



Universidad de Chile  
Facultad de Cs. Físicas y Matemáticas  
Laboratorio de Fluidodinámica y Procesos



# **INFORME DE LABORATORIO N° 1**

Cinética de Reacciones

CI41B – Ingeniería Ambiental

Nota Informe Final:

Nombres:

Alumno 1

Alumno 2

Alumno 3

Ayudante  
encargado:

Ayudante

Observaciones:

Fecha realización:

Fecha de entrega:

## 1. Introducción a la cinética de reacciones

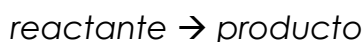
---

No todas las reacciones químicas alcanzan el equilibrio en forma rápida. Reacciones químicas que dependen del tiempo se denominan **reacciones cinéticas**. Existen muchos casos en ingeniería ambiental en los cuales la reacción de un contaminante u otra sustancia depende del tiempo transcurrido. Algunos ejemplos son:

- 💧 Remoción de materia orgánica en agua
- 💧 Crecimiento de masas biológicas
- 💧 Decaimiento radioactivo
- 💧 Desinfección química
- 💧 Reacciones químicas de residuos industriales

La tasa de reacción,  $k$ , es un término usado para describir la formación o desaparición de una sustancia (o especie química). Reacciones como una oxidación biológica o desinfección, las cuales ocurren en una fase única (gas, líquido o sólido) se denominan *homogéneas*. Aquellas como los intercambios iónicos y adsorción, las cuales ocurren con intercambios de fases se denominan *heterogéneas*.

Las reacciones resultan de la pérdida de un reactante y la ganancia o formación de un producto. En forma esquemática esto se puede ver de la siguiente manera:

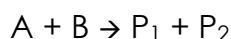


La tasa a la cual ocurre esta reacción tiene unidades de concentración por tiempo, es decir,  $[M/L^3 \cdot T]$ . Ejemplos de estas unidades son  $[mg/l^3s]$  o  $[mol/cc \cdot s]$

## 2. Reacciones de segundo orden

---

Consideremos dos moléculas del tipo A y B, podemos observar que a través del tiempo la siguiente reacción se lleva a cabo:



Donde  $P_1$  y  $P_2$  son los productos de la reacción entre A y B. Consideremos el siguiente escenario. Supongamos una molécula de A rodeada de muchas moléculas de B. La probabilidad de que la molécula A reaccione con alguna molécula B sería proporcional a la cantidad de moléculas de B presentes en la solución. Si consideramos ahora un conjunto de moléculas del compuesto A, la probabilidad de reacciones es proporcional al total de moléculas de A y B, es decir, la

tasa de reacción es proporcional a la multiplicación de las concentraciones del compuesto A y B. Este escenario da origen a la *cinética bimolecular* o cinética de segundo orden:

$$-r_A = -\frac{d[A]}{dt} = k[A][B] = \frac{d[B]}{dt} = r_B$$

Para analizar estas ecuaciones supongamos que x representa la cantidad (en moles de los reactantes A y B que han reaccionado. De esta manera, si  $[A]_0$  y  $[B]_0$  representan las cantidades iniciales de los reactantes A y B se tiene que:

$$[A] = [A]_0 - X \quad \text{y} \quad [B] = [B]_0 - X$$

Donde [A] y [B] son las concentraciones A Y B en el tiempo. Se tiene además que:

$$\frac{d[A]}{dt} = \frac{d([A]_0 - X)}{dt} = -\frac{dx}{dt}$$

Juntando todas las ecuaciones anteriores se obtiene la siguiente ecuación:

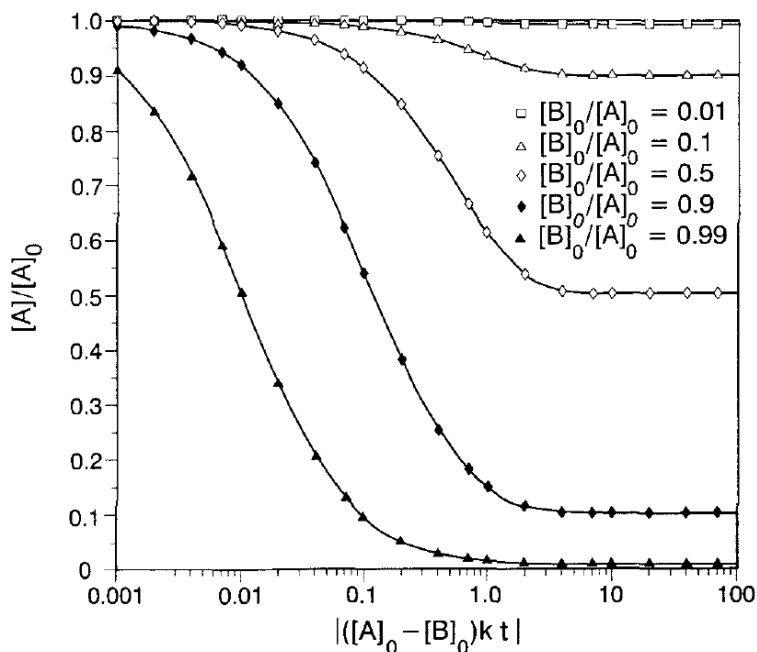
$$\frac{dx}{dt} = k([A]_0 - X) \cdot ([B]_0 - X)$$

La cual, integrando, en  $t = 0$  y  $x = 0$ ;

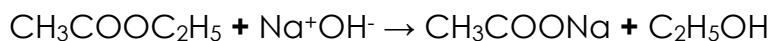
$$\frac{1}{[A]_0 - [B]_0} \cdot \ln \left( \frac{[B]_0 \cdot ([A]_0 - X)}{[A]_0 \cdot ([B]_0 - X)} \right) = k \cdot t$$

En la figura 1 se muestra un gráfico que ilustra el cambio de la concentración del compuesto A a través del tiempo:

**Figura 1**  
**Cambio de concentración en A debido a una reacción de segundo orden**  
**entre A y B. Caso  $[A]_0 > [B]_0$ .**



La reacción estudiada en ésta práctica es la del acetato de etilo con hidróxido de sodio, la cual tendrá como productos acetato de sodio y alcohol etílico



### 3. Objetivos de la experiencia

El objetivo general de este experimento es describir parte de la reacción del acetato de etilo con NaOH encontrando la tasa de reacción de la reacción mencionada en el punto anterior para una determinada temperatura.

Además se espera introducir al alumno dentro de la química de la cinética de reacciones.

#### 3.1 Medición de tasas... ¿pero cómo?

No se puede medir la masa de la reacción sin alterar el proceso de transformación, por eso es necesario contar con un indicador.

La conductividad, o capacidad de una solución ionizada para transportar corriente eléctrica, resulta ser un indicador adecuado del seguimiento de esta reacción. En este experimento el NaOH y el acetato de sodio contribuirán la

conductividad de la solución. En un principio sólo el NaOH aportará a la conductividad, como continúe la reacción se comienza a formar acetato de sodio consumiendo el NaOH, resultando en diferentes niveles de conductividad. El consumo de NaOH se puede encontrar según la siguiente expresión:

$$\frac{C(t)}{C_{A0}} = \frac{k(t) - k_{\infty}}{k_0 - k_{\infty}}$$

Donde:

$C(t)$  = Concentración de NaOH al tiempo  $t$

$C_{A0}$  = Concentración inicial de NaOH

$k(t)$  = Conductividad de la solución al tiempo  $t$

$k_0$  = Conductividad inicial de la solución

$k_{\infty}$  = Conductividad al final de la reacción

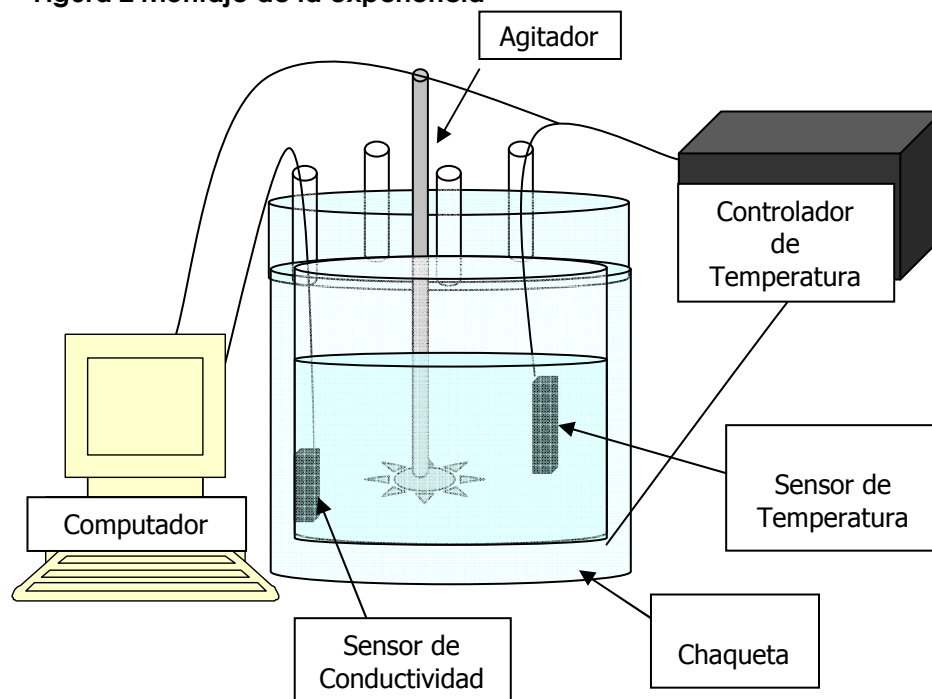
Para obtener datos confiables, se realizan experimentos a escalas pequeñas de manera de obtener condiciones de operación cercanas a las ideales, como por ejemplo:

1. Agitación perfecta, es decir la concentración de un reactivo o producto y la temperatura son las mismas en cualquier posición del reactor.
2. La concentración solamente cambia por reacción y no por cambio de volumen.

### 3.2 Equipos y materiales

- Reactor Batch agitado, con chaqueta.
- 1 matraz aforado de un l [l]
- 1 balanza
- 1 vaso precipitado de 100 [ml]
- Sensores de conductividad y temperatura
- Módulo CASSY C e interfaces
- PC y Software CASSY-Lab
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Acetato de Etilo
- Agua destilada

**Figura 2 Montaje de la experiencia**



#### 4. Procedimiento

---

- Disponer el reactor con agitador con los respectivos sensores (temperatura y conductímetro). El reactor debe estar limpio (utilizar agua destilada para lavarlo).
- Prepara 1 litro de solución 0,1M de NaOH en un matraz de 1 litro aforado. Luego, depositar la solución en el reactor. Utilizar agua destilada.
- Nota:  $0,1M = 0,1 \text{ molar} = 0,1 \text{ (moles de NaOH / litro)}$ , considerando el peso molecular del NaOH  $\sim 4[\text{gr}]$
- Mantener con agitación la solución en el reactor, y esperar a alcanzar la temperatura deseada.
- Finalmente, agregar 0,2 moles de acetato de etilo lo más rápido posible y, al mismo tiempo, comenzar la toma de datos en el computador.
- Nota: 0,2 moles de acetato de etilo corresponden a 17.62 gr de acetato de etilo puro.
- Finalizar la toma de datos cuando la conductividad alcance un valor estable (constante).

#### 5. Puntos a considerar en el informe

---

Determinación de la constante cinética de reacción para una determinada, investigar en la literatura el efecto de la temperatura en esta constante, junto con las discusiones y comentarios con respecto a la obtención de esta constante.