cada hora se separan, por destilación en dos fracciones, 1200 Kg de mezcla de Benceno y Tolueno que contiene 40% de Benceno por masa. La velocidad del flujo másico del Benceno en la corriente superior es de 400 Kg/h y la de Tolueno en la corriente inferior es de 600 Kg/h. La operación se encuentra en estado estacionario. Escriba los balances del Benceno y Tolueno para calcular las velocidades de flujo desconocidas de los componentes en las corrientes de salida.
13. 1400 kilogramos por hora de una mezcla de Etanol y Agua que contiene 75% en masa de Etanol se separan, por destilación, en dos fracciones. La velocidad de flujo másico del Etanol en la parte superior del flujo es de 800 kg/h y la del Agua en la parte inferior del flujo es de 150 kg/h. La operación se lleva a cabo en régimen permanente. Escriba los balances del Etanol y del Agua.
14. 2500 kilogramos por hora de una mezcla de benceno y tolueno que contiene 65% en masa de benceno se separan, por destilación, en dos fracciones. La velocidad de flujo másico del benceno en la parte superior del flujo es de 1000 kg/h y la del tolueno en la parte inferior del flujo es de 600 kg/h. La operación se lleva a cabo en régimen permanente. Escriba los balances del benceno y del tolueno.
15. En un proceso de destilación se requiere purificar una solución de alcohol etílico en agua. Conociendo que la alimentación al destilador es 5000 Kg/h, la concentración del etanol destilado es del 80% y la velocidad del etanol en solución acuosa de salida superior es de 3000 Kg y la del agua en la salida inferior es de 150, determinar la rata de salida de las corrientes.

## REPORTE NO. 3

Instrucciones: Realizar el siguiente problema y dibujar su diagrama de balance indicando sus flujos de entrada y salida.

### Problema No. 1:

Se tienen dos corrientes de agua que entran a un tanque. La primera corriente tiene un caudal de  $5 \text{ m}^3/\text{h}$  y una concentración de sal de  $2 \text{ g/L}$ . La segunda corriente tiene un caudal de  $3 \text{ m}^3/\text{h}$  y una concentración de sal de  $4 \text{ g/L}$ . Si la mezcla de las corrientes sale del tanque a un caudal de  $7 \text{ m}^3/\text{h}$ , ¿cuál es la concentración de sal en la salida del tanque?

## **PRÁCTICA No.4: OPERACIONES UNITARIAS**

### **1. Objetivos**

1. Identificar el concepto de operación unitaria.
2. Identificar que tipos de operaciones unitarias existen.
3. Comprender la clasificación de las operaciones unitarias en la industria.

### **2. Marco Teórico**

#### **Operaciones Unitarias**

Cuando en la industria química o áreas afines se quiere preparar o sintetizar algún producto a partir de materia prima por medio de un proceso largo y complicado, resulta conveniente dividir este proceso en etapas individuales simples que sean fáciles de analizar por separado. Estas etapas individuales que involucran un solo cambio o transformación se denominan operaciones unitarias.

Se define como un área del proceso o equipo donde se incorporan materiales, insumos o materias primas y ocurre una función determinada ya sean actividades básicas que forman parte del proceso.

Una operación unitaria puede involucrar cambios tanto físicos como químicos. Estos cambios pueden ser muy variados e ir desde algo tan simple como el secado de un producto sólido, hasta una reacción controlada de polimerización catalizada en un reactor químico.

La ingeniería química se basa en las operaciones unitarias. De hecho, la forma en que estas se relacionan entre sí y los equipos que se utilizan en ellas, proporcionan la base para el diseño, construcción y control de las plantas químicas.

Generalmente un proceso puede descomponerse en la siguiente secuencia:

- Materias Primas
- Operaciones físicas de acondicionamiento.
- Reacciones químicas.
- Operaciones físicas de separación.
- Productos.



### **Tipos de Operaciones Unitarias:**

Las operaciones unitarias son muy variadas y se pueden clasificar según cuatro criterios diferentes. Estos son:

- El tipo de transporte que las gobiernan.
- Según su naturaleza.
- Su régimen de trabajo.
- El fin que persiguen.

### **Clasificación de las Operaciones Unitarias:**

Para la clasificación de las operaciones unitarias se atiende a la propiedad que predomina en una transformación. En base a ello la clasificación se realiza en los siguientes grupos:

Operaciones unitarias físicas.

Operaciones unitarias químicas.

De transferencia de materia.

De transferencia de energía.

De transferencia de cantidad de movimiento.

Complementarias.

1. Flujo de fluidos. Estudia los principios que determinan el flujo y transporte de cualquier fluido de un punto a otro.

2. Transferencia de calor. Esta operación unitaria concierne a los principios que gobiernan la acumulación y, transferencia de calor y de energía de un lugar a otro.

3. Evaporación. Este es un caso especial de transferencia de calor, que estudia la evaporación de un disolvente volátil (como el agua), de un soluto no volátil como la sal o cualquier otro tipo de material en solución.

4. Secado. Separación de líquidos volátiles casi siempre agua de los materiales sólidos.

5. Destilación. Separación de los componentes de una mezcla líquida por medio de la ebullición basada en las diferencias de presión de vapor.

6. Absorción. En este proceso se separa un componente gaseoso de una corriente por tratamiento con un líquido.

7. Separación de membrana. Este proceso implica separar un soluto de un fluido mediante la difusión de este soluto de un líquido o gas, a través de la barrera de una membrana semipermeable, a otro fluido.

8. Extracción líquido-líquido. En este caso, el soluto de una solución líquida se separa poniéndolo en contacto con otro disolvente líquido que es relativamente inmisible en la solución.

9. Adsorción. En este proceso, un componente de una corriente líquida o gaseosa es retirado y adsorbido por un adsorbente sólido.

10. Lixiviación líquido-sólido. Consiste en el tratamiento de un sólido finamente molido con un líquido que disuelve y extrae un soluto contenido en el sólido.

11. Cristalización. Se refiere a la extracción de un soluto, como la sal, de una solución por precipitación de dicho soluto.

12. Separaciones físico-mecánicas. Implica la separación de sólidos, líquidos o gases por medios mecánicos, tales como filtración, sedimentación o reducción de tamaño, que por lo general se clasifican como operaciones unitarias individuales.

### **Fundamentos científicos de las operaciones unitarias**

Para el estudio de las operaciones unitarias, son fundamentales diversos principios científicos y técnicas. Algunos de ellos son leyes físicas y químicas elementales tales como la conservación de la masa y energía, equilibrios físicos, cinética y ciertas propiedades de la materia. Su uso general se describe en el resto de este capítulo. Otras técnicas especiales y de importancia en ingeniería química serán estudiadas en dos lugares pertinentes del texto.

Las operaciones unitarias son aplicables a muchos procesos tanto físicos como químicos. Por ejemplo, el proceso empleado para la manufactura de la sal común consiste en la siguiente secuencia de operaciones unitarias: transporte de sólidos y líquidos, transferencia de calor, evaporación, cristalización, secado y tamizado. En este proceso no intervienen reacciones químicas. Por otro lado, el cracking del petróleo, con o sin ayuda de un catalizador, es una reacción química típica realizada a gran escala. Las operaciones unitarias que se efectúan en este proceso —transporte de fluidos y sólidos, destilación y separaciones mecánicas diversas— son todas de una importancia vital y la reacción de cracking no podría realizarse sin ellas. Las etapas químicas se llevan a cabo controlando el flujo de materia y energía hacia y desde la zona de reacción.

## HOJA DE TRABAJO NO. 4

Instrucciones: Conteste los siguientes enunciados:

1. ¿Qué son las operaciones unitarias en ingeniería?
2. ¿Cuál es la diferencia entre operaciones unitarias y procesos unitarios?
3. Explica el concepto de transferencia de masa en el contexto de las operaciones unitarias.
4. ¿Qué papel juegan las operaciones unitarias en la optimización de procesos industriales?
5. ¿Cuál es la diferencia entre evaporación y destilación como operaciones unitarias?
6. ¿Qué es la destilación?
7. ¿Dibuje e indique las partes de un equipo de una torre de destilación?
8. ¿Qué tipos de destilación existen?
9. Explica cómo funciona la operación unitaria de evaporación y 2 menciones aplicaciones industriales.
10. ¿Qué es el secado?
11. ¿Qué tipo de equipos de secado se utilizan?
12. ¿Indique que diferencia hay entre las operaciones unitarias de absorción y adsorción?
13. ¿En qué consiste la operación unitaria de filtración?
14. ¿Qué tipos de filtración existen y explique cada uno de ellos?
15. ¿Qué es la deshidratación y como se utiliza en la industria?
16. ¿Qué es la extracción líquido- líquido?
17. ¿Qué es la cristalización como operación unitaria?
18. ¿Indique 5 Operaciones unitarias que no se vieron en clase?
19. ¿Cuáles son las operaciones unitarias más utilizadas en Guatemala?
20. ¿Qué operaciones unitarias existen en la industria del café?

## **REPORTE NO. 4**

Instrucciones: Realizar un diagrama de flujo sobre un ingenio azucarero, en función de todas sus operaciones unitarias y tiempos de operación. El diagrama tiene que indicar el encabezado, el diagrama con una de su simbología y el cuadro de resumen en donde va el número de figura relacionado con el número de tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Cengel, Y. y Boles, M. TERMODINÁMICA. Sexta edición. McGraw Hill. Interamericana Editores, S.A. de C.V. 2009.
2. CÓRDOVA Teodoro. Diagrama de Flujo de Datos. Disponible en: <http://www.monogramfias.com/trabajos-PDF/Diagrama-de-flujo-SHTML-18K-añoIII.No.31.junio 2003>
3. Felder, R. y Rousseau, R. PRINCIPIOS ELEMENTALES DE LOS PROCESOS QUÍMICOS.
4. Geankoplis C.J. 1998. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. Cia. Editorial Continental.
5. Mc Cabe, W. L., Smith J.C. y Harriott, P. (2002). Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Ed. Mc Graw Hill
6. Perry, J. MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO. Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana