

870119

Universidad Autónoma de Guadalajara

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

"INFLUENCIA DE LA ALIMENTACION DEL TANQUE Y DE LA
POSICION DEL AGITADOR EN LA DISTRIBUCION DEL
TIEMPO DE RESIDENCIA".

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

PRESENTA

FERNANDO GONZALEZ HERNANDEZ

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

GUADALAJARA, JAL.

ENERO 1989



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

PRÓLOGO	1
INTRODUCCIÓN	4
NOMENCLATURA EMPLEADA	7
TEORÍA (Cap. 1)	11
(A) ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE RESIDENCIA	12
a-1) Determinación de la RTD a partir de la curva del trazador experimental	14
a-2) RTD del reactor de Mezcla Perfecta	16
(B) INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA DE UN TRAZADOR	18
b-1) By-passing (circuito corto)	19
b-2) Espacios o volúmenes muertos	19
(C) REQUERIMIENTOS BÁSICOS PARA UN TRAZADOR	20
PARTE EXPERIMENTAL (CAP. 2)	21
(A) DISEÑO EXPERIMENTAL	22
a) Descripción del equipo empleado	23
(B) METODOLOGÍA EMPLEADA	27
b-1) Condiciones operativas	27
b-2) Preparativos y ensayos preliminares	29
b-3) Rutina de trabajo	30
(C) CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS ESTUDIADAS	31
RESULTADOS (CAP. 3)	33
(A) RESULTADOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS	34

(B) ANÁLISIS-DISCUSIÓN DE DATOS ----- 44

 b-1) Tratamiento estadístico (Prueba Kolmogorov-Smirnov)
 y Prueba de confiabilidad ----- 44

 b-2) Tratamiento estadístico (Prueba Ji-Cuadrada) ----- 46

 -análisis físico ----- 47

RESUMEN ----- 52

CONCLUSIONES ----- 56

BIBLIOGRAFÍA ----- 58

APÉNDICE UNO ----- 61

 Rotámetro ----- 62

APÉNDICE DOS ----- 63

(A) PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV ----- 64

 Procedimiento de aplicación ----- 65

(B) PRUEBA JI-CUADRADA ----- 66

 - análisis de la distribución exponencial ----- 67

 - análisis del método de máxima verosimilitud ----- 68

 - aplicación de los análisis en la información experimental --- 69

APÉNDICE TRES ----- 72

 APLICACIÓN DE LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS ----- 73

PRÓLOGO

La industria química, a través del tiempo, ha experimentado un crecimiento enorme, debido principalmente a una demanda de energéticos y otro tipo de productos aprovechables que aumenta constantemente. Gran porcentaje de los materiales que emplea actualmente el ser humano han, de una manera o de otra, sido sometidos a procesos de transformación de tipo químico. Así tenemos que, por ejemplo, las fibras sintéticas, plásticos y polímeros, papel, fertilizantes, pinturas, solventes orgánicos, muchos otros derivados del petróleo, etc., son el resultado de alguna transformación física y química importante. Esto es así, que como consecuencia de esta incesante demanda, la industria química se ha técnicamente transformado así misma, en el sentido de que ésta requiere del uso de equipo especializado que sea capaz de determinar las condiciones óptimas de operación en un determinado proceso.

Mucho de ese equipo de proceso químico, lo constituyen ciertos aparatos denominados REACTORES QUÍMICOS, cuya función fundamental es efectuar transformaciones físico-químicas de la materia prima o en proceso que pasa a su través. Estos aparatos son piezas de suma importancia en la red de proceso en una industria, que se ha decidido estudiarlos en su base más fundamental: factores que determinan las características de su diseño.

El estudio básico de diseño de reactores químicos está, no precisamente en su construcción y lo que implica ésta, sino en el comportamiento real de operación del reactor en sí. Estudiosos de la materia, afirman que el comportamiento y eficiencia de funcionamiento de estos reactores se registra en el tipo de flujo que dentro de ellos opera y su ajuste a los modelos ideales del flujo. (Fogler, 1986).

Así, teóricamente, tenemos que existen dos tipos de flujo ideales en reactores: **en Pistón y en Mezcla Completa**, siendo este último tema de nuestro estudio experimental. Como se puede inducir, entonces, el grado de eficiencia del reactor dependerá proporcionalmente al grado de ajuste alcanzado (Levenspiel, 1972).

Experimentalmente, lo que se pretende analizar y conocer es, hasta qué punto ciertas condiciones diseño-operativas en el reactor de prueba, influyen sobre su comportamiento de flujo, generalmente denominado no-ideal, y qué aproximación presenta éste respecto de los modelos ideales anteriormente mencionados. Entre algunas de las condiciones diseño-operativas más comunes encontramos: *modificaciones geométricas y físicas del equipo*, que se refiere a la proporción de tamaños y formas; *adaptación de accesorios* tales como mamparas, serpentines, agitadores múltiples, etc.; y *rangos de operación* esto es, velocidad de agitación, zonas de evacuación y alimentación, cantidad de flujo en el reactor, etc.

Como consecuencia de lo anterior y aún bajo el punto de vista experimental, el proyecto que a continuación se presenta tiene como objetivo analizar la posible influencia de dos importantes condiciones diseño-operativas sobre el comportamiento de flujo no-ideal, en un reactor que pretende operar como de Mezcla Completa e Instantánea. Esas condiciones son la relación de posición de ambos: el agitador y la zona de alimentación- evacuación en el reactor. Estudios analógicos y anteriores a éste, fueron llevados a cabo por Zeferino I. Ramírez Becerra (TESIS: PARTE I) y Armando Madrigal Rodríguez (TESIS: PARTE II), en los que se relacionan estas dos condiciones diseño-operativas mencionadas, sin embargo, una gran diferencia se presenta con el resto del sistema experimental.

INTRODUCCIÓN

El diseño de equipo de proceso químico, que concierne múltiples aparatos tales como: columnas de relleno, evaporadores, intercambiadores de calor, reactores, torres empacadas, etc., estudia detalladamente entre otras cosas, qué factores afectan desfavorablemente la eficiencia de funcionamiento de dicho equipo. Se ha descubierto, consecuentemente, que algunos factores suelen ser: la formación de zonas estancadas o muertas, la recirculación de fluido o bypass, la formación de canalizaciones de flujo, la formación de vórtices, etc. (Levenspiel, 1972). Estos factores presentes en reactores químicos modifican primero y seriamente su patrón de flujo, y posteriormente, alteran la conversión química global de los reactivos. (Fogler, 1986). Por lo tanto, se ha considerado importante que, para realizar un adecuado diseño, particularmente en reactores, es necesario estudiar sus patrones de flujo no-ideal.

El estudio del flujo no-ideal se basa primordialmente en un método de investigación denominado: método experimental estímulo-respuesta, el cual aporta información contundente, referida a la **Distribución de Tiempos de Residencia** (RTD) de la corriente del fluido, esto significa, el análisis del tiempo de permanencia de cada una de las moléculas del fluido en el recipiente de prueba. (Levenspiel, 1972). El uso de tal método consiste en proporcionar una señal a la entrada del sistema como un estímulo, dicha señal es producida mediante alguna sustancia fácil de detectar y que, además, no altere el patrón de flujo, comúnmente denominada trazador. Como resultado de la perturbación aplicada, se obtiene obviamente una respuesta o señal de salida en términos de concentración del trazador con respecto al tiempo. Esto es, que el trazador simula ser cada uno de los elementos del fluido con sus diferentes tiempos de residencia en el recipiente (Smith, 1970). Esa representación global de la señal de salida nos da idea del comportamiento real de flujo que se analiza. Una vez que se conoce el comportamiento de funcionamiento del equipo, es posible, posteriormente, efectuar estudios del diseño de operación y construcción bajo lineamientos experimentales a nivel laboratorio o planta piloto.

Específicamente, el proyecto experimental siguiente usó como recipiente de prueba un tanque-reactor, al que se le aplicó un estímulo mediante una inyección de trazador. La inyección produjo una señal de impulso (instantánea) a la entrada del sistema; el estudio básicamente consistió en determinar la posible influencia de dos condiciones operativas tales como: la posición del agitador en coexistencia con la diferente zona de entrada-salida del fluido en el tanque, sobre el comportamiento global de flujo del sistema, registrado a la salida del mismo y medido en base a la distribución de tiempos de residencia (RTD). Las muestras obtenidas fueron sometidas a análisis cuantitativo para determinar la concentración de trazador, generando de este modo la representación de la curva experimental. Posteriormente, la totalidad de los datos experimentales fue procesada estadísticamente para probar el grado de ajuste y confiabilidad de los mismos.

• **NOMENCLATURA EMPLEADA.**

COLUMNA

SIGNIFICADO

IA: lectura de absorbancia del ensayo A en la corrida 1.

A*1: estadístico de prueba de ajuste (Kolmogorov-Smirnov) dado por la sig. expresión $|(EDTA-EX)_t - (EDTA-T)_{t-1}| - \{|\bar{F}(t)_t - \{F(t)\}_t|, 1\}$.

A*2: estadístico de prueba de ajuste (Kolmogorov-Smirnov) dado por la sig. expresión $|(EDTA-EX)_t - (EDTA-T)_t| - \{|\bar{F}(t)_t - \{F(t)\}_t|, 1\}$.

A*_{máx}: parámetro de bondad de ajuste.

Iave: lecturas de absorbancia promedio de los ensayos para cada t.

IB: lectura de absorbancia del ensayo B en la corrida 1.

B*1: estadístico de prueba para la confiabilidad de los datos experimentales, éste está dado por la expresión $|(EDTA-EX) - (EDTA-1A)|$ ó bien $|(EDTA-EX) - (EDTA-1B)|$ para cada t.

B*1_{máx}: valores de la réplica experimental.

b_j: es el número de frecuencias de clase relativas en la muestra para cada intervalo.

c: valor crítico de la prueba estadística.

C₀: concentración inicial del trazador inyectada al t=0.

C(t): concentración del trazador en un instante de tiempo t. [g/cm³]

d: valor crítico para la prueba de confiabilidad.

Dt: incrementos del tiempo en min de intervalos de muestreo del trazador a la salida (Δt).

E(t): distribución de tiempos de residencia RTD o distribución de edad externa E.

E(θ): RTD adimensional; i.e. $E_0 = \bar{t} E$.

E(θ)_{exp} : RTD experimental (rep. adimensionalmente) para cada θ.

ET-1A: valores de E_0 del ensayo A [$E_{\alpha(1A)}$]; concentración 1A+ concentración promedio.

ET-1B: valores de E_0 del ensayo B [$E_{\alpha(1B)}$]; concentración 1B+ concentración promedio.

ET-EX: valores de E_0 promedio experimental [$E_{\alpha(exp)}$] de los dos ensayos para cada t.

ET-T: valores de E_0 correspondientes al modelo teórico de mezcla completa para cada t. $E_0 = e^{-\theta}$

EDT-1A: { $E_{\alpha(1A)} / \bar{t}$ } (Δt) ó bien $E_{\alpha(1A)}$ ($\Delta \theta$).

EDT-EX: { $E_{\alpha(exp)} / \bar{t}$ } (Δt) ó bien $E_{\alpha(exp)}$ ($\Delta \theta$).

EDTA-1A: valores de $\sum EDT-1A = \sum E_{(1A)}(\Delta t)$ para la prueba de confiabilidad.

EDTA-EX: valores de $\sum EDT-EX = \sum E_{\alpha(exp)}(\Delta \theta) = \sum E_{(exp)}(\Delta t) = \bar{F}(\theta) - \bar{F}(t)$ que son la distribución de residencia acumulada experimental.

EDTA-T: es la distribución de residencia acumulada teórica, o sea, $F(t) = \int_0^t E dt$; desarrollada como $F(t) = 1 - e^{-t/\bar{t}} = 1 - e^{-\theta} = F(\theta)$ para el reactor de tanque agitado.

e_j : número de valores de la muestra teóricamente esperados en cada intervalo, si la hipótesis es cierta. Este está dado por la relación $n_j p_j$, donde n es el tamaño de la muestra.

$\bar{F}(t)$: función de distribución experimental. $\bar{F}(t) = \sum_0^t E_{(exp)}(\Delta t)$.

$F(t)$: función de distribución acumulativa o curva F; $F(t) = \int_0^t E(t) dt$;
desarrollada para el reactor de tanque agitado: $F(t) = 1 - e^{-(t/\tau)}$.

$\bar{F}(\theta)$: función de distribución experimental (rep. adimensional).
 $\bar{F}(\theta) = \sum_0^{\theta} E_{(exp)}(\Delta \theta)$.

$F(\theta)$: función de distribución teórica (desarrollada para el reactor de Mezcla Completa $F(\theta) = 1 - e^{-\theta}$) rep. adimensional.

$\bar{F}(x)$: función de distribución experimental (de la muestra X)
[nomenclatura estadística].

$F(x)$: función de distribución teórica (del reactor de Mezcla Completa). $F(x) = 1 - e^{-x}$ [nomenclatura estadística].

$F(x) = 1 - e^{-\hat{\alpha}x}$: cálculo de la probabilidad P_j mediante la función hipotética $F(x)$ con parámetro $\hat{\alpha}$ para cada corrida.

gl: grados de libertad.

k : número de intervalos en los que se subdivide la muestra n .

l : función de verosimilitud.

m : masa del trazador inyectada en la corriente de alimentación del reactor. [g]

n : número de eventos en la muestra.

N_0 : el número de la muestra a la salida del tanque.

$P(t)dt$: probabilidad de que cierta fracción de moléculas con edad $E(t)$ salga del reactor.

Q : caudal volumétrico del sistema en estado estacionario. [cm^3/s]

r : número de parámetros estimados.

$t(\min)$: tiempo de muestreo en minutos.

\bar{t} : tiempo medio de residencia del fluido en el reactor $\bar{t} = \int_0^{\infty} t E(t) dt$ o bien, $\bar{t} \approx \sum_{i=0}^{\infty} t_i E_i dt$.

Teta: $\theta = t/\bar{t}$, donde t es el tiempo en que se tomó la muestra después de la inyección del trazador y \bar{t} , es el tiempo medio de residencia del sistema.

V: volumen del fluido en el reactor o recipiente. [cm³]

X = E_{θ(exp)}: valores de la muestra experimental arreglados en intervalos.

α: nivel de significancia.

â: estimador de máxima verosimilitud $\hat{\alpha} = n / \sum x_j = 1/\bar{x}$.

δ(t): función delta de Dirac.

Δt: incrementos de tiempo. [min]

Δθ: incrementos de tiempo (rep. adimensionalmente).

θ: medida adimensional del tiempo $\theta = t/\bar{t}$.

τ: tiempo espacial del sistema. $\tau = (V/Q)$. [s ó min]

χ²_θ: estadístico de bondad de ajuste para la prueba. Dado por la relación sig. $\chi^2_{\theta} = \sum_j [(b_j - e_j)^2 / e_j]$.

TEORÍA

CAP. 1

A) ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE RESIDENCIA.

Como no es posible obtener una información completa de lo que está sucediendo en el interior de un reactor químico, es decir, una representación de la distribución de velocidades del fluido, es necesario saber, entonces, cuánto tiempo permanecen cada una de las moléculas del fluido en el reactor. Esto significa, que a partir de los tiempos de residencia individuales de los elementos del fluido, se puede desarrollar un esquema global de la distribución de esos tiempos que nos permita comprender el comportamiento del reactor. [1] Esto es fundamental, puesto que si se lleva a cabo una reacción química, el tiempo que le toma a cada elemento del reactivo dentro del reactor, afecta a la conversión global. [2]

En el caso del reactor de flujo de pistón, en el cual no se efectúa mezcla de fluido a través del reactor, todos los elementos de dicho fluido ocupan el mismo intervalo de tiempo en el reactor, por lo tanto, no existe distribución alguna o rango de tiempos de residencia. Por el contrario, en el reactor de tanque agitado (Mezcla Completa), en el cual se asume que la alimentación se mezcla completa e instantáneamente con el contenido del reactor a la entrada de éste, cierta porción del fluido saldrá casi inmediatamente después de haber entrado al reactor y poseerá cero como tiempo de residencia, mientras que otra, nunca será descargada del reactor y tendrá un tiempo infinito de residencia; de esta forma habrá elementos del fluido con un amplio rango de tiempos de residencia entre los extremos. [5] La distribución de esos tiempos en la corriente del fluido que sale del reactor se denomina distribución de la edad a la salida E, o distribución del tiempo de residencia RTD del fluido. [1] La forma de la curva RTD es característica propia del reactor y en combinación con la cinética de primer orden, constituye una herramienta importante en la predicción del funcionamiento del reactor. [5]

Existen básicamente dos formas mediante las cuales se puede expresar la distribución del tiempo de residencia del material a la salida del reactor:

- (i) mediante una función de distribución de punto (diagrama E), y
- (ii) mediante una función de distribución acumulativa (diagrama F).

Como en (i); la fracción de material en la corriente de salida del reactor que ocupó un tiempo entre t y $(t+dt)$ dentro de éste es $E(t)dt$ y es denominada función de distribución de edad externa.

Como en (ii); la totalidad del material que ha consumido un tiempo menor que t es considerada, y por lo tanto, deducida mediante la integración de $E(t)dt$ para el intervalo de tiempo 0-t

$$F(t) = \int_0^t E(t) dt \quad [5] \quad (1-1)$$

Para poder medir el grado de flujo no-ideal necesitamos determinar la RTD para el flujo en cuestión. Para ello, se recurre a las técnicas experimentales estímulo-respuesta, donde el estímulo es usualmente un cambio de concentración de un soluto o material trazador (i.e. una sustancia fácil de medir y detectar en cualquier instante y parte del recipiente o reactor) en la corriente de alimentación que no altere el patrón de flujo del sistema. Dicho estímulo puede ser aplicado definitivamente de varias formas: como una señal al azar, una señal periódica, una señal en escalón, o una señal en impulso, (ver fig. 2.1) ya que éste es controlable e independiente del sistema; por el contrario, la respuesta o señal de salida que también es medible en unidades de concentración del trazador, posee diversidad de formas aunque no muy bien definidas, debido a que ésta es afectada por el sistema en sí, a través del tiempo. [3]

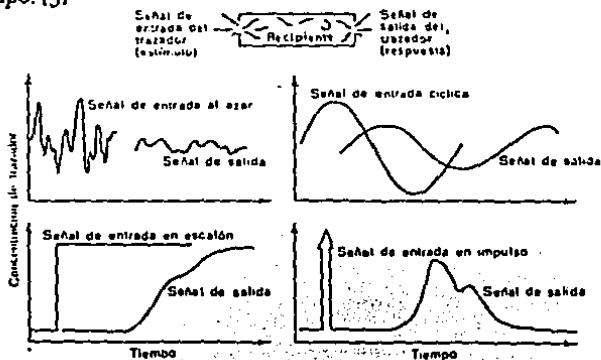


Fig. 2-1 Técnicas estímulo-respuesta empleadas comúnmente para el estudio del flujo en recipientes. [1]

De entre los estímulos más usuales están aquellos que producen o una señal en impulso, o bien una en escalón. Si la forma del estímulo es en impulso, la respuesta observada a la salida del sistema será registrada en un diagrama de concentración $C(t)$ que permite la caracterización del diagrama $E(t)$. Si la señal de entrada es en escalón, la respuesta a la salida generará el diagrama $F(t)$. [5]

a.1) DETERMINACIÓN DE LA RTD A PARTIR DE LA CURVA DEL TRAZADOR EXPERIMENTAL.

Considérese un sistema de flujo con un caudal volumétrico Q en estado estacionario. Si en un instante $t=0$, una masa m de trazador es inyectada instantáneamente (creandose una señal en impulso) en la corriente de alimentación, de tal forma que el flujo permanece inalterable, el balance de masas global del sistema será

$$m = \int_0^{\infty} Q C(t) dt. \quad [4] \quad (1-2)$$

De esta forma, bajo las mismas condiciones, si llamamos $C(t)$ a la concentración del trazador en un instante de tiempo t , el número de moléculas que salen entre los tiempos t y $(t+dt)$ será proporcional a $C(t)dt$; por lo tanto, la probabilidad de que dicha fracción de moléculas salga del reactor en el intervalo de tiempo mencionado esta representada por $P(t)dt$ como

$$P(t)dt = \frac{C(t)dt}{\int_0^{\infty} C(t)dt} \quad (1-3)$$

donde $\int_0^{\infty} C(t)dt$ es la concentración del trazador en el balance global, y $P(t)dt$ es la probabilidad considerada como la esperanza matemática de que la fracción de material posea esa edad* $E(t)$, que en terminos generales es denominada como la **distribución de tiempos de residencia RTD**.

$$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt} \quad [4] \quad (1-4)$$

* el término «edad» de un elemento en la corriente de salida se refiere al tiempo en que dicho elemento permaneció en el recipiente.

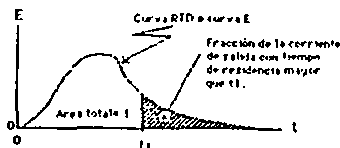


Fig. 2-1b Curva de la distribución del tiempo de residencia para el fluido que pasa a través de un recipiente.

La RTD o curva $E(t)$ es una función de distribución que está propiamente normalizada, esto es, el área bajo la curva es la unidad, que físicamente significa que en un período de tiempo suficientemente largo ($t \rightarrow \infty$), todo el trazador será descargado eventualmente del reactor

$$\int_0^{\infty} E(t) dt = 1 \quad (1-5)$$

así, una fracción de fluido en la corriente de salida con una edad menor que t_1 es

$$\int_0^{t_1} E(t) dt$$

mientras aquella fracción de material (o fluido) de mayor edad que t_1 , mostrada como el área sombreada en la fig. 2-1b, es

$$\int_{t_1}^{\infty} E(t) dt = 1 - \int_0^{t_1} E(t) dt \quad (11)$$

Otra característica importante de la curva es su centroide que viene representado como

$$\bar{t} = \frac{\int_0^{\infty} t E(t) dt}{\int_0^{\infty} E(t) dt} = \frac{\int_0^{\infty} t C(t) dt}{\int_0^{\infty} C(t) dt} \quad (1-6)$$

que es el **tiempo medio de residencia** del fluido en el reactor. No muy a menudo, el tiempo medio de residencia será expresado bajo otra relación mostrada como

$$\bar{t} = \tau = (v/Q) \quad (1-7)$$

donde v = volumen del recipiente, Q = caudal volumétrico y τ = tiempo espacial. Esta relación es válida sólo cuando el sistema de flujo de fluidos está operando en estado estacionario y con densidad constante, siempre que no haya un volumen muerto dentro del reactor. [1]

Es a menudo conveniente, para el estudio de los distintos modelos, medir el tiempo en función del tiempo medio de residencia, creando una medida adimensional fácil de manejar:

$$\theta = t/\bar{t} \quad \text{y} \quad d\theta = dt/\bar{t} \quad (1-8)$$

que correspondiente a la RTD, así obtenemos E_{θ} . La relación con E es fundamentada partiendo de la base de que ambas representaciones son la misma entidad física, por ende, la fracción de fluido en la corriente de salida con una edad t es:

$$E_{\theta} d\theta = E dt$$

usando la eq. (1-8) tenemos $E_{\theta} (dt/\bar{t}) = E dt$

$$\text{obteniendo así:} \quad E_{\theta} = \bar{t} E \quad (1-9)$$

$$\text{que para ideales} \quad E(\theta) = \tau E(t) \quad (1-10)$$

$$\text{usando eq. (1-7) tendremos} \quad E(\theta) = (v/Q) E(t) \quad (1-11)$$

a.2) RTD DEL REACTOR DE MEZCLA PERFECTA. [4],[5].

La expresión matemática referente al experimento, en el cual se efectúa una señal en impulso mediante la inyección de trazador a la entrada del recipiente en el $t=0$, está representada por una función especial denominada función delta de Dirac, δ , de modo que $\delta(t-t^{\circ})$ es una curva de distribución que es siempre igual a cero, excepto para $t-t^{\circ}=0$ que vale infinito. El área bajo la curva es igual a la unidad y el ancho de la pulsación vale cero. Matemáticamente ésta se expresa de la forma siguiente:

$$\delta(t-t^{\circ}) = \infty \quad \text{para } t=t^{\circ}$$

$$\delta(t-t^{\circ}) = 0 \quad \text{en los demás puntos}$$

$$|| \rightarrow \text{siendo } \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t-t^{\circ}) dt = 1$$

Así, al realizar un balance de masas, en el reactor de Mezcla Comple-

ta para cualquier m , unidades de trazador que son inyectadas a la entrada de la corriente del fluido, tenemos:

$$QC + V(dC/dt) = Q C_0 \delta(t)$$

donde $Q C_0$ es la masa m del trazador al $t=0$

$$QC + V(dC/dt) = m \delta(t)$$

la solución de esta simple eq. diferencial de primer orden, con la concentración inicial antes de la inyección tomada como cero, $C(0)=0$, es:

$$C(t) = \frac{m}{V} e^{-(Q/V)t}$$

Esta fracción de la concentración del trazador a la salida de la corriente del fluido está dada en forma adimensional como:

$$\begin{aligned} \frac{V C(t)}{m} &= e^{-(Q/V)t} \\ &= e^{-(t/\tau)} \\ &= e^{-\theta} \end{aligned} \tag{1-12}$$

$$= E_0 \tag{1-13}$$

Por lo tanto, para el reactor de mezcla, la RTD es una curva exponencial, representada por la Fig. 2-2:

$$\text{o bien} \quad E_0 = \exp(-\theta) \tag{1-14}$$

$$E = (1/\tau) \exp(-t/\tau) \tag{1-15}$$

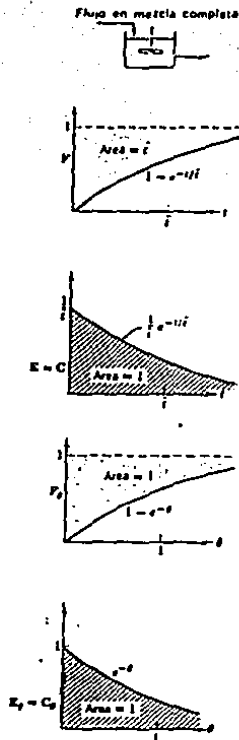


Fig. 2-2 Distribución del Tiempo de Residencia en un reactor de Mezcla Completa. [1]

B) INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA DE UN TRAZADOR.[2]

La curva experimental producida por la técnica del trazador, depende del tipo de agitación y mezclado que se emplea en el reactor. Interpretando la información del trazador, es posible concluir si alguno de los siguientes fenómenos ocurre en el reactor estudiado:

b.1 BY-PASSING (circuito corto): es el fenómeno que se presenta entre la entrada al reactor y la salida, cuando se encuentran muy cerca una de la otra. En la curva de E_s vs θ de la fig. 2-3, el pico indica la cantidad del trazador que sale inmediatamente después de que entró al sistema, como consecuencia del circuito corto.

b.2 ESPACIOS O VOLUMENES MUERTOS: existen por estancamiento de fluido en ciertas zonas del reactor, cercanas a los bordes o esquinas del mismo. En la curva E_s vs θ de la fig. 2-4 se muestra una señal que se retrasa en el tiempo debido a la agitación. Cabe aclarar que el área bajo la curva ideal y la curva del volumen muerto es la misma.

Se han utilizado un gran número de técnicas y trazadores para obtener la función de distribución del tiempo de residencia de varios reactores. El tipo de trazador empleado depende del sistema a tratar, es decir, los fluidos dentro del mismo están en estado gaseoso, líquido o sólido?, por e.j.; si el sistema involucrara más de dos fases; o, si se efectúan reacciones químicas, etc., etc.

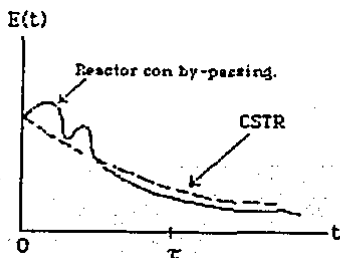


Fig. 2-3 Curva típica de un reactor con BY-PASSING. [4]

⊗ CSTR (constant flow stirred tank reactor). Vea figs. 4-1 a 4-3.

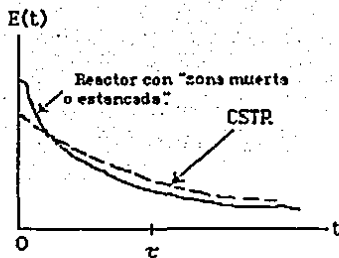


Fig. 2-4 Curva típica de un reactor con un VOLUMEN MUERTO. [14]

C) REQUERIMIENTOS BASICOS PARA UN TRAZADOR.[2]

a) Deberá ser miscible y tener propiedades físicas similares al fluido cuya distribución de tiempos de residencia se va a investigar.

b) Deberá ser detectable en pequeñas concentraciones para evitar que al ser inyectado se desequilibre el flujo normal.

c) La concentración del trazador debe ser medida en forma fácil, y cualquier valor debe ser linealmente proporcional a la concentración, de forma que la calibración del instrumento sea sencilla.

d) No debe sufrir absorción o adsorción sobre los sólidos presentes en el reactor, por e.j. catalizadores, paredes del recipiente, etc.

e) Debe ser químicamente inerte en las condiciones en las cuales se va a usar.

PARTE EXPERIMENTAL
CAP. 2

A) DISEÑO EXPERIMENTAL

El equipo experimental empleado para el estudio del modelo de flujo en Mezcla Completa consistió básicamente de tres elementos :

- un tanque con agitación,
- el sistema de flujo,
- el trazador como patrón de muestreo.

Para una mayor apreciación de dicho equipo, se anexó además del diagrama de proceso (fig.3-1), una descripción detallada de los aparatos que conforman a éste.

ELEMENTOS DEL DIAGRAMA.

- 1.- Llave de alimentación de agua en la tubería (grifo).
- 2.- Corriente de entrada al tinaco.
- 3.- Tinaco.
- 4.- Rebosadero.
- 5.- Medidores de nivel.
- 6.- Rotámetro (medidor de flujo).
- 7.- Llaves de paso.
- 8.- Corriente de entrada al tanque.
- 9.- Jeringa de inyección del trazador.
- 10.- Tanque.
- 11.- Agitador.
- 12.- Corriente de salida del tanque.
- 13.- Tubos de ensayo.

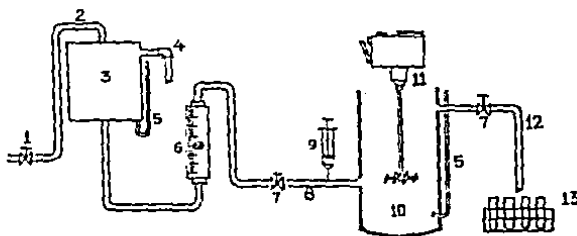


Fig. 3-1 Diagrama de proceso.

a.) DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO EMPLEADO*

Para empezar, el tanque (ver fig. 3-3) es un cilindro de lámina galvanizada de 0.2 cm (1/16 plg.) de espesor, posee 96 cm de sección recta total y 30 cm de diámetro, ocupando un volumen total de 64 l aprox. En la parte baja del tanque se localiza su base circular, que permite sostenerlo y mantenerlo nivelado, dicha base mide 6 cm de largo. Así, los 90 cm restantes aparecen desde la parte superior del tanque hasta el fondo del mismo, el cual es un casquete esférico de 2 cm de profundidad, moldeado a mano.

El cuerpo del tanque tiene varias perforaciones colocadas a 180° unas de otras, en ellas se soldaron casquillos de Cu de 5.08 cm (2 plg.) de largo, con 0.64 cm (1/4 plg.) de diámetro y con espesor de 0.08 cm (1/32 plg.), que forman las 13 entradas y salidas del mismo. Esas boquillas están espaciadas uniformemente entre sí 6.5 cm, y distanciadas: la 1ª del borde superior con 6cm y la última con respecto a la base con 12 cm. Dos de éstas se cerraron, ambas de cada lado de la parte superior del tanque por conveniencia.

Además, al tanque se le adaptaron otros accesorios como: un medidor de nivel de vidrio de aprox. 74 cm de largo, con un diámetro de 0.64 cm (1/4 plg.) ocupando uno de los orificios; dos mamparas de retención (para evitar la oscilación y vibración de la flecha de agitación). Una de ellas localizada en el borde superior y la otra a 25.4 cm (10 plg.) del fondo semiesférico, ambas con dimensiones iguales: ancho 3.5 cm, largo 30 cm y espesor de 0.64 cm (1/4 plg.); y varios trozos de manguera de hule estranguladas con pinzas Mohr bloqueando boquillas no utilizadas.

El sistema de agitación empleado lo constituyen:

- Un motor monofásico *General-Electric* de 50-60 ciclos doble frecuencia, de 1/2 caballos de potencia, montado sobre un soporte de madera y ángulo que mide 1.15 m desde el piso hasta la cabeza del taladro. El motor cuenta, además, con un par de poleas de transmisión y una banda, sus diámetros miden: 5.08 cm (2 plg.) para la polea pequeña, 30 cm la polea grande y 35 cm para la banda.

* ver figura 3-2

- El agitador. Éste posee una flecha de acero inoxidable de 0.8 cm (5/16 plg.) de diámetro y 1.2 m de longitud, con una hélice de aspas de lámina de acero en forma de mariposa' que mide 12.7 cm (5 plg.) de diámetro, 4 cm de ancho y con un espesor de 1.3 mm (1/16 plg.)

Para medir la velocidad de agitación en el tanque, se utilizó un aparato que registra las revoluciones por minuto mediante incidencia de luz, éste es un Power Instruments modelo 1891-AM (Digital 'Phototach' Operating Directions) que funciona mediante baterías.

A continuación, para el sistema de flujo, se empleó como tanque de alimentación un tinaco de lámina que se abastecía por medio de una manguera conectada al grifo; aquél fue colocado a una altura de 2.44 m con respecto al piso, sobre una estructura que, además, sirvió para montar el resto del equipo. Para mantener el nivel constante en el tinaco, se le adaptaron: un medidor de nivel de vidrio y un rebosadero para eliminar el excedente de fluido y así, mantener la presión hidrostática constante. La corriente de salida del tinaco mediante manguera de hule pasaba a un medidor de flujo tipo tobera denominado rotámetro, construido de vidrio y graduado con escala de 0-100 ml. Para regular el flujo del resto del equipo, se usaron dos llaves de paso de Cu de 1.27 cm (1/2 plg.) a la entrada y salida del tanque, además de múltiples pinzas Mohr para estrangulación temporal colocadas antes y después de la zona de inyección.

En la inyección del trazador, se utilizó una jeringa hipodérmica de plástico de 35 ml, con aguja del No. 16. La sustancia empleada como trazador fue un colorante industrial verde esmeralda (lote B-16).

Para terminar, en la recolección de las muestras a la salida del tanque de mezcla, se utilizaron 80 tubos de ensayo de 15x1 cm que se sostuvieron en gradillas de metal y madera. Fue necesario también, el uso de cronómetros para establecer los tiempos de recolección.

En la determinación de la concentración del trazador en las muestras obtenidas, se ocupó un fotolorímetro BAUSCH & LOMB (spectronic 20) con una long. de onda = 425 y dos fotoceldas portadoras de la muestra y la referencia.

El fluido utilizado para nuestro estudio fue, naturalmente, agua, debido a su bajo costo, accesibilidad y fácil manejo.

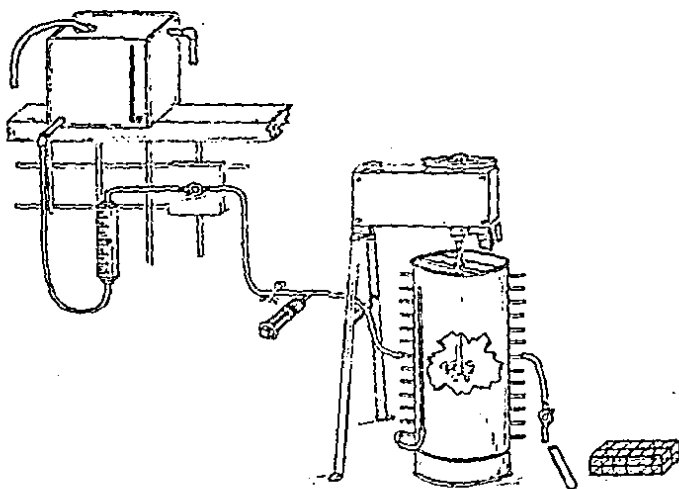


Fig. 3-2 Elementos que forman el sistema.

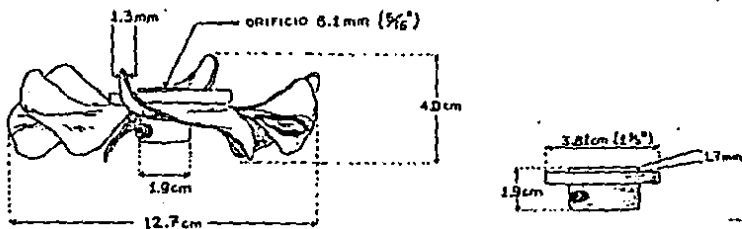
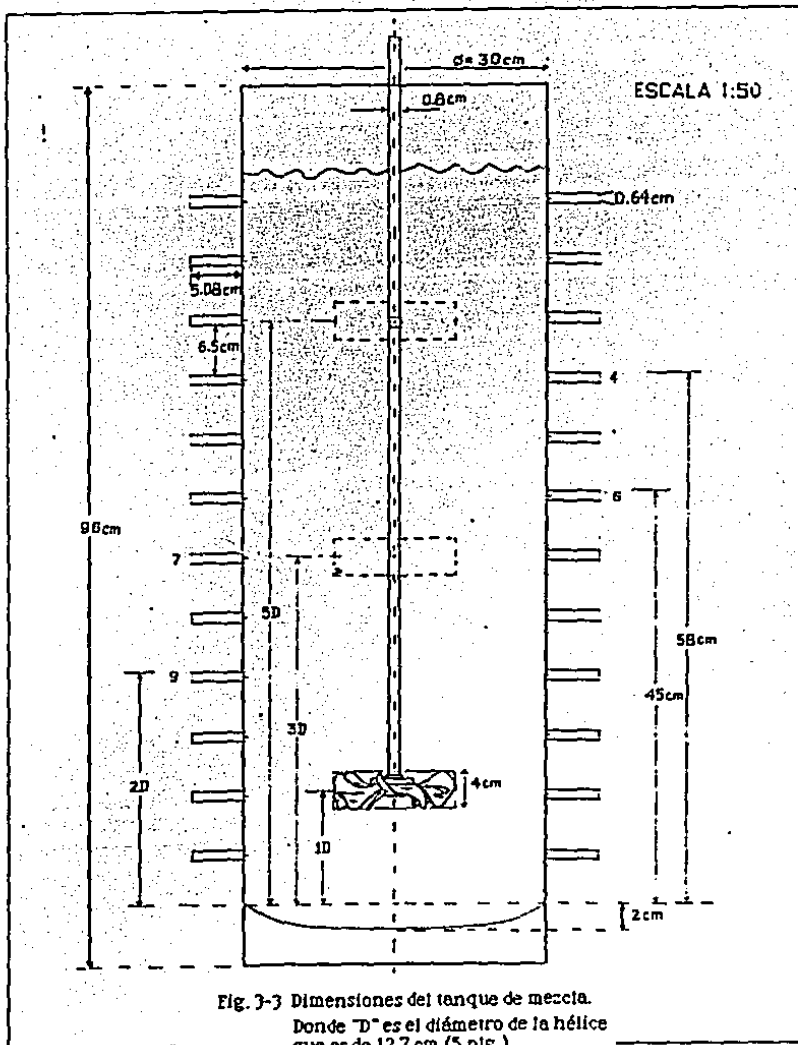


Fig. 3-4 Características y dimensiones de la hélice del agitador.



B) METODOLOGIA EMPLEADA

En el desarrollo experimental se realizaron seis corridas, cada una con su respectiva réplica, por lo tanto, fueron doce los ensayos que se hicieron. Para ello, fue necesario primero realizar varios estudios preliminares para afinar las condiciones operativas del sistema.

b.1) CONDICIONES OPERATIVAS

Dentro de las condiciones de operación del sistema podemos encontrar dos grupos de parámetros que rigen de una forma determinada al sistema en estudio, esos parámetros son: los que se mantienen sin cambio y los que actúan como variables.

Entre los primeros tenemos:

- El volumen de líquido empleado, que fue de 58 l, con un nivel de operación de 80 cm (31-1/2 plg.), sin agitación.
- La velocidad de agitación registrándose como de 288 rpm.
- El caudal de flujo manejado siendo de 18.5 ml/s regulado con una diferencia de altura en el rotámetro de 60 ml.
- La cantidad de trazador inyectado, que fue de 30 ml por ensayo.
- Y la concentración promedio en el tanque, con una absorbancia de 0.17

Entre los parámetros que se variaron están:

- * La posición del agitador (altura del agitador) en el tanque, tomándose como referencia, además de la altura del nivel de líquido sin agitación (80 cm), la longitud diametral de la hélice.
- * Y la posición de entrada-salida del fluido en el tanque.

Las seis corridas experimentales se desarrollaron con combinaciones de ambas variables, teniéndose el cuidado de que no se repitiesen las mismas condiciones. Para una mayor apreciación de estas combinaciones, aparecen las sig. ilustraciones¹ para cada modelo de situación experimental.

¹ ver figura 3-3.

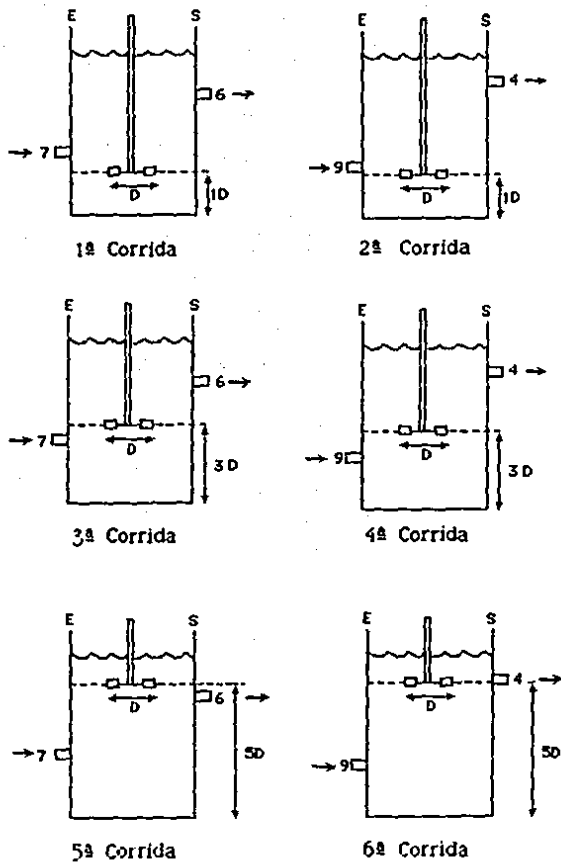


Fig. 3-5 Cambios sistemáticos en el modelo experimental.

Donde: "D" es la longitud diametral de la hélice que es de 5 plg.

E = es la entrada del fluido & S = es la salida del fluido.

Todas estas medidas de las porciones del agitador en el tanque fueron tomadas de abajo hacia arriba.

b.2) PREPARATIVOS Y ENSAYOS PRELIMINARES.

i) Se realizó la calibración del rotámetro, para poder establecer los parámetros de flujo con los cuales se realizarían los estudios experimentales (ver apéndice I).

ii) Se armó y condicionó todo el equipo para todas las pruebas experimentales; e.j. acondicionamiento del soporte del motor de agitación; instalación de un lugar óptimo para la inyección, entre otros.

iii) Se preparó el trazador (colorante verde esmeralda) de la manera siguiente: se mezclaron aproximadamente 50 g de colorante en un litro de agua en un matraz aforado de un litro. Dicha solución fue utilizada en todas las pruebas.

iv) Se preparó y calibró el fotocolorímetro; para ello fue necesario primero ajustar el aparato a transmitancia cero, después limpiar perfectamente las dos celdas con solventes orgánicos, y posteriormente con agua de la misma fuente; se calibraron éstas a absorbancia cero. Una de las celdas se utilizó para las muestras y la otra para el estándar-- usando agua como blanco de referencia--.

v) Entre los ensayos preliminares, tenemos la determinación de la concentración promedio en el tanque, ésta se realizó como sigue:

- se llenó el tanque hasta el nivel de operación, evitando entradas y salidas de fluido;
- se inició la agitación;
- se midieron 30 ml de trazador en una probeta, se colocaron en una jeringa y se inyectaron al tanque;
- se aguardó por espacio de 30 min a 1 h para que la solución se homogeneizara perfectamente;
- posteriormente, se tomaron varias muestras de la solución, se les tomó la absorbancia y se hizo un promedio.

b.3) RUTINA DE TRABAJO

i) Primero, se eligían las condiciones de operación del tanque como: posición de la hélice del agitador, y la entrada-salida del fluido.

ii) Se acoplaba la flecha de agitación en la cabeza de transmisión del motor y después se ajustaba el tanque con sus respectivas entradas y salidas.

iii) Se llenaban a su nivel de operación el tanque y el tinaco.

iv) Se iniciaba la agitación y se marcaba el nuevo nivel para evitar confusiones, luego, se procedía a establecer el estado estacionario en el sistema.

v) Para conseguir el estado estacionario, se tenían que controlar:

Primero, el flujo proveniente de la tubería de alimentación hacia el tinaco mediante la regulación del grifo; después, ajustar la llave de paso que permite el abasto de agua al tanque, mediante el rotámetro, al igual que la siguiente llave de paso a la salida del tanque, según lo establecido mediante la calibración del medidor de flujo. En el rotámetro fue posible apreciar claramente cualquier pequeño cambio de variación de la presión hidrostática, esto facilitaba las operaciones de control y ajuste del flujo.

vi) Establecido el estado estacionario, se preparaban los tubos de ensayo previamente lavados y secos, posteriormente se ajustaban los cronómetros.

vii) Se medían 30 ml de trazador en la probeta y se colocaban en la jeringa, simultáneamente se realizaba una estrangulación en la zona de inyección.

viii) Se abrían las pinzas Mohr e inmediatamente en un tiempo cero se inyectaba el trazador en la corriente de flujo lo más rápido posible, tratando de que tal inyección fuese instantánea, así, comenzaban a correr los cronómetros para la toma de muestras.

'x) Se tomaron 80 muestras distribuidas en los siguientes intervalos de tiempo:

Muestra No.	Intervalo
1-12	5 s
13-24	10 s
25-36	20 s
37-42	30 s
43-47	1 min
48-62	2 min
63-71	5 min
72-80	10 min

Teniéndose un tiempo total de 180 min (3 hrs) al transcurrir un ensayo experimental.

x) Las muestras se depositaban en los tubos de ensayo al tiempo de estarlas recolectando.

x') Posteriormente, se medía la absorbancia de las 80 muestras en el fotocolorimetro y simultáneamente se lavaban los tubos de ensayo.

x'') Al término de la corrida, se interrumpía el flujo con estrangulación, se detenía la agitación y se desmontaba el equipo; de esta manera se vaciaba el tanque y se lavaba.

x''') Listo nuevamente el equipo, comenzaba hacerse la réplica de la corrida anterior, obteniéndose entonces un promedio de las lecturas.

C) CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS ESTUDIADAS.

Como ya se mencionó anteriormente (Introd. y cap. 1), las muestras a analizar, representan cada uno de los elementos del fluido a la salida del tanque que poseen diferentes tiempos de residencia. Estos tiempos de permanencia se hacen de cierta manera evidentes al inferir detenidamente los cambios de concentración del trazador.

Físicamente, las muestras son mezclas homogéneas del trazador (colorante verde esmeralda) en agua, su concentración individual a la salida depende del camino que hayan seguido las moléculas a través del recipiente, es decir, de sus tiempos individuales. Globalmente, proporcionan una **señal de salida** que es característica propia de las condiciones diseño-operativas del sistema.

En las ilustraciones anteriores de este cap. Fig. 3-5 podemos darnos una idea, aunque vaga, de cómo serán las señales de salida del trazador con respecto al tiempo; así, mediante el análisis de las corridas podrán hacerse aseveraciones con respecto al punto en cuestión.

RESULTADOS
CAP. 3

A) RESULTADOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS.

A continuación se presentan una serie de tablas que muestran los resultados experimentales obtenidos, como, además, una simple transformación de ellos, para obtener sus distribuciones de tiempo de residencia teórica y experimental, correspondiente a cada corrida.

En las tablas 4-1, 4-2, 4-3, 4-4, 4-5 y 4-6 se encuentran las seis corridas experimentales y los parámetros, en ellas, significan lo siguiente:

COLUMNA	SIGNIFICADO
No.	: el número de la muestra a la salida.
1A	: lectura de absorbancia del ensayo A de la corrida 1.
1B	: lectura de absorbancia del ensayo B de la corrida 1.
lave	: lecturas de absorbancia promedio de los ensayos para cada t.
t(min)	: tiempo de muestreo en minutos.
Teta	: $\theta = 1/t$, donde t es el tiempo en que se tomó la muestra después de la inyección del trazador y τ , es el tiempo espacial del sistema.
ET-T	: valores de E_s correspondientes al modelo teórico de mezcla completa para cada t.
ET-1A	: valores de E_s del ensayo A; concentración 1A/concentración promedio.
ET-1B	: valores de E_s del ensayo B; concentración 1B/concentración promedio.
ET-EX	: valores de E_s promedio experimental de los dos ensayos para cada t.

Además, aparecen en las Figs. 4-1, 4-2 y 4-3 las gráficas correspondientes a cada corrida, en ellas se graficaron los parámetros TETA (θ) vs ET-T y ET-EX, así fue posible realizar una comparación entre las distribuciones y entre las corridas con condiciones de operación similares (respecto a la posición del agitador).

TABLA 4-1. Distribución del tiempo de Residencia (RTD) teórica (ET-T) y experimental (ET-EX) e información aportada por los ensayos exp. A y B durante la corrida 1.

No.	1A	1B	1C	1D	Total	ET-T	ET-1A	ET-1B	ET-EX
1	.494	.520	0.207	0.081	1.269E-3	0.998	2.898	3.174	3.084
2	.268	.229	0.249	0.167	3.194E-3	0.997	1.605	1.871	1.491
3	.212	.194	0.203	0.208	4.780E-3	0.995	1.249	1.162	1.216
4	.190	.191	0.190	0.222	6.275E-3	0.994	1.138	1.144	1.188
5	.183	.180	0.181	0.417	7.961E-3	0.992	1.096	1.079	1.084
6	.181	.180	0.181	0.206	9.569E-3	0.990	1.064	1.078	1.084
7	.177	.175	0.176	0.289	0.011	0.999	1.060	1.048	1.054
8	.177	.172	0.174	0.467	0.013	0.987	1.040	1.030	1.042
9	.178	.175	0.177	0.759	0.014	0.986	1.046	1.048	1.040
10	.178	.176	0.177	0.885	0.016	0.984	1.066	1.064	1.060
11	.177	.178	0.177	0.917	0.018	0.982	1.060	1.066	1.060
12	.177	.178	0.178	1.000	0.019	0.981	1.072	1.066	1.066
13	.177	.180	0.178	1.117	0.022	0.978	1.060	1.078	1.066
14	.177	.177	0.177	1.233	0.026	0.974	1.060	1.060	1.060
15	.178	.179	0.178	1.308	0.029	0.971	1.066	1.072	1.066
16	.180	.178	0.178	1.667	0.032	0.978	1.078	1.060	1.066
17	.180	.176	0.178	1.833	0.033	0.966	1.078	1.061	1.066
18	.178	.175	0.178	2.028	0.038	0.963	1.048	1.048	1.048
19	.178	.178	0.174	2.167	0.041	0.960	1.048	1.056	1.062
20	.174	.170	0.172	2.333	0.045	0.956	1.042	1.019	1.030
21	.173	.171	0.172	2.200	0.048	0.958	1.036	1.024	1.030
22	.170	.171	0.171	2.667	0.051	0.950	1.018	1.024	1.024
23	.171	.170	0.171	2.833	0.054	0.947	1.024	1.019	1.024
24	.171	.171	0.171	3.000	0.057	0.945	1.024	1.024	1.024
25	.169	.170	0.169	3.233	0.064	0.938	1.012	1.018	1.012
26	.169	.169	0.169	3.667	0.070	0.932	1.006	1.012	1.006
27	.169	.165	0.167	4.000	0.077	0.926	1.006	0.998	1.000
28	.169	.165	0.165	4.333	0.083	0.920	1.012	1.000	1.000
29	.167	.163	0.163	4.667	0.089	0.915	1.000	0.978	0.988
30	.166	.160	0.159	5.000	0.096	0.908	0.996	0.968	0.988
31	.163	.161	0.161	5.333	0.102	0.902	0.996	0.964	0.970
32	.163	.162	0.162	5.667	0.108	0.896	0.976	0.976	0.976
33	.161	.160	0.160	6.000	0.115	0.891	0.964	0.968	0.968
34	.161	.160	0.160	6.333	0.121	0.886	0.964	0.968	0.958
35	.161	.161	0.161	6.667	0.128	0.880	0.964	0.964	0.964
36	.159	.159	0.159	7.000	0.134	0.875	0.952	0.962	0.962
37	.158	.158	0.158	7.333	0.144	0.866	0.946	0.916	0.928
38	.152	.158	0.154	8.000	0.153	0.858	0.910	0.928	0.922
39	.152	.150	0.151	8.333	0.163	0.850	0.910	0.898	0.898
40	.152	.152	0.152	8.667	0.172	0.843	0.910	0.916	0.910
41	.151	.149	0.150	9.000	0.182	0.834	0.904	0.892	0.898
42	.150	.149	0.150	10.000	0.191	0.826	0.898	0.892	0.898
43	.147	.146	0.147	11.000	0.201	0.810	0.880	0.874	0.880
44	.144	.142	0.143	12.000	0.210	0.795	0.862	0.850	0.856
45	.142	.138	0.140	13.000	0.219	0.780	0.850	0.828	0.828
46	.139	.134	0.136	14.000	0.228	0.765	0.832	0.814	0.826
47	.136	.132	0.134	15.000	0.237	0.751	0.814	0.790	0.802
48	.130	.130	0.130	17.000	0.225	0.724	0.778	0.778	0.778
49	.124	.127	0.127	19.000	0.224	0.694	0.748	0.760	0.748
50	.121	.120	0.120	21.000	0.402	0.649	0.725	0.719	0.719
51	.114	.119	0.117	23.000	0.440	0.644	0.682	0.682	0.682
52	.110	.110	0.110	25.000	0.478	0.620	0.658	0.658	0.658
53	.108	.110	0.107	27.000	0.517	0.596	0.617	0.617	0.641
54	.102	.102	0.102	29.000	0.553	0.574	0.611	0.611	0.641
55	.092	.096	0.096	31.000	0.592	0.551	0.581	0.581	0.582
56	.093	.094	0.094	33.000	0.622	0.532	0.597	0.597	0.563
57	.089	.088	0.089	35.000	0.670	0.512	0.553	0.553	0.553
58	.087	.086	0.086	37.000	0.709	0.493	0.521	0.491	0.509
59	.085	.080	0.082	39.000	0.746	0.474	0.509	0.479	0.497
60	.080	.080	0.080	41.000	0.783	0.456	0.479	0.479	0.479
61	.077	.077	0.077	43.000	0.822	0.439	0.441	0.461	0.461
62	.072	.076	0.076	45.000	0.861	0.428	0.447	0.467	0.435
63	.066	.068	0.064	50.000	0.957	0.384	0.395	0.477	0.477
64	.060	.069	0.069	55.000	1.040	0.349	0.339	0.347	0.353
65	.056	.047	0.061	60.000	1.148	0.317	0.323	0.281	0.305
66	.050	.046	0.048	65.000	1.244	0.288	0.299	0.269	0.287
67	.045	.042	0.042	70.000	1.340	0.260	0.249	0.251	0.263
68	.040	.040	0.040	75.000	1.435	0.233	0.240	0.240	0.240
69	.038	.038	0.036	80.000	1.531	0.216	0.228	0.216	0.216
70	.034	.032	0.032	85.000	1.627	0.197	0.204	0.174	0.192
71	.030	.029	0.029	90.000	1.722	0.179	0.180	0.174	0.174
72	.026	.020	0.028	100.000	2.914	0.147	0.154	0.120	0.138
73	.020	.018	0.018	110.000	2.100	0.122	0.120	0.096	0.108
74	.017	.014	0.015	120.000	2.297	0.101	0.102	0.080	0.090
75	.018	.016	0.016	130.000	2.488	0.083	0.078	0.060	0.060
76	.018	.010	0.011	140.000	2.679	0.069	0.048	0.048	0.048
77	.008	.005	0.005	150.000	2.871	0.057	0.048	0.030	0.039
78	.008	.002	0.002	160.000	3.062	0.046	0.046	0.012	0.032
79	.006	.002	0.002	170.000	3.254	0.039	0.036	0.012	0.024
80	.003	.001	0.000	180.000	3.445	0.032	0.018	0.000	0.012

TABLE 4-2. Distribución del tiempo de Residencia (RTD) teórica (ET-T) y experimental (ET-EX) e información aportada por los ensayos exp. A y B durante la corrida 2.

No.	2A	2B	2ave	U(mph)	Tota	ET-T	ET-2A	ET-2B	ET-EX
1	.290	.181	0.236	0.083	1.587e-3	0.998	1.737	1.084	1.412
2	.225	.277	0.256	0.167	3.194e-3	0.997	1.407	1.609	1.522
3	.200	.198	0.199	0.200	4.182e-3	0.995	1.198	1.188	1.192
4	.182	.182	0.182	0.232	6.273e-3	0.994	1.090	1.090	1.090
5	.172	.172	0.172	0.417	7.981e-3	0.992	1.030	1.034	1.030
6	.168	.168	0.168	0.808	9.567e-3	0.990	1.018	1.006	1.012
7	.168	.168	0.168	0.993	0.011	0.989	1.006	1.006	1.006
8	.168	.171	0.168	0.647	0.013	0.987	0.988	1.024	1.006
9	.164	.164	0.164	0.709	0.016	0.986	0.982	0.994	0.988
10	.164	.164	0.165	0.832	0.016	0.984	0.982	0.994	0.988
11	.166	.163	0.164	0.917	0.018	0.982	0.994	0.976	0.982
12	.165	.163	0.164	1.000	0.019	0.981	0.988	0.976	0.982
13	.160	.163	0.161	1.167	0.022	0.978	0.988	0.976	0.964
14	.160	.163	0.161	1.235	0.026	0.974	0.990	0.976	0.964
15	.161	.162	0.161	1.600	0.029	0.971	0.964	0.970	0.964
16	.160	.162	0.161	1.647	0.032	0.969	0.968	0.970	0.964
17	.160	.161	0.160	1.823	0.035	0.966	0.968	0.964	0.958
18	.159	.159	0.159	2.000	0.030	0.963	0.962	0.962	0.952
19	.159	.161	0.160	2.167	0.041	0.960	0.962	0.964	0.958
20	.158	.159	0.159	2.238	0.045	0.956	0.946	0.962	0.952
21	.156	.156	0.157	2.500	0.048	0.953	0.934	0.944	0.940
22	.153	.160	0.156	2.647	0.051	0.950	0.916	0.958	0.944
23	.152	.157	0.155	2.823	0.054	0.947	0.910	0.940	0.928
24	.152	.157	0.155	3.000	0.057	0.943	0.916	0.940	0.928
25	.151	.157	0.154	3.232	0.064	0.940	0.904	0.940	0.922
26	.151	.156	0.154	3.647	0.070	0.932	0.904	0.934	0.922
27	.149	.153	0.151	4.000	0.077	0.926	0.902	0.914	0.904
28	.150	.152	0.151	4.233	0.083	0.920	0.898	0.916	0.904
29	.150	.152	0.151	4.647	0.089	0.915	0.898	0.910	0.904
30	.149	.153	0.151	5.000	0.096	0.908	0.892	0.910	0.894
31	.149	.150	0.150	5.232	0.102	0.903	0.892	0.898	0.898
32	.148	.148	0.148	5.647	0.108	0.898	0.886	0.896	0.886
33	.149	.148	0.148	6.000	0.115	0.891	0.882	0.886	0.882
34	.147	.146	0.147	6.232	0.121	0.886	0.880	0.874	0.880
35	.147	.146	0.147	6.647	0.128	0.880	0.880	0.874	0.880
36	.148	.145	0.147	7.000	0.134	0.873	0.866	0.868	0.860
37	.143	.144	0.143	7.500	0.144	0.864	0.856	0.862	0.856
38	.141	.142	0.142	8.000	0.153	0.858	0.844	0.850	0.850
39	.140	.142	0.141	8.500	0.163	0.850	0.838	0.850	0.844
40	.139	.139	0.139	9.000	0.172	0.842	0.830	0.832	0.832
41	.139	.139	0.138	9.500	0.182	0.834	0.826	0.832	0.826
42	.138	.137	0.138	10.000	0.191	0.826	0.826	0.820	0.820
43	.135	.135	0.135	11.000	0.211	0.810	0.808	0.808	0.808
44	.133	.131	0.132	12.000	0.220	0.795	0.796	0.794	0.790
45	.130	.128	0.129	13.000	0.249	0.780	0.784	0.784	0.784
46	.128	.125	0.125	14.000	0.268	0.765	0.764	0.787	0.749
47	.124	.122	0.123	15.000	0.287	0.751	0.742	0.781	0.737
48	.117	.118	0.117	16.000	0.325	0.723	0.701	0.707	0.677
49	.113	.112	0.112	17.000	0.364	0.689	0.677	0.677	0.677
50	.110	.107	0.109	21.000	0.432	0.649	0.639	0.641	0.632
51	.101	.103	0.102	23.000	0.440	0.644	0.605	0.617	0.617
52	.099	.099	0.099	25.000	0.478	0.620	0.593	0.593	0.593
53	.094	.093	0.094	27.000	0.517	0.594	0.563	0.567	0.563
54	.090	.086	0.088	29.000	0.555	0.571	0.539	0.531	0.527
55	.090	.079	0.082	31.000	0.593	0.553	0.509	0.478	0.491
56	.078	.077	0.080	33.000	0.632	0.528	0.477	0.461	0.479
57	.078	.078	0.077	35.000	0.670	0.512	0.479	0.457	0.457
58	.075	.069	0.072	37.000	0.708	0.494	0.449	0.418	0.431
59	.072	.070	0.071	39.000	0.746	0.474	0.431	0.419	0.425
60	.070	.067	0.068	41.000	0.785	0.456	0.419	0.401	0.407
61	.064	.063	0.064	43.000	0.823	0.439	0.395	0.377	0.393
62	.064	.061	0.062	45.000	0.861	0.423	0.383	0.368	0.371
63	.067	.057	0.062	50.000	0.927	0.388	0.341	0.341	0.341
64	.061	.060	0.060	55.000	1.003	0.349	0.305	0.299	0.299
65	.044	.043	0.045	60.000	1.179	0.317	0.278	0.257	0.269
66	.041	.040	0.040	65.000	1.264	0.299	0.266	0.240	0.240
67	.035	.034	0.035	70.000	1.340	0.262	0.210	0.210	0.210
68	.031	.032	0.032	75.000	1.425	0.238	0.186	0.198	0.192
69	.027	.030	0.029	80.000	1.531	0.216	0.162	0.180	0.180
70	.024	.024	0.024	85.000	1.627	0.197	0.144	0.162	0.162
71	.021	.022	0.022	90.000	1.722	0.179	0.126	0.139	0.132
72	.019	.018	0.018	100.000	1.914	0.147	0.108	0.108	0.108
73	.011	0.011	0.011	110.000	2.122	0.102	0.064	0.072	0.064
74	.010	.010	0.010	120.000	2.297	0.101	0.060	0.060	0.060
75	.008	.008	0.008e-3	130.000	2.498	0.083	0.049	0.048	0.048
76	.008	.008	0.008e-3	140.000	2.679	0.069	0.030	0.030	0.030
77	.008	.008	0.008e-3	150.000	2.871	0.057	0.018	0.018	0.018
78	.001	.001	0.000e-3	160.000	3.062	0.047	9.999e-3	9.999e-3	9.999e-3
79	.000	.000	0.000	170.000	3.254	0.039	0.000	0.000	0.000
80	.000	.000	0.000	180.000	3.445	0.032	0.000	0.000	0.000

TABLA 4-3. Distribución del tiempo de Residencia (RTD) teórica (ET-T) y experimental (ET-EX) e información aportada por los ensayos exp. A y B durante la corrida 3.

No.	EA	EB	Extr	(min)	Total	ET-T	ET-BA	ET-BB	ET-DA
1	272	304	0.299	0.093	1.539E-3	0.998	1.520	1.520	1.725
2	219	225	0.221	0.167	3.194E-3	0.997	1.325	1.347	1.328
3	162	194	0.190	0.200	4.795E-3	0.995	1.290	1.175	1.162
4	198	182	0.184	0.233	6.273E-3	0.994	1.108	1.090	1.102
5	179	179	0.177	0.417	7.981E-3	0.992	1.048	1.044	1.040
6	182	180	0.181	0.200	9.543E-3	0.990	1.090	1.078	1.084
7	183	179	0.181	0.293	0.211	0.989	1.034	1.044	1.084
8	179	177	0.177	0.447	0.015	0.987	1.044	1.040	1.040
9	173	170	0.174	0.700	0.014	0.986	1.034	1.048	1.042
10	179	180	0.183	0.016	0.984	1.064	1.064	1.064	1.078
11	173	176	0.174	0.917	0.010	0.982	1.034	1.056	1.042
12	179	177	0.177	1.000	0.019	0.981	1.044	1.040	1.040
13	170	172	0.172	1.167	0.022	0.979	1.034	1.034	1.030
14	173	174	0.173	1.233	0.026	0.974	1.034	1.042	1.034
15	177	174	0.176	1.800	0.029	0.971	1.040	1.042	1.064
16	172	172	0.172	1.447	0.022	0.969	1.034	1.030	1.030
17	173	172	0.172	1.833	0.023	0.964	1.034	1.030	1.030
18	172	171	0.172	2.000	0.029	0.962	1.030	1.028	1.028
19	172	171	0.172	2.167	0.041	0.960	1.020	1.030	1.030
20	171	169	0.170	2.233	0.045	0.954	1.024	1.012	1.018
21	170	167	0.169	2.800	0.048	0.953	1.018	1.000	1.004
22	163	167	0.165	2.667	0.051	0.950	0.976	1.000	0.988
23	171	167	0.169	2.833	0.054	0.947	1.024	1.000	1.012
24	163	168	0.168	3.000	0.057	0.945	0.976	0.976	0.974
25	164	166	0.168	3.333	0.064	0.938	0.976	1.004	1.004
26	164	165	0.165	3.447	0.070	0.932	0.994	0.998	0.988
27	167	162	0.164	4.000	0.077	0.926	1.000	0.970	0.982
28	165	162	0.164	4.233	0.080	0.920	0.988	0.970	0.982
29	163	161	0.162	4.447	0.089	0.915	0.974	0.964	0.970
30	163	160	0.161	5.000	0.096	0.908	0.974	0.968	0.964
31	161	159	0.159	5.233	0.102	0.903	0.944	0.952	0.952
32	155	157	0.156	5.447	0.108	0.898	0.928	0.940	0.934
33	159	158	0.157	6.000	0.115	0.891	0.922	0.928	0.940
34	161	159	0.157	6.233	0.121	0.886	0.916	0.940	0.940
35	158	153	0.156	6.447	0.128	0.880	0.910	0.916	0.928
36	152	153	0.152	7.000	0.134	0.873	0.910	0.916	0.910
37	153	150	0.151	7.333	0.144	0.864	0.916	0.898	0.904
38	153	150	0.151	8.000	0.153	0.858	0.914	0.898	0.904
39	148	149	0.147	8.800	0.163	0.850	0.914	0.892	0.890
40	148	148	0.147	9.000	0.172	0.842	0.868	0.888	0.890
41	150	148	0.149	9.300	0.182	0.834	0.898	0.888	0.892
42	148	146	0.147	10.000	0.191	0.826	0.868	0.868	0.880
43	142	142	0.142	11.000	0.211	0.810	0.850	0.850	0.850
44	142	140	0.141	12.000	0.230	0.795	0.838	0.844	0.844
45	135	133	0.134	13.000	0.249	0.780	0.808	0.796	0.802
46	134	134	0.134	14.000	0.268	0.763	0.814	0.802	0.802
47	132	131	0.132	15.000	0.287	0.751	0.780	0.784	0.790
48	129	129	0.136	17.000	0.325	0.723	0.740	0.749	0.754
49	123	123	0.122	19.000	0.364	0.695	0.718	0.718	0.718
50	119	114	0.116	21.000	0.402	0.669	0.707	0.682	0.690
51	110	111	0.111	23.000	0.440	0.644	0.689	0.686	0.645
52	108	106	0.107	25.000	0.478	0.620	0.647	0.648	0.641
53	103	101	0.102	27.000	0.517	0.596	0.617	0.606	0.611
54	102	997	0.100	29.000	0.555	0.574	0.611	0.581	0.599
55	982	982	0.092	31.000	0.593	0.553	0.587	0.581	0.581
56	990	989	0.099	33.000	0.632	0.532	0.589	0.533	0.533
57	967	984	0.095	35.000	0.670	0.512	0.531	0.506	0.509
58	984	982	0.093	37.000	0.708	0.496	0.506	0.481	0.481
59	979	980	0.079	39.000	0.746	0.474	0.447	0.479	0.473
60	973	977	0.076	41.000	0.785	0.456	0.449	0.461	0.495
61	975	973	0.073	43.000	0.823	0.439	0.437	0.437	0.437
62	973	970	0.072	45.000	0.861	0.423	0.437	0.419	0.431
63	960	963	0.062	50.000	0.907	0.394	0.399	0.377	0.371
64	958	957	0.059	55.000	0.953	0.369	0.347	0.341	0.341
65	953	952	0.052	60.000	1.148	0.317	0.317	0.311	0.311
66	947	947	0.047	63.000	1.244	0.288	0.281	0.281	0.281
67	943	942	0.045	70.000	1.340	0.252	0.252	0.257	0.257
68	942	939	0.040	75.000	1.423	0.238	0.251	0.229	0.240
69	934	939	0.035	80.000	1.521	0.216	0.216	0.210	0.210
70	933	932	0.033	85.000	1.627	0.197	0.198	0.192	0.198
71	928	929	0.029	90.000	1.722	0.179	0.168	0.174	0.168
72	925	925	0.025	100.000	1.914	0.147	0.190	0.190	0.190
73	922	923	0.021	110.000	2.103	0.122	0.132	0.126	0.126
74	917	919	0.019	120.000	2.297	0.101	0.102	0.108	0.108
75	913	919	0.016	130.000	2.488	0.083	0.079	0.090	0.084
76	910	910	0.016	140.000	2.679	0.068	0.068	0.064	0.064
77	910	909	1.500E-3	190.000	3.271	0.027	0.040	0.051	0.051
78	907	905	4.000E-3	140.000	3.262	0.047	0.042	0.050	0.054
79	904	904	4.000E-3	170.000	3.254	0.089	0.024	0.024	0.024
80	902	901	1.800E-3	180.000	3.448	0.082	0.012	0.999E-3	0.992E-3

TABLA 4-4. Distribución del tiempo de Residencia (RTD) teórica (ET-T) y experimental (ET-EX) e información aportada por los ensayos exp. A y B durante la corrida 4.

No.	4A	4B	4err	4(ano)	Teia	ET-T	ET-A	ET-B	ET-EX
1	.153	.074	0.113	0.085	1.369-3	0.998	0.916	0.443	0.477
2	.183	.137	0.125	0.167	3.194-3	0.997	0.794	0.820	0.808
3	.160	.149	0.154	0.220	4.795-3	0.995	0.908	0.886	0.722
4	.195	.162	0.189	0.222	4.374-3	0.994	0.908	0.970	0.802
5	.174	.172	0.172	0.417	7.361-3	0.992	1.042	1.039	1.536
6	.177	.180	0.178	0.800	9.849-3	0.990	1.040	1.078	1.264
7	.176	.179	0.177	0.992	0.011	0.989	1.054	1.072	1.040
8	.179	.181	0.180	0.447	0.018	0.987	1.072	1.084	1.078
9	.180	.182	0.181	0.780	0.014	0.986	1.078	1.096	1.284
10	.179	.185	0.181	0.923	0.016	0.984	1.092	1.094	1.284
11	.179	.186	0.182	0.917	0.018	0.982	1.072	1.114	1.090
12	.180	.182	0.181	1.000	0.019	0.981	1.078	1.090	1.084
13	.181	.182	0.181	1.147	0.022	0.978	1.094	1.094	1.084
14	.177	.178	0.177	1.232	0.026	0.974	1.040	1.064	1.040
15	.178	.178	0.174	1.800	0.029	0.971	1.048	1.034	1.042
16	.176	.181	0.178	1.447	0.032	0.969	1.048	1.084	1.064
17	.175	.183	0.179	1.832	0.033	0.964	1.048	1.096	1.272
18	.176	.180	0.178	2.000	0.038	0.962	1.054	1.078	1.264
19	.172	.180	0.176	2.147	0.041	0.960	1.030	1.078	1.254
20	.171	.178	0.174	2.324	0.043	0.956	1.024	1.064	1.242
21	.171	.178	0.174	2.500	0.048	0.953	1.024	1.064	1.242
22	.170	.177	0.173	2.647	0.051	0.950	1.018	1.060	1.234
23	.171	.172	0.172	2.824	0.054	0.947	1.024	1.030	1.030
24	.171	.177	0.174	3.000	0.057	0.945	1.024	1.040	1.242
25	.168	.177	0.173	3.232	0.064	0.938	1.006	1.064	1.236
26	.169	.175	0.172	3.447	0.070	0.924	1.012	1.048	1.030
27	.169	.178	0.171	4.000	0.077	0.926	1.012	1.034	1.024
28	.168	.178	0.173	4.232	0.082	0.920	1.024	1.034	1.024
29	.164	.172	0.168	4.447	0.089	0.915	1.024	1.034	1.026
30	.164	.172	0.168	5.000	0.096	0.908	0.982	1.030	1.036
31	.162	.161	0.164	5.232	0.102	0.903	0.970	1.024	1.034
32	.161	.164	0.164	5.447	0.108	0.898	0.964	0.994	0.982
33	.160	.162	0.161	6.000	0.115	0.891	0.958	0.970	0.964
34	.160	.167	0.164	6.232	0.121	0.886	0.958	1.000	0.982
35	.159	.164	0.163	6.447	0.126	0.880	0.944	1.006	0.972
36	.159	.160	0.159	7.000	0.134	0.875	0.944	0.958	0.956
37	.155	.159	0.157	7.500	0.144	0.864	0.928	0.952	0.940
38	.152	.154	0.154	8.000	0.153	0.858	0.928	0.910	0.922
39	.151	.150	0.151	8.500	0.163	0.850	0.904	0.898	0.904
40	.151	.154	0.154	9.000	0.172	0.842	0.904	0.924	0.922
41	.149	.158	0.154	9.500	0.182	0.834	0.892	0.940	0.922
42	.149	.157	0.152	10.000	0.191	0.826	0.886	0.940	0.910
43	.142	.147	0.147	11.000	0.211	0.810	0.850	0.910	0.860
44	.140	.150	0.142	12.000	0.230	0.790	0.838	0.898	0.866
45	.134	.149	0.145	13.000	0.249	0.780	0.814	0.892	0.850
46	.134	.141	0.141	14.000	0.268	0.765	0.802	0.884	0.844
47	.120	.142	0.134	15.000	0.287	0.751	0.778	0.850	0.814
48	.126	.137	0.132	17.000	0.325	0.725	0.754	0.820	0.780
49	.120	.126	0.126	18.000	0.344	0.705	0.739	0.790	0.754
50	.118	.122	0.122	21.000	0.402	0.669	0.695	0.764	0.731
51	.110	.120	0.115	23.000	0.440	0.640	0.679	0.719	0.689
52	.105	.116	0.111	25.000	0.478	0.620	0.654	0.685	0.645
53	.100	.111	0.105	27.000	0.517	0.594	0.599	0.648	0.629
54	.096	.109	0.102	29.000	0.555	0.574	0.569	0.625	0.611
55	.091	.105	0.096	31.000	0.593	0.554	0.545	0.611	0.575
56	.089	.100	0.094	33.000	0.632	0.532	0.533	0.599	0.548
57	.085	.098	0.090	35.000	0.670	0.512	0.509	0.569	0.539
58	.081	.094	0.086	37.000	0.708	0.494	0.486	0.545	0.518
59	.077	.088	0.083	39.000	0.746	0.474	0.441	0.527	0.497
60	.074	.086	0.079	41.000	0.785	0.456	0.443	0.509	0.478
61	.071	.082	0.077	43.000	0.823	0.439	0.425	0.491	0.461
62	.069	.079	0.074	45.000	0.861	0.423	0.413	0.473	0.443
63	.061	.072	0.064	50.000	0.907	0.384	0.363	0.431	0.390
64	.058	.064	0.061	55.000	1.022	0.349	0.347	0.385	0.362
65	.051	.060	0.055	60.000	1.148	0.317	0.325	0.339	0.329
66	.044	.054	0.050	65.000	1.244	0.288	0.275	0.323	0.299
67	.041	.050	0.044	70.000	1.340	0.262	0.264	0.299	0.275
68	.038	.047	0.043	75.000	1.433	0.238	0.238	0.281	0.257
69	.035	.042	0.038	80.000	1.531	0.216	0.210	0.251	0.228
70	.031	.038	0.035	85.000	1.627	0.197	0.186	0.228	0.210
71	.029	.031	0.030	90.000	1.722	0.179	0.174	0.186	0.180
72	.022	.028	0.025	100.000	1.914	0.147	0.132	0.160	0.150
73	.021	.025	0.022	110.000	2.106	0.123	0.123	0.136	0.130
74	.016	.023	0.020	120.000	2.297	0.101	0.096	0.118	0.120
75	.018	.019	0.016	130.000	2.489	0.083	0.078	0.111	0.096
76	.010	.021	0.014	140.000	2.679	0.063	0.060	0.102	0.084
77	.009	.018	0.011	150.000	2.871	0.057	0.054	0.078	0.064
78	.009	.011	0.010	160.000	3.062	0.047	0.054	0.064	0.040
79	.008	.009	0.008	170.000	3.254	0.038	0.048	0.054	0.051
80	.008	.008	8.500-3	180.000	3.445	0.032	0.018	0.048	0.032

TABLA 4-5. Distribución del tiempo de Residencia (RTD) teórica (ET-T) y experimental (ET-EX) e información aportada por los ensayos exp. A y B durante la corrida 5.

No.	SA	SB	Exte	ExteB	Total	ET-T	ET-SA	ET-SB	ET-EX
1	.053	.060	0.087	0.095	1.389e-3	0.990	0.117	0.359	0.341
2	.149	.164	0.238	0.137	2.196e-3	0.997	0.992	2.192	1.245
3	.169	.194	0.161	0.250	4.780e-3	0.995	0.112	0.822	0.964
4	.175	.167	0.171	0.237	6.375e-3	0.994	0.048	1.000	1.024
5	.179	.171	0.175	0.117	7.581e-3	0.992	0.172	1.029	1.048
6	.176	.172	0.174	0.850	9.564e-3	0.990	1.004	1.051	1.042
7	.176	.169	0.172	0.593	0.211	0.989	1.004	1.012	1.030
8	.178	.175	0.174	0.617	0.513	0.987	1.044	1.056	1.054
9	.180	.167	0.178	0.759	0.214	0.986	0.179	1.000	1.034
10	.180	.169	0.174	0.933	0.216	0.984	0.179	1.012	1.042
11	.175	.172	0.175	0.917	0.618	0.982	1.048	1.080	1.054
12	.172	.172	0.172	1.029	0.919	0.981	1.084	1.054	1.054
13	.172	.172	0.172	1.167	0.222	0.978	1.086	1.080	1.050
14	.175	.172	0.172	1.434	0.226	0.974	1.086	1.080	1.050
15	.168	.168	0.170	1.800	0.229	0.971	1.030	1.004	1.018
16	.170	.169	0.169	1.647	0.282	0.969	1.018	1.012	1.012
17	.167	.169	0.169	1.893	0.283	0.964	1.000	1.012	1.006
18	.172	.168	0.170	2.000	0.258	0.965	1.000	1.004	1.018
19	.168	.169	0.168	2.167	0.241	0.960	1.006	1.012	1.004
20	.171	.166	0.168	2.833	0.245	0.956	1.024	0.994	1.006
21	.168	.169	0.168	2.900	0.248	0.955	1.006	1.012	1.004
22	.168	.167	0.168	2.647	0.251	0.950	1.006	1.000	1.004
23	.167	.167	0.167	2.894	0.254	0.947	1.000	1.000	1.000
24	.166	.166	0.165	3.000	0.257	0.945	0.994	0.998	0.998
25	.165	.166	0.165	3.237	0.264	0.938	0.998	0.998	0.998
26	.166	.165	0.163	3.667	0.270	0.932	0.976	0.976	0.976
27	.162	.162	0.163	4.000	0.277	0.924	0.976	0.976	0.976
28	.163	.162	0.163	4.333	0.283	0.920	0.976	0.976	0.976
29	.161	.162	0.161	4.667	0.289	0.915	0.964	0.970	0.964
30	.159	.161	0.162	5.000	0.296	0.908	0.924	0.946	0.946
31	.154	.163	0.165	5.333	0.102	0.903	0.954	0.916	0.926
32	.154	.164	0.162	5.667	0.108	0.898	0.922	0.898	0.910
33	.154	.161	0.162	6.000	0.115	0.922	0.954	0.916	0.916
34	.153	.161	0.162	6.333	0.121	0.886	0.916	0.904	0.910
35	.162	.149	0.160	6.667	0.128	0.880	0.910	0.884	0.898
36	.162	.148	0.160	7.000	0.154	0.875	0.910	0.886	0.898
37	.160	.147	0.149	7.800	0.144	0.864	0.898	0.880	0.884
38	.149	.146	0.147	8.000	0.133	0.858	0.892	0.874	0.880
39	.148	.144	0.146	8.800	0.133	0.850	0.886	0.866	0.874
40	.148	.142	0.146	9.000	0.172	0.842	0.886	0.854	0.874
41	.144	.142	0.143	9.800	0.182	0.834	0.842	0.854	0.856
42	.142	.142	0.142	10.000	0.191	0.826	0.826	0.826	0.826
43	.141	.141	0.141	11.000	0.210	0.810	0.824	0.844	0.844
44	.137	.137	0.137	12.000	0.230	0.795	0.820	0.820	0.820
45	.134	.134	0.134	13.000	0.249	0.790	0.820	0.796	0.822
46	.132	.129	0.130	14.000	0.268	0.783	0.790	0.778	0.778
47	.131	.128	0.129	15.000	0.287	0.751	0.784	0.764	0.772
48	.125	.125	0.124	16.000	0.325	0.725	0.749	0.757	0.745
49	.119	.117	0.118	17.000	0.344	0.694	0.718	0.707	0.707
50	.113	.112	0.112	21.000	0.402	0.649	0.677	0.677	0.677
51	.109	.109	0.109	23.000	0.440	0.644	0.638	0.638	0.638
52	.104	.102	0.103	25.000	0.478	0.620	0.620	0.611	0.611
53	.100	.099	0.099	27.000	0.517	0.586	0.599	0.587	0.593
54	.096	.095	0.094	29.000	0.555	0.574	0.575	0.557	0.563
55	.092	.091	0.091	31.000	0.593	0.563	0.561	0.549	0.549
56	.089	.088	0.088	33.000	0.632	0.532	0.532	0.527	0.527
57	.085	.084	0.085	35.000	0.670	0.512	0.509	0.508	0.509
58	.082	.082	0.082	37.000	0.708	0.491	0.496	0.491	0.491
59	.078	.077	0.077	39.000	0.746	0.474	0.467	0.461	0.461
60	.074	.074	0.074	41.000	0.783	0.456	0.448	0.447	0.443
61	.072	.070	0.071	43.000	0.821	0.438	0.438	0.431	0.428
62	.072	.068	0.070	45.000	0.861	0.423	0.423	0.427	0.419
63	.062	.062	0.062	50.000	0.927	0.394	0.371	0.371	0.371
64	.057	.057	0.057	55.000	0.993	0.349	0.341	0.341	0.341
65	.046	.046	0.046	60.000	1.148	0.317	0.299	0.305	0.299
66	.044	.046	0.046	65.000	1.244	0.288	0.275	0.275	0.273
67	.041	.040	0.040	70.000	1.340	0.262	0.262	0.260	0.260
68	.039	.038	0.038	75.000	1.435	0.238	0.234	0.222	0.228
69	.033	.030	0.032	80.000	1.531	0.216	0.198	0.190	0.192
70	.033	.028	0.030	85.000	1.627	0.197	0.172	0.168	0.168
71	.030	.025	0.028	90.000	1.722	0.179	0.160	0.150	0.168
72	.026	.020	0.022	100.000	1.914	0.147	0.156	0.120	0.158
73	.018	.016	0.017	110.000	2.103	0.122	0.108	0.096	0.102
74	.014	.012	0.013	120.000	2.297	0.101	0.084	0.078	0.078
75	.010	.009	0.009e-3	130.000	2.488	0.088	0.060	0.054	0.057
76	.008	.007	0.007e-3	140.000	2.679	0.089	0.048	0.042	0.045
77	.005	.005	0.005e-3	150.000	2.871	0.087	0.030	0.020	0.020
78	.004	.003	0.003e-3	160.000	3.062	0.047	0.018	0.021	0.021
79	.004	.000	0.000e-3	170.000	3.254	0.039	0.018	0.000	0.000e-3
80	.003	.000	0.000e-3	180.000	3.445	0.032	0.018	0.000	0.000e-3

TABLA 4-6. Distribución del tiempo de Residencia (RTD) teórica (ET-T) y experimental (ET-EX) e información aportada por los ensayos exp. A y B durante la corrida 6.

No.	6A	6B	6C	6D	Tota	ET-T	ET-6A	ET-6B	ET-6C
1	.185	.189	0.147	0.082	1.889e-5	0.998	0.978	0.922	0.890
2	.162	.160	0.161	0.167	3.194e-5	0.997	0.976	0.954	0.909
3	.160	.165	0.165	0.200	1.765e-5	0.995	0.969	0.969	0.976
4	.164	.170	0.167	0.232	6.273e-5	0.994	0.982	1.019	1.000
5	.160	.169	0.164	0.417	7.981e-5	0.992	0.969	1.012	0.982
6	.168	.168	0.168	0.800	9.367e-5	0.990	1.000	1.000	1.006
7	.167	.168	0.168	0.985	0.011	0.989	1.000	1.006	1.006
8	.162	.168	0.165	0.647	0.015	0.987	0.976	1.006	0.999
9	.166	.166	0.166	0.750	0.014	0.986	0.994	0.994	0.994
10	.165	.163	0.164	0.822	0.016	0.984	0.988	0.976	0.982
11	.167	.169	0.168	0.917	0.018	0.982	1.000	1.012	1.006
12	.170	.169	0.169	1.000	0.019	0.981	1.018	1.012	1.012
13	.165	.168	0.167	1.167	0.022	0.979	0.988	1.000	1.000
14	.160	.167	0.164	1.222	0.026	0.974	0.969	1.000	0.982
15	.169	.168	0.168	1.800	0.029	0.971	1.012	1.006	1.006
16	.168	.168	0.168	1.667	0.022	0.969	1.006	1.006	1.006
17	.166	.167	0.167	1.822	0.023	0.966	0.994	1.000	1.000
18	.164	.164	0.164	2.000	0.028	0.962	0.999	0.999	0.992
19	.162	.162	0.162	2.167	0.041	0.960	0.970	0.976	0.976
20	.162	.160	0.161	2.222	0.045	0.956	0.976	0.969	0.964
21	.160	.161	0.160	2.500	0.048	0.952	0.968	0.964	0.959
22	.162	.160	0.162	2.667	0.051	0.950	0.968	0.959	0.976
23	.162	.162	0.162	2.822	0.054	0.947	0.970	0.970	0.970
24	.161	.162	0.161	3.000	0.057	0.945	0.964	0.964	0.964
25	.161	.159	0.160	3.222	0.064	0.942	0.964	0.952	0.959
26	.160	.159	0.159	3.667	0.070	0.932	0.959	0.946	0.952
27	.159	.159	0.159	4.000	0.077	0.928	0.952	0.946	0.946
28	.161	.156	0.159	4.222	0.082	0.920	0.964	0.964	0.972
29	.159	.157	0.158	4.667	0.089	0.915	0.952	0.940	0.946
30	.156	.155	0.156	5.000	0.096	0.908	0.954	0.928	0.928
31	.157	.152	0.150	5.222	0.102	0.902	0.940	0.916	0.929
32	.153	.151	0.152	5.667	0.108	0.898	0.916	0.904	0.910
33	.153	.150	0.151	6.000	0.115	0.891	0.916	0.899	0.899
34	.150	.149	0.150	6.222	0.121	0.886	0.899	0.899	0.892
35	.145	.147	0.146	6.667	0.129	0.880	0.868	0.890	0.874
36	.150	.145	0.147	7.000	0.134	0.870	0.899	0.899	0.880
37	.148	.142	0.146	7.500	0.144	0.864	0.886	0.864	0.874
38	.146	.146	0.147	8.000	0.152	0.858	0.886	0.874	0.880
39	.147	.142	0.145	8.500	0.162	0.850	0.880	0.864	0.868
40	.145	.143	0.143	9.000	0.172	0.842	0.868	0.854	0.854
41	.140	.139	0.139	9.500	0.182	0.834	0.859	0.859	0.832
42	.140	.140	0.140	10.000	0.191	0.826	0.858	0.858	0.838
43	.140	.139	0.139	11.000	0.211	0.811	0.858	0.858	0.832
44	.137	.136	0.137	12.000	0.230	0.795	0.820	0.814	0.820
45	.136	.132	0.134	13.000	0.249	0.780	0.814	0.790	0.802
46	.134	.132	0.132	14.000	0.268	0.763	0.822	0.779	0.790
47	.132	.127	0.129	15.000	0.287	0.751	0.790	0.760	0.772
48	.120	.121	0.120	17.000	0.323	0.728	0.719	0.725	0.719
49	.116	.115	0.117	18.000	0.344	0.695	0.711	0.711	0.701
50	.119	.113	0.116	21.000	0.402	0.649	0.712	0.677	0.695
51	.110	.108	0.109	23.000	0.440	0.644	0.689	0.647	0.655
52	.101	.102	0.102	25.000	0.478	0.620	0.665	0.617	0.611
53	.099	.100	0.100	27.000	0.517	0.596	0.658	0.599	0.599
54	.092	.097	0.094	29.000	0.553	0.574	0.651	0.581	0.648
55	.090	.092	0.091	31.000	0.595	0.552	0.659	0.561	0.605
56	.088	.088	0.088	33.000	0.642	0.582	0.627	0.527	0.527
57	.084	.085	0.085	35.000	0.670	0.512	0.602	0.509	0.509
58	.080	.080	0.080	37.000	0.708	0.496	0.649	0.479	0.479
59	.078	.078	0.077	40.000	0.746	0.474	0.647	0.466	0.461
60	.075	.075	0.074	41.000	0.782	0.456	0.637	0.449	0.448
61	.071	.070	0.070	43.000	0.822	0.439	0.626	0.449	0.449
62	.070	.070	0.070	45.000	0.861	0.423	0.619	0.419	0.419
63	.062	.062	0.062	50.000	0.957	0.384	0.577	0.371	0.371
64	.057	.051	0.054	60.000	1.056	0.349	0.541	0.326	0.326
65	.050	.049	0.049	70.000	1.149	0.317	0.529	0.292	0.292
66	.044	.045	0.044	83.000	1.244	0.286	0.506	0.269	0.275
67	.039	.039	0.039	100.000	1.340	0.262	0.240	0.244	0.244
68	.037	.036	0.036	120.000	1.453	0.228	0.222	0.219	0.219
69	.032	.027	0.029	150.000	1.581	0.216	0.192	0.162	0.174
70	.029	.025	0.027	180.000	1.727	0.197	0.174	0.160	0.162
71	.028	.025	0.025	220.000	1.922	0.179	0.168	0.128	0.130
72	.022	.020	0.021	300.000	1.914	0.147	0.132	0.120	0.126
73	.018	.016	0.016	410.000	2.105	0.122	0.108	0.090	0.096
74	.011	.011	0.011	550.000	2.297	0.101	0.064	0.064	0.064
75	.009	.010	9.500e-3	190.000	2.488	0.084	0.064	0.062	0.062
76	.007	.007	7.000e-3	140.000	2.779	0.069	0.042	0.042	0.042
77	.006	.006	6.500e-3	100.000	3.071	0.051	0.056	0.042	0.039
78	.007	.004	6.000e-3	160.000	3.362	0.047	0.042	0.021	0.022
79	.001	.002	1.500e-3	170.000	3.254	0.029	0.042	0.012	0.012
80	.000	.000	0.000	180.000	3.445	0.022	0.000	0.000	0.000

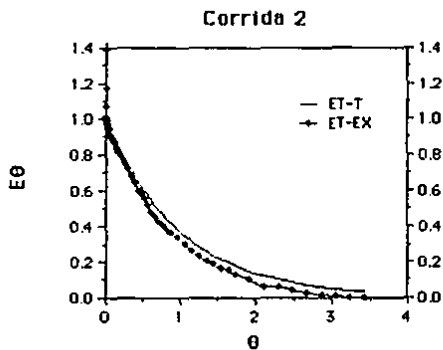
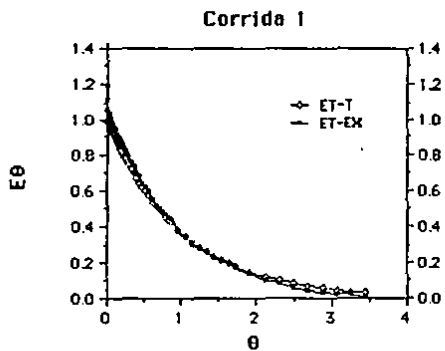


Fig. 4-1. Comparación entre las curvas de la distribución del tiempo de residencia del modelo ideal (ET-T), y experimental (ET-EX) para las corridas 1 y 2.

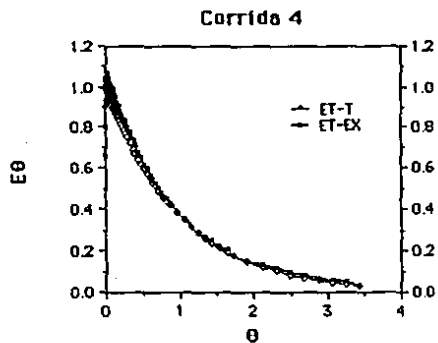
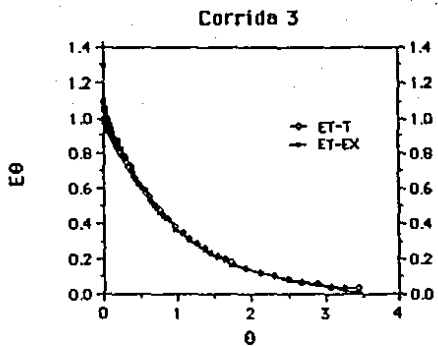


Fig. 4-2. Comparación entre las curvas de la distribución del tiempo de residencia del modelo ideal (ET-T), y experimental (ET-EX) para las corridas 3 y 4.

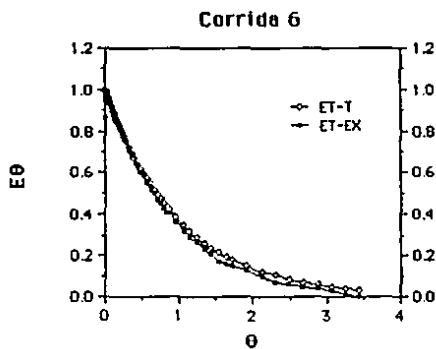
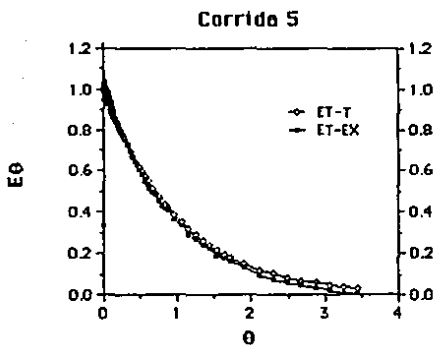


Fig. 4-3. Comparación entre las curvas de la distribución del tiempo de residencia del modelo ideal (ET-T), y experimental (ET-EX) para las corridas 5 y 6.

B) ANÁLISIS-DISCUSIÓN DE DATOS.

Los datos experimentales obtenidos, fueron sometidos a varias pruebas estadísticas, dos de ellas las más importantes se refieren a la bondad de ajuste de funciones de distribución: Prueba de *Kolmogorov-Smirnov* y Prueba *Ji-Cuadrada*. Ambas pruebas pretenden medir el grado de ajuste de la función de distribución experimental $\bar{F}(x)$ hacia la función de distribución teórica $F(x)$, que en este caso es representada por el comportamiento del modelo de Mezcla Completa.

Posterior a estos análisis, se realizó una prueba de confiabilidad, cuyo propósito es evaluar la consistencia experimental de las réplicas entre los ensayos de cada corrida.

A continuación se presentan una serie de tablas que reportan los resultados estadísticos de las pruebas y el criterio de decisión de cada una de ellas. Los detalles técnicos de las pruebas de bondad de ajuste se muestran en los apéndices II y III.

b 1) TRATAMIENTO ESTADÍSTICO (PRUEBA KOLMOGOROV-SMIRNOV) (6) Y PRUEBA DE CONFIABILIDAD (9).

• Para una muestra de $n=160$ (80 por ensayo) tenemos los siguientes valores críticos: d (valor crítico para la prueba de confiabilidad) y c (valor crítico para la prueba de bondad de ajuste).

Nivel de Significancia α	Valor crítico d de prueba para B^*1	Corrida No.	Réplica Experimental $B^*1 \text{ máx}$
1%	0.2577	1	0.031
2%	0.2403	2	0.006
5%	0.2150	3	0.012
10%	0.1929	4	0.074
20%	0.1692	5	0.018
		6	0.019

Criterio de Decisión:

Prueba de Consistencia
Experimental.
 $P(B^* \leq d) = 1 - \alpha$

Si $B^* \leq d$, los datos son esta-
dísticamente confiables.

Si $B^* > d$, es lo contrario.

Obsérvese que absolutamente ningún dato de la Réplica Experimental ($B^* \text{ máx}$) sobrepasa aquellos valores representados como críticos para la prueba $B^* \leq d$ de consistencia, a diferentes niveles de significancia α . De esta manera, el criterio indica que la hipótesis no se rechaza, puesto que los datos de cada corrida no presentan diferencia significativa, por lo tanto, éstos son estadísticamente confiables.

Nivel de Significancia α	Valor crítico c para la prueba estadística	Corrida No.	Bondad de Ajuste $A^* \text{ máx}$
1%	0.1289	1	0.072
2%	0.1202	2	0.167
5%	0.1075	3	0.047
10%	0.0964	4	0.074
20%	0.0846	5	0.079
		6	0.099

Criterio de Decisión:

Prueba Kolmogorov-Smirnov
 $P(A^* \leq c) = 1 - \alpha$

Si $A^* \leq c$, no se rechaza la hi-
pótesis.

Si $A^* > c$, se rechaza la hipótesis.

En la prueba estadística Kolmogorov-Smirnov, nótese que los datos de Bondad de Ajuste ($A^{\circ} \max$) para las corridas 1, 3, 4 y 5 muestran un adecuado ajuste a cualquier nivel de significancia; sin embargo, las corridas 2 y 6 muestran una desviación significativa. Mientras la corrida 2 sobrepasa cualquier valor crítico c , rechazándose así la hipótesis, la corrida 6 lo hace a niveles de significancia de 20% y 10% solamente.

b.2) TRATAMIENTO ESTADÍSTICO (PRUEBA Ji-CUADRADA) [6][7][8].

La prueba de ajuste Ji-cuadrada fue aplicada bajo la consideración de que la variable aleatoria X , referida en este caso a los datos experimentales aportados por la RTD $[E(0)_{exp}]$, está exponencialmente distribuida $f(x) = \beta e^{-\beta x}$. Como resultado, se presenta en la tabla siguiente la aplicación de dicha prueba, para una muestra $n=80$ y determinados intervalos de confianza.

Intervalo de Confianza $1-\alpha$ para $k-r-1$ grados de libertad $g1=5$	Valor crítico c de prueba estadística.	Corrida No.	Parámetro de Bondad de Ajuste χ^2_{α} .
0.95	11.07	1	18.98
0.99	15.09	2	20.76
0.995	16.75	3	18.58
0.999	20.52	4	19.37
		5	18.27
		6	23.81

Criterio de Decisión:

Prueba Ji-cuadrada	Si $\chi^2_{\alpha} \leq c$, no se rechaza la hipótesis.
$P(\chi^2_{\alpha} \leq c) = 1-\alpha$	Si $\chi^2_{\alpha} \geq c$, se rechaza la hipótesis.

Como se puede apreciar, los parámetros observados de la prueba χ^2_0 exceden a los valores críticos para los tres primeros intervalos de confianza $1-\alpha$ (95%, 99% y 99.5%), situación que no se presenta para el último intervalo de 99.9%. Para este intervalo de confianza, para el cual $\chi^2_{(k-r-1; 99.9\%)}$ se ajusta para ciertas corridas, se asume que la hipótesis $H_0: \tilde{F}(x) = F(x)$ deberá rechazarse el 0.1% de los casos, cuando de hecho H_0 es verdadera.

Análisis Físico.

Como un análisis adicional, se evaluó el tiempo medio de residencia \bar{t} para cada corrida experimental con el objeto de obtener una idea más clara, que en términos físicos, facilite el entendimiento del comportamiento de flujo en el reactor. La determinación del tiempo medio de residencia se efectúa usando la siguiente expresión

$$\bar{t} = \int_0^{\infty} t E(t) dt \approx \sum_{i=1}^k t_i E_i \Delta t$$

de esta forma se obtienen los siguientes resultados*:

CORRIDA	\bar{t} (min)	θ
1	40.94	.801
2	31.44	.615
3	42.61	.834
4	47.72	.934
5	37.77	.739
6	36.71	.718
teórica	51.12	1.000

* Para obtener la mayor exactitud posible de la integración, se empleó el método de Simpson descrito como

$$\int_{x_0}^{x_n} f(x) dx = (h/3) (f_0 + 4f_1 + 2f_2 + 4f_3 + 2f_4 + \dots + 4f_{n-1} + f_n)$$

donde $h = (x_n - x_0)/N$. [14]

De la tabla obtenemos dos puntos muy importantes: primero, nótese que las corridas 4, 3 y 1 poseen tiempos medios de residencia cercanos a aquel correspondiente al reactor de mezcla perfecta, que hacen suponer que dichas experiencias siguen el modelo ideal de funcionamiento.

En tanto que, corridas 2, 5 y 6 con tiempos de residencia lejanos muestran lo contrario. Y segundo, todos los tiempos medios de residencia experimentales son de menor magnitud que el tiempo medio de residencia teórico. Esto se debe a que el trazador salió del reactor en considerables cantidades al comienzo de cada corrida exp. ocasionando un sesgo agudo en la distribución $E(t)$.

Físicamente, resulta difícil decidir qué corridas experimentales están operando, en forma aproximada, bajo condiciones pertenecientes al CSTR y/o cuáles son afectadas por las condiciones operativas, que hasta cierto punto, generen la aparición de flujos anómalos.

Bajo el punto de vista estadístico, puede demostrarse que corridas muestran ajuste, en particular aquellas en las cuales la posición tanto del agitador como de las boquillas de alimentación se localiza cerca de la zona central del reactor; sin embargo, para averiguar si algunas de éstas poseen flujo defectuoso, es necesario estudiar otro tipo de distribuciones además de la RTD tales como: la distribución de edad interna $I(t)$ y la función de intensidad $\lambda(t)$

Como resultado de ambos análisis, físico y estadístico, se observa que las corridas experimentales muestran diferencias significativas entre ellas mismas. Esto significa, que las condiciones operativas: posición del agitador y posiciones de los puntos de alimentación y descarga efectivamente afectaron la RTD en diversos grados: mientras ciertas corridas exp. mostraron cercanía al modelo teórico (4, 3 y 1) otras mostraron lo opuesto, alejándose del modelo (2, 5 y 6). La influencia global de las condiciones produjo que las seis corridas exp. presentasen dos características importantes en sus distribuciones $E(t)$:

1° los tiempos medios de residencia experimentales aparecen antes del tiempo medio de residencia teórico, lo que indica que los tiempos de

salida del material no están distribuidos uniformemente y existen, por lo tanto, señales de salida con densidades considerables.

2° algunas experiencias mostraron un sesgo agudo al inicio de los ensayos experimentales, en el cual, el trazador fue desalojado en grandes cantidades. Esto parece ser que la existencia de flujo defectuoso es muy probable en alguna de estas corridas. (i.e 2 y 6).

A continuación, se enumeran cómo algunas de las condiciones operativas empleadas son causantes de que la distribución de tiempos de residencia RTD exps. posean determinadas divergencias con respecto a la RTD del reactor de mezcla perfecta.

1°. Al manejar un tanque muy grande para la magnitud de la agitación. Esto puede ocasionar estancamiento en el sistema (fig. 6-1) -- ya sea presencia de zonas muertas y/o bypass--

2°. El mismo fenómeno puede ocurrir como origen de la posición y distancia de los puntos de alimentación y descarga respecto al agitador y respecto de ellos mismos.

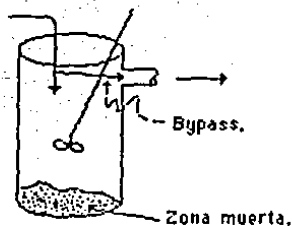


Fig. 6-1 Flujo defectuoso en el reactor de Mezcla Perfecta.

3° Características del agitador; puesto que posemos una hélice en forma de propela que produce un flujo axial y torbellinos por debajo del agitador; ambos efectos pueden crear vórtices, reducir descarga y/o crear canalizaciones de flujo [11] (fig. 6-2)

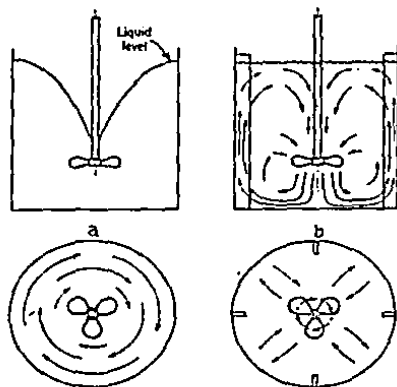


Fig. 6-2 Agitador central tipo hélice marina; a) sin cortacorrientes; b) con cortacorrientes. [11]

Para resolver estos problemas se propone: para perfeccionar significativamente el flujo del fluido y eliminar la presencia de flujos anómalos es necesario introducir redistribuidores y/o deflectores adecuados [11]. Esta idéntica solución se sugiere para las condiciones de agitación.

Colocando cortacorrientes a lo largo de la generatriz del depósito como se indica en la fig. 6-2, se elimina el flujo axial y la aparición de vórtices. [11]

Para la desproporción de la magnitud del volumen del fluido con respecto a la agitación, la adaptación de un agitador con múltiples hélices tal como se presenta a continuación con determinadas proporciones es determinante en el grado de mezclado. [11]

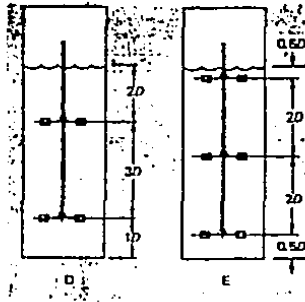


Fig. 6-3 Agitadores con múltiples hélices. Donde "D" es el diámetro de la hélice. [11]

RESUMEN

Quando un fluido pasa a través de cualquier equipo de proceso — específicamente de tipo químico —, éste, posiblemente, experimentará cambios físicos tales como: una transferencia de materia (ganancia o pérdida de reactivos o productos) y/o una transferencia de energía (algún proceso de cristalización, evaporación, etc); ó bien, se verá envuelto en cierto fenómeno meramente químico (determinada reacción), o quizás en algún fenómeno anormal considerado como un estancamiento o una recirculación del propio fluido. Todos estos fenómenos afectan termodinámica y cinéticamente las condiciones del fluido, sin embargo, es de particular interés, el estudio de la relación que existe entre los fenómenos generados por el equipo de proceso y el sistema de flujo del fluido, bajo el punto de vista cinético. Así, por lo tanto, el equipo de proceso que se analiza, en este caso, es el reactor químico, y el sistema de flujo del fluido, es aquel que está relacionado con el modelo ideal de Mezcla Perfecta e Instantánea.

El aspecto particular del estudio, consiste en averiguar cómo determinadas condiciones operativas en el reactor de prueba (tales como la posición del agitador y su correlación con la zona de alimentación-evacuación del fluido) afectan al sistema de flujo, tomando en consideración o como referencia el modelo ideal antes descrito.

Para efectuar el estudio experimental, se recurrió a un método denominado *estimula-respuesta*. El método consiste en el uso de un trazador, el cual fluye a lo largo de todo el camino que recorre el fluido, simulando ser éste y describiendo así su comportamiento de flujo dentro del sistema o equipo. El trazador, que trabaja como una etiqueta fácil de manejar e identificar, describe el comportamiento del flujo del fluido que se investiga mediante los cambios de concentración que experimenta éste con respecto al tiempo. Estos cambios englobados generan un arreglo sistemático propio del fluido existente en el equipo. El arreglo suele denominarse RTD o Distribución del Tiempo de Residencia.

El sistema experimental, está formado básicamente por el reactor químico. Este, es un tanque con 12 entradas y salidas de flujo, que están alineadas y espaciadas uniformemente a lo largo del mismo, a 130° unas de otras. El reactor guarda también una relación de longitud-diámetro de $L=3\phi$ (donde $\phi=30$ cm) y además cuenta con un agitador de una sola hélice en forma de propela de 12.7 cm (5 pig.) de diámetro.

El sistema en operación consistió fundamentalmente de seis corridas experimentales, durante las cuales se modificaron los parámetros de prueba anteriormente mencionados, como posición del agitador y su correlación con la entrada-salida del fluido. El agitador, se dispuso a tres diferentes posiciones referidas a la altura del nivel del líquido en el tanque-reactor. Dichas posiciones se clasificaron como 1D, 3D y 5D donde "D" es la longitud diametral de la hélice. Por otra parte, la relación de entrada-salida del fluido presentó dos pares de combinaciones, una de ellas fué entrada 7, salida 6 y la otra, entrada 9, salida 4. De esta forma, las condiciones operativas para cada corrida exp. fueron las siguientes:

Corrida 1: posición del agitador 1D y relación entrada-salida del fluido en 7-6 respectivamente.

Corrida 2: posición del agitador 1D y relación entrada-salida del fluido en 9-4 respectivamente.

Corrida 3: posición del agitador 3D y relación entrada-salida del fluido en 7-6 respectivamente.

Corrida 4: posición del agitador 3D y relación entrada-salida del fluido en 9-4 respectivamente.

Corrida 5: posición del agitador 5D y relación entrada-salida del fluido en 7-6 respectivamente.

Corrida 6: posición del agitador 5D y relación entrada-salida del fluido en 9-4 respectivamente.

Cada corrida, se inició con la aplicación de un estímulo efectuado por una inyección de trazador que producía una señal de impulso a la entrada del sistema. Durante aproximadamente 3 h, tiempo en que transcurría cada ensayo (2 ensayos/corrida), se mantuvieron en agitación 58 l de fluido a una velocidad de 288 rpm y con un estado estacionario de flujo (de 18,5 ml/s) medido por un rotámetro. A través del período de tiempo antes mencionado se recolectaron 80 muestras, a las que se les hizo un análisis cuantitativo en base a la concentración del trazador, mediante un fotocolorímetro.

Las muestras obtenidas, mostraron en cada ensayo amplios rangos de variación en la concentración del trazador. Variaciones que registraron valores por encima de la concentración promedio --0.17-- (al inicio de cada ensayo) hasta llegar a casi cero (al transcurrir aprox. 3 h en forma ininterrumpida).

Dichas muestras arrojaron curvas con ajustes matemáticos de orden exponencial $f(x) = \beta e^{-\beta x}$, muy cercanos a la curva de Distribución del Tiempo de Residencia (RTD) del modelo teórico de Mezcla Perfecta $fE = (1/\bar{t})e^{-(t/\bar{t})}$ ó $E_0 \cdot e^{-t/\bar{t}}$; donde: E o E_0 representa la curva RTD; \bar{t} es el tiempo promedio de residencia y θ es un parámetro adimensional de tiempo = t/\bar{t} .

Posteriormente, la información experimental obtenida de las corridas, fue arreglada y sometida a pruebas estadísticas, dos de las cuales se refieren a la bondad de ajuste de funciones de distribución: Prueba de Kolmogorov-Smirnov y Prueba Ji-Cuadrada. Estas dos pruebas tienen como objetivo, medir el grado de ajuste de la función de distribución que se investiga con respecto a la función de distribución teórica que se ha tomado como referencia. Una tercer prueba, denominada prueba de confiabilidad, se aplicó con el propósito de evaluar la consistencia experimental de los ensayos de cada corrida.

Los resultados de los análisis estadísticos fueron los siguientes:

- *La prueba de Confiabilidad* ($P(E \leq t) = 1 - \alpha$) reportó que los datos experimentales no presentaron diferencias importantes entre los ensayos de cada corrida, lo que indica que éstos son estadísticamente confiables.

- *Las pruebas de Bondad de Ajuste*: Kolmogorov-Smirnov ($P(A \leq c) = 1 - \alpha$) y Ji-Cuadrada ($P(\chi^2_0 \leq c) = 1 - \alpha$), mostraron que las corridas 1, 3 y 4 presentaron no diferencias significativas, ajustándose al modelo teórico de tanque agitado.

Se infiere como resultado, que las corridas experimentales muestran, si nó marcadas diferencias, al menos significativas entre algunas de ellas, para creer que las condiciones operativas en el reactor de prueba sí afectaron la RTD de referencia. Esto es así, que la influencia de las condiciones produjo que las seis corridas exp. experimentasen:

- * tiempos medios de residencia (\bar{t}) de menor magnitud en comparación con el tiempo de residencia teórico. En particular las corridas 2, 5 y 6 a razones de \bar{t} de 0.62, 0.74 y 0.72 respectivamente

- * Sesgo en las curvas de distribución $E(t)$ al inicio de los ensayos exp., representado por el coeficiente β de la función exponencial.

Lo anterior indica que los tiempos de salida del material no están distribuidos uniformemente, por lo tanto, hubo desalojamiento rápido de éste con densidades considerables.

CONCLUSIONES

La posición del agitador como de los puntos de entrada y descarga del fluido, influyeron en las curvas de distribución RTD experimentales de tal forma, que las corridas asignadas como 4, 3 y 1 son ajustables al modelo de Tanque Agitado Continuo. En tanto que el resto de ellas: 2, 5 y 6 mostraron lo opuesto, alejándose del modelo.

Estas variaciones son apreciables no solamente en forma estadística, sino también en forma física, al comparar los tiempos promedio de residencia y las curvas de distribución $E(t)$ con sus respectivas funciones.

Se considera relevante, por lo tanto, el hacer notar que en la presencia de condiciones de equipo similares, la magnitud de la agitación es determinante, debiendo buscarse las condiciones más favorables que la correlación posición del agitador-magnitud del volumen del fluido pudiese ofrecer. De igual manera se sugiere, que dependiendo del tipo de agitador y su posición, se analice una adecuada posición de la alimentación y descarga del fluido.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [13] Badger, Walter L. & J.T. Banchemo., *Introducción a la Ingeniería Química*, Mc Graw-Hill., México (1970).
- [5] Cooper & Jeffreys., *Chemical Kinetics and Reactor Design*, Prentice-Hall, INC., New Jersey (1973).
- [10] Denbigh, Kennet., *Teoría del Reactor Química*, Alhambra., Madrid(1968).
- [14] Fogler, H. Scott., *Elements of Chemical Reaction Engineering*, Prentice-Hall,INC., New Jersey (1986).
- [4] Froment & Bischoff., *Chemical Reactor Analysis & Design*, John Wiley & Sons,INC., New York (1979).
- [9] Hartier, H.L. & D.B. Owen., *Selected Tables in Mathematical Statistics*, Manklan Publishing Company,INC., Chicago (1970).
- [6] Kreyszig, Erwin., *Introducción a la Estadística Matemática*, Limusa., México (1982).
- [1] Levenspiel, Octave., *Chemical Reaction Engineering*, John Wiley & Sons, INC., New York (1972).
- [7] Meyer, L.Paul., *Introductory Probability and Statistical Applications*, Addison Wesley Publishing Company,INC Massachusetts (1970).
- [2] Ramírez Becerra Z. 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).
- [3] Smith, J.M., *Chemical Engineering Kinetics*, Mc Graw-Hill; Kogakusha, LTD., Tokyo (1970).
- [8] Walpole R.E. & Myers R.H., *Probabilidad y Estadística para Ingenieros*, Interamericana., México D.F. (1984).

OTRO TIPO DE REFERENCIAS.

- [12] Ludwig E. Ernest., *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, Gulf Publishing Company, Inc., Houston (1977).
- [11] Oldshue Y. James., *Fluid Mixing Technology and Practice*, Mixing Equipment Company, Inc., (1983).
- [15] Phillips, J. B. *Liquid Residence Time Distribution in an orifice-plate contactor*, (THESIS) University of Texas (1965).

APÉNDICE I

ROTÁMETRO

A diferencia de los «medidores de flujo de carga variable» (como son el diafragma y el venturímetro) que efectúan la medición de una presión diferencial variable a través de la sección contraída, en el rotámetro se varia el área a través de la que efectúa el flujo, produciéndose una carga hidrostática diferencial [13]

Básicamente, el rotámetro consiste en un tubo ligeramente cónico, montado con su extremo más estrecho en la parte inferior, que posee un flotador, de un diámetro menor que el de la parte más estrecha del tubo. Durante los cambios de flujo, el flotador asciende o desciende, variando así el área del espacio anular entre el tubo y el flotador, de forma que la pérdida de carga Δh a través de este espacio anular es igual al peso del flotador. Entre algunas ventajas que el rotámetro posee sobre otros medidores son: lectura visual directa (pues normalmente el tubo es de vidrio); amplia zona de aplicación, escala casi lineal y pérdida constante (y pequeña) de carga. No precisa de tramos de tubería recta antes y después del medidor. [13]

Para el rotámetro empleado, la pérdida de carga hidrostática se relaciona con el caudal de flujo de la forma dada por la siguiente ecuación:

$$Q = a(\Delta h)^b$$

donde a y b son parámetros de flujo en el medidor

Q = caudal empleado en las pruebas experimentales, dado en ml/s.

Δh = pérdida de carga, en ml.

La calibración, tiene como propósito hallar los parámetros de flujo a y b del medidor, para elegir un caudal de trabajo y así, establecer un estado estacionario de flujo del fluido. La calibración consiste en programar el rotámetro a diferentes y determinadas pérdidas de carga (Δh). De cada una de éstas (Δh) se toman varias muestras de flujo contra reloj, estas muestras se agrupan para formar propiamente un caudal promedio. Posteriormente, los caudales promedio se reagrupan con sus correspondientes pérdidas de carga generando un ajuste gráfico del tipo $f(x) = ax^b$. La calibración del rotámetro de prueba generó la siguiente relación

$$Q = 0.0359 (\Delta h)^{1.5184}$$

APÉNDICE II

Las pruebas de bondad de ajuste pretenden probar la hipótesis de que cierta función $F(x)$ es la función de distribución de una población, de la cual nosotros hemos obtenido una muestra. Es claro, que la función de distribución de la muestra $\hat{F}(x)$ sea una aproximación de $F(x)$, pues constituye un aspecto particular de la población, así podemos esperar entonces que el grado de concordancia dependa del tamaño de la muestra.

Por lo tanto, si $\hat{F}(x)$ se aproxima "suficientemente bien" a $F(x)$, la hipótesis de que $F(x)$ es la función de distribución de la población no será rechazada. Por el contrario, si $\hat{F}(x)$ se desvía "demasiado" de $F(x)$, rechazaremos la hipótesis. [6].

Para tomar este criterio de decisión, tenemos que saber qué tanto puede diferir $\hat{F}(x)$ de $F(x)$ si la hipótesis es cierta. Para saberlo, se ha estudiado la medida de desviación de $\hat{F}(x)$ respecto de $F(x)$ mediante su distribución de probabilidades estando de pie la hipótesis establecida. Posteriormente se determina un parámetro estadístico de prueba c , tal que si aparece una desviación mayor que c , dudaremos de que la hipótesis es cierta y la rechazaremos. Si por el contrario, la desviación es menor que c , de tal forma que $\hat{F}(x) \approx F(x)$ no rechazaremos la hipótesis. [6]

A continuación consideraremos dos pruebas importantes al respecto, éstas son: la Ji-cuadrada y la de Kolmogorov-Smirnov.

AP.11-a) PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV [6].

Esta prueba es apropiada únicamente para funciones de distribución continuas, ésta intenta probar bajo la condición de una hipótesis a la que hemos denominado "hipótesis nula" que $\hat{F}(x) = F(x)$, de no ser cierta la hipótesis, sucederá lo contrario, es decir, $\hat{F}(x) \neq F(x)$.

Para aplicar el criterio de decisión se siguen estos pasos:

1º Calcular los valores de la función de distribución $\hat{F}(x)$ de la muestra x_1, \dots, x_n .

2º Determinar la desviación máxima $A^* = \max |\hat{F}(x) - F(x)|$ entre $\hat{F}(x)$ y $F(x)$. Significa, puesto que $\hat{F}(x)$ es una función escalonada, A^* debe corresponder a un punto de discontinuidad entre $\hat{F}(x)$ y $F(x)$. En cada punto se calculan dos números no-negativos A^*1 y A^*2 , el más grande de todos estos números es A^* .

3º Escoger un nivel de significancia α (1%, 5%, etc).

4º Determinar la solución c de la ecuación

$$P(A^* \leq c) = 1 - \alpha$$

Si $A^* \leq c$, no se rechaza la hipótesis. Si $A^* > c$, se rechaza la hipótesis.

PROCEDIMIENTO.

• Las funciones de distribución se calcularon de la siguiente forma:

Función de distribución Teórica: $F(t)$ o $F(\theta)$.

$$F(\theta) = \int_0^\theta E_0 d\theta' = \int_0^\theta e^{-\theta'} d\theta' = 1 - e^{-\theta} = 1 - e^{-\lambda t} F(t)$$

Función de distribución Experimental: $\hat{F}(t)$ o $\hat{F}(\theta)$.

$$\hat{F}(t) = \sum_j E_{exp} \Delta t = \hat{F}(\theta) = \sum_j (E_0)_{exp} \Delta \theta$$

• Posteriormente se determinaron las desviaciones A^*1 y A^*2 donde:

$$A^*1 = \hat{F}(t) - F(t-1)$$

$$A^*2 = \hat{F}(t) - F(t)$$

• De esas desviaciones obtener la máxima:

$$A^*_{\max} = |\hat{F}(t) - F(t)|_{\max}$$

• Se escogieron los niveles de significancia α .

• Se determinó el valor crítico de prueba c , para el tamaño n de muestra y el nivel de significancia escogido.

- Se comparó A^*_{\max} vs c para aplicar la prueba estadística, y concluir:

$$\text{si } H_0: \hat{F}(x) = F(x) \quad \text{o}$$

$$\text{si } H_1: \hat{F}(x) \neq F(x).$$

AP.II-b) PRUEBA II-CUADRADA [6] [7]

Esta prueba conviene tanto para distribuciones continuas como para discretas. La idea básica para probar que $F(x)$ es la función de distribución de la población es muy sencilla, primero se subdivide en intervalos la muestra, luego se obtienen sus probabilidades y por último se comparan esas probabilidades con las frecuencias de clase relativas de la muestra dada. Si la discrepancia es demasiado grande rechazamos la hipótesis.

Para aplicar el criterio de decisión se siguen estos pasos:

1º Subdivídase la muestra en k intervalos¹ I_1, I_2, \dots, I_k de tal manera que cada intervalo contiene al menos 5 valores de la muestra dada x_1, \dots, x_n . Determinamos el número b_j de los valores en la muestra en el intervalo I_j ($j=1, \dots, k$), este número representa las frecuencias de clase relativas.

2º Usando $F(x)$, se calcula la probabilidad p_j de que la variable aleatoria X que se considera tome cualquier valor en el intervalo I_j ($j=1, 2, \dots, k$). Se calcula

$$e_j = n p_j.$$

(Este es el número de valores de la muestra teóricamente esperados en I_j si la hipótesis es cierta.)¹¹

¹ los intervalos I_1 e I_k son infinitos.

¹¹ los números e_j deben ser mayores o iguales a 5. Si esta condición se viola para algún intervalo, debemos tomar un intervalo más grande.

3º Se calcula la desviación

$$\chi^2_0 = \sum_{j=1}^k [(f_j - e_j)^2 / e_j].$$

4º Escogemos un nivel de significancia α (1%, 2%, 5%, etc).

5º Se determina la solución c de la ecuación

$$P(\chi^2_0 \leq c) = 1 - \alpha$$

con $k-1$ grados de libertad. Si $\chi^2_0 \leq c$, no se rechaza la hipótesis.

Si $\chi^2_0 > c$, se rechaza la hipótesis.

PROCEDIMIENTO.

• Para poder emplear una función de distribución $F(x)$ que cumpliera no sólo con las condiciones de la prueba, sino también, diera validez a la hipótesis bajo la cual se considera que dicha función hipotética es la distribución de la población, fue necesario lo siguiente:

a) analizar algunas propiedades de la distribución exponencial [7].

Definición: Para la variable aleatoria X que asume todos los valores no-negativos, se dice que tiene una distribución exponencial con parámetro $\alpha > 0$ si su función de distribución de probabilidades esta dada por

$$f(x) = \alpha e^{-\alpha x}, \quad x > 0 \\ = 0, \quad \text{en otro sitio.}$$

y representada por la figura siguiente.



Fig. A2-1 función de distribución exponencial.

La integral a lo largo de toda la función revela que

$$\int_0^{\infty} f(x) dx = 1 \quad (A2-1)$$

que significa que el área bajo la curva de integración es la unidad.

Una de las propiedades principales de esta distribución es su función de distribución acumulada $F(x)$ que está dada por

$$F(x) = P(X \leq x) = \int_0^x \alpha e^{-\alpha z} dz = 1 - e^{-\alpha x}, \quad x \geq 0 \quad (A2-2)$$

$$= 0, \quad \text{en otro sitio.}$$

Por lo tanto si $P(X > x) = e^{-\alpha x}$.

b) analizar el método de máxima verosimilitud. [6] [8]

Sea X una variable aleatoria discreta o continua cuya función de probabilidades $f(x)$, depende de un parámetro ζ . Supóngase que efectuamos n veces el experimento correspondiente, con lo que obtenemos una muestra de n números: x_1, x_2, \dots, x_n .

Si suponemos independencia de los n ensayos, en el caso continuo, la probabilidad de que la muestra conste de valores en los pequeños intervalos $x_1 \leq X \leq x_1 + \Delta x, x_2 \leq X \leq x_2 + \Delta x, \dots, x_n \leq X \leq x_n + \Delta x$

está dada por la expresión $f(x_1)\Delta x f(x_2)\Delta x \dots f(x_n)\Delta x = L(\Delta x)^n$.

Los valores $f(x_1), \dots, f(x_n)$ dependen del parámetro ζ . Se tiene que L depende de x_1, \dots, x_n y ζ . Imaginemos que los valores x_1, \dots, x_n están dados y fijos. Entonces L es una función de ζ , que se llama función de verosimilitud. El método consiste en hacer una aproximación para el valor desconocido ζ , para el que el valor de L es tan grande como sea posible. Si L es una función derivable de ζ , entonces una condición necesaria para que L tenga un máximo es que la primera derivada con respecto a ζ sea cero, es decir,

$$\partial L / \partial \zeta = 0 \quad (A2-3)$$

Una solución de (A2-3) que depende de x_1, \dots, x_n se llama estimación de máxima verosimilitud para el parámetro ζ . Si en la solución reemplazamos a x_1, \dots, x_n por las variables aleatorias independientes X_1, \dots, X_n , cada una de las cuales, tiene la distribución de X , obtenemos una variable aleatoria que se llama estimador de máxima verosimilitud para ζ .

y c) aplicar las propiedades anteriores a la información experimental.

Primero que todo, asumamos que los datos experimentales, tal como se presentan en las gráficas 4-1 a 4-6, obedecen a la distribución exponencial de la forma siguiente

$$\hat{f}(x) = \beta e^{-\alpha x} \approx (E_0)_{exp} \quad (A2-4)$$

Donde β y α son ciertos parámetros propios de las curvas experimentales. Si aplicamos la propiedad (A2-1) tendremos

$$\int_0^{\infty} \hat{f}(x) dx = 1 \quad \int_0^{\infty} \beta e^{-\alpha x} dx = 1$$

donde $e^0 = 1$ y $e^{\infty} = 0$ y así, por lo tanto, $\beta = \alpha$.

Al sustituir $\beta = \alpha$ en la ec. (A2-4) obtenemos $\hat{f}(x) = \alpha e^{-\alpha x}$ con lo que se ha normalizado la distribución experimental.

Para precisar el siguiente parámetro α de la distribución usamos la técnica de estimación de máxima verosimilitud. De esta manera tenemos

$$\begin{aligned} & L = \alpha^n e^{-\alpha x_1} \alpha e^{-\alpha x_2} \dots \alpha e^{-\alpha x_n} \\ & L = \alpha^n e^{-\alpha(x_1 + x_2 + \dots + x_n)} \\ & L = \alpha^n e^{-\alpha \sum x_j} \quad \text{LN } L = n \text{LN} \alpha - \alpha \sum x_j \\ & \partial \text{LN } L / \partial \alpha = n / \alpha - \sum x_j \end{aligned}$$

aplicando $\partial \text{LN } L / \partial \alpha = 0$ obtenemos $\hat{\alpha} = n / \sum x_j = 1 / \bar{x}$ (A2-5) que es el mejor estimador de la distribución exponencial.

Por último para hallar la función de distribución acumulada $F(x)$ usamos la ec. (A2-2)

$$F(x) = \int_0^x \beta e^{-\alpha z} dz = \beta / \alpha \{1 - e^{-\alpha x}\} \text{ sust. } \beta = \alpha \text{ obtenemos } F(x) = 1 - e^{-\alpha x}$$

aplicando el estimador $\hat{\alpha} = n / \sum x_j = 1 / \bar{x}$ obtenemos entonces que la función hipotética de población es la siguiente: $F(x) = 1 - e^{-(x/\bar{x})}$.

Para respaldar la asunción de que las distribuciones experimentales siguen un delineamiento exponencial de la forma $f(x)=\beta e^{-\alpha x}$, se demuestran y comparan, los parámetros α y β de la distribución para las funciones teórica y experimental.

CORRIDA	$f(x)=\beta 10^{-\alpha x}$		$f(\theta)=\beta e^{-\alpha \theta}$
teórica	$Y=0.9997 10^{-0.4337x}$	R=1.00	$f(\theta)=0.9997e^{-0.9988\theta}$
1	$Y=1.1549 10^{-0.5111x}$	R=0.99	$f(\theta)=1.1549e^{-1.1771\theta}$
2			
3	$Y=1.1054 10^{-0.4903x}$	R=0.99	$f(\theta)=1.1054e^{-1.1292\theta}$
4	$Y=1.0572 10^{-0.4223x}$	R=1.00	$f(\theta)=1.0572e^{-0.9726\theta}$
5	$Y=1.088 10^{-0.5379x}$	R=0.98	$f(\theta)=1.088 e^{-1.2388\theta}$
6			

Parámetros de las distribuciones:

corrida	α	β
teórica	0.9988	0.9997
1	1.1771	1.1549
2		
3	1.1292	1.1054
4	0.9726	1.0572
5	1.2388	1.088
6		

---APLICACIÓN DE LA PRUEBA ---

- Se obtiene el estimador de máxima verosimilitud mediante

$$\hat{\alpha} = n / \sum x_j = 1 / \bar{X}$$

- A continuación se subdividió en k intervalos la muestra, que en nuestro caso es $X = (E_0, x_p]$, para los cuales deseamos ajustar hacia $F(x)$ la función de población.

- Obtenemos el número b_j (frecuencias de clase relativas de la muestra).

- Calculamos la probabilidad p_j mediante la función hipotética $F(x)$ para cada x correspondiente al punto frontera final de c /intervalo.

- Posteriormente encontramos $c_j = n \cdot p_j$.

- Calculamos la desviación χ^2_0 .

- Escogemos un nivel de significancia α .

- Determinamos el valor crítico de prueba c , para el tamaño n de muestra, el nivel de significancia α , y lo grados de libertad gl , mediante $k - r - 1$ donde r corresponde al número de parámetros estimados.

- Por último se comparó c vs χ^2_0 para aplicar la prueba estadística y concluir: si H_0 (hipótesis nula) fuese cierta.

APÉNDICE III

A*1: estadístico de prueba de ajuste (Kolmogorov-Smirnov) dado por la sig. expresión $\{(EDTA-EX)_i - (EDTA-T)_{i-1}\} = \{(\bar{F}(t))_i - (F(t))_{i-1}\}$.

A*2: estadístico de prueba de ajuste (Kolmogorov-Smirnov) dado por la sig. expresión $\{(EDTA-EX)_i - (EDTA-T)_i\} = \{(\bar{F}(t))_i - (F(t))_i\}$.

t(min): tiempo de muestreo en minutos.

En las tablas A3-7, A3-8 y A3-9 aparece la información estadística para las seis corridas referida a la prueba de ji-cuadrada χ^2_0 , los parámetros en ellas significan lo siguiente:

X = E_{θ(exp)}: valores de la muestra experimental arreglados en intervalos.

b_j: es el número de frecuencias de clase relativas en la muestra para cada intervalo.

F(x) = 1 - e^{-θx}: calculo de la probabilidad P_j mediante la función hipotética F(x) con parámetro θ para cada corrida.

e_j: número de valores de la muestra teóricamente esperados en cada intervalo, si la hipótesis es cierta. Este está dado por la relación np_j, donde n es el tamaño de la muestra.

χ²₀: estadístico de bondad de ajuste para la prueba. Dado por la relación sig. $\chi^2_0 = \sum_j [(b_j - c_j)^2 / e_j]$.

TABLA A3-1. Datos experimentales procesados estadísticamente mediante la prueba de ajuste Kolmogorov-Smirnov para la corrida 1.

No.	ET-1A	ET-DK	D _n	EDTA-T	IDT-1A	IDT-DK	EDTA-1A	EDTA-DK	F*1	A*1	A*2	(km/h)
1	2.999	3.094	.083	2.000-E	3.845-E	4.814-E	4.565-E	4.814-E	-2.490-E	4.014-E	2.814-E	0.083
2	1.405	1.291	.083	3.000-E	2.873-E	2.407-E	7.188-E	7.221-E	-9.100-E	5.221-E	4.221-E	0.167
3	1.283	1.216	.083	3.000-E	1.992-E	1.909-E	9.120-E	9.180-E	0.000	6.180-E	4.180-E	0.250
4	1.139	.082	.083	4.000-E	1.824-E	1.824-E	1.096-E	1.096-E	0.000	5.960-E	4.960-E	0.333
5	1.096	1.084	.083	6.000-E	1.743-E	1.743-E	1.270-E	1.270-E	0.000	6.700-E	4.700-E	0.417
6	1.084	1.084	.083	0.010	1.743-E	1.743-E	1.444-E	1.444-E	0.000	4.444-E	4.444-E	0.800
7	1.060	1.054	.083	0.011	1.440-E	1.440-E	1.610-E	1.610-E	0.000	1.610-E	1.610-E	0.666
8	1.040	1.042	.083	0.013	1.440-E	1.440-E	1.774-E	1.774-E	0.000	6.700-E	4.700-E	0.647
9	1.044	1.040	.083	0.014	1.440-E	1.440-E	1.942-E	1.942-E	0.000	6.420-E	5.420-E	0.790
10	1.044	1.040	.083	0.016	1.440-E	1.440-E	2.108-E	2.108-E	0.000	7.080-E	5.080-E	0.903
11	1.040	1.040	.083	0.018	1.440-E	1.440-E	2.274-E	2.274-E	0.000	6.740-E	4.740-E	0.917
12	1.044	1.044	.083	0.019	1.743-E	1.660-E	2.449-E	2.449-E	0.000	6.400-E	5.400-E	1.000
13	1.040	1.044	.167	0.022	3.840-E	3.840-E	2.788-E	2.774-E	9.000-E	8.700-E	5.700-E	1.167
14	1.040	1.040	.167	0.024	3.840-E	3.840-E	3.177-E	3.108-E	9.000-E	8.080-E	5.080-E	1.333
15	1.044	1.044	.167	0.029	3.840-E	3.840-E	3.451-E	3.442-E	9.000-E	8.420-E	5.420-E	1.500
16	1.078	1.044	.167	0.031	3.807-E	3.840-E	3.801-E	3.776-E	2.500-E	6.700-E	4.700-E	1.647
17	1.078	1.044	.167	0.034	3.807-E	3.840-E	4.152-E	4.110-E	-4.200-E	0.010	7.100-E	1.833
18	1.048	1.048	.167	0.037	3.840-E	3.840-E	4.486-E	4.444-E	-4.200-E	0.010	4.400-E	2.000
19	1.048	1.042	.167	0.040	3.840-E	3.840-E	4.820-E	4.778-E	-4.200-E	0.011	7.700-E	2.167
20	1.042	1.030	.167	0.044	3.840-E	3.840-E	5.154-E	5.112-E	-4.200-E	0.011	7.100-E	2.333
21	1.034	1.030	.167	0.047	3.840-E	3.840-E	5.488-E	5.444-E	-4.200-E	0.010	7.400-E	2.500
22	1.018	1.024	.167	0.050	3.173-E	3.840-E	5.805-E	5.780-E	-4.200-E	0.011	7.800-E	2.647
23	1.024	1.024	.167	0.053	3.840-E	3.840-E	6.139-E	6.114-E	-2.500-E	0.011	8.100-E	2.833
24	1.024	1.024	.167	0.055	3.840-E	3.840-E	6.473-E	6.448-E	-2.500-E	0.011	8.400-E	3.000
25	1.012	1.012	.333	0.062	4.827-E	4.827-E	7.104-E	7.081-E	-2.500-E	0.016	8.810-E	3.333
26	1.006	1.006	.333	0.068	4.827-E	4.827-E	7.739-E	7.739-E	-2.500-E	0.016	9.140-E	3.647
27	1.004	1.004	.333	0.073	4.827-E	4.827-E	8.371-E	8.344-E	-2.500-E	0.016	9.460-E	3.900
28	1.012	1.000	.333	0.080	4.827-E	4.827-E	8.999-E	8.979-E	-2.500-E	0.016	9.790-E	4.333
29	1.000	0.998	.333	0.086	4.827-E	4.827-E	9.627-E	9.612-E	-2.500-E	0.016	10.11	4.647
30	0.946	0.952	.333	0.092	5.994-E	5.994-E	1.102	1.102	0.000	0.010	0.010	5.000
31	0.976	0.970	.333	0.097	4.827-E	4.827-E	1.09	1.09	0.000	1.000-E	0.016	4.833
32	0.976	0.976	.333	0.102	4.827-E	4.827-E	1.115	1.115	0.000	0.010	0.016	5.647
33	0.964	0.968	.333	0.109	5.994-E	5.994-E	1.121	1.121	0.000	0.010	0.012	6.000
34	0.964	0.964	.333	0.111	5.994-E	5.994-E	1.127	1.127	0.000	0.010	0.012	6.333
35	0.964	0.964	.333	0.120	5.994-E	5.994-E	1.132	1.132	0.000	0.010	0.018	6.647
36	0.952	0.952	.333	0.125	5.994-E	5.994-E	1.139	1.139	0.000	0.010	0.014	7.000
37	0.946	0.929	.5	0.134	9.000-E	9.000-E	1.148	1.148	0.000	0.023	0.014	7.900
38	0.910	0.922	.5	0.142	8.000-E	8.000-E	1.156	1.156	-1.000-E	0.023	0.018	8.000
39	0.910	0.904	.5	0.150	8.000-E	8.000-E	1.165	1.165	0.000	0.023	0.018	8.900
40	0.910	0.910	.5	0.158	8.000-E	8.000-E	1.178	1.174	-1.000-E	0.024	0.016	9.000
41	0.904	0.899	.5	0.164	8.000-E	8.000-E	1.182	1.182	0.000	0.024	0.016	9.333
42	0.899	0.899	.5	0.174	8.000-E	8.000-E	1.190	1.191	-1.000-E	0.024	0.017	10.000
43	0.880	0.880	1.0	0.190	0.017	0.017	2.07	2.07	-1.000-E	0.034	0.018	11.000
44	0.842	0.844	1.0	0.205	0.016	0.016	2.23	2.23	-1.000-E	0.034	0.018	12.000
45	0.850	0.858	1.0	0.220	0.016	0.016	2.39	2.40	-1.000-E	0.034	0.020	13.000
46	0.832	0.826	1.0	0.233	0.016	0.016	2.55	2.54	-1.000-E	0.034	0.021	14.000
47	0.816	0.832	1.0	0.249	0.016	0.016	2.71	2.71	0.000	0.034	0.022	15.000
48	0.778	0.770	1.0	0.277	0.017	0.017	3.01	3.01	0.000	0.052	0.023	17.000
49	0.743	0.749	1.0	0.305	0.028	0.028	3.29	3.29	0.000	0.052	0.024	19.000
50	0.725	0.719	1.0	0.331	0.028	0.028	3.57	3.57	0.000	0.052	0.024	21.000
51	0.783	0.781	2.0	0.324	0.026	0.026	3.83	3.83	0.000	0.052	0.024	23.000
52	0.639	0.639	2.0	0.380	0.026	0.026	4.09	4.09	0.000	0.052	0.029	25.000
53	0.617	0.641	2.0	0.404	0.024	0.024	4.33	4.33	0.000	0.052	0.029	27.000
54	0.611	0.611	2.0	0.423	0.024	0.024	4.57	4.57	0.000	0.052	0.029	29.000
55	0.581	0.584	2.0	0.447	0.022	0.022	4.79	4.79	0.000	0.052	0.032	31.000
56	0.587	0.584	2.0	0.468	0.022	0.022	5.01	5.01	0.000	0.052	0.033	33.000
57	0.553	0.553	2.0	0.489	0.020	0.020	5.21	5.21	0.000	0.052	0.033	35.000
58	0.523	0.529	2.0	0.507	0.019	0.019	5.41	5.41	1.000-E	0.052	0.033	37.000
59	0.509	0.497	2.0	0.526	0.019	0.019	5.60	5.63	1.000-E	0.052	0.033	39.000
60	0.479	0.479	2.0	0.544	0.018	0.018	5.78	5.77	1.000-E	0.051	0.033	41.000
61	0.461	0.461	2.0	0.561	0.018	0.018	5.96	5.96	1.000-E	0.051	0.033	43.000
62	0.437	0.498	2.0	0.577	0.017	0.017	6.13	6.13	1.000-E	0.051	0.036	45.000
63	0.390	0.393	5.0	0.616	0.039	0.039	6.51	6.49	2.000-E	0.072	0.033	50.000
64	0.329	0.365	5.0	0.681	0.034	0.034	6.83	6.83	2.000-E	0.087	0.032	55.000
65	0.332	0.365	5.0	0.737	0.033	0.033	7.17	7.12	2.000-E	0.087	0.032	60.000
66	0.299	0.387	5.0	0.712	0.029	0.029	7.44	7.43	2.000-E	0.086	0.027	65.000
67	0.269	0.387	5.0	0.739	0.026	0.026	7.72	7.74	2.000-E	0.086	0.026	70.000
68	0.240	0.340	5.0	0.764	0.024	0.024	7.95	7.97	2.000-E	0.086	0.026	75.000
69	0.226	0.216	5.0	0.794	0.022	0.022	8.21	8.19	3.000-E	0.044	0.024	80.000
70	0.204	0.192	5.0	0.808	0.022	0.021	8.37	8.28	0.011	0.042	0.023	85.000
71	0.180	0.174	5.0	0.821	0.021	0.021	8.54	8.61	0.011	0.040	0.023	90.000
72	0.156	0.138	10.0	0.853	0.023	0.023	8.84	8.89	0.018	0.048	0.016	100.000
73	0.120	0.108	10.0	0.878	0.023	0.021	9.07	8.90	0.017	0.037	0.012	110.000
74	0.102	0.090	10.0	0.899	0.020	0.021	9.27	9.07	0.020	0.029	0.009-E	120.000
75	0.078	0.064	10.0	0.917	0.018	0.018	9.42	9.20	0.022	0.023	0.009-E	130.000
76	0.048	0.048	10.0	0.931	9.187-E	9.187-E	9.32	9.27	0.023	0.022	-2.000-E	140.000
77	0.048	0.039	10.0	0.943	9.187-E	9.484-E	9.41	9.38	0.023	0.020-E	-1.000-E	150.000
78	0.048	0.030	10.0	0.953	9.187-E	9.730-E	9.43	9.38	-1.200-E	0.023	-0.200-E	160.000
79	0.036	0.029	10.0	0.961	9.995-E	7.265-E	9.77	9.47	0.030	-4.000-E	-0.014	170.000
80	0.018	0.012	10.0	0.968	3.445-E	2.297-E	9.80	9.49	0.031	-0.012	-0.019	180.000

TABLA A3-2. Datos experimentales procesados estadísticamente mediante la prueba de ajuste Kolmogorov-Smirnov para la corrida 2.

N.	ET-2A	ET-C	ET	EDTA-T	EDT-2A	EDT-C	EDTA-2A	EDT-C	ET-1	ET-2	ET-3	ET-4	ET-5
1	1.757	1.413	0.083	2.000E-3	2.739E-3	2.281E-3	2.779E-3	2.241E-3	4.980E-4	2.241E-3	2.410E-3	0.096	
2	1.407	1.553	0.083	3.000E-3	2.241E-3	2.407E-3	4.980E-3	4.848E-3	3.320E-4	2.449E-3	1.649E-3	0.117	
3	1.192	1.192	0.083	5.000E-3	1.909E-3	1.909E-3	6.889E-3	6.357E-3	3.320E-4	2.571E-3	1.251E-3	0.200	
4	1.090	1.090	0.083	6.000E-3	1.743E-3	1.743E-3	6.832E-3	6.300E-3	3.320E-4	1.300E-3	2.300E-3	0.143	
5	1.080	1.080	0.083	8.000E-3	1.640E-3	1.640E-3	1.029E-2	9.940E-3	3.300E-4	3.960E-3	1.960E-3	0.417	
6	1.018	1.012	0.083	0.010	1.577E-3	1.577E-3	1.187E-2	1.154E-2	3.300E-4	3.340E-3	1.560E-3	0.500	
7	1.006	1.006	0.083	0.011	1.577E-3	1.577E-3	1.345E-2	1.311E-2	4.000E-4	3.110E-3	2.110E-3	0.595	
8	0.998	1.006	0.083	0.013	1.577E-3	1.577E-3	1.502E-2	1.469E-2	3.300E-4	2.690E-3	1.690E-3	0.647	
9	0.982	0.988	0.083	0.014	1.577E-3	1.577E-3	1.640E-2	1.627E-2	3.300E-4	3.370E-3	2.370E-3	0.750	
10	0.962	0.988	0.083	0.016	1.577E-3	1.577E-3	1.818E-2	1.785E-2	3.300E-4	3.850E-3	1.850E-3	0.833	
11	0.934	0.982	0.083	0.018	1.577E-3	1.577E-3	1.975E-2	1.942E-2	3.300E-4	3.420E-3	1.420E-3	0.917	
12	0.908	0.982	0.083	0.019	1.577E-3	1.577E-3	2.133E-2	2.100E-2	3.300E-4	3.000E-3	2.000E-3	1.000	
13	0.898	0.964	0.167	0.022	3.006E-3	3.006E-3	2.400E-2	2.400E-2	3.300E-4	3.000E-3	2.000E-3	1.157	
14	0.908	0.964	0.167	0.024	3.006E-3	3.006E-3	2.734E-2	2.701E-2	3.300E-4	3.010E-3	1.010E-3	1.332	
15	0.964	0.964	0.167	0.029	3.006E-3	3.006E-3	3.023E-2	3.002E-2	3.300E-4	4.200E-3	1.020E-3	1.800	
16	0.964	0.964	0.167	0.031	3.006E-3	3.006E-3	3.354E-2	3.302E-2	3.300E-4	4.600E-3	1.020E-3	1.647	
17	0.908	0.908	0.167	0.034	3.006E-3	3.006E-3	3.636E-2	3.603E-2	3.300E-4	3.000E-3	2.000E-3	1.852	
18	0.952	0.952	0.167	0.037	3.006E-3	3.006E-3	3.937E-2	3.904E-2	3.300E-4	3.000E-3	2.000E-3	2.000	
19	0.952	0.958	0.167	0.040	3.006E-3	3.006E-3	4.237E-2	4.204E-2	3.300E-4	3.000E-3	2.000E-3	2.157	
20	0.944	0.952	0.167	0.044	3.006E-3	3.006E-3	4.530E-2	4.500E-2	3.300E-4	3.000E-3	1.000E-3	2.332	
21	0.934	0.940	0.167	0.047	3.006E-3	3.006E-3	4.839E-2	4.805E-2	3.300E-4	4.000E-3	1.000E-3	2.800	
22	0.916	0.954	0.167	0.050	3.006E-3	3.006E-3	5.139E-2	5.106E-2	3.300E-4	4.000E-3	1.000E-3	2.647	
23	0.910	0.928	0.167	0.053	2.839E-3	3.006E-3	5.423E-2	5.407E-2	1.600E-3	4.070E-3	1.070E-3	2.852	
24	0.916	0.928	0.167	0.055	3.006E-3	3.006E-3	5.724E-2	5.707E-2	1.700E-3	4.070E-3	2.070E-3	3.000	
25	0.904	0.922	0.332	0.062	6.641E-3	6.994E-3	6.290E-2	6.307E-2	1.700E-3	6.070E-3	1.070E-3	3.375	
26	0.904	0.922	0.332	0.068	6.641E-3	6.994E-3	6.806E-2	6.806E-2	4.000E-3	7.600E-3	1.260E-3	4.647	
27	0.892	0.904	0.332	0.074	6.641E-3	6.641E-3	7.422E-2	7.472E-2	4.000E-3	6.700E-3	1.200E-3	4.887	
28	0.898	0.904	0.332	0.080	6.641E-3	6.641E-3	7.969E-2	8.038E-2	4.000E-3	6.800E-3	3.800E-3	4.454	
29	0.898	0.904	0.332	0.084	6.641E-3	6.641E-3	8.526E-2	8.460E-2	4.000E-3	6.040E-3	1.040E-3	5.000	
30	0.892	0.904	0.332	0.092	6.641E-3	6.641E-3	9.120E-2	9.170E-2	4.000E-3	6.700E-3	1.000E-3	5.600	
31	0.892	0.898	0.332	0.097	6.641E-3	6.641E-3	9.666E-2	9.784E-2	4.000E-3	3.600E-3	3.600E-3	5.543	
32	0.892	0.898	0.332	0.102	6.641E-3	6.641E-3	1.03	1.03	0.000	1.000E-3	1.000E-3	5.000	
33	0.892	0.898	0.332	0.109	6.641E-3	6.641E-3	1.08	1.09	0.000	7.000E-3	0.000	6.600	
34	0.890	0.890	0.332	0.114	6.641E-3	6.641E-3	1.14	1.14	0.000	5.000E-3	0.000	6.800	
35	0.890	0.890	0.332	0.120	6.641E-3	6.641E-3	1.20	1.20	0.000	4.600E-3	0.000	6.647	
36	0.896	0.890	0.332	0.125	6.641E-3	6.641E-3	1.25	1.24	1.000E-3	4.200E-3	1.000E-3	6.400	
37	0.896	0.896	5	0.134	8.000E-3	8.000E-3	1.33	1.34	1.000E-3	9.000E-3	0.000	7.800	
38	0.844	0.950	5	0.142	8.000E-3	8.000E-3	1.41	1.42	1.000E-3	8.000E-3	0.000	8.000	
39	0.839	0.844	5	0.150	8.000E-3	8.000E-3	1.49	1.50	1.000E-3	8.000E-3	0.000	8.000	
40	0.839	0.832	5	0.158	8.000E-3	8.000E-3	1.57	1.58	1.000E-3	8.000E-3	0.000	8.000	
41	0.826	0.826	5	0.164	8.000E-3	8.000E-3	1.65	1.65	1.000E-3	8.000E-3	0.000	8.000	
42	0.826	0.826	5	0.174	8.000E-3	8.000E-3	1.73	1.74	1.000E-3	8.000E-3	0.000	10.000	
43	0.808	0.808	10	0.190	0.015	0.015	1.88	1.89	1.000E-3	0.015	1.000E-3	11.000	
44	0.796	0.808	10	0.203	0.015	0.015	2.03	2.03	1.000E-3	0.014	1.000E-3	11.000	
45	0.778	0.772	10	0.220	0.015	0.015	2.18	2.19	1.000E-3	0.014	1.000E-3	13.000	
46	0.766	0.749	10	0.235	0.015	0.014	2.33	2.33	0.000	0.013	1.000E-3	14.000	
47	0.749	0.737	10	0.249	0.014	0.014	2.47	2.47	0.000	0.012	1.000E-3	15.000	
48	0.701	0.701	2.0	0.277	0.026	0.026	2.78	2.77	0.000	0.024	1.000E-3	17.000	
49	0.677	0.677	2.0	0.305	0.026	0.026	2.99	2.99	0.000	0.022	4.000E-3	18.000	
50	0.659	0.658	2.0	0.331	0.026	0.026	3.25	3.25	2.000E-3	0.018	4.000E-3	21.000	
51	0.650	0.651	2.0	0.354	0.024	0.024	3.49	3.49	2.000E-3	0.016	4.000E-3	23.000	
52	0.653	0.653	2.0	0.380	0.022	0.022	3.71	3.69	2.000E-3	0.013	0.011	25.000	
53	0.653	0.653	2.0	0.404	0.022	0.022	3.93	3.91	2.000E-3	0.011	0.011	27.000	
54	0.659	0.657	2.0	0.434	0.020	0.020	4.12	4.11	2.000E-3	7.000E-3	0.010	29.000	
55	0.659	0.659	2.0	0.447	0.019	0.019	4.32	4.30	2.000E-3	4.000E-3	0.010	31.000	
56	0.497	0.479	2.0	0.468	0.019	0.018	4.51	4.48	2.000E-3	3.000E-3	0.020	33.000	
57	0.479	0.479	2.0	0.488	0.018	0.018	4.68	4.68	2.000E-3	2.000E-3	0.020	35.000	
58	0.449	0.431	2.0	0.507	0.017	0.016	4.84	4.82	4.000E-3	4.000E-3	0.020	37.000	
59	0.431	0.426	2.0	0.526	0.016	0.016	5.02	4.98	4.000E-3	3.000E-3	0.020	39.000	
60	0.419	0.419	2.0	0.544	0.016	0.016	5.18	5.07	4.000E-3	2.000E-3	0.020	41.000	
61	0.290	0.293	2.0	0.561	0.015	0.015	5.33	5.29	4.000E-3	1.000E-3	0.020	43.000	
62	0.283	0.271	2.0	0.577	0.015	0.014	5.48	5.43	3.000E-3	0.018	0.024	45.000	
63	0.281	0.281	2.0	0.594	0.015	0.015	5.61	5.58	3.000E-3	1.000E-3	0.020	47.000	
64	0.300	0.299	2.0	0.611	0.015	0.015	5.75	5.70	3.000E-3	1.000E-3	0.020	49.000	
65	0.275	0.269	2.0	0.631	0.026	0.026	6.04	6.04	5.000E-3	0.020	0.020	50.000	
66	0.246	0.240	2.0	0.712	0.028	0.028	6.60	6.60	6.000E-3	0.029	0.029	60.000	
67	0.210	0.210	2.0	0.739	0.023	0.023	6.80	6.80	6.000E-3	6.000E-3	0.040	70.000	
68	0.196	0.192	2.0	0.762	0.018	0.018	6.98	6.92	6.000E-3	0.044	0.044	75.000	
69	0.162	0.169	2.0	0.794	0.016	0.016	7.16	7.08	6.000E-3	0.054	0.054	80.000	
70	0.144	0.144	2.0	0.802	0.015	0.015	7.28	7.28	6.000E-3	0.054	0.054	85.000	
71	0.128	0.122	2.0	0.821	0.012	0.012	7.40	7.34	4.000E-3	0.047	0.047	90.000	
72	0.108	0.108	10	0.853	0.021	0.021	7.61	7.57	4.000E-3	0.064	0.064	100.000	
73	0.064	0.064	10	0.878	0.016	0.016	7.74	7.74	4.000E-3	0.064	0.064	110.000	
74	0.040	0.040	10	0.899	0.011	0.011	7.85	7.81	4.000E-3	0.097	0.097	120.000	
75	0.048	0.048	10	0.917	0.187E-2	0.187E-2	7.94	7.90	4.000E-3	0.109	0.127	130.000	
76	0.038	0.038	10	0.938	0.010	0.010	8.03	7.96	4.000E-3	0.120	0.120	140.000	
77	0.018	0.018	10	0.943	1.445E-3	1.445E-3	8.04	7.99	5.000E-3	0.132	0.134	150.000	
78	3.999E-3	3.999E-3	10	0.953	1.146E-3	1.146E-3	8.05	8.01	4.000E-3	0.142	0.142	160.000	
79	0.000	0.000	10	0.961	0.000	0.000	8.05	8.01	4.000E-3	0.162	0.162	170.000	
80	0.000	0.000	10	0.968	0.000	0.000	8.06	8.01	4.000E-3	0.160	0.167	180.000	

TABLA A3-3. Datos experimentales procesados estadísticamente mediante la prueba de ajuste Kolmogorov-Smirnov para la corrida 3.

Nº	ET-SA	ET-CK	DI	EDTA-E	EDT-SA	EDT-CK	EDTA-SA	EDTA-CK	EP1	A1	A2	(mm)
1	1.429	1.728	.063	2.000-E	2.374-E	2.738-E	3.278-E	3.739-E	-1.440-E	2.739-E	7.390-E	0.083
2	1.205	1.323	.085	3.000-E	2.975-E	4.498-E	4.814-E	-1.440-E	-1.440-E	2.814-E	1.814-E	0.167
3	1.090	1.126	.085	3.000-E	1.743-E	1.826-E	4.891-E	6.640-E	-2.490-E	3.840-E	1.640-E	0.250
4	1.108	1.078	.062	6.000-E	1.743-E	1.743-E	0.184-E	0.240-E	-2.490-E	3.840-E	2.280-E	0.232
5	1.099	1.040	.085	6.000-E	1.440-E	1.440-E	9.794-E	1.004-E	-2.440-E	4.840-E	2.040-E	0.417
6	1.090	1.094	.063	0.010	1.743-E	1.743-E	1.154-E	1.179-E	-2.800-E	3.700-E	1.700-E	0.180
7	1.094	1.084	.063	0.011	1.743-E	1.743-E	1.328-E	1.328-E	-2.800-E	4.200-E	2.800-E	0.581
8	1.046	1.040	.063	0.013	1.440-E	1.440-E	1.494-E	1.191-E	-2.800-E	4.190-E	2.190-E	0.647
9	1.056	1.042	.063	0.014	1.440-E	1.440-E	1.640-E	1.640-E	-2.800-E	3.800-E	2.800-E	0.750
10	1.084	1.078	.063	0.016	1.743-E	1.743-E	1.824-E	1.824-E	-2.800-E	4.200-E	2.800-E	0.883
11	1.046	1.042	.063	0.018	1.440-E	1.440-E	2.000-E	2.000-E	-2.800-E	4.200-E	2.200-E	0.917
12	1.046	1.040	.063	0.019	1.440-E	1.440-E	2.164-E	2.114-E	-2.800-E	3.800-E	2.800-E	0.917
13	1.018	1.030	.167	0.022	3.173-E	3.840-E	2.444-E	2.323-E	-1.100-E	4.200-E	3.200-E	1.167
14	1.036	1.036	.167	0.026	3.840-E	3.840-E	2.818-E	2.891-E	-1.100-E	4.200-E	2.900-E	1.233
15	1.040	1.054	.167	0.029	3.840-E	3.840-E	3.152-E	3.152-E	-1.100-E	3.800-E	2.900-E	1.300
16	1.036	1.030	.167	0.031	3.840-E	3.840-E	3.486-E	3.371-E	-1.100-E	4.670-E	3.170-E	1.447
17	1.036	1.030	.167	0.034	3.840-E	3.840-E	3.820-E	3.841-E	-1.100-E	7.610-E	4.610-E	1.833
18	1.030	1.030	.167	0.037	3.840-E	3.840-E	4.154-E	4.154-E	-1.100-E	7.900-E	4.900-E	2.000
19	1.030	1.030	.167	0.040	3.840-E	3.840-E	4.488-E	4.488-E	-1.100-E	8.200-E	5.200-E	2.167
20	1.024	1.018	.167	0.044	3.840-E	3.173-E	4.822-E	4.847-E	-2.800-E	8.470-E	4.470-E	2.233
21	1.018	1.006	.167	0.047	3.173-E	3.173-E	5.156-E	5.156-E	-2.800-E	7.840-E	4.840-E	2.300
22	0.976	0.999	.167	0.050	3.173-E	3.173-E	5.484-E	5.484-E	-2.800-E	7.910-E	4.810-E	2.447
23	1.024	1.012	.167	0.053	3.840-E	3.173-E	5.818-E	5.794-E	-6.000-E	7.900-E	4.900-E	2.432
24	0.976	0.976	.167	0.055	3.173-E	3.173-E	6.108-E	6.114-E	-6.000-E	8.160-E	4.160-E	2.500
25	1.018	1.006	.333	0.062	6.327-E	6.327-E	6.748-E	6.748-E	-6.000-E	0.012	6.480-E	3.333
26	0.994	0.999	.333	0.068	6.327-E	6.327-E	7.281-E	7.281-E	-6.000-E	0.012	8.910-E	3.333
27	1.000	0.992	.333	0.074	6.327-E	6.327-E	7.814-E	8.014-E	-6.000-E	0.012	6.140-E	4.000
28	0.998	0.992	.333	0.082	6.327-E	6.327-E	8.347-E	8.447-E	-6.000-E	0.012	6.470-E	3.333
29	0.976	0.970	.333	0.085	6.327-E	6.327-E	8.771-E	9.271-E	-6.000-E	0.015	7.790-E	4.667
30	0.976	0.970	.333	0.092	6.327-E	6.994-E	9.904-E	9.904-E	-6.000-E	0.015	6.790-E	5.000
31	0.964	0.951	.333	0.097	6.994-E	6.994-E	10.328-E	10.328-E	0.000	0.000	8.900-E	5.333
32	0.929	0.934	.333	0.102	6.994-E	6.994-E	1.111	1.111	0.000	0.014	9.000-E	3.667
33	0.952	0.940	.333	0.109	6.994-E	6.994-E	1.117	1.117	0.000	0.015	8.000-E	4.000
34	0.964	0.954	.333	0.113	6.994-E	6.994-E	1.123	1.123	0.000	0.015	8.000-E	3.333
35	0.946	0.929	.333	0.120	6.994-E	6.994-E	1.129	1.129	0.000	0.016	8.000-E	6.447
36	0.910	0.910	.333	0.125	5.641-E	5.641-E	1.135	1.135	1.000-E	0.016	9.000-E	7.000
37	0.916	0.904	.5	0.134	9.000-E	8.500-E	1.144	1.143	1.000-E	0.018	9.000-E	7.500
38	0.916	0.904	.5	0.142	9.000-E	8.500-E	1.153	1.153	1.000-E	0.017	9.000-E	8.000
39	0.848	0.880	.5	0.150	8.500-E	8.500-E	1.161	1.161	1.000-E	0.019	8.000	8.000
40	0.848	0.880	.5	0.158	8.500-E	8.500-E	1.170	1.169	2.000-E	0.018	1.000-E	9.000
41	0.898	0.880	.5	0.164	8.500-E	8.500-E	1.178	1.177	1.000-E	0.019	0.011	9.800
42	0.886	0.880	.5	0.174	8.500-E	8.500-E	1.187	1.185	2.000-E	0.019	0.011	10.000
43	0.880	0.880	1.0	0.190	0.014	0.014	2.013	2.013	2.000-E	0.027	0.011	11.000
44	0.880	0.840	1.0	0.200	0.016	0.016	2.111	2.111	2.000-E	0.027	0.012	12.000
45	0.808	0.802	1.0	0.220	0.015	0.015	2.314	2.314	2.000-E	0.027	0.012	13.000
46	0.814	0.840	1.0	0.233	0.016	0.016	2.500	2.500	2.000-E	0.027	0.012	14.000
47	0.790	0.787	1.0	0.243	0.016	0.016	2.643	2.643	2.000-E	0.027	0.011	15.000
48	0.764	0.764	2.0	0.277	0.020	0.020	2.95	2.90	5.000-E	0.041	0.013	17.000
49	0.737	0.731	2.0	0.303	0.026	0.026	3.27	3.18	5.000-E	0.041	0.013	19.000
50	0.707	0.695	2.0	0.334	0.033	0.033	3.61	3.44	7.000-E	0.059	0.019	21.000
51	0.659	0.648	2.0	0.354	0.036	0.036	3.77	3.70	7.000-E	0.061	0.014	23.000
52	0.647	0.641	2.0	0.380	0.024	0.024	4.01	3.94	7.000-E	0.059	0.014	25.000
53	0.617	0.611	2.0	0.404	0.024	0.024	4.18	4.18	7.000-E	0.059	0.014	27.000
54	0.611	0.609	2.0	0.426	0.024	0.024	4.49	4.40	9.000-E	0.064	0.014	29.000
55	0.581	0.581	2.0	0.447	0.022	0.022	4.71	4.62	9.000-E	0.064	0.015	31.000
56	0.578	0.568	2.0	0.468	0.020	0.020	4.81	4.81	9.000-E	0.064	0.014	33.000
57	0.521	0.509	2.0	0.488	0.020	0.020	5.11	5.02	1.000-E	0.064	0.015	35.000
58	0.503	0.497	2.0	0.507	0.019	0.019	5.30	5.20	1.000-E	0.062	0.015	37.000
59	0.467	0.470	2.0	0.526	0.018	0.018	5.48	5.38	1.000-E	0.061	0.012	39.000
60	0.445	0.440	2.0	0.544	0.017	0.017	5.65	5.55	1.000-E	0.059	0.011	41.000
61	0.437	0.437	2.0	0.561	0.017	0.017	5.82	5.72	1.000-E	0.026	0.011	43.000
62	0.437	0.431	2.0	0.577	0.017	0.016	5.99	5.90	0.011	0.027	0.011	45.000
63	0.399	0.371	2.0	0.616	0.016	0.016	6.34	6.24	9.000-E	0.047	0.008-E	47.000
64	0.347	0.347	5.0	0.651	0.023	0.023	6.66	6.57	9.000-E	0.041	6.000-E	50.000
65	0.217	0.211	5.0	0.683	0.020	0.020	6.96	6.87	9.000-E	0.064	4.000-E	60.000
66	0.281	0.281	5.0	0.712	0.021	0.021	7.23	7.14	9.000-E	0.064	3.000-E	65.000
67	0.257	0.257	5.0	0.738	0.025	0.025	7.48	7.39	9.000-E	0.027	1.000-E	70.000
68	0.251	0.240	5.0	0.762	0.024	0.023	7.72	7.63	1.000-E	0.026	-1.000	75.000
69	0.216	0.210	5.0	0.784	0.020	0.020	7.95	7.85	1.000-E	0.026	-0.000	80.000
70	0.198	0.198	5.0	0.803	0.019	0.019	8.12	8.01	0.011	0.017	-2.000-E	85.000
71	0.168	0.168	5.0	0.821	0.016	0.016	8.28	8.17	0.011	0.014	-4.000-E	90.000
72	0.180	0.180	10.	0.853	0.020	0.020	8.57	8.45	0.011	0.024	-6.000-E	100.000
73	0.182	0.176	10.	0.878	0.024	0.024	8.82	8.70	0.012	0.021	-8.000-E	110.000
74	0.102	0.106	10.	0.899	0.020	0.021	8.91	8.91	0.011	0.021	-6.000-E	120.000
75	0.078	0.084	10.	0.917	0.016	0.016	9.17	9.07	1.000-E	0.026	-1.000-E	130.000
76	0.060	0.060	10.	0.931	0.011	0.011	9.17	9.17	1.000-E	0.026	-1.000-E	140.000
77	0.040	0.057	10.	0.943	0.011	0.011	9.39	9.29	1.000-E	0.026	-2.000-E	150.000
78	0.042	0.026	10.	0.955	0.033-E	1.690-E	9.47	9.44	0.011	-1.000-E	0.017	160.000
79	0.024	0.024	10.	0.961	0.024	0.024	9.41	9.41	1.000-E	0.026	-1.000-E	170.000
80	0.012	0.392-E	10.	0.948	2.373-E	1.719-E	9.64	9.64	0.011	-0.019	-0.026	180.000

TABLA A3-4. Datos experimentales procesados estadísticamente mediante la prueba de ajuste Kolmogorov-Smirnov para la corrida 4.

No.	ET-A	ET-C	DE	EDT-A-T	EDT-A	EDT-CX	EDT-A-A	EDT-A-CX	PI	A1	A2	(km)
1	0.914	0.677	0.083	2.000E-3	1.494E-3	1.079E-3	1.494E-3	1.079E-3	-1.150E-4	1.079E-3	-9.210E-4	0.0893
2	0.796	0.808	0.085	3.000E-3	1.245E-3	1.245E-3	2.789E-3	2.324E-3	-1.150E-4	2.240E-3	-4.760E-4	0.1167
3	0.959	0.922	0.085	5.000E-3	1.494E-3	1.494E-3	4.233E-3	3.811E-3	-1.150E-4	3.180E-3	-1.182E-3	0.2020
4	0.926	0.962	0.085	4.000E-3	1.494E-3	1.494E-3	6.727E-3	5.812E-3	-1.150E-4	5.120E-3	-4.960E-4	0.3233
5	1.042	1.036	0.085	6.000E-3	1.440E-3	1.440E-3	7.387E-3	6.972E-3	-1.150E-4	6.170E-3	-1.228E-3	0.4117
6	1.060	1.066	0.085	0.010	1.660E-3	1.660E-3	9.047E-3	8.632E-3	-1.150E-4	8.220E-3	-1.848E-3	0.5200
7	1.054	1.060	0.085	0.011	1.660E-3	1.660E-3	1.071E-2	1.029E-2	-1.150E-4	2.900E-3	-7.100E-4	0.5989
8	1.072	1.078	0.085	0.018	1.745E-3	1.745E-3	1.240E-2	1.204E-2	-1.150E-4	1.040E-3	-4.620E-4	0.6467
9	1.079	1.084	0.085	0.014	1.745E-3	1.745E-3	1.419E-2	1.379E-2	-1.150E-4	7.800E-4	-2.200E-4	0.7070
10	1.072	1.084	0.085	0.016	1.745E-3	1.745E-3	1.594E-2	1.553E-2	-1.150E-4	1.520E-3	-4.800E-4	0.8033
11	1.072	1.084	0.085	0.018	1.745E-3	1.745E-3	1.768E-2	1.726E-2	-1.150E-4	2.20E-3	-7.400E-4	0.9117
12	1.079	1.084	0.085	0.019	1.745E-3	1.745E-3	1.942E-2	1.901E-2	-1.150E-4	1.010E-3	-1.000E-3	1.0000
13	1.084	1.084	0.167	0.022	3.207E-3	3.207E-3	2.295E-2	2.251E-2	-4.200E-4	3.510E-3	3.100E-4	1.1167
14	1.060	1.066	0.167	0.026	3.840E-3	3.840E-3	2.565E-2	2.520E-2	-4.200E-4	3.25E-3	-1.500E-4	1.2222
15	1.049	1.042	0.167	0.029	3.840E-3	3.840E-3	2.961E-2	2.919E-2	-4.200E-4	2.300E-3	-3.100E-3	1.5000
16	1.046	1.046	0.167	0.031	3.840E-3	3.840E-3	3.295E-2	3.253E-2	-4.200E-4	3.540E-3	1.530E-3	1.6447
17	1.049	1.072	0.167	0.034	3.840E-3	3.840E-3	3.629E-2	3.609E-2	-4.200E-4	3.040E-3	2.040E-3	1.8333
18	1.054	1.056	0.167	0.037	3.840E-3	3.840E-3	3.963E-2	3.938E-2	-4.200E-4	2.500E-3	2.300E-3	2.0000
19	1.050	1.064	0.167	0.040	3.840E-3	3.840E-3	4.297E-2	4.272E-2	-4.200E-4	3.120E-3	2.720E-3	2.1167
20	1.024	1.042	0.167	0.044	3.840E-3	3.840E-3	4.631E-2	4.606E-2	-4.200E-4	6.260E-3	2.060E-3	2.2333
21	1.024	1.042	0.167	0.047	3.840E-3	3.840E-3	4.965E-2	4.940E-2	-4.200E-4	6.400E-3	2.400E-3	2.5000
22	1.018	1.036	0.167	0.050	4.175E-3	3.340E-3	5.299E-2	5.274E-2	-6.000E-5	6.740E-3	2.740E-3	2.6477
23	1.024	1.030	0.167	0.053	3.840E-3	3.840E-3	5.614E-2	5.608E-2	-6.000E-5	5.080E-3	3.080E-3	2.8333
24	1.024	1.024	0.167	0.053	3.840E-3	3.840E-3	5.950E-2	5.943E-2	-6.000E-5	6.420E-3	4.420E-3	3.0000
25	1.006	1.036	0.233	0.062	6.327E-3	6.660E-3	6.585E-2	6.408E-2	-2.300E-4	0.011	4.080E-3	3.3333
26	1.012	1.026	0.233	0.068	6.327E-3	6.460E-3	7.216E-2	7.216E-2	-5.800E-4	0.011	4.740E-3	3.6667
27	1.012	1.022	0.233	0.074	6.327E-3	6.660E-3	7.848E-2	7.848E-2	-5.200E-4	0.011	5.400E-3	3.8000
28	1.006	1.022	0.233	0.080	6.327E-3	6.660E-3	8.481E-2	8.481E-2	-1.150E-4	0.011	6.060E-3	4.4222
29	0.962	1.006	0.233	0.085	6.327E-3	6.327E-3	9.114E-2	9.114E-2	-1.200E-4	0.012	7.390E-3	4.6667
30	0.962	1.006	0.233	0.092	6.327E-3	6.327E-3	9.746E-2	9.746E-2	-1.240E-4	0.014	6.720E-3	5.0000
31	0.970	0.988	0.233	0.097	6.327E-3	6.327E-3	1.04	1.05	-1.200E-4	0.015	8.05E-3	5.2222
32	0.944	0.992	0.233	0.102	5.994E-3	6.327E-3	1.10	1.11	-1.000E-4	0.014	9.000E-3	5.6667
33	0.968	0.964	0.233	0.109	5.994E-3	5.994E-3	1.16	1.17	-1.000E-4	0.013	8.000E-3	6.0000
34	0.968	0.962	0.233	0.114	5.994E-3	6.327E-3	1.22	1.24	-1.000E-4	0.015	9.010	6.3333
35	0.946	0.976	0.233	0.120	5.994E-3	6.327E-3	1.28	1.30	-1.000E-4	0.016	6.010	6.6667
36	0.946	0.962	0.233	0.125	5.994E-3	5.994E-3	1.34	1.34	-1.000E-4	0.016	0.011	7.0000
37	0.929	0.940	0.35	0.134	9.000E-3	9.000E-3	1.43	1.45	-1.000E-4	0.020	0.011	7.5000
38	0.929	0.922	0.35	0.142	9.000E-3	9.000E-3	1.52	1.54	-1.000E-4	0.021	8.000	8.0000
39	0.904	0.904	0.5	0.150	9.500E-3	9.500E-3	1.60	1.63	-1.000E-4	0.021	0.013	8.0000
40	0.904	0.904	0.5	0.158	9.500E-3	9.000E-3	1.69	1.72	-1.000E-4	0.022	0.014	8.0000
41	0.922	0.922	0.5	0.164	9.500E-3	9.000E-3	1.77	1.81	-1.000E-4	0.023	0.013	9.0000
42	0.906	0.910	0.5	0.174	9.500E-3	9.500E-3	1.86	1.89	-1.000E-4	0.023	0.015	10.0000
43	0.950	0.980	1.0	0.190	0.016	0.017	2.02	2.06	-4.000E-3	0.028	0.016	11.0000
44	0.936	0.946	1.0	0.205	0.018	0.020	2.18	2.23	-5.000E-3	0.032	0.016	12.0000
45	0.914	0.950	1.0	0.220	0.016	0.016	2.34	2.39	-6.000E-3	0.034	0.019	13.0000
46	0.802	0.944	1.0	0.233	0.013	0.016	2.49	2.55	-8.000E-3	0.035	0.020	14.0000
47	0.778	0.914	1.0	0.249	0.016	0.016	2.64	2.71	-1.000E-2	0.036	0.022	15.0000
48	0.754	0.790	2.0	0.277	0.028	0.030	2.92	3.01	-1.000E-2	0.032	0.024	17.0000
49	0.719	0.754	2.0	0.305	0.020	0.028	3.20	3.29	-1.000E-2	0.032	0.024	19.0000
50	0.695	0.731	2.0	0.331	0.026	0.036	3.56	3.67	-1.000E-2	0.031	0.023	21.0000
51	0.659	0.689	2.0	0.356	0.026	0.026	3.92	3.88	-0.011	0.032	0.027	23.0000
52	0.629	0.646	2.0	0.380	0.024	0.024	3.96	3.96	-0.018	0.033	0.029	25.0000
53	0.699	0.629	2.0	0.404	0.022	0.024	4.18	4.18	-0.015	0.033	0.029	27.0000
54	0.645	0.611	2.0	0.424	0.022	0.022	4.40	4.40	-0.017	0.033	0.031	29.0000
55	0.645	0.575	2.0	0.447	0.020	0.022	4.60	4.79	-0.021	0.033	0.032	31.0000
56	0.634	0.563	2.0	0.468	0.020	0.022	4.80	5.01	-0.021	0.034	0.033	33.0000
57	0.609	0.539	2.0	0.488	0.019	0.021	5.09	5.21	-0.022	0.032	0.034	35.0000
58	0.496	0.503	2.0	0.507	0.019	0.020	5.18	5.18	-0.023	0.033	0.034	37.0000
59	0.461	0.497	2.0	0.526	0.018	0.019	5.36	5.60	-0.024	0.033	0.034	39.0000
60	0.448	0.478	2.0	0.544	0.017	0.018	5.55	5.79	-0.025	0.033	0.034	41.0000
61	0.426	0.461	2.0	0.561	0.016	0.018	5.69	5.96	-0.027	0.032	0.033	43.0000
62	0.412	0.442	2.0	0.577	0.016	0.017	5.85	6.11	-0.028	0.032	0.034	45.0000
63	0.360	0.399	5.0	0.616	0.035	0.038	6.20	6.51	-0.031	0.034	0.034	50.0000
64	0.347	0.366	5.0	0.631	0.033	0.035	6.34	6.66	-0.031	0.034	0.034	55.0000
65	0.305	0.329	5.0	0.643	0.029	0.031	6.42	7.17	-0.033	0.034	0.034	60.0000
66	0.275	0.299	5.0	0.712	0.026	0.029	7.08	7.44	-0.038	0.036	0.034	65.0000
67	0.244	0.276	5.0	0.758	0.024	0.026	7.52	7.92	-0.040	0.036	0.034	70.0000
68	0.229	0.257	5.0	0.762	0.022	0.025	7.54	7.97	-0.043	0.039	0.039	75.0000
69	0.210	0.228	5.0	0.794	0.020	0.022	7.74	8.19	-0.045	0.037	0.038	80.0000
70	0.184	0.210	5.0	0.803	0.018	0.020	7.93	8.59	-0.047	0.035	0.037	85.0000
71	0.174	0.180	5.0	0.821	0.017	0.017	8.09	8.56	-0.047	0.033	0.033	90.0000
72	0.132	0.150	10.0	0.853	0.025	0.029	8.84	9.65	-0.051	0.034	0.032	100.0000
73	0.124	0.138	10.0	0.879	0.024	0.026	8.98	9.11	-0.053	0.036	0.033	110.0000
74	0.096	0.114	10.0	0.899	0.021	0.023	9.76	9.64	-0.058	0.035	0.033	120.0000
75	0.073	0.096	10.0	0.917	0.015	0.018	8.91	8.52	-0.061	0.033	0.033	130.0000
76	0.060	0.084	10.0	0.931	0.011	0.016	9.02	9.68	-0.066	0.031	0.031	140.0000
77	0.054	0.066	10.0	0.943	0.011	0.013	9.12	9.81	-0.069	0.030	0.030	150.0000
78	0.064	0.060	10.0	0.953	0.010	0.011	9.22	9.92	-0.070	0.029	0.029	160.0000
79	0.048	0.051	10.0	0.961	0.010	9.76E-2	9.41	1.002	-0.071	0.029	0.041	170.0000
80	0.018	0.022	10.0	0.943	3.645E-2	6.316E-2	9.84	1.008	-0.074	0.027	0.040	180.0000

TABLA A3-5. Datos experimentales procesados estadísticamente mediante la prueba de ajuste Kolmogorov-Smirnov para la corrida 5.

N.	ET-SA	ET-DA	DS	EDTA-T	EDT-SA	EDT-DA	EDTA-SA	EDTA-DA	P1	P1	P2	P3
1	0.217	0.241	0.083	2.000E-4	5.036E-4	5.417E-4	5.036E-4	5.417E-4	-3.810E-3	5.417E-4	-1.180E-3	0.093
2	0.892	1.248	0.083	3.000E-3	1.411E-3	2.490E-3	1.915E-3	3.032E-3	-1.117E-3	1.532E-3	1.200E-3	0.167
3	1.012	0.964	0.083	8.000E-3	1.377E-3	1.994E-3	3.472E-3	4.532E-3	-1.034E-3	1.522E-3	-1.740E-3	0.280
4	1.054	1.020	0.083	6.000E-3	1.640E-3	1.640E-3	5.152E-3	6.184E-3	-1.034E-3	1.194E-3	1.840E-3	0.439
5	1.272	1.048	0.083	6.000E-3	1.748E-3	1.640E-3	6.896E-3	7.844E-3	-9.210E-4	1.844E-3	-1.040E-3	0.417
6	1.248	1.042	0.083	0.010	1.640E-3	1.640E-3	8.252E-3	9.204E-3	-9.210E-4	1.204E-3	-1.940E-3	0.800
7	1.054	1.030	0.083	0.011	1.640E-3	1.640E-3	1.021E-2	1.117E-2	-9.400E-4	1.170E-3	1.700E-3	0.893
8	1.046	1.054	0.083	0.012	1.640E-3	1.640E-3	1.117E-2	1.204E-2	-9.400E-4	1.850E-3	-1.700E-3	1.647
9	1.078	1.054	0.083	0.014	1.748E-3	1.640E-3	1.342E-2	1.444E-2	-6.700E-4	1.490E-3	4.900E-3	0.750
10	1.078	1.042	0.083	0.016	1.748E-3	1.640E-3	1.254E-2	1.418E-2	-7.800E-4	2.190E-3	1.300E-3	0.843
11	1.048	1.046	0.083	0.018	1.640E-3	1.640E-3	1.702E-2	1.781E-2	-7.800E-4	1.810E-3	1.900E-3	0.917
12	1.036	1.036	0.083	0.019	1.640E-3	1.640E-3	1.848E-2	1.934E-2	-7.800E-4	1.470E-3	4.700E-3	1.000
13	1.036	1.030	0.167	0.022	3.340E-3	3.340E-3	2.202E-2	2.281E-2	-7.800E-4	3.910E-3	8.100E-3	1.167
14	1.036	1.030	0.167	0.024	3.340E-3	3.340E-3	2.234E-2	2.313E-2	-6.100E-4	4.150E-3	1.500E-3	1.428
15	1.030	1.018	0.167	0.029	3.340E-3	3.178E-3	2.370E-2	2.352E-2	-6.200E-4	3.320E-3	1.200E-3	1.510
16	1.018	1.012	0.167	0.031	3.178E-3	3.178E-3	2.147E-2	2.244E-2	-6.200E-4	4.490E-3	1.490E-3	1.647
17	1.000	1.006	0.167	0.034	3.178E-3	3.178E-3	2.305E-2	2.354E-2	-6.100E-4	4.640E-3	1.440E-3	1.678
18	1.030	1.018	0.167	0.037	3.340E-3	3.178E-3	2.379E-2	2.384E-2	-6.200E-4	4.840E-3	1.840E-3	2.000
19	1.006	1.004	0.167	0.040	3.178E-3	3.178E-3	4.154E-2	4.201E-2	-6.200E-4	5.010E-3	2.010E-3	2.167
20	1.024	1.006	0.167	0.044	3.340E-3	3.178E-3	4.450E-2	4.518E-2	-2.800E-4	3.190E-3	1.180E-3	2.333
21	1.004	1.006	0.167	0.047	3.178E-3	3.178E-3	4.871E-2	4.834E-2	-2.800E-4	4.340E-3	1.460E-3	2.500
22	1.006	1.006	0.167	0.050	3.178E-3	3.178E-3	5.125E-2	5.153E-2	-2.800E-4	4.530E-3	1.830E-3	2.647
23	1.000	1.000	0.167	0.053	3.178E-3	3.178E-3	6.442E-2	6.470E-2	-2.800E-4	4.700E-3	1.700E-3	2.833
24	0.994	0.990	0.333	0.058	3.178E-3	3.178E-3	6.759E-2	6.798E-2	-2.800E-4	4.890E-3	2.990E-3	3.000
25	0.980	0.980	0.333	0.062	4.327E-3	4.327E-3	6.372E-2	6.420E-2	-2.800E-4	4.200E-3	2.200E-3	3.333
26	0.976	0.976	0.333	0.068	4.327E-3	4.327E-3	7.025E-2	7.055E-2	-2.800E-4	4.350E-3	2.830E-3	3.647
27	0.970	0.970	0.333	0.071	4.327E-3	4.327E-3	7.678E-2	7.648E-2	-2.800E-4	4.860E-3	3.100E-3	3.917
28	0.976	0.974	0.333	0.080	4.327E-3	4.327E-3	8.290E-2	8.311E-2	-2.800E-4	5.190E-3	1.180E-3	4.333
29	0.974	0.966	0.333	0.086	5.994E-3	5.994E-3	8.869E-2	8.918E-2	-2.800E-4	5.190E-3	4.180E-3	4.647
30	0.952	0.952	0.333	0.093	5.994E-3	5.994E-3	9.462E-2	9.511E-2	-2.800E-4	5.110E-3	5.000E-3	5.000
31	0.954	0.950	0.333	0.097	5.994E-3	5.994E-3	1.01	1.01	0.000	4.000E-3	4.000E-3	5.647
32	0.922	0.920	0.333	0.102	5.994E-3	5.641E-3	1.07	1.07	0.000	5.000E-3	5.000E-3	5.647
33	0.922	0.918	0.333	0.103	5.994E-3	5.641E-3	1.118	1.118	0.000	6.000E-3	6.000E-3	6.000
34	0.916	0.910	0.333	0.114	5.994E-3	5.641E-3	1.19	1.19	0.000	5.000E-3	4.000E-3	6.333
35	0.910	0.898	0.333	0.120	5.641E-3	5.641E-3	1.25	1.25	0.000	4.000E-3	4.647	6.647
36	0.910	0.896	0.333	0.125	5.641E-3	5.641E-3	1.30	1.30	0.000	5.000E-3	4.000E-3	7.000
37	0.890	0.886	5	0.134	6.300E-3	6.300E-3	1.39	1.39	1.000E-3	0.012	4.000E-3	7.500
38	0.872	0.880	5	0.142	6.300E-3	6.300E-3	1.47	1.44	1.000E-3	0.012	4.000E-3	8.000
39	0.866	0.874	5	0.150	6.300E-3	6.300E-3	1.56	1.53	1.000E-3	0.012	5.000E-3	8.500
40	0.866	0.874	5	0.158	6.300E-3	6.300E-3	1.64	1.63	1.000E-3	0.012	5.000E-3	9.000
41	0.862	0.856	5	0.164	6.000E-3	6.000E-3	1.72	1.71	1.000E-3	0.012	5.000E-3	9.500
42	0.856	0.850	5	0.176	6.000E-3	6.000E-3	1.80	1.79	1.000E-3	0.012	5.000E-3	10.000
43	0.848	0.848	1.0	0.190	0.016	0.016	1.89	1.89	1.000E-3	0.021	1.000E-3	11.000
44	0.820	0.820	1.0	0.205	0.016	0.016	2.12	2.11	1.000E-3	0.021	4.000E-3	12.000
45	0.802	0.802	1.0	0.220	0.015	0.015	2.27	2.24	1.000E-3	0.021	4.000E-3	13.000
46	0.790	0.790	1.0	0.235	0.015	0.015	2.42	2.41	1.000E-3	0.021	4.000E-3	14.000
47	0.784	0.772	1.0	0.249	0.015	0.015	2.57	2.54	1.000E-3	0.021	1.000E-3	15.000
48	0.749	0.743	2.0	0.277	0.026	0.026	2.85	2.84	1.000E-3	0.028	1.000E-3	17.000
49	0.719	0.707	2.0	0.305	0.026	0.026	3.15	3.12	1.000E-3	0.028	1.000E-3	18.000
50	0.677	0.677	2.0	0.331	0.026	0.026	3.39	3.39	1.000E-3	0.028	1.000E-3	21.000
51	0.653	0.653	2.0	0.356	0.024	0.024	3.43	3.42	1.000E-3	0.021	4.000E-3	23.000
52	0.625	0.617	2.0	0.380	0.024	0.024	3.61	3.54	1.000E-3	0.020	4.000E-3	25.000
53	0.589	0.592	2.0	0.404	0.022	0.022	4.09	4.00	1.000E-3	0.028	4.000E-3	27.000
54	0.570	0.563	2.0	0.426	0.022	0.022	4.31	4.30	1.000E-3	0.026	4.000E-3	29.000
55	0.561	0.545	2.0	0.447	0.022	0.022	4.53	4.50	1.000E-3	0.026	4.000E-3	31.000
56	0.527	0.527	2.0	0.448	0.020	0.020	4.78	4.70	3.000E-3	0.026	3.000E-3	33.000
57	0.509	0.509	2.0	0.480	0.019	0.019	4.92	4.89	3.000E-3	0.021	1.000E-3	35.000
58	0.491	0.491	2.0	0.507	0.019	0.019	5.11	5.08	3.000E-3	0.020	1.000E-3	37.000
59	0.463	0.463	2.0	0.526	0.018	0.018	5.29	5.29	3.000E-3	0.020	1.000E-3	39.000
60	0.443	0.443	2.0	0.544	0.017	0.017	5.44	5.41	3.000E-3	0.021	-1.000E-3	41.000
61	0.431	0.426	2.0	0.561	0.016	0.016	5.62	5.59	3.000E-3	0.016	-3.000E-3	44.000
62	0.431	0.431	2.0	0.577	0.016	0.016	5.78	5.78	3.000E-3	0.014	-3.000E-3	45.000
63	0.371	0.371	5.0	0.616	0.024	0.024	6.14	6.11	3.000E-3	0.024	-6.000E-3	30.000
64	0.341	0.341	5.0	0.631	0.023	0.023	6.47	6.41	3.000E-3	0.029	-1.000E-3	35.000
65	0.299	0.299	5.0	0.648	0.023	0.023	6.76	6.72	3.000E-3	0.022	-1.000E-3	40.000
66	0.270	0.270	5.0	0.712	0.026	0.026	7.02	6.99	3.000E-3	0.016	-0.012	43.000
67	0.246	0.240	5.0	0.738	0.024	0.024	7.26	7.22	4.000E-3	1.000E-2	-0.016	70.000
68	0.224	0.226	5.0	0.762	0.022	0.022	7.46	7.44	4.000E-3	6.000E-3	-0.018	75.000
69	0.190	0.192	5.0	0.794	0.019	0.019	7.67	7.62	5.000E-3	0.000	-0.022	80.000
70	0.192	0.190	5.0	0.803	0.019	0.019	7.85	7.79	4.000E-3	-6.000E-3	-0.024	85.000
71	0.180	0.188	5.0	0.821	0.017	0.017	8.02	7.95	7.000E-3	-6.000E-3	-0.026	90.000
72	0.156	0.138	10.0	0.852	0.020	0.020	8.32	8.16	0.011	0.000	-0.022	100.000
73	0.108	0.102	10.0	0.870	0.021	0.020	8.53	8.41	0.012	-0.012	-0.047	110.000
74	0.084	0.078	10.0	0.899	0.014	0.014	8.69	8.64	0.014	-0.022	-0.046	120.000
75	0.064	0.063	10.0	0.917	0.011	0.011	8.81	8.67	0.012	-0.022	-0.046	130.000
76	0.048	0.045	10.0	0.951	0.012E-2	6.812E-3	8.89	8.75	0.011	-0.041	-0.080	140.000
77	0.030	0.030	10.0	0.943	5.742E-3	6.762E-3	8.95	8.82	0.012	-0.049	-0.081	150.000
78	0.021	0.021	10.0	0.951	4.938E-3	4.938E-3	9.06	8.92	0.014	-0.047	-0.081	160.000
79	0.018	0.018	10.0	0.961	3.443E-3	3.443E-3	9.03	8.80	0.013	-0.045	-0.074	170.000
80	0.018	0.018	10.0	0.968	3.443E-3	3.443E-3	9.07	8.89	0.018	-0.072	-0.079	180.000

TABLA A3-6. Datos experimentales procesados estadísticamente mediante la prueba de ajuste Kolmogorov-Smirnov para la corrida 6.

No.	ET-4A	ET-4X	M	DTA-T	DT-4A	DT-4X	DTA-4A	DTA-4X	#1	#1	#2	K=0.0
1	0.929	0.890	0.63	2.000-E	1.494-E	1.411-E	1.494-E	1.411-E	0.800-E	1.411-E	-0.890-E	0.093
2	0.976	0.944	0.65	3.000-E	1.577-E	1.494-E	1.577-E	1.440-E	0.800-E	-1.350-E	0.167	
3	0.959	0.976	0.63	5.000-E	1.494-E	1.577-E	1.545-E	1.462-E	0.800-E	-1.492-E	0.250	
4	0.962	1.000	0.63	6.000-E	1.377-E	1.577-E	1.142-E	0.299-E	0.800-E	-1.009-E	0.322	
5	0.959	0.962	0.65	8.000-E	1.494-E	1.577-E	1.534-E	1.454-E	0.200	1.644-E	0.411	
6	1.006	1.006	0.63	0.010	1.577-E	1.577-E	1.214-E	0.000	1.214-E	-1.870-E	0.500	
7	1.000	1.006	0.63	0.011	1.577-E	1.577-E	1.079-E	1.079-E	0.000	1.900-E	-1.100-E	0.593
8	0.976	0.962	0.63	0.013	1.577-E	1.577-E	1.237-E	1.237-E	0.000	1.270-E	-1.260-E	0.647
9	0.994	0.994	0.63	0.014	1.577-E	1.577-E	1.394-E	1.394-E	0.000	1.700-E	-1.400-E	0.760
10	0.999	0.962	0.63	0.016	1.577-E	1.577-E	1.552-E	1.552-E	0.000	1.500-E	-1.870-E	0.832
11	1.000	1.000	0.63	0.018	1.577-E	1.577-E	1.710-E	1.710-E	0.000	0.200-E	-1.000-E	0.917
12	1.010	1.012	0.63	0.019	1.577-E	1.577-E	1.848-E	1.848-E	-1.000-E	1.600-E	-1.200-E	1.000
13	0.999	1.000	1.67	0.022	3.178-E	3.178-E	2.185-E	2.185-E	0.000	2.800-E	-1.500-E	1.147
14	0.999	0.962	1.67	0.026	3.006-E	3.178-E	2.485-E	2.502-E	-1.700-E	1.800-E	-1.800-E	1.222
15	1.012	1.006	1.67	0.029	3.178-E	3.178-E	2.803-E	2.819-E	-1.400-E	2.100-E	-1.400-E	1.300
16	1.006	1.006	1.67	0.031	3.178-E	3.178-E	3.120-E	3.127-E	-1.700-E	2.370-E	3.400-E	1.447
17	0.994	1.000	1.67	0.034	3.178-E	3.178-E	3.437-E	3.454-E	-1.700-E	2.540-E	1.900-E	1.522
18	0.962	0.962	1.67	0.037	3.178-E	3.178-E	3.750-E	3.777-E	-1.400-E	3.110-E	1.100-E	1.600
19	0.976	0.976	1.67	0.040	3.178-E	3.178-E	4.072-E	4.089-E	-1.700-E	3.390-E	0.900-E	2.167
20	0.970	0.964	1.67	0.044	3.178-E	3.006-E	4.389-E	4.399-E	0.000	3.390-E	-1.100-E	2.222
21	0.969	0.969	1.67	0.047	3.006-E	3.006-E	4.690-E	4.690-E	0.000	3.900-E	-1.000-E	2.300
22	0.969	0.976	1.67	0.050	3.178-E	3.178-E	5.007-E	5.007-E	0.000	3.270-E	1.000-E	2.447
23	0.970	0.970	1.67	0.053	3.178-E	3.178-E	5.324-E	5.324-E	0.000	3.240-E	2.400-E	2.522
24	0.964	0.964	1.67	0.056	3.006-E	3.006-E	5.625-E	5.625-E	0.000	3.200-E	1.200-E	2.600
25	0.964	0.969	1.67	0.061	3.994-E	3.994-E	6.224-E	6.224-E	0.000	3.740-E	2.400-E	2.647
26	0.968	0.962	2.22	0.064	3.994-E	3.994-E	6.824-E	6.824-E	0.000	4.240-E	2.400-E	2.747
27	0.962	0.962	2.22	0.068	3.994-E	3.994-E	7.424-E	7.424-E	0.000	4.220-E	2.200-E	2.800
28	0.964	0.962	3.33	0.080	3.994-E	3.994-E	8.024-E	8.024-E	0.000	4.200-E	1.200-E	2.822
29	0.962	0.946	3.33	0.085	3.994-E	3.994-E	8.622-E	8.622-E	0.000	4.240-E	2.400-E	2.847
30	0.944	0.944	3.33	0.091	3.994-E	3.994-E	9.222-E	9.222-E	0.000	4.180-E	1.200-E	2.900
31	0.940	0.920	3.33	0.097	3.994-E	3.994-E	9.821-E	9.821-E	0.000	4.210-E	1.200-E	2.922
32	0.916	0.910	3.33	0.102	3.994-E	3.641-E	1.10	1.04	0.000	7.000-E	2.000-E	3.047
33	0.916	0.914	3.33	0.109	3.994-E	3.641-E	1.10	1.04	0.000	8.000-E	1.000-E	3.100
34	0.964	0.992	3.33	0.114	3.641-E	3.641-E	1.16	1.15	1.000-E	6.000-E	1.000-E	3.222
35	0.964	0.974	3.33	0.120	3.641-E	3.641-E	1.22	1.21	1.000-E	7.000-E	1.000-E	3.447
36	0.999	0.999	3.33	0.125	3.641-E	3.641-E	1.27	1.27	0.000	7.000-E	2.000-E	3.500
37	0.966	0.974	5	0.134	3.500-E	3.500-E	1.36	1.33	1.000-E	0.010	1.000-E	7.800
38	0.966	0.960	5	0.141	3.500-E	3.500-E	1.44	1.44	0.000	1.000-E	2.000-E	8.000
39	0.960	0.969	5	0.150	3.500-E	3.500-E	1.52	1.52	1.000-E	0.010	1.000-E	8.000
40	0.969	0.966	5	0.158	3.500-E	3.500-E	1.60	1.60	1.000-E	0.010	3.000-E	9.000
41	0.969	0.932	5	0.164	3.000-E	3.000-E	1.68	1.68	1.000-E	1.000-E	2.000-E	9.000
42	0.939	0.939	5	0.171	3.000-E	3.000-E	1.77	1.77	1.000-E	2.000-E	2.000-E	10.000
43	0.939	0.932	1.0	0.190	0.016	0.016	1.86	1.86	1.000-E	0.018	1.000-E	11.000
44	0.920	0.920	1.0	0.205	0.016	0.016	2.09	2.09	1.000-E	0.018	3.000-E	12.000
45	0.814	0.802	1.0	0.220	0.016	0.015	2.25	2.25	2.000-E	0.018	3.000-E	13.000
46	0.802	0.790	1.0	0.233	0.015	0.015	2.40	2.40	1.000-E	0.019	3.000-E	14.000
47	0.770	0.772	1.0	0.249	0.015	0.015	2.55	2.55	2.000-E	0.018	4.000-E	15.000
48	0.719	0.719	2.0	0.277	0.029	0.029	2.84	2.84	2.000-E	0.022	4.000-E	17.000
49	0.719	0.701	2.0	0.300	0.029	0.029	3.07	3.07	1.000-E	0.022	4.000-E	18.000
50	0.718	0.695	2.0	0.331	0.029	0.026	3.31	3.31	4.000-E	0.029	2.000-E	21.000
51	0.699	0.669	2.0	0.356	0.026	0.024	3.53	3.57	4.000-E	0.026	1.000-E	25.000
52	0.635	0.635	2.0	0.400	0.024	0.024	3.81	3.81	6.000-E	0.026	1.000-E	25.000
53	0.599	0.599	2.0	0.404	0.022	0.022	4.09	4.03	4.000-E	0.022	-1.000-E	27.000
54	0.261	0.263	2.0	0.426	0.022	0.022	4.31	4.25	6.000-E	0.021	-1.000-E	29.000
55	0.261	0.245	2.0	0.447	0.020	0.020	4.53	4.53	6.000-E	0.019	-1.000-E	31.000
56	0.327	0.327	2.0	0.448	0.020	0.020	4.71	4.65	6.000-E	0.019	-3.000-E	32.000
57	0.303	0.269	2.0	0.488	0.019	0.019	4.90	4.84	6.000-E	0.016	-4.000-E	35.000
58	0.479	0.479	2.0	0.507	0.019	0.019	5.08	5.02	6.000-E	0.016	-4.000-E	37.000
59	0.447	0.441	2.0	0.528	0.018	0.018	5.26	5.20	6.000-E	0.015	-4.000-E	39.000
60	0.447	0.448	2.0	0.544	0.017	0.017	5.43	5.37	6.000-E	0.011	-1.000-E	41.000
61	0.225	0.225	0.2	0.561	0.016	0.016	5.59	5.53	6.000-E	0.010	-0.500-E	45.000
62	0.419	0.419	2.0	0.577	0.016	0.016	5.75	5.69	4.000-E	0.010	-4.000-E	45.000
63	0.341	0.323	0.5	0.631	0.033	0.031	6.44	6.34	6.000-E	0.020	-0.500-E	46.000
64	0.292	0.282	0.5	0.648	0.030	0.029	6.64	6.54	6.000-E	0.019	-0.500-E	46.000
65	0.276	0.276	0.2	0.712	0.024	0.024	6.99	6.90	9.000-E	0.020	-0.022	48.000
66	0.240	0.244	0.5	0.738	0.023	0.022	7.22	7.12	1.000-E	0.020	-0.026	48.000
67	0.222	0.210	0.5	0.762	0.021	0.020	7.45	7.32	0.000-E	0.019	-4.000-E	50.000
68	0.192	0.174	0.5	0.784	0.018	0.017	7.61	7.49	0.012	-0.012	-0.035	60.000
69	0.174	0.162	0.5	0.803	0.017	0.016	7.78	7.65	0.015	-0.019	-0.038	60.000
70	0.148	0.148	0.5	0.821	0.014	0.014	7.94	7.79	0.015	-0.024	-0.042	60.000
71	0.132	0.126	1.0	0.851	0.025	0.024	8.19	8.03	0.016	-0.018	-0.080	100.000
72	0.108	0.104	1.0	0.878	0.021	0.019	8.40	8.21	0.019	-0.022	-0.087	110.000
73	0.066	0.066	0.9	0.899	0.015	0.015	8.54	8.34	0.019	-0.044	-0.095	130.000
74	0.064	0.057	1.0	0.917	0.010	0.011	8.63	8.43	0.018	-0.064	-0.072	160.000
75	0.042	0.042	1.0	0.931	0.008-E	0.008-E	8.71	8.53	0.019	-0.064	-0.078	140.000
76	0.056	0.056	1.0	0.948	0.008-E	0.008-E	8.77	8.61	0.017	-0.064	-0.070	150.000
77	0.042	0.042	1.0	0.953	0.008-E	0.008-E	8.86	8.67	0.019	-0.076	-0.086	160.000
78	0.042	0.042	1.0	0.961	0.008-E	0.008-E	8.97	8.69	0.019	-0.084	-0.092	170.000
79	0.000	0.000	1.0	0.968	0.000	0.000	8.97	8.69	0.019	-0.092	-0.099	180.000

Corrida 1

$X = (E_0)_{exp}$	n_j	$F(x) = 1 - e^{-1.307x}$	n_j	χ^2_0
$-\infty \dots 0.070$	6	0.00 ... 0.087	6.994	0.141
$.070 \dots 0.230$	6	0.087 ... 0.260	13.811	4.418
$.230 \dots 0.390$	6	0.260 ... 0.399	11.147	2.377
$.390 \dots 0.550$	6	0.399 ... 0.513	9.095	1.053
$.550 \dots 0.710$	6	0.513 ... 0.605	7.332	0.242
$.710 \dots 0.910$	11	0.605 ... 0.696	7.247	1.944
$.910 \dots \infty$	39	0.696 ... 1.000	24.353	8.809
				Σ 18.98

Corrida 2

$X = (E_0)_{exp}$	n_j	$F(x) = 1 - e^{-1.470x}$	n_j	χ^2_0
$-\infty \dots 0.080$	8	0.000 ... 0.111	8.876	0.086
$.080 \dots 0.230$	6	0.111 ... 0.287	14.070	4.629
$.230 \dots 0.380$	5	0.287 ... 0.428	11.279	3.496
$.380 \dots 0.530$	8	0.428 ... 0.541	9.054	0.123
$.530 \dots 0.680$	5	0.541 ... 0.632	7.278	0.713
$.680 \dots 0.880$	12	0.632 ... 0.726	7.497	2.705
$.880 \dots \infty$	36	0.726 ... 1.000	21.943	9.005
				Σ 20.76

Tabla A3-7 Prueba estadística χ^2_0 .

Corrida 3

$X = (E_0)_{exp}$	t_i	$F(x) = 1 - e^{-1.367x}$	n	χ^2_0
$-\infty \dots 0.080$	5	0.000 ... 0.104	8.287	1.304
.080....0.230	7	0.104 ... 0.270	13.262	2.957
.230....0.380	6	0.270 ... 0.405	10.813	2.142
.380....0.530	6	0.405 ... 0.515	8.835	0.910
.530....0.680	6	0.515 ... 0.605	7.222	0.207
.680....0.930	16	0.605 ... 0.720	9.163	5.101
.930.... ∞	34	0.720 ... 1.000	22.437	5.959
				Σ 18.58

Corrida 4

$X = (E_0)_{exp}$	t_i	$F(x) = 1 - e^{-1.365x}$	n	χ^2_0
$-\infty \dots 0.100$	6	0.000 ... 0.128	10.207	1.734
.100....0.230	6	0.128 ... 0.269	11.316	2.497
.230....0.380	5	0.269 ... 0.405	10.856	3.159
.380....0.530	6	0.405 ... 0.515	8.794	0.888
.530....0.680	7	0.515 ... 0.605	7.179	0.004
.680....0.930	16	0.605 ... 0.719	9.121	5.188
.930.... ∞	34	0.719 ... 1.000	22.479	5.905
				Σ 19.37

Tabla A3-8 Prueba estadística χ^2_0 .

Corrida 5

$X = (E_0)_{exp}$	b_i	$F(x) = 1 - e^{-1.429x}$	n_i	χ^2_0
$-\infty \dots 0.080$	7	0.000 ... 0.108	8.642	0.312
$.080 \dots 0.230$	6	0.108 ... 0.280	13.770	4.384
$.230 \dots 0.380$	6	0.280 ... 0.419	11.121	2.358
$.380 \dots 0.530$	7	0.419 ... 0.531	8.968	0.432
$.530 \dots 0.680$	6	0.531 ... 0.622	7.245	0.214
$.680 \dots 0.880$	11	0.622 ... 0.716	7.491	1.644
$.880 \dots \infty$	37	0.716 ... 1.000	22.749	8.927
				Σ 18.27

Corrida 6

$X = (E_0)_{exp}$	b_i	$F(x) = 1 - e^{-1.459x}$	n_i	χ^2_0
$-\infty \dots 0.080$	7	0.000 ... 0.110	8.813	0.373
$.080 \dots 0.230$	6	0.110 ... 0.285	14.006	4.571
$.230 \dots 0.380$	5	0.285 ... 0.426	11.248	3.471
$.380 \dots 0.530$	7	0.426 ... 0.538	9.000	0.444
$.530 \dots 0.680$	5	0.538 ... 0.629	7.297	0.723
$.680 \dots 0.880$	14	0.629 ... 0.723	7.524	5.574
$.880 \dots \infty$	36	0.723 ... 1.000	22.156	8.650
				Σ 23.81

Tabla A3-9 Prueba estadística χ^2_0 .