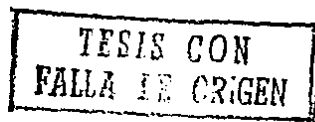


Universidad Autónoma de Guadalajara

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



ESTUDIO COMPARATIVO DE UN REACTOR DE MEZCLA
COMPLETA CON FONDO PLANO FILETEADO-CÓNICO
CON UN REACTOR DE MEZCLA COMPLETA
CON FONDO CONCAVO

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

BEATRIZ GARCIA GAITAN

ASESOR: I.Q. MA. DEL CONSUELO LOPEZ LIMON

GUADALAJARA, JAL.

1989



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

	PÁG.
INTRODUCCIÓN	1
NOMENCLATURA	2
CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	3
CAPÍTULO II. DESARROLLO EXPERIMENTAL	10
CAPÍTULO III. TABLAS Y GRÁFICAS DE RESULTADOS	16
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
RESUMEN	46
CONCLUSIONES	47
APÉNDICE I. PASOS PRELIMINARES	48
APÉNDICE II. MECÁNICA DE MUESTREO	49
APÉNDICE III. TRATAMIENTOS ESTADÍSTICOS EMPLEADOS ..	51
APÉNDICE IV. EJEMPLO DE CÁLCULOS PARA UNA CORRIDA ..	53
BIBLIOGRAFÍA	72

INTRODUCCIÓN

El mezclado de diversos productos por medio de tanques agitados es una de las operaciones más comunes en los procesos de la industria química. Debido a esto, es de especial interés el mejorar, en la mayor medida posible, la eficiencia de los mismos, pues esto daría como resultado un mejor mezclado.

El presente estudio tiene como objetivo comparar un reactor de mezcla completa con fondo plano fileteado-cónico, con un reactor de mezcla completa con fondo cóncavo, así como también la comparación de ambos con el modelo teórico de mezcla completa; esto mediante un análisis de la distribución de tiempos de residencia.

La determinación de la distribución de tiempos de residencia en ambos reactores se hizo mediante la ayuda de un trazador inerte inyectado al sistema.

El estudio se hizo efectuando cuatro pruebas diferentes (por duplicado cada una de ellas) en cada uno de los reactores, manteniéndose las mismas condiciones de operación en los dos reactores, para la misma prueba. En todas las pruebas se mantuvieron constantes: la velocidad de agitación, el volumen del trazador inyectado, el volumen de operación del reactor, la altura del impulsor con respecto al fondo y los flujos de entrada y salida. Se variaron, de una prueba a otra, las posiciones de entrada y salida del fluido.

Se probó estadísticamente la confiabilidad de los resultados obtenidos en cada una de las ocho pruebas; se compararon estadísticamente las cuatro curvas de distribución de tiempos de residencia obtenidas del reactor con fondo plano fileteado-cónico, con las otras cuatro curvas de distribución de tiempos de residencia del reactor con fondo cóncavo, para determinar entre cuáles pruebas había diferencia significativa; por último, se comparó también estadísticamente si había diferencia significativa entre cada una de las ocho curvas de distribución de tiempos de residencia experimentales, con la curva ideal del modelo teórico.

NOMENCLATURA

C	: concentración del trazador
\bar{C}	: concentración media del trazador
CM	: concentración-absorbancia media
CO	: concentración-absorbancia de la muestra en la corrida original
CP	: concentración-absorbancia promedio de la muestra
CR	: concentración-absorbancia de la muestra en la corrida réplica
D	: valor máximo permisible de la prueba estadística
Dmax	: valor máximo de D1 y D2
D1	: valor absoluto de la diferencia entre FEX(N) y FTE(N-1) de la N-ésima muestra
D2	: valor absoluto de la diferencia entre FTE(N) y FEX(N) de la N-ésima muestra
E	: distribución de tiempos de residencia
Eo	: distribución de tiempos de residencia, en base al tiempo adimensional
EEX	: distribución de tiempos de residencia experimental promedio, en base al tiempo adimensional
F	: función de distribución acumulada de E
Fo	: función de distribución acumulada de Eo
FEX	: función de distribución acumulada de Eo experimental promedio
FO	: función de distribución acumulada de Eo experimental de la corrida original
FR	: función de distribución acumulada de Eo experimental de la corrida réplica
FTE	: función de distribución acumulada de Eo teorica
G	: valor absoluto de la diferencia entre FO y FR
Gmax	: valor absoluto máximo de las diferencias entre FO y FR
M	: cantidad del trazador contenido en la inyección
Q	: caudal del fluido, l/s
t	: tiempo, s
\bar{t}	: tiempo medio de residencia
TE	: teta, medida adimensional del tiempo, $\theta = t/\bar{t}$
V	: volumen de operación del reactor, l
Δt	: incremento del tiempo, s
α	: nivel de significancia para la prueba estadística
τ	: tiempo espacial, $\tau = V/Q$, s
θ	: teta, tiempo adimensional
$\Delta\theta$: incremento de θ

CAPÍTULO I . FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Mezclado en tanques agitados (1.11.12)

Dentro del mezclado de líquidos en tanques agitados, se distinguen tres elementos principales: el líquido, el impulsor y el recipiente. El líquido que se mezcla es específico de cada proceso químico y poco puede hacerse para cambiar sus propiedades físicas de modo que se hagan más favorables para la operación de mezcla y se mantengan las condiciones apropiadas para la reacción química, en el caso de que ésta tenga lugar.

El impulsor es importante para la mezcla, pero no es el único que determina el movimiento de la corriente. Ciertamente, el impulsor es el que origina el movimiento y las paredes del tanque lo que causa las principales líneas de flujo a través del líquido. Comúnmente, los impulsores son de un tercio aproximadamente del diámetro del tanque, y si hay uno sólo en el eje, está colocado a poco más o menos a un diámetro del impulsor, desde el fondo.

Los recipientes pueden ser de cualquier tamaño y forma, pero generalmente son tanques cilíndricos (de eje vertical) con el fondo plano o cóncavo, con el nivel de operación del líquido aproximadamente igual al diámetro del tanque y con deflectores, o bien, con el impulsor excéntrico. Los tanques cuadrados y otros que tengan ángulos no son recomendables, debido a que, en los rincones de los mismos, aparecerán zonas muertas de mezclado, es decir, será difícil asegurar el movimiento de los fluidos en esos lugares.

En un tanque con fondo plano, agitado por un impulsor de flujo axial, la mayor parte del líquido circula en la corriente principal y en las dos corrientes de recirculación inducidas — una bajo el impulsor y otra en la unión del fondo del tanque y la pared — (Fig.1-1).

Ya que un mejor diseño de tanque puede mejorar la eficiencia del mezclado, una solución práctica es remover estos dos cambios bruscos en la dirección del flujo que crean las corrientes de recirculación. La solución ideal es un tanque con fondo "completamente perfilado" (Fig.1-2). Desafortunadamente este modelo es muy complicado para ser manufacturado.

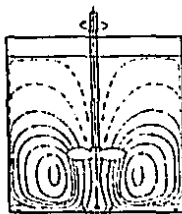
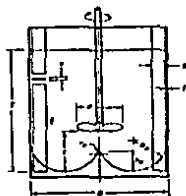


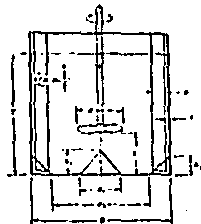
Fig.1-1 Modelo de corrientes del fluido en un tanque con fondo plano



$T=D$	$a = 0.02D$	$h = 0.15D$
$d=0.33D$	$f = 0.02D$	$r = 0.03D$
$b=0.10D$	$R = 0.25D$	$c=0.166D$ a $0.50D$

Fig.1-2 Tanque con fondo completamente perfilado

Un modelo aproximado al de fondo completamente perfilado, sería una solución más recomendable. A este modelo propuesto se le ha llamado tanque con fondo "plano fileteado-conico" (Fig.1-3). La principal ventaja de esta geometría es que puede lograrse por medio de una modificación no muy costosa de un tanque convencional de fondo plano.



$T=D$	$f=0.02D$	$h=0.15D$
$d=0.33D$	$d=0.30D$	$c=0.25D$ a $0.50D$
$b=0.10D$	$h=0.20D$	
$a=0.20D$	$d=0.70D$	

Fig.1-3 Tanque con fondo
plano fileteado-cónico

Otro aspecto importante dentro de la operación de mezclado, es tener una buena suspensión de sólidos, cuando estos están presentes. En esto, las eficiencias de suspensión de los fondos perfilado y plano fileteado-cónico, comparados con el fondo plano, se incrementan con sólidos pesados y velocidad de asentamiento. Esto hace al tanque con fondo plano fileteado-cónico particularmente apropiado cuando los sólidos son difíciles de suspender.

Determinación de la distribución de tiempos de residencia en reactores de mezcla completa (2,3,7)

Así como en todos los equipos industriales tales como: bombas, enfriadores, compresores, etc. no llegan a desarrollar al 100% el trabajo que teóricamente pueden hacer, debido a diversos efectos que durante su funcionamiento originan una disminución en su eficiencia, los reactores de mezcla completa también tienen desviaciones del modelo ideal. Aunque existen desviaciones grandes debidas a recirculación del fluido, formación de canalizaciones o a zonas muertas en el reactor, muchas veces el comportamiento real de los reactores tiene desviaciones tan pequeñas, que se puede considerar que tienen un comportamiento ideal, sin incurrir en un error apreciable.

El modelo ideal de mezcla completa considera una mezcla perfecta dentro del mismo, aunque en la práctica el resultado de una buena mezcla consiste en que una molécula añadida a la entrada del reactor pueda estar presente en el próximo instante en casi cualquier parte del recipiente y en especial en el fluido que en ese momento está saliendo del recipiente. En forma inversa hay moléculas presentes en el recipiente que no han conseguido encontrar un camino hacia el exterior después de un tiempo realmente largo. En resumen, hay una amplia distribución de los tiempos de residencia en cada reactor.

La distribución de los tiempos de residencia puede determinarse por medio del método experimental estímulo-respuesta, usando una sustancia trazadora inerte. La comparación del comportamiento teórico con el comportamiento observado experimentalmente con la sustancia trazadora, proporciona un medio útil para determinar si un reactor de mezcla completa tiene, o no, una mezcla casi perfecta.

Considerando el flujo estacionario de un solo fluido a través de un reactor, sin reacción y sin cambios de densidad, definiremos primeramente una variable E tal, que si una cantidad de una sustancia trazadora inerte, miscible con el contenido del reactor, se mezcla rápidamente con el flujo de entrada en un tiempo cero, $E dt$ es la fracción de este material que sale en el flujo de salida entre t y dt . A la cantidad E se le denomina "distribución de tiempos de residencia" o DTR.

De la definición anterior de E , resulta que la fracción F del trazador en el recipiente que tiene un tiempo de residencia comprendido entre 0 y t , viene dado por:

$$F = \int_0^t E dt \quad (1-1)$$

De modo similar, como todo el trazador ha debido salir después de un tiempo infinito:

$$\int_0^{\infty} E dt = 1 \quad (1-2)$$

El tiempo medio de residencia \bar{t} se obtiene como resultado de multiplicar cada valor del tiempo t por la fracción $E dt$ del trazador que tiene un tiempo de residencia comprendido entre t y $t+dt$ y de integrar estos productos en todo el intervalo posible. Es decir:

$$\bar{t} = \int_0^{\infty} t E dt \quad (1-3)$$

Como en el caso de mezcla perfecta:

$$\bar{t} = V/Q \quad (1-4)$$

y, de acuerdo con la definición del tiempo espacial de un reactor:

$$\tau = V/Q \quad (1-5)$$

entonces, para el modelo de mezcla completa:

$$\tau = \bar{t} \quad (1-6)$$

Como uno de los métodos estímulo-respuesta llamado señal impulso, consiste en que una cantidad M del trazador se mezcla en la corriente de entrada durante un período de tiempo que debe ser muy corto, en comparación con \bar{t} , y la concentración C del trazador en la corriente de salida se mide desde el momento de la adición hasta que llegue a no detectarse; resulta de la definición de E , que la cantidad del trazador que sale del reactor entre t y $t+dt$, es $ME dt$. Esta tiene que ser igual al producto de la concentración de salida por el volumen $Q dt$, de fluido que sale del reactor en el intervalo de tiempo. Así:

$$MEdt = QCdt \quad (1-7)$$

$$y, \text{ por lo tanto, } E = QC/M \quad (1-8)$$

sustituyendo este resultado en (1-1) y (1-2), se obtiene:

$$F = \int_0^t (QC/M) dt \quad (1-9)$$

$$\int_0^{\infty} (QC/M) dt = 1 \quad (1-10)$$

La ec. (1-9) significa que F puede determinarse representando los valores medidos de QC/M frente a t y determinando el área de cualquier tiempo elegido. La segunda ec. (1-10) significa que el área bajo esta curva hasta $t = \infty$ (o en la práctica hasta el tiempo en que C no se detecte), tiene que ser casi la unidad, si los resultados experimentales son dignos de confianza.

Como el caudal Q es constante, un reacomodo de (1-10) da:

$$M = Q \int_0^{\infty} C dt \quad (1-11)$$

Para hacer adimensionales las curvas (E vs t y F vs t) y no alterar el Área, en las abscisas donde representamos el tiempo t, las dividimos entre \bar{t} o τ , y las ordenadas, las multiplicamos por \bar{t} o τ . Entonces:

$$\theta = t/\tau \quad (1-12)$$

$$E_{\theta} = E\tau \quad (1-13)$$

sustituyendo (1-3) y (1-8) en (1-13) se obtiene:

$$E_{\theta} = CV/M \quad (1-14)$$

Si se define la concentración media \bar{C} como:

$$\bar{C} = M/V \quad (1-15)$$

entonces, sustituyendo (1-15) en (1-14):

$$E_0 = C/\bar{C} \quad (1-16)$$

Para F se tiene que: $F = F_0$ (1-17)

pues
$$\int_0^t E dt = \int_0^{\theta} E_0 d\theta \quad (1-18)$$

Para cálculos experimentales se considera:

$$F_0 = \int_0^{\theta} E_0 \Delta\theta \quad (1-19)$$

En el modelo ideal de mezcla perfecta (teórico) se tiene:

$$E_0 = \exp(-\theta) \quad (1-20)$$

por lo que, si
$$F_0 = \int_0^{\theta} E_0 d\theta$$

entonces,
$$F_0 = 1 - \exp(-\theta) \quad (1-21)$$

CAPÍTULO II . DESARROLLO EXPERIMENTAL (9,10)

Descripción de equipo usado

Para este trabajo se usaron dos reactores, los cuales son dos tanques con las siguientes características:

Tanque con fondo cóncavo (Fig.2-1):

Tanque cilíndrico de lámina galvanizada, con 40 cm de altura y 25 cm de diámetro interno. Su fondo es un casquete esférico de 2 cm de profundidad.

Este tanque tiene cinco boquillas de alimentación (entradas) situadas a 10,16,22,28 y 34 cm desde el fondo del tanque y numeradas de uno al cinco, de abajo hacia arriba. Diametralmente opuestas a las boquillas de alimentación, se encuentran las boquillas de salida (salidas) situadas a 10,16,22,28 y 34 cm desde el fondo del tanque y también numeradas del uno al cinco. Tanto las boquillas de alimentación como las de salida, tienen un diámetro interno de 0.5 cm y una longitud de 5.5 cm.

El tanque esta provisto de cuatro deflectores colocados a la misma distancia circunferencial entre cada uno de ellos y fijados con tres anillos planos de lámina, de modo que dichos anillos quedan pegados a las paredes del tanque. Los cuatro deflectores tienen la misma altura del tanque y miden 2.5 cm de ancho.

Tanque con fondo plano-fileteado-cónico (Fig.2-2):

Tanque cilíndrico de lámina galvanizada con 40 cm de altura y 25 cm de diámetro interno, su fondo tiene, en la parte central, un cono de 7.5 cm de base y 5 cm de altura; partiendo del centro hacia la pared, el fondo del tanque tiene una parte plana, formando un anillo de 5 cm entre sus circunferencias mayor y menor; continuando del centro hacia las paredes, al final del anillo, el fondo se inclina en forma uniforme hacia arriba hasta llegar a la pared del tanque, la unión del fondo con la pared está 3.75 cm por encima de la parte plana del fondo.

El tanque tiene cinco boquillas de alimentación (entradas) situadas a 10,16,22,28 y 34 cm desde el fondo del tanque y numeradas del uno al cinco, de abajo hacia arriba. Diametralmente opuestas a las boquillas de alimenta-

ción se encuentran las boquillas de salida (salidas), situadas a 10,16,22,28 y 34 cm desde la parte plana del fondo y también numeradas del uno al cinco. Tanto las boquillas de alimentación, como las de salida, tienen un diámetro interno de 0.5 cm y una longitud de 5 cm.

También este tanque fue provisto de cuatro deflectores colocados de igual forma que en el tanque de fondo cóncavo. Todos los deflectores son de la misma altura del tanque y miden 2.5 cm.

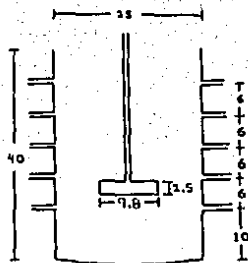


Fig.2-1 Tanque cóncavo

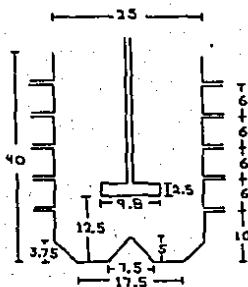


Fig.2-2 Tanque plano-fileteado-cónico

En ambos tanques se usaron los siguientes aditamentos e instrumentos:

En la parte superior de los deflectores se tiene una banda de lámina, en cuya parte media hay una perforación, con el fin de fijar la posición del agitador en el centro del tanque.

Se empleó un agitador mecánico Caframo (modelo RZR1 de 70 watts y 115 voltios), al cual se le adaptó un impulsor hecho con una flecha de acero inoxidable de 0.79375 cm (5/16 plg) de diámetro y una aspa plana de 9.8 cm de longitud, 2.5 cm de ancho y 0.15875 cm (2/32 plg) de espesor. La parte inferior de la hélice se situó a 12.5 cm, medidos desde el fondo del tanque.

Se instaló un tanque de alimentación, el cual consiste en un bote de lámina que se alimentó por medio de una manguera y esta provisto de un rebosadero para mantener su nivel constante, así como un indicador de nivel. Este tanque se colocó a 2.1 m sobre el suelo.

La corriente que salía del tanque de alimentación pasaba por una válvula, para regular el flujo de agua; después el fluido pasaba por un rotámetro Gilmont (modelo E4358), para verificar que el flujo de agua a través del equipo fuera siempre de 5.4687 E-3 l/s (328.1246 ml/min).

Poco antes de la entrada al reactor, se colocó una desviación en T para la inyección del trazador, la cual se hizo con una jeringa hipodérmica de plástico de 35 ml.

Como para cada prueba se usó sólo una entrada y una salida del tanque, se colocó un indicador de nivel en alguna de las salidas disponibles.

Con el fin de mantener el mismo nivel de operación (11.5 l), se colocó otra válvula para regular el flujo de salida en el tanque.

Para la recolección de las 90 muestras se usaron 90 tubos de ensayo. La medición de los tiempos para la toma de las muestras se hizo con un cronómetro.

La determinación de la concentración de las muestras obtenidas se hizo con un fotocolorímetro Baush-Lomb (modelo 20).

El fluido usado fue agua y el trazador, 15 ml de una solución de 50 g/l de colorante artificial verde esmeralda (puro 60%, marca Medina).

En la Fig.2-3 se muestra un diagrama del equipo de operación.

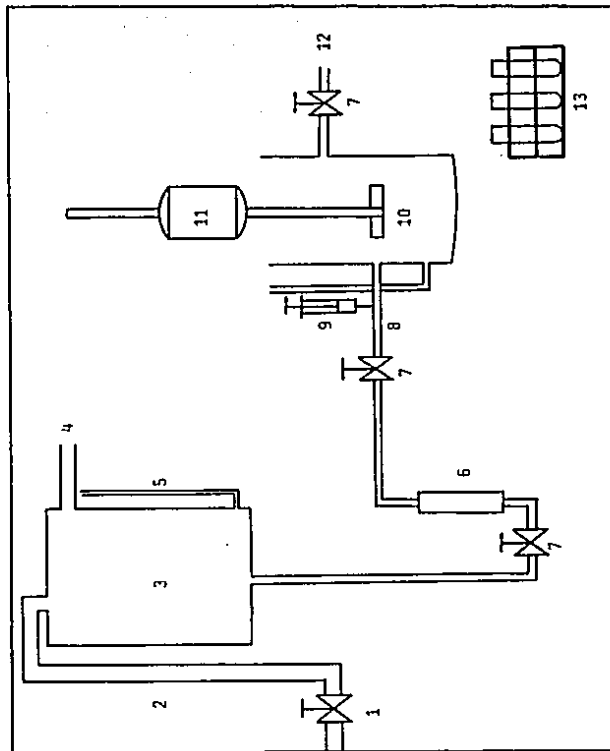


Fig.2-3 Diagrama del equipo de operación

Descripción de la Fig.2-3

- 1 - Llave de alimentación de agua de la tubería.
- 2 - Corriente de entrada al tanque de alimentación.
- 3 - Tanque de alimentación.
- 4 - Rebosadero.
- 5 - Medidores de nivel.
- 6 - Rotámetro.
- 7 - Válvulas.
- 8 - Corriente de entrada al tanque.
- 9 - Jeringa para inyectar el trazador.
- 10 - Tanque.
- 11 - Agitador.
- 12 - Corriente de salida del tanque.
- 13 - Tubos de ensayo.

Plan de pruebas

En cada reactor se hicieron cuatro corridas, cada una con su réplica respectiva.

En todas las corridas se mantuvieron constantes las siguientes condiciones de operación:

- velocidad de agitación
- altura y posición del agitador
- volumen del trazador inyectado
- flujos de entrada y salida

Se variaron, de una prueba a otra, las posiciones de entrada y salida del fluido. Usándose, en las cuatro corridas, combinaciones de la segunda y tercera entrada, con la primera, segunda y tercera salida.

Para clasificación, al tanque con fondo plano fileteado-conico se le asigna el número 1 y al tanque con fondo cóncavo, el número 2.

Las condiciones de operación de las corridas fueron:

volumen de operación del reactor = 11.5 l
flujos de entrada y salida = 328.12 ml/min
velocidad de agitación = 330 RPM
altura del agitador = 12.5 cm
volumen del trazador inyectado = 15 ml

Las ocho corridas realizadas se clasifican de la siguiente manera:

corrida	tanque	- entrada	- salida
1	1	2	2
2	1	2	3
3	1	3	2
4	1	3	1
5	2	2	2
6	2	2	3
7	2	3	2
8	2	3	1

CAPÍTULO III . TABLAS Y GRÁFICAS DE RESULTADOS (5)

A continuación se presentan las tablas y graficas obtenidas a partir de cada una de las ocho corridas.

En la tabla de cada corrida se tiene:

columna	contenido
1 y 5	número de muestra
2 y 6	tiempo (en segundos) en el cual se tomó la muestra
3 y 7	concentración-absorbancia de la corrida original
4 y 8	concentración-absorbancia de la corrida replica

Debido a que E_0 se puede obtener como el producto de E y τ o como el producto de E y \bar{t} pues teóricamente $\bar{t}=\tau$, se presentan dos gráficas de E_0 vs. θ para cada corrida. En la figura a) se obtuvo E_0 como el producto de E y τ , mientras que en la figura b) se obtuvo como el producto de E y \bar{t} .

Para los calculos de E_0 con el tiempo espacial (τ) se uso $\tau=2102.8595$ s y $CM=0.3990$.

Los calculos hechos para la obtencion de E_0 , asi como para los tratamientos estadísticos empleados fueron hechos mediante programas en lenguaje basic.

TABLA 3-1
 CORRIDA No. 1

1 - 2 - 2

N	T	CO	CR	N	T	CO	CR
1	5	0.390	0.401	46	735	0.276	0.288
2	10	0.390	0.400	47	795	0.269	0.278
3	15	0.389	0.413	48	855	0.260	0.269
4	20	0.392	0.417	49	915	0.252	0.260
5	25	0.390	0.414	50	975	0.246	0.253
6	30	0.395	0.413	51	1035	0.235	0.245
7	35	0.390	0.415	52	1095	0.228	0.237
8	40	0.397	0.409	53	1155	0.223	0.228
9	45	0.397	0.408	54	1215	0.217	0.222
10	50	0.416	0.408	55	1275	0.208	0.214
11	55	0.397	0.407	56	1335	0.201	0.210
12	60	0.391	0.407	57	1395	0.193	0.206
13	65	0.391	0.407	58	1455	0.186	0.198
14	70	0.391	0.404	59	1515	0.180	0.188
15	75	0.390	0.402	60	1575	0.175	0.181
16	85	0.390	0.402	61	1695	0.162	0.169
17	95	0.390	0.399	62	1815	0.151	0.158
18	105	0.390	0.398	63	1935	0.143	0.148
19	115	0.388	0.397	64	2055	0.131	0.138
20	125	0.383	0.392	65	2175	0.124	0.129
21	135	0.383	0.390	66	2295	0.110	0.118
22	145	0.380	0.388	67	2415	0.102	0.108
23	155	0.378	0.387	68	2535	0.093	0.103
24	165	0.377	0.385	69	2655	0.086	0.093
25	175	0.375	0.383	70	2775	0.081	0.086
26	195	0.370	0.381	71	2895	0.075	0.079
27	215	0.365	0.375	72	3015	0.068	0.073
28	235	0.365	0.371	73	3135	0.062	0.068
29	255	0.357	0.368	74	3255	0.056	0.062
30	275	0.353	0.362	75	3375	0.051	0.057
31	295	0.345	0.359	76	3675	0.041	0.045
32	315	0.343	0.354	77	3975	0.030	0.037
33	335	0.340	0.352	78	4275	0.025	0.028
34	355	0.338	0.348	79	4575	0.016	0.024
35	375	0.336	0.344	80	4875	0.011	0.017
36	405	0.331	0.342	81	5175	0.008	0.014
37	435	0.326	0.333	82	5475	0.005	0.009
38	465	0.321	0.331	83	5775	0.003	0.008
39	495	0.316	0.324	84	6075	0.002	0.005
40	525	0.310	0.320	85	6375	0.001	0.004
41	555	0.305	0.316	86	6675	0.000	0.003
42	585	0.301	0.310	87	6975	0.000	0.002
43	615	0.297	0.306	88	7275	0.000	0.002
44	645	0.293	0.302	89	7575	0.000	0.002
45	675	0.289	0.298	90	7875	0.000	0.002

CORRIDA No. 1

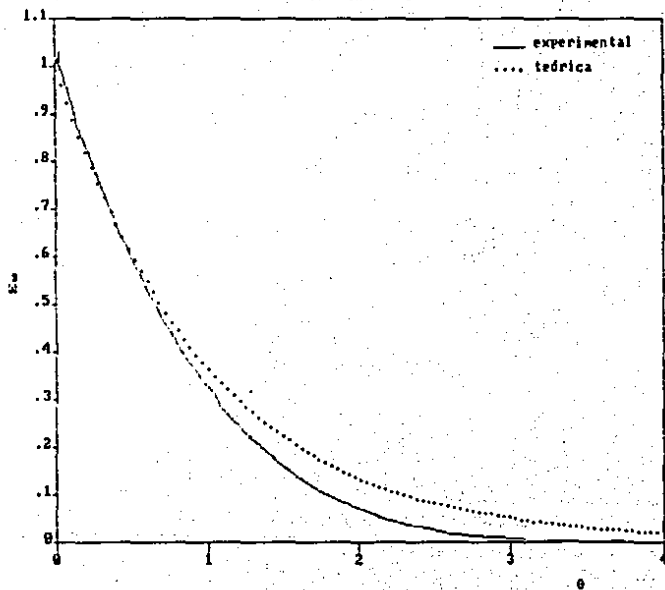


FIG. 3-1 a)

CORRIDA No. 1

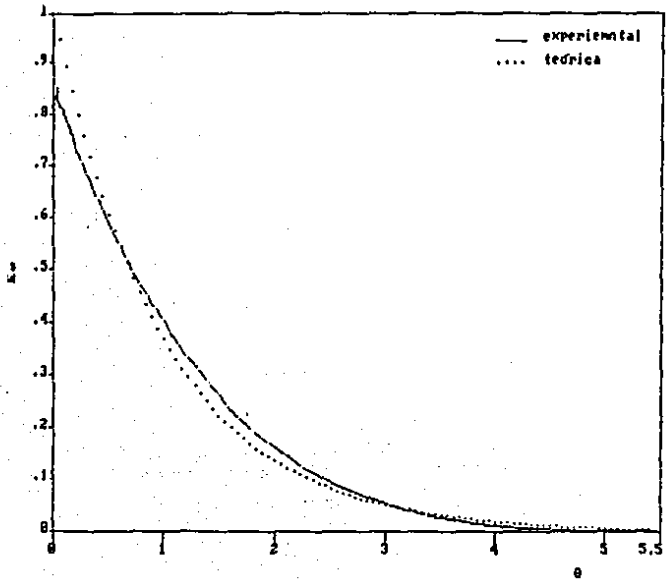


FIG. 3-1 b)

TABLA 3-2
 CORRIDA No. 2

1 - 2 - 3

N	T	CO	CR	N	T	CO	CR
1	5	0.410	0.398	46	735	0.298	0.285
2	10	0.421	0.413	47	795	0.289	0.275
3	15	0.423	0.413	48	855	0.280	0.268
4	20	0.422	0.414	49	915	0.273	0.260
5	25	0.420	0.412	50	975	0.263	0.252
6	30	0.419	0.412	51	1035	0.254	0.243
7	35	0.418	0.411	52	1095	0.248	0.237
8	40	0.417	0.407	53	1155	0.240	0.230
9	45	0.417	0.407	54	1215	0.232	0.222
10	50	0.415	0.405	55	1275	0.224	0.214
11	55	0.413	0.405	56	1335	0.218	0.208
12	60	0.413	0.403	57	1395	0.212	0.202
13	65	0.413	0.402	58	1455	0.206	0.195
14	70	0.412	0.403	59	1515	0.198	0.188
15	75	0.410	0.403	60	1575	0.192	0.181
16	85	0.410	0.401	61	1695	0.182	0.171
17	95	0.409	0.399	62	1815	0.170	0.159
18	105	0.407	0.397	63	1935	0.158	0.148
19	115	0.404	0.397	64	2055	0.148	0.140
20	125	0.403	0.393	65	2175	0.140	0.130
21	135	0.400	0.390	66	2295	0.131	0.120
22	145	0.399	0.309	67	2415	0.121	0.112
23	155	0.394	0.387	68	2535	0.112	0.102
24	165	0.393	0.386	69	2655	0.105	0.095
25	175	0.392	0.384	70	2775	0.097	0.088
26	195	0.388	0.376	71	2895	0.090	0.082
27	215	0.386	0.380	72	3015	0.083	0.075
28	235	0.382	0.370	73	3135	0.079	0.070
29	255	0.378	0.366	74	3255	0.073	0.066
30	275	0.373	0.363	75	3375	0.067	0.060
31	295	0.370	0.362	76	3675	0.054	0.048
32	315	0.367	0.356	77	3975	0.045	0.037
33	335	0.362	0.352	78	4275	0.037	0.031
34	355	0.359	0.348	79	4575	0.029	0.023
35	375	0.354	0.345	80	4875	0.022	0.017
36	405	0.350	0.340	81	5175	0.018	0.013
37	435	0.346	0.334	82	5475	0.012	0.009
38	465	0.340	0.329	83	5775	0.009	0.007
39	495	0.336	0.325	84	6075	0.007	0.003
40	525	0.330	0.319	85	6375	0.005	0.003
41	555	0.328	0.315	86	6675	0.005	0.002
42	585	0.321	0.310	87	6975	0.004	0.001
43	615	0.316	0.304	88	7275	0.002	0.001
44	645	0.312	0.300	89	7575	0.002	0.000
45	675	0.307	0.297	90	7875	0.002	0.000

CORRIDA No. 2

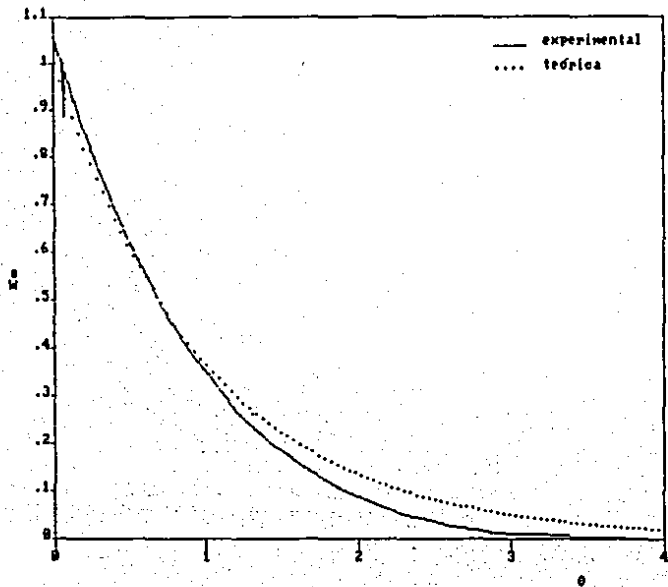


FIG. 3-2 a)

CORRIDA No. 2

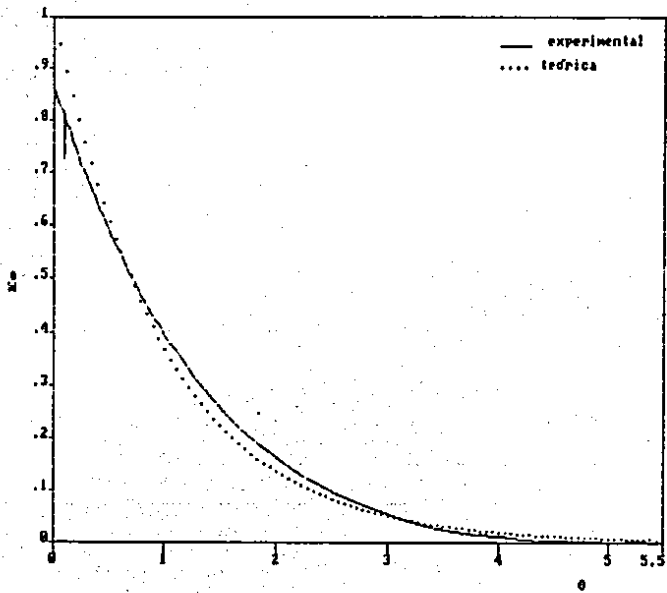


FIG. 3-2 b)

TABLA 3-3

CORRIDA No. 3

1 - 2 - 3

N	T	CO	CR	N	T	CO	CR
1	5	0.419	0.418	46	735	0.287	0.283
2	10	0.411	0.418	47	795	0.278	0.273
3	15	0.412	0.421	48	855	0.268	0.264
4	20	0.413	0.418	49	915	0.259	0.256
5	25	0.411	0.416	50	975	0.251	0.249
6	30	0.410	0.413	51	1035	0.243	0.238
7	35	0.412	0.413	52	1095	0.236	0.231
8	40	0.407	0.411	53	1155	0.229	0.224
9	45	0.409	0.409	54	1215	0.221	0.217
10	50	0.408	0.408	55	1275	0.215	0.210
11	55	0.408	0.407	56	1335	0.209	0.203
12	60	0.403	0.407	57	1395	0.202	0.196
13	65	0.403	0.406	58	1455	0.196	0.187
14	70	0.402	0.406	59	1515	0.187	0.182
15	75	0.400	0.404	60	1575	0.180	0.175
16	85	0.399	0.400	61	1695	0.169	0.164
17	95	0.398	0.395	62	1815	0.161	0.153
18	105	0.397	0.393	63	1935	0.149	0.142
19	115	0.391	0.390	64	2055	0.140	0.132
20	125	0.391	0.388	65	2175	0.130	0.123
21	135	0.390	0.387	66	2295	0.120	0.113
22	145	0.389	0.384	67	2415	0.112	0.103
23	155	0.386	0.382	68	2535	0.102	0.096
24	165	0.385	0.382	69	2655	0.096	0.088
25	175	0.382	0.379	70	2775	0.087	0.083
26	195	0.380	0.376	71	2895	0.083	0.076
27	215	0.378	0.372	72	3015	0.075	0.069
28	235	0.373	0.366	73	3135	0.070	0.063
29	255	0.370	0.364	74	3255	0.064	0.057
30	275	0.367	0.361	75	3375	0.058	0.053
31	295	0.359	0.358	76	3675	0.047	0.041
32	315	0.358	0.352	77	3975	0.038	0.033
33	335	0.353	0.348	78	4275	0.031	0.023
34	355	0.348	0.345	79	4575	0.023	0.017
35	375	0.343	0.341	80	4875	0.018	0.012
36	405	0.337	0.337	81	5175	0.013	0.007
37	435	0.334	0.332	82	5475	0.009	0.006
38	465	0.329	0.327	83	5775	0.005	0.005
39	495	0.323	0.323	84	6075	0.003	0.003
40	525	0.315	0.317	85	6375	0.002	0.002
41	555	0.312	0.312	86	6675	0.002	0.002
42	585	0.307	0.307	87	6975	0.002	0.001
43	615	0.304	0.302	88	7275	0.001	0.000
44	645	0.299	0.298	89	7575	0.002	0.000
45	675	0.294	0.292	90	7875	0.001	0.000

CORRIDA No. 3

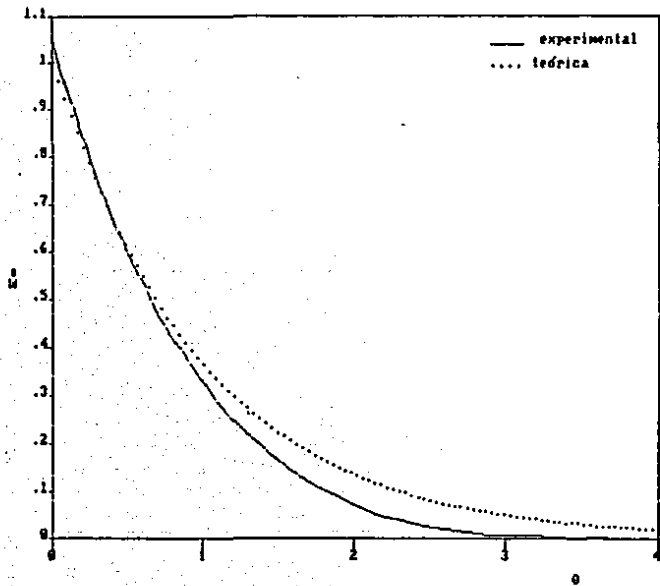


FIG. 3-3 a)

CORRIDA No. 3

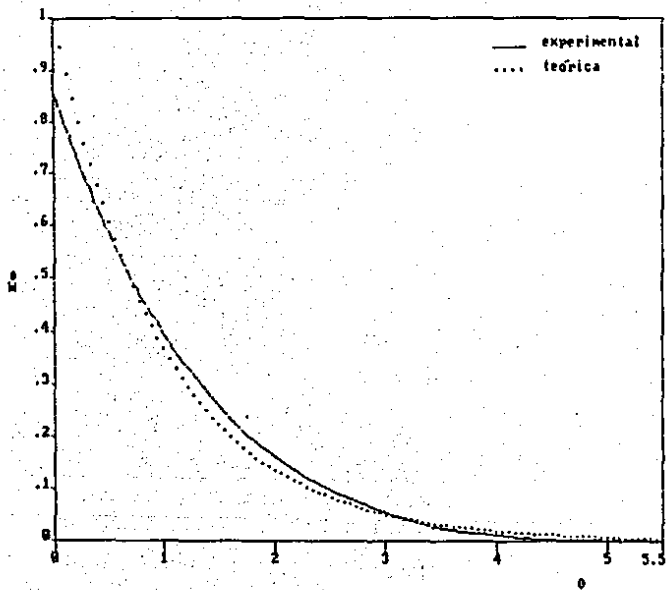


FIG. 3-3 b)

TABLA 3-4
 CORRIDA No. 4
 1 - 3 - 1

N	T	CO	CR	N	T	CO	CR
1	5	0.423	0.421	46	735	0.290	0.289
2	10	0.422	0.426	47	795	0.280	0.278
3	15	0.423	0.423	48	855	0.270	0.270
4	20	0.421	0.423	49	915	0.261	0.260
5	25	0.421	0.420	50	975	0.254	0.252
6	30	0.419	0.419	51	1035	0.246	0.246
7	35	0.417	0.418	52	1095	0.239	0.236
8	40	0.416	0.416	53	1155	0.229	0.228
9	45	0.415	0.415	54	1215	0.222	0.220
10	50	0.414	0.413	55	1275	0.216	0.214
11	55	0.412	0.413	56	1335	0.209	0.207
12	60	0.410	0.410	57	1395	0.203	0.200
13	65	0.409	0.409	58	1455	0.196	0.194
14	70	0.409	0.409	59	1515	0.188	0.187
15	75	0.408	0.406	60	1575	0.182	0.181
16	85	0.407	0.408	61	1695	0.170	0.169
17	95	0.405	0.403	62	1815	0.158	0.159
18	105	0.402	0.402	63	1935	0.148	0.148
19	115	0.400	0.400	64	2055	0.138	0.137
20	125	0.399	0.398	65	2175	0.129	0.127
21	135	0.398	0.397	66	2295	0.119	0.116
22	145	0.397	0.392	67	2415	0.110	0.107
23	155	0.394	0.389	68	2535	0.102	0.099
24	165	0.392	0.389	69	2655	0.095	0.092
25	175	0.389	0.391	70	2775	0.088	0.084
26	195	0.387	0.381	71	2895	0.072	0.078
27	215	0.382	0.379	72	3015	0.066	0.072
28	235	0.378	0.373	73	3135	0.067	0.066
29	255	0.374	0.374	74	3255	0.063	0.060
30	275	0.370	0.367	75	3375	0.060	0.056
31	295	0.366	0.367	76	3675	0.048	0.045
32	315	0.361	0.359	77	3975	0.038	0.034
33	335	0.358	0.357	78	4275	0.030	0.027
34	355	0.353	0.352	79	4575	0.022	0.020
35	375	0.350	0.340	80	4875	0.018	0.017
36	405	0.344	0.343	81	5175	0.013	0.012
37	435	0.340	0.339	82	5475	0.010	0.008
38	465	0.335	0.333	83	5775	0.007	0.006
39	495	0.329	0.326	84	6075	0.004	0.004
40	525	0.325	0.322	85	6375	0.004	0.003
41	555	0.320	0.317	86	6675	0.003	0.003
42	585	0.315	0.312	87	6975	0.002	0.002
43	615	0.310	0.307	88	7275	0.002	0.001
44	645	0.304	0.303	89	7575	0.002	0.000
45	675	0.300	0.298	90	7875	0.001	0.000

CORRIDA No. 4

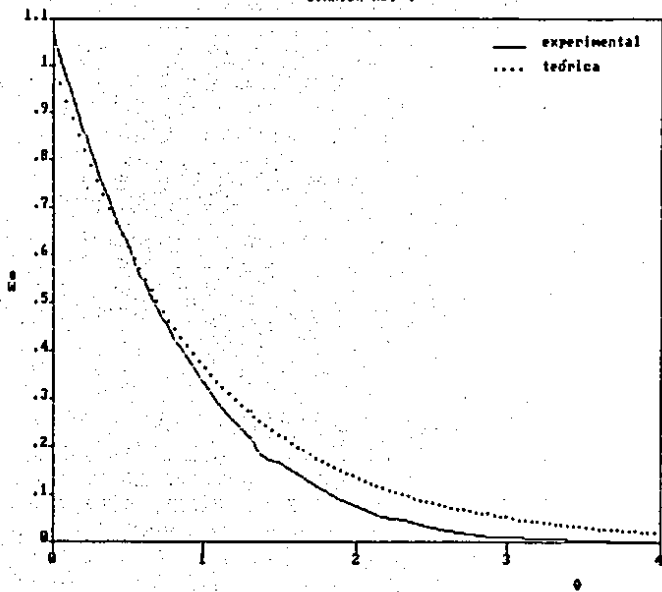


FIG. 3-4 a)

CORRIDO No. 4

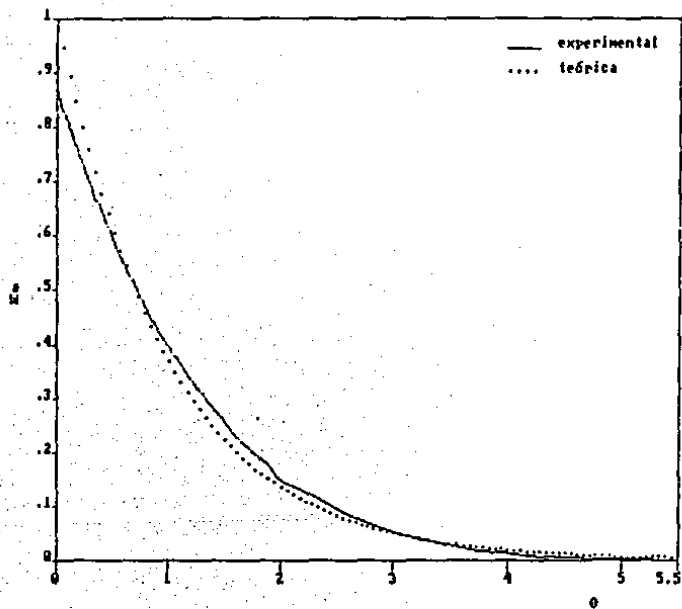


FIG. 3-4 b)

TABLA 3-5
CORRIDA No. 5

2 - 2 - 2

N	T	CO	CR	N	T	CO	CR
1	5	0.417	0.403	46	735	0.204	0.271
2	10	0.413	0.403	47	795	0.275	0.265
3	15	0.411	0.400	48	855	0.267	0.256
4	20	0.413	0.407	49	915	0.258	0.248
5	25	0.413	0.400	50	975	0.252	0.241
6	30	0.410	0.398	51	1035	0.242	0.235
7	35	0.404	0.397	52	1095	0.235	0.227
8	40	0.408	0.408	53	1155	0.228	0.218
9	45	0.409	0.397	54	1215	0.220	0.211
10	50	0.409	0.397	55	1275	0.214	0.204
11	55	0.407	0.391	56	1335	0.206	0.197
12	60	0.403	0.391	57	1395	0.200	0.191
13	65	0.401	0.399	58	1455	0.192	0.184
14	70	0.402	0.388	59	1515	0.186	0.180
15	75	0.400	0.390	60	1575	0.180	0.173
16	85	0.400	0.386	61	1695	0.168	0.161
17	95	0.397	0.393	62	1815	0.157	0.152
18	105	0.394	0.383	63	1935	0.146	0.146
19	115	0.393	0.380	64	2055	0.136	0.131
20	125	0.391	0.381	65	2175	0.126	0.120
21	135	0.390	0.376	66	2295	0.116	0.112
22	145	0.389	0.376	67	2415	0.107	0.102
23	155	0.385	0.373	68	2535	0.096	0.096
24	165	0.382	0.373	69	2655	0.091	0.087
25	175	0.380	0.368	70	2775	0.084	0.080
26	195	0.380	0.367	71	2895	0.078	0.075
27	215	0.376	0.360	72	3015	0.071	0.068
28	235	0.371	0.355	73	3135	0.065	0.063
29	255	0.367	0.357	74	3255	0.060	0.057
30	275	0.362	0.350	75	3375	0.056	0.052
31	295	0.358	0.348	76	3675	0.045	0.041
32	315	0.353	0.343	77	3975	0.035	0.032
33	335	0.350	0.339	78	4275	0.029	0.024
34	355	0.346	0.336	79	4575	0.018	0.017
35	375	0.342	0.333	80	4875	0.013	0.012
36	405	0.338	0.327	81	5175	0.008	0.009
37	435	0.333	0.323	82	5475	0.004	0.006
38	465	0.328	0.320	83	5775	0.003	0.004
39	495	0.323	0.312	84	6075	0.003	0.003
40	525	0.320	0.307	85	6375	0.002	0.002
41	555	0.314	0.302	86	6675	0.002	0.001
42	585	0.310	0.297	87	6975	0.001	0.000
43	615	0.305	0.292	88	7275	0.000	0.000
44	645	0.300	0.288	89	7575	0.000	0.000
45	675	0.297	0.283	90	7875	0.000	0.000

CORRIDO No. 5

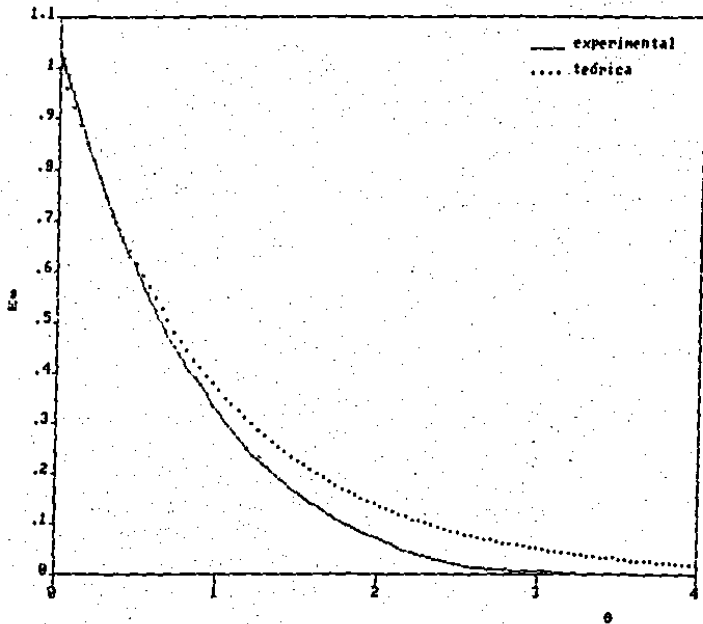


FIG. 3-5 a)

CORRIDA No. 5

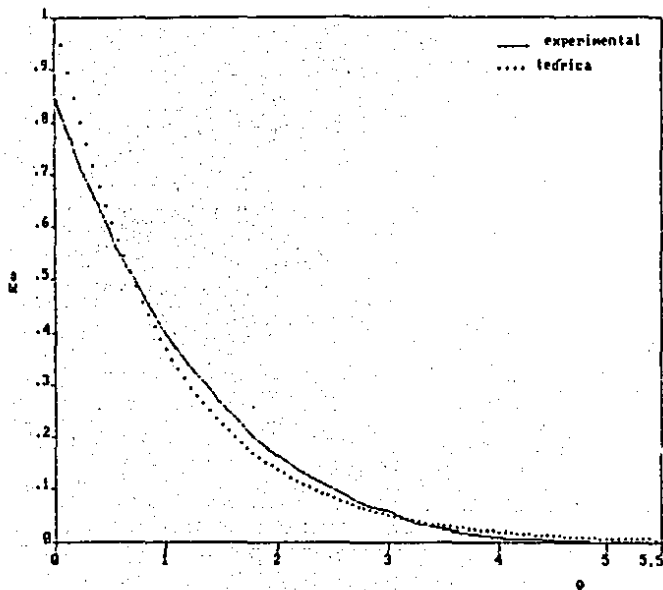


FIG. 3-5 b)

TABLA 3-6
 CORRIDA No. 6

2 - 2 - 3

N	T	CO	CR	N	T	CO	CR
1	5	0.403	0.410	46	735	0.267	0.273
2	10	0.395	0.409	47	795	0.258	0.263
3	15	0.394	0.405	48	855	0.249	0.255
4	20	0.393	0.403	49	915	0.240	0.248
5	25	0.393	0.404	50	975	0.233	0.242
6	30	0.393	0.400	51	1035	0.225	0.233
7	35	0.392	0.398	52	1095	0.218	0.222
8	40	0.413	0.397	53	1155	0.212	0.215
9	45	0.390	0.393	54	1215	0.207	0.208
10	50	0.390	0.393	55	1275	0.199	0.202
11	55	0.387	0.392	56	1335	0.190	0.192
12	60	0.385	0.391	57	1395	0.184	0.186
13	65	0.381	0.402	58	1455	0.178	0.180
14	70	0.383	0.397	59	1515	0.173	0.173
15	75	0.383	0.397	60	1575	0.165	0.167
16	85	0.380	0.383	61	1695	0.155	0.155
17	95	0.379	0.387	62	1815	0.146	0.147
18	105	0.376	0.387	63	1935	0.133	0.136
19	115	0.372	0.383	64	2055	0.126	0.124
20	125	0.375	0.382	65	2175	0.112	0.114
21	135	0.377	0.380	66	2295	0.105	0.106
22	145	0.370	0.381	67	2415	0.093	0.097
23	155	0.368	0.377	68	2535	0.087	0.087
24	165	0.368	0.376	69	2655	0.080	0.081
25	175	0.362	0.371	70	2775	0.073	0.073
26	195	0.362	0.370	71	2895	0.069	0.067
27	215	0.355	0.367	72	3015	0.062	0.063
28	235	0.352	0.360	73	3135	0.055	0.057
29	255	0.348	0.355	74	3255	0.052	0.052
30	275	0.344	0.353	75	3375	0.046	0.045
31	295	0.342	0.350	76	3675	0.036	0.034
32	315	0.337	0.347	77	3975	0.027	0.027
33	335	0.333	0.341	78	4275	0.023	0.018
34	355	0.330	0.337	79	4575	0.012	0.013
35	375	0.330	0.332	80	4875	0.008	0.010
36	405	0.321	0.328	81	5175	0.006	0.006
37	435	0.318	0.323	82	5475	0.003	0.004
38	465	0.311	0.317	83	5775	0.002	0.003
39	495	0.305	0.313	84	6075	0.001	0.002
40	525	0.298	0.305	85	6375	0.000	0.001
41	555	0.291	0.300	86	6675	0.000	0.001
42	585	0.286	0.296	87	6975	0.000	0.000
43	615	0.284	0.293	88	7275	0.000	0.000
44	645	0.280	0.286	89	7575	0.000	0.000
45	675	0.274	0.283	90	7875	0.000	0.000

CORRIDA No. 6

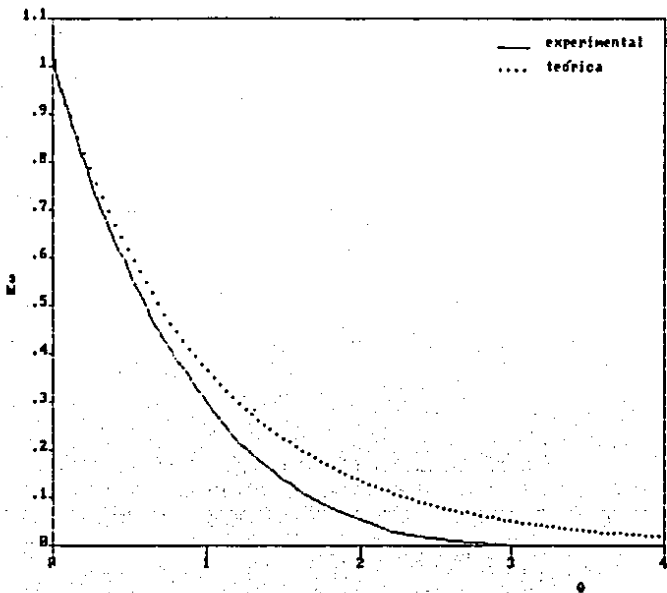


FIG. 3-6 a)

CORRIDA No. 6

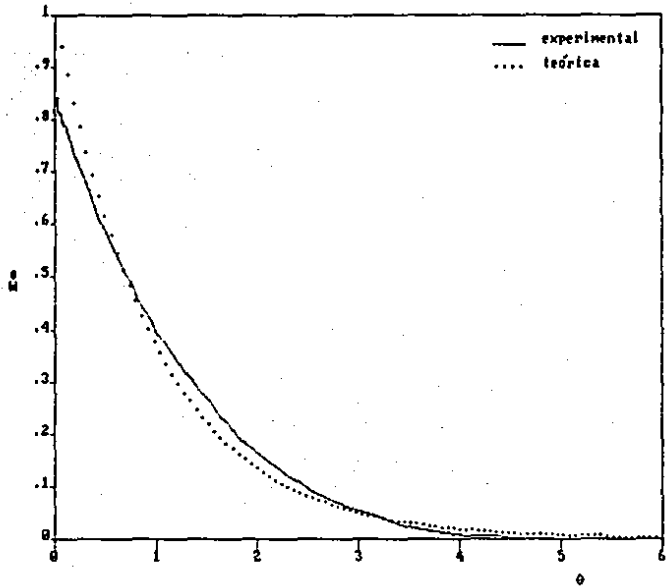


FIG. 3-6 b)

TABLA 3-7
 CORRIDA No. 7

2 - 3 - 2

N	T	CO	CR	N	T	CO	CR
1	5	0.410	0.398	46	735	0.288	0.275
2	10	0.417	0.400	47	795	0.280	0.266
3	15	0.413	0.400	48	855	0.270	0.261
4	20	0.415	0.399	49	915	0.260	0.252
5	25	0.415	0.398	50	975	0.252	0.243
6	30	0.415	0.397	51	1035	0.245	0.234
7	35	0.410	0.399	52	1095	0.236	0.227
8	40	0.412	0.400	53	1155	0.228	0.219
9	45	0.412	0.410	54	1215	0.223	0.212
10	50	0.411	0.397	55	1275	0.215	0.204
11	55	0.409	0.392	56	1335	0.207	0.198
12	60	0.410	0.392	57	1395	0.201	0.191
13	65	0.405	0.393	58	1455	0.195	0.184
14	70	0.407	0.393	59	1515	0.187	0.178
15	75	0.407	0.392	60	1575	0.177	0.173
16	85	0.403	0.402	61	1695	0.168	0.161
17	95	0.400	0.391	62	1815	0.157	0.152
18	105	0.398	0.391	63	1935	0.146	0.140
19	115	0.397	0.389	64	2055	0.137	0.130
20	125	0.393	0.387	65	2175	0.126	0.120
21	135	0.392	0.387	66	2295	0.117	0.110
22	145	0.391	0.380	67	2415	0.109	0.102
23	155	0.390	0.374	68	2535	0.099	0.094
24	165	0.387	0.377	69	2655	0.092	0.086
25	175	0.386	0.373	70	2775	0.085	0.080
26	195	0.382	0.366	71	2895	0.075	0.074
27	215	0.377	0.363	72	3015	0.070	0.068
28	235	0.374	0.357	73	3135	0.064	0.063
29	255	0.369	0.354	74	3255	0.060	0.058
30	275	0.365	0.349	75	3375	0.055	0.054
31	295	0.359	0.347	76	3675	0.043	0.043
32	315	0.355	0.342	77	3975	0.035	0.033
33	335	0.352	0.340	78	4275	0.027	0.026
34	355	0.349	0.337	79	4575	0.020	0.018
35	375	0.346	0.332	80	4875	0.014	0.012
36	405	0.341	0.328	81	5175	0.010	0.010
37	435	0.336	0.323	82	5475	0.008	0.006
38	465	0.332	0.319	83	5775	0.004	0.003
39	495	0.327	0.313	84	6075	0.003	0.003
40	525	0.321	0.309	85	6375	0.003	0.002
41	555	0.316	0.303	86	6675	0.002	0.002
42	585	0.311	0.298	87	6975	0.001	0.002
43	615	0.308	0.293	88	7275	0.001	0.001
44	645	0.302	0.288	89	7575	0.001	0.001
45	675	0.298	0.283	90	7875	0.001	0.001

CORRIDO No. 7

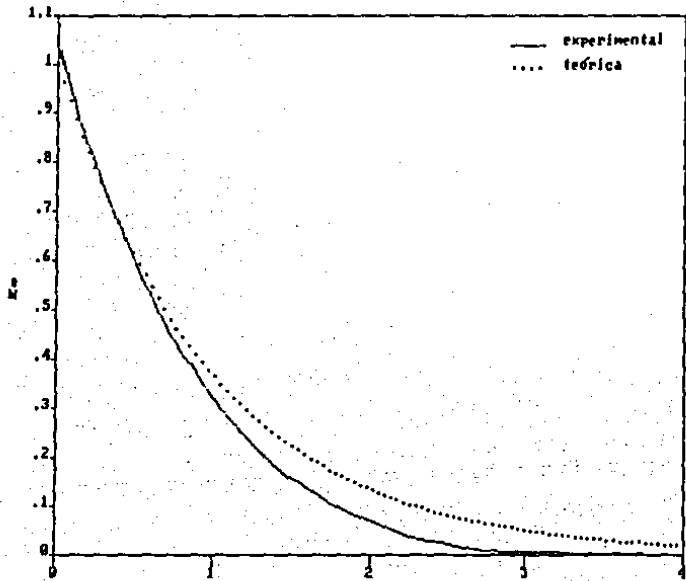


FIG. 3-7. a)

CORRIDA No. 7

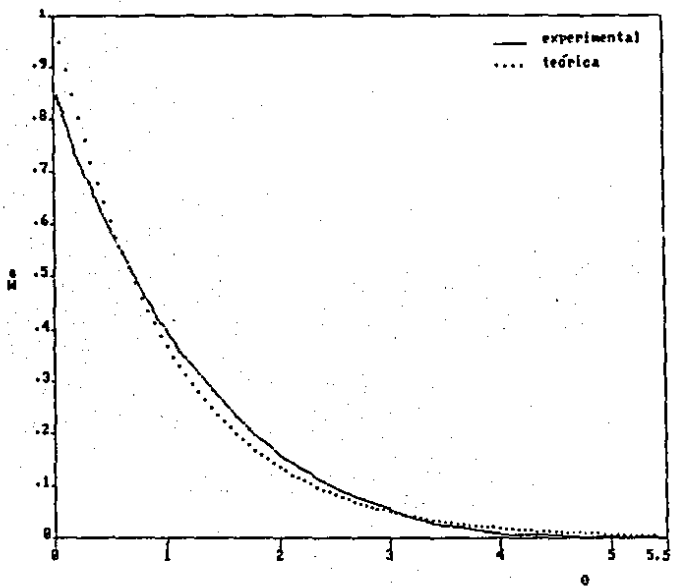


FIG.3-7 b)

TABLA 3-8
 CORRIDA No. 8

2 - 3 - 1

N	T	CO	CR	N	T	CO	CR
1	5	0.391	0.387	46	735	0.266	0.267
2	10	0.397	0.390	47	795	0.260	0.257
3	15	0.400	0.392	48	855	0.253	0.250
4	20	0.393	0.390	49	915	0.240	0.241
5	25	0.393	0.389	50	975	0.233	0.232
6	30	0.390	0.391	51	1035	0.227	0.223
7	35	0.390	0.393	52	1095	0.220	0.217
8	40	0.389	0.390	53	1155	0.213	0.210
9	45	0.387	0.389	54	1215	0.206	0.203
10	50	0.387	0.388	55	1275	0.197	0.195
11	55	0.387	0.394	56	1335	0.191	0.188
12	60	0.385	0.385	57	1395	0.184	0.183
13	65	0.384	0.385	58	1455	0.179	0.175
14	70	0.382	0.383	59	1515	0.173	0.168
15	75	0.382	0.380	60	1575	0.167	0.164
16	85	0.380	0.380	61	1695	0.153	0.152
17	95	0.379	0.379	62	1815	0.145	0.140
18	105	0.378	0.377	63	1935	0.135	0.130
19	115	0.375	0.373	64	2055	0.123	0.128
20	125	0.373	0.370	65	2175	0.113	0.110
21	135	0.376	0.370	66	2295	0.103	0.099
22	145	0.370	0.370	67	2415	0.096	0.092
23	155	0.368	0.368	68	2535	0.087	0.085
24	165	0.366	0.366	69	2655	0.080	0.078
25	175	0.364	0.364	70	2775	0.073	0.072
26	195	0.360	0.358	71	2895	0.067	0.067
27	215	0.355	0.354	72	3015	0.060	0.062
28	235	0.351	0.350	73	3135	0.056	0.054
29	255	0.348	0.347	74	3255	0.050	0.049
30	275	0.344	0.344	75	3375	0.044	0.045
31	295	0.341	0.340	76	3675	0.034	0.032
32	315	0.338	0.336	77	3975	0.025	0.023
33	335	0.333	0.333	78	4275	0.016	0.016
34	355	0.330	0.329	79	4575	0.011	0.012
35	375	0.327	0.327	80	4875	0.007	0.007
36	405	0.321	0.320	81	5175	0.004	0.004
37	435	0.317	0.313	82	5475	0.003	0.003
38	465	0.314	0.309	83	5775	0.003	0.002
39	495	0.309	0.303	84	6075	0.002	0.002
40	525	0.304	0.300	85	6375	0.000	0.001
41	555	0.298	0.294	86	6675	0.000	0.001
42	585	0.294	0.290	87	6975	0.000	0.000
43	615	0.290	0.286	88	7275	0.000	0.000
44	645	0.283	0.281	89	7575	0.000	0.000
45	675	0.277	0.275	90	7875	0.000	0.000

CORRIDA No. 8

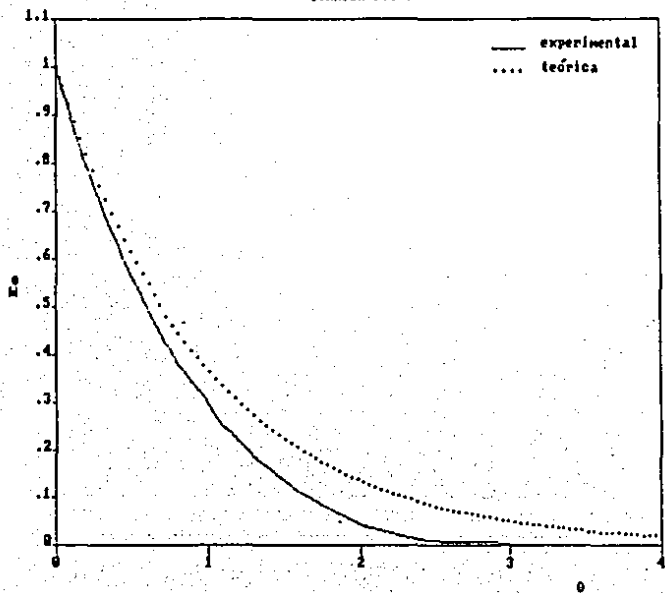


FIG. 3-8. a)

CORRIDA No. 8

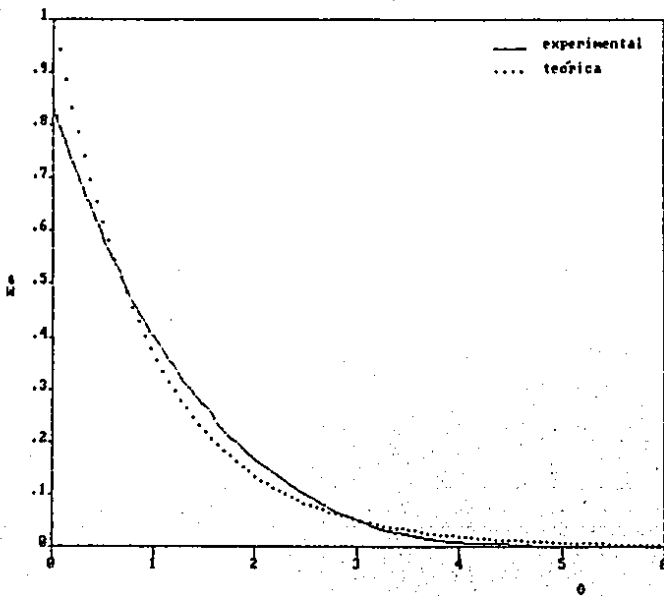


FIG. 3-8 b)

CAPÍTULO IV . DISCUSIÓN DE RESULTADOS (4,6,8,13)

En la tabla que se muestra a continuación se presentan los tiempos de residencia, así como los porcentajes de volumen muerto para cada corrida.

TABLA 4-1
Tiempos de residencia y porcentaje de volumen muerto

Corrida No.	Tiempo medio de residencia (s)	Porcentaje de volumen muerto
1	1438.89	31.57
2	1524.18	27.52
3	1441.34	31.46
4	1464.39	30.36
5	1412.61	32.82
6	1339.94	36.28
7	1429.91	32.00
8	1319.18	37.27

Con la comparación de los tiempos medios de residencia de cada corrida con el tiempo espacial que se manejó, el cual fue de 2102.8595 s, se puede observar que el trazador aparece antes de lo esperado, lo que indica que el fluido pasa a través de canalizaciones y existen regiones estancadas en el reactor. La presencia de volúmenes muertos es frecuente en reactores con mampara pegadas a las paredes del tanque, sobre todo cuando la potencia del agitador es baja. Por lo que el volumen efectivo de mezclado es menor que el volumen con el cual se trabajó.

De las gráficas de E_0 vs. B obtenidas mediante el tiempo espacial se puede observar claramente la existencia de volúmenes muertos en ambos reactores, pues la distribución experimental está, al principio por encima de la distribución ideal, y después está por debajo de la misma.

Lo anterior también se puede determinar pues, en todas las corridas el tiempo promedio obtenido fue menor que el tiempo espacial.

Las gráficas de las corridas del tanque con fondo cóncavo y del tanque con fondo plano-fileteado-cónico con las mismas entradas y salidas no revelan alguna diferencia en cuanto a la tendencia de las distribuciones de tiempos de residencia.

En la siguiente tabla se muestra la máxima diferencia entre los valores de F_0 experimental de la corrida original y de su réplica en cada corrida. En la segunda columna se calcularon los valores de F_0 con el tiempo espacial (τ) mientras que en la tercera columna se hicieron los cálculos con el tiempo medio de residencia (\bar{t}).

TABLA 4-2
Diferencias máximas entre F_0 experimental de la corrida original y su réplica

Corrida No.	G_{\max} (τ)	G_{\max} (\bar{t})
1	0.0530	0.0229
2	0.0628	0.0207
3	0.0377	0.0215
4	0.0135	0.0090
5	0.0329	0.0033
6	0.0126	0.0041
7	0.0354	0.0020
8	0.0089	0.0025

A continuación se muestran los valores del estadístico de prueba (K) con su nivel de significancia (α) para la prueba bimuestral de Kolmogorov-Smirnov.

K	α (%)
0.1595	20
0.1819	10
0.2027	5
0.2266	2
0.2430	1

Para cada una de las ocho corridas se puede concluir con los cinco niveles de significancia que la corrida original y su réplica provienen de distribuciones continuas iguales, ya sea que se calcule F_0 experimental con el tiempo espacial (τ) o con el tiempo medio de residencia (\bar{t}), o sea la prueba es repetible.

Para el cálculo de F_0 teórico se consideraron dos formas, con la ec. 1-21 y con la ec. 1-19 en donde E_0 se calcula con la ec. 1-20. Como para el cálculo de F_0 experimental también existen dos formas de obtención (con

el tiempo espacial y con el tiempo medio de residencia), surgen cuatro posibles combinaciones para determinar la diferencia máxima entre F_0 teórica y F_0 experimental en cada una de las corridas. En la tabla que a continuación se presenta se muestra la máxima diferencia entre F_0 experimental y F_0 teórica de cada corrida.

TABLA 4-3
Diferencias máximas entre F_0 experimental
y F_0 teórica

Corrida No.	D_{max}	D_{max}	D_{max}	D_{max}
1	0.0378	0.0378	0.1473	0.1477
2	0.0355	0.0355	0.0896	0.0900
3	0.0375	0.0376	0.1393	0.1397
4	0.0337	0.0337	0.1217	0.1221
5	0.0409	0.0409	0.1590	0.1594
6	0.0423	0.0423	0.2102	0.2106
7	0.0372	0.0372	0.1527	0.1531
8	0.0439	0.0439	0.2249	0.2253

En las columnas se calcularon los valores de F_0 teórico y F_0 experimental en base a:

columna	F_0 teórico	F_0 experimental
2	ec. 1-21	tiempo medio de residencia
3	ec. 1-19	tiempo medio de residencia
4	ec. 1-21	tiempo espacial
5	ec. 1-19	tiempo espacial

Los valores del estadístico de prueba (K) con su nivel de significancia (α) para la prueba unimuestral de Kolmogorov-Smirnov son los siguientes:

K	α (%)
0.0798	20
0.0909	10
0.1014	5
0.1133	2
0.1215	1

Si se calcula F_0 experimental con el tiempo medio de residencia (\bar{t}) y F_0 teórico ya sea con la ec. 1-21 ó con la ec. 1-19, se puede concluir para cada una de las ocho corridas a cualquiera de los cinco niveles de significancia (α) que la distribución F_0 experimental se ajusta a la distribución F_0 teórica.

Si se usa el tiempo espacial (τ) para obtener F_0 experimental y F_0 teórico se obtiene con la ec. 1-21 ó con la ec. 1-19, se puede concluir para todas las corridas excepto para la número dos, que con cualquiera de los cinco niveles de significancia la distribución F_0 experimental no es de la forma de F_0 teórica. Esto indica que la desviación de la idealidad se explica por la diferencia entre τ y \bar{t} . Para la corrida dos con un nivel de significancia de 20% se concluye que F_0 experimental no es de la forma de F_0 teórica, mientras que a los niveles de significancia 10, 5, 2 y 1% se puede concluir lo contrario. La prueba dos es la que dió menor diferencia entre el tiempo promedio y el tiempo espacial.

Por último se presentan las máximas diferencias entre los valores de F_0 experimental del tanque con fondo cóncavo y F_0 experimental del tanque con fondo plano-fileteado-cónico, para aquellas corridas con las mismas entradas y salidas.

TABLA 4-4
Diferencias máximas entre F_0 experimental de los dos reactores

Corridas No.	G_{max}	G_{max}
1 y 5	0.0117	0.0058
2 y 6	0.1206	0.0488
3 y 7	0.0139	0.0044
4 y 8	0.1032	0.0371

En la segunda columna se calcularon los valores de F_0 experimental con el tiempo espacial (τ) en tanto que en la tercera columna se calcularon con el tiempo medio de residencia (\bar{t}).

Los valores para el estadístico de prueba (K) con su nivel de significancia (α) para la prueba bimestral de Kolmogorov-Smirnov son:

K	α (%)
0.1595	20
0.1819	10
0.2027	5
0.2266	2
0.2430	1

Para los cuatro pares de corridas se puede concluir con cualquiera de los cinco niveles de significancia que la distribución de tiempos de residencia en el tanque con fondo cóncavo y la distribución de tiempos de residencia en el tanque con fondo plano-fileteado-cónico son iguales ya sea que se calcule con el tiempo medio de residencia o con el tiempo espacial.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue el de determinar la influencia de la geometría (fondo plano-fileteado-cónico) de un reactor de mezcla completa sobre la distribución de tiempos de residencia.

Con este fin se determinaron las curvas de distribución de tiempos de residencia por medio de un estímulo instantáneo sobre el sistema; esto se logra con la inyección de una solución coloreada (trazador).

En cada reactor se hicieron cuatro corridas, en donde cada una de ellas tiene su réplica. En todas las corridas se mantuvieron constantes la velocidad de agitación, la altura del agitador y los flujos de entrada y salida; se fue variando en cada corrida las entradas y salidas.

A todos los resultados experimentales obtenidos se les probó estadísticamente su confiabilidad y, además, se hicieron las siguientes comparaciones con las curvas de distribución de tiempos de residencia:

- curva del reactor con fondo plano-fileteado-cónico con la curva ideal
- curva del reactor con fondo cóncavo con la curva ideal.
- curva del reactor con fondo plano-fileteado-cónico con la curva del reactor con fondo cóncavo, ambos a las mismas condiciones de operación.

La prueba estadística que se usó fue la de Kolmogorov-Smirnov para funciones de distribución de frecuencias acumuladas, la cual no detectó diferencia significativa en ninguna de las tres comparaciones hechas.

De la observación de las gráficas se pudo detectar la existencia de volumen muerto en ambos reactores.

CONCLUSIONES

- Con la prueba estadística bimuestral de Kolmogorov-Smirnov se puede afirmar con los niveles de significancia de 20, 10, 5, 2 y 1 % que las muestras de la corrida original y de la corrida réplica provienen de distribuciones continuas idénticas.
- De la prueba estadística unimuestral de Kolmogorov se concluye (con todos los niveles de significancia) que no existe diferencia significativa entre la distribución F_0 teórica y la distribución F_0 experimental, si el tiempo adimensional se calcula en base al tiempo medio de residencia. En tanto que si el tiempo adimensional se calcula con el tiempo espacial, se puede afirmar (con todos los niveles de significancia) que en todas las corridas, excepto en la número dos, la distribución F_0 experimental no es de la forma de F_0 teórica. Lo anterior indica que la desviación de la idealidad se explica por la diferencia entre el tiempo espacial y el tiempo medio de residencia, y esta última diferencia por la existencia de volumen muerto en ambos reactores. También de las gráficas se puede observar la existencia de volumen muerto en los dos reactores. En la corrida dos, si el tiempo adimensional es calculado con el tiempo espacial, a un nivel de significancia del 20 %, se afirma que F_0 experimental no es de la forma de F_0 teórica, mientras que a los demás niveles de significancia se afirma lo contrario. Esta diferencia de las otras corridas se explica por la existencia de un volumen muerto menor.
- De acuerdo a la prueba estadística bimuestral de Kolmogorov-Smirnov, se puede concluir (para niveles de significancia de 20, 10, 5, 2 y 1 %) que la distribución de tiempos de residencia en el tanque con fondo cóncavo y la distribución de tiempos de residencia en el tanque con fondo plano-fileteado-cónico son iguales.

Con lo expuesto anteriormente se puede pensar que la ausencia de diferencia significativa en las distribuciones de tiempos de residencia entre ambos tanques puede deberse a que existía volumen muerto en ambos reactores, por lo que se sugiere efectuar pruebas con una potencia de agitación mayor, y con mamparas un poco separadas de la pared.

APÉNDICE I . PASOS PRELIMINARES

Se prepararon varias soluciones muy diluidas del colorante en agua y se seleccionó la longitud de onda en el fotocolorímetro, resultando la más apropiada a 425 nm.

Se hizo una solución patrón del colorante y de ésta, se obtuvieron estándares para determinar la curva de calibración. Lo anterior con la finalidad de ver si a bajas concentraciones era lineal dicha curva y así poder usar ese colorante como trazador.

Después de haber comprobado la linealidad a bajas concentraciones, se preparó la solución trazadora para las corridas experimentales con una concentración de 50 g/l.

A continuación se calibró el rotámetro para determinar el flujo de agua a través del equipo y mantenerlo constante; la ecuación obtenida fue:

$$Q = 11.68025 H^{1.20302521}$$

donde:

Q [=] flujo, ml/min
H [=] altura del rotámetro

En las corridas experimentales se trabajó a H=16 obteniéndose un flujo de 328.124632 ml/min.

APÉNDICE II . MECÁNICA DE MUESTREO

La forma en que se obtuvieron los datos experimentales fue la siguiente:

- 1 - Elegir la entrada y salida a usarse y conectar las mangueras para el paso del fluido.
- 2 - Llenar, al nivel de operación, el tanque de alimentación, así como el reactor.
- 3 - Establecer el estado estacionario de la siguiente forma: a) abrir y regular la entrada de agua al tanque de almacenamiento, b) verificar si la válvula colocada antes del reactor, proporciona el nivel adecuado en el rotámetro y si no es así, ajustar, c) verificar el nivel de operación del reactor, ajustar la válvula de flujo de salida (si es necesario) y encender el agitador, d) después de cinco minutos suspender la agitación y volver a verificar el nivel de operación del reactor, si se mantuvo constante, volver a encender el agitador y dejar transcurrir diez minutos para continuar; si varió el nivel, volver al paso c).
- 4 - Preparar los tubos de ensayo, los cuales deben de estar limpios y secos.
- 5 - Medir 15 ml de solución trazadora con una pipeta y pasarlos a la jeringa. Efectuar la inyección del trazador al tiempo de accionar el cronómetro y empezar a tomar las muestras.

Se hacen 90 tomas distribuidas del siguiente modo:

muestra no.	intervalo
1 - 15	5 s
16 - 25	10 s
26 - 35	20 s
36 - 45	30 s
46 - 60	1 min
61 - 75	2 min
76 - 90	5 min

- 6 - Medir la absorbancia de cada muestra.
- 7 - Al término de la corrida, lavar bien el reactor y el agitador.
- 8 - Hacer la réplica de la corrida.

9 - Determinar la concentración promedio en el reactor, de la siguiente forma:

- a) cerrar las entradas y salidas
- b) llenar el reactor hasta aproximadamente la mitad del nivel de operación
- c) hacer la inyección de los 15 ml de solución trazadora por la entrada usada en esa corrida y terminar de llenar el reactor hasta el nivel de operación
- d) dejar la solución agitándose 12 min, drenar seis veces la entrada regresando en cada ocasión la solución extraída y hacer lo mismo con la salida; dejar transcurrir 5 min, drenar una vez más la entrada y la salida, regresando lo drenado al reactor, y tomar una muestra de la entrada y salida
- e) medir la absorbancia de cada muestra y regresarlas al reactor, contar 5 min a partir de ese momento y volver a muestrear (drenando una vez antes del muestreo)
- f) medir nuevamente las absorbancias, regresar las muestras al reactor y muestrear inmediatamente
- g) determinar las absorbancias y calcular el promedio de las seis lecturas hechas.

APÉNDICE III . TRATAMIENTOS ESTADÍSTICOS EMPLEADOS (4,6,8,13)

Las pruebas estadísticas que realizan la comparación entre distribuciones, y no entre parámetros, son, llamadas métodos estadísticos no paramétricos. Dentro de éstas se encuentran las pruebas de Kolmogorov-Smirnov para diferencias entre dos funciones de distribuciones continuas acumulativas.

Prueba bimuestral de Kolmogorov-Smirnov

La prueba bimuestral se refiere a la concordancia entre dos distribuciones acumulativas observadas; se contrasta la hipótesis nula de que si dos muestras independientes provienen de distribuciones continuas idénticas.

En esta prueba ambas muestras forman funciones escalonadas, representándose cada intervalo por su límite superior y siendo la medida de contraste el valor absoluto mayor de las diferencias de las dos funciones observadas en cada intervalo. Este valor absoluto mayor se compara con el valor máximo permitido que se obtiene de tablas.

En este trabajo las funciones acumulativas a comparar son F_0 de la corrida original (FO) y la de la réplica (FR). Las diferencias absolutas en cada intervalo se denotan con la letra G y el valor absoluto mayor de estas diferencias con G_{max} . El valor máximo permisible de la prueba estadística es K.

Si $G_{max} \leq K$ no se rechaza la hipótesis nula. Si $G_{max} > K$ se rechaza la hipótesis nula.

Cuando la hipótesis nula no es rechazada, se pueden promediar cada una de las lecturas de las muestras tomadas en la corrida original con las de su réplica (pues la diferencia entre ambas se debe a errores al azar o de procedimiento experimental y no a que provengan de distribuciones continuas diferentes) y proceder a efectuar la prueba unimuestral de Kolmogorov para los datos obtenidos.

Prueba unimuestral de Kolmogorov

Esta prueba se refiere a la concordancia entre una distribución acumulativa observada de valores $F(x)$ y una función de distribución continua especificada, $F(x)$.

La hipótesis a probar (hipótesis nula), es que

$\bar{F}(x) = F(x)$, mientras que la hipótesis alterna es $\bar{F}(x) \neq F(x)$. Si $\bar{F}(x)$ se aproxima "suficientemente bien" a $F(x)$, no se rechaza la hipótesis nula. Si $\bar{F}(x)$ se desvía "demasiado" de $F(x)$, se rechaza la hipótesis nula.

En esta prueba la medida de desviación de $\bar{F}(x)$ respecto a $F(x)$ es D_{\max} . Ya que $\bar{F}(x)$ es una función constante pero medida por partes, en donde cada intervalo se representa por su límite superior, existen puntos de discontinuidad y en cada uno de ellos se pueden calcular dos distancias D_1 y D_2 que se muestran en la Fig. AI-1.

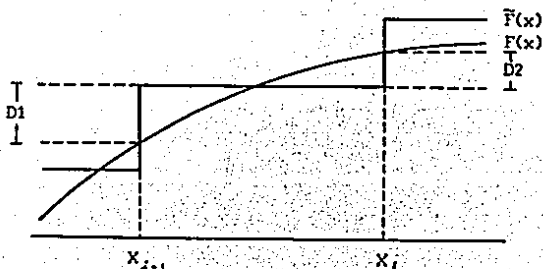


Fig. AI-1

El valor más grande de todos estos números es D_{\max} , el cual se denota como:

$$D_{\max} = \sup_x | \bar{F}(x) - F(x) |$$

Obtenido ya el valor de D_{\max} se compara con el valor K de tablas, si $D_{\max} \leq K$ no se rechaza la hipótesis nula, pero si $D_{\max} > K$ se rechaza la hipótesis nula.

APÉNDICE IV . EJEMPLO DE CÁLCULOS PARA UNA CORRIDA

Las tablas A2-1, A2-2, A2-3, A2-4, A2-5 y A2-6 fueron tomadas de la corrida No. 1 para ejemplificar, mientras que las tablas A2-7 y A2-8 se tomaron de las corridas 1 y 5.

Secuencia de cálculos para la prueba bimuestral de Kolmogorov-Smirnov entre la corrida original y su réplica en base al tiempo espacial (TABLA A2-1).

- 1 - Calcular para cada muestra tomada (de la corrida y su réplica) el valor de E_0 experimental, dividiendo la concentración-absorbancia obtenida, entre la concentración-absorbancia media.
- 2 - Calcular los valores de $\theta = t/\tau$ de cada muestra, así como $\Delta\theta$ entre muestras consecutivas.
- 3 - Calcular F_0 en cada muestra y $E_0\Delta\theta$ (columnas 4 y 5).
- 4 - Calcular la diferencia entre F_0 de la corrida y su réplica para obtener G (columna 6).
- 5 - Determinar G_{max} y comparar con el valor K de tablas.

TABLA A2-1
 CORRIDA No. 1

N	CO	CR	FO	FR	G
1	0.390	0.401	0.0023	0.0024	0.0001
2	0.390	0.400	0.0046	0.0048	0.0001
3	0.389	0.413	0.0070	0.0072	0.0002
4	0.392	0.417	0.0093	0.0097	0.0004
5	0.390	0.414	0.0116	0.0121	0.0005
6	0.395	0.413	0.0140	0.0146	0.0006
7	0.390	0.415	0.0163	0.0171	0.0008
8	0.397	0.409	0.0186	0.0195	0.0009
9	0.397	0.408	0.0210	0.0220	0.0010
10	0.416	0.408	0.0234	0.0244	0.0010
11	0.397	0.407	0.0259	0.0268	0.0010
12	0.391	0.407	0.0282	0.0293	0.0010
13	0.391	0.407	0.0305	0.0317	0.0011
14	0.391	0.404	0.0329	0.0341	0.0012
15	0.390	0.402	0.0352	0.0365	0.0013
16	0.390	0.402	0.0398	0.0413	0.0014
17	0.390	0.399	0.0445	0.0461	0.0016
18	0.390	0.398	0.0491	0.0508	0.0017
19	0.388	0.397	0.0538	0.0555	0.0018
20	0.383	0.392	0.0584	0.0603	0.0019
21	0.383	0.390	0.0629	0.0649	0.0020
22	0.380	0.388	0.0675	0.0695	0.0021
23	0.378	0.387	0.0720	0.0742	0.0022
24	0.377	0.385	0.0765	0.0788	0.0023
25	0.375	0.383	0.0810	0.0833	0.0024
26	0.370	0.381	0.0859	0.0924	0.0026
27	0.365	0.375	0.0986	0.1015	0.0028
28	0.365	0.371	0.1073	0.1103	0.0030
29	0.357	0.368	0.1159	0.1192	0.0032
30	0.353	0.362	0.1244	0.1279	0.0035
31	0.345	0.359	0.1327	0.1365	0.0037
32	0.343	0.354	0.1409	0.1449	0.0040
33	0.340	0.352	0.1490	0.1534	0.0043
34	0.338	0.348	0.1571	0.1617	0.0046
35	0.336	0.344	0.1652	0.1700	0.0048
36	0.331	0.342	0.1771	0.1822	0.0051
37	0.326	0.333	0.1888	0.1943	0.0055
38	0.321	0.331	0.2004	0.2062	0.0058
39	0.316	0.324	0.2118	0.2179	0.0061
40	0.310	0.320	0.2230	0.2294	0.0064
41	0.305	0.316	0.2340	0.2407	0.0068
42	0.301	0.310	0.2448	0.2519	0.0071
43	0.297	0.306	0.2555	0.2630	0.0075
44	0.293	0.302	0.2660	0.2738	0.0078
45	0.289	0.294	0.2764	0.2845	0.0081
46	0.276	0.288	0.2966	0.3055	0.0089
47	0.269	0.278	0.3161	0.3257	0.0096

CONTINUACION

TABLA A2-1

CORRIDA No. 1

N	CO	CR	FO	FR	G
48	0.260	0.269	0.3350	0.3453	0.0102
49	0.252	0.260	0.3534	0.3642	0.0109
50	0.246	0.253	0.3712	0.3826	0.0114
51	0.235	0.245	0.3884	0.4004	0.0120
52	0.228	0.237	0.4049	0.4176	0.0127
53	0.223	0.228	0.4210	0.4342	0.0132
54	0.217	0.222	0.4368	0.4503	0.0135
55	0.208	0.214	0.4520	0.4659	0.0139
56	0.201	0.210	0.4666	0.4811	0.0145
57	0.193	0.206	0.4807	0.4959	0.0153
58	0.185	0.198	0.4942	0.5104	0.0161
59	0.180	0.188	0.5073	0.5242	0.0169
60	0.175	0.181	0.5200	0.5374	0.0174
61	0.162	0.169	0.5441	0.5624	0.0183
62	0.151	0.158	0.5665	0.5858	0.0193
63	0.143	0.148	0.5875	0.6077	0.0202
64	0.131	0.138	0.6071	0.6281	0.0210
65	0.124	0.129	0.6253	0.6472	0.0219
66	0.110	0.118	0.6421	0.6649	0.0228
67	0.102	0.108	0.6572	0.6810	0.0238
68	0.093	0.103	0.6712	0.6961	0.0249
69	0.086	0.093	0.6840	0.7101	0.0252
70	0.081	0.086	0.6959	0.7229	0.0270
71	0.075	0.079	0.7071	0.7347	0.0277
72	0.068	0.073	0.7173	0.7456	0.0283
73	0.062	0.068	0.7266	0.7557	0.0291
74	0.056	0.062	0.7350	0.7650	0.0299
75	0.051	0.057	0.7427	0.7735	0.0308
76	0.041	0.045	0.7591	0.7917	0.0326
77	0.030	0.037	0.7718	0.8064	0.0346
78	0.025	0.028	0.7817	0.8180	0.0363
79	0.016	0.024	0.7890	0.8273	0.0383
80	0.011	0.017	0.7938	0.8346	0.0408
81	0.008	0.014	0.7972	0.8402	0.0430
82	0.005	0.009	0.7995	0.8443	0.0448
83	0.003	0.008	0.8010	0.8473	0.0464
84	0.002	0.005	0.8019	0.8497	0.0478
85	0.001	0.004	0.8024	0.8513	0.0489
86	0.000	0.003	0.8026	0.8525	0.0499
87	0.000	0.002	0.8026	0.8534	0.0508
88	0.000	0.002	0.8026	0.8541	0.0515
89	0.000	0.002	0.8026	0.8548	0.0523
90	0.000	0.002	0.8026	0.8556	0.0530

Secuencia de cálculos para la prueba bimestral de Kolmogorov-Smirnov entre la corrida original y su réplica utilizando el tiempo medio de residencia (TABLA A2-2).

- 1 - Calcular el factor de normalización para la distribución de los tiempos de residencia (de la corrida y su réplica) como factor = $\sum_{i=1}^n C \Delta t$.
- 2 - Calcular E (para la corrida y su réplica) como la razón C/factor.
- 3 - Calcular el tiempo medio de residencia (para la corrida y su réplica) como $\bar{t} = \frac{1}{E} \sum_{i=1}^n t E \Delta t$.
- 4 - Calcular E_o experimental (para la corrida y su réplica) de la siguiente forma E_o = E \bar{t} .
- 5 - Calcular F_o experimental (para la corrida y su réplica columnas 4 y 5 respectivamente) como F_o = $\frac{1}{E} \sum_{i=1}^n E \theta \Delta \theta$, donde $\theta = t/\bar{t}$.
- 6 - Calcular la diferencia entre F_o experimental de la corrida y su réplica para obtener G (columna 6).
- 7 - Determinar G_{max} y comparar con el valor K de tablas.

TABLA A2-2

CORRIDA No. 1

N	CO	CR	FO	FR	G
1	0.390	0.401	0.0029	0.0028	0.0001
2	0.390	0.400	0.0058	0.0056	0.0002
3	0.389	0.413	0.0087	0.0084	0.0003
4	0.392	0.417	0.0116	0.0113	0.0003
5	0.390	0.414	0.0145	0.0142	0.0003
6	0.395	0.413	0.0174	0.0171	0.0003
7	0.390	0.415	0.0203	0.0200	0.0004
8	0.397	0.409	0.0232	0.0228	0.0004
9	0.397	0.408	0.0262	0.0257	0.0005
10	0.416	0.408	0.0292	0.0285	0.0007
11	0.397	0.407	0.0322	0.0314	0.0009
12	0.391	0.407	0.0351	0.0342	0.0010
13	0.391	0.407	0.0380	0.0370	0.0010
14	0.391	0.404	0.0410	0.0399	0.0011
15	0.390	0.402	0.0439	0.0427	0.0012
16	0.390	0.402	0.0496	0.0483	0.0014
17	0.390	0.399	0.0554	0.0538	0.0016
18	0.390	0.398	0.0612	0.0594	0.0018
19	0.388	0.397	0.0670	0.0649	0.0021
20	0.383	0.392	0.0727	0.0704	0.0023
21	0.383	0.390	0.0784	0.0759	0.0025
22	0.380	0.388	0.0841	0.0813	0.0028
23	0.378	0.387	0.0897	0.0867	0.0030
24	0.377	0.385	0.0953	0.0921	0.0033
25	0.375	0.383	0.1009	0.0974	0.0035
26	0.370	0.381	0.1120	0.1081	0.0039
27	0.365	0.375	0.1229	0.1186	0.0043
28	0.365	0.371	0.1337	0.1290	0.0047
29	0.357	0.368	0.1444	0.1393	0.0052
30	0.353	0.362	0.1550	0.1494	0.0055
31	0.345	0.359	0.1653	0.1595	0.0059
32	0.343	0.354	0.1756	0.1694	0.0061
33	0.340	0.352	0.1857	0.1793	0.0065
34	0.338	0.348	0.1958	0.1890	0.0068
35	0.336	0.344	0.2058	0.1986	0.0071
36	0.331	0.342	0.2206	0.2130	0.0077
37	0.326	0.333	0.2353	0.2271	0.0082
38	0.321	0.331	0.2497	0.2410	0.0087
39	0.316	0.324	0.2639	0.2546	0.0092
40	0.310	0.320	0.2778	0.2681	0.0097
41	0.305	0.316	0.2915	0.2814	0.0101
42	0.301	0.310	0.3050	0.2945	0.0105
43	0.297	0.306	0.3183	0.3073	0.0110
44	0.293	0.302	0.3315	0.3201	0.0114
45	0.289	0.298	0.3444	0.3326	0.0119
46	0.276	0.288	0.3696	0.3571	0.0125
47	0.269	0.278	0.3939	0.3807	0.0132

CONTINUACION

TABLA A2-2

CORRIDA No. 1

N	CO	CR	FO	FR	G
48	0.260	0.269	0.4175	0.4036	0.0139
49	0.252	0.260	0.4403	0.4257	0.0146
50	0.246	0.253	0.4625	0.4471	0.0153
51	0.235	0.245	0.4839	0.4680	0.0159
52	0.228	0.237	0.5045	0.4881	0.0164
53	0.223	0.228	0.5246	0.5075	0.0171
54	0.217	0.222	0.5442	0.5263	0.0179
55	0.208	0.214	0.5631	0.5446	0.0186
56	0.201	0.210	0.5814	0.5623	0.0191
57	0.193	0.206	0.5989	0.5797	0.0193
58	0.186	0.198	0.6158	0.5955	0.0193
59	0.180	0.188	0.6321	0.6127	0.0194
60	0.175	0.181	0.6479	0.6281	0.0198
61	0.162	0.169	0.6779	0.6574	0.0206
62	0.151	0.158	0.7058	0.6847	0.0212
63	0.143	0.148	0.7320	0.7103	0.0218
64	0.131	0.138	0.7564	0.7342	0.0223
65	0.124	0.129	0.7792	0.7565	0.0227
66	0.110	0.118	0.8000	0.7771	0.0229
67	0.102	0.108	0.8189	0.7950	0.0229
68	0.093	0.103	0.8363	0.8137	0.0226
69	0.086	0.093	0.8522	0.8300	0.0222
70	0.081	0.086	0.8671	0.8450	0.0221
71	0.075	0.079	0.8810	0.8588	0.0222
72	0.068	0.073	0.8937	0.8715	0.0223
73	0.062	0.068	0.9053	0.8833	0.0221
74	0.056	0.062	0.9158	0.8941	0.0217
75	0.051	0.057	0.9254	0.9041	0.0213
76	0.041	0.045	0.9459	0.9254	0.0205
77	0.030	0.037	0.9617	0.9425	0.0192
78	0.025	0.028	0.9739	0.9561	0.0178
79	0.016	0.024	0.9831	0.9670	0.0161
80	0.011	0.017	0.9891	0.9756	0.0135
81	0.008	0.014	0.9933	0.9820	0.0113
82	0.005	0.009	0.9962	0.9868	0.0094
83	0.003	0.008	0.9980	0.9904	0.0076
84	0.002	0.005	0.9991	0.9931	0.0060
85	0.001	0.004	0.9998	0.9950	0.0048
86	0.000	0.003	1.0000	0.9964	0.0036
87	0.000	0.002	1.0000	0.9975	0.0025
88	0.000	0.002	1.0000	0.9983	0.0017
89	0.000	0.002	1.0000	0.9992	0.0008
90	0.000	0.002	1.0000	1.0000	0.0000

Para la obtención de F_0 teórico se consideraron las dos siguientes dos formas:

- a) F_0 teórico = $1 - \exp(-\theta)$ (ec. 1-21)
 b) F_0 teórico = $\int_0^{\Delta\theta} E_0 \Delta\theta$ (ec. 1-19) en donde $E_0 = \exp(-\theta)$

Secuencia de cálculos para la prueba unimuestral de Komogorov calculando F_0 teórico con la ec. 1-21 y F_0 experimental con el tiempo medio de residencia (TABLA A2-3)

- 1 - Calcular la concentración-absorbancia promedio de cada muestra (promedio aritmético de la concentración-absorbancia observada a un mismo tiempo en la corrida original y su réplica).
- 2 - Calcular el factor de normalización para la distribución de tiempos de residencia como factor = $\frac{1}{\sum C \Delta t}$.
- 3 - Calcular E como la razón C/factor.
- 4 - Calcular el tiempo medio de residencia como $\bar{t} = \sum t E \Delta t$
- 5 - Calcular $\theta = t/\bar{t}$ (columna 2), así como $\Delta\theta$ entre muestras consecutivas.
- 6 - Calcular E_0 experimental = $E \bar{t}$ (columna 3).
- 7 - Calcular F_0 experimental = $\int_0^{\Delta\theta} E_0 \Delta\theta$ (columna 4).
- 8 - Calcular F_0 teórico = $1 - \exp(-\theta)$ (columna 5).
- 9 - Calcular $D1 = |F_0$ experimental (n) - F_0 teórico (n-1)| (columna 6).
- 10- Calcular $D2 = |F_0$ experimental (n) - F_0 teórico (n)| (columna 7).
- 11- Determinar D_{max} y comparar con el valor K de tablas.

Secuencia de cálculos para la prueba unimuestral de Kolmogorov calculando F_0 teórico con la ec. 1-19 y F_0 experimental con el tiempo medio de residencia (TABLA A2-4).

Se calcula de forma similar a la TABLA A2-3, solo difiere en que F_0 teórico se calcula como $\int_0^{\Delta\theta} E_0 \Delta\theta$ donde $E_0 = \exp(-\theta)$.

TABLA A2-3
 CORRIDA No. 1

N	TE	EEX	FEX	FTE	D1	D2
1	0.0035	0.8181	0.0028	0.0035	0.0028	0.0006
2	0.0069	0.8171	0.0057	0.0069	0.0022	0.0012
3	0.0104	0.8295	0.0085	0.0104	0.0016	0.0018
4	0.0139	0.8367	0.0114	0.0138	0.0011	0.0024
5	0.0174	0.8315	0.0143	0.0172	0.0005	0.0029
6	0.0208	0.8357	0.0172	0.0206	0.0000	0.0034
7	0.0243	0.8326	0.0201	0.0240	0.0005	0.0039
8	0.0278	0.8336	0.0230	0.0274	0.0010	0.0044
9	0.0313	0.8326	0.0259	0.0308	0.0015	0.0049
10	0.0347	0.8522	0.0289	0.0342	0.0019	0.0053
11	0.0382	0.8315	0.0318	0.0375	0.0024	0.0057
12	0.0417	0.8253	0.0347	0.0408	0.0028	0.0062
13	0.0452	0.8253	0.0375	0.0442	0.0033	0.0066
14	0.0486	0.8222	0.0404	0.0475	0.0038	0.0071
15	0.0521	0.8191	0.0432	0.0508	0.0042	0.0076
16	0.0591	0.8191	0.0489	0.0574	0.0019	0.0084
17	0.0660	0.8160	0.0546	0.0639	0.0028	0.0093
18	0.0730	0.8150	0.0603	0.0704	0.0036	0.0101
19	0.0799	0.8119	0.0659	0.0768	0.0044	0.0109
20	0.0869	0.8015	0.0715	0.0832	0.0053	0.0117
21	0.0938	0.7995	0.0771	0.0896	0.0061	0.0125
22	0.1008	0.7943	0.0826	0.0959	0.0069	0.0132
23	0.1077	0.7912	0.0881	0.1021	0.0077	0.0140
24	0.1147	0.7881	0.0936	0.1083	0.0085	0.0147
25	0.1216	0.7840	0.0991	0.1145	0.0092	0.0154
26	0.1355	0.7767	0.1099	0.1267	0.0046	0.0168
27	0.1494	0.7653	0.1207	0.1388	0.0061	0.0181
28	0.1633	0.7612	0.1313	0.1507	0.0075	0.0194
29	0.1772	0.7498	0.1418	0.1624	0.0089	0.0206
30	0.1911	0.7395	0.1521	0.1740	0.0103	0.0218
31	0.2050	0.7281	0.1623	0.1854	0.0116	0.0230
32	0.2189	0.7209	0.1724	0.1966	0.0130	0.0242
33	0.2328	0.7157	0.1824	0.2077	0.0142	0.0253
34	0.2467	0.7095	0.1923	0.2186	0.0154	0.0264
35	0.2606	0.7033	0.2021	0.2294	0.0165	0.0273
36	0.2815	0.6960	0.2167	0.2453	0.0127	0.0286
37	0.3023	0.6816	0.2310	0.2609	0.0143	0.0298
38	0.3232	0.6743	0.2452	0.2761	0.0157	0.0310
39	0.3440	0.6619	0.2591	0.2911	0.0170	0.0320
40	0.3649	0.6516	0.2728	0.3057	0.0183	0.0329
41	0.3857	0.6423	0.2863	0.3200	0.0194	0.0337
42	0.4066	0.6319	0.2996	0.3341	0.0205	0.0345
43	0.4274	0.6236	0.3127	0.3478	0.0214	0.0351
44	0.4483	0.6154	0.3256	0.3613	0.0222	0.0357
45	0.4691	0.6071	0.3383	0.3744	0.0229	0.0361
46	0.5108	0.5833	0.3631	0.4000	0.0113	0.0368
47	0.5525	0.5657	0.3871	0.4245	0.0129	0.0374

CONTINUACION

TABLA A2-3

CORRIDA No. 1

N	TE	EEX	FEX	FTE	D1	D2
48	0.5942	0.5471	0.4103	0.4480	0.0142	0.0377
49	0.6359	0.5295	0.4328	0.4705	0.0152	0.0378
50	0.6776	0.5161	0.4546	0.4922	0.0160	0.0376
51	0.7193	0.4964	0.4757	0.5129	0.0165	0.0372
52	0.7610	0.4809	0.4960	0.5328	0.0169	0.0368
53	0.8027	0.4664	0.5158	0.5519	0.0170	0.0361
54	0.8444	0.4540	0.5350	0.5702	0.0169	0.0352
55	0.8861	0.4355	0.5536	0.5877	0.0166	0.0342
56	0.9278	0.4251	0.5715	0.6046	0.0162	0.0331
57	0.9695	0.4127	0.5890	0.6207	0.0156	0.0317
58	1.0112	0.3971	0.6059	0.6362	0.0149	0.0304
59	1.0529	0.3806	0.6221	0.6511	0.0141	0.0290
60	1.0946	0.3662	0.6377	0.6653	0.0134	0.0276
61	1.1780	0.3423	0.6673	0.6921	0.0020	0.0248
62	1.2614	0.3196	0.6949	0.7167	0.0028	0.0218
63	1.3448	0.3010	0.7208	0.7394	0.0041	0.0186
64	1.4282	0.2782	0.7419	0.7603	0.0055	0.0153
65	1.5116	0.2617	0.7675	0.7794	0.0072	0.0120
66	1.5950	0.2358	0.7882	0.7971	0.0088	0.0089
67	1.6784	0.2172	0.8071	0.8133	0.0100	0.0062
68	1.7618	0.2027	0.8246	0.8283	0.0113	0.0037
69	1.8452	0.1851	0.8408	0.8420	0.0125	0.0012
70	1.9286	0.1727	0.8557	0.8546	0.0137	0.0011
71	2.0120	0.1593	0.8695	0.8663	0.0149	0.0033
72	2.0954	0.1458	0.8823	0.8770	0.0160	0.0053
73	2.1788	0.1345	0.8940	0.8868	0.0170	0.0071
74	2.2622	0.1220	0.9046	0.8959	0.0178	0.0088
75	2.3456	0.1117	0.9144	0.9042	0.0185	0.0102
76	2.5541	0.0889	0.9353	0.9222	0.0311	0.0131
77	2.7626	0.0693	0.9518	0.9369	0.0296	0.0149
78	2.9710	0.0548	0.9647	0.9488	0.0279	0.0160
79	3.1795	0.0414	0.9748	0.9584	0.0260	0.0164
80	3.3880	0.0290	0.9821	0.9662	0.0237	0.0159
81	3.5965	0.0228	0.9875	0.9726	0.0213	0.0149
82	3.8050	0.0145	0.9914	0.9777	0.0188	0.0136
83	4.0135	0.0114	0.9941	0.9819	0.0163	0.0121
84	4.2220	0.0072	0.9960	0.9853	0.0141	0.0107
85	4.4305	0.0052	0.9973	0.9881	0.0120	0.0092
86	4.6390	0.0031	0.9982	0.9903	0.0101	0.0078
87	4.8475	0.0021	0.9987	0.9922	0.0084	0.0066
88	5.0560	0.0021	0.9991	0.9936	0.0070	0.0055
89	5.2645	0.0021	0.9996	0.9948	0.0059	0.0047
90	5.4730	0.0021	1.0000	0.9958	0.0052	0.0042

TABLA A2-4

CORRIDA No. 1

N	TE	EEX	FEX	FTE	D1	D2
1	0.0035	0.8181	0.0028	0.0035	0.0028	0.0006
2	0.0069	0.8171	0.0057	0.0069	0.0022	0.0012
3	0.0104	0.8295	0.0085	0.0104	0.0016	0.0018
4	0.0139	0.8367	0.0114	0.0138	0.0011	0.0024
5	0.0174	0.8315	0.0143	0.0172	0.0005	0.0029
6	0.0208	0.8357	0.0172	0.0206	0.0000	0.0034
7	0.0243	0.8326	0.0201	0.0240	0.0005	0.0039
8	0.0278	0.8336	0.0230	0.0274	0.0010	0.0044
9	0.0313	0.8326	0.0259	0.0308	0.0015	0.0049
10	0.0347	0.8522	0.0289	0.0341	0.0019	0.0053
11	0.0382	0.8315	0.0318	0.0375	0.0024	0.0057
12	0.0417	0.8253	0.0347	0.0408	0.0028	0.0062
13	0.0452	0.8253	0.0375	0.0442	0.0033	0.0066
14	0.0486	0.8222	0.0404	0.0475	0.0038	0.0071
15	0.0521	0.8191	0.0432	0.0508	0.0042	0.0075
16	0.0591	0.8191	0.0489	0.0574	0.0019	0.0084
17	0.0660	0.8160	0.0546	0.0639	0.0027	0.0093
18	0.0730	0.8150	0.0603	0.0704	0.0036	0.0101
19	0.0799	0.8119	0.0659	0.0768	0.0044	0.0109
20	0.0869	0.8015	0.0715	0.0832	0.0053	0.0117
21	0.0938	0.7995	0.0771	0.0895	0.0061	0.0124
22	0.1008	0.7943	0.0826	0.0959	0.0069	0.0132
23	0.1077	0.7912	0.0881	0.1021	0.0077	0.0140
24	0.1147	0.7881	0.0936	0.1083	0.0085	0.0147
25	0.1216	0.7840	0.0991	0.1145	0.0092	0.0154
26	0.1355	0.7767	0.1099	0.1267	0.0046	0.0168
27	0.1494	0.7653	0.1207	0.1388	0.0061	0.0181
28	0.1633	0.7612	0.1313	0.1507	0.0075	0.0194
29	0.1772	0.7498	0.1418	0.1624	0.0089	0.0206
30	0.1911	0.7395	0.1521	0.1740	0.0103	0.0218
31	0.2050	0.7281	0.1623	0.1854	0.0116	0.0230
32	0.2189	0.7209	0.1724	0.1966	0.0130	0.0242
33	0.2328	0.7157	0.1824	0.2077	0.0142	0.0253
34	0.2467	0.7095	0.1923	0.2186	0.0154	0.0264
35	0.2606	0.7033	0.2021	0.2294	0.0165	0.0273
36	0.2815	0.6960	0.2167	0.2453	0.0127	0.0286
37	0.3023	0.6816	0.2310	0.2609	0.0143	0.0298
38	0.3232	0.6743	0.2452	0.2761	0.0157	0.0310
39	0.3440	0.6619	0.2591	0.2911	0.0170	0.0320
40	0.3649	0.6516	0.2728	0.3057	0.0183	0.0329
41	0.3857	0.6423	0.2863	0.3200	0.0194	0.0337
42	0.4066	0.6319	0.2996	0.3341	0.0205	0.0345
43	0.4274	0.6236	0.3127	0.3478	0.0214	0.0351
44	0.4483	0.6154	0.3256	0.3613	0.0222	0.0357
45	0.4691	0.6071	0.3383	0.3744	0.0229	0.0361
46	0.5108	0.5833	0.3631	0.4000	0.0113	0.0368
47	0.5525	0.5657	0.3871	0.4245	0.0129	0.0374

CONTINUACION

TABLA A2-4

CORRIDA No. 1

N	TE	EEX	FEX	FTE	D1	D2
48	0.5942	0.5471	0.4103	0.4480	0.0142	0.0377
49	0.6359	0.5295	0.4328	0.4706	0.0153	0.0378
50	0.6776	0.5161	0.4546	0.4922	0.0160	0.0376
51	0.7193	0.4954	0.4757	0.5129	0.0165	0.0373
52	0.7610	0.4809	0.4960	0.5328	0.0169	0.0368
53	0.8027	0.4664	0.5158	0.5519	0.0170	0.0361
54	0.8444	0.4540	0.5350	0.5702	0.0169	0.0352
55	0.8861	0.4365	0.5536	0.5878	0.0167	0.0342
56	0.9278	0.4251	0.5715	0.6046	0.0163	0.0331
57	0.9695	0.4127	0.5890	0.6208	0.0156	0.0318
58	1.0112	0.3971	0.6059	0.6363	0.0149	0.0304
59	1.0529	0.3806	0.6221	0.6511	0.0142	0.0290
60	1.0946	0.3682	0.6377	0.6654	0.0134	0.0277
61	1.1780	0.3423	0.6673	0.6922	0.0020	0.0248
62	1.2614	0.3196	0.6949	0.7168	0.0028	0.0219
63	1.3448	0.3010	0.7208	0.7395	0.0040	0.0187
64	1.4282	0.2782	0.7449	0.7604	0.0055	0.0154
65	1.5116	0.2617	0.7675	0.7795	0.0071	0.0121
66	1.5950	0.2358	0.7882	0.7972	0.0087	0.0090
67	1.6784	0.2172	0.8071	0.8135	0.0099	0.0064
68	1.7618	0.2027	0.8246	0.8284	0.0112	0.0038
69	1.8452	0.1851	0.8408	0.8421	0.0124	0.0014
70	1.9286	0.1727	0.8557	0.8548	0.0135	0.0009
71	2.0120	0.1593	0.8695	0.8664	0.0147	0.0031
72	2.0954	0.1458	0.8823	0.8771	0.0158	0.0051
73	2.1788	0.1345	0.8940	0.8870	0.0168	0.0070
74	2.2622	0.1220	0.9046	0.8961	0.0177	0.0086
75	2.3456	0.1117	0.9144	0.9044	0.0183	0.0100
76	2.5541	0.0889	0.9353	0.9225	0.0309	0.0128
77	2.7626	0.0693	0.9518	0.9372	0.0293	0.0146
78	2.9710	0.0548	0.9647	0.9491	0.0276	0.0157
79	3.1795	0.0414	0.9748	0.9588	0.0257	0.0160
80	3.3880	0.0290	0.9821	0.9666	0.0233	0.0155
81	3.5965	0.0228	0.9875	0.9730	0.0209	0.0145
82	3.8050	0.0145	0.9914	0.9782	0.0184	0.0132
83	4.0135	0.0114	0.9941	0.9824	0.0159	0.0117
84	4.2220	0.0072	0.9960	0.9858	0.0136	0.0102
85	4.4305	0.0052	0.9973	0.9886	0.0115	0.0087
86	4.6390	0.0031	0.9982	0.9908	0.0096	0.0073
87	4.8475	0.0021	0.9987	0.9927	0.0079	0.0061
88	5.0560	0.0021	0.9991	0.9941	0.0065	0.0050
89	5.2645	0.0021	0.9996	0.9953	0.0054	0.0042
90	5.4730	0.0021	1.0000	0.9963	0.0047	0.0037

Secuencia para la prueba unimuestral de Kolmogorov calculando F_0 teórico con la ec. 1-21 y F_0 experimental con el tiempo espacial (TABLA A2-5).

- 1 - Calcular los valores de θ de cada muestra (columna 2) así como $\Delta\theta$ entre muestras consecutivas.
- 2 - Calcular la concentración-absorbancia promedio de cada muestra y dividirla entre la concentración-absorbancia media para obtener E_0 experimental (columna 3).
- 3 - Calcular F_0 experimental con $\int_0^{\theta} E_0 \Delta\theta$ (columna 4).
- 4 - Calcular F_0 teórico con $1 - \exp(-\theta)$ (columna 5).
- 5 - Calcular $D1 = |F_0 \text{ experimental } (n) - F_0 \text{ teórico } (n-1)|$ (columna 6).
- 6 - Calcular $D2 = |F_0 \text{ experimental } (n) - F_0 \text{ teórico } (n)|$ (columna 7).
- 7 - Determinar D_{max} y comparar con el valor K de tablas.

Secuencia para la prueba unimuestral de Kolmogorov calculando F_0 teórico con la ec. 1-19 y F_0 experimental con el tiempo espacial (TABLA A2-6).

Los cálculos se hacen de forma similar a la TABLA A2-5 solo difieren en que F_0 teórico se calcula como $\int_0^{\theta} E_0 \Delta\theta$ en donde $E_0 = \exp(-\theta)$.

TABLA A2-5

CORRIDA No. 1

N	TE	EEX	FEX	FTE	D1	D2
1	0.0024	0.9912	0.0024	0.0024	0.0024	0.0000
2	0.0048	0.9900	0.0047	0.0047	0.0023	0.0000
3	0.0071	1.0050	0.0071	0.0071	0.0023	0.0000
4	0.0095	1.0138	0.0095	0.0095	0.0024	0.0000
5	0.0119	1.0075	0.0119	0.0118	0.0024	0.0001
6	0.0143	1.0125	0.0143	0.0142	0.0025	0.0001
7	0.0166	1.0088	0.0167	0.0165	0.0025	0.0002
8	0.0190	1.0100	0.0191	0.0188	0.0026	0.0002
9	0.0214	1.0088	0.0215	0.0212	0.0026	0.0003
10	0.0238	1.0326	0.0239	0.0235	0.0027	0.0004
11	0.0262	1.0075	0.0263	0.0258	0.0028	0.0005
12	0.0285	1.0000	0.0287	0.0281	0.0029	0.0006
13	0.0309	1.0000	0.0311	0.0304	0.0030	0.0007
14	0.0333	0.9962	0.0335	0.0327	0.0030	0.0007
15	0.0357	0.9925	0.0358	0.0350	0.0031	0.0008
16	0.0404	0.9925	0.0406	0.0396	0.0055	0.0010
17	0.0452	0.9887	0.0453	0.0442	0.0057	0.0011
18	0.0499	0.9875	0.0500	0.0487	0.0058	0.0013
19	0.0547	0.9837	0.0547	0.0532	0.0060	0.0014
20	0.0594	0.9712	0.0593	0.0577	0.0061	0.0016
21	0.0642	0.9687	0.0639	0.0622	0.0062	0.0017
22	0.0690	0.9624	0.0685	0.0666	0.0063	0.0019
23	0.0737	0.9586	0.0731	0.0711	0.0065	0.0020
24	0.0785	0.9549	0.0776	0.0755	0.0066	0.0022
25	0.0832	0.9499	0.0822	0.0799	0.0067	0.0023
26	0.0927	0.9411	0.0912	0.0886	0.0113	0.0026
27	0.1022	0.9273	0.1000	0.0972	0.0115	0.0028
28	0.1118	0.9223	0.1088	0.1057	0.0116	0.0031
29	0.1213	0.9085	0.1175	0.1142	0.0118	0.0033
30	0.1308	0.8960	0.1261	0.1226	0.0119	0.0035
31	0.1403	0.8822	0.1346	0.1309	0.0120	0.0037
32	0.1498	0.8734	0.1429	0.1391	0.0120	0.0038
33	0.1593	0.8672	0.1512	0.1473	0.0121	0.0039
34	0.1688	0.8596	0.1594	0.1553	0.0122	0.0041
35	0.1783	0.8521	0.1676	0.1633	0.0122	0.0042
36	0.1926	0.8434	0.1797	0.1752	0.0163	0.0045
37	0.2069	0.8258	0.1916	0.1869	0.0164	0.0047
38	0.2211	0.8170	0.2033	0.1984	0.0164	0.0049
39	0.2354	0.8020	0.2148	0.2097	0.0164	0.0051
40	0.2497	0.7895	0.2262	0.2209	0.0164	0.0052
41	0.2639	0.7782	0.2374	0.2320	0.0164	0.0054
42	0.2782	0.7657	0.2484	0.2428	0.0164	0.0055
43	0.2925	0.7556	0.2592	0.2536	0.0164	0.0056
44	0.3067	0.7456	0.2699	0.2641	0.0164	0.0058
45	0.3210	0.7356	0.2805	0.2746	0.0164	0.0059
46	0.3495	0.7068	0.3011	0.2950	0.0265	0.0061
47	0.3781	0.6855	0.3209	0.3148	0.0260	0.0061

CONTINUACION

TABLA A2-5

CORRIDA No. 1

N	TE	EEX	FEX	FTE	D1	D2
48	0.4066	0.6629	0.3402	0.3341	0.0254	0.0061
49	0.4351	0.6416	0.3588	0.3528	0.0247	0.0060
50	0.4637	0.6253	0.3769	0.3710	0.0240	0.0058
51	0.4922	0.6015	0.3944	0.3887	0.0233	0.0056
52	0.5207	0.5827	0.4113	0.4059	0.0225	0.0053
53	0.5493	0.5652	0.4276	0.4226	0.0217	0.0050
54	0.5778	0.5501	0.4435	0.4389	0.0209	0.0047
55	0.6063	0.5288	0.4589	0.4546	0.0201	0.0043
56	0.6348	0.5150	0.4738	0.4700	0.0192	0.0038
57	0.6634	0.5000	0.4883	0.4849	0.0183	0.0034
58	0.6919	0.4812	0.5023	0.4994	0.0174	0.0029
59	0.7204	0.4612	0.5157	0.5135	0.0164	0.0023
60	0.7490	0.4461	0.5287	0.5272	0.0152	0.0015
61	0.8060	0.4148	0.5533	0.5534	0.0261	0.0001
62	0.8631	0.3872	0.5761	0.5782	0.0228	0.0020
63	0.9202	0.3647	0.5976	0.6016	0.0194	0.0040
64	0.9772	0.3371	0.6176	0.6237	0.0161	0.0060
65	1.0343	0.3170	0.6363	0.6445	0.0126	0.0082
66	1.0914	0.2857	0.6535	0.6642	0.0089	0.0108
67	1.1484	0.2632	0.6691	0.6829	0.0049	0.0137
68	1.2055	0.2456	0.6837	0.7005	0.0008	0.0168
69	1.2626	0.2243	0.6971	0.7171	0.0034	0.0200
70	1.3196	0.2093	0.7094	0.7328	0.0076	0.0233
71	1.3767	0.1930	0.7209	0.7476	0.0119	0.0267
72	1.4338	0.1767	0.7315	0.7616	0.0161	0.0301
73	1.4908	0.1629	0.7411	0.7748	0.0204	0.0337
74	1.5479	0.1479	0.7500	0.7873	0.0248	0.0373
75	1.6050	0.1355	0.7581	0.7991	0.0292	0.0410
76	1.7476	0.1078	0.7754	0.8258	0.0237	0.0504
77	1.8903	0.0840	0.7891	0.8490	0.0367	0.0599
78	2.0329	0.0664	0.7998	0.8691	0.0491	0.0692
79	2.1756	0.0501	0.8082	0.8865	0.0609	0.0783
80	2.3183	0.0351	0.8142	0.9016	0.0722	0.0873
81	2.4609	0.0276	0.8187	0.9146	0.0829	0.0959
82	2.6036	0.0175	0.8219	0.9260	0.0927	0.1041
83	2.7463	0.0138	0.8242	0.9358	0.1018	0.1117
84	2.8889	0.0088	0.8258	0.9444	0.1101	0.1186
85	3.0316	0.0063	0.8268	0.9518	0.1175	0.1249
86	3.1742	0.0038	0.8276	0.9582	0.1242	0.1306
87	3.3169	0.0025	0.8280	0.9637	0.1302	0.1357
88	3.4596	0.0025	0.8284	0.9686	0.1354	0.1402
89	3.6022	0.0025	0.8287	0.9727	0.1398	0.1440
90	3.7449	0.0025	0.8291	0.9764	0.1437	0.1473

TABLA A2-6

CORRIDA No. 1

N	TE	EEX	FEX	FTE	D1	D2
1	0.0024	0.9912	0.0024	0.0024	0.0024	0.0000
2	0.0048	0.9900	0.0047	0.0047	0.0023	0.0000
3	0.0071	1.0050	0.0071	0.0071	0.0023	0.0000
4	0.0095	1.0138	0.0095	0.0095	0.0024	0.0000
5	0.0119	1.0075	0.0119	0.0118	0.0024	0.0001
6	0.0143	1.0125	0.0143	0.0142	0.0025	0.0001
7	0.0166	1.0088	0.0167	0.0165	0.0025	0.0002
8	0.0190	1.0100	0.0191	0.0188	0.0026	0.0003
9	0.0214	1.0088	0.0215	0.0212	0.0027	0.0003
10	0.0238	1.0326	0.0239	0.0235	0.0027	0.0004
11	0.0262	1.0075	0.0263	0.0258	0.0029	0.0005
12	0.0285	1.0000	0.0287	0.0281	0.0029	0.0006
13	0.0309	1.0000	0.0311	0.0304	0.0030	0.0007
14	0.0333	0.9962	0.0335	0.0327	0.0030	0.0007
15	0.0357	0.9925	0.0358	0.0350	0.0031	0.0008
16	0.0404	0.9925	0.0406	0.0396	0.0055	0.0010
17	0.0452	0.9887	0.0453	0.0442	0.0057	0.0011
18	0.0499	0.9875	0.0500	0.0487	0.0058	0.0013
19	0.0547	0.9837	0.0547	0.0532	0.0060	0.0014
20	0.0594	0.9712	0.0593	0.0577	0.0061	0.0016
21	0.0642	0.9687	0.0639	0.0622	0.0062	0.0017
22	0.0690	0.9624	0.0685	0.0666	0.0063	0.0019
23	0.0737	0.9586	0.0731	0.0711	0.0065	0.0020
24	0.0785	0.9549	0.0776	0.0755	0.0066	0.0022
25	0.0832	0.9499	0.0822	0.0798	0.0067	0.0023
26	0.0927	0.9411	0.0912	0.0886	0.0113	0.0026
27	0.1022	0.9273	0.1000	0.0972	0.0115	0.0029
28	0.1118	0.9223	0.1088	0.1057	0.0116	0.0031
29	0.1213	0.9085	0.1175	0.1142	0.0118	0.0033
30	0.1308	0.8960	0.1261	0.1226	0.0119	0.0035
31	0.1403	0.8822	0.1346	0.1309	0.0120	0.0037
32	0.1498	0.8734	0.1429	0.1391	0.0120	0.0038
33	0.1593	0.8672	0.1512	0.1473	0.0121	0.0039
34	0.1688	0.8596	0.1594	0.1553	0.0122	0.0041
35	0.1703	0.8521	0.1676	0.1633	0.0122	0.0042
36	0.1926	0.8434	0.1797	0.1752	0.0163	0.0045
37	0.2069	0.8258	0.1916	0.1869	0.0164	0.0047
38	0.2211	0.8170	0.2033	0.1984	0.0164	0.0049
39	0.2354	0.8020	0.2148	0.2097	0.0164	0.0051
40	0.2497	0.7895	0.2262	0.2209	0.0164	0.0052
41	0.2639	0.7782	0.2374	0.2320	0.0164	0.0054
42	0.2782	0.7657	0.2484	0.2428	0.0164	0.0055
43	0.2925	0.7556	0.2592	0.2536	0.0164	0.0056
44	0.3067	0.7456	0.2699	0.2641	0.0164	0.0058
45	0.3210	0.7356	0.2805	0.2746	0.0164	0.0059
46	0.3495	0.7068	0.3011	0.2950	0.0265	0.0061
47	0.3781	0.6855	0.3209	0.3148	0.0260	0.0061

CONTINUACION

TABLA A2-6

CORRIDA No. 1

N	TE	EEX	FEX	FTE	D1	D2
48	0.4066	0.6629	0.3402	0.3341	0.0254	0.0061
49	0.4351	0.6416	0.3568	0.3528	0.0247	0.0050
50	0.4637	0.6253	0.3769	0.3710	0.0240	0.0058
51	0.4922	0.6015	0.3944	0.3887	0.0233	0.0056
52	0.5207	0.5827	0.4113	0.4059	0.0225	0.0053
53	0.5493	0.5652	0.4276	0.4226	0.0217	0.0050
54	0.5778	0.5501	0.4435	0.4389	0.0209	0.0047
55	0.6063	0.5288	0.4589	0.4547	0.0201	0.0043
56	0.6348	0.5150	0.4738	0.4700	0.0192	0.0038
57	0.6634	0.5000	0.4883	0.4849	0.0183	0.0034
58	0.6919	0.4812	0.5023	0.4994	0.0174	0.0029
59	0.7204	0.4612	0.5157	0.5135	0.0163	0.0023
60	0.7490	0.4461	0.5287	0.5272	0.0152	0.0015
61	0.8060	0.4148	0.5533	0.5534	0.0261	0.0001
62	0.8631	0.3872	0.5761	0.5782	0.0227	0.0020
63	0.9202	0.3647	0.5976	0.6016	0.0194	0.0040
64	0.9772	0.3371	0.6176	0.6237	0.0160	0.0061
65	1.0343	0.3170	0.6363	0.6446	0.0126	0.0083
66	1.0914	0.2857	0.6535	0.6643	0.0089	0.0108
67	1.1484	0.2632	0.6691	0.6829	0.0048	0.0138
68	1.2055	0.2456	0.6837	0.7005	0.0007	0.0169
69	1.2626	0.2243	0.6971	0.7171	0.0035	0.0201
70	1.3196	0.2093	0.7094	0.7328	0.0077	0.0234
71	1.3767	0.1930	0.7209	0.7477	0.0119	0.0268
72	1.4338	0.1767	0.7315	0.7617	0.0162	0.0302
73	1.4908	0.1629	0.7411	0.7749	0.0205	0.0337
74	1.5479	0.1479	0.7500	0.7874	0.0249	0.0374
75	1.6050	0.1353	0.7581	0.7992	0.0293	0.0411
76	1.7476	0.1078	0.7754	0.8259	0.0238	0.0505
77	1.8903	0.0840	0.7891	0.8491	0.0368	0.0600
78	2.0329	0.0664	0.7998	0.8693	0.0493	0.0694
79	2.1756	0.0501	0.8082	0.8867	0.0611	0.0785
80	2.3183	0.0351	0.8142	0.9018	0.0725	0.0876
81	2.4609	0.0276	0.8187	0.9149	0.0831	0.0962
82	2.6036	0.0175	0.8219	0.9263	0.0930	0.1044
83	2.7463	0.0138	0.8242	0.9362	0.1021	0.1120
84	2.8889	0.0088	0.8258	0.9447	0.1104	0.1189
85	3.0316	0.0063	0.8268	0.9521	0.1179	0.1253
86	3.1742	0.0038	0.8276	0.9585	0.1246	0.1310
87	3.3169	0.0025	0.8280	0.9641	0.1305	0.1361
88	3.4596	0.0025	0.8284	0.9689	0.1358	0.1406
89	3.6022	0.0025	0.8287	0.9731	0.1402	0.1444
90	3.7449	0.0025	0.8291	0.9768	0.1441	0.1477

Secuencia de cálculos para la prueba bimestral de Kolmogorov-Smirnov entre corridas (A y B) en tanques diferentes con las mismas entradas y salidas en base al tiempo espacial (TABLA A2-7).

- 1 - Calcular F_o experimental para la corrida A de la misma forma que se hizo en la TABLA A2-5 (columnas 2 y 6).
- 2 - Calcular F_o experimental para la corrida B de la misma forma que se hizo en la TABLA A2-5 (columnas 3 y 7).
- 3 - Calcular la diferencia entre F_o experimental de la corrida A y F_o experimental de la corrida B para obtener G (columnas 4 y 8).
- 4 - Determinar G_{max} y comparar con el valor K de tablas.

Secuencia de cálculos para la prueba bimestral de Kolmogorov-Smirnov entre corridas (A y B) en tanques diferentes con las mismas entradas y salidas en base al tiempo medio de residencia (TABLA A2-8).

- 1 - Calcular F_o experimental para la corrida A de la misma forma que se hizo en la TABLA A2-3 (columnas 2 y 6).
- 2 - Calcular F_o experimental para la corrida B de la misma forma que se hizo en la TABLA A2-3 (columnas 3 y 7).
- 3 - Calcular la diferencia entre F_o experimental de la corrida A y F_o experimental de la corrida B para obtener G (columnas 4 y 8).
- 4 - Determinar G_{max} y comparar con el valor K de tablas.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

TABLA A2-7

CORRIDAS 1 Y 5

N	FEX 1	FEX 5	G	N	FEX 1	FEX 5	G
1	0.0024	0.0024	0.0001	46	0.3011	0.2993	0.0018
2	0.0047	0.0049	0.0002	47	0.3209	0.3189	0.0021
3	0.0071	0.0073	0.0002	48	0.3402	0.3379	0.0023
4	0.0095	0.0097	0.0003	49	0.3588	0.3563	0.0025
5	0.0119	0.0122	0.0003	50	0.3769	0.3741	0.0027
6	0.0143	0.0146	0.0003	51	0.3944	0.3915	0.0029
7	0.0167	0.0170	0.0003	52	0.4113	0.4083	0.0030
8	0.0191	0.0194	0.0003	53	0.4276	0.4245	0.0031
9	0.0215	0.0218	0.0003	54	0.4435	0.4402	0.0034
10	0.0239	0.0242	0.0003	55	0.4589	0.4554	0.0036
11	0.0263	0.0266	0.0003	56	0.4738	0.4700	0.0038
12	0.0287	0.0290	0.0002	57	0.4883	0.4842	0.0041
13	0.0311	0.0313	0.0002	58	0.5023	0.4979	0.0044
14	0.0335	0.0337	0.0002	59	0.5157	0.5112	0.0045
15	0.0358	0.0361	0.0002	60	0.5287	0.5241	0.0046
16	0.0406	0.0408	0.0002	61	0.5533	0.5485	0.0048
17	0.0453	0.0455	0.0002	62	0.5761	0.5713	0.0049
18	0.0500	0.0501	0.0002	63	0.5976	0.5928	0.0048
19	0.0547	0.0547	0.0001	64	0.6176	0.6127	0.0049
20	0.0593	0.0593	0.0000	65	0.6363	0.6311	0.0052
21	0.0639	0.0639	0.0000	66	0.6535	0.6480	0.0054
22	0.0685	0.0685	0.0000	67	0.6691	0.6637	0.0055
23	0.0731	0.0730	0.0001	68	0.6837	0.6780	0.0057
24	0.0776	0.0775	0.0001	69	0.6971	0.6912	0.0058
25	0.0822	0.0820	0.0001	70	0.7094	0.7034	0.0060
26	0.0912	0.0909	0.0002	71	0.7209	0.7148	0.0061
27	0.1000	0.0998	0.0003	72	0.7315	0.7252	0.0062
28	0.1088	0.1085	0.0004	73	0.7411	0.7348	0.0064
29	0.1175	0.1171	0.0004	74	0.7500	0.7435	0.0065
30	0.1261	0.1257	0.0004	75	0.7581	0.7516	0.0065
31	0.1346	0.1341	0.0005	76	0.7754	0.7689	0.0065
32	0.1429	0.1425	0.0004	77	0.7891	0.7826	0.0065
33	0.1512	0.1507	0.0005	78	0.7998	0.7933	0.0065
34	0.1594	0.1589	0.0005	79	0.8082	0.8012	0.0070
35	0.1676	0.1670	0.0006	80	0.8142	0.8065	0.0077
36	0.1797	0.1790	0.0007	81	0.8187	0.8103	0.0084
37	0.1916	0.1908	0.0008	82	0.8219	0.8127	0.0092
38	0.2033	0.2024	0.0008	83	0.8242	0.8142	0.0099
39	0.2148	0.2139	0.0009	84	0.8258	0.8154	0.0104
40	0.2262	0.2252	0.0010	85	0.8268	0.8163	0.0105
41	0.2374	0.2363	0.0011	86	0.8276	0.8169	0.0106
42	0.2484	0.2472	0.0011	87	0.8280	0.8173	0.0107
43	0.2592	0.2580	0.0012	88	0.8284	0.8174	0.0110
44	0.2699	0.2686	0.0014	89	0.8287	0.8174	0.0113
45	0.2805	0.2790	0.0015	90	0.8291	0.8174	0.0117

TABLA A2-8
CORRIDAS 1 Y 5

N	FEX 1	FEX 5	G	N	FEX 1	FEX 5	G
1	0.0028	0.0030	0.0001	46	0.3631	0.3662	0.0030
2	0.0057	0.0060	0.0003	47	0.3871	0.3901	0.0030
3	0.0085	0.0089	0.0004	48	0.4103	0.4134	0.0031
4	0.0114	0.0119	0.0005	49	0.4328	0.4359	0.0031
5	0.0143	0.0149	0.0005	50	0.4546	0.4577	0.0032
6	0.0172	0.0178	0.0006	51	0.4757	0.4790	0.0033
7	0.0201	0.0208	0.0006	52	0.4960	0.4995	0.0035
8	0.0230	0.0237	0.0007	53	0.5158	0.5194	0.0036
9	0.0259	0.0267	0.0008	54	0.5350	0.5385	0.0036
10	0.0289	0.0296	0.0008	55	0.5536	0.5571	0.0036
11	0.0318	0.0325	0.0008	56	0.5715	0.5751	0.0036
12	0.0347	0.0354	0.0008	57	0.5890	0.5924	0.0035
13	0.0375	0.0383	0.0008	58	0.6059	0.6092	0.0033
14	0.0404	0.0412	0.0009	59	0.6221	0.6254	0.0034
15	0.0432	0.0441	0.0009	60	0.6377	0.6412	0.0035
16	0.0469	0.0499	0.0009	61	0.6563	0.6710	0.0037
17	0.0546	0.0556	0.0010	62	0.6949	0.6989	0.0040
18	0.0603	0.0613	0.0010	63	0.7208	0.7252	0.0044
19	0.0659	0.0670	0.0010	64	0.7449	0.7497	0.0047
20	0.0715	0.0726	0.0011	65	0.7675	0.7721	0.0046
21	0.0771	0.0782	0.0011	66	0.7882	0.7928	0.0046
22	0.0826	0.0838	0.0012	67	0.8071	0.8119	0.0048
23	0.0881	0.0893	0.0012	68	0.8246	0.8295	0.0049
24	0.0936	0.0949	0.0012	69	0.8408	0.8457	0.0049
25	0.0991	0.1003	0.0012	70	0.8557	0.8606	0.0049
26	0.1099	0.1112	0.0013	71	0.8695	0.8745	0.0050
27	0.1207	0.1221	0.0014	72	0.8823	0.8873	0.0050
28	0.1313	0.1327	0.0014	73	0.8940	0.8990	0.0050
29	0.1418	0.1433	0.0015	74	0.9048	0.9097	0.0050
30	0.1521	0.1538	0.0016	75	0.9144	0.9195	0.0051
31	0.1623	0.1641	0.0018	76	0.9353	0.9407	0.0054
32	0.1724	0.1743	0.0019	77	0.9518	0.9575	0.0057
33	0.1824	0.1844	0.0020	78	0.9647	0.9706	0.0058
34	0.1923	0.1944	0.0021	79	0.9748	0.9802	0.0054
35	0.2021	0.2043	0.0022	80	0.9821	0.9868	0.0047
36	0.2167	0.2190	0.0023	81	0.9875	0.9914	0.0039
37	0.2310	0.2334	0.0024	82	0.9914	0.9943	0.0029
38	0.2452	0.2477	0.0025	83	0.9941	0.9962	0.0021
39	0.2591	0.2617	0.0026	84	0.9960	0.9976	0.0016
40	0.2728	0.2755	0.0027	85	0.9973	0.9987	0.0014
41	0.2863	0.2891	0.0028	86	0.9982	0.9995	0.0013
42	0.2996	0.3025	0.0029	87	0.9987	0.9999	0.0012
43	0.3127	0.3156	0.0030	88	0.9991	1.0000	0.0009
44	0.3256	0.3286	0.0030	89	0.9996	1.0000	0.0004
45	0.3383	0.3414	0.0030	90	1.0000	1.0000	0.0000

BIBLIOGRAFÍA

- 1 - CHUDACEK, Michael W., "Does your tank bottom have the right shape?", Chemical Engineering, October 1, 1984.
- 2 - DE LA PEÑA MANRIQUE, Ramon, Introducción al Análisis Ingenieril de los Reactores Químicos, 1a. ed., LIMUSA, México, 1981.
- 3 - DENBIGH, Kenneth, Teoría del Reactor Químico, 1a. ed., Editorial Alhambra, S.A., Madrid España, 1968.
- 4 - JEAN DICKENSON, Gibbons, Non Parametric Statistics, Wiley International, New York, 1976.
- 5 - JOYANES AGUILAR, Luis, Basic Avanzado. Diseño y Tratamiento de Archivos, 2a. ed., Mc Graw-Hill, España, 1987.
- 6 - KREYSZIG, Erwin, Introducción a la Estadística Matemática, 1a. ed., LIMUSA, México, 1979.
- 7 - LEVENSPIEL, Octave, Ingeniería de las Reacciones Químicas, 2a. ed., REVERTE, Barcelona, 1981.
- 8 - MILLER, Irwin, F.E. John, Probabilidad y Estadística para Ingenieros, 1a. ed., REVERTE, México, 1980.
- 9 - RAMÍREZ BECERRA, Zeferino Ismael, Influencia de la Posición del Agitador en la Distribución del tiempo de Residencia. Parte I: Alimentación del Tanque Cercana a la Mitad del Nivel del Líquido, (tesis), U.A.G., 1981.
- 10 - RODELO PÉREZ, Luis Guillermo, Influencia de la Excentricidad del Agitador en la Distribución de Tiempos de Residencia en un Reactor de Mezcla Completa. Parte I: Anulo de 135° entre la Boca de Entrada y Salida, (tesis), U.A.G., 1986.
- 11 - RUSHTON, J.H., R.D. Boutsos y C.W. Selheimer, Enciclopedia de Tecnología Química, 1a. ed., vol. 10, UTEMA, 1962.
- 12 - SMITH, J.M., Chemical Engineering Kinetics, 2a. ed., Mc Graw-Hill, 1970.
- 13 - WILLIAM JAY, Conover, Practical Non Parametric Statistics, Wiley International, New York, 1971.