

# Universidad Autónoma de Guadalajara

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO  
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**"INFLUENCIA DE LA POSICION DE ENTRADAS Y SALIDAS EN LA  
DISTRIBUCION DE TIEMPOS DE RESIDENCIA EN UN REACTOR  
CON AGITACION DE DOBLE ASPA."**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

PRESENTA

**ROBERTO GARCIA MEDINA**

Asesor: I.Q. María del Consuelo López Limón

GUADALAJARA, JALISCO. 1987



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN		I
NOMENCLATURA		III
CAPÍTULO I	: TEORÍA	1
CAPÍTULO II	: DESARROLLO EXPERIMENTAL	12
CAPÍTULO III	: RESULTADOS OBTENIDOS	15
CAPÍTULO IV	: TRATAMIENTO ESTADÍSTICO	29
CAPÍTULO V	: CONVERSIÓN PARA UNA REACCIÓN IRREVERSIBLE DE PRIMER ORDEN	45
CAPÍTULO VI	: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
RESUMEN		52
CONCLUSIONES		54
BIBLIOGRAFÍA		55
APÉNDICES		
APÉNDICE 1	: Especificaciones del Equipo	57
APÉNDICE 2	: Desarrollo del Experimento	62
APÉNDICE 3	: Recopilación de Datos y Cálculos preliminares	64
APÉNDICE 4	: Tratamiento Estadístico	77
APÉNDICE 5	: Ejemplificación de Cálculos	80
APÉNDICE 6	: Calibración del rotámetro	84

## INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN

El análisis ingenieril de los reactores químicos implica tres aspectos esenciales:

- 1.- La Distribución de los Tiempos de Residencia (DTR)
- 2.- El estudio de la reacción química.
- 3.- El concepto de mezclado.

Es en el primero y en el último puntos en donde halla fundamento esta tesis.

El enfoque que se ha dado, es la aplicación de un método de estímulo-respuesta, mediante el cual será posible conocer la Distribución de los Tiempos de Residencia (DTR) en el reactor y así se tendrá una idea de su comportamiento y características principales.

Mas tarde, usando un tratamiento estadístico se comparará al reactor con un modelo de mezcla completa ideal y se concluirá sobre la mejor combinación de la posición de entradas y salidas, dentro de las consideradas por el experimento.

Como aspecto adicional, se calculará la conversión de una reacción de primer orden irreversible, tanto en el equipo, como en el modelo ideal.

Las herramientas básicas a usar son: un reactor con un sistema de agitación de doble aspa, un trazador o colorante y la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov. Este tratamiento, también será usado para probar la repetitividad de los datos.

El uso del reactor con alta relación L/D y agitador de doble aspa, es lo que diferencia este trabajo de otros similares que se han realizado previamente en nuestra Escuela.

## NOMENCLATURA

## NOMENCLATURA

- a : Diferencia máxima en el punto de discontinuidad entre  $F(x) - \tilde{F}(x)$ , considerada como valor absoluto. En el apéndice V, se le considera también como una constante en la e--cuación del caudal del rotámetro.
- A1, a1 : Diferencia en el punto de discontinuidad - entre  $F(x) - \tilde{F}(x)$  considerando el valor absoluto de la diferencia.
- A2, a2 : Diferencia en el punto de discontinuidad - entre  $F(x) - \tilde{F}(x)$  considerando el valor absoluto de la diferencia.
- b : Diferencia máxima en el punto de discontinuidad entre  $F(x) - \tilde{F}(x)$ , considerada como valor absoluto. En el apéndice V, se le con--sidera también como una constante en la e--cuación del caudal del rotámetro.
- B1, b1 : Diferencia en el punto de discontinuidad - entre  $F(x) - \tilde{F}(x)$  considerando el valor absoluto de la diferencia.
- $\bar{C}$  : Concentración promedio del sistema (mol/l)
- $C_A$  : Concentración de A en la reacción (mol/l)
- $\bar{C}_A$  : Concentración media de A en el sistema en - (mol/l)
- $C_{AO}$  : Concentración inicial del reactante A en - (mol/l)
- $C(t)$  : Concentración en función del tiempo (mol/l)
- D : Parámetro comparativo para la prueba esta--dística.
- dt : Diferencial de tiempo (unidades de tiempo)
- DTR : Distribución de tiempos de Residencia.
- E : Función de distribución de salida.
- $E_\theta$  : Función de distribución de salida en función de  $\theta$  . Adimensional.



- EDTA1 : Función acumulada  $E_{\theta} \Delta \theta$  para la corrida.
- EDTA2 : Función acumulada  $E_{\theta} \Delta \theta$  para el modelo de mezcla completa ideal.
- EDTAP : Función acumulada  $E_{\theta} \Delta \theta$  para el promedio de corrida y réplica.
- EDT1 :  $E_{\theta} \Delta \theta$  para la corrida.
- EDT2 :  $E_{\theta} \Delta \theta$  para la réplica.
- EDTM :  $E_{\theta} \Delta \theta$  media para el modelo de mezcla completa ideal.
- EDTP :  $E_{\theta} \Delta \theta$  media de corrida y réplica.
- ET1 :  $E_{\theta}$  de la corrida.
- ET2 :  $E_{\theta}$  de la réplica.
- ETM :  $E_{\theta}$  para el modelo ideal.
- ETP :  $E_{\theta}$  medio de corrida y réplica.
- $F(x), \bar{F}(x)$  : Distribución de frecuencias acumuladas.
- $k_1, k$  : Constante cinética.
- $L1, L2$  : Absorbancia de corrida y réplica respectivamente.
- LM : Absorbancia media de corrida y réplica.
- No. : Número de muestra.
- $P(t)$  : Probabilidad de residencia en el reactor, en un tiempo "t", de una partícula.
- Q : Caudal de flujo (ml/s)
- $(-r_A)$  : Velocidad de reacción
- t : Tiempo (unidades de tiempo)
- $\bar{t}$  : Tiempo medio de residencia (unidades de tiempo)
- TETA : Parámetro adimensional =  $t/\bar{t}$
- V : Volumen del tanque (l o ml)
- $X_A$  : Conversión del reactante A.
- XAM,  $\bar{X}_A$  : Conversión media en el reactor.
- $\alpha$  : Nivel de significancia esta--

dística.

- $\theta$  : Véase TETA.
- $\zeta$  : Tiempo espacial (unidades de tiempo)
- $\Delta h$  : Diferencia de altura (unidades arbitra--  
rias) en el rotámetro.
- $\Delta t$  : Incremento de tiempo.(unidades de tiempo)
- $\Delta\theta$  : Incremento de TETA.

## CAPÍTULO I

## TEORÍA

## A.- DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE RESIDENCIA EN UN REACTOR DE MEZCLA COMPLETA. (Referencias: 1, 2, 3, 5, 8 y 11)

Los fundamentos teóricos del estudio de los reactores químicos están en base a modelos de flujo idealizados y, aunque el comportamiento real de los reactores - nunca se ajusta con exactitud a estas situaciones, los mejores diseños se aproximan tanto, que podrían ser considerados, sin incurrir en un error apreciable, como ideales. Sin embargo, en el caso contrario, las desviaciones de la idealidad son tales, que el reactor opera con una ineficiencia total debido, entre otras cosas a factores - como: la formación de zonas estancadas o muertas, a defectos en el proceso de mezclado, a canalizaciones del flujo, etc .

Es por eso que el propósito de la tesis se circunscribe a la comparación del modelo de mezcla creado por este equipo con el modelo ideal y a buscar la mejor combinación de la posición de entradas y salidas, dentro de un conjunto de éstas, que se experimentan.

Si se supiera exactamente lo que ocurre en el interior del reactor, sería fácil predecir su comportamiento.

Pero, como es imposible obtener todo lo que la anterior frase implica, se buscará la información del tiempo que permanece cada partícula en el recipiente, ya que los distintos elementos del fluido siguen caminos diferentes a lo largo del reactor, lo que causa que todos - salgan a diversos tiempos. Esto es, el concepto conocido

como Distribución de los Tiempos de Residencia (DTR).

La determinación del DTR es sencilla y directa en base a una técnica de estímulo-respuesta.

Dicho método utiliza un trazador o colorante que reúna las siguientes características:

- 1.- Que sea totalmente miscible y físicamente similar al fluido en que se encuentre.
- 2.- Detectable, aún a bajas concentraciones, para evitar interferencias con el fluido normal.
- 3.- Su medición debe ser linealmente proporcional a la concentración y realizarse de manera sencilla y clara.
- 4.- No debe adsorberse, ni absorberse, en ninguno de los elementos presentes en el sistema.
- 5.- Debe ser químicamente inerte.

El método consiste en la inyección del colorante como una señal instantánea que entra al reactor en un tiempo cero y que, inmediatamente, empieza a ser detectable a la salida del tanque; dicha respuesta será medible en un colorímetro, como absorbancia, misma que es proporcional a la concentración en una muestra dada, obtenida en un tiempo "t". Así, una colección de muestras tomadas en diversos tiempos a lo largo de la corrida, constituirán el estudio del DTR del fluido.

Si consideramos a  $C(t)$  como la concentración de una muestra en función del tiempo, el número de partículas que salen entre los tiempos "t" y "t+dt", será proporcional a  $C(t)dt$ . Así, el número de partículas totales que salen en un tiempo infinito, están determinadas por -

la expresión:

$$\int_{t=0}^{t=\infty} C(t)dt \quad (I-1)$$

De tal manera que una fracción de partículas saliendo en un intervalo  $(t, t+dt)$  se calcula mediante:

$$P(t)dt = \frac{C(t)dt}{\int_{t=0}^{t=\infty} C(t)dt} = Edt \quad (I-2)$$

Y, dado que todo el trazador se introdujo instantáneamente en  $t=0$ ,  $P(t)dt$  será la probabilidad de una partícula residente en el reactor en el mismo tiempo "t".

Se denotará esta probabilidad como E, que representa la distribución del tiempo de residencia y tiene una dimensión de:  $(\text{unidades de tiempo})^{-1}$ . Es fácil imaginar que la probabilidad de que todas las partículas salgan en el intervalo de  $t=0$  hasta  $t=\infty$ , es igual a uno:

$$\int_{t=0}^{t=\infty} P(t)dt = \int_{t=0}^{t=\infty} Edt = 1 \quad (I-3)$$

Se define ahora el tiempo medio de residencia ( $\bar{t}$ ) como el que, en promedio, gasta una molécula en el reactor:

$$\bar{t} = \int_{t=0}^{t=\infty} tEdt \approx \sum_{t=0}^{t=\infty} t(E)\Delta t \quad (I-4)$$

Cuando el sistema sea de densidad constante y no —

presente un volumen muerto, el tiempo medio de residencia será igual al tiempo espacial ( $\bar{t}$ ), que es el tiempo necesario para tratar un volumen de alimentación igual al volumen del reactor, medido en condiciones determinadas.

$$\bar{t} = \frac{V}{Q} = \frac{\text{Volumen del reactor}}{\text{Caudal de alimentación}} \quad (\text{I-5})$$

Cuya dimensión es en unidades de tiempo.

Siendo entonces la concentración promedio del sistema, la contemplada en la siguiente ecuación:

$$\bar{C} = \frac{\int_{t=0}^{t=\infty} C(t) dt}{\bar{t}} \quad (\text{I-6})$$

Para facilitar el análisis del DTR, resulta conveniente medir el tiempo como una función del tiempo medio de residencia o del tiempo espacial:

$$\theta = \frac{t}{\bar{t}} \quad (\text{I-7})$$

Y convirtiendo todos los parámetros necesarios:

$$E_{\theta} \theta = t E \quad (\text{I-8})$$

$$E_{\theta} = \bar{t} E \quad (\text{I-9})$$

De (I-9) y (I-2) se tendrá:

$$E_{\theta} = \frac{\bar{t} C(t)}{\int_{t=0}^{t=\infty} C(t) dt} \quad (\text{I-10})$$

Combinando ahora, (I-10) con (I-6):

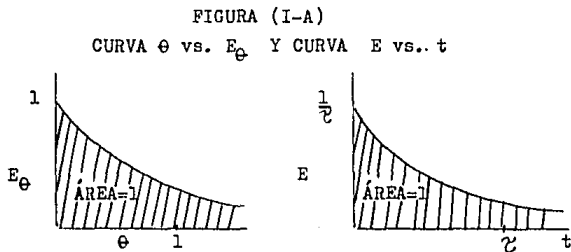
$$E_{\theta} = \frac{C(t)}{\bar{C}} \quad (\text{I-11})$$

La medición de la concentración media se realiza inyectando la misma cantidad de trazador usada en una corrida normal, pero sin permitirle la salida, se espera un tiempo razonable para lograr la homogeneización y se realizan las lecturas de concentración en diversos puntos del reactor.

El valor promedio adimensional ( $\bar{\theta}$ ) está dado por:

$$\bar{\theta} = \frac{\sum \theta (E_{\theta}) \Delta \theta}{\sum (E_{\theta}) \Delta \theta} \quad (\text{I-12})$$

La colección de datos obtenidos, transformados a parámetros adecuados, tomará la forma de las siguientes curvas:



La Figura (I-A) corresponde a un flujo continuo en un reactor ideal de mezcla completa, cuya ecuación es:

$$E_{\theta} = e^{-\theta} \quad (\text{I-13})$$



B.- REACCIONES IRREVERSIBLES DE PRIMER ORDEN. (Referencias: 1,3,5,8 y 11)

Si se considera la reacción de primer orden irreversible, sin cambio de densidad:



Su velocidad de reacción es:

$$(-r_A) = \frac{dC_A}{dt} = kC_A \quad (\text{I-14})$$

o:

$$(-r_A) = C_{A0} \frac{dX_A}{dt} = kC_{A0} (1-X_A) \quad (\text{I-15})$$

Para un reactor de mezcla completa ideal, en estado estacionario:

$$\tau = \frac{C_{A0} X_A}{(-r_A)} \quad (\text{I-16})$$

De las expresiones (I-15) y (I-16), despejando:

$$X_A = 1 - \frac{1}{(1 + k\tau)} \quad (\text{I-17})$$

Donde  $X_A$  se evalúa para las condiciones de salida - del reactor, que son iguales a las existentes en su interior, lo que lógicamente implica una mezcla y homogeneización perfecta.

En un reactor real, dado que se conoce la distribu-

ción de edades del material en la corriente de salida por medio de un trazador que nos indica cuanto tiempo ha permanecido en el reactor cada uno de los elementos individuales, si se supone que no ha ocurrido una intermezcla de ellos, se puede plantear la ecuación para el reactante "A" a la salida del reactor como:

$$\left[ \begin{array}{l} \text{Concentración} \\ \text{media del reac} \\ \text{tante en la co} \\ \text{rriente de sa} \\ \text{lida.} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \text{Z} \\ \text{Z} \\ \text{Z} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{l} \text{Concentración} \\ \text{del reactante} \\ \text{que permanece} \\ \text{en un elemen} \\ \text{to de edad --} \\ \text{comprendida en} \\ \text{tre } t \text{ y } t+dt. \end{array} \right] \left[ \begin{array}{l} \text{Fracción de} \\ \text{la corrien} \\ \text{te de salida} \\ \text{con edad com} \\ \text{prendida, en} \\ \text{tre } t \text{ y } t+dt. \end{array} \right] \quad (I-18)$$

O expresada como una integral:

$$\bar{C}_A = \int_{t=0}^{t=\infty} C_A (\text{elemento}) E dt \quad (I-19)$$

Donde  $C_A$  (elemento) se obtiene de la expresión de - velocidad de la reacción (I-14) integrada de  $C_{AO}$  a  $C_A$  (elemento) y de cero a "t", de aquí que:

$$\ln \frac{C_A (\text{elemento})}{C_{AO}} = -kt \quad (I-20)$$

Que, despejada, toma la forma:

$$C_A (\text{elemento}) = C_{AO} e^{-kt} \quad (I-21)$$

Si se combinan las expresiones (I-19) y (I-21):

$$\bar{C}_A = \int_{t=0}^{t=\infty} C_{AO} e^{-kt} dt \quad (I-22)$$

O bien, en función de la conversión media:

$$\bar{X}_A = \frac{C_{AO} - \bar{C}_A}{C_{AO}} \quad (I-23)$$

Se hace la transformación de la ecuación (I-22) - con la (I-23) y se aproxima a elementos finitos:

$$1 - \bar{X}_A \cong \sum_{t=0}^{t=b} e^{-kt} E \Delta t \quad (I-24)$$

Que se calcula con todos los intervalos de tiempo, - con cuya información se cuenta.

C.- EL CONCEPTO DE MEZCLADO. (Referencias: 2,3,6,9 y 10)

En los reactores de mezcla completa, una de las -- principales causas de la no idealidad, es la formación de zonas estáticas o de muy baja velocidad dentro del sistema. Esto hace que la operación de mezclado sea importante en el diseño de nuestro equipo.

El concepto de mezclado, regularmente implica la -- acción rotatoria de un impulsor en un fluido continuo, al que trata de homogeneizar mediante esta acción.

Así pues, el fluido se revuelve al crear movimien -- tos, que se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- 1.- El movimiento de grandes masas que se -- desplazan a lo largo del sistema.
- 2.- Micromovimientos, por transferencia de -- moméntum, que toman la forma de turbu-- lencias y que aparecen en muchos puntos de las grandes masas en pleno despla-- zamiento.

Es por ésto que la operación de mezclado involucra -- principios de mecánica de fluidos y de transporte de masa.

Existe un sinnúmero de modelos de impulsores cuyos -- principales tipos son: paletas, turbinas, propelas, prope-- las dentadas, discos, impulsores coloidales y otros.

Pero se clasifican de una manera más sencilla, por -- el tipo de flujo que causan:

- 1.- Flujo Axial: Son todos aquéllos cuyas aspas -- forman un ángulo menor de 90 gra

-dos con el plano de rotación.

- 2.- Flujo Radial : Sus aspas son paralelas al eje del impulsor.

Sin embargo, la respuesta a los problemas de mezcla do, no se encuentra en la consideración aislada de la forma del impulsor, sino en el conocimiento del tipo de fluido, turbulencias, características de los agitadores y tanques, y del patrón de flujo resultante de estas variables - al interactuarse.

De tal manera que los parámetros a controlar en el -mezclado son: (no se sigue ningún orden)

- 1.- El tamaño y forma del tanque.
- 2.- El tamaño y forma del agitador.
- 3.- La posición del impulsor en el tanque con relación al fondo y las paredes del recipiente.
- 4.- La posición de entrada y la de salida del alimento.
- 5.- La velocidad del agitador.
- 6.- La cantidad de fluido desplazado.
- 7.- La turbulencia generada.
- 8.- El número de Reynolds.
- 9.- Propiedades fisicoquímicas del fluido.
- 10.- Patrón de flujo.
- 11.- Materiales usados en la construcción.

La eficiencia del mezclado en un tanque se define en función de la segregación, cuyos límites son:

- 1.- Existe mezclado a escala microscópica entre elementos del fluido de diferentes tiempos de residencia.
- 2.- Los elementos del fluido siguen diferentes - trayectorias y no se mezclan a escala microscópica.

Siendo entonces la segregación, la cantidad de materia contenida en las zonas estáticas que no se homogeneiza con el resto contenido en el sistema.

En cuanto a la agitación de doble aspa, diversos experimentos han demostrado que es necesaria para fluidos viscosos o confinados en recipientes cuya altura sea dos o más veces su diámetro.

Existen también estudios respecto a la colocación de las aspas entre sí y con respecto al tanque y se coincide en que el eje al que están unidas ambas aspas, debe colocarse en el centro, uno de los agitadores en el extremo y otro a una distancia equivalente a tres diámetros del agitador del primero y el conjunto a un diámetro del agitador del fondo del recipiente.

Todos estos conceptos han sido aplicados en el diseño del equipo y en la realización de las corridas experimentales, como se podrá observar en la lectura de este trabajo.

CAPÍTULO II

## DESARROLLO EXPERIMENTAL

## A.- DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.

Como se muestra en la Figura (II-A), el equipo consta de un tanque cilíndrico con una relación L/D = 3.115, - que tiene un sistema de agitación de doble impulsor, del tipo de paletas inclinadas a 45 grados; existe también un rotámetro que mide el flujo y válvulas que lo controlan, - además de una jeringa para inyectar la señal trazadora.

Para mayores especificaciones, véase el apéndice 1.

## B.- EXPERIMENTACIÓN.

Se llevaron a cabo seis corridas con réplica. Cada una de las cuales se realizó de la siguiente manera:

- 1.- Se armó el aparato mostrado por la figura II-A y se preparó una solución de colorante verde esmeralda, colocando 50 gramos de éste en un matraz balón en el que se afora, con agua, a un litro.
- 2.- Se llenó el tanque a un volumen de 58 litros de agua, se abrieron las válvulas de entrada y salida del fluido y se fijó la velocidad de rotación de los agitadores a 285 rpm.
- 3.- Se estableció el estado estacionario, igualando los flujos de entrada y salida a 20 ml/s - sin que el volumen del líquido en el tanque variara.



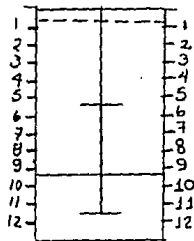
4.- Se inyectaron 30 ml del colorante, lo más rápidamente posible, tras lo cual se empezaron a tomar muestras del fluido a la salida del recipiente, en intervalos de tiempo preestablecidos.

5.- Mediante un colorímetro se midieron las absorbancias de las muestras y se obtuvo una colección de datos de concentración-tiempo, que fue el punto de partida de los cálculos y análisis de este estudio.

La variable problema fue el cambio de entradas y salidas en el tanque, las combinaciones utilizadas fueron:

ENTRADA	SALIDA
7	6
8	5
9	4
10	3
11	2
12	1

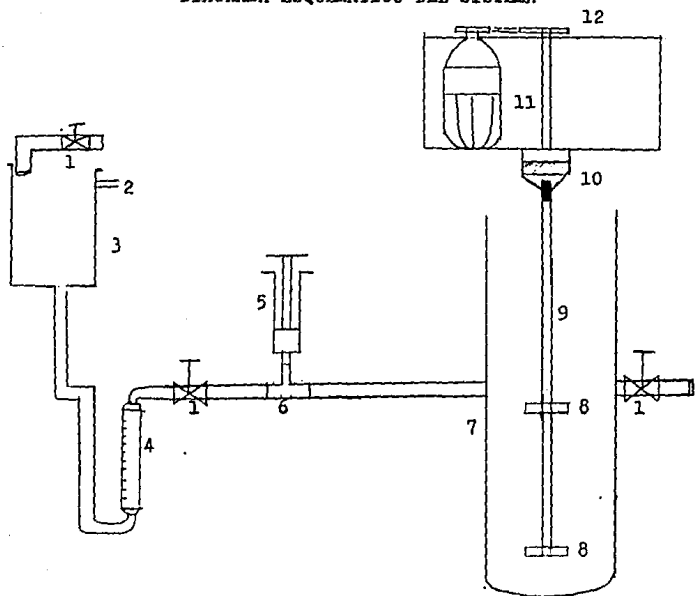
Que esquemáticamente están colocadas:



Todas las combinaciones se realizaron por duplicado.

El apéndice 2, da mayores especificaciones a éste respecto.

FIGURA II-A  
 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL SISTEMA



SIMBOLOGÍA DE ESTA FIGURA

- 1) Llaves de paso de bronce.
- 2) Rebozadero del tanque de alimentación.
- 3) Tanque de alimentación.
- 4) Rotámetro.
- 5) Jeringa con aguja.
- 6) "Te" de vidrio.
- 7) Tanque del reactor.
- 8) Agitador de aspas a 45 grados.
- 9) Eje.
- 10) Portabrocas.
- 11) Motor de 1/2 H.P.
- 12) Conjunto de poleas-banda.

CAPÍTULO III

## RESULTADOS OBTENIDOS

Los valores promedio del tiempo y del factor adimensional  $\bar{\theta}$ , han sido calculados mediante la aproximación numérica de las ecuaciones (I-4) y (I-12) respectivamente y se presentan a continuación junto al tiempo espacial obtenido de la expresión (I-5).

CUADRO III-1  
TIEMPO PROMEDIO Y  $\bar{\theta}$  PROMEDIO DE LAS CORRIDAS

No. de Corrida. Para todas: $\tau = 2900$ s	Tiempo Promedio (segundos)	$\bar{\theta}$ (adimensional)
Modelo Ideal	2670.885	0.911
Primera prueba	2767.115	0.934
Segunda prueba	2591.556	0.901
Tercera prueba	2788.863	0.952
Cuarta prueba	2459.929	0.872
Quinta prueba	2669.462	0.907
Sexta prueba	2483.122	0.870

Es de hacer notar, que en las corridas **uno y tres**, los valores del tiempo promedio y de  $\bar{\theta}$  promedio, son mayores que para el modelo de mezcla completa ideal, esto podría interpretarse como la existencia de un tiempo muerto en el reactor, pero las gráficas no lo denotan.

Si se observa nuevamente los valores del tiempo promedio comparativamente con el tiempo espacial, se verá que son inferiores y entonces este comportamiento será interpretado como un error inducido mediante la aproximación numérica y por el truncamiento de la curva DTR hasta el 91.1% del valor total, ya que para el modelo de mezcla completa ideal  $\bar{\Theta} = 0.911$ , en lugar de  $\bar{\Theta} = 1.0$ , que sería si el método numérico fuera exacto y no hubiera existido el truncamiento.

Las Tablas III-1 a III-6 muestran los resultados obtenidos y las Figuras III-1 a III-6 son las gráficas correspondientes a éstos. La nomenclatura usada es:

- No. : Número de la muestra correspondiente.
- TETA : Parámetro adimensional que relaciona el tiempo en que fue tomada la muestra, con el tiempo espacial.
- LP : Absorbancia promedio de corrida y réplica.
- ETP :  $E_{\Theta}$  promedio de corrida y réplica.
- ETM :  $E_{\Theta}$  del modelo de mezcla completa ideal.

TABLA III-1  
 RESULTADOS OBTENIDOS

\*\*\*\*\*PRIMERA CORRIDA\*\*\*\*\*  
 \*  
 \* ENTRADA: DOCE SALIDA: LIND \*  
 \* VOLUMEN: 58000 ml CAUDAL: 20 ml/s \*  
 \* CONCENTRACION MEDIA: 0.191 \*  
 \*  
 \*\*\*\*\*

NO	TETA	LP	ETP	ETH	NO	TETA	LP	ETP	ETH
1)	0.0017	0.0030	0.0157	0.9983	41)	0.1966	0.1605	0.8403	0.8216
2)	0.0034	0.0030	0.0157	0.9966	42)	0.2069	0.1600	0.8377	0.8131
3)	0.0052	0.0170	0.0890	0.9948	43)	0.2276	0.1540	0.8063	0.7965
4)	0.0069	0.0353	0.1859	0.9931	44)	0.2483	0.1510	0.7906	0.7801
5)	0.0086	0.0585	0.3063	0.9914	45)	0.2690	0.1455	0.7618	0.7642
6)	0.0103	0.0775	0.4058	0.9897	46)	0.2897	0.1440	0.7539	0.7485
7)	0.0121	0.1010	0.5288	0.9880	47)	0.3103	0.1420	0.7435	0.7332
8)	0.0138	0.1160	0.6073	0.9863	48)	0.3317	0.1390	0.7277	0.7035
9)	0.0155	0.1265	0.6623	0.9846	49)	0.3931	0.1305	0.6832	0.6750
10)	0.0172	0.1370	0.7173	0.9829	50)	0.4345	0.1280	0.6702	0.6476
11)	0.0190	0.1475	0.7723	0.9812	51)	0.4759	0.1255	0.6571	0.6213
12)	0.0207	0.1540	0.8063	0.9795	52)	0.5172	0.1225	0.6414	0.5962
13)	0.0241	0.1660	0.8691	0.9762	53)	0.5586	0.1125	0.5890	0.5720
14)	0.0276	0.1700	0.8901	0.9728	54)	0.6000	0.1060	0.5550	0.5488
15)	0.0310	0.1825	0.9555	0.9694	55)	0.6414	0.1035	0.5419	0.5266
16)	0.0345	0.1870	0.9791	0.9661	56)	0.6828	0.0995	0.5209	0.5052
17)	0.0379	0.1870	0.9791	0.9628	57)	0.7241	0.0930	0.4869	0.4847
18)	0.0414	0.1840	0.9634	0.9595	58)	0.7655	0.0930	0.4869	0.4651
19)	0.0448	0.1820	0.9529	0.9562	59)	0.8069	0.0860	0.4503	0.4462
20)	0.0483	0.1825	0.9555	0.9529	60)	0.8483	0.0810	0.4241	0.4282
21)	0.0517	0.1810	0.9476	0.9496	61)	0.8897	0.0785	0.4110	0.4108
22)	0.0552	0.1785	0.9366	0.9463	62)	0.9310	0.0780	0.4084	0.3941
23)	0.0586	0.1770	0.9267	0.9431	63)	1.0345	0.0670	0.3508	0.3554
24)	0.0621	0.1775	0.9293	0.9398	64)	1.1379	0.0625	0.3272	0.3205
25)	0.0690	0.1775	0.9293	0.9334	65)	1.2414	0.0560	0.2932	0.2890
26)	0.0739	0.1775	0.9293	0.9269	66)	1.3448	0.0465	0.2435	0.2606
27)	0.0828	0.1765	0.9241	0.9206	67)	1.4483	0.0430	0.2251	0.2350
28)	0.0897	0.1745	0.9136	0.9142	68)	1.5517	0.0400	0.2094	0.2119
29)	0.0966	0.1740	0.9110	0.9080	69)	1.6552	0.0360	0.1885	0.1911
30)	0.1034	0.1715	0.8979	0.9017	70)	1.7586	0.0320	0.1675	0.1723
31)	0.1103	0.1715	0.8979	0.8955	71)	1.8621	0.0315	0.1649	0.1554
32)	0.1172	0.1710	0.8953	0.8894	72)	2.0690	0.0225	0.1178	0.1263
33)	0.1241	0.1705	0.8927	0.8833	73)	2.2759	0.0230	0.1204	0.1027
34)	0.1310	0.1695	0.8874	0.8772	74)	2.4029	0.0175	0.0916	0.0835
35)	0.1379	0.1690	0.8849	0.8717	75)	2.6097	0.0195	0.1021	0.0679
36)	0.1448	0.1650	0.8639	0.8652	76)	2.8966	0.0155	0.0812	0.0552
37)	0.1557	0.1640	0.8586	0.8563	77)	3.1034	0.0105	0.0550	0.0449
38)	0.1655	0.1650	0.8639	0.8475	78)	3.3103	0.0060	0.0314	0.0365
39)	0.1759	0.1655	0.8665	0.8387	79)	3.5172	0.0030	0.0157	0.0297
40)	0.1862	0.1625	0.8508	0.8301	80)	3.7241	0.0000	0.0000	0.0241

FIGURA III-1  
GRÁFICAS DE  $\theta$  CONTRA  $E_{\theta}$  EXPERIMENTAL Y TEÓRICO

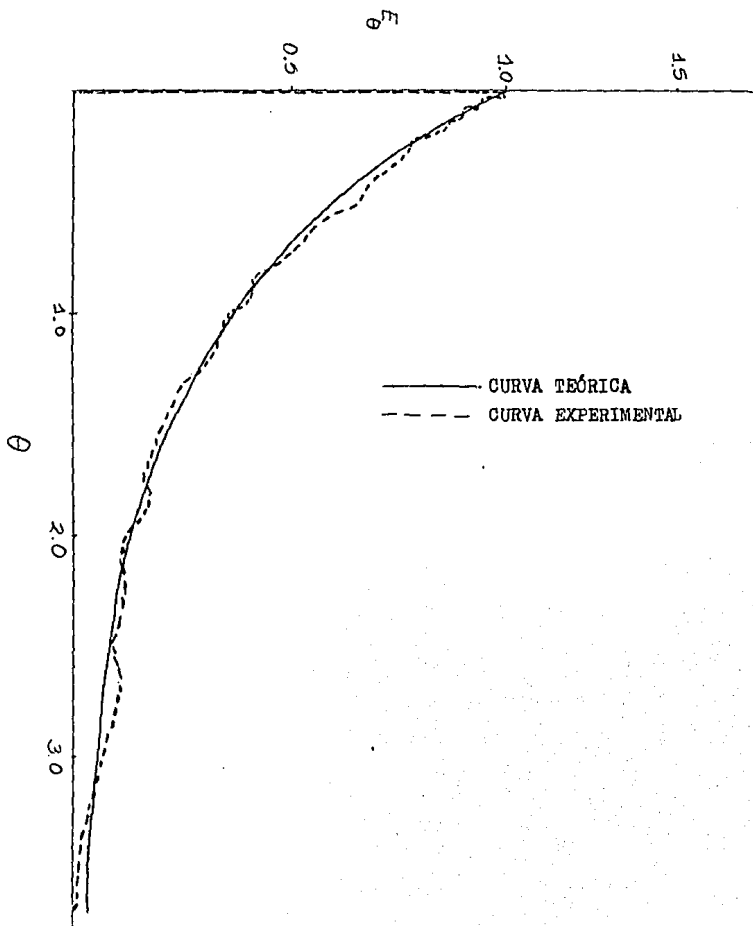






FIGURA III-2  
GRÁFICAS DE  $\theta$  CONTRA  $E_\theta$  EXPERIMENTAL Y TEÓRICO.

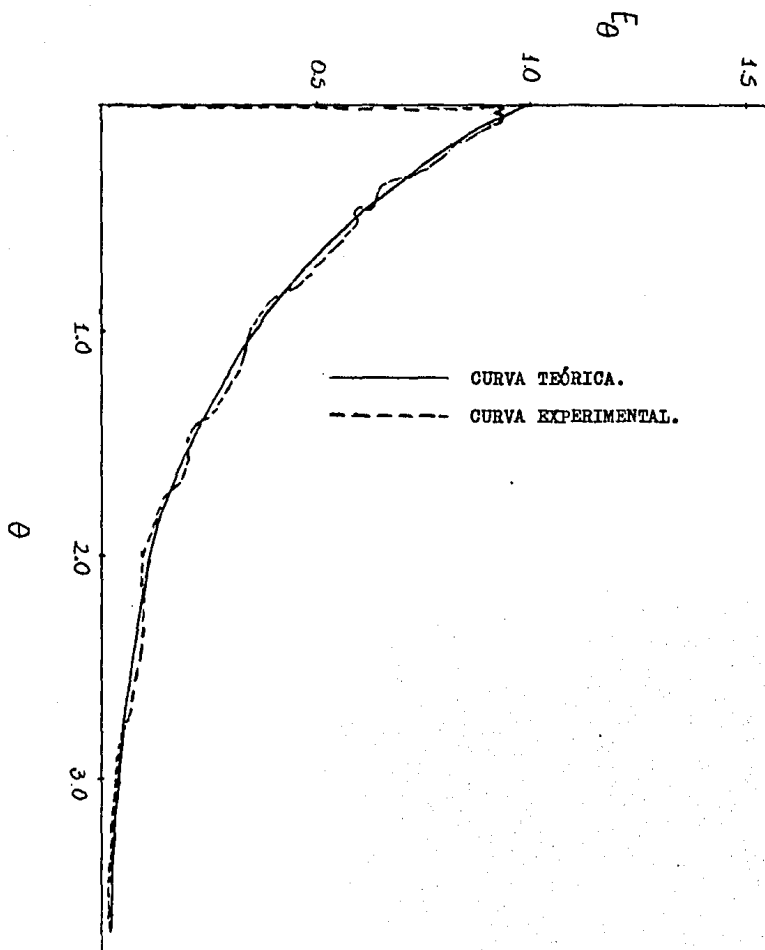




FIGURA III-3  
GRÁFICAS DE  $\theta$  CONTRA  $E_{\theta}$  EXPERIMENTAL Y TEÓRICO.

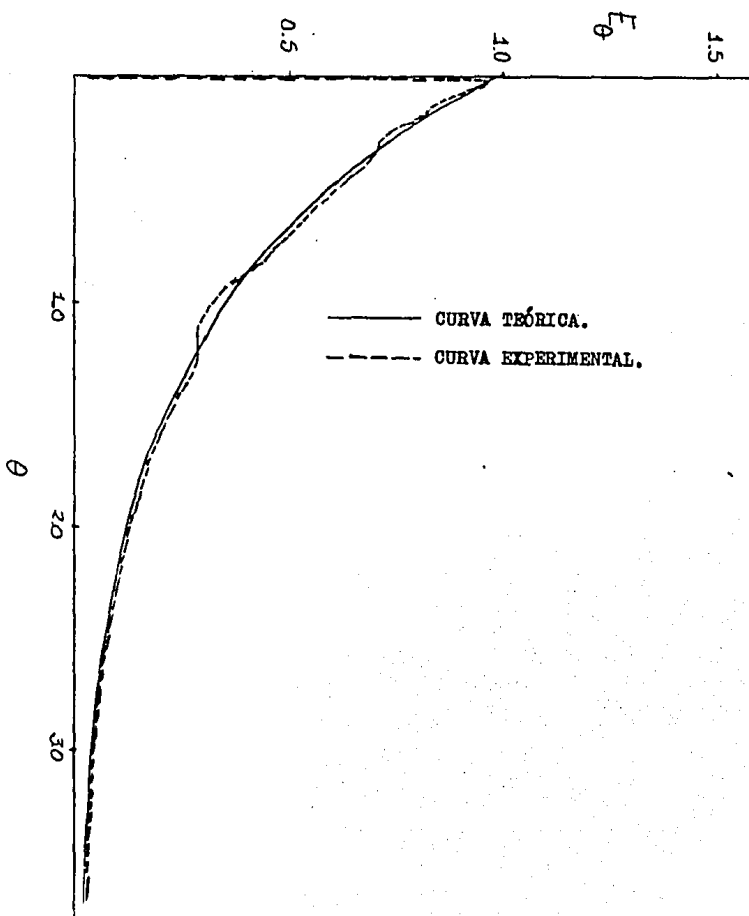


TABLA III-4  
RESULTADOS OBTENIDOS

\*\*\*\*\*CUARTA CORRIDA\*\*\*\*\*  
 \* ENTRADA: NUEVE SALIDA: CUATRO \*  
 \* VOLUMEN: 5800 ml CAUDAL: 20 ml/m \*  
 \* CONCENTRACION MEDIA: 0.191 \*  
 \*\*\*\*\*

NO	TETA	LP	ETP	ETM	NO	TETA	LP	ETP	ETM
1)	0.0017	0.0190	0.0995	0.9983	41)	0.1966	0.1565	0.8194	0.8216
2)	0.0034	0.0645	0.3377	0.9966	42)	0.2069	0.1535	0.8037	0.8131
3)	0.0052	0.0970	0.5079	0.9948	43)	0.2276	0.1510	0.7906	0.7965
4)	0.0069	0.1080	0.5654	0.9931	44)	0.2483	0.1510	0.7906	0.7901
5)	0.0086	0.1215	0.6361	0.9914	45)	0.2690	0.1505	0.7880	0.7642
6)	0.0103	0.1310	0.6899	0.9897	46)	0.2897	0.1450	0.7592	0.7483
7)	0.0121	0.1365	0.7147	0.9880	47)	0.3103	0.1410	0.7382	0.7332
8)	0.0138	0.1390	0.7277	0.9863	48)	0.3517	0.1355	0.7094	0.7035
9)	0.0155	0.1510	0.7906	0.9846	49)	0.3531	0.1275	0.6675	0.6750
10)	0.0172	0.1550	0.8115	0.9829	50)	0.4545	0.1250	0.6545	0.6476
11)	0.0190	0.1590	0.8325	0.9812	51)	0.4759	0.1195	0.6257	0.6213
12)	0.0207	0.1600	0.8377	0.9795	52)	0.5172	0.1170	0.6126	0.5962
13)	0.0241	0.1615	0.8455	0.9762	53)	0.5586	0.1080	0.5654	0.5720
14)	0.0276	0.1680	0.8796	0.9728	54)	0.6000	0.1075	0.5628	0.5488
15)	0.0310	0.1710	0.8953	0.9694	55)	0.6414	0.1010	0.5288	0.5266
16)	0.0345	0.1740	0.9110	0.9661	56)	0.6828	0.0970	0.5079	0.5052
17)	0.0379	0.1780	0.9319	0.9628	57)	0.7241	0.0925	0.4843	0.4847
18)	0.0414	0.1785	0.9346	0.9595	58)	0.7655	0.0895	0.4686	0.4651
19)	0.0448	0.1790	0.9372	0.9562	59)	0.8069	0.0870	0.4555	0.4462
20)	0.0483	0.1785	0.9346	0.9529	60)	0.8483	0.0805	0.4215	0.4282
21)	0.0517	0.1780	0.9319	0.9496	61)	0.8897	0.0760	0.3979	0.4108
22)	0.0552	0.1790	0.9372	0.9463	62)	0.9310	0.0745	0.3901	0.3941
23)	0.0586	0.1765	0.9241	0.9431	63)	1.0345	0.0620	0.3246	0.3554
24)	0.0621	0.1810	0.9476	0.9398	64)	1.1379	0.0595	0.3115	0.3205
25)	0.0690	0.1760	0.9215	0.9334	65)	1.2414	0.0515	0.2696	0.2890
26)	0.0759	0.1760	0.9215	0.9269	66)	1.3448	0.0485	0.2539	0.2606
27)	0.0828	0.1760	0.9215	0.9206	67)	1.4483	0.0440	0.2304	0.2350
28)	0.0897	0.1750	0.9162	0.9142	68)	1.5517	0.0390	0.2042	0.2119
29)	0.0966	0.1725	0.9031	0.9080	69)	1.6552	0.0360	0.1885	0.1911
30)	0.1034	0.1725	0.9031	0.9017	70)	1.7586	0.0315	0.1649	0.1723
31)	0.1103	0.1715	0.8979	0.8955	71)	1.8621	0.0295	0.1545	0.1554
32)	0.1172	0.1700	0.8901	0.8894	72)	2.0690	0.0215	0.1126	0.1263
33)	0.1241	0.1685	0.8822	0.8833	73)	2.2759	0.0185	0.0969	0.1027
34)	0.1310	0.1655	0.8665	0.8772	74)	2.4828	0.0135	0.0707	0.0835
35)	0.1379	0.1635	0.8560	0.8712	75)	2.6897	0.0130	0.0681	0.0679
36)	0.1448	0.1640	0.8566	0.8652	76)	2.8966	0.0095	0.0497	0.0552
37)	0.1522	0.1615	0.8455	0.8563	77)	3.1034	0.0060	0.0314	0.0449
38)	0.1655	0.1615	0.8455	0.8475	78)	3.3103	0.0020	0.0105	0.0365
39)	0.1759	0.1595	0.8351	0.8387	79)	3.5172	0.0020	0.0105	0.0297
40)	0.1862	0.1580	0.8272	0.8301	80)	3.7241	0.0000	0.0000	0.0241

FIGURA III-4  
GRÁFICAS DE  $\theta$  CONTRA  $E_{\theta}$  EXPERIMENTAL Y TEÓRICO.

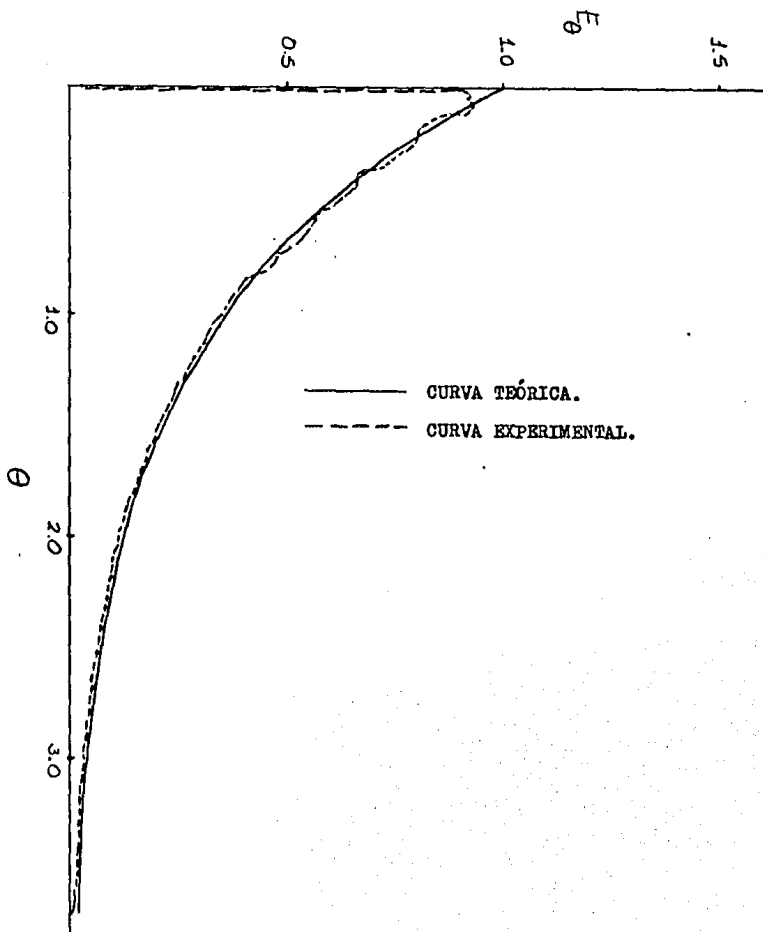


TABLA III-5  
RESULTADOS OBTENIDOS

```

*****QUINTA CORRIDA*****
*
* ENTRADA: DCHO SALIDA: CINCO
* VOLUMEN: 50000 ml CAUDAL: 20 ml/s
* CONCENTRACION MEDIA: 0.191
*
*****

```

NO	TETA	LP	ETP	ETH	NO	TETA	LP	ETP	ETH
1)	0.0017	0.1715	0.8979	0.9983	41)	0.1966	0.1510	0.7906	0.8216
2)	0.0034	0.1970	1.0314	0.9966	42)	0.2069	0.1495	0.7827	0.8131
3)	0.0052	0.1745	0.9136	0.9948	43)	0.2276	0.1440	0.7539	0.7965
4)	0.0069	0.1715	0.8979	0.9931	44)	0.2483	0.1480	0.7749	0.7601
5)	0.0086	0.1690	0.8848	0.9914	45)	0.2690	0.1465	0.7670	0.7642
6)	0.0103	0.1680	0.8796	0.9897	46)	0.2897	0.1410	0.7382	0.7485
7)	0.0121	0.1725	0.9031	0.9880	47)	0.3103	0.1405	0.7356	0.7332
8)	0.0138	0.1720	0.9005	0.9863	48)	0.3517	0.1320	0.6911	0.7035
9)	0.0155	0.1740	0.9110	0.9846	49)	0.3931	0.1285	0.6728	0.6750
10)	0.0172	0.1745	0.9136	0.9829	50)	0.4345	0.1235	0.6466	0.6476
11)	0.0190	0.1760	0.9215	0.9812	51)	0.4759	0.1195	0.6257	0.6213
12)	0.0207	0.1765	0.9241	0.9795	52)	0.5172	0.1145	0.5995	0.5962
13)	0.0241	0.1775	0.9293	0.9762	53)	0.5586	0.1110	0.5812	0.5720
14)	0.0276	0.1825	0.9355	0.9728	54)	0.6000	0.1065	0.5576	0.5488
15)	0.0310	0.1865	0.9450	0.9694	55)	0.6414	0.1025	0.5366	0.5266
16)	0.0345	0.1790	0.9372	0.9661	56)	0.6828	0.0985	0.5157	0.5052
17)	0.0379	0.1790	0.9372	0.9628	57)	0.7241	0.0955	0.5006	0.4847
18)	0.0414	0.1790	0.9372	0.9595	58)	0.7655	0.0890	0.4660	0.4651
19)	0.0448	0.1775	0.9293	0.9562	59)	0.8069	0.0915	0.4791	0.4462
20)	0.0483	0.1760	0.9215	0.9529	60)	0.8483	0.0845	0.4424	0.4282
21)	0.0517	0.1725	0.9031	0.9496	61)	0.8897	0.0795	0.4162	0.4108
22)	0.0552	0.1755	0.9188	0.9463	62)	0.9310	0.0750	0.3927	0.3941
23)	0.0586	0.1790	0.9372	0.9431	63)	1.0345	0.0715	0.3743	0.3554
24)	0.0621	0.1750	0.9162	0.9398	64)	1.1379	0.0645	0.3377	0.3205
25)	0.0690	0.1730	0.9050	0.9334	65)	1.2414	0.0580	0.3037	0.2890
26)	0.0759	0.1730	0.9058	0.9289	66)	1.3448	0.0520	0.2723	0.2606
27)	0.0828	0.1725	0.9031	0.9206	67)	1.4483	0.0485	0.2539	0.2350
28)	0.0897	0.1695	0.8874	0.9142	68)	1.5517	0.0445	0.2330	0.2119
29)	0.0966	0.1670	0.8743	0.9080	69)	1.6552	0.0385	0.1911	0.1911
30)	0.1034	0.1660	0.8691	0.9017	70)	1.7586	0.0380	0.1990	0.1723
31)	0.1103	0.1655	0.8665	0.8953	71)	1.8621	0.0315	0.1649	0.1554
32)	0.1172	0.1635	0.8560	0.8894	72)	2.0690	0.0255	0.1335	0.1263
33)	0.1241	0.1595	0.8351	0.8833	73)	2.2759	0.0210	0.1099	0.1027
34)	0.1310	0.1620	0.8482	0.8772	74)	2.4828	0.0140	0.0733	0.0835
35)	0.1379	0.1615	0.8455	0.8712	75)	2.6897	0.0120	0.0628	0.0679
36)	0.1448	0.1605	0.8403	0.8652	76)	2.8966	0.0090	0.0471	0.0552
37)	0.1552	0.1605	0.8403	0.8563	77)	3.1034	0.0065	0.0340	0.0449
38)	0.1655	0.1610	0.8429	0.8475	78)	3.3103	0.0060	0.0314	0.0363
39)	0.1759	0.1585	0.8298	0.8307	79)	3.5172	0.0030	0.0157	0.0297
40)	0.1862	0.1560	0.8168	0.8301	80)	3.7241	0.0025	0.0131	0.0241

FIGURA III-5  
GRÁFICAS DE  $\theta$  CONTRA  $E_{\theta}$  EXPERIMENTAL Y TEÓRICO.

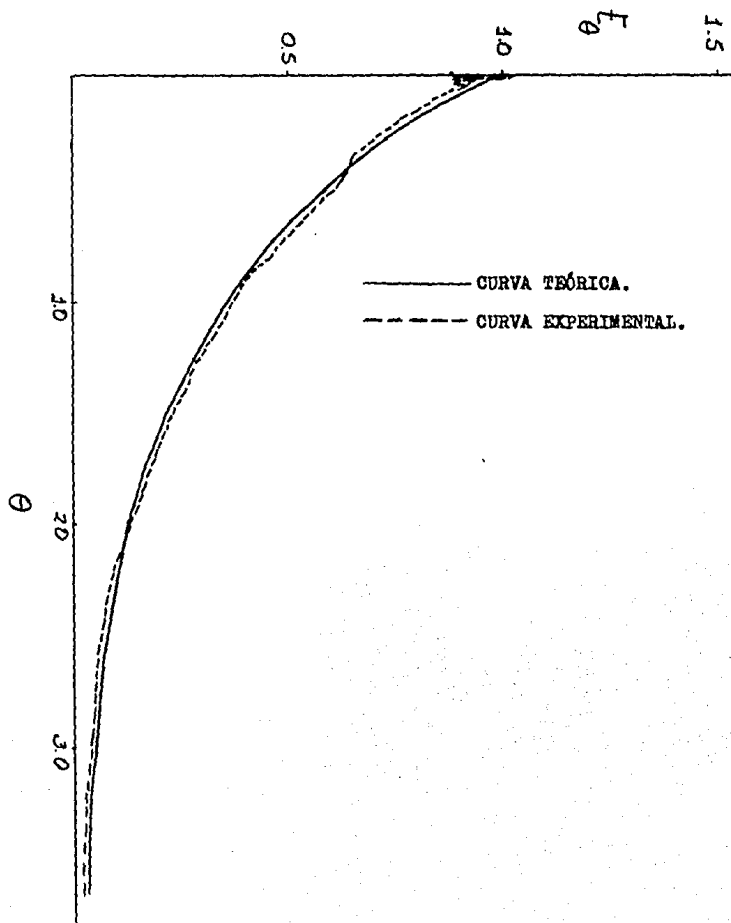
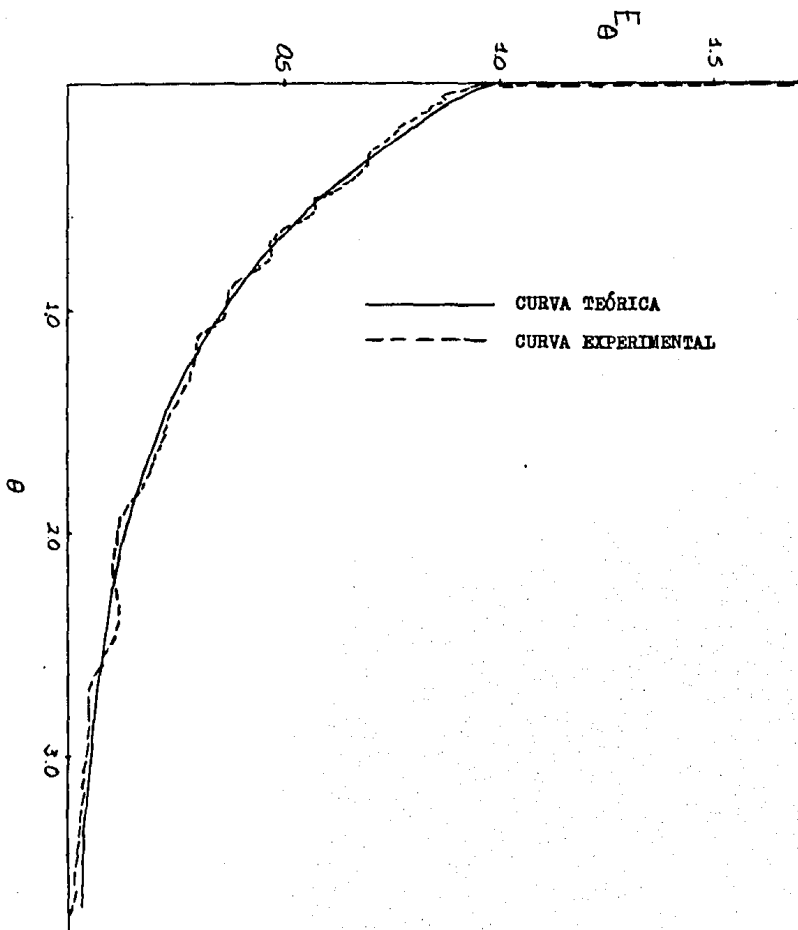






FIGURA III-6  
GRÁFICAS DE  $\theta$  CONTRA  $E_{\theta}$  EXPERIMENTAL Y TEÓRICO.



CAPÍTULO IV

## TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS

Se emplearon dos pruebas estadísticas para el análisis de datos:

### A.- PRUEBA DE KOLMOGOROV.

La hipótesis nula es que la distribución de frecuencia de los valores promedio experimentales, es igual a la correspondiente al modelo de reactor de mezcla completa -- ideal.

### B.- PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV.

En este caso, la hipótesis nula es que las distribuciones de frecuencia de la corrida y su réplica, son iguales, es decir, trata de probar a un intervalo de significancia elegido, la repetitividad de los datos.

### C.- CÁLCULOS DE AMBOS TRATAMIENTOS.

Los cálculos de ambos tratamientos se presentan a continuación en las tablas IV-1 a IV-6 con la nomenclatura siguiente:

- No. : Número de muestra correspondiente.  
 EDTAL : Función acumulada  $\sum E_{\theta} \Delta \theta$  de la corrida.  
 EDTAP : Función acumulada  $\sum E_{\theta} \Delta \theta$  promedio de corrida y réplica.

- B1 : Desviación para el tratamiento bimuestral.  
 ETM :  $E_{\theta}$  del modelo de mezcla completa ideal.  
 EDTM :  $E_{\theta} \Delta \theta$  del modelo de mezcla completa ideal.  
 EDTAM :  $\sum E_{\theta} \Delta \theta$  función acumulada del modelo de -  
 mezcla completa ideal.  
 A1 : Desviación para el tratamiento unimuestral.  
 A2 : Desviación para el tratamiento unimuestral.

Para mayor información sobre los tratamientos estadísticos, consúltense el apéndice 4 y acerca de los cálculos, el apéndice 5 .

TABLA IV-1  
TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

\*\*\*\*\*PRIMERA CORRIDA\*\*\*\*\*  
 : ENTRADA: DOCE SALIDA: LIND :  
 : VOLUMEN: 58000 ml CAUDAL: 20 ml/m :  
 : CONCENTRACION MEDIA: 0.191 :  
 \*\*\*\*\*

NO	EDTA1	EDTAP	BI	ETH	EDTH	EDTAH	EDTAP	A1	A2
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.9983	0.0017	0.0017	0.0000	0.0017	0.0017
21	0.0001	0.0001	0.0000	0.9966	0.0017	0.0034	0.0001	0.0034	0.0034
31	0.0002	0.0002	0.0000	0.9948	0.0017	0.0052	0.0002	0.0051	0.0049
41	0.0004	0.0003	0.0001	0.9931	0.0017	0.0069	0.0003	0.0067	0.0063
51	0.0008	0.0011	0.0002	0.9914	0.0017	0.0086	0.0011	0.0080	0.0075
61	0.0015	0.0018	0.0003	0.9897	0.0017	0.0103	0.0018	0.0092	0.0085
71	0.0023	0.0027	0.0004	0.9880	0.0017	0.0120	0.0027	0.0102	0.0093
81	0.0032	0.0037	0.0005	0.9863	0.0017	0.0137	0.0037	0.0110	0.0100
91	0.0044	0.0049	0.0005	0.9846	0.0017	0.0154	0.0049	0.0117	0.0105
101	0.0056	0.0061	0.0005	0.9829	0.0017	0.0171	0.0061	0.0122	0.0110
111	0.0069	0.0074	0.0005	0.9812	0.0017	0.0188	0.0074	0.0127	0.0113
121	0.0082	0.0088	0.0006	0.9795	0.0017	0.0205	0.0088	0.0130	0.0116
131	0.0112	0.0118	0.0006	0.9778	0.0034	0.0238	0.0118	0.0150	0.0120
141	0.0143	0.0149	0.0006	0.9728	0.0034	0.0272	0.0149	0.0154	0.0123
151	0.0175	0.0182	0.0007	0.9694	0.0033	0.0305	0.0182	0.0156	0.0123
161	0.0209	0.0216	0.0007	0.9661	0.0033	0.0339	0.0216	0.0157	0.0123
171	0.0243	0.0249	0.0008	0.9628	0.0033	0.0372	0.0249	0.0156	0.0122
181	0.0277	0.0282	0.0005	0.9595	0.0033	0.0405	0.0282	0.0156	0.0122
191	0.0311	0.0315	0.0005	0.9562	0.0033	0.0438	0.0315	0.0155	0.0122
201	0.0344	0.0348	0.0004	0.9529	0.0033	0.0471	0.0348	0.0155	0.0122
211	0.0378	0.0381	0.0003	0.9496	0.0033	0.0503	0.0381	0.0155	0.0122
221	0.0410	0.0413	0.0003	0.9463	0.0033	0.0536	0.0413	0.0155	0.0123
231	0.0443	0.0445	0.0002	0.9431	0.0033	0.0569	0.0445	0.0155	0.0123
241	0.0475	0.0477	0.0002	0.9398	0.0032	0.0601	0.0477	0.0156	0.0124
251	0.0508	0.0511	0.0001	0.9364	0.0064	0.0665	0.0511	0.0188	0.0124
261	0.0606	0.0603	0.0000	0.9269	0.0064	0.0729	0.0603	0.0188	0.0124
271	0.0670	0.0669	0.0001	0.9206	0.0063	0.0793	0.0669	0.0187	0.0124
281	0.0735	0.0732	0.0003	0.9142	0.0063	0.0856	0.0732	0.0187	0.0124
291	0.0799	0.0795	0.0004	0.9080	0.0063	0.0918	0.0795	0.0186	0.0123
301	0.0863	0.0857	0.0006	0.9017	0.0062	0.0981	0.0857	0.0186	0.0124
311	0.0926	0.0919	0.0008	0.8955	0.0062	0.1042	0.0919	0.0185	0.0124
321	0.0990	0.0981	0.0009	0.8894	0.0061	0.1104	0.0981	0.0185	0.0123
331	0.1052	0.1042	0.0010	0.8833	0.0061	0.1165	0.1042	0.0184	0.0123
341	0.1115	0.1103	0.0012	0.8772	0.0060	0.1225	0.1103	0.0183	0.0122
351	0.1179	0.1164	0.0015	0.8712	0.0060	0.1285	0.1164	0.0182	0.0121
361	0.1241	0.1224	0.0017	0.8652	0.0060	0.1345	0.1224	0.0181	0.0121
371	0.1333	0.1313	0.0020	0.8563	0.0089	0.1433	0.1313	0.0210	0.0121
381	0.1422	0.1402	0.0020	0.8475	0.0088	0.1521	0.1402	0.0208	0.0119
391	0.1512	0.1492	0.0020	0.8387	0.0087	0.1608	0.1492	0.0206	0.0116
401	0.1600	0.1580	0.0020	0.8301	0.0086	0.1694	0.1580	0.0202	0.0114



TABLA IV-2  
TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

\*\*\*\*\*SEGUNDA CORRIDA\*\*\*\*\*  
 \* ENTRADA: DNCE SALIDA: DDB \*  
 \* VOLUMEN: 58000 ml CAUDAL: 20 ml/s \*  
 \* CONCENTRACION MEDIA: 0.191 \*  
 \*\*\*\*\*

NO	EDTA1	EDTAP	B1	ETH	EDTH	EDTAH	EDTAP	A1	A2
1)	0.0001	0.0000	0.0000	0.9983	0.0017	0.0017	0.0000	0.0017	0.0017
2)	0.0003	0.0002	0.0001	0.9966	0.0017	0.0034	0.0002	0.0034	0.0032
3)	0.0006	0.0005	0.0001	0.9948	0.0017	0.0052	0.0005	0.0049	0.0047
4)	0.0011	0.0010	0.0001	0.9931	0.0017	0.0069	0.0010	0.0064	0.0059
5)	0.0018	0.0017	0.0002	0.9914	0.0017	0.0086	0.0017	0.0076	0.0069
6)	0.0027	0.0025	0.0002	0.9897	0.0017	0.0103	0.0025	0.0084	0.0078
7)	0.0037	0.0034	0.0003	0.9880	0.0017	0.0120	0.0034	0.0095	0.0085
8)	0.0048	0.0045	0.0003	0.9863	0.0017	0.0137	0.0045	0.0102	0.0092
9)	0.0061	0.0058	0.0003	0.9846	0.0017	0.0154	0.0058	0.0109	0.0096
10)	0.0073	0.0070	0.0004	0.9829	0.0017	0.0171	0.0070	0.0113	0.0101
11)	0.0087	0.0083	0.0004	0.9812	0.0017	0.0188	0.0083	0.0118	0.0105
12)	0.0101	0.0097	0.0004	0.9795	0.0017	0.0205	0.0097	0.0122	0.0108
13)	0.0132	0.0127	0.0005	0.9767	0.0034	0.0238	0.0127	0.0142	0.0111
14)	0.0163	0.0158	0.0006	0.9728	0.0034	0.0272	0.0158	0.0145	0.0114
15)	0.0196	0.0189	0.0006	0.9694	0.0033	0.0305	0.0189	0.0148	0.0116
16)	0.0229	0.0222	0.0007	0.9661	0.0033	0.0339	0.0222	0.0149	0.0117
17)	0.0262	0.0254	0.0008	0.9628	0.0033	0.0372	0.0254	0.0150	0.0118
18)	0.0295	0.0286	0.0009	0.9595	0.0033	0.0405	0.0286	0.0151	0.0119
19)	0.0329	0.0319	0.0009	0.9562	0.0033	0.0438	0.0319	0.0152	0.0119
20)	0.0363	0.0353	0.0010	0.9529	0.0033	0.0471	0.0353	0.0151	0.0118
21)	0.0397	0.0387	0.0011	0.9496	0.0033	0.0503	0.0387	0.0150	0.0117
22)	0.0431	0.0419	0.0012	0.9463	0.0033	0.0536	0.0419	0.0149	0.0117
23)	0.0465	0.0452	0.0012	0.9431	0.0033	0.0569	0.0452	0.0149	0.0116
24)	0.0498	0.0485	0.0013	0.9398	0.0032	0.0601	0.0485	0.0149	0.0116
25)	0.0565	0.0551	0.0014	0.9334	0.0064	0.0665	0.0551	0.0180	0.0114
26)	0.0631	0.0616	0.0016	0.9269	0.0064	0.0729	0.0616	0.0178	0.0114
27)	0.0697	0.0680	0.0017	0.9206	0.0063	0.0793	0.0680	0.0177	0.0113
28)	0.0763	0.0744	0.0019	0.9142	0.0063	0.0856	0.0744	0.0176	0.0112
29)	0.0828	0.0808	0.0020	0.9080	0.0063	0.0918	0.0808	0.0175	0.0111
30)	0.0892	0.0871	0.0022	0.9017	0.0062	0.0981	0.0871	0.0173	0.0111
31)	0.0956	0.0933	0.0023	0.8955	0.0062	0.1042	0.0933	0.0172	0.0109
32)	0.1018	0.0994	0.0025	0.8894	0.0061	0.1104	0.0994	0.0170	0.0110
33)	0.1080	0.1054	0.0026	0.8833	0.0061	0.1165	0.1054	0.0171	0.0111
34)	0.1142	0.1115	0.0027	0.8772	0.0060	0.1225	0.1115	0.0171	0.0110
35)	0.1205	0.1176	0.0029	0.8712	0.0060	0.1285	0.1176	0.0170	0.0109
36)	0.1267	0.1236	0.0030	0.8652	0.0060	0.1345	0.1236	0.0169	0.0109
37)	0.1329	0.1326	0.0032	0.8593	0.0060	0.1403	0.1326	0.0167	0.0107
38)	0.1449	0.1414	0.0035	0.8475	0.0088	0.1521	0.1414	0.0195	0.0107
39)	0.1538	0.1502	0.0037	0.8367	0.0087	0.1608	0.1502	0.0193	0.0106
40)	0.1628	0.1589	0.0039	0.8301	0.0086	0.1694	0.1589	0.0192	0.0105





TABLA IV-3

## TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

```

*****TERCERA CORRIDADA*****
*
* ENTRADA: DIEZ SALIDA: TRES
* VOLUMEN: 58000 ml CAUDAL: 20 ml/m
* CONCENTRACION MEDIA: 0.191
*
*****

```

NO	EDTA1	EDTAP	BI	ETH	EDTH	EDTAH	EDTAP	A1	A2
1)	0.0001	0.0000	0.0000	0.9983	0.0017	0.0017	0.0000	0.0017	0.0017
2)	0.0003	0.0004	0.0001	0.9966	0.0017	0.0034	0.0004	0.0034	0.0031
3)	0.0011	0.0009	0.0001	0.9948	0.0017	0.0052	0.0009	0.0048	0.0042
4)	0.0020	0.0017	0.0003	0.9931	0.0017	0.0069	0.0017	0.0059	0.0051
5)	0.0030	0.0027	0.0004	0.9914	0.0017	0.0086	0.0027	0.0069	0.0059
6)	0.0041	0.0037	0.0004	0.9897	0.0017	0.0103	0.0037	0.0076	0.0066
7)	0.0054	0.0049	0.0005	0.9880	0.0017	0.0120	0.0049	0.0085	0.0071
8)	0.0067	0.0062	0.0005	0.9863	0.0017	0.0137	0.0062	0.0088	0.0075
9)	0.0080	0.0075	0.0005	0.9846	0.0017	0.0154	0.0075	0.0092	0.0079
10)	0.0094	0.0089	0.0006	0.9829	0.0017	0.0171	0.0089	0.0096	0.0082
11)	0.0109	0.0103	0.0006	0.9812	0.0017	0.0188	0.0103	0.0099	0.0085
12)	0.0123	0.0117	0.0006	0.9795	0.0017	0.0205	0.0117	0.0102	0.0088
13)	0.0133	0.0147	0.0006	0.9778	0.0034	0.0238	0.0147	0.0121	0.0091
14)	0.0183	0.0178	0.0005	0.9728	0.0034	0.0272	0.0178	0.0125	0.0094
15)	0.0214	0.0209	0.0005	0.9694	0.0033	0.0305	0.0209	0.0127	0.0096
16)	0.0247	0.0242	0.0005	0.9661	0.0033	0.0339	0.0242	0.0129	0.0097
17)	0.0279	0.0274	0.0005	0.9628	0.0033	0.0372	0.0274	0.0130	0.0097
18)	0.0312	0.0307	0.0005	0.9595	0.0033	0.0405	0.0307	0.0130	0.0098
19)	0.0344	0.0339	0.0005	0.9562	0.0033	0.0438	0.0339	0.0131	0.0098
20)	0.0377	0.0372	0.0005	0.9529	0.0033	0.0471	0.0372	0.0131	0.0099
21)	0.0408	0.0403	0.0005	0.9496	0.0033	0.0503	0.0403	0.0132	0.0100
22)	0.0439	0.0435	0.0005	0.9463	0.0033	0.0536	0.0435	0.0133	0.0101
23)	0.0470	0.0466	0.0004	0.9431	0.0033	0.0569	0.0466	0.0134	0.0103
24)	0.0500	0.0497	0.0003	0.9398	0.0032	0.0601	0.0497	0.0135	0.0104
25)	0.0561	0.0559	0.0007	0.9334	0.0064	0.0665	0.0559	0.0169	0.0106
26)	0.0623	0.0621	0.0005	0.9269	0.0064	0.0729	0.0621	0.0170	0.0109
27)	0.0685	0.0682	0.0003	0.9206	0.0063	0.0793	0.0682	0.0172	0.0111
28)	0.0747	0.0744	0.0003	0.9142	0.0063	0.0856	0.0744	0.0174	0.0111
29)	0.0812	0.0808	0.0004	0.9080	0.0063	0.0918	0.0808	0.0174	0.0111
30)	0.0873	0.0869	0.0004	0.9017	0.0062	0.0981	0.0869	0.0173	0.0112
31)	0.0932	0.0929	0.0003	0.8955	0.0062	0.1042	0.0929	0.0173	0.0113
32)	0.0991	0.0989	0.0002	0.8894	0.0061	0.1104	0.0989	0.0174	0.0114
33)	0.1050	0.1049	0.0001	0.8833	0.0061	0.1165	0.1049	0.0175	0.0115
34)	0.1109	0.1109	0.0001	0.8772	0.0060	0.1225	0.1109	0.0176	0.0117
35)	0.1167	0.1167	0.0000	0.8712	0.0060	0.1285	0.1167	0.0177	0.0119
36)	0.1224	0.1224	0.0000	0.8652	0.0060	0.1345	0.1224	0.0178	0.0121
37)	0.1310	0.1310	0.0000	0.8563	0.0089	0.1433	0.1310	0.0209	0.0123
38)	0.1396	0.1395	0.0001	0.8475	0.0088	0.1521	0.1395	0.0211	0.0126
39)	0.1481	0.1480	0.0001	0.8387	0.0087	0.1608	0.1480	0.0212	0.0127
40)	0.1564	0.1563	0.0000	0.8301	0.0086	0.1694	0.1563	0.0213	0.0129



TABLA IV-4  
TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

```

*****CUARTA CORRIDA*****
*
* ENTRADA: NUEVE          SALIDA: CUATRO
* VOLUMEN: 50000 ml      CAUDAL: 20 ml/s
* CONCENTRACION MEDIA: 0.191
*
*****
    
```

NO	EDTA1	EDTAP	BI	ETH	EDTH	EDTAH	EDTAP	A1	A2
11	0.0000	0.0002	0.0002	0.9983	0.0017	0.0017	0.0002	0.0017	0.0015
21	0.0005	0.0008	0.0003	0.9966	0.0017	0.0034	0.0008	0.0033	0.0027
31	0.0013	0.0016	0.0003	0.9948	0.0017	0.0052	0.0016	0.0044	0.0035
41	0.0022	0.0026	0.0004	0.9931	0.0017	0.0069	0.0026	0.0052	0.0043
51	0.0033	0.0037	0.0004	0.9914	0.0017	0.0086	0.0037	0.0060	0.0049
61	0.0044	0.0049	0.0004	0.9897	0.0017	0.0103	0.0049	0.0066	0.0054
71	0.0056	0.0061	0.0005	0.9880	0.0017	0.0120	0.0061	0.0071	0.0059
81	0.0069	0.0074	0.0005	0.9863	0.0017	0.0137	0.0074	0.0076	0.0063
91	0.0082	0.0087	0.0005	0.9846	0.0017	0.0154	0.0087	0.0080	0.0067
101	0.0096	0.0101	0.0005	0.9829	0.0017	0.0171	0.0101	0.0083	0.0069
111	0.0111	0.0116	0.0005	0.9812	0.0017	0.0188	0.0116	0.0086	0.0072
121	0.0125	0.0130	0.0005	0.9795	0.0017	0.0205	0.0130	0.0089	0.0074
131	0.0154	0.0159	0.0005	0.9767	0.0034	0.0230	0.0159	0.0108	0.0079
141	0.0185	0.0190	0.0004	0.9728	0.0034	0.0272	0.0190	0.0113	0.0082
151	0.0216	0.0220	0.0004	0.9694	0.0033	0.0305	0.0220	0.0116	0.0085
161	0.0247	0.0252	0.0004	0.9661	0.0033	0.0339	0.0252	0.0118	0.0087
171	0.0280	0.0284	0.0004	0.9628	0.0033	0.0372	0.0284	0.0120	0.0088
181	0.0312	0.0316	0.0004	0.9595	0.0033	0.0405	0.0316	0.0121	0.0089
191	0.0345	0.0349	0.0004	0.9562	0.0033	0.0438	0.0349	0.0122	0.0089
201	0.0377	0.0381	0.0004	0.9529	0.0033	0.0471	0.0381	0.0122	0.0090
211	0.0409	0.0413	0.0004	0.9496	0.0033	0.0503	0.0413	0.0123	0.0090
221	0.0441	0.0445	0.0005	0.9463	0.0033	0.0536	0.0445	0.0123	0.0091
231	0.0472	0.0477	0.0005	0.9431	0.0033	0.0569	0.0477	0.0123	0.0091
241	0.0505	0.0510	0.0005	0.9398	0.0032	0.0601	0.0510	0.0124	0.0091
251	0.0537	0.0543	0.0004	0.9364	0.0064	0.0665	0.0543	0.0156	0.0092
261	0.0634	0.0637	0.0003	0.9269	0.0064	0.0729	0.0637	0.0156	0.0092
271	0.0699	0.0700	0.0002	0.9206	0.0063	0.0793	0.0700	0.0156	0.0092
281	0.0763	0.0764	0.0001	0.9142	0.0063	0.0856	0.0764	0.0155	0.0092
291	0.0825	0.0826	0.0001	0.9080	0.0063	0.0918	0.0826	0.0155	0.0092
301	0.0887	0.0888	0.0001	0.9017	0.0062	0.0981	0.0888	0.0155	0.0092
311	0.0949	0.0950	0.0001	0.8955	0.0062	0.1042	0.0950	0.0154	0.0092
321	0.1010	0.1012	0.0001	0.8894	0.0061	0.1104	0.1012	0.0154	0.0092
331	0.1071	0.1072	0.0001	0.8833	0.0061	0.1165	0.1072	0.0153	0.0092
341	0.1132	0.1132	0.0000	0.8772	0.0060	0.1225	0.1132	0.0153	0.0093
351	0.1192	0.1191	0.0001	0.8712	0.0060	0.1285	0.1191	0.0153	0.0094
361	0.1253	0.1250	0.0002	0.8652	0.0060	0.1345	0.1250	0.0154	0.0094
371	0.1340	0.1330	0.0003	0.8563	0.0089	0.1433	0.1338	0.0183	0.0096
381	0.1428	0.1425	0.0003	0.8475	0.0088	0.1521	0.1425	0.0183	0.0096
391	0.1515	0.1512	0.0003	0.8387	0.0087	0.1608	0.1512	0.0183	0.0096
401	0.1601	0.1597	0.0004	0.8301	0.0086	0.1694	0.1597	0.0182	0.0096

## TABLA IV-4 (Continuación)

## TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

*****CUARTA CORRIDA*****										
: ENTRADA: NIEVE SALIDA: CUARTO :										
: VOLUMEN: 5000 ml CAUDAL: 20 ml/s :										
: CONCENTRACION MEDIA: 0.191 :										
*****										
NO	EDTA1	EDTAP	B1	ETH	EDTM	EDTAM	EDTAP	A1	A2	
411	0.1686	0.1682	0.0004	0.8216	0.0085	0.1779	0.1682	0.0181	0.0097	
421	0.1769	0.1765	0.0004	0.8131	0.0084	0.1863	0.1765	0.0181	0.0098	
431	0.1931	0.1929	0.0003	0.7965	0.0165	0.2028	0.1929	0.0262	0.0099	
441	0.2094	0.2092	0.0001	0.7801	0.0161	0.2189	0.2092	0.0260	0.0097	
451	0.2252	0.2255	0.0003	0.7642	0.0158	0.2347	0.2255	0.0255	0.0092	
461	0.2409	0.2412	0.0003	0.7485	0.0155	0.2502	0.2412	0.0247	0.0090	
471	0.2561	0.2565	0.0004	0.7332	0.0152	0.2654	0.2565	0.0241	0.0089	
481	0.2857	0.2859	0.0001	0.7035	0.0291	0.2945	0.2859	0.0380	0.0086	
491	0.3139	0.3135	0.0004	0.6750	0.0279	0.3224	0.3135	0.0365	0.0089	
501	0.3412	0.3406	0.0006	0.6476	0.0268	0.3492	0.3406	0.0357	0.0086	
511	0.3668	0.3665	0.0003	0.6213	0.0257	0.3749	0.3665	0.0343	0.0085	
521	0.3921	0.3918	0.0003	0.5962	0.0247	0.3996	0.3918	0.0331	0.0078	
531	0.4160	0.4152	0.0007	0.5720	0.0237	0.4233	0.4152	0.0314	0.0080	
541	0.4396	0.4385	0.0011	0.5488	0.0227	0.4460	0.4385	0.0308	0.0075	
551	0.4612	0.4604	0.0009	0.5266	0.0218	0.4678	0.4604	0.0293	0.0074	
561	0.4822	0.4814	0.0009	0.5052	0.0209	0.4887	0.4814	0.0283	0.0073	
571	0.5027	0.5014	0.0007	0.4847	0.0201	0.5087	0.5014	0.0273	0.0073	
581	0.5212	0.5208	0.0009	0.4651	0.0192	0.5280	0.5208	0.0265	0.0071	
591	0.5405	0.5397	0.0009	0.4462	0.0185	0.5464	0.5397	0.0256	0.0068	
601	0.5579	0.5571	0.0007	0.4282	0.0177	0.5641	0.5571	0.0245	0.0070	
611	0.5752	0.5736	0.0016	0.4108	0.0170	0.5811	0.5736	0.0240	0.0076	
621	0.5921	0.5897	0.0024	0.3941	0.0163	0.5975	0.5897	0.0239	0.0077	
631	0.6246	0.6233	0.0013	0.3554	0.0368	0.6342	0.6233	0.0445	0.0109	
641	0.6571	0.6555	0.0016	0.3205	0.0332	0.6674	0.6555	0.0441	0.0119	
651	0.6858	0.6834	0.0024	0.2890	0.0299	0.6973	0.6834	0.0417	0.0139	
661	0.7129	0.7097	0.0032	0.2606	0.0270	0.7242	0.7097	0.0408	0.0145	
671	0.7372	0.7335	0.0037	0.2350	0.0243	0.7485	0.7335	0.0389	0.0150	
681	0.7589	0.7546	0.0043	0.2119	0.0219	0.7705	0.7546	0.0369	0.0158	
691	0.7800	0.7741	0.0059	0.1911	0.0198	0.7902	0.7741	0.0356	0.0161	
701	0.7963	0.7912	0.0051	0.1723	0.0178	0.8080	0.7912	0.0339	0.0168	
711	0.8125	0.8072	0.0053	0.1554	0.0161	0.8241	0.8072	0.0329	0.0169	
721	0.8396	0.8305	0.0091	0.1263	0.0146	0.8502	0.8305	0.0431	0.0198	
731	0.8613	0.8505	0.0108	0.1027	0.0213	0.8715	0.8505	0.0410	0.0210	
741	0.8764	0.8651	0.0113	0.0835	0.0173	0.8888	0.8651	0.0383	0.0236	
751	0.8905	0.8792	0.0113	0.0679	0.0140	0.9028	0.8792	0.0377	0.0236	
761	0.9013	0.8895	0.0118	0.0552	0.0114	0.9142	0.8895	0.0350	0.0247	
771	0.9100	0.8960	0.0140	0.0449	0.0093	0.9235	0.8960	0.0340	0.0275	
781	0.9122	0.8982	0.0140	0.0365	0.0076	0.9311	0.8982	0.0351	0.0329	
791	0.9185	0.9003	0.0162	0.0297	0.0061	0.9372	0.9003	0.0391	0.0369	
801	0.9185	0.9003	0.0162	0.0291	0.0050	0.9422	0.9003	0.0419	0.0419	

TABLA IV-5  
TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

\*\*\*\*\*QUINTA CORRIDA\*\*\*\*\*  
 \* ENTRADA: OCHO \* SALIDA: CINCO \*  
 \* VOLUMEN: 5000 ml \* CAUDAL: 20 ml/s \*  
 \* CONCENTRACION MEDIA: 0.191 \*  
 \*\*\*\*\*

NO	EDTA1	EDTAP	B1	ETH	EDTH	LDIAM	EDTAP	A1	A2
1)	0.0017	0.0015	0.0002	0.9983	0.0017	0.0017	0.0015	0.0017	0.0002
2)	0.0036	0.0033	0.0002	0.9966	0.0017	0.0034	0.0033	0.0019	0.0001
3)	0.0052	0.0049	0.0003	0.9948	0.0017	0.0052	0.0049	0.0018	0.0003
4)	0.0068	0.0064	0.0003	0.9931	0.0017	0.0069	0.0064	0.0020	0.0004
5)	0.0083	0.0080	0.0004	0.9914	0.0017	0.0086	0.0080	0.0021	0.0006
6)	0.0099	0.0095	0.0004	0.9897	0.0017	0.0103	0.0095	0.0023	0.0008
7)	0.0115	0.0110	0.0004	0.9880	0.0017	0.0120	0.0110	0.0025	0.0009
8)	0.0130	0.0126	0.0004	0.9863	0.0017	0.0137	0.0126	0.0026	0.0011
9)	0.0145	0.0142	0.0004	0.9846	0.0017	0.0154	0.0142	0.0028	0.0012
10)	0.0161	0.0157	0.0003	0.9829	0.0017	0.0171	0.0157	0.0029	0.0013
11)	0.0176	0.0173	0.0003	0.9812	0.0017	0.0188	0.0173	0.0030	0.0014
12)	0.0191	0.0189	0.0002	0.9795	0.0017	0.0205	0.0189	0.0031	0.0015
13)	0.0222	0.0221	0.0001	0.9762	0.0034	0.0230	0.0221	0.0049	0.0017
14)	0.0255	0.0254	0.0000	0.9728	0.0034	0.0272	0.0254	0.0050	0.0018
15)	0.0287	0.0287	0.0000	0.9694	0.0033	0.0305	0.0287	0.0051	0.0018
16)	0.0319	0.0319	0.0000	0.9661	0.0033	0.0339	0.0319	0.0052	0.0019
17)	0.0351	0.0352	0.0001	0.9628	0.0033	0.0372	0.0352	0.0053	0.0020
18)	0.0383	0.0384	0.0001	0.9595	0.0033	0.0405	0.0384	0.0053	0.0021
19)	0.0415	0.0416	0.0001	0.9562	0.0033	0.0438	0.0416	0.0054	0.0022
20)	0.0446	0.0448	0.0002	0.9529	0.0033	0.0471	0.0448	0.0055	0.0023
21)	0.0477	0.0479	0.0001	0.9496	0.0033	0.0503	0.0479	0.0056	0.0025
22)	0.0509	0.0510	0.0002	0.9463	0.0033	0.0536	0.0510	0.0057	0.0026
23)	0.0539	0.0543	0.0003	0.9431	0.0033	0.0569	0.0543	0.0058	0.0026
24)	0.0570	0.0574	0.0004	0.9398	0.0032	0.0601	0.0574	0.0058	0.0027
25)	0.0631	0.0637	0.0004	0.9334	0.0064	0.0665	0.0637	0.0091	0.0020
26)	0.0692	0.0699	0.0007	0.9269	0.0064	0.0729	0.0699	0.0092	0.0030
27)	0.0754	0.0767	0.0008	0.9206	0.0062	0.0793	0.0762	0.0093	0.0031
28)	0.0813	0.0823	0.0010	0.9142	0.0063	0.0856	0.0823	0.0094	0.0033
29)	0.0872	0.0883	0.0011	0.9080	0.0063	0.0918	0.0883	0.0096	0.0035
30)	0.0929	0.0943	0.0014	0.9017	0.0062	0.0981	0.0943	0.0097	0.0038
31)	0.0987	0.1003	0.0016	0.8955	0.0062	0.1042	0.1003	0.0099	0.0040
32)	0.1044	0.1062	0.0018	0.8894	0.0061	0.1104	0.1062	0.0101	0.0042
33)	0.1099	0.1119	0.0021	0.8833	0.0061	0.1165	0.1119	0.0103	0.0045
34)	0.1155	0.1178	0.0022	0.8772	0.0060	0.1225	0.1178	0.0106	0.0047
35)	0.1213	0.1236	0.0023	0.8712	0.0060	0.1285	0.1236	0.0107	0.0049
36)	0.1270	0.1294	0.0024	0.8652	0.0060	0.1345	0.1294	0.0109	0.0051
37)	0.1356	0.1381	0.0025	0.8593	0.0069	0.1433	0.1381	0.0139	0.0052
38)	0.1443	0.1468	0.0026	0.8475	0.0088	0.1521	0.1468	0.0140	0.0053
39)	0.1528	0.1554	0.0026	0.8387	0.0087	0.1608	0.1554	0.0140	0.0054
40)	0.1612	0.1639	0.0027	0.8301	0.0086	0.1694	0.1639	0.0140	0.0055

TABLA IV-5 (Continuación)

## TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

```

*****CUENTA CORRIDA*****
|
| ENTRADA CICLO          SALIDA CICLO
| VOLUMEN 58000 ml      CAUDAL: 70 ml/m
| CONCENTRACIÓN MEDIA: 0.191
|
*****

```

NO	EDTA1	EDTAP	B1	ETH	EDTH	EDTAH	EDTAP	A1	A2
41)	0.1694	0.1720	0.0026	0.0216	0.0085	0.1779	0.1720	0.0140	0.0058
42)	0.1775	0.1801	0.0026	0.0131	0.0084	0.1865	0.1801	0.0142	0.0061
43)	0.1936	0.1957	0.0022	0.7965	0.0165	0.2008	0.1957	0.0226	0.0070
44)	0.2095	0.2118	0.0023	0.7801	0.0161	0.2189	0.2118	0.0232	0.0071
45)	0.2246	0.2276	0.0030	0.7642	0.0158	0.2347	0.2276	0.0229	0.0071
46)	0.2398	0.2429	0.0031	0.7485	0.0155	0.2502	0.2429	0.0226	0.0073
47)	0.2550	0.2581	0.0032	0.7332	0.0152	0.2654	0.2581	0.0225	0.0072
48)	0.2831	0.2867	0.0036	0.7035	0.0291	0.2945	0.2867	0.0363	0.0077
49)	0.3109	0.3146	0.0037	0.6750	0.0279	0.3224	0.3146	0.0357	0.0078
50)	0.3371	0.3413	0.0042	0.6476	0.0268	0.3492	0.3413	0.0346	0.0079
51)	0.3629	0.3672	0.0044	0.6213	0.0257	0.3749	0.3672	0.0336	0.0077
52)	0.3869	0.3920	0.0051	0.5962	0.0247	0.3996	0.3920	0.0324	0.0076
53)	0.4110	0.4161	0.0051	0.5720	0.0237	0.4235	0.4161	0.0312	0.0072
54)	0.4352	0.4391	0.0057	0.5488	0.0227	0.4460	0.4391	0.0299	0.0068
55)	0.4596	0.4613	0.0058	0.5266	0.0218	0.4678	0.4613	0.0286	0.0064
56)	0.4760	0.4827	0.0067	0.5052	0.0209	0.4887	0.4827	0.0273	0.0060
57)	0.4961	0.5034	0.0073	0.4847	0.0201	0.5087	0.5034	0.0260	0.0053
58)	0.5154	0.5227	0.0073	0.4651	0.0192	0.5280	0.5227	0.0246	0.0053
59)	0.5349	0.5425	0.0076	0.4462	0.0185	0.5464	0.5425	0.0238	0.0059
60)	0.5526	0.5608	0.0081	0.4282	0.0177	0.5641	0.5608	0.0217	0.0054
61)	0.5700	0.5780	0.0080	0.4100	0.0170	0.5811	0.5780	0.0204	0.0051
62)	0.5869	0.5943	0.0074	0.3941	0.0163	0.5975	0.5943	0.0194	0.0052
63)	0.6248	0.6330	0.0082	0.3854	0.0368	0.6342	0.6330	0.0400	0.0012
64)	0.6589	0.6679	0.0090	0.3205	0.0332	0.6674	0.6679	0.0344	0.0005
65)	0.6903	0.6993	0.0090	0.2890	0.0299	0.6973	0.6993	0.0293	0.0021
66)	0.7179	0.7275	0.0096	0.2606	0.0270	0.7242	0.7275	0.0249	0.0033
67)	0.7445	0.7538	0.0093	0.2350	0.0243	0.7485	0.7538	0.0210	0.0052
68)	0.7667	0.7779	0.0112	0.2119	0.0219	0.7705	0.7779	0.0167	0.0074
69)	0.7862	0.7976	0.0114	0.1911	0.0198	0.7902	0.7976	0.0123	0.0074
70)	0.8057	0.8182	0.0125	0.1723	0.0178	0.8080	0.8182	0.0104	0.0102
71)	0.8225	0.8353	0.0128	0.1554	0.0161	0.8241	0.8353	0.0099	0.0112
72)	0.8506	0.8629	0.0123	0.1263	0.0261	0.8502	0.8629	0.0150	0.0127
73)	0.8723	0.8856	0.0135	0.1027	0.0213	0.8715	0.8856	0.0086	0.0142
74)	0.8864	0.9008	0.0144	0.0835	0.0173	0.8888	0.9008	0.0031	0.0120
75)	0.9005	0.9138	0.0133	0.0679	0.0140	0.9078	0.9138	0.0020	0.0110
76)	0.9113	0.9236	0.0123	0.0552	0.0114	0.9142	0.9236	0.0004	0.0093
77)	0.9200	0.9306	0.0106	0.0449	0.0093	0.9235	0.9306	0.0006	0.0071
78)	0.9276	0.9371	0.0096	0.0365	0.0076	0.9311	0.9371	0.0005	0.0060
79)	0.9340	0.9404	0.0063	0.0297	0.0061	0.9372	0.9404	0.0001	0.0031
80)	0.9395	0.9431	0.0036	0.0241	0.0050	0.9422	0.9431	0.0019	0.0008

TABLA IV-6  
TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

\*\*\*\*\* SEXIA CORRIDA\*\*\*\*\*  
 : ENTRADA: 51E1E SALIDA: 5E1S :  
 : VOLUMEN: 58000 ml CAUDAL: 20 ml/s :  
 : CONCENTRACION MEDIA: 0.191 :  
 \*\*\*\*\*

NO	EDTA1	EDTAP	BI	ETH	EDTH	EDTAH	EDTAP	A1	A2
1)	0.0031	0.0030	0.0001	0.9983	0.0017	0.0017	0.0030	0.0017	0.0012
2)	0.0053	0.0052	0.0001	0.9966	0.0017	0.0034	0.0052	0.0005	0.0018
3)	0.0072	0.0071	0.0000	0.9948	0.0017	0.0052	0.0071	0.0000	0.0020
4)	0.0089	0.0090	0.0001	0.9931	0.0017	0.0069	0.0090	0.0003	0.0021
5)	0.0106	0.0107	0.0001	0.9914	0.0017	0.0086	0.0107	0.0004	0.0022
6)	0.0123	0.0125	0.0002	0.9897	0.0017	0.0103	0.0125	0.0005	0.0022
7)	0.0139	0.0142	0.0002	0.9880	0.0017	0.0120	0.0142	0.0005	0.0022
8)	0.0156	0.0158	0.0003	0.9863	0.0017	0.0137	0.0158	0.0005	0.0022
9)	0.0172	0.0175	0.0003	0.9846	0.0017	0.0154	0.0175	0.0005	0.0021
10)	0.0188	0.0191	0.0003	0.9829	0.0017	0.0171	0.0191	0.0004	0.0021
11)	0.0204	0.0208	0.0004	0.9812	0.0017	0.0188	0.0208	0.0004	0.0020
12)	0.0220	0.0224	0.0004	0.9795	0.0017	0.0205	0.0224	0.0003	0.0019
13)	0.0232	0.0236	0.0004	0.9772	0.0034	0.0238	0.0236	0.0014	0.0017
14)	0.0283	0.0287	0.0004	0.9728	0.0034	0.0272	0.0287	0.0016	0.0015
15)	0.0315	0.0319	0.0004	0.9694	0.0033	0.0308	0.0319	0.0018	0.0014
16)	0.0346	0.0351	0.0005	0.9661	0.0033	0.0339	0.0351	0.0020	0.0012
17)	0.0377	0.0383	0.0006	0.9628	0.0033	0.0372	0.0383	0.0021	0.0011
18)	0.0408	0.0415	0.0007	0.9595	0.0033	0.0405	0.0415	0.0022	0.0010
19)	0.0439	0.0446	0.0007	0.9562	0.0033	0.0438	0.0446	0.0023	0.0008
20)	0.0469	0.0476	0.0008	0.9529	0.0033	0.0471	0.0476	0.0025	0.0006
21)	0.0499	0.0507	0.0008	0.9496	0.0033	0.0503	0.0507	0.0027	0.0003
22)	0.0529	0.0537	0.0008	0.9463	0.0033	0.0536	0.0537	0.0029	0.0001
23)	0.0559	0.0567	0.0008	0.9431	0.0033	0.0569	0.0567	0.0032	0.0002
24)	0.0589	0.0598	0.0009	0.9399	0.0032	0.0601	0.0598	0.0034	0.0003
25)	0.0649	0.0659	0.0010	0.9334	0.0064	0.0665	0.0659	0.0067	0.0006
26)	0.0708	0.0720	0.0011	0.9269	0.0064	0.0729	0.0720	0.0070	0.0009
27)	0.0768	0.0780	0.0012	0.9206	0.0063	0.0793	0.0780	0.0073	0.0013
28)	0.0826	0.0839	0.0013	0.9142	0.0063	0.0856	0.0839	0.0076	0.0016
29)	0.0885	0.0899	0.0014	0.9080	0.0063	0.0918	0.0899	0.0079	0.0020
30)	0.0943	0.0957	0.0014	0.9017	0.0062	0.0981	0.0957	0.0082	0.0023
31)	0.1002	0.1016	0.0015	0.8955	0.0062	0.1042	0.1016	0.0085	0.0026
32)	0.1060	0.1075	0.0015	0.8894	0.0061	0.1104	0.1075	0.0088	0.0029
33)	0.1118	0.1133	0.0015	0.8833	0.0061	0.1165	0.1133	0.0090	0.0031
34)	0.1175	0.1192	0.0017	0.8772	0.0060	0.1225	0.1192	0.0092	0.0033
35)	0.1231	0.1249	0.0018	0.8712	0.0060	0.1285	0.1249	0.0093	0.0036
36)	0.1289	0.1307	0.0018	0.8652	0.0060	0.1345	0.1307	0.0096	0.0038
37)	0.1371	0.1391	0.0020	0.8563	0.0089	0.1433	0.1391	0.0127	0.0043
38)	0.1453	0.1475	0.0022	0.8475	0.0088	0.1521	0.1475	0.0130	0.0046
39)	0.1536	0.1558	0.0023	0.8387	0.0087	0.1608	0.1558	0.0133	0.0050
40)	0.1616	0.1640	0.0024	0.8301	0.0086	0.1694	0.1640	0.0136	0.0054

TABLA IV-6 (Continuación)  
TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

\*\*\*\*\* SEXTA CORRIDA\*\*\*\*\*  
 ENTRADA: SIETE SALIDA: SEIS  
 VOLUMEN: 5000 ml CAUDAL: 20 ml/s  
 CONCENTRACION MEDIA: 0.191  
 \*\*\*\*\*

NO	EDTA1	EDTAP	B1	ETM	EDTM	EDTAM	EDTAP	A1	A2
41)	0.1696	0.1722	0.0026	0.8216	0.0085	0.1774	0.1722	0.0139	0.0056
42)	0.1774	0.1803	0.0029	0.8131	0.0084	0.1863	0.1803	0.0141	0.0060
43)	0.1935	0.1963	0.0029	0.7965	0.0165	0.2028	0.1963	0.0223	0.0064
44)	0.2090	0.2119	0.0030	0.7801	0.0161	0.2189	0.2119	0.0226	0.0070
45)	0.2239	0.2270	0.0031	0.7642	0.0158	0.2347	0.2270	0.0228	0.0077
46)	0.2389	0.2420	0.0031	0.7485	0.0155	0.2502	0.2420	0.0232	0.0082
47)	0.2536	0.2568	0.0032	0.7332	0.0152	0.2654	0.2568	0.0234	0.0086
48)	0.2683	0.2862	0.0030	0.7035	0.0291	0.2945	0.2862	0.0377	0.0082
49)	0.3108	0.3146	0.0038	0.6750	0.0274	0.3224	0.3146	0.0362	0.0078
50)	0.3372	0.3416	0.0044	0.6476	0.0268	0.3492	0.3416	0.0346	0.0076
51)	0.3628	0.3674	0.0046	0.6213	0.0257	0.3749	0.3674	0.0333	0.0075
52)	0.3870	0.3917	0.0047	0.5962	0.0247	0.3996	0.3917	0.0322	0.0078
53)	0.4104	0.4159	0.0055	0.5720	0.0237	0.4233	0.4159	0.0315	0.0074
54)	0.4325	0.4393	0.0068	0.5488	0.0227	0.4460	0.4393	0.0301	0.0067
55)	0.4518	0.4603	0.0085	0.5266	0.0218	0.4678	0.4603	0.0285	0.0074
56)	0.4722	0.4810	0.0088	0.5052	0.0209	0.4887	0.4810	0.0283	0.0077
57)	0.4906	0.5009	0.0103	0.4847	0.0201	0.5087	0.5009	0.0277	0.0078
58)	0.5093	0.5211	0.0116	0.4651	0.0192	0.5280	0.5211	0.0270	0.0069
59)	0.5259	0.5398	0.0139	0.4462	0.0185	0.5464	0.5398	0.0253	0.0066
60)	0.5426	0.5577	0.0151	0.4282	0.0177	0.5641	0.5577	0.0243	0.0065
61)	0.5582	0.5738	0.0156	0.4108	0.0170	0.5811	0.5738	0.0235	0.0073
62)	0.5740	0.5900	0.0160	0.3941	0.0163	0.5975	0.5900	0.0236	0.0075
63)	0.6092	0.6202	0.0189	0.3554	0.0368	0.6342	0.6202	0.0442	0.0081
64)	0.6390	0.6604	0.0214	0.3205	0.0332	0.6674	0.6604	0.0392	0.0070
65)	0.6688	0.6904	0.0216	0.2890	0.0298	0.6973	0.6904	0.0369	0.0068
66)	0.6932	0.7181	0.0249	0.2606	0.0270	0.7242	0.7181	0.0338	0.0062
67)	0.7175	0.7432	0.0257	0.2350	0.0243	0.7485	0.7432	0.0305	0.0053
68)	0.7381	0.7657	0.0276	0.2119	0.0219	0.7765	0.7657	0.0272	0.0047
69)	0.7555	0.7858	0.0303	0.1911	0.0198	0.7992	0.7858	0.0245	0.0045
70)	0.7717	0.8042	0.0325	0.1723	0.0178	0.8080	0.8042	0.0223	0.0039
71)	0.7852	0.8202	0.0349	0.1554	0.0161	0.8241	0.8202	0.0199	0.0040
72)	0.8037	0.8456	0.0420	0.1263	0.0261	0.8502	0.8456	0.0301	0.0046
73)	0.8199	0.8694	0.0495	0.1027	0.0213	0.8715	0.8694	0.0259	0.0020
74)	0.8329	0.8873	0.0544	0.0835	0.0173	0.8888	0.8873	0.0193	0.0015
75)	0.8394	0.8976	0.0582	0.0679	0.0140	0.9028	0.8976	0.0155	0.0022
76)	0.8437	0.9057	0.0620	0.0552	0.0114	0.9142	0.9057	0.0166	0.0085
77)	0.8492	0.9111	0.0620	0.0449	0.0093	0.9235	0.9111	0.0178	0.0124
78)	0.8492	0.9117	0.0625	0.0365	0.0076	0.9311	0.9117	0.0199	0.0194
79)	0.8492	0.9117	0.0625	0.0297	0.0061	0.9372	0.9117	0.0255	0.0255
80)	0.8492	0.9117	0.0625	0.0241	0.0050	0.9422	0.9117	0.0305	0.0305



## D.- RESULTADOS DE AMBOS TRATAMIENTOS.

Los cuadros IV-A y IV-B a continuación, muestran la comparación de los parámetros obtenidos por el tratamiento unimuestral y bimuestral, respectivamente y hacen la indicación de la aceptación o rechazo de la hipótesis nula a los diversos intervalos de confianza que en ellos se indica.

CUADRO IV-A  
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE KOLMOGOROV (UNIMUESTRAL)

	$\alpha = 20\%$ D = 0.0846	$\alpha = 10\%$ D = 0.0964	$\alpha = 5\%$ D = 0.1075	$\alpha = 2\%$ D = 0.1202	$\alpha = 1\%$ D = 0.1289
1a. Corrida a=0.0394	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada
2a. Corrida a=0.0418	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada
3a. Corrida a=0.0529	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada
4a. Corrida a=0.0445	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada
5a. Corrida a=0.0400	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada
6a. Corrida a=0.0442	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada

CUADRO IV-B  
 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV  
 (BIMUESTRAL)

	$\alpha = 20\%$ D = 0.1692	$\alpha = 10\%$ D = 0.1929	$\alpha = 5\%$ D = 0.2150	$\alpha = 2\%$ D = 0.2403	$\alpha = 1\%$ D = 0.2577
1a. Corrida $b_1 = 0.0708$	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada
2a. Corrida $b_1 = 0.0780$	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada
3a. Corrida $b_1 = 0.0543$	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada
4a. Corrida $b_1 = 0.0162$	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada
5a. Corrida $b_1 = 0.0144$	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada
6a. Corrida $b_1 = 0.0625$	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada	Hipótesis Aceptada

CAPÍTULO V

CONVERSIÓN PARA UNA REACCIÓN IRREVERSIBLE DE  
PRIMER ORDEN.

La Tabla V-1 muestra las conversiones obtenidas para una reacción irreversible de primer orden, como la descrita en el Capítulo I, a diversos valores de coeficientes cinéticos y, por ende, a distintas velocidades de reacción.

Se comparan también, las conversiones para el modelo de mezcla completa ideal obtenidas con la ecuación (I-17) - con las calculadas por la expresión (I-24); la diferencia es atribuible al error inducido por el método numérico y -- por el truncamiento de la curva  $E_{\theta}$  contra  $\bar{\theta}$ . Dicha comparación se realiza en la Tabla V-2.

Las Tablas se leen de arriba a abajo y usan la siguiente nomenclatura:

- $k_1$  : Coeficiente cinético.
- $X_A$  : Conversión obtenida para el modelo de mezcla completa ideal.
- $X_{AM}$  : Conversión media obtenida para los datos experimentales.

Para ejemplificaciones de cálculos véase el apéndice

TABLA V-1  
 CONVERSIONES PARA UNA REACCIÓN DE PRIMER ORDEN

\*\*\*\*\*REACTOR DE MEZCLA COMPLETA IDUAL\*\*\*\*\*

k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1
0.00001	0.00005	0.00010	0.00020	0.00040	0.00060	0.00080	0.00100	0.00500	0.01000
XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA
0.01484	0.10815	0.20418	0.34757	0.52264	0.62416	0.69016	0.73650	0.93492	0.96690

\*\*\*\*\*PRIMERA CORRIDA\*\*\*\*\*

k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1
0.00001	0.00005	0.00010	0.00020	0.00040	0.00060	0.00080	0.00100	0.00500	0.01000
XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM
0.00590	0.10242	0.20152	0.34895	0.52791	0.63125	0.69838	0.74551	0.94585	0.97665

\*\*\*\*\*SEGUNDA CORRIDA\*\*\*\*\*

k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1
0.00001	0.00005	0.00010	0.00020	0.00040	0.00060	0.00080	0.00100	0.00500	0.01000
XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM
0.03302	0.12379	0.21756	0.35836	0.53179	0.63322	0.69947	0.74609	0.94508	0.97601

\*\*\*\*\*TERCERA CORRIDA\*\*\*\*\*

k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1
0.00001	0.00005	0.00010	0.00020	0.00040	0.00060	0.00080	0.00100	0.00500	0.01000
XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM
0.01741	0.11441	0.21362	0.36035	0.53693	0.63808	0.70352	0.74940	0.94447	0.97480

TABLA V-1 (Continuación)  
 CONVERSIONES PARA UNA REACCIÓN DE PRIMER ORDEN

*****REACION DE MEZCLA COMPLETA IDEAL*****									
k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1
0.00001	0.00005	0.00010	0.00020	0.00040	0.00060	0.00080	0.00100	0.00500	0.01000
XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA
0.01484	0.10815	0.20418	0.34757	0.52264	0.62816	0.69017	0.73650	0.93492	0.96690
*****CUARTA CORRIDA*****									
k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1
0.00001	0.00005	0.00010	0.00020	0.00040	0.00060	0.00080	0.00100	0.00500	0.01000
XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM
0.05121	0.13783	0.22795	0.36442	0.53420	0.63408	0.69948	0.74557	0.94288	0.97349
*****QUINTA CORRIDA*****									
k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1
0.00001	0.00005	0.00010	0.00020	0.00040	0.00060	0.00080	0.00100	0.00500	0.01000
XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM
0.01069	0.10431	0.20115	0.34659	0.52495	0.62819	0.69495	0.74155	0.93760	0.96857
*****SEXTA CORRIDA*****									
k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1
0.00001	0.00005	0.00010	0.00020	0.00040	0.00060	0.00080	0.00100	0.00500	0.01000
XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM	XAM
0.03963	0.12725	0.21863	0.35720	0.52965	0.63043	0.69594	0.74181	0.93542	0.96602

TABLA V-2  
COMPARACIÓN DE CONVERSIONES OBTENIDAS

A.- POR LA ECUACIÓN (I-24).

*****REACTOR DE MEZCLA COMPLETA IDEAL*****									
k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1
0.00001	0.00005	0.00010	0.00020	0.00040	0.00060	0.00080	0.00100	0.00500	0.01000
XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA
0.02818	0.12664	0.22481	0.36709	0.53704	0.63504	0.69880	0.74359	0.93548	0.96667

B.- POR LA ECUACION (I-17).

*****REACTOR DE MEZCLA COMPLETA IDEAL*****									
k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1
0.00001	0.00005	0.00010	0.00020	0.00040	0.00060	0.00080	0.00100	0.00500	0.01000
XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA	XA
0.01484	0.10815	0.20418	0.34757	0.52264	0.62416	0.69016	0.73650	0.93492	0.96690

CAPÍTULO VI



## DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

### A.- DISCUSIÓN SOBRE LAS GRÁFICAS DE TETA CONTRA ETP Y ETM Y SOBRE LOS TIEMPOS PROMEDIO.

Dentro de las gráficas obtenidas, se forman tres bloques con características similares:

BLOQUE UNO (CORRIDAS 1,2 y 3): En estas tres corridas se puede observar una característica común importante:

Tardan en alcanzar la curva teórica, es decir, en las primeras muestras, la concentración del trazador es muy chica, lo que se puede explicar si se recurre al esquema del tanque del apéndice 1 (Figura 1-A) en el que se muestra la separación tan grande existente entre la entrada y la salida, lógicamente, la señal recorre una gran distancia antes de ser detectada, o en otras palabras, debe primero lograrse cierto grado de homogeneización antes de obtener resultados que se aproximen a la curva teórica.

Otro aspecto muy importante, lo constituye el hecho de que estas corridas tienen la entrada por debajo del travesaño que sostiene a la flecha, mismo que actúa como mampara, dificultando el paso del fluido trazador.

BLOQUE DOS (CORRIDAS 4 y 5): Constituyen el punto medio de los tres bloques; las dos:

- Tardan un poco en alcanzar las concentraciones aceptables (aunque no mucho).
- Sus salidas y entradas se encuentran por encima del travesaño que sostiene a la flecha y en medio de los agitadores.
- La distancia de entrada a salida no es grande.
- Sus salidas son cercanas al agitador más alto.

Todos estos parámetros se conjugan para constituir las como las mejores condiciones de operación. Aunque se difieren en la mayor cercanía de entradas y salidas para la corrida 5, que también tiene más cercano el agitador más alto a su salida.

BLOQUE TRES (CORRIDA 6): Si se recurre nuevamente al dibujo del tanque, se verá que la cercanía de entrada con la salida y la coincidencia del agitador frente a la salida es notable, factores que crean una canalización o corto circuito; la señal es empujada inmediatamente por el impulsor hacia la salida, lo que hace que se midan concentraciones altas, antes de alcanzar la homogeneización y con ello se crea una curva mayor a la ideal en los primeros instantes que va descendiendo conforme pasa el tiempo. Como se encuentran su entrada y salida por encima del travesaño, éste no lo afecta.

En cuanto a los tiempos promedio, se explican si se observan las figuras III-1 a III-6 y la ecuación (I-4).

En las corridas 1 y 3 el tiempo promedio es mayor que el ideal, ya que su curva experimental, a valores de  $\theta$  grandes, pasa por encima de la teórica y crea un área mayor.

En las corridas 2, 4, 5 y 6 el tiempo promedio es menor que el ideal, ya que su curva experimental, a valores de  $\theta$  grandes, pasa por debajo de la teórica, lo que reduce el área.

#### B.- DISCUSIONES SOBRE LAS CONVERSIONES OBTENIDAS.

En las corridas 2, 3, 4 y 6, a todas las velocidades de reacción, las conversiones obtenidas son mayores que las teóricas.

En la corrida uno, a velocidades bajas (De  $k_1 = .00001$  a  $k_1 = 0.0001$ ) las conversiones son menores; pero a velocidad-

des más grandes se obtienen conversiones mayores que las teóricas.

La corrida cinco, representa la mayor aproximación a las conversiones del modelo de mezcla completa ideal.

Estos hechos son coincidentes con los expresados en el anterior inciso y hallan, por lo tanto, la misma interpretación física que en los bloques correspondientes.

### C.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS.

Como lo muestran los cuadros V-A y V-B, a intervalos de confianza de hasta el 20%, se aceptan las hipótesis:

- A.- No existe diferencia significativa entre la corrida y su réplica. Es decir, son repetitivos sus valores, para todas las corridas.
- B.- El promedio de los datos experimentales se ajusta con su curva, a la curva del modelo de mezcla completa ideal, en todas las corridas.

Es de hacer notar, para el último inciso, que la menor desviación de la idealidad, la presenta la quinta corrida. Aunque el tratamiento de Kolmogorov no prevee la comparación de idealidad entre las corridas, es interesante ver que, al parecer, señala, con la menor desviación, a la que resulta, por los motivos físicos antes discutidos, la mejor de ellas.

Aunque en todos los casos, no se debe olvidar la consideración del error inducido por el método numérico de cálculo y por el truncamiento de la curva  $E_{\theta}$  contra  $\theta$ .

R E S U M E N

## RESUMEN

Siendo el objetivo del trabajo, el estudio del comportamiento de un reactor de mezcla completa experimental y la obtención de la mejor combinación de entrada y salida, dentro de las contempladas por el diseño experimental, se recurrió a la determinación y análisis de la Distribución de los Tiempos de Residencia en éste.

La DTR fue determinada mediante una técnica de estímulo-respuesta, en la que se inyectaron 30 ml de colorante verde esmeralda, como una señal trazadora que es inerte y fácilmente detectable en el medio, en un volumen de 58 litros, con agitación mediante dos impulsores de paletas inclinadas a 45 grados, girando a 285 rpm, con un caudal constante de 20 ml/s. Se realizaron seis corridas con réplica, variando la posición de entradas y salidas, que fue la variable estudiada. El recipiente usado como reactor tiene una relación  $L/D = 3.115$ .

Se midió en un colorímetro, la concentración del trazador a la salida del tanque, obteniéndose una colección de datos de concentración-tiempo, tomándose como origen, el instante mismo en que fue producida la señal.

Se reunieron los siguientes parámetros, que se analizaron e interpretaron físicamente:

- 1.- Su curva experimental de  $\theta$  vs.  $E_{\theta}$  (DTR).
- 2.- Su tiempo promedio.
- 3.- Sus conversiones a diversas velocidades de reacción.

Se aplicaron los tratamientos estadísticos de Kolmogorov-Smirnov, para probar la repetitividad de los da-

tos y la de Kolmogorov para observar su ajuste al modelo ideal. La menor desviación "E1" de la prueba de Kolmogorov, de una de las corridas con respecto a las otras, fue usada como un apoyo a la interpretación física de los hechos, ya que dicha desviación menor coincidió con la mejor de las corridas. Aunque esto no es concluyente con certeza total, pues no se localizaron referencias en que la prueba fuera usada de esa manera.

Con todos estos datos, se concluyó sobre la mejor combinación de entrada y salida de las contempladas.

## CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

Aunque en las condiciones de este estudio la DTR experimental no se desvía significativamente de la ideal de mezcla completa, en base a la prueba estadística de Kolmogorov, con intervalos de confianza de hasta el 20%, el análisis visual de las curvas obtenidas y la interpretación física que se ha dado, según las posiciones de la entrada y de la salida, con respecto a los agitadores, sugiere que:

- 1.- La mayor cercanía al comportamiento ideal se logra cuando la entrada queda entre los dos agitadores y la salida no muy cercana a la entrada o a un agitador; estando ambas por encima del travesaño. En este trabajo, en el mejor de los casos, la entrada se localizó a 0.38 veces la longitud del tanque o a 2.89 veces el diámetro del agitador, midiendo desde el fondo. La salida estaba a 1.64 veces el diámetro del agitador por encima de la entrada, es decir a 0.61 veces de la longitud del tanque. Siendo la relación  $L/D = 3.115$ .
- 2.- Existe evidencia de canalización cuando la salida y la entrada son cercanas entre sí y con un agitador frente a ellas.
- 3.- La homogeneización es más lenta cuando la salida y la entrada están muy separadas, cuando está la entrada por debajo del travesaño y cuando no están colocadas entre los agitadores.
- 4.- La prueba de Kolmogorov no es suficientemente sensible para significar desviaciones en la DTR, en cuanto al análisis de las conversiones obtenidas.



## BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Aris Robert  
"Análisis de Reactores"  
Editorial Alhambra  
1a. Edición. Madrid,1973
  
- 2.- Chilton H. Cecil y Perry H. Robert  
"Manual del Ingeniero Químico"  
Editorial McGraw Hill  
5a. Edición. México,1973
  
- 3.- De la Peña Manrique Ramón  
"Introducción al Análisis Ingenieril  
de los Reactores Químicos".  
Editorial LIMUSA  
1a. Edición. México, 1981
  
- 4.- González Medina Miguel Trinidad  
"Manual de Prácticas de Ingeniería Química"  
TESIS  
U.A.G.,1976
  
- 5.- Hill G. Charles Jr.  
"An Introduction to Chemical Engineering  
Kinetics and Reactor Design"  
Editorial John Wiley and Sons  
1a. Edición. New York,1977
  
- 6.- Kirk E. Raymond y Othmer F. Donald  
"Encyclopedia of Chemical Technology"  
Editorial John Wiley and Sons  
2a. Edición. Vol. 13 (v. "Mixing and Blending")  
New York,1967

- 7.- Kreyszig Erwin  
"Introducción a la Estadística Matemática.  
Principios y Métodos"  
Editorial LIMUSA  
1a. Edición. México, 1984
- 8.- Levenspiel Octave J.  
"Ingeniería de las Reacciones Químicas"  
Editorial Reverté  
2a. Edición. Barcelona, 1975
- 9.- Ludwig Ernest E.  
"Applied Process Design for Chemical and  
Petrochemical Plants"  
Gulf Publishing Company  
2a. Edición. Vol. 1  
Houston Texas, 1977
- 10.- Oldshue James Y. (Mixing Equipment Co.)  
"Fluid Mixing Technology and Practice"  
Chemical Engineering Magazine  
June 13, 1983
- 11.- Smith J.M.  
"Ingeniería de la Cinética Química"  
Editorial C.E.C.S.A.  
2a. Edición. México, 1984

## APÉNDICES

APÉNDICE 1  
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO

A.- REFERENTE AL TANQUE.

El tanque, es un recipiente cilíndrico de 30 cm de diámetro y 91.44 cm de altura efectiva en su parte menos honda, siendo 2 cm más profundo en el centro, debido a que su fondo es cóncavo, como se muestra en la figura (I-A).

Cuenta con dos travesaños, uno en la boca del recipiente y otro a 25.4 cm del fondo, cuyo fin es el de evitar las vibraciones que ocasionan los agitadores en la flecha.

Los travesaños se encuentran instalados a  $90^{\circ}$  con respecto a las boquillas.

Diametralmente opuestas, se encuentran perforadas 13 pares de boquillas de 0.952 cm de diámetro ( $3/8$  pg) espaciadas entre sí 6 cm .

El tanque descansa sobre una base circular de igual diámetro y 5 cm de altura.

Los materiales usados para su construcción son: lámina galvanizada calibre 20 ( $1/16$  pg de espesor nominal), roldana y soldada con cautín y estaño. En el caso de las boquillas se usó tubo de cobre del diámetro antes dicho ( $3/8$  pg) sellándolas mediante la misma técnica.

El volumen total del tanque es de aproximadamente de 65 l ; sin embargo, nuestro volumen de trabajo fue de 58 litros, lo que corresponde a un nivel del tanque (sin contar la base) de 80 cm . Pero, al realizar la agitación, el vórtice causado eleva el nivel y se provoca que las crestas del

líquido salgan por la primera boquilla, esto hizo necesario el que se sellaran con silicón estos orificios.

#### B.- REFERENTE A LA AGITACIÓN.

Se usó un motor de 0.5 H.P. montado en un cubículo - de madera, por cuyo exterior el eje del motor, con una minúscula polea en su extremo, de diámetro de 5.08 cm (2 pg), transmite movimiento a una polea mayor, de 30 cm de diámetro, por medio de una banda automotriz de 35 cm.

La polea mayor, a su vez, hace girar a un eje que - atraviesa el cubículo por una chumacera y desemboca en un portabrocas o "chuck" (como el que tienen los taladros) y - cuya abertura máxima es de 2.54 cm (1 pg).

En el portabrocas se fija la flecha, a la que van - atornillados los impulsores. La flecha es de acero inoxidable, de 0.794 cm (5/16 pg nominales).

Los impulsores son de lámina de acero inoxidable, ca libre 20 (1/16 pg), con un diámetro de 12.7 cm (5 pg), del tipo de paletas inclinadas a 45 grados, montadas en bases - de aluminio, que son dos cilindros concéntricos con un hueco axial de 0.794 cm (5/16 pg) y otro perpendicular al eje de 0.397 cm (5/32 pg). De tal manera que el impulsor se - tornilla al cilindro mayor en dos orificios más, de 0.318 cm (1/8 pg), coincidentes en el impulsor y en el cilindro, y después se fija el conjunto, por medio de un opresor de - 0.397 cm (5/32 pg), a la flecha, en el lugar adecuado.

Los agitadores se colocan uno en el extremo de la - flecha y otro a 38.1 cm (15 pg) del primero, que es el equi

valente a tres veces su diámetro. Véase Figura (1-A)

Su posición en el tanque, es en el centro del mismo - y a 12.7 cm (5 pg) del fondo, que es una vez el diámetro del agitador.

Se miden las revoluciones del conjunto flecha-agitador cuando el tanque ya está a su volumen de operación y mediante un "ojo electrónico" marca Power Instruments, que nos arroja una velocidad radial de 285 rpm.

#### C.- REFERENTE AL TRAZADOR.

Inyectamos un colorante artificial de color verde esmeralda, para lo cual preparamos soluciones de 50 gramos, -- que aforamos en un matraz balón de un litro marca P.K, usando la misma agua que empleamos en las corridas. Después de mediciones con un aparato de ultravioleta Perkin Elmer, encontramos que la máxima absorbancia resulta a 425 nanómetros, que será la longitud de onda a la que ajustaremos el colorímetro que se describe más adelante.

La cantidad de trazador inyectada, mediante una jeringa de marca Plastipak y capacidad total de 35 ml, fue de 30 - ml.

Para medir la absorbancia de las muestras, tomadas a los intervalos indicados en el siguiente apéndice, usamos - un colorímetro Bausch and Lomb.

Las muestras se tomaron en tubos de ensayo de 15X10 - cm, de varias marcas: Pyrex, P.K, Kimax etc.

D.- REFERENTE AL FLUIDO Y AL FLUJO.

Dadas sus características fisicoquímicas y su bajo costo, al agua resulta ideal para nuestros requerimientos.

La medición de flujo se lleva a cabo mediante un rotámetro marca Gilmont, cuya calibración se describe en el Apéndice V.

Se usan, también, varias pinzas mohr para estrangular las mangueras de hule de las boquillas y dos llaves de paso, de bronce, del mismo diámetro de éstas: 0.635 cm ( $\frac{1}{4}$  pg), una para permitir el flujo de agua del tanque al rotámetro y otra que regula la salida. Se opera con un flujo de 20 ml/s.

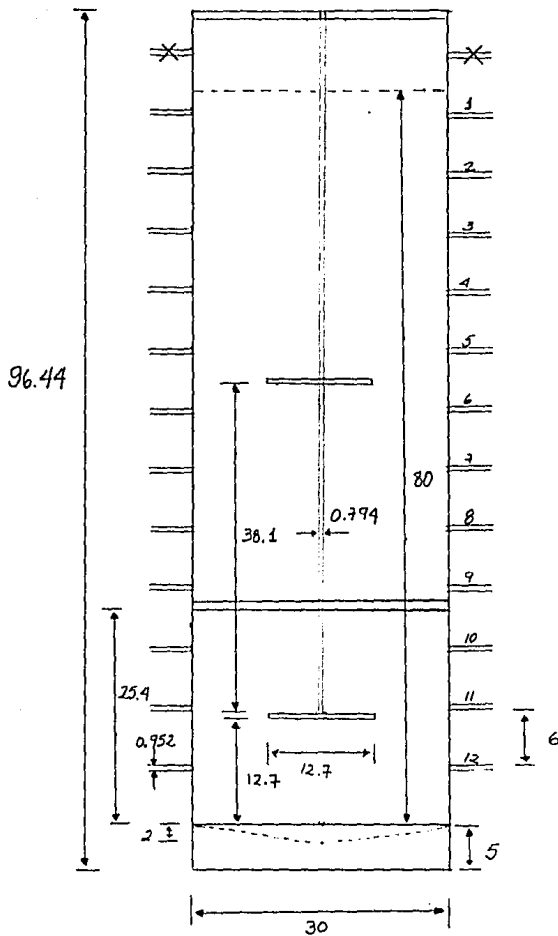
Todo el sistema es alimentado por un tanque de lámina, de 20 litros de capacidad, que tiene un tubo de vidrio que indica la altura hidrostática del líquido en su interior y que, a su vez, es abastecido por una manguera; resulta muy importante evitar que el nivel del tanque descienda a menos de la mitad de su nivel, pues crearía burbujas en el sistema y, en el caso contrario, también es importante cuidar que no se rebose.

Otros materiales usados, incidentalmente, son: probetas, pipetas de vidrio y una "te" adaptada a la entrada de la jeringa para permitir la inyección.



FIGURA (1-A)  
 ESCALAMIENTO DEL TANQUE DEL REACTOR.

Escala: 1 cm en el dibujo contra 5 cm reales.  
 (Todas las medidas en cm)



APÉNDICE 2  
DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

A.- MONTAJE Y OPERACIÓN.

Se montó el aparato, descrito en el capítulo II y apéndice I; se llenó el tanque a su nivel de operación, se inició la agitación y se fijó el rotámetro a la altura adecuada para obtener un caudal constante de 20 ml/s (Véase Apéndice V), al mismo tiempo que se abría la salida correspondiente.

Tras algún tiempo de espera, el nivel de flujo se mantiene constante, por lo que el estado estacionario ha sido alcanzado, esto lo indica un tubo de vidrio anexo al tanque, en cuyo interior una columna hidrostática alcanza, sin variación, una elevación prefijada.

Se midieron los 30 ml de colorante y se colocaron en el interior de la jeringa, cuyo émbolo los inyectaba lo más rápido posible (casi instantáneamente), en el flujo de entrada, de tal manera que la corrida arranca en tiempo cero, con esta operación.

Se obtuvieron 80 muestras, cronometradas de la siguiente manera:

No. de Muestra	Intervalo
1 a 12	5 s
13 a 24	10 s
25 a 42	20 s
43 a 52	30 s
53 a 65	60 s
66 a 74	120 s
75 a 80	300 s

Por lo que se tenía un tiempo total de corrida de tres horas.

Las absorbancias de las muestras se midieron, y se co-lectaron datos de concentración-tiempo.

Cada corrida se realizó por duplicado para verificar, por medio del tratamiento estadístico, su repetitividad y tra-bajar con las absorbancias promedio, comparándolas con el mo-delo ideal.

#### B.- CONDICIONES DE OPERACIÓN.

##### Parámetros constantes:

Volumen del líquido: 58 litros.

Caudal del fluido : 20 ml/s.

Concentración media: 0.19 (Absorbancia).

Vel. de agitación : 285 rpm.

Altura del líquido : 80 cm (sin agitación).

Altura del líquido : 84 cm (con agitación).

##### Variable a estudiar:

Combinación de entradas y salidas del tanque.

(Véase Capítulo II)

APÉNDICE 3  
 RECOPIACIÓN DE DATOS Y CÁLCULOS PRELIMINARES

Las tablas 3-1 a 3-6 muestran la recopilación de datos y los cálculos preliminares para las seis corridas y — sus réplicas. La nomenclatura usada, leída de izquierda a — derecha es:

- No. : Número de muestra correspondiente.  
 TETA : Parámetro adimensional que relaciona el — tiempo en que fue tomada la muestra, con — el tiempo espacial.  
 L1 : Absorbancia de la corrida.  
 L2 : Absorbancia de la réplica.  
 LP : Absorbancia promedio de corrida y réplica.  
 ET1 :  $E_{\theta}$  de la corrida.  
 ET2 :  $E_{\theta}$  de la réplica.  
 ETP :  $E_{\theta}$  promedio de corrida y réplica.  
 EDT1 :  $E_{\theta} \Delta \theta$  de la corrida.  
 EDT2 :  $E_{\theta} \Delta \theta$  de la réplica.  
 EDTP :  $E_{\theta} \Delta \theta$  promedio de corrida y réplica.

Para ejemplificación de cálculos, recórrase al Apéndice 5.

TABLA 3-1  
 RECOPIACIÓN DE DATOS Y CÁLCULOS PRELIMINARES

*****PRIMERA CORRIDA*****										
# ENTRADA: DOCE SALIDA: UNO #										
# VOLUMEN: 50000 ml CAUDAL: 20 ml/s #										
# CONCENTRACION MEDIA: 0.191 #										
*****										
NO	TETA	L1	L2	LP	ET1	ET2	ETP	EDT1	EDT2	EDTP
1)	0.0017	0.0030	0.0030	0.0030	0.0157	0.0157	0.0157	0.0000	0.0000	0.0000
2)	0.0034	0.0030	0.0030	0.0030	0.0157	0.0157	0.0157	0.0000	0.0000	0.0000
3)	0.0052	0.0140	0.0700	0.0170	0.0733	0.1047	0.0890	0.0001	0.0002	0.0002
4)	0.0069	0.0220	0.0490	0.0355	0.1152	0.2565	0.1859	0.0002	0.0004	0.0003
5)	0.0086	0.0520	0.0650	0.0585	0.2723	0.3403	0.3063	0.0005	0.0006	0.0005
6)	0.0103	0.0680	0.0870	0.0775	0.3560	0.4555	0.4058	0.0006	0.0008	0.0007
7)	0.0121	0.0900	0.1120	0.1010	0.4712	0.5064	0.5288	0.0008	0.0010	0.0009
8)	0.0138	0.1070	0.1250	0.1160	0.5602	0.6545	0.6073	0.0010	0.0011	0.0010
9)	0.0155	0.1250	0.1280	0.1265	0.6545	0.6702	0.6623	0.0011	0.0012	0.0011
10)	0.0172	0.1340	0.1400	0.1370	0.7016	0.7330	0.7173	0.0012	0.0013	0.0012
11)	0.0190	0.1450	0.1500	0.1475	0.7592	0.7853	0.7725	0.0013	0.0014	0.0013
12)	0.0207	0.1500	0.1580	0.1540	0.7953	0.8272	0.8063	0.0014	0.0014	0.0014
13)	0.0241	0.1630	0.1690	0.1660	0.8534	0.8848	0.8691	0.0029	0.0031	0.0030
14)	0.0276	0.1700	0.1700	0.1700	0.8901	0.8901	0.8901	0.0031	0.0031	0.0031
15)	0.0310	0.1790	0.1860	0.1825	0.9372	0.9738	0.9555	0.0032	0.0034	0.0033
16)	0.0345	0.1880	0.1860	0.1870	0.9843	0.9738	0.9791	0.0034	0.0034	0.0034
17)	0.0379	0.1910	0.1830	0.1870	1.0000	0.9581	0.9791	0.0034	0.0033	0.0034
18)	0.0414	0.1880	0.1800	0.1840	0.9843	0.9424	0.9634	0.0034	0.0032	0.0033
19)	0.0448	0.1860	0.1780	0.1820	0.9738	0.9319	0.9529	0.0034	0.0032	0.0033
20)	0.0483	0.1850	0.1800	0.1825	0.9686	0.9424	0.9555	0.0033	0.0032	0.0033
21)	0.0517	0.1860	0.1760	0.1810	0.9738	0.9215	0.9476	0.0034	0.0032	0.0033
22)	0.0552	0.1810	0.1760	0.1785	0.9476	0.9215	0.9346	0.0033	0.0032	0.0032
23)	0.0586	0.1800	0.1740	0.1770	0.9424	0.9110	0.9267	0.0032	0.0031	0.0032
24)	0.0621	0.1800	0.1750	0.1775	0.9424	0.9162	0.9293	0.0032	0.0032	0.0032
25)	0.0650	0.1800	0.1750	0.1775	0.9424	0.9162	0.9293	0.0065	0.0063	0.0064
26)	0.0759	0.1810	0.1740	0.1775	0.9476	0.9110	0.9293	0.0065	0.0063	0.0064
27)	0.0878	0.1790	0.1740	0.1765	0.9372	0.9110	0.9241	0.0065	0.0063	0.0064
28)	0.0897	0.1790	0.1700	0.1745	0.9372	0.8901	0.9136	0.0065	0.0061	0.0063
29)	0.0966	0.1780	0.1700	0.1740	0.9319	0.8901	0.9110	0.0064	0.0061	0.0063
30)	0.1034	0.1760	0.1670	0.1715	0.9215	0.8743	0.8979	0.0064	0.0060	0.0062
31)	0.1103	0.1760	0.1670	0.1715	0.9215	0.8743	0.8979	0.0064	0.0060	0.0062
32)	0.1172	0.1750	0.1670	0.1710	0.9162	0.8743	0.8953	0.0063	0.0060	0.0062
33)	0.1241	0.1730	0.1680	0.1705	0.9058	0.8796	0.8927	0.0062	0.0061	0.0062
34)	0.1310	0.1740	0.1650	0.1695	0.9110	0.8639	0.8874	0.0063	0.0060	0.0061
35)	0.1379	0.1780	0.1600	0.1690	0.9319	0.8377	0.8548	0.0064	0.0058	0.0061
36)	0.1448	0.1700	0.1600	0.1650	0.8901	0.8377	0.8639	0.0061	0.0058	0.0060
37)	0.1552	0.1700	0.1580	0.1640	0.8901	0.8272	0.8586	0.0092	0.0086	0.0089
38)	0.1653	0.1650	0.1650	0.1650	0.8639	0.8639	0.8639	0.0089	0.0089	0.0089
39)	0.1759	0.1660	0.1650	0.1655	0.8691	0.8639	0.8665	0.0090	0.0089	0.0090
40)	0.1862	0.1620	0.1630	0.1625	0.8482	0.8534	0.8508	0.0088	0.0088	0.0088



TABLA 3-2  
 RECOPIACIÓN DE DATOS Y CÁLCULOS PRELIMINARES

\*\*\*\*\*SEGUNDA CORRIDA\*\*\*\*\*  
 \* ENTRADA: DICE BALIDA: DOS \*  
 \* VOLUMEN: 58000 ml CAUDAL: 20 ml/s \*  
 \* CONCENTRACION MEDIA: 0.191 \*  
 \*\*\*\*\*

NO	TETA	L1	L2	LP	ET1	ET2	ETP	EDT1	EDT2	EDTP
1)	0.0017	0.0080	0.0000	0.0040	0.0419	0.0000	0.0209	0.0001	0.0000	0.0000
2)	0.0034	0.0230	0.0150	0.0190	0.1204	0.0795	0.0995	0.0002	0.0001	0.0002
3)	0.0052	0.0360	0.0280	0.0320	0.1885	0.1466	0.1675	0.0003	0.0003	0.0003
4)	0.0069	0.0590	0.0510	0.0550	0.3089	0.2670	0.2880	0.0005	0.0005	0.0005
5)	0.0086	0.0770	0.0690	0.0730	0.4031	0.3613	0.3822	0.0007	0.0006	0.0007
6)	0.0103	0.0940	0.0860	0.0900	0.4921	0.4503	0.4712	0.0008	0.0008	0.0008
7)	0.0121	0.1120	0.1040	0.1080	0.5864	0.5445	0.5654	0.0010	0.0009	0.0010
8)	0.0138	0.1230	0.1150	0.1190	0.6440	0.6021	0.6230	0.0011	0.0010	0.0011
9)	0.0155	0.1410	0.1330	0.1370	0.7382	0.6963	0.7173	0.0013	0.0012	0.0012
10)	0.0172	0.1410	0.1330	0.1370	0.7382	0.6963	0.7173	0.0013	0.0012	0.0012
11)	0.0190	0.1500	0.1420	0.1460	0.7853	0.7435	0.7644	0.0014	0.0013	0.0013
12)	0.0207	0.1550	0.1470	0.1510	0.8115	0.7696	0.7906	0.0014	0.0013	0.0014
13)	0.0241	0.1720	0.1640	0.1680	0.9005	0.8586	0.8796	0.0031	0.0030	0.0030
14)	0.0276	0.1730	0.1650	0.1690	0.9058	0.8639	0.8848	0.0031	0.0030	0.0031
15)	0.0310	0.1800	0.1720	0.1760	0.9424	0.9005	0.9215	0.0032	0.0031	0.0032
16)	0.0345	0.1850	0.1770	0.1810	0.9686	0.9267	0.9476	0.0033	0.0032	0.0033
17)	0.0379	0.1820	0.1740	0.1780	0.9529	0.9110	0.9319	0.0033	0.0031	0.0032
18)	0.0414	0.1820	0.1740	0.1780	0.9529	0.9110	0.9319	0.0033	0.0031	0.0032
19)	0.0448	0.1870	0.1790	0.1830	0.9791	0.9372	0.9581	0.0034	0.0032	0.0033
20)	0.0483	0.1910	0.1830	0.1870	1.0000	0.9581	0.9791	0.0034	0.0033	0.0034
21)	0.0517	0.1900	0.1820	0.1860	0.9948	0.9529	0.9738	0.0034	0.0033	0.0034
22)	0.0552	0.1860	0.1780	0.1820	0.9738	0.9319	0.9529	0.0034	0.0032	0.0033
23)	0.0586	0.1860	0.1780	0.1820	0.9738	0.9319	0.9529	0.0034	0.0032	0.0033
24)	0.0621	0.1860	0.1780	0.1820	0.9738	0.9319	0.9529	0.0034	0.0032	0.0033
25)	0.0690	0.1860	0.1780	0.1820	0.9738	0.9319	0.9529	0.0067	0.0064	0.0066
26)	0.0759	0.1830	0.1750	0.1790	0.9581	0.9162	0.9372	0.0066	0.0063	0.0065
27)	0.0828	0.1820	0.1740	0.1780	0.9529	0.9110	0.9319	0.0066	0.0063	0.0064
28)	0.0897	0.1810	0.1730	0.1770	0.9476	0.9058	0.9267	0.0065	0.0062	0.0064
29)	0.0966	0.1810	0.1730	0.1770	0.9476	0.9058	0.9267	0.0065	0.0062	0.0064
30)	0.1034	0.1790	0.1710	0.1750	0.9372	0.8953	0.9162	0.0065	0.0062	0.0063
31)	0.1103	0.1770	0.1690	0.1730	0.9267	0.8848	0.9058	0.0064	0.0061	0.0062
32)	0.1172	0.1710	0.1630	0.1670	0.8953	0.8534	0.8743	0.0062	0.0059	0.0060
33)	0.1241	0.1710	0.1630	0.1670	0.8953	0.8534	0.8743	0.0062	0.0059	0.0060
34)	0.1310	0.1730	0.1650	0.1690	0.9058	0.8639	0.8848	0.0062	0.0060	0.0061
35)	0.1379	0.1730	0.1650	0.1690	0.9058	0.8639	0.8848	0.0062	0.0060	0.0061
36)	0.1448	0.1710	0.1630	0.1670	0.8953	0.8534	0.8743	0.0062	0.0059	0.0060
37)	0.1527	0.1700	0.1620	0.1660	0.8901	0.8482	0.8691	0.0092	0.0088	0.0090
38)	0.1625	0.1670	0.1590	0.1630	0.8743	0.8325	0.8534	0.0090	0.0086	0.0088
39)	0.1729	0.1650	0.1570	0.1610	0.8639	0.8220	0.8429	0.0089	0.0085	0.0087
40)	0.1862	0.1650	0.1570	0.1610	0.8639	0.8220	0.8429	0.0089	0.0085	0.0087

TABLA 3-2 (Continuación)  
 RECOPIACIÓN DE DATOS Y CÁLCULOS PRELIMINARES

*****SEGUNDA CORRIDA*****										
: ENTRADA: ONCE SALIDA: DOB :										
: VOLUMEN: 58000 ml CAUDAL: 20 ml/s :										
: CONCENTRACION MEDIA: 0.191 :										
*****										
NO	TETA	L1	L2	LP	ET1	ET2	ETP	EDT1	EDT2	EDTP
411	0.1966	0.1600	0.1520	0.1560	0.8377	0.7958	0.8168	0.0087	0.0082	0.0084
421	0.2069	0.1600	0.1520	0.1560	0.8377	0.7958	0.8168	0.0087	0.0082	0.0084
431	0.2274	0.1590	0.1510	0.1550	0.8325	0.7906	0.8115	0.0172	0.0164	0.0168
441	0.2483	0.1550	0.1470	0.1510	0.8115	0.7696	0.7906	0.0168	0.0159	0.0164
451	0.2690	0.1550	0.1470	0.1510	0.8115	0.7696	0.7906	0.0168	0.0159	0.0164
461	0.2897	0.1530	0.1450	0.1490	0.8010	0.7592	0.7801	0.0166	0.0157	0.0161
471	0.3103	0.1460	0.1380	0.1420	0.7644	0.7225	0.7435	0.0158	0.0149	0.0154
481	0.3517	0.1330	0.1250	0.1290	0.6963	0.6545	0.6754	0.0288	0.0271	0.0279
491	0.3931	0.1310	0.1230	0.1270	0.6859	0.6440	0.6649	0.0284	0.0266	0.0275
501	0.4345	0.1290	0.1210	0.1250	0.6754	0.6335	0.6545	0.0279	0.0262	0.0271
511	0.4759	0.1230	0.1150	0.1190	0.6440	0.6021	0.6230	0.0266	0.0249	0.0258
521	0.5172	0.1210	0.1130	0.1170	0.6335	0.5916	0.6126	0.0262	0.0245	0.0253
531	0.5586	0.1190	0.1110	0.1150	0.6230	0.5812	0.6021	0.0258	0.0240	0.0249
541	0.6000	0.1080	0.1000	0.1040	0.5634	0.5236	0.5445	0.0234	0.0217	0.0225
551	0.6414	0.1060	0.0980	0.1020	0.5550	0.5131	0.5340	0.0230	0.0212	0.0221
561	0.6828	0.1040	0.0960	0.1000	0.5445	0.5026	0.5236	0.0225	0.0208	0.0217
571	0.7241	0.1020	0.0940	0.0980	0.5340	0.4921	0.5131	0.0221	0.0204	0.0212
581	0.7655	0.0940	0.0860	0.0900	0.4921	0.4503	0.4712	0.0204	0.0186	0.0195
591	0.8069	0.0940	0.0860	0.0900	0.4921	0.4503	0.4712	0.0204	0.0186	0.0195
601	0.8483	0.0890	0.0810	0.0850	0.4660	0.4241	0.4450	0.0193	0.0175	0.0184
611	0.8897	0.0790	0.0710	0.0750	0.4136	0.3717	0.3927	0.0171	0.0154	0.0162
621	0.9310	0.0770	0.0690	0.0730	0.4031	0.3613	0.3822	0.0167	0.0149	0.0158
631	1.0345	0.0710	0.0630	0.0670	0.3717	0.3298	0.3508	0.0385	0.0341	0.0363
641	1.1379	0.0610	0.0530	0.0570	0.3194	0.2775	0.2984	0.0330	0.0287	0.0309
651	1.2414	0.0630	0.0550	0.0590	0.3298	0.2880	0.3089	0.0341	0.0298	0.0320
661	1.3448	0.0580	0.0500	0.0540	0.3037	0.2618	0.2827	0.0314	0.0271	0.0292
671	1.4483	0.0470	0.0390	0.0430	0.2461	0.2042	0.2251	0.0255	0.0211	0.0233
681	1.5517	0.0420	0.0340	0.0380	0.2199	0.1780	0.1990	0.0227	0.0184	0.0206
691	1.6552	0.0410	0.0330	0.0370	0.2147	0.1728	0.1937	0.0222	0.0179	0.0200
701	1.7586	0.0290	0.0210	0.0250	0.1518	0.1099	0.1309	0.0157	0.0114	0.0135
711	1.8621	0.0300	0.0220	0.0260	0.1571	0.1152	0.1361	0.0162	0.0119	0.0141
721	2.0690	0.0250	0.0170	0.0210	0.1309	0.0890	0.1099	0.0271	0.0184	0.0227
731	2.2759	0.0250	0.0170	0.0210	0.1309	0.0890	0.1099	0.0271	0.0184	0.0227
741	2.4828	0.0240	0.0160	0.0200	0.1237	0.0838	0.1047	0.0260	0.0173	0.0217
751	2.6897	0.0140	0.0060	0.0100	0.0733	0.0314	0.0524	0.0152	0.0065	0.0108
761	2.8966	0.0130	0.0050	0.0090	0.0681	0.0262	0.0471	0.0141	0.0054	0.0097
771	3.1034	0.0120	0.0040	0.0080	0.0628	0.0209	0.0419	0.0130	0.0043	0.0087
781	3.3103	0.0100	0.0020	0.0060	0.0574	0.0105	0.0314	0.0108	0.0022	0.0065
791	3.5172	0.0090	0.0010	0.0050	0.0471	0.0052	0.0262	0.0097	0.0011	0.0054
801	3.7241	0.0080	0.0000	0.0040	0.0419	0.0000	0.0209	0.0087	0.0000	0.0043





TABLA 3-3 (Continuación)  
 RECOPIACIÓN DE DATOS Y CÁLCULOS PRELIMINARES

\*\*\*\*\*TERCERA CORRIDA\*\*\*\*\*  
 :  
 : ENTRADA: DIET SALIDA: TRES :  
 : VOLUMEN: 58000 ml CAUDAL: 20 ml/s :  
 : CONCENTRACION MEDIA: 0.191 :  
 :  
 \*\*\*\*\*

NO	TETA	L1	L2	LP	ET1	ET2	ETP	EDT1	EDT2	EDTP
41)	0.1966	0.1530	0.1550	0.1540	0.8010	0.8115	0.8063	0.0083	0.0084	0.0083
42)	0.2069	0.1510	0.1560	0.1535	0.7906	0.8168	0.8037	0.0082	0.0084	0.0083
43)	0.2276	0.1460	0.1550	0.1505	0.7644	0.8115	0.7880	0.0158	0.0168	0.0163
44)	0.2483	0.1460	0.1510	0.1485	0.7644	0.7906	0.7775	0.0158	0.0164	0.0161
45)	0.2690	0.1440	0.1380	0.1410	0.7539	0.7225	0.7382	0.0156	0.0149	0.0153
46)	0.2897	0.1390	0.1380	0.1385	0.7277	0.7225	0.7251	0.0151	0.0149	0.0150
47)	0.3103	0.1360	0.1360	0.1360	0.7120	0.7120	0.7120	0.0147	0.0147	0.0147
48)	0.3517	0.1340	0.1350	0.1345	0.7016	0.7068	0.7042	0.0290	0.0292	0.0291
49)	0.3931	0.1320	0.1330	0.1325	0.6911	0.6963	0.6937	0.0286	0.0288	0.0287
50)	0.4345	0.1250	0.1270	0.1260	0.6545	0.6649	0.6597	0.0271	0.0275	0.0273
51)	0.4759	0.1160	0.1260	0.1210	0.6073	0.6597	0.6335	0.0251	0.0273	0.0262
52)	0.5172	0.1130	0.1200	0.1165	0.5916	0.6283	0.6099	0.0245	0.0260	0.0252
53)	0.5586	0.1080	0.1170	0.1100	0.5654	0.5864	0.5759	0.0234	0.0243	0.0238
54)	0.6000	0.1070	0.1110	0.1090	0.5602	0.5812	0.5707	0.0232	0.0240	0.0236
55)	0.6414	0.0970	0.1060	0.1015	0.5079	0.5550	0.5314	0.0210	0.0230	0.0220
56)	0.6828	0.0890	0.1080	0.0985	0.4660	0.5654	0.5157	0.0193	0.0234	0.0213
57)	0.7241	0.0860	0.1000	0.0930	0.4503	0.5236	0.4869	0.0186	0.0217	0.0201
58)	0.7655	0.0850	0.0970	0.0910	0.4450	0.5079	0.4764	0.0184	0.0210	0.0197
59)	0.8069	0.0750	0.0940	0.0845	0.3927	0.4921	0.4424	0.0162	0.0204	0.0183
60)	0.8483	0.0720	0.0870	0.0795	0.3770	0.4555	0.4162	0.0156	0.0188	0.0172
61)	0.8897	0.0760	0.0840	0.0800	0.3979	0.4398	0.4188	0.0165	0.0182	0.0173
62)	0.9310	0.0650	0.0730	0.0690	0.3403	0.3822	0.3613	0.0141	0.0158	0.0149
63)	1.0345	0.0520	0.0670	0.0595	0.2723	0.3508	0.3115	0.0282	0.0363	0.0322
64)	1.1379	0.0460	0.0520	0.0490	0.2408	0.2723	0.2565	0.0249	0.0282	0.0265
65)	1.2414	0.0470	0.0600	0.0535	0.2461	0.3141	0.2801	0.0255	0.0325	0.0290
66)	1.3448	0.0480	0.0540	0.0510	0.2513	0.2827	0.2670	0.0260	0.0292	0.0276
67)	1.4483	0.0430	0.0470	0.0450	0.2251	0.2461	0.2356	0.0233	0.0255	0.0244
68)	1.5517	0.0400	0.0450	0.0425	0.2094	0.2156	0.2225	0.0217	0.0244	0.0230
69)	1.6552	0.0390	0.0410	0.0400	0.2042	0.2147	0.2094	0.0211	0.0222	0.0217
70)	1.7586	0.0330	0.0400	0.0365	0.1728	0.2094	0.1911	0.0179	0.0217	0.0198
71)	1.8621	0.0310	0.0360	0.0335	0.1623	0.1883	0.1754	0.0168	0.0195	0.0181
72)	2.0650	0.0240	0.0320	0.0280	0.1287	0.1675	0.1466	0.0260	0.0347	0.0303
73)	2.2759	0.0150	0.0280	0.0215	0.0785	0.1466	0.1126	0.0162	0.0303	0.0233
74)	2.4878	0.0140	0.0210	0.0175	0.0733	0.1099	0.0916	0.0152	0.0227	0.0190
75)	2.6997	0.0130	0.0150	0.0140	0.0681	0.0785	0.0733	0.0141	0.0162	0.0152
76)	2.8966	0.0120	0.0130	0.0135	0.0628	0.0785	0.0707	0.0130	0.0162	0.0146
77)	3.1034	0.0110	0.0110	0.0110	0.0576	0.0576	0.0576	0.0119	0.0119	0.0119
78)	3.3103	0.0060	0.0100	0.0080	0.0314	0.0524	0.0419	0.0065	0.0108	0.0087
79)	3.5172	0.0050	0.0080	0.0065	0.0262	0.0419	0.0340	0.0054	0.0087	0.0070
80)	3.7241	0.0020	0.0030	0.0025	0.0103	0.0157	0.0131	0.0022	0.0032	0.0027

TABLA 3-4  
 RECOPIACIÓN DE DATOS Y CÁLCULOS PRELIMINARES

\*\*\*\*\*CUARIA CORRIDA\*\*\*\*\*  
 \*  
 \* ENTRADA: NUEVE SALIDA: CUATRO \*  
 \* VOLUMEN: 58000 ml CAUDAL: 20 ml/w \*  
 \* CONCENTRACION MEDIA: 0.191 \*  
 \*\*\*\*\*

NO	TETA	L1	L2	LP	ET1	ET2	ETP	EDT1	EDT2	EDTP
11	0.0017	0.0000	0.0380	0.0190	0.0000	0.1990	0.0995	0.0000	0.0003	0.0002
21	0.0034	0.0500	0.0790	0.0445	0.7618	0.4136	0.3377	0.0005	0.0007	0.0006
31	0.0052	0.0920	0.1070	0.0970	0.4817	0.5340	0.7079	0.0008	0.0009	0.0009
41	0.0069	0.1000	0.1160	0.1080	0.5236	0.6073	0.2654	0.0009	0.0010	0.0010
51	0.0086	0.1200	0.1230	0.1215	0.6283	0.6440	0.6361	0.0011	0.0011	0.0011
61	0.0103	0.1300	0.1320	0.1310	0.6804	0.6911	0.6859	0.0012	0.0012	0.0012
71	0.0121	0.1330	0.1400	0.1365	0.6963	0.7330	0.7147	0.0012	0.0013	0.0012
81	0.0138	0.1360	0.1420	0.1390	0.7120	0.7435	0.7277	0.0012	0.0013	0.0013
91	0.0155	0.1500	0.1520	0.1510	0.7653	0.7958	0.7906	0.0014	0.0014	0.0014
101	0.0172	0.1560	0.1540	0.1550	0.8168	0.8063	0.8115	0.0014	0.0014	0.0014
111	0.0190	0.1600	0.1580	0.1590	0.8377	0.8272	0.8325	0.0014	0.0014	0.0014
121	0.0207	0.1600	0.1600	0.1600	0.8377	0.8377	0.8377	0.0014	0.0014	0.0014
131	0.0241	0.1600	0.1630	0.1615	0.8377	0.8534	0.8455	0.0029	0.0029	0.0029
141	0.0276	0.1720	0.1640	0.1680	0.9005	0.8586	0.8796	0.0031	0.0030	0.0030
151	0.0310	0.1720	0.1700	0.1710	0.9005	0.8901	0.8953	0.0031	0.0031	0.0031
161	0.0345	0.1730	0.1750	0.1740	0.9058	0.9162	0.9110	0.0031	0.0032	0.0031
171	0.0379	0.1800	0.1760	0.1780	0.9424	0.9215	0.9319	0.0032	0.0032	0.0032
181	0.0414	0.1800	0.1770	0.1785	0.9424	0.9267	0.9346	0.0032	0.0032	0.0032
191	0.0448	0.1800	0.1780	0.1790	0.9424	0.9319	0.9372	0.0032	0.0032	0.0032
201	0.0483	0.1780	0.1790	0.1785	0.9319	0.9372	0.9346	0.0032	0.0032	0.0032
211	0.0517	0.1760	0.1800	0.1780	0.9215	0.9424	0.9319	0.0032	0.0032	0.0032
221	0.0552	0.1760	0.1820	0.1790	0.9215	0.9259	0.9372	0.0032	0.0033	0.0032
231	0.0586	0.1750	0.1780	0.1765	0.9162	0.9319	0.9241	0.0032	0.0032	0.0032
241	0.0621	0.1810	0.1810	0.1810	0.9476	0.9476	0.9476	0.0033	0.0033	0.0033
251	0.0690	0.1790	0.1730	0.1760	0.9372	0.9058	0.9215	0.0065	0.0062	0.0064
261	0.0759	0.1790	0.1730	0.1760	0.9372	0.9058	0.9215	0.0065	0.0062	0.0064
271	0.0828	0.1790	0.1730	0.1760	0.9372	0.9058	0.9215	0.0065	0.0062	0.0064
281	0.0897	0.1770	0.1730	0.1750	0.9267	0.9058	0.9162	0.0064	0.0062	0.0063
291	0.0966	0.1720	0.1730	0.1725	0.9005	0.9058	0.9031	0.0062	0.0062	0.0062
301	0.1034	0.1720	0.1730	0.1725	0.9005	0.9058	0.9031	0.0062	0.0062	0.0062
311	0.1103	0.1710	0.1720	0.1715	0.8953	0.9005	0.8979	0.0062	0.0062	0.0062
321	0.1172	0.1700	0.1700	0.1700	0.8901	0.8901	0.8901	0.0061	0.0061	0.0061
331	0.1241	0.1700	0.1670	0.1685	0.8901	0.8743	0.8822	0.0061	0.0060	0.0061
341	0.1310	0.1680	0.1630	0.1655	0.8796	0.8534	0.8665	0.0061	0.0059	0.0060
351	0.1379	0.1670	0.1600	0.1635	0.8743	0.8377	0.8560	0.0060	0.0058	0.0059
361	0.1448	0.1670	0.1610	0.1640	0.8743	0.8429	0.8586	0.0060	0.0058	0.0059
371	0.1552	0.1620	0.1610	0.1615	0.8482	0.8429	0.8455	0.0088	0.0087	0.0087
381	0.1635	0.1620	0.1610	0.1615	0.8482	0.8429	0.8455	0.0088	0.0087	0.0087
391	0.1759	0.1600	0.1590	0.1595	0.8377	0.8325	0.8355	0.0087	0.0086	0.0086
401	0.1862	0.1590	0.1570	0.1580	0.8325	0.8220	0.8272	0.0086	0.0085	0.0086



TABLA 3-5

## RECOPIACIÓN DE DATOS Y CÁLCULOS PRELIMINARES

```

*****QUINTA CORRIDA*****
|
| ENTRADA: DCHO                               SALIDA: CINCO
| VOLUMEN: 58000 m3                          CAUDAL: 20 m3/m
| CONCENTRACION MEDIA: 0.191
|
*****

```

NO	TETA	L1	L2	LP	ET1	ET2	ETP	EDT1	EDT2	EDTP
11	0.0017	0.1900	0.1530	0.1715	0.9948	0.8010	0.8979	0.0017	0.0014	0.0015
21	0.0034	0.2040	0.1900	0.1970	1.0681	0.9948	1.0314	0.0018	0.0017	0.0018
31	0.0052	0.1810	0.1680	0.1745	0.9476	0.8796	0.9136	0.0016	0.0015	0.0016
41	0.0069	0.1750	0.1680	0.1715	0.9162	0.8796	0.8979	0.0016	0.0015	0.0015
51	0.0086	0.1740	0.1640	0.1690	0.9110	0.8586	0.8848	0.0016	0.0015	0.0015
61	0.0103	0.1740	0.1620	0.1680	0.9110	0.8482	0.8796	0.0016	0.0015	0.0015
71	0.0121	0.1720	0.1730	0.1725	0.9005	0.9058	0.9031	0.0016	0.0016	0.0016
81	0.0138	0.1700	0.1740	0.1720	0.8901	0.9110	0.9005	0.0015	0.0016	0.0016
91	0.0155	0.1700	0.1780	0.1740	0.8901	0.9319	0.9110	0.0015	0.0016	0.0016
101	0.0172	0.1700	0.1790	0.1745	0.8901	0.9372	0.9136	0.0015	0.0016	0.0016
111	0.0190	0.1700	0.1820	0.1760	0.8901	0.9529	0.9215	0.0015	0.0016	0.0016
121	0.0207	0.1700	0.1830	0.1765	0.8901	0.9581	0.9241	0.0015	0.0017	0.0016
131	0.0241	0.1720	0.1830	0.1775	0.9005	0.9581	0.9293	0.0031	0.0033	0.0032
141	0.0276	0.1790	0.1860	0.1825	0.9372	0.9738	0.9555	0.0032	0.0034	0.0033
151	0.0310	0.1790	0.1820	0.1805	0.9372	0.9529	0.9450	0.0032	0.0033	0.0033
161	0.0345	0.1770	0.1810	0.1790	0.9267	0.9476	0.9372	0.0032	0.0033	0.0032
171	0.0379	0.1770	0.1810	0.1790	0.9267	0.9476	0.9372	0.0032	0.0033	0.0032
181	0.0414	0.1770	0.1810	0.1790	0.9267	0.9476	0.9372	0.0032	0.0033	0.0032
191	0.0448	0.1760	0.1790	0.1775	0.9215	0.9372	0.9293	0.0032	0.0032	0.0032
201	0.0483	0.1740	0.1780	0.1760	0.9110	0.9319	0.9215	0.0031	0.0032	0.0032
211	0.0517	0.1730	0.1720	0.1725	0.9058	0.9005	0.9031	0.0031	0.0031	0.0031
221	0.0552	0.1730	0.1780	0.1735	0.9058	0.9319	0.9180	0.0031	0.0032	0.0032
231	0.0586	0.1710	0.1870	0.1790	0.8953	0.9791	0.9372	0.0031	0.0034	0.0032
241	0.0621	0.1700	0.1800	0.1750	0.8901	0.9424	0.9162	0.0031	0.0032	0.0032
251	0.0690	0.1680	0.1780	0.1750	0.8796	0.9319	0.9058	0.0061	0.0064	0.0062
261	0.0759	0.1700	0.1760	0.1730	0.8901	0.9215	0.9058	0.0061	0.0064	0.0062
271	0.0828	0.1700	0.1750	0.1725	0.8901	0.9162	0.9031	0.0061	0.0063	0.0062
281	0.0897	0.1650	0.1740	0.1695	0.8639	0.9110	0.8874	0.0060	0.0063	0.0061
291	0.0966	0.1620	0.1720	0.1670	0.8482	0.9005	0.8743	0.0058	0.0062	0.0060
301	0.1034	0.1600	0.1720	0.1660	0.8377	0.9005	0.8691	0.0058	0.0062	0.0060
311	0.1103	0.1600	0.1710	0.1655	0.8377	0.8953	0.8605	0.0058	0.0062	0.0060
321	0.1172	0.1570	0.1700	0.1635	0.8220	0.8901	0.8560	0.0057	0.0061	0.0059
331	0.1241	0.1520	0.1670	0.1695	0.7958	0.8743	0.8351	0.0055	0.0060	0.0058
341	0.1310	0.1570	0.1670	0.1620	0.8220	0.8743	0.8482	0.0057	0.0060	0.0058
351	0.1379	0.1590	0.1640	0.1615	0.8325	0.8586	0.8455	0.0057	0.0059	0.0058
361	0.1448	0.1580	0.1630	0.1605	0.8272	0.8534	0.8403	0.0057	0.0059	0.0058
371	0.1522	0.1590	0.1620	0.1605	0.8325	0.8482	0.8403	0.0066	0.0068	0.0067
381	0.1655	0.1600	0.1620	0.1610	0.8377	0.8482	0.8429	0.0067	0.0068	0.0067
391	0.1759	0.1570	0.1600	0.1585	0.8220	0.8377	0.8248	0.0065	0.0067	0.0066
401	0.1862	0.1550	0.1570	0.1560	0.8115	0.8220	0.8168	0.0064	0.0065	0.0064

TABLA 3-5 (Continuación)  
 RECOPIACIÓN DE DATOS Y CÁLCULOS PRELIMINARES

*****QUINTA CORRIDA*****										
: ENTRADA: OCHO : SALIDA: CINCO :										
: VOLUMEN: 28000 ml CAUDAL: 20 ml/s :										
: CONCENTRACION MEDIA: 0.191 :										
*****										
NO	TETA	L1	L2	LP	ET1	ET2	ETP	EDT1	EDT2	EDTP
411	0.1966	0.1520	0.1500	0.1510	0.7958	0.7853	0.7906	0.0082	0.0081	0.0082
421	0.2069	0.1500	0.1490	0.1495	0.7853	0.7801	0.7827	0.0081	0.0081	0.0081
431	0.2276	0.1480	0.1400	0.1440	0.7749	0.7530	0.7539	0.0160	0.0152	0.0156
441	0.2483	0.1470	0.1490	0.1480	0.7696	0.7801	0.7749	0.0159	0.0161	0.0160
451	0.2690	0.1400	0.1530	0.1465	0.7330	0.8010	0.7670	0.0152	0.0166	0.0159
461	0.2897	0.1400	0.1420	0.1410	0.7330	0.7435	0.7382	0.0152	0.0154	0.0153
471	0.3103	0.1400	0.1410	0.1405	0.7330	0.7382	0.7356	0.0152	0.0153	0.0152
481	0.3517	0.1300	0.1340	0.1320	0.6806	0.7016	0.6911	0.0282	0.0290	0.0286
491	0.3931	0.1280	0.1290	0.1285	0.6702	0.6754	0.6728	0.0277	0.0279	0.0278
501	0.4345	0.1210	0.1260	0.1235	0.6335	0.6597	0.6466	0.0262	0.0273	0.0268
511	0.4759	0.1190	0.1200	0.1195	0.6230	0.6283	0.6257	0.0258	0.0260	0.0259
521	0.5172	0.1110	0.1180	0.1145	0.5812	0.6178	0.5995	0.0240	0.0256	0.0248
531	0.5586	0.1110	0.1110	0.1110	0.5812	0.5812	0.5812	0.0240	0.0240	0.0240
541	0.6000	0.1040	0.1090	0.1065	0.5445	0.5707	0.5576	0.0225	0.0236	0.0231
551	0.6414	0.1020	0.1030	0.1025	0.5340	0.5393	0.5366	0.0221	0.0223	0.0222
561	0.6828	0.0940	0.1030	0.0985	0.4921	0.5393	0.5157	0.0204	0.0223	0.0213
571	0.7241	0.0930	0.0980	0.0955	0.4869	0.5131	0.5000	0.0201	0.0212	0.0207
581	0.7655	0.0890	0.0890	0.0890	0.4660	0.4660	0.4660	0.0193	0.0193	0.0193
591	0.8069	0.0900	0.0930	0.0915	0.4712	0.4869	0.4791	0.0195	0.0201	0.0198
601	0.8483	0.0820	0.0870	0.0845	0.4293	0.4555	0.4424	0.0178	0.0188	0.0183
611	0.8897	0.0800	0.0790	0.0795	0.4188	0.4136	0.4162	0.0173	0.0171	0.0172
621	0.9310	0.0780	0.0720	0.0750	0.4084	0.3770	0.3927	0.0169	0.0156	0.0162
631	1.0345	0.0700	0.0730	0.0715	0.3665	0.3822	0.3743	0.0379	0.0395	0.0387
641	1.1379	0.0630	0.0660	0.0645	0.3298	0.3455	0.3377	0.0341	0.0357	0.0349
651	1.2414	0.0580	0.0580	0.0580	0.3037	0.3037	0.3037	0.0314	0.0314	0.0314
661	1.3448	0.0510	0.0530	0.0520	0.2670	0.2725	0.2723	0.0276	0.0287	0.0282
671	1.4483	0.0490	0.0480	0.0485	0.2565	0.2513	0.2539	0.0265	0.0260	0.0263
681	1.5517	0.0410	0.0480	0.0445	0.2147	0.2513	0.2330	0.0222	0.0260	0.0241
691	1.6552	0.0360	0.0370	0.0365	0.1885	0.1937	0.1911	0.0195	0.0200	0.0198
701	1.7586	0.0360	0.0400	0.0380	0.1885	0.2094	0.1990	0.0195	0.0217	0.0206
711	1.8621	0.0310	0.0320	0.0315	0.1623	0.1675	0.1649	0.0168	0.0173	0.0171
721	2.0690	0.0260	0.0250	0.0255	0.1361	0.1309	0.1335	0.0282	0.0271	0.0276
731	2.2759	0.0200	0.0220	0.0210	0.1047	0.1152	0.1099	0.0217	0.0238	0.0227
741	2.4828	0.0130	0.0150	0.0140	0.0681	0.0785	0.0733	0.0141	0.0162	0.0152
751	2.6897	0.0130	0.0110	0.0120	0.0681	0.0576	0.0628	0.0141	0.0119	0.0130
761	2.8966	0.0100	0.0080	0.0090	0.0524	0.0419	0.0471	0.0108	0.0087	0.0097
771	3.1034	0.0080	0.0050	0.0065	0.0419	0.0262	0.0340	0.0087	0.0054	0.0070
781	3.3103	0.0070	0.0050	0.0060	0.0366	0.0262	0.0314	0.0076	0.0054	0.0065
791	3.5172	0.0060	0.0000	0.0030	0.0314	0.0000	0.0157	0.0065	0.0000	0.0032
801	3.7241	0.0050	0.0000	0.0025	0.0262	0.0000	0.0131	0.0054	0.0000	0.0027

TABLA 3-6

## RECOPIACIÓN DE DATOS Y CÁLCULOS PRELIMINARES

```

***** SEXTA CONHIDA*****
:
: ENTRADA: BIETE                               SALIDA: SEIB
: VOLUMEN: 58000 ml                            CAUDAL: 20 ml/m
: CONCENTRACION MEDIA: 0.191
:
*****

```

NO	TETA	L1	L2	LP	ET1	ET2	ETP	EDT1	EDT2	EDTP
1	0.0017	0.3430	0.3120	0.3275	1.7950	1.6335	1.7147	0.0031	0.0028	0.0030
2	0.0034	0.2440	0.2520	0.2480	1.2775	1.3194	1.2984	0.0022	0.0023	0.0022
3	0.0052	0.2060	0.2270	0.2165	1.0785	1.1885	1.1335	0.0019	0.0020	0.0020
4	0.0069	0.1930	0.2120	0.2025	1.0105	1.1099	1.0602	0.0017	0.0019	0.0018
5	0.0086	0.1880	0.2020	0.1950	0.9843	1.0576	1.0209	0.0017	0.0018	0.0018
6	0.0103	0.1850	0.1980	0.1915	0.9686	1.0366	1.0026	0.0017	0.0018	0.0017
7	0.0121	0.1830	0.1920	0.1875	0.9581	1.0052	0.9817	0.0017	0.0017	0.0017
8	0.0138	0.1810	0.1910	0.1860	0.9476	1.0000	0.9738	0.0016	0.0017	0.0017
9	0.0155	0.1800	0.1870	0.1835	0.9424	0.9791	0.9607	0.0016	0.0017	0.0017
10	0.0172	0.1790	0.1850	0.1820	0.9372	0.9686	0.9529	0.0016	0.0017	0.0016
11	0.0190	0.1780	0.1840	0.1810	0.9319	0.9634	0.9476	0.0016	0.0017	0.0016
12	0.0207	0.1770	0.1790	0.1780	0.9267	0.9372	0.9319	0.0016	0.0016	0.0016
13	0.0241	0.1760	0.1760	0.1760	0.9215	0.9215	0.9215	0.0032	0.0032	0.0032
14	0.0276	0.1750	0.1760	0.1755	0.9162	0.9215	0.9188	0.0032	0.0032	0.0032
15	0.0310	0.1740	0.1770	0.1755	0.9110	0.9267	0.9188	0.0031	0.0032	0.0032
16	0.0345	0.1730	0.1820	0.1775	0.9058	0.9529	0.9293	0.0031	0.0033	0.0032
17	0.0379	0.1720	0.1820	0.1770	0.9005	0.9529	0.9267	0.0031	0.0033	0.0032
18	0.0414	0.1710	0.1820	0.1765	0.8953	0.9529	0.9241	0.0031	0.0033	0.0032
19	0.0448	0.1700	0.1740	0.1720	0.8901	0.9110	0.9005	0.0031	0.0031	0.0031
20	0.0483	0.1670	0.1720	0.1695	0.8743	0.9005	0.8874	0.0030	0.0031	0.0031
21	0.0517	0.1670	0.1680	0.1675	0.8743	0.8796	0.8770	0.0030	0.0030	0.0030
22	0.0552	0.1660	0.1680	0.1670	0.8691	0.8796	0.8743	0.0030	0.0030	0.0030
23	0.0586	0.1660	0.1680	0.1670	0.8691	0.8796	0.8743	0.0030	0.0030	0.0030
24	0.0621	0.1680	0.1750	0.1715	0.8796	0.9162	0.8979	0.0030	0.0032	0.0031
25	0.0690	0.1660	0.1740	0.1700	0.8691	0.9110	0.8901	0.0040	0.0063	0.0061
26	0.0759	0.1640	0.1710	0.1675	0.8586	0.8953	0.8770	0.0059	0.0062	0.0060
27	0.0828	0.1650	0.1680	0.1665	0.8639	0.8796	0.8717	0.0060	0.0061	0.0060
28	0.0897	0.1620	0.1670	0.1645	0.8482	0.8743	0.8613	0.0058	0.0060	0.0059
29	0.0966	0.1620	0.1660	0.1640	0.8482	0.8691	0.8586	0.0058	0.0060	0.0059
30	0.1034	0.1620	0.1630	0.1625	0.8482	0.8534	0.8508	0.0058	0.0059	0.0059
31	0.1103	0.1620	0.1630	0.1625	0.8482	0.8534	0.8508	0.0058	0.0059	0.0059
32	0.1172	0.1610	0.1640	0.1625	0.8429	0.8586	0.8508	0.0058	0.0059	0.0059
33	0.1241	0.1610	0.1650	0.1630	0.8429	0.8639	0.8534	0.0058	0.0060	0.0059
34	0.1310	0.1570	0.1660	0.1615	0.8220	0.8691	0.8455	0.0057	0.0060	0.0058
35	0.1379	0.1550	0.1620	0.1565	0.8115	0.8482	0.8298	0.0056	0.0058	0.0057
36	0.1448	0.1600	0.1590	0.1595	0.8377	0.8325	0.8351	0.0056	0.0057	0.0058
37	0.1552	0.1520	0.1590	0.1555	0.7958	0.8325	0.8141	0.0082	0.0086	0.0084
38	0.1655	0.1520	0.1590	0.1555	0.7958	0.8325	0.8141	0.0082	0.0086	0.0084
39	0.1759	0.1520	0.1550	0.1535	0.7958	0.8115	0.8037	0.0082	0.0084	0.0083
40	0.1862	0.1480	0.1550	0.1515	0.7749	0.8115	0.7937	0.0080	0.0084	0.0082





APÉNDICE 4  
TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

A.- PRUEBA DE KOLMOGOROV (UNIMUESTRAL). (Referencia 7)

Esta prueba estadística, que es apropiada únicamente para funciones continuas, está diseñada para probar la hipótesis nula de que cierta función,  $F(x)$ , es la función de distribución de una población de la que se ha tomado una muestra:  $X_1, X_2 \dots X_n$ . En éste trabajo, se tomaron 80 -- muestras, con réplica, por lo que  $n=160$ .

Para este caso, la función acumulada  $\tilde{F}(x)$  corresponde a los valores identificados como experimentales promedio de corrida y réplica, obtenidos mediante la ecuación (I-10) multiplicados cada uno por el incremento de  $\theta$  correspondiente al intervalo en que se encuentre:

$$\tilde{F}(x) \cong \sum_0^{\theta} E_{\theta} \Delta \theta_{\text{experimental}}$$

Mientras que la también función acumulada,  $F(x)$ , representa a los valores ideales convertidos con la expresión (I-11), multiplicados también por los incrementos de  $\theta$ .

$$F(x) \cong \sum_0^{\theta} E_{\theta} \Delta \theta_{\text{ideal}}$$

Así pues la hipótesis nula será que:

$$\tilde{F}(x) = F(x)$$

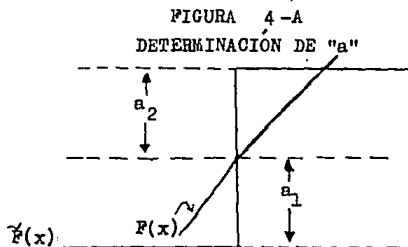
Es decir, que los valores experimentales correspondan a la curva del reactor de mezcla completa ideal, en un intervalo de confianza elegido; no olvidando el aplicar los valores experimentales promedio.

El algoritmo de resolución de la prueba es:

- 1.- Calcular los valores de  $F(x)$ ,  $\tilde{F}(x)$ , como se ha indicado anteriormente.
- 2.- Determinar la desviación máxima:

$$a = \max \{F(x) - \tilde{F}(x)\}$$

Dado que  $F(x)$  es una función escalonada por partes, "a" corresponde a un punto de discontinuidad, se calculan los números no negativos " $a_1$ " y " $a_2$ " y el mayor de todos éstos es el número "a". Véase figura (4-A)



- 3.- Elegir un nivel de significancia  $\alpha$ .
- 4.- Determinar si el valor de "D" obtenido de la Tabla 7, Apéndice 4 de la Referencia 7, en el nivel de significancia electo, cumple con la siguiente desigualdad:

$$a \leq D$$

Si es así, la hipótesis nula se acepta, de lo contrario se rechaza.

B.- PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV. (BIMUESTRAL). (Referencia 7)

Esta prueba se realiza igual que la anterior, pero redefiniendo las funciones:

$\tilde{F}(x)$  es la función acumulada de los valores experimentales medios (de corrida y réplica) obtenidos de la expresión (I-10), multiplicada por los incrementos de  $\theta$  del intervalo correspondiente.

$F(x)$  la función acumulada experimental calculadas con la ecuación (I-10), para la corrida y multiplicada por los incrementos correspondientes. Es decir:

$$\tilde{F}(x) \cong \sum_{t=0}^{t=\infty} E_{\theta} \Delta \theta \text{ medios}$$

$$F(x) \cong \sum_{t=0}^{t=\infty} E_{\theta} \Delta \theta \text{ corrida}$$

La hipótesis nula será que:

$$F(x) = \tilde{F}(x)$$

En otras palabras: a un nivel de significancia elegido, no existe una diferencia significativa entre la corrida y el promedio de réplica y corrida, de tal manera que podemos probar la repetitividad de los valores experimentales.

Obtendremos una diferencia " $b_1$ " definida como:

$$b_1 = \max |F(x) - \tilde{F}(x)|$$

Dado que se trata de una prueba bimuestral, la desigualdad se transforma:

$$b_1 \leq 2D$$

APÉNDICE 5  
EJEMPLIFICACIÓN DE CÁLCULOS

A.- CÁLCULOS PRELIMINARES.

Comprenden las Tablas 3-1 a 3-6. Se usa para ejemplificar, la Tabla 3-1. (Del apéndice 3).

$$TETA = t/\tau \quad \text{Ecuación (I-7)}$$

$t$  = tiempo en que se toma la muestra.

$\tau$  = tiempo espacial.

$$\tau = V/Q \quad \text{Ecuación (I-5)}$$

Para todos los casos  $V=58000\text{ml}$ ,  $Q=20\text{ml/s}$ , y para la línea 4,  $t=20\text{s}$ :

$$\tau = 58000 \text{ ml}/20\text{ml/s} = 2900 \text{ s}$$

$$TETA = 20\text{s}/2900\text{s} = 0.0069$$

Ya que  $L_1$  y  $L_2$  son datos de absorbancia de corrida y réplica, a partir de ellos se obtiene:

$$LP = (L_1 + L_2)/2$$

Para la línea 4,  $L_1 = 0.022$  y  $L_2 = 0.049$  por lo que:

$$LP = (0.022+0.049)/2 = 0.0355$$

En la ecuación (I-11):

$$ET1 = L_1/LM \quad ET2 = L_2/LM \quad ETP = LP/LM$$

$LM$  = Absorbancia promedio del sistema = 0.191

$$ET1 = 0.022/0.191 = 0.1152 \quad ET2 = 0.049/0.191 = 0.2565$$

$$ETP = 0.0355/0.191 = 0.1859$$

Para las funciones por sus incrementos:

$$EDT1 = ET1(\Delta\theta) \quad EDT2 = ET2(\Delta\theta) \quad EDTP = ETP(\Delta\theta)$$

Donde  $(\Delta\theta) = (TETA(\text{No.}) - TETA(\text{No.}-1))$

Para la línea 3,  $TETA = 0.052$ ; para la 4,  $TETA = 0.0069$

$$\Delta\theta = 0.0069 - 0.052 = 0.0017$$

De aquí, para la línea 4:

$$\begin{aligned} EDT1 &= (0.1152)(0.0017) = 0.0002 & EDT2 &= 0.2555(0.0017) = 0.0004 \\ EDTP &= (0.1859)(0.0017) = 0.0003 \end{aligned}$$

#### B.- RESULTADOS OBTENIDOS.

Para las Tablas III-1 a III-6 (Del capítulo III). Se usará la Tabla III-1 para ejemplificar. El cuadro III-1, también se ejemplifica aquí.

TETA, LP y ETP calculadas como en el caso anterior.

ETM, con la ecuación (I-13) para el reactor de mezcla completa ideal:

Para la línea 4, TETA=0.0069, entonces:

$$ETM = e^{-\theta} = e^{-0.0069} = 0.9931$$

Para el tiempo promedio se usó la ecuación (I-4) aproximándola con un método numérico:

$$\bar{t} \cong \sum t(E)(\Delta t)$$

El valor de E usado en el método de integración es el promedio en el incremento, al igual que el valor del tiempo.

Para la corrida uno:

$$\bar{t} = \left[ \frac{(0+5)}{2} \right] \left[ \frac{(0.157+0.157)}{(2(2900))} \right] (5) + \dots \text{ etc.}$$

El valor de  $\bar{\theta}$  se aproxima de la misma manera, pero usando la ecuación (I-12) con los valores promedio de  $\theta$  y de  $E_{\theta}$  en el intervalo.

#### C.- TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.

Engloba las Tablas IV-1 a IV-6. Se usará la Tabla IV-1 para ejemplificar.

En la línea 4, calculamos:

$$ETM = 0.9931 \quad \text{y} \quad (\Delta\theta) = 0.0017$$

$$EDTM = (0.9931)0.0017 = 0.0017$$

Para las funciones acumuladas:

$$EDTA1 = (EDTA1(\text{No.}-1) + EDT1(\text{No.}))$$

$$EDTAP = (EDTAP(\text{No.}-1) + EDTP(\text{No.}))$$

$$EDTAM = (EDTAM(\text{No.}-1) + EDTM(\text{No.}))$$

En la línea 3,  $EDTA1=0.0002$ ,  $EDTAP=0.0002$  y  $EDTAM=0.0052$ . Para la línea 4,  $EDT1=0.0002$ ,  $EDTP=0.003$  y  $EDTM = 0.0017$  por lo que los cálculos son:

$$EDTA1 = (0.0002+0.0002) = 0.0004$$

$$EDTAP = (0.0003+0.0002) = 0.0005$$

$$EDTAM = (0.0017+0.0052) = 0.0069$$

Para las desviaciones del tratamiento estadístico:

$$B1 = |EDTA1 - EDTAP|$$

$$A1 = |EDTAM(\text{No.}) - EDTAP(\text{No.}-1)|$$

$$A2 = |EDTAM(\text{No.}) - EDTAP(\text{No.})|$$

En la línea 3,  $EDTAP=0.0002$  y en la 4,  $EDTA1=0.0004$ ,  $EDTAP=0.0005$  y  $EDTAM=0.0069$ , entonces:

$$B1 = |0.0004 - 0.0005| = 0.0001$$

$$A1 = |0.0069 - 0.0002| = 0.0067$$

$$A2 = |0.0069 - 0.0005| = 0.0064$$

#### D.- CONVERSIONES.

Tanto para los datos experimentales, como para los de reactor de mezcla completa ideal, se usan valores promedio para el método de integración numérica; así, sustituimos en la ecuación (I-24) valores medios de  $t$  y  $E$

Para el primer incremento, los valores medios son:

$$t = (0+5)/2 = 2.5 \text{ s}$$

$$E = (.0157+.0157)/(2(2900))=.00001 \text{ (Experimental)}$$

$$E = (0.9983+0.9966)/(2(2900))=.00034 \text{ (Teórico)}$$

Para el modelo de mezcla completa teórico:

$$X_A = 1 - \left[ e^{-2.5(0.01)}(0.00034)(5) + \dots \right]$$

Para los datos experimentales:

$$X_{AM} = 1 - \left[ e^{-2.5(0.01)}(0.00001)(5) + \dots \right]$$

Usando  $k_1 = 0.01$ .

En la Tabla v-2 se muestran las conversiones  $X_A$  obtenidas mediante la ecuación (I-17); usando  $k_1=0.01$  :

$$X_A = 1 - \frac{1}{(1 + (0.01)(2900))} = 0.9667$$

APÉNDICE 6  
CALIBRACION DEL ROTÁMETRO  
(Referencia:4)

Como hemos mencionado, el medidor de flujo utilizado es un rotámetro cuya calibración consiste en relacionar una altura en su escala de 0 a 100 (totalmente cerrada a totalmente abierta), con el caudal del líquido que arroja.

La instalación del rotámetro consiste en introducir una manguera en su entrada y otra a la salida. La alimentación (entrada) es provista por un tanque elevado cuyo volumen se mantiene constante para evitar burbujeo y la salida - está regulada por una llave de paso; su movimiento acarrea - elevaciones o descensos del cuerpo troncónico del rotámetro de tal manera que, con esto, se puede fijar su altura de la - escala y asociarle un caudal.

Así pues, se fijaron varias alturas leyéndose los -- caudales y basándonos en la expresión siguiente, obtuvimos -- las constantes del rotámetro:

$$Q = a (\Delta h)^b \quad (6-1)$$

Linearizando la ecuación:

$$\ln Q = \ln a + b \ln \Delta h \quad (6-2)$$

Donde:

- Q: Caudal del líquido (ml/s)
- $\Delta h$ : Altura en la escala (arbitrarias)
- a, b: Constantes del rotámetro

Abriendo y cerrando la llave de paso se fijan varias alturas, midiéndose los caudales repetidamente, obteniendo -



una colección de datos a los que se les calculó la media, -  
realizando la linearización y con ella se obtuvieron las -  
constantes :

$$a = 0.0359$$

$$b = 1.5184$$

Que sustituidas :

$$Q = 0.0359 (\Delta h )^{1.5184} \quad (6-3)$$

Por lo que la altura de trabajo en la escala es de -  
64, para un caudal de 20 ml/s .