



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y,
Ciencias de la Producción**

**“ SIMULACIÓN FÍSICA Y MATEMÁTICA DEL PROCESO DE
DESHIDRATACIÓN DE BANANO PARA USO INDUSTRIAL ”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

LUIS FERNANDO AUHING BALLADARES

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO

2000

AGRADECIMIENTO

A todas las personas
que de una u otra forma
colaboraron en la
realización de este
trabajo y especialmente
al Dr. Alfredo Barriga
Director de Tesis, por
su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

A MI MADRE

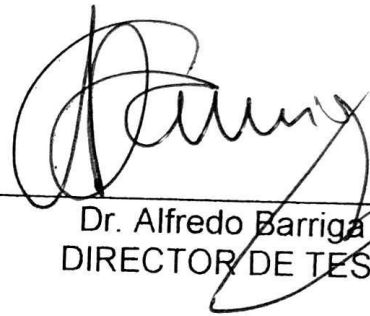
A MIS ABUELOS

A MIS HERMANAS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



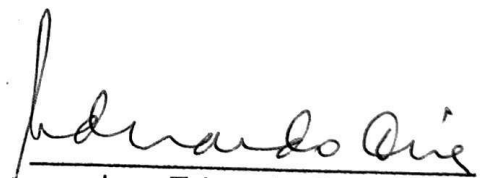
Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP



Dr. Alfredo Barriga R.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Jorge Duque R.
VOCAL



Ing. Eduardo Orcés P.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Luis F. Auhing B.

RESUMEN

El presente trabajo consiste en representar lo que sucede en un deshidratador destinado para banano en un modelo matemático y físico, explica y considera fenómenos físicos importantes como son los modos de transferencia de calor que se den en estado transiente y la transferencia de masa en el mismo estado.

Se empieza el modelo manteniendo la misma relación del porcentaje de volumen de espacio vacío, para que aplicando uno de los métodos de estado transiente que relacione íntimamente la transferencia de masa y calor, con la finalidad de proceder mediante una corrida computacional aplicándolo primero en sentido de desplazamiento del flujo de aire para que posteriormente se lo haga considerando al tiempo.

El análisis y aplicación del modelo se lo realiza poco a poco, empezando con un modelo sencillo que posteriormente al considerar más variables involucradas se llegue al modelo óptimo que represente fielmente lo que sucede en el deshidratador, una vez obtenido dicho modelo, se hace una

verificación del mismo aplicando datos experimentales para realizar una comparación y análisis del modelo.

ÍNDICE DE GENERAL

	Pag.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
 I. EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN.....	 4
1.1. Descripción del sistema de deshidratación.....	4
1.2. Análisis teórico del proceso de deshidratación.....	6
1.3. Periodos de deshidratación.....	8
1.3.1. Periodo de flujo evaporativo constante.....	9
1.3.2. Primer periodo de flujo evaporativo decreciente.....	10
1.3.3. Segundo periodo de flujo evaporativo decreciente.....	11

II. DESCRIPCIÓN DEL MODELO FÍSICO Y MATEMÁTICO.....	12
2.1. Planteamiento del modelo.....	12
2.2. Supuestos y simplificaciones.....	16
2.3. Métodos transientes.....	18
2.3.1. Método transiente de temperatura.....	18
2.3.2. Método transiente de concentración de humedad.....	21
2.4. Cálculo de los coeficientes de difusividad.....	22
2.4.1. Coeficiente de difusividad del vapor de agua en el aire...	22
2.4.2. Coeficiente de difusividad del banano.....	23
2.5. Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor y de masa..	24
2.5.1. Coeficiente de convección de transferencia de calor.....	24
2.5.2. Coeficiente de convección de transferencia de masa.....	25
2.6. Operación global del modelo.....	25
III. EXPERIMENTACIÓN.....	30
3.1. Descripción del modelo.....	31
3.1.1. Equipos y materiales utilizados.....	32
3.1.2. Procedimiento realizado.....	32
3.2. Análisis estadístico.....	33
3.2.1. Aplicación de estadística descriptiva.....	33
3.2.2. Aplicación de estadística inferencial.....	34
3.3. Análisis del experimento.....	36

IV. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	37
CONCLUSIONES.....	43
RECOMENDACIONES.....	46
APÉNDICES	
BIBLIOGRAFÍA	

SIMBOLOGÍA

$\bar{X}$	Relación entre las diferencias de concentración media de un punto del banano en un determinado tiempo con la concentración superficial del banano y la diferencia entre la concentración media inicial del cuerpo y la concentración superficial del banano.
$\dot{m}v$	Tasa de vaporación del banano hacia el aire
$\dot{m}_{Total}$	Flujo de aire total en el volumen de control, Kg/s
$\dot{m}_{In}$	Flujo de aire en una unidad del modelo, Kg/s
$\dot{m}a_{In}$	Flujo de aire seco en la entrada de una unidad del modelo, Kg aire/s
$\dot{m}v_{In}$	Flujo de vapor de agua en la entrada de una unidad del modelo, Kg vapor de agua/s
$\dot{E}_{In}$	Tasa de energía que ingresa al volumen de control, KJ/s
$\dot{E}_{Out}$	Tasa de energía que sale del volumen de control, KJ/s
$\dot{Q}$	Tasa de energía debido a la transferencia de calor, KJ/s
$\dot{m}a$	Flujo de aire seco, Kg aire seco/s
$\bar{T}_{Sup}$	Temperatura media superficial del banano, °K
$x \approx N(,)$	Distribución Normal
$\#_E$	Número de envoltantes impermeables utilizados
$\#_R$	Número de rodajas utilizadas para deshidratar
α	Difusividad térmica del banano, m ² /s
θ	Relación entre las diferencias de la temperatura media de un punto del banano en un determinado tiempo con la temperatura del aire y la diferencia entre la temperatura media inicial del cuerpo y la temperatura del aire.
ϕ	Humedad relativa del aire en el instante de realizar la prueba experimental.
β	Nivel de significancia de la prueba

ρ_{Aire}	Densidad del aire en la corriente de aire, Kg/m ³
α_{Aire}	Difusividad térmica del aire, m ² /s
ρ_b	Densidad media del banano, Kg/m ³
$\rho_{\text{Banano Seco}}$	Densidad media del banano seco, Kg/m ³
ζ_n	Raíces positivas de la ecuación de conductividad de Newton
ρ_{sup}	Densidad del aire cerca de la superficie del banano, Kg/m ³
ΔT	Variación de la temperatura del banano por efecto de la vaporización, °K
a	Alto del volumen de control, m
A	Area total de transferencia de Calor y Masa, m ²
A_{Efectiva}	Area efectiva del paso de flujo de aire en una unidad del modelo, m ²
b	Ancho del volumen de control, m
B	Variable de la ecuación del balance de energía, KJ/s
Bi	Número de Biot
c	Arista de un cubo que representa a una rodaja a deshidratar, m
C	Variable de la ecuación del balance de energía, KJ/s
C_n	Coefficientes de la solución de la ecuación de conductividad de Newton
C_p	Capacidad calorífica del banano, KJ/Kg
C_s	Calor húmedo del aire, Kcal/ Kg de aire
D	Coefficiente de difusividad efectiva del banano, m ² /s
$D_{0.005}$	Valor relativo teórico de la prueba de Kolmogorov – Smirnov
D_{MAX}	Valor máximo calculado de la prueba de Kolmogorov – Smirnov
D_p	Diámetro de la partícula
D_v	Coefficiente de difusividad del vapor de agua en el aire, m ² /s
D_w	Coefficiente de difusividad del agua en el banano, mm ² /s
e	Espacio de separación entre los cubos, m
F	Flujo másico específico de aire, Kg/m ² h
$ Fo$	Número de Fourier
fv	Factor de vacío
h	Coefficiente de convección de calor, w/m ² °K
H_1	Contraste de la hipótesis a probar
ha_{In}	Entalpía del aire a la entrada de una unidad del modelo, KJ/Kg
ha_{Out}	Entalpía del aire a la salida de una unidad del modelo, KJ/Kg
h_{fg}	Calor de vaporización en la superficie del banano, KJ/Kg
h_g	Entalpía del aire cerca a la superficie del banano, KJ/Kg
h_m	Coefficiente de convección de masa, m/s
H_O	Hipótesis a probar
H_{ps}	Humedad absoluta del aire, Kg de vapor de agua/ Kg de aire
hv_{In}	Entalpía del vapor de agua a la entrada de una unidad del modelo, KJ/Kg
hv_{Out}	Entalpía del vapor de agua a la salida de una unidad del modelo,

	KJ/Kg
K	Coeficiente de conductividad térmica del banano, w/m°K
K _{Aire}	Coeficiente conductivo del aire, w/m°K
L	Largo del volumen de control, m
Le	Número de Lewis
m	Masa de banano de un cubo del modelo, Kg
m _{banano}	Masa total de banano a deshidratar, Kg
n	Tamaño de la muestra
n ₁	Número de cubos en la dirección del ancho
n ₂	Número de cubos en la dirección del alto
n ₃	Número de cubos en la dirección del largo
p	Presión atmosférica, KPa
r	Radio medio de las rodajas de banano a deshidratar, m
t	Tiempo, s
T _∞	Temperatura del aire a la entrada de una unidad del modelo, °K
T.Bulbo Seco	Temperatura del bulbo seco en el instante de realizar la prueba experimental.
T _A	Temperatura del aire, °K
T _B	Temperatura media del banano, °K
t _e	Espesor medio de las rodajas de banano a deshidratar, m
T _{In}	Temperatura del aire a la entrada de una unidad del modelo, °K
T _{Out}	Temperatura del aire a la salida de una unidad del modelo, °K
T _s	Temperatura superficial del banano, °K
V	Volumen de un cubo de banano del modelo, m ³
v	Velocidad del aire en una unidad del modelo, m/s
W	Concentración media de humedad del banano, Kg de agua/Kg de banano seco
W _{ENVOLVENTES}	Masa de un envoltorio impermeable usado en la experimentación
W _i	Concentración media inicial de humedad del banano, Kg de agua/Kg de banano seco
w _{In}	Humedad absoluta de aire en la entrada del modelo, Kg de vapor de agua/Kg de aire
w _{Out}	Humedad absoluta del aire a la salida de una unidad del modelo, Kg vapor de agua/ Kg de aire
W _s	Concentración media superficial de humedad del banano, Kg de agua/Kg de banano seco
X	Dimensión de espacio en el sentido de x (largo en el volumen de control), m
x	Relación entre la dimensión de espacio X y la longitud del cubo c en la misma dirección .
Y	Dimensión de espacio en el sentido de y (ancho en el volumen de control), m
Z	Dimensión de espacio en el sentido de z (altura en el volumen de control), m

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Fig. 2.1 Forma conceptual del factor de vacío en una unidad del modelo.....	14
Fig. 2.2 Distribución de los cubos en el ancho del volumen de control.....	14
Fig. 2.3 Distribución de los cubos en el alto del volumen de control.....	15
Fig. 2.4 Esquema de la distribución de los cubos en el Volumen de control del modelo.....	15
Fig. 2.5 Esquema del área efectiva del flujo de aire en una unidad del modelo.....	27
Fig. 2.6 Esquema del volumen de control utilizado para el balance energético.....	28

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla I	Análisis estadístico del diámetro.....33
Tabla II	Análisis estadístico del espesor.....34

INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país con altas potencialidades en la ganadería y agricultura, es así que en los años 20 fue uno de los principales exportadores de cacao, y desde los años 40 hasta nuestros días es un importante exportador de banano a nivel mundial.

Históricamente la actividad bananera del país ha estado orientada a producir fruta seleccionada para exportación. A partir del año de 1967 se explotan cultivos comerciales de banano de la variedad Cavendish, resistente al denominado “Mal de Panamá” que por ese entonces atacaba con furor a la variedad Gross Michel. El incremento del hectareaje cultivado de la variedad Cavendish, a pesar de la reducción progresiva de las plantaciones de Gross Michel, significó un aumento de la producción total bananera del país, debido al mayor rendimiento de la nueva variedad cultivada; pero esta también dio lugar a un mayor excedente de fruta no exportable, ocasionado en gran parte por lo susceptible al estropeo de la variedad Cavendish.

Lamentablemente, no toda la fruta fresca que se produce se logra exportar al mercado internacional y vender en el mercado interno, existiendo un gran porcentaje del banano que se pierde en las propias zonas de producción, por esta razón es necesario usar otras formas de comercialización y explotación del producto, y una de ellas es por medio de la elaboración de harina de banano. Este producto, por su valor nutritivo y propiedades energéticas, puede sustituir a los cereales en la preparación de alimentos balanceados para consumo de animales.

Las posibilidades del Ecuador de vender la harina de banano verde en los mercados del exterior son halagadoras, debido a la escasez mundial de materias primas básicas para la fabricación de alimentos balanceados porque la harina de banano puede sustituir al maíz, cuyo precio se ha elevado en los últimos años.

Actualmente, existen empresas dedicadas a la elaboración y producción de la harina de banano, pero lamentablemente utilizan métodos de producción rústicos o artesanales los cuales no garantizan la calidad que se obtendría a nivel industrial, ya que no dan una alta eficiencia en la producción.

Por estos motivos el presente trabajo trata de mejorar la producción de este producto, realizando un estudio en el proceso de deshidratación del banano con la finalidad de que ahorren energía y tiempo en su elaboración.

Con la simulación se trata además satisfacer algunas inquietudes técnicas que se tendrían con ciertas características específicas del banano, y ciertas condiciones que varían dependiendo del ambiente en donde se encontraría el secador, variables como humedad relativa del aire, humedad del banano, temperatura de secado y entre otras, con lo cual se obtendría la información necesaria para realizar un buen proceso de deshidratación dependiendo de los requerimientos de la planta.

CAPÍTULO 1

1. EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN

En el presente capítulo se explica en sí el sistema de deshidratación que se desea modelar y el proceso de deshidratación.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DESHIDRATACIÓN

El sistema de deshidratación consta principalmente de un secador Roto-Luvre, y el procedimiento a seguir en la planta es el siguiente:

- Se escogen los bananos
- Se lavan los bananos
- Se pelan los bananos
- Se cortan los bananos en rodajas
- Se les agrega ácido ascórbico
- Se los coloca en el secador

El secador Roto-Luvre (Ver Referencia 7), consta de dos cilindros concéntricos el cual, en el cilindro exterior posee una ranura longitudinal en su parte inferior y el cilindro interno posee varias ranuras con una determinada inclinación, se tiene que el cilindro interno rota alrededor de su eje longitudinal mientras el flujo de aire seco ingresa por sus ranuras, produciendo el movimiento de las rodajas en forma de aspergeo y continuo hacia la parte posterior del secador, en donde se retirarán las rodajas secas.

Hay que señalar que el secado es netamente continuo pero se lo puede dividir en dos partes principales, la primera de un secado semicontínuo que se desplaza lentamente y la segunda un secado netamente complejo con aspergeo con un lecho prácticamente móvil.

En el presente trabajo se modelará el proceso de deshidratación de banano considerando un secado semicontínuo que se desplaza lentamente, es decir que se coloca una cierta cantidad de banano a secar a una corriente de aire seco que fluye continuamente, en la que se evapora la humedad.

1.2. ANÁLISIS TEÓRICO DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN

El proceso de deshidratación del banano depende fundamentalmente de los procesos de transferencia de calor para evaporar el líquido y de la transferencia de masa que interviene en la humedad del banano y líquido evaporado. Con la interacción de estos dos procesos se determina el tiempo de deshidratación del banano.

La transferencia de calor puede darse como conducción, convección y radiación, y dependiendo del tipo de transferencia empleado se tiene el tipo de secador, pero independientemente del tipo de secador, para nuestro caso la transferencia de calor se dará desde la superficie hacia el interior del banano, originando una transferencia de masa como líquido o vapor, o ambos dentro del banano, y como vapor desde la superficie externa del mismo.

Existen dos mecanismos bien definidos en un proceso de deshidratación los cuales son los mecanismos internos y externos, el primero está íntimamente relacionado con las propiedades intrínsecas de la sustancia a secar que para

nuestro caso es el banano, dichas propiedades son el coeficiente de difusividad, conductividad, densidad, humedad y la cantidad de azúcar en el banano, el segundo mecanismo está relacionado con variables externas del proceso que no dependen directamente con la sustancia a secar, así tenemos:

- Temperatura
- Humedad
- Flujo
- Tamaño y forma de las subdivisiones del banano
- Agitación de las subdivisiones del banano
- Contacto entre superficies calientes y el banano húmedo.

El mecanismo interno es el principal componente en el proceso de secado porque influye por diferentes formas a la circulación interna del líquido, estas formas o mecanismos dependen principalmente de la estructura del sólido, estos pueden ser:

- Difusión en sólidos homogéneos
- Circulación capilar en sólidos granulares y porosos.
- Circulación producida por los gradientes de contracción y de presión.

- Circulación causada por la gravedad
- Circulación originada por una sucesión de vaporizaciones y condensaciones.

Hay que señalar que pueden existir varios mecanismos predominantes en el proceso de deshidratación para un determinado sólido, considerando los efectos de difusividad de vapor y de líquido desde el interior del sólido hacia la superficie.

En la práctica se manipulan las variables externas, las cuales son directamente aplicables al funcionamiento de los deshidratadores.

1.3. PERIODOS DE DESHIDRATACIÓN

En el proceso de deshidratación para las frutas y alimentos, existen tres períodos bien marcados los cuales son: período de flujo evaporativo constante, primer período de desecación con flujo evaporativo decreciente y segundo período de desecación con flujo evaporativo decreciente.

1.3.1. PERIODO DE FLUJO EVAPORATIVO CONSTANTE

Este período se caracteriza por la evaporación de la superficie de agua libre sobre la superficie del sólido, nótese que la intensidad de evaporación del agua de la superficie es independiente del sólido, es decir, que la desecación es la misma como si se tuvieran las mismas condiciones externas de secado desde la superficie de una capa de agua sin la presencia del sólido.

El tiempo de deshidratación depende de la rapidez con que se difunde el vapor del agua a través de la película de aire en la superficie del sólido saliendo de ella y entrando a la masa principal de la corriente de aire, debido a que el flujo de vapor es casi constante sobre la superficie del sólido, tiende a originar un enfriar paulatino de la superficie por la pérdida de energía del sólido originada por dicha evaporación, obteniéndose un retardo en el calentamiento del mismo.

1.3.2. PRIMER PERIODO DE FLUJO EVAPORATIVO DECRECIENTE

Este periodo empieza al finalizar el período de flujo evaporativo constante, el cual se da cuando el contenido de humedad del sólido llega a un punto conocido como contenido crítico de humedad, el cual es el contenido de humedad en donde existe el cambio entre el periodo de flujo evaporativo constante y el periodo de flujo evaporativo decreciente.

Este período se caracteriza principalmente por ser una desecación superficial no saturada, es decir que existen porciones secas debido a que la superficie no se encuentra totalmente humedecida, reduciendo así la intensidad de evaporación desde la superficie hacia el flujo de aire, como la superficie total es constante, el valor del flujo de agua que se evapora disminuye aunque permanece constante el régimen por unidad de superficie húmeda (Ver Ref.3).

1.3.3. SEGUNDO PERIODO DE FLUJO EVAPORATIVO DECRECIENTE

En este segundo periodo, el tiempo de deshidratación depende primordialmente de los efectos de la capilaridad, hasta contenidos de humedad bajos o hasta llegar al punto de equilibrio con el aire.

Cuando el tiempo de deshidratación es muy grande, se establece que el efecto primordial se basa en el espesor del sólido y de sus propiedades como el coeficiente de difusividad D , esto se expresa mediante las ecuaciones de difusividad de transferencia de masa cuyas resoluciones son similares al de transferencia de calor por conducción transiente.

CAPÍTULO 2

2. DESCRIPCIÓN DEL MODELO FÍSICO Y MATEMÁTICO

En el presente capítulo se explicaran los métodos seguidos para la simulación termo física de nuestro sistema y las correlaciones empíricas utilizadas en el mismo.

2.1. PLANTEAMIENTO DEL MODELO

El modelo consiste en simular el proceso de deshidratación del banano en una forma semicontínua que se desplaza lentamente, para lo cual se asumirá un determinado volumen de control en el cual simulará los efectos de transferencia de calor y de masa, y se considerará que el movimiento relativo del lecho es despreciable, obteniéndolo de esta forma como un lecho netamente estático.

Como antes mencionado asumimos un determinado volumen de análisis en la forma de un prisma con ancho “b”, largo “L” y alto “a”, en donde se estimará un determinado número de rodajas de banano para lo cual es necesario cortar al banano pelado en rodajas que sean casi iguales, es decir, tanto su radio y espesor, debido a que la transferencia de masa varía bastante con estos parámetros influyendo en el tiempo de secado.

En nuestro modelo se estima que cada rodaja de banano es como un cubo, haciendo que dichos cubos se encuentren en una especie de lecho compactado, pero ordenados en el espacio a una misma distancia en las tres dimensiones, para lo cual se considera el porcentaje de volumen que se encuentra vacío en nuestro volumen de análisis, a esto se conoce como factor de vacío “fv”, este porcentaje debe mantenerse constante en cualquier tipo o clase de unidad que se considere en nuestro volumen de análisis, así tenemos:

Volumen del cubo = *Volumen* de la rodaja

$$c^3 = \pi r^2 t_e$$

$$\Rightarrow c = (\pi r^2 t_e)^{1/3}$$

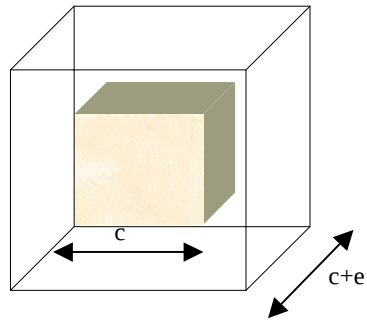


Fig.2.1 Forma conceptual del factor de vacío en una unidad del modelo.

$$\text{Volumen del cubo} = (\text{Volumen Total})(1 - fv)$$

$$c^3 = (c + e)^3 (1 - fv)$$

$$\Rightarrow e = \left(\frac{1}{(1 - fv)^{1/3}} - 1 \right) c$$

Para este modelo es necesario determinar el número de cubos en las tres dimensiones, es decir tanto en el ancho, largo y altura, así tenemos:

$$n_1 c + e(n_1 + 1) = b$$

$$\Rightarrow n_1 = \frac{(b - e)}{(e + c)}$$

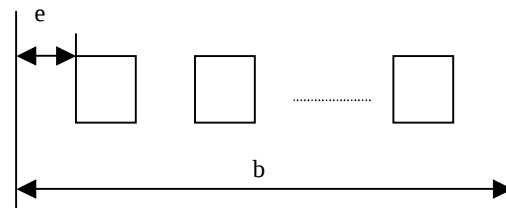


Fig.2.2 Distribución de los cubos en el ancho del Volumen de Control

$$n_2 c + e(n_2 + 1) = a$$

$$\Rightarrow n_2 = \frac{(a - e)}{(e + c)}$$

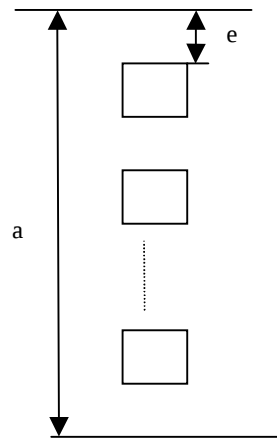


Fig.2.3 Distribución de los cubos en el alto del Volumen de Control

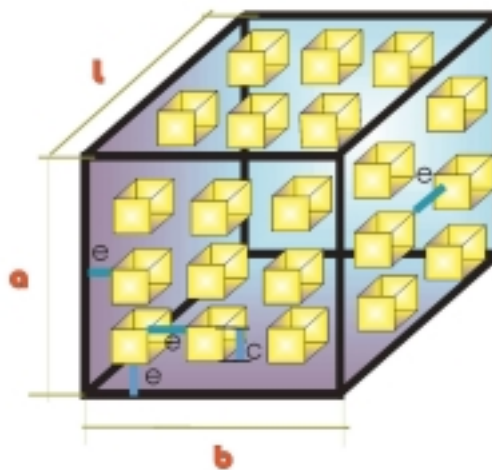


Fig.2.4 Esquema de la distribución de los cubos en el Volumen de Control del modelo

Con la cantidad de masa de banano que se esté analizando para nuestro modelo en nuestro determinado volumen de análisis, para lo cual es necesario tener como dato la densidad del banano para las condiciones de ingreso en el lecho del secador, obtenemos la longitud de nuestro volumen:

$$n_3 = \frac{m_{Banano}}{\rho_b (n_1 n_2 c^3)}$$

2.2. SUPUESTOS Y SIMPLIFICACIONES

1. Se considera despreciable la transferencia de calor por conducción y radiación hacia el banano.
2. Se aproxima las rodajas de banano a cubos
3. Se aproxima el secado continuo a un secado semicontínuo, es decir, se coloca una cierta cantidad de banano a secar a una corriente de aire seco que fluye continuamente para un análisis en un determinado volumen imaginario.
4. Se considera el efecto tridimensional de la temperatura en el sólido, utilizando el método transiente.
5. Se considera las siguientes variables externas en el secado:
 - Temperatura Aire
 - Humedad

- Flujo
 - Tamaño y forma de las subdivisiones del banano
 - Longitud del lecho
6. Se considera que el control de difusividad se produce principalmente por difusión.
7. Se considera el efecto de la humedad en las siguientes propiedades del banano, tales como: Calor Específico
- Conductividad Térmica
 - Difusividad
8. Para el cálculo de las propiedades del banano anteriormente señaladas no se considera los efectos de carbohidratos, grasa, proteínas, fibras y cenizas.
9. En el período de flujo evaporativo decreciente, se asume: No hay presencia del primer periodo de flujo evaporativo decreciente.
- La cantidad de aire seco es tan grande que su concentración de agua no cambia con el tiempo.
 - El flujo de aire seco se repone continuamente.

2.3. MÉTODOS TRANSIENTES

2.3.1. MÉTODO TRANSIENTE DE TEMPERATURA

El método transiente de temperatura usado, se basa en las ecuaciones obtenidas de la resolución de la ecuación diferencial de transferencia de calor de Newton las mismas que son aplicadas en forma práctica en las cartas de Heisler. (Ver Apéndice A y Referencia 6)

De esta forma calculamos la temperatura del cuerpo en diversos puntos del mismo y especialmente en la superficie que posteriormente usaremos para calcular la temperatura del aire a la salida de cada rodaja de banano. Hay que resaltar que se aplica el método de variaciones individuales en secuencia, es decir, que calculamos la temperatura del cuerpo sin efecto de transferencia de masa y luego el cambio de temperatura del cuerpo sin efecto de la transferencia de calor que posteriormente sumamos algebraicamente los resultados anteriores para obtener el efecto total.

Como la resolución de la ecuación de Newton se basa de una serie, se consideran los primeros cuatro términos de la misma,

y para la obtención de los valores numéricos, lo que se realiza es el cálculo de factores adimensionales conocidos como Biot y Fourier, así tenemos:

$$Bi = \frac{hL}{K}$$

$$Fo = \frac{\alpha t}{L^2}$$

Con estos valores se resuelve matemáticamente la siguiente ecuación (Ver Referencia 5 y 6) :

$$\zeta_n \tan(\zeta_n) = Bi$$

$$C_n = \frac{4 \sin(\zeta_n)}{2\zeta_n + \sin(2\zeta_n)}$$

y se procede a resolver mediante la siguiente serie:

$$\theta = \sum_{n=1}^{\infty} C_n \exp(-\zeta_n^2 Fo) \cos(\zeta_n x)$$

en donde:

$$\theta = \frac{T - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}}$$

$$x = \frac{X}{L}$$

Para considerar el efecto tridimensional, aplicamos superposición, es decir, se resuelve independientemente en las tres dimensiones y posteriormente se multiplica los efectos de los mismos:

$$\theta = \theta_X \theta_Y \theta_Z$$

Luego de calcular la temperatura del banano sin el efecto de transferencia de masa se prosigue a calcular la variación de temperatura obtenida por la presencia de la misma, así tenemos:

$$\Delta T = \frac{\dot{m} v h_{fg} t}{C_p m}$$

A esta variación de temperatura se la suma algebraicamente de la temperatura obtenida por transferencia de calor, es negativa en magnitud debido a que la transferencia de masa de la superficie del cuerpo hacia el lecho del aire produce un efecto de disminución de temperatura del cuerpo.

2.3.2. MÉTODO TRANSIENTE DE CONCENTRACIÓN DE HUMEDAD

Como las resistencias a la transferencia de calor y masa son despreciables, se tiene que las condiciones de los límites apropiados son:

$$W = W_i \text{ a } t = 0 \text{ y todo } z$$

$$W = W_s \text{ a } t > 0 \text{ y } z = \text{superficie}$$

$$W = \textit{finito} \text{ a } t > 0 \text{ y todo } z$$

Considerando una distribución de humedad uniforme a través del interior del banano al inicio y que la resistencia de transferencia de masa es despreciable, resolviendo las ecuaciones pertinentes (Ver Referencia 4 y 5) , obtenemos la siguiente ecuación:

$$\bar{X} = \frac{W - W_s}{W_i - W_s} = \left(\frac{8}{\pi^2} \right) \sum_{i=0}^{\infty} \left(\frac{1}{(2i+1)^2} \right) \exp \left(- \frac{(2i+1)^2 \pi^2 D t}{Z^2} \right)$$

Pero para rodajas secadas de ambos lados se puede aproximar a la siguiente expresión:

$$\bar{X} = \exp \left(- \left(\frac{\pi^2 D t}{4 \left(\frac{Z}{2} \right)^2} \right) \right)$$

Como en el caso anterior, se considera el efecto tridimensional mediante superposición, es decir, se resuelve individualmente en las tres dimensiones y posteriormente se multiplica los efectos de los mismos:

$$\bar{X} = \bar{X}_X \bar{X}_Y \bar{X}_Z$$

De esta forma se calcula la masa de agua por Kg de banano seco que se encuentra en la muestra dependiendo del tiempo transcurrido.

2.4. CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE DIFUSIVIDAD

2.4.1. COEFICIENTE DE DIFUSIVIDAD DEL VAPOR DE AGUA EN EL AIRE

Para este modelo es necesario conocer los coeficientes de difusividad tanto del vapor de agua en el aire como el vapor de agua en el banano.

El coeficiente de difusividad del vapor de agua en el aire ha sido obtenido mediante la experimentación obteniendo un margen de error menor al 1%, por lo cual es considerado aceptable (Ver Referencia 1), el coeficiente de difusividad es por tanto:

$$D_v = (0.926/p) \left(T_A^{2.5} / (T_A + 245) \right)$$

Para nuestro caso $p=101.325$ KPa, este coeficiente está en las unidades de mm^2/s .

2.4.2. COEFICIENTE DE DIFUSIVIDAD DEL BANANO

Para el coeficiente de difusividad del agua en estado líquido en el banano aplicamos la correlación experimental de Miles y sus colaboradores (1983) considerando sólo el contenido de agua (Ver Referencia 4), así tenemos:

$$D = 0.088 \times 10^{-6} + (D_w - 0.088 \times 10^{-6}) \bar{X}$$

$$D_w = 1.3168 \times 10^{-1} + 6.2427 \times 10^{-4} T_B - 2.4022 \times 10^{-6} T_B^2$$

note que D_w se encuentra en $[\text{mm}^2/\text{s}]$.

2.5. CÁLCULO DE COEFICIENTES DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y DE MASA

2.5.1. COEFICIENTE DE CONVECCIÓN DE TRANSFERENCIA DE CALOR

En esta parte es necesario tener como información la temperatura de ingreso del aire en nuestro modelo “ T_{∞} ”, la temperatura superficial del banano “ T_s ” y el flujo del aire “ m_{Flujo} ” con estos datos se calcula el coeficiente de transferencia de calor mediante la aplicación de la correlación experimental para lechos (Ver Referencia 2 y 7), así tenemos:

$$h = \frac{0.44F^{0.59}C_s}{D^{0.41}}$$
$$C_s = 0.24 + 0.446 \text{ Hps}$$
$$\text{Hps} = \frac{\left(\frac{18}{28.9}\right) (P_{\text{Vapor}})}{(P_{\text{Mezcla}} - P_{\text{Vapor}})}$$

en donde F es el flujo másico de aire específico [$\text{Kg/m}^2\text{h}$], que se lo establece mediante los datos de la velocidad y la densidad del aire.

2.5.2. COEFICIENTE DE CONVECCIÓN DE TRANSFERENCIA DE MASA

Para el cálculo del coeficiente de convección para la transferencia de masa, es necesario aplicar la correlación de Lewis que equipara los modelos de transferencia de calor y transferencia de masa mediante la constante Le , hay que señalar que esto es aplicable sólo para el caso del aire (Ver Referencia 1, 6, y 5), teniendo así:

$$Le = \frac{\alpha_{Aire}}{D_v}$$
$$h_m = \frac{D_v Le^{1/3} h}{K_{Aire}}$$

Así las propiedades se tienen que calcular a la temperatura fílmica entre el aire y la superficie del banano, además es necesario conocer el coeficiente de difusividad del vapor de agua en el aire, el cual está descrito en la sección 2.4.1 del presente trabajo.

2.6. OPERACIÓN GLOBAL DEL MODELO

La operación del modelo consiste en primer lugar en el cálculo de las dimensiones físicas de cada rodaja en nuestro volumen de control, posteriormente se calcula las temperaturas mediante el método transiente combinando los efectos de la transferencia de calor y la transferencia de masa considerando las propiedades del banano (Ver Apéndice C), en el mismo instante se debe calcular la cantidad masa de agua que se evapora y que fluye del sólido hacia el lecho del aire, para lo cual se aplican las siguientes fórmulas dependiendo del período de deshidratación presente en ese instante (Ver Referencia 4 y 6), así tenemos que si se encuentra en el primer período tenemos:

$$\dot{m}_v = \frac{h(T_{\infty} - \bar{T}_{Sup})V}{h_{fg}Z}$$

ó se puede usar también:

$$\dot{m}_v = h_m A (\rho_{Sup} - \rho_{Aire})$$

Pero de acuerdo con Treybal sugiere utilizar mejor la ecuación con el coeficiente de transferencia de calor, el cual da una mejor aproximación. Para el período decreciente se usa la siguiente ecuación (Ver Referencia 6):

$$-mv'' = \frac{d[\rho(S)L]}{dt}$$

$$\dot{mv} = \left(\frac{D}{\pi t}\right)^{\frac{1}{2}} \rho_b$$

$$\Rightarrow \dot{mv} = \left(\frac{D}{\pi t}\right)^{\frac{1}{2}} \bar{X} \rho_{\text{Banano Seco}} V$$

Luego de esto se prosigue al cálculo de la temperatura del aire a la salida de cada rodaja, pero antes se calcula el flujo efectivo en cada canal, así tenemos:

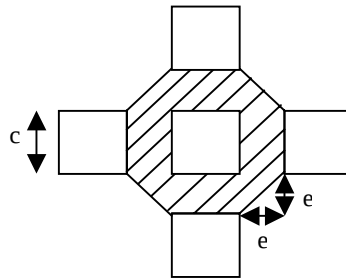


Fig. 2.5 Esquema del área efectiva del flujo de aire en una unidad del modelo

$$A_{\text{Efectiva}} = 4ce + 2e^2$$

$$\Rightarrow \dot{m}_{In} = \frac{\dot{m}_{Total}}{n_1 n_2}$$

$$\Rightarrow v = \frac{\dot{m}_{Total}}{n_1 n_2 (\rho_{\text{Aire}} (4ce + 2e^2))}$$

Posteriormente con la aplicación de las propiedades psicrométricas del aire (Ver Apéndice B), obtenemos:

$$\dot{m} a_{In} = \frac{\dot{w}_{In}}{1 + \dot{m}_{In}}$$

$$\dot{m} v_{In} = \dot{w}_{In} \left(\dot{m}_{In} \right)$$

$$w_{Out} = \frac{\dot{m} v_{In} + \dot{m} v}{\dot{m} a_{In}}$$

Luego se establece un balance de energía en la rodaja, con la finalidad de obtener la temperatura del aire a la salida de la misma para luego calcular las propiedades termodinámicas de la siguiente rodaja y así sucesivamente, así tenemos:

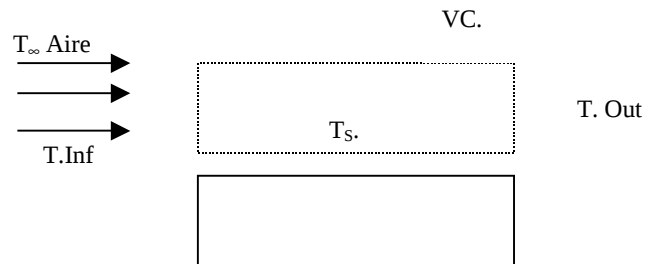


Fig. 2.6 Esquema del volumen de control utilizado para el balance energético

$$\begin{aligned}
\dot{E}_{In} - \dot{E}_{Out} - \dot{Q} + \dot{m}v h_{fg} &= 0 \\
\left(\dot{m}a(ha_{In}) + \dot{m}v_{In}(h_{v_{In}}) \right) - \left(\dot{m}a(ha_{Out}) + \left(\dot{m}v_{In} + \dot{m}v \right)(h_{v_{Out}}) \right) - \\
A h (T_{In} - \bar{T}_{Sup}) + \dot{m}v h_g &= 0
\end{aligned}$$

Despejando T_{Out} tenemos:

$$\begin{aligned}
B &= \dot{m}a(ha_{In} + 273150) + \dot{m}v_{In}(h_{v_{In}} - 200796425w_{Out}) \\
C &= \dot{m}v \left(h_g - 200796425w_{Out} \right) \\
T_{Out} &= \frac{B + C + hA \frac{T_{Inf}}{2} + hAT_{Sup}}{\frac{hA}{2} + 1000\dot{m}a + 1805\dot{m}v_{Out} \left(\dot{m}v_{In} + \dot{m}v \right)}
\end{aligned}$$

Una vez obtenida la temperatura de salida del aire, se recalcula nuevamente las propiedades de psicrométricas del aire para la siguiente rodaja, y así se sigue posteriormente hasta llegar a la última rodaja de nuestro volumen de control, esto se realiza por una iteración que se encuentra en una iteración general para los diferentes tiempos, esto se realiza mediante la aplicación de un programa computacional (Ver Apéndice K)

CAPITULO 3

3. EXPERIMENTACIÓN

En la prueba experimental se tienen diferentes variables las cuales son dependientes del experimento como el caso de la temperatura, flujo, longitud del lecho, y humedad del banano, las cuales influyen fuertemente en el proceso de secado, además se tienen variables independientes del experimento como la difusividad, capacidad calorífica, conductividad térmica del banano y condiciones ambientales que son influenciadas por las variables dependientes en especial la temperatura y humedad modificando a todas las variables independientes, el flujo de aire seco influye principalmente en el secado en los primeros minutos en el periodo del flujo evaporativo constante, después del cual su efecto e importancia disminuye debido a la presencia de los otros periodos de secado.

Considerando las variables dependientes, el presente capítulo muestra una pequeña experimentación para la obtención de la curva de secado con la finalidad de tener una comparación con la obtenida en el programa computacional (Ver apéndice K).

3.1. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento consistió en seleccionar, pelar y cortar los bananos, se los pesó posteriormente y luego en cada tiempo aleatorio se los volvía a pesar, teniendo una pérdida de tiempo entre medidas de cinco minutos como máximo, para evitar transferencia de masa al sacarlos del secador se usaba fundas plásticas para minimizar los errores.

Además se midió el flujo de aire a la salida del secador cuando el mismo trabajaba a la temperatura de 70°C, y se midieron las propiedades psicrométricas del lugar con un psicrómetro digital, obtuvimos los siguientes datos con el psicrómetro, flujómetro y balanza:

$$\phi = 70\%$$

$$T_{\text{Bulbo Seco}} = 30^{\circ}C$$

$$\dot{m}_{\text{Exp}} = 600 \text{ feet}/\text{min}$$

$$W_{\text{Envolvente}} = 1.1 \text{ gramos}$$

$$\#_E = 7$$

$$\#_R = 360$$

3.1.1. EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS

- 1) Deshumidificador, Microprocessor Controlled Ovens - Model 645 (Ver Apéndice J)
- 2) Balanza (Ver Apéndice J)
- 3) Vernier
- 4) Envoltentes Impermeables

3.1.2. PROCEDIMIENTO REALIZADO

- 1) Se calibró la balanza.
- 2) Se peló los bananos.
- 3) Se cortó en rodajas de forma circular, con espesores entre 2.5 – 3 mm y con un diámetro entre 2.5-3 cm
- 4) Se tomó una muestra.
- 5) Se encendió y se calibró el secador a 70°C
- 6) Se pesó las rodajas que van a ser secadas.
- 7) Se introdujo en el secador y se tomó el tiempo.

- 8) Se realizó diferentes mediciones de peso para diferentes tiempos.
- 9) Cuando la diferencia de peso es muy pequeña entre cada pesada, se para el ensayo.

3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.2.1. APLICACIÓN DE ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.

Mediante la aplicación de la estadística descriptiva, obtenemos los siguientes resultados tanto para la muestra considerando sólo los diámetros y la misma considerando sólo los espesores. (Ver Apéndice D, E y F)

TABLA I
Análisis Estadístico del Diámetro (1)

Media	27.4515
Mediana	27.5
Promedio Moda	28
Desviación estándar	1.28873235
Rango	5
Mínimo	25
Máximo	30
Suma	2745.15
Cuenta	100
Mayor (1)	30
Menor(1)	25

TABLA II
Análisis Estadístico del Espesor (2)

Media	2.6075
Mediana	2.6
Promedio Moda	2.5
Desviación estándar	0.29201278
Rango	1
Mínimo	2
Máximo	3
Suma	260.75
Cuenta	100
Mayor (1)	3
Menor(1)	2

3.2.2. APLICACIÓN DE LA ESTADÍSTICA INFERENCIAL

Aplicamos la prueba de Kolmogorov – Smirnov con la finalidad de demostrar que la muestra obtenida se rige mediante una distribución Normal (Ver Apéndice G), es así que tenemos la siguiente prueba de Hipótesis:

H_o : La muestra ha sido tomado de una población $x \approx N(27.45, 1.29)$

vs.

$H_1 : \neg H_o$

$D_{Max} = 0.0799808$

Para un $\beta = 0.005$ con un 99% de confianza tenemos que

$D_{0.005} = \frac{1.63}{\sqrt{n}}$ en donde n es el tamaño de la muestra, por

tanto: $D_{0.005} = 0.163$, entonces se concluye con la prueba lo siguiente:

Como $D_{Max} < D_{0.005}$ entonces se rechaza la hipótesis H_1 a favor de la hipótesis H_0 .

De igual forma se realiza una prueba similar para el espesor, así tenemos:

H_o : La muestra ha sido tomado de una población $x \approx N(2.6, 0.29)$

vs.

$H_1 : \neg H_o$

$$D_{Max} = 0.08945497$$

Para un $\beta = 0.005$ con un 99% de confianza tenemos que

$D_{0.005} = \frac{1.63}{\sqrt{n}}$ en donde n es el tamaño de la muestra, por

tanto: $D_{0.005} = 0.163$, entonces se concluye con la prueba lo siguiente:

Como $D_{Max} < D_{0.005}$ entonces se rechaza la hipótesis H_1 a favor de la hipótesis H_0 .

3.3. ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO

Con el análisis estadístico tenemos la confiabilidad de los datos tomados experimentalmente, con dichos datos se prosigue a su graficación y a su suavización mediante una regresión lineal pero con una curva exponencial (Ver Apéndice E, H y Apéndice I.1), debido a que la tendencia del proceso secado es de este tipo (Ver Referencia 7).

Podemos observar que la curva de secado se aproxima bastante con relación a la curva de secado obtenido por el programa computacional (Ver Apéndice K), su diferencia radica principalmente en los supuestos utilizados para el cálculo de los mismos y en su primera parte debido a la ausencia del efecto de la transferencia de calor por radiación y por conducción.

CAPITULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo trataremos sobre los resultados obtenidos mediante el programa computacional (Ver Apéndice K), estos resultados se muestran mediante gráficos, en los cuales se observan la modificación de ciertos parámetros que influyen de una u otra manera en el proceso de deshidratación, a continuación se describe la modificación de dichos parámetros considerando los parámetros experimentales, tales como temperatura ambiente, temperatura del deshidratador, propiedades psicrométricas en el momento de la prueba, la cantidad de masa de banano usado, flujo de aire seco, humedad del banano, y altura de lecho, así tenemos:

- El efecto de la evaporización sobre el banano a través del tiempo, y consideraciones del factor de moldeo (K), el cual es un número adimensional en donde se considera el efecto de porosidad del

elemento a secar en el proceso de deshidratación, se lo muestra en el gráfico I.2 (Ver Apéndice I) durante los 10 primeros minutos de secado, como se podrá observar el efecto del aumento del factor de moldeo origina el cambio en la pendiente de la curva aumentando el tiempo de secado de todo el proceso de deshidratación.

- El efecto del factor de moldeo en la temperatura media del banano para los primeros 10 minutos, se muestra en el gráfico I.3 (Ver Apéndice I), a medida que aumenta el factor de moldeo ocasiona que la temperatura se demore más en alcanzar la temperatura del aire, esto se debe al aumento de la pérdida de energía en el banano.
- La distribución de la concentración del banano en base seca con respecto al tiempo, considerando los cambios del factor de moldeo desde 1 al 19 de modo impar para 140 minutos, se muestra en el gráfico I.4 (Ver Apéndice I), a medida que aumenta el factor de moldeo, aumenta el tiempo de secado para una misma concentración, esto se debe por efecto de la porosidad del banano.

- El efecto del factor de moldeo sobre el flujo de agua evaporada para los primeros 10 minutos se muestra en el gráfico I.5 (Ver Apéndice I), el aumento del factor de moldeo ocasiona un aumento en la evaporación, esto se debe a la porosidad.

- La distribución de la temperatura media del banano con respecto al tiempo para los primeros 20 minutos de secado, considerando para diferentes espesores, se muestra en el gráfico I.6 (Ver Apéndice I), como se puede apreciar que un aumento en el espesor de la rodaja origina que la temperatura del banano tarde más tiempo en alcanzar la temperatura del aire, aún manteniendo el coeficiente de convección de calor y de masa constante, esto se debe a que el aumento de la temperatura es inversamente proporcional al espesor al cuadrado, hay que resaltar que en el primer periodo la curva se presenta de una manera casi lineal debido a que la concentración de la humedad superficial es constante, en cambio en el segundo periodo se muestra de una manera exponencial asintótica, debido a que la concentración de la humedad superficial va disminuyendo.

- La distribución de la concentración del banano en base seca para los primeros 20 minutos, considerado el efecto para diferentes

espesores, se muestra en el gráfico I.7 (Ver Apéndice I), un aumento en el espesor, origina que el proceso de secado tarde más tiempo, esto se debe de la misma forma para el caso de la temperatura de que el cambio de la concentración de la humedad del banano es inversamente proporcional al espesor al cuadrado.

- El efecto de la evaporación sobre la temperatura media del banano para los cinco primeros minutos se muestra en el gráfico I.8 (Ver Apéndice I), como se puede apreciar la presencia de la transferencia de masa origina una disminución en la temperatura del banano, incluso cuando la temperatura del banano y del aire inicialmente sea la misma, esto se debe primordialmente por efecto evaporativo.
- La distribución de la temperatura media del banano respecto al tiempo, considerando al inicio que la temperatura del banano sea igual a la temperatura del aire para los 30 primeros minutos, se muestra en el gráfico I.9, como se puede observar el flujo de agua evaporada origina una disminución de la temperatura del banano por la pérdida de energía del mismo.

- El efecto del flujo crítico sobre la concentración de banano seco con respecto al tiempo para los 10 primeros minutos, se muestra en el gráfico I.10, un aumento o disminución del flujo crítico origina una traslación descendente y ascendente respectivamente de la concentración crítica, note que esta concentración es constante para un determinado tipo de banano.

- El efecto del espaciado sobre la temperatura del aire, para diferentes tiempos se muestra en el gráfico I.11 (Ver Apéndice I), como se puede apreciar a medida que transcurre el tiempo la curva de temperatura vs. espacio tiende a ser más asintótica, esto se debe a que el gradiente de temperatura entre el banano y el aire va disminuyendo al mismo tiempo.

- La diferencia de la distribución de la temperatura media del banano y su temperatura superficial para los 10 primeros minutos, se muestra en el gráfico I.12 (Ver Apéndice I), como se puede apreciar existe una diferencia dependiendo principalmente del espesor del banano y el gradiente de temperatura inicial entre el banano y el aire, a medida que transcurre el tiempo esta diferencia se va haciendo pequeña debido a que todo el banano alcanza la temperatura del aire.

- La distribución del coeficiente de convección de masa con respecto al tiempo para los primeros 10 minutos de secado, se muestra en el gráfico I.13 (Ver Apéndice I), como se puede observar, a medida que pasa el tiempo aumenta el coeficiente de transferencia de masa, esto se debe primordialmente por los cambios de las propiedades del aire en especial del coeficiente de difusión.
- La distribución de la relación entre la concentración en un determinado tiempo con respecto a la concentración inicial del banano para 140 minutos, se muestra en el gráfico I.14, como se puede apreciar, cuando se encuentra en el primer periodo de secado, la curva tiende a ser lineal debido que el flujo de evaporación de agua de la superficie es casi constante, en cambio para el segundo periodo el flujo de agua evaporada cambia debido al efecto de coeficiente de difusión del agua en el banano.
- La distribución de la temperatura del aire con respecto al tiempo para los 10 primeros minutos, se muestra en el gráfico I.14, como se puede apreciar la temperatura del aire tiende a alcanzar su temperatura inicial paulatinamente, esto se debe al gradiente de temperatura entre el banano y el aire tiende a cero a medida que pase el tiempo.

CONCLUSIONES

1. El aumento en el factor de moldeo, origina una disminución en la rapidez de variación de la curva de concentración de humedad vs. tiempo.
2. La evaporación de humedad en el banano, origina una tendencia a disminuir la temperatura del mismo, esto se debe a que en el presente modelo la energía requerida para el cambio de fase es tomada del sólido.
3. En el caso particular en que el sólido y el aire ingresaren a la misma temperatura inicial, el fenómeno mencionado en la conclusión #2 originaría una disminución brusca en la temperatura media del banano con respecto al tiempo.
4. La magnitud del flujo evaporativo disminuye bruscamente al pasar del denominado “periodo de flujo evaporativo constante” al “periodo de flujo evaporativo decreciente”, esto se debe a que en el primero la deshidratación es un fenómeno superficial y por tanto lineal debido a la concentración superficial constante, y mientras que el segundo la deshidratación es un fenómeno gradual de avance de la onda de

dsecación hacia el interior generando un resultado exponencial decreciente, en el que la concentración superficial va disminuyendo.

5. Los cambios del espesor del banano originan cambios significativos del coeficiente de convección de calor y de masa, esto se debe a que se modifica consecuentemente el área de paso de flujo de aire en este modelo.
6. El aumento en el espesor del banano, origina una disminución en la tasa de incremento en la temperatura con respecto al tiempo, esto se debe a que en el proceso de secado del banano, el mecanismo prevaleciente en esta etapa es el de difusión interna.
7. Por otro lado y con respecto al cambio en la variación de la concentración de humedad del banano vs. tiempo, un aumento en el espesor origina un retardo en el efecto de deshidratación, esto se debe a la relación cuadrática inversa entre el espesor y la tasa de evaporación.
8. La distribución de temperatura del aire con respecto al espacio varía al pasar el tiempo, aumentando drásticamente a partir del punto en que el mecanismo controlante es de difusión interna.
9. El efecto del flujo crítico sobre la curva de concentración del banano con respecto al tiempo origina un desplazamiento ascendente o descendente del punto de concentración crítica (punto en el cual existe el cambio del

periodo de flujo evaporativo constante y el periodo de flujo evaporativo decreciente), esto se debe a su magnitud.

RECOMENDACIONES

1. Se deben realizar pruebas experimentales para determinar la concentración crítica del banano como sus propiedades tales como conductividad, capacidad calorífica y su difusividad.
2. Se recomienda realizar pruebas experimentales para los diferentes tipos y clases de banano, debido a que su estructura es diferente y aún en sus diferentes estados de madurez.
3. Se recomienda realizar pruebas experimentales para determinar el efecto de la porosidad del banano para el tiempo de secado, determinando de esta manera el factor de moldeo concepto utilizado en el presente trabajo.
4. Se recomienda el uso del programa computacional para otras clases de frutas similares al del banano, cambiando las propiedades del mismo.
5. Si el programa computacional se lo desea para el cálculo de otros elementos a secar como por ejemplo ladrillos, se recomienda el cambio

de las ecuaciones de secado y utilizar las recomendadas por Treybal y la ASHRAE (Ver Referencia 2 y 3).

6. Si se desea ser más preciso con la utilización del programa computacional, se recomienda cambiar el tamaño de paso entre iteración a iteración siempre y cuando posea un procesador Pentium III de 500 Mgh con 124 Mb de memoria Ram, debido al tiempo que demoraría entre iteración a iteración en el cálculo.
7. El presente trabajo tiene varias ventajas como la de actualiza el cálculo de propiedades del banano y las del aire, no realiza consideraciones tan idealizadas para el cálculo de los coeficientes, se aproxima más a lo real considerando la porosidad del producto, por tanto se pueden realizar mejoras hallando afinidad del programa utilizando los datos experimentales que se realicen.

APÉNDICES

APÉNDICE A

RESOLUCIÓN DE LA ECUACIÓN DE CONDUCCIÓN TRANSIENTE DE NEWTON

CONDICIONES INICIALES

$$T(x,0) = T_i$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{\partial T}{\alpha \partial t}$$

CONDICIONES DE BORDE:

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = 0$$

$$\left. -k \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=L} = h[T(L,t) - T_\infty]$$

CAMBIO DE VARIABLE:

$$\theta^* = \frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty} \quad \frac{\partial \theta^*}{\partial T} = \frac{1}{T_i - T_\infty}$$

$$x^* = \frac{x}{L} \quad \frac{\partial x^*}{\partial x} = \frac{1}{L}$$

$$Fo = \frac{\alpha t}{L^2} \quad \frac{\partial Fo}{\partial t} = \frac{\alpha}{L^2}$$

$$\left(\frac{1}{L}\right)\frac{\partial}{\partial x^*}\left(\left(\frac{T_i - T_\infty}{L}\right)\frac{\partial \theta^*}{\partial x^*}\right) = \left(\frac{1}{\alpha}\right)\left(\frac{\alpha}{L^2}(T_i - T_\infty)\frac{\partial \theta^*}{\partial Fo}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{\partial^2 \theta^*}{\partial x^{*2}} = \frac{\partial \theta^*}{\partial Fo}$$

CONDICIONES INICIALES

$$T(x, 0) = T_i$$

$$\theta^* = \frac{T_i - T_\infty}{T_i - T_\infty} = 1$$

$$\Rightarrow \theta^*(x^*, 0) = 1$$

CONDICIONES DE BORDE:

$$\left.\frac{\partial T}{\partial x}\right|_{x=0} = 0$$

$$\frac{(T_i - T_\infty)\partial \theta^*}{L\partial x^*} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{\partial \theta^*}{\partial x^*} = 0$$

$$-k\left.\frac{\partial T}{\partial x}\right|_{x=L} = h(T(L, t) - T_\infty)$$

$$\left.\frac{\partial \theta^*}{\partial x^*}\right|_{x^*=1} = -\frac{hL}{k} \frac{(T(L, t) - T_\infty)}{T_i - T_\infty}$$

$$\Rightarrow \left.\frac{\partial \theta^*}{\partial x^*}\right|_{x^*=1} = -Bi\theta^*(1, Fo)$$

$$\theta^*(x, Fo) = F(x)G(t)$$

$$F''G = \dot{G}F$$

$$\frac{F''}{F} = \frac{\dot{G}}{G} = p \text{ (Constante)}$$

$$F'' - pF = 0$$

$$\dot{G} - pG = 0$$

Si $p = 0 \vee p > 0 \Rightarrow$ Solución Trivial

Si $p < 0$, se tiene que $p = -\delta^2$ entonces :

$$F'' + \delta^2 F = 0$$

$$\dot{G} + \delta^2 G = 0$$

$$a) F'' + \delta^2 F = 0$$

$$F(x) = A \cos \delta x + B \sin \delta x$$

CONDICION INICIAL :

$$\theta^*_{x=0} = F'(0)G(t) = 0, \text{ como } G(t) \neq 0 \text{ entonces :}$$

$$F' = -A \delta \sin \delta x + B \delta \cos \delta x$$

$$F'(0) = 0 + B \delta = 0$$

$$\text{Como } \delta \neq 0 \Rightarrow B = 0$$

$$\Rightarrow F(x) = A \cos \delta x$$

$$b) \dot{G} + \delta^2 G = 0$$

$$G(t) = D e^{-\delta^2 t}$$

$$\theta^*(x^*, Fo) = \sum_{n=1}^{\infty} (D e^{-\delta^2 t}) (A \cos \delta x)$$

$$\Rightarrow \theta^*(x^*, Fo) = \sum_{n=1}^{\infty} C_n e^{-\delta^2 t} \cos \delta x$$

CONDICIONES DE BORDE:

$$\left. \frac{\partial \theta^*}{\partial x^*} \right|_{x^*=1} = -Bi \theta^*(1, Fo)$$

$$(-A\delta \text{Sen} \delta) De^{-\delta^2 t} = -Bi (De^{-\delta^2 t}) (A \text{Cos} \delta)$$

$$\Rightarrow \delta \text{Tan} \delta = Bi$$

$$\theta^*(x^*, 0) = 1$$

$$1 = \sum_{n=1}^{\infty} C_n \text{Cos}(\delta x^*)$$

$$C_n = \frac{\int_0^1 \text{Cos}(\delta x^*) dx^*}{\|\text{Cos}(\delta x^*)\|^2}$$

$$C_n = \frac{\left. \text{Sen}(\delta x^*)/\delta \right|_0^1}{\int_0^1 \text{Cos}^2(\delta x^*) dx^*} = \frac{\text{Sen}(\delta)/\delta}{\int_0^1 \left(\frac{1}{2} + \text{Cos}(\delta x^*)/2 \right) dx^*} = \frac{\text{Sen}(\delta)/\delta}{\left(\frac{1}{2} + \text{Sen}(\delta x^*)/2 \right)_0^1} = \frac{\text{Sen}(\delta)/\delta}{2\delta + \text{Sen}2\delta/4}$$

$$\Rightarrow C_n = \frac{4 \text{Sen} \delta}{2\delta + \text{Sen}2\delta}$$

SOLUCION :

$$\theta^*(x^*, Fo) = \sum_{n=1}^{\infty} C_n e^{-\delta^2 t} \text{Cos} \delta x$$

$$C_n = \frac{4 \text{Sen} \delta}{2\delta + \text{Sen}2\delta}$$

$$\delta \text{Tan} \delta = Bi$$

APÉNDICE B

CORRELACIONES DE PROPIEDADES PSICROMÉTRICAS

En las propiedades del aire, se ha considerado las correlaciones experimentales dadas por la ASHRAE (Ver Referencia 1), las cuales son:

$$W = 0.62198 \frac{p_w}{p - p_w} \quad (\text{Humedad Absoluta})$$

$$W_s = 0.62198 \frac{p_{ws}}{p - p_{ws}}$$

$$p_w V = n_w RT$$

$$h_a = t \quad (kJ / kg)$$

$$h_v = W(2501 + 1.805t) \quad (kJ / Kg)$$

$$t = \text{Temperatura de aire seco en } ^\circ\text{C}$$

$$\ln(p_{ws}) = \frac{C_8}{T} + C_9 + C_{10}T + C_{11}T^2 + C_{12}T^3 + C_{13} \ln(T)$$

$$C_8 = -5.8002206E3$$

$$C_9 = 1.3914993$$

$$C_{10} = -4.8640239E-2$$

$$C_{11} = 4.1764768E-5$$

$$C_{12} = -1.4452093E-8$$

$$C_{13} = 6.5459673$$

$$T(^{\circ}C)$$

$$\phi = \frac{W}{W_s}$$

$$W = \frac{(2501 - 2.381t^*)W_s^* - (t - t^*)}{2501 + 1.805t - 4.186t^*}$$

APÉNDICE C

CORRELACIONES PARA EL CÁLCULO DE LAS PROPIEDADES DE FRUTAS

Para las frutas se tiene que la capacidad calorífica según Alvarado y Moreno (1987), se la obtiene de la siguiente correlación (Ver Referencia 4):

$$C_p = 1.19 + 2.66x_w$$

Además la conductividad térmica para frutas según el investigador Sweat (1974), se tiene la siguiente correlación (Ver Referencia 4) :

$$k = 0.148 + 0.00493X_w$$

APÉNDICE D

MUESTRA EXPERIMENTAL

Muestra	Díámetro (mm)	Espesor (mm)
1	27	2.5
2	28	3
3	27	2.9
4	29.1	3
5	28	2.9
6	28.5	2.6
7	28.5	2.7
8	27.9	2.3
9	28.5	2.9
10	27.5	2.6
11	28	3
12	28	2.65
13	27.2	2.4
14	29	2.6
15	28	2.4
16	28.7	2.4
17	29	2.5
18	28.8	3
19	28.6	3
20	28.2	2.7
21	27.4	2.6
22	25.6	2.6
23	25.3	2.5
24	27.3	2.65
25	28.2	2.9
26	29.9	2.5
27	26.7	2.5
28	28.75	2.5
29	28.9	3
30	30	3
31	27.2	2.75

32	28.1	3
33	29.7	3
34	28.7	2.5
35	28.2	2.6
36	25	2.5
37	28.85	2.6
38	29.8	2.55
39	29.7	3
40	29.9	2.9
41	27.7	2.9
42	27.5	2.75
43	26.8	2.95
44	26.95	2.7
45	29	2.6
46	25.7	2.9
47	25.6	2.5
48	29.2	2.75
49	29.8	2.6
50	29.9	2.9
51	28	2
52	28	2.5
53	28	2
54	28	3
55	26	2
56	26.5	2.1
57	26	2
58	26.5	2.1
59	26.5	2.1
60	27.8	2.5
61	27.8	2.6
62	26.5	2.7
63	27.7	2.5
64	28	2.7
65	25.7	2
66	26	2.9
67	26.8	2.6
68	28.2	2.7
69	27.6	2.5
70	25.6	2.9
71	26	2.3
72	26.3	2
73	27	2.6
74	25.6	2.5
75	26.6	2.4
76	25.7	2.7
77	26	2.7
78	27	3

79	27	2.5
80	27.3	2.5
81	27.7	2.5
82	26.4	2.6
83	26	2
84	27.5	2.4
85	27	2.3
86	27.2	2.6
87	25.7	2.7
88	26.6	2.7
89	26	2.5
90	25.5	2
91	26.5	2
92	26.7	2.7
93	28.5	3
94	25.7	3
95	25.5	2.5
96	27.4	2.7
97	25.1	3
98	28	3
99	29	2.5
100	26.6	2.7

APÉNDICE E

DATOS EXPERIMENTALES

Tiempo (min)	Peso (gr.)
0	519.9
22	305.4
36	207.5
51	170
66	161.6
81	159.5
96	158.7
110	158.3
125	158
140	157.6

APÉNDICE F

CÁLCULO ESTADÍSTICO DE BONDAD DE AJUSTE

Al probar que nuestra muestra proviene de una distribución normal, podemos concluir que la media y la varianza de esa muestra es la misma que la población de nuestro experimento. Aplicando bondad de ajuste tenemos:

Para la primera prueba (diámetro), tenemos:

$$\bar{x} = 27.4515$$

$$\sigma = 1.28873235$$

Intervalo de la media

Sigue una distribución t Student con 98 grados de libertad, con un 95% de confianza obtenemos:

$$\alpha = 0.025$$

$$t_{0.025} = 1.9844674$$

$$\bar{x} - \frac{t(\alpha/2)S}{\sqrt{n}} < u < \bar{x} + \frac{t(\alpha/2)S}{\sqrt{n}}$$

$$\Rightarrow u \in (27.196, 27.707)$$

Intervalo de la Varianza

Sigue una distribución ji-cuadrado con 98 grados de libertad, con un 95% de confianza tenemos:

$$\beta = 0.05$$

$$\chi^2_{0.025} = 127.282072$$

$$\chi^2_{0.975} = 76.163794$$

$$\frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{0.025}} \leq \sigma^2 \leq \frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{0.975}}$$

$$\Rightarrow \sigma^2 \in (1.292, 2.159)$$

$$\Rightarrow \sigma \in (1.137, 1.469)$$

Para la segunda prueba (espesor), tenemos:

$$\bar{x} = 2.6075$$

$$\sigma = 0.29201278$$

Intervalo de la media

Sigue una distribución t Student con 98 grados de libertad, con un 95% de confianza obtenemos:

$$\beta = 0.025$$

$$t_{0.025} = 1.9844674$$

$$\bar{x} - \frac{t(\alpha/2)S}{\sqrt{n}} < u < \bar{x} + \frac{t(\alpha/2)S}{\sqrt{n}}$$

$$\Rightarrow u \in (2.550, 2.665)$$

Intervalo de la Varianza

Sigue una distribución ji-cuadrado con 98 grados de libertad, con un 95% de confianza tenemos:

$$\beta = 0.05$$

$$\chi^2_{0.025} = 127.282072$$

$$\chi^2_{0.975} = 76.163794$$

$$\frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{0.025}} \leq \sigma^2 \leq \frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{0.975}}$$

$$\Rightarrow \sigma^2 \in (0.066, 0.111)$$

$$\Rightarrow \sigma \in (0.258, 0.333)$$

APÉNDICE G

APLICACIÓN DE LA PRUEBA DE KOLMOGOROV- SMIRNOV A LAS MUESTRAS EXPERIMENTALES

Frecuencia	Diámetro (mm)	F(Z)	$\hat{F}(Z)$	Diferencia
1	25	0.02856872	0.01	0.01856872
1	25.1	0.03402602	0.02	0.01402602
1	25.3	0.04751211	0.03	0.01751211
2	25.5	0.0649776	0.05	0.0149776
4	25.6	0.07540407	0.09	0.01459593
5	25.7	0.0870595	0.14	0.0529405
7	26	0.1300192	0.21	0.0799808
1	26.3	0.18579104	0.22	0.03420896
1	26.4	0.20727344	0.23	0.02272656
5	26.5	0.2301592	0.28	0.0498408
3	26.6	0.2543937	0.31	0.0556063
2	26.7	0.27990246	0.33	0.05009754
2	26.8	0.30659137	0.35	0.04340863
1	26.95	0.34858557	0.36	0.01141443
6	27	0.36304023	0.42	0.05695977
3	27.2	0.4226366	0.45	0.0273634
2	27.3	0.45320914	0.47	0.01679086
2	27.4	0.48406175	0.49	0.00593825
3	27.5	0.51501026	0.52	0.00498974
1	27.6	0.54586844	0.53	0.01586844
3	27.7	0.57645203	0.56	0.01645203
2	27.8	0.60658166	0.58	0.02658166
1	27.9	0.63608601	0.59	0.04608601
11	28	0.66480468	0.7	0.03519532
1	28.1	0.69259087	0.71	0.01740913
4	28.2	0.71931353	0.75	0.03068647
4	28.5	0.79206018	0.79	0.00206018
1	28.6	0.81358529	0.8	0.01358529

2	28.7	0.83367288	0.82	0.01367288
1	28.75	0.84317175	0.83	0.01317175
1	28.8	0.85230649	0.84	0.01230649
1	28.85	0.86107786	0.85	0.01107786
1	28.9	0.86948765	0.86	0.00948765
4	29	0.88523453	0.9	0.01476547
1	29.1	0.89958027	0.91	0.01041973
1	29.2	0.91257114	0.92	0.00742886
2	29.7	0.95948478	0.94	0.01948478
2	29.8	0.96579785	0.96	0.00579785
3	29.9	0.97127885	0.99	0.01872115
1	30	0.97600889	1	0.02399111

Frecuencia	Espesor (mm)	F(Z)	$\hat{F}(Z)$	Diferencia
9	2	0.0187449	0.09	0.0712551
3	2.1	0.04111086	0.12	0.07888914
3	2.3	0.14616225	0.15	0.00383775
5	2.4	0.23867054	0.2	0.03867054
20	2.5	0.3563865	0.4	0.0436135
1	2.55	0.42194932	0.41	0.01194932
14	2.6	0.48975472	0.55	0.06024528
2	2.65	0.55785838	0.57	0.01214162
13	2.7	0.62428972	0.7	0.07571028
3	2.75	0.68722237	0.73	0.04277763
10	2.9	0.84174813	0.83	0.01174813
1	2.95	0.87958076	0.84	0.03958076
16	3	0.91054503	1	0.08945497

APÉNDICE H

APLICACIÓN DEL MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL A LOS DATOS EXPERIMENTALES

Aplicando el modelo $y = Ae^{Bx}$ en donde se obtiene la forma lineal de:

$$\ln(y) = \ln(A) + Bx$$

Con la aplicación de los datos obtenidos al modelo tenemos:

$$[Ln(y)] = [X] \begin{bmatrix} \hat{A} \\ B \end{bmatrix}$$
$$\begin{pmatrix} 6.25363649 \\ 5.72162239 \\ 5.33513134 \\ 5.13579844 \\ 5.08512415 \\ 5.07204392 \\ 5.06701563 \\ 5.06449197 \\ 5.06259503 \\ 5.06006018 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 22 \\ 1 & 36 \\ 1 & 51 \\ 1 & 66 \\ 1 & 81 \\ 1 & 96 \\ 1 & 110 \\ 1 & 125 \\ 1 & 140 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \ln(A) \\ B \end{pmatrix}$$

Aplicando álgebra lineal, obtenemos que:

$$\begin{bmatrix} \hat{B} \end{bmatrix} = (X^T X)^{-1} X^T [Ln(y)]$$

$$\begin{pmatrix} \text{Ln (A)} \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5.78989870534 \\ -6.93461831266\text{E-}3 \end{pmatrix}$$

Por tanto:

$$A = 326.98$$

$$B = -0.0069$$

$$\Rightarrow y = 326.98e^{-0.0069X}$$

APÉNDICE I

GRÁFICOS

APÉNDICE J

FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA J.1

DESHIDRATADOR

FOTOGRAFÍA J.2

ESTUFA

FOTOGRAFÍA J.3

PROCESO DE DESHIDRATACIÓN CON 85.75% DE HUMEDAD

FOTOGRAFÍA J.4

RODAJAS SECAS DE BANANO CON 3.38% DE HUMEDAD

APÉNDICE K

PROGRAMA COMPUTACIONAL

CLASS1.CLS

Option Explicit

```
Public Tout As Double
Public Tsup As Double
Public Tmedia As Double
Public Ccentro As Double
Public fi_out_a As Double
Public fi_b As Double
Public nA As Double
Public h As Double
Public hm As Double
Public wout As Double
Public porcentaje As Double
Public posicion As Double
Public densi_b As Double
Public masa As Double
Public flujo_aire_in As Double
Public m_vapor_almacenada As Double
Public m_vapor_limite As Double
Public k1 As Double
Public k2 As Double
```

MODULE1.BAS

```
Public fMainForm As frmMain
```

```
Option Explicit
```

```
Type param
```

```
    Tout As Double
```

```
    Tsup As Double
```

```
    Tmedia As Double
```

```
    Tcentro As Double
```

```
    posicion As Double
```

```
    Csup As Double
```

```
End Type
```

```
'General - Excel
```

```
Public Formvisible As Integer
```

```
Public Temperatura As Double
```

```
Public flujo_critico As Double
```

```
Public m12 As String
```

```
Public na1 As Double
```

```
Public m21 As Double
```

```
Public m11 As Double
```

```
Public tie1 As Double
```

```
Public lapiz As Double
```

```
Public m1 As Double
```

```
Public m2 As Double
```

```
Public tie As Double
```

```
Public factor_moldeo As Double
```

```
Public n11 As Double
```

```
Public n22 As Double
```

```
Public n33 As Double
```

```
Public ti As Double
```

```
Public variable As Double
```

```
Public Delta_evaporacion As Double
```

```
Public porcentaje_superficial As Double
```

```
Public m_vapor_limite As Double
```

```
Public ro_aire As Double
```

```
Public ro_sup As Double
```

```
Public Pws_sup As Double
```

```
Public ojo As Double
```

```
Public concentracion_media As Double
```

```
Public hg As Double
```

```
Public a_w As Double
Public densi_b_inicial As Double
Public Hps As Double
Public Cs As Double
Public Densi_seco As Double
Public concentracion_critica As Double
Public m_vapor_almacenada As Double
```

'Variables de Graficacion

```
Public fi_b_inicial
Public xl
Public ub As Integer
Public contzoom As Integer
Public Phorizontal As Double
Public Pvertical As Double
Public columna As Integer
Public columna_1 As Integer
Public columna_2 As Integer
Public ubicado As Integer
Public pos1 As Integer
Public pos2 As Integer
Public columna1 As New Collection
Public columna2 As New Collection
Public posicion As New Collection
Public pos3 As Integer
Public pos4 As Integer
Public m_flujo_inicial As Double
Public m_vapor As Double
Public guardar As Double
```

'Para calculo de geometria del modelo

```
Public a As Double
Public B As Double
Public c As Double
Public e As Double
Public n1 As Integer
Public n1_1 As Integer
Public n2 As Integer
Public n2_1 As Integer
Public n3 As Integer
```

```
Public n As Double
Public fv As Double
Public mb As Double
Public db As Double
Public Rg As Double
Public r As Double
Public t As Double
Public l As Double
Public k As Double
Public VT As Double
```

'Para calculo de propiedades del aire

```
Public Tinf As Double
Public Tinicio As Double
Public Ts As Double
Public Tf As Double
Public Dh As Double
Public V1 As Double
Public m_flujo As Double
Public densi_a As Double
Public cp_a As Double
Public u_a As Double
Public visco_cin_a As Double
Public k_a As Double
Public alfa_a As Double
Public Pr_a As Double
Public Re_Dh As Double
Public densi1 As Double
Public h As Double
Public Dab As Double
```

' Propiedades del banano

```
Public Cp_b As Double
Public K_b As Double
Public densi_b As Double
Public alfa_b As Double
Public fi_b As Double
Public Dab_s As Double
```

' Transferencia de calor transiente

Public Fox As Double
Public Foy As Double
Public Foz As Double
Public Bix As Double
Public Biy As Double
Public Biz As Double
Public C1x As Double
Public C1y As Double
Public C1z As Double
Public C2x As Double
Public C2y As Double
Public C2z As Double
Public C3x As Double
Public C3y As Double
Public C3z As Double
Public C4x As Double
Public C4y As Double
Public C4z As Double
Public tetacent1x As Double
Public tetacent1y As Double
Public tetacent1z As Double
Public tetacent2x As Double
Public tetacent2y As Double
Public tetacent2z As Double
Public tetacent3x As Double
Public tetacent3y As Double
Public tetacent3z As Double
Public tetacent4x As Double
Public tetacent4y As Double
Public tetacent4z As Double
Public teta1x As Double
Public teta1y As Double
Public teta1z As Double
Public teta2x As Double
Public teta2y As Double
Public teta2z As Double
Public teta3x As Double
Public teta3y As Double
Public teta3z As Double
Public teta4x As Double
Public teta4y As Double
Public teta4z As Double

Public delta1x As Double
Public delta1y As Double
Public delta1z As Double
Public delta2x As Double
Public delta2y As Double
Public delta2z As Double
Public delta3x As Double
Public delta3y As Double
Public delta3z As Double
Public delta4x As Double
Public delta4y As Double
Public delta4z As Double
Public temperatura_media_superficial As Double
Public temperatura_de_salida As Double
Public temperatura_media_del_cuerpo As Double
Public Tout As Double
Public Tsup As Double
Public tiempo As Double
Public tiempo_final As Double

'Transferencia de masa

Public flujo_aire_in As Double
Public flujo_vapor_in As Double
Public Fomx As Double
Public Fomy As Double
Public Fomz As Double
Public Cinicial As Double
Public porcentaje As Double
Public tetamx As Double
Public tetamy As Double
Public tetamz As Double
Public fi_in_a As Double
Public fi_out_a As Double
Public win As Double
Public wout As Double
Public hin_a As Double
Public hfg As Double
Public nA_1 As Double
Public nA_2 As Double
Public nA As Double
Public hm As Double

```

Public Cinf As Double
Public Ci As Double
Public hw_in As Double
Public Pws_in As Double
Public Pws_out As Double
Public Pw_in As Double
Public Pw_out As Double
Public t1 As Double
Public tam_paso_t As Double
Public Le As Double
Public mflujo As Double
Public calc_Pws As Double
Public Carac_bloque As New Collection
Public Carac_bloque_ant As New Collection
Public archivo As New Collection

```

'Constantes

```

Public Const conPi = 3.14159265358979
Public Const r_a = 287.055 'J/Kg°K
Public Const r_v = 461.52 'J/Kg°K
Public Const r_u = 8.315 'J/mol°K
Public Const Pmezcla = 101325 'Pa

```

Function calc_densi(ByVal Temp)

```

If Formvisible = 2 Then

```

```

    With Form2

```

```

        .Text3.LinkTopic = "Excel|PROPIEDADES DEL AIRE"
        .Text3.LinkMode = vbLinkManual
        .Text4.LinkTopic = "Excel|PROPIEDADES DEL AIRE"
        .Text4.LinkMode = vbLinkManual
        .Text3.LinkItem = "F8C21"
        .Text3.Text = Str(Temp)
        .Text3.LinkPoke
        .Text4.LinkItem = "F8C22"
        .Text4.LinkRequest
        If .Text4.Text <> "#N/A" <> 0 Then calc_densi = Val(.Text4)

```

```

    End With

```

```

End If

```

If Formvisible = 3 Then

With Form3

```
.Text3.LinkTopic = "Excel|PROPIEDADES DEL AIRE"  
.Text3.LinkMode = vbLinkManual  
.Text4.LinkTopic = "Excel|PROPIEDADES DEL AIRE"  
.Text4.LinkMode = vbLinkManual  
.Text3.LinkItem = "F8C21"  
.Text3.Text = Str(Temp)  
.Text3.LinkPoke  
.Text4.LinkItem = "F8C22"  
.Text4.LinkRequest  
If .Text4.Text <> "#N/A" <> 0 Then calc_densi = Val(.Text4)
```

End With

End If

End Function

Sub calcula_prop()

$T_f = (T_{inf} + T_s) / 2$

If Formvisible = 2 Then

With Form2

```
.Text3.LinkMode = 0  
.Text3.LinkTopic = "Excel|PROPIEDADES DEL AIRE"  
.Text4.LinkMode = 0  
.Text4.LinkTopic = "Excel|PROPIEDADES DEL AIRE"  
.Text3.LinkItem = "F" & 8 & "C" & 21  
.Text3.LinkMode = vbLinkManual  
.Text3.Text = Str(Tf)  
.Text3.LinkPoke  
.Text4.LinkItem = "F8C22"  
.Text4.LinkMode = vbLinkManual  
.Text4.LinkRequest  
If .Text4.Text <> "#N/A" <> 0 Then densi_a = Val(.Text4)  
.Text4.LinkItem = "F8C23"  
.Text4.LinkRequest  
If .Text4.Text <> "#N/A" <> 0 Then cp_a = Val(.Text4)  
.Text4.LinkItem = "F8C24"  
.Text4.LinkRequest
```

```

If .Text4.Text <> "#N/A" <> 0 Then u_a = Val(.Text4)
.Text4.LinkItem = "F8C25"
.Text4.LinkRequest
If .Text4.Text <> "#N/A" <> 0 Then visco_cin_a = Val(.Text4)
.Text4.LinkItem = "F8C26"
.Text4.LinkRequest
If .Text4.Text <> "#N/A" <> 0 Then k_a = Val(.Text4)
.Text4.LinkItem = "F8C27"
.Text4.LinkRequest
If .Text4.Text <> "#N/A" <> 0 Then alfa_a = Val(.Text4)
.Text4.LinkItem = "F8C28"
.Text4.LinkRequest
If .Text4.Text <> "#N/A" <> 0 Then Pr_a = Val(.Text4)
densi1 = calc_densi(Tinf)

```

```

If n1 Mod 2 = 0 Then
    n1_1 = n1 / 2
Else
    n1_1 = (n1 - 1) / (2)
End If
If n2 Mod 2 = 0 Then
    n2_1 = n2 / 2
Else
    n2_1 = (n2 - 1) / (2)
End If

```

```

V1 = (m_flujo) / (n1_1 * n2_1 * densi1 * (4 * c * e + 2 * e ^ 2))
Dh = c
Re_Dh = (V1 * Dh) / (visco_cin_a)
mflujo1 = (m_flujo) / (n1_1 * n2_1)
If Re_Dh < 300 Then
h = 0.0204 * (V1 * densi1 * 3600) ^ 0.8
Else

```

```

Pw_in = (win * Pmezcla) / (0.62198 + win) ' Presion de vapor en la
entrada
Hps = (18 / 28.9) * (Pw_in) / (Pmezcla - Pw_in) ' Kg/kg de aire seco
Cs = (0.24 + 0.446 * Hps) ' kcal/kg de aire seco °C o BTU/lbm°F
flujo_aire_in = (mflujo1 * 3600 / (1 + win)) / (4 * c * c) ' kg/hora
Dh = c
h = (1.73073466637) * (0.37 * ((densi1 * V1 * (0.204816143623) *
3600) ^ 0.59) * Cs) / ((Dh * (3.2808398501)) ^ 0.41) ' J/s*°C*m^2

```

```

End If

```

```

Dab = (0.926 / 101.325) * (Tf ^ 2.5 / (Tf + 245)) * 10 ^ (-6)
Le = alfa_a / Dab
hm = Dab * Le ^ (1 / 3) * h / k_a

```

```

End With
End If

```

```

If Formvisible = 3 Then

```

```

With Form3

```

```

.Text3.LinkMode = 0
.Text3.LinkTopic = "Excel|PROPIEDADES DEL AIRE"
.Text4.LinkMode = 0
.Text4.LinkTopic = "Excel|PROPIEDADES DEL AIRE"
.Text3.LinkItem = "F" & 8 & "C" & 21
.Text3.LinkMode = vbLinkManual
.Text3.Text = Str(Tf)
.Text3.LinkPoke
.Text4.LinkItem = "F8C22"
.Text4.LinkMode = vbLinkManual
.Text4.LinkRequest
If .Text4.Text <> "#N/A" <> 0 Then densi_a = Val(.Text4)
.Text4.LinkItem = "F8C23"
.Text4.LinkRequest
If .Text4.Text <> "#N/A" <> 0 Then cp_a = Val(.Text4)
.Text4.LinkItem = "F8C24"
.Text4.LinkRequest
If .Text4.Text <> "#N/A" <> 0 Then u_a = Val(.Text4)
.Text4.LinkItem = "F8C25"
.Text4.LinkRequest
If .Text4.Text <> "#N/A" <> 0 Then visco_cin_a = Val(.Text4)
.Text4.LinkItem = "F8C26"
.Text4.LinkRequest
If .Text4.Text <> "#N/A" <> 0 Then k_a = Val(.Text4)
.Text4.LinkItem = "F8C27"
.Text4.LinkRequest
If .Text4.Text <> "#N/A" <> 0 Then alfa_a = Val(.Text4)
.Text4.LinkItem = "F8C28"
.Text4.LinkRequest
If .Text4.Text <> "#N/A" <> 0 Then Pr_a = Val(.Text4)
densi1 = calc_densi(Tinf)

```

```

If n1 Mod 2 = 0 Then
    n1_1 = n1 / 2
Else
    n1_1 = (n1 - 1) / (2)
End If
If n2 Mod 2 = 0 Then
    n2_1 = n2 / 2
Else
    n2_1 = (n2 - 1) / (2)
End If

V1 = (m_flujo) / (n1_1 * n2_1 * densi1 * (4 * c * e + 2 * e ^ 2))
Dh = c
Re_Dh = (V1 * Dh) / (visco_cin_a)

mflujoi = (m_flujo) / (n1_1 * n2_1)

If Re_Dh < 300 Then
    h = 0.0204 * (V1 * densi1 * 3600) ^ 0.8
Else

    Pw_in = (win * Pmezcla) / (0.62198 + win) ' Presion de vapor en la
    entrada
    Hps = (18 / 28.9) * (Pw_in) / (Pmezcla - Pw_in) ' Kg/kg de aire seco
    Cs = (0.24 + 0.446 * Hps) ' kcal/kg de aire seco °C o BTU/lbm°F
    flujo_aire_in = (mflujoi * 3600 / (1 + win)) / (4 * c * c) ' kg/hora
    Dh = c
    h = (1.73073466637) * (0.37 * ((densi1 * V1 * (0.204816143623) *
    3600) ^ 0.59) * Cs) / ((Dh * (3.2808398501)) ^ 0.41) ' J/s*°C*m^2

End If

Dab = (0.926 / 101.325) * (Tf ^ 2.5 / (Tf + 245)) * 10 ^ (-6)
Le = alfa_a / Dab
hm = Dab * Le ^ (1 / 3) * h / k_a

End With
End If

```

End Sub

Sub main()

```
Dim fLogin As New frmLogin
fLogin.Show vbModal
If Not fLogin.OK Then
    'Error al iniciar, la aplicación termina
End
End If
```

```
Form1.Show
On Error Resume Next
Set xl = GetObject(, "Excel.Application")
Set xl = GetObject(App.Path & "\Propiedades.xls")
SendKeys "{enter}"
xl.Parent.Windows(1).Visible = True
xl.Application.Visible = True
xl.Application.Visible = False
```

```
Unload fLogin
frmSplash.Show
frmSplash.Refresh
Set fMainForm = New frmMain
Load fMainForm
Unload frmSplash
fMainForm.Show
End Sub
```



FRMLOGIN.FRM

```
Private Declare Function GetUserName Lib "advapi32.dll" Alias  
"GetUserNameA" (ByVal lpbuffer As String, nSize As Long) As Long
```

```
Dim i As Integer
```

```

Public OK As Boolean
Private Sub Form_Load()
    Dim sBuffer As String
    Dim ISize As Long

    sBuffer = Space$(255)
    ISize = Len(sBuffer)
    Call GetUserName(sBuffer, ISize)
    If ISize > 0 Then
        txtUserName.Text = Left$(sBuffer, ISize)
    Else
        txtUserName.Text = vbNullString
    End If
End Sub

```

```

Private Sub cmdCancel_Click()
    OK = False
    Me.Hide
End Sub

```

```

Private Sub cmdOK_Click()
    'Crea comprobación de contraseña correcta
    'Comprueba si la contraseña es correcta
    If txtPassword.Text = "199611609" Then
        OK = True
        Me.Hide
    Else
        MsgBox "Contraseña incorrecta. Vuelva a intentarlo", , "Inicio de sesión"
        txtPassword.SetFocus
        txtPassword.SelStart = 0
        txtPassword.SelLength = Len(txtPassword.Text)
        i = i + 1
        If i > 2 Then End
    End If
End Sub

```



FRMMAIN.FRM

```
Private Declare Function OSWinHelp% Lib "user32" Alias  
"WinHelpA" (ByVal hwnd&, ByVal HelpFile$, ByVal wCommand%,  
dwData As Any)
```

```
Private Sub MDIForm_Load()  
    Me.Left = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainLeft", 1000)  
    Me.Top = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainTop", 1000)  
    Me.Width = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainWidth", 6500)  
    Me.Height = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainHeight", 6500)  
    LoadNewDoc  
End Sub
```

```
Private Sub LoadNewDoc()  
    Static IDocumentCount As Long  
    Dim frmD As frmDocument  
    IDocumentCount = IDocumentCount + 1  
    Set frmD = New frmDocument  
    frmD.Caption = "Document " & IDocumentCount  
    frmD.Show  
End Sub
```

```
Private Sub MDIForm_Unload(Cancel As Integer)  
    If Me.WindowState <> vbMinimized Then
```

```

        SaveSetting App.Title, "Settings", "MainLeft", Me.Left
        SaveSetting App.Title, "Settings", "MainTop", Me.Top
        SaveSetting App.Title, "Settings", "MainWidth", Me.Width
        SaveSetting App.Title, "Settings", "MainHeight", Me.Height
    End If
End Sub

```

Private Sub mnuHelpAbout_Click()

```

    frmAbout.Show vbModal, Me
End Sub

```

Private Sub mnuViewOptions_Click()

```

    'Para hacer
    MsgBox "Aquí se sitúa el código del cuadro de diálogo de opciones"
End Sub

```

Private Sub mnuViewStatusBar_Click()

```

    If mnuViewStatusBar.Checked Then
        sbStatusBar.Visible = False
        mnuViewStatusBar.Checked = False
    Else
        sbStatusBar.Visible = True
        mnuViewStatusBar.Checked = True
    End If
End Sub

```

Private Sub mnuViewToolbar_Click()

```

    If mnuViewToolbar.Checked Then
        tbToolBar.Visible = False
        mnuViewToolbar.Checked = False
    Else
        tbToolBar.Visible = True
        mnuViewToolbar.Checked = True
    End If
End Sub

```

Private Sub tbToolBar_ButtonClick(ByVal Button As ComctlLib.Button)

```

    Select Case Button.Key

```

```

Case "New"
    LoadNewDoc
Case "New"
    mnuFileNew_Click
Case "Open"
    mnuFileOpen_Click
Case "Save"
    mnuFileSave_Click
Case "Print"
    mnuFilePrint_Click
Case "Cut"
    mnuEditCut_Click
Case "Copy"
    mnuEditCopy_Click
Case "Paste"
    mnuEditPaste_Click
Case "Bold"
    'Para hacer
    MsgBox "Aquí se sitúa el código para negrita"
Case "Italic"
    'Para hacer
    MsgBox "Aquí se sitúa el código para cursiva"
Case "Underline"
    'Para hacer
    MsgBox "Aquí se sitúa el código para subrayado"
Case "Left"
    'Para hacer
    MsgBox "Aquí se sitúa el código para izquierda"
Case "Center"
    'Para hacer
    MsgBox "Aquí se sitúa el código para centrado"
Case "Right"
    'Para hacer
    MsgBox "Aquí se sitúa el código para derecha"
End Select
End Sub

```

Private Sub mnuHelpContents_Click()

```
Dim nRet As Integer
```

'Si no hay archivo de Ayuda para este proyecto, muestra un mensaje al usuario 'puede establecer el archivo de Ayuda para su aplicación en el

cuadro de diálogo Propiedades del proyecto

```
If Len(App.HelpFile) = 0 Then
    MsgBox "Imposible mostrar los contenidos de la Ayuda. No hay una
    Ayuda asociada con este proyecto.", vbInformation, Me.Caption
Else
    On Error Resume Next
    nRet = OSWinHelp(Me.hwnd, App.HelpFile, 3, 0)
    If Err Then
        MsgBox Err.Description
    End If
End If
End Sub
```

Private Sub mnuHelpSearch_Click()

```
Dim nRet As Integer

'Si no hay archivo de Ayuda para este proyecto, muestra un mensaje al
usuario puede establecer el archivo de Ayuda para su aplicación en el
cuadro de diálogo Propiedades del proyecto
If Len(App.HelpFile) = 0 Then
    MsgBox "Imposible mostrar los contenidos de la Ayuda. No hay una
    Ayuda asociada con este proyecto.", vbInformation, Me.Caption
Else
    On Error Resume Next
    nRet = OSWinHelp(Me.hwnd, App.HelpFile, 261, 0)
    If Err Then
        MsgBox Err.Description
    End If
End If
End Sub
```

Private Sub mnuWindowArrangelcons_Click()

```
Me.Arrange vbArrangelcons
End Sub
```

Private Sub mnuWindowCascade_Click()

```
Me.Arrange vbCascade
End Sub
```

Private Sub mnuWindowNewWindow_Click()

```
'Para hacer
```

```
    MsgBox "Aquí se sitúa el código para nueva ventana"  
End Sub
```

```
Private Sub mnuWindowTileHorizontal_Click()  
    Me.Arrange vbTileHorizontal  
End Sub
```

```
Private Sub mnuWindowTileVertical_Click()  
    Me.Arrange vbTileVertical  
End Sub
```

```
Private Sub mnuViewRefresh_Click()  
    'Para hacer  
    MsgBox "Aquí se sitúa el código para renovar"  
End Sub
```

```
Private Sub mnuEditCopy_Click()  
    'Para hacer  
    MsgBox "Aquí se sitúa el código para copiar"  
End Sub
```

```
Private Sub mnuEditCut_Click()  
    'Para hacer  
    MsgBox "Aquí se sitúa el código para cortar"  
End Sub
```

```
Private Sub mnuEditPaste_Click()  
    'Para hacer  
    MsgBox "Aquí se sitúa el código para pegar"  
End Sub
```

```
Private Sub mnuEditPasteSpecial_Click()  
    'Para hacer  
    MsgBox "Aquí se sitúa el código de pegado especial"  
End Sub
```

```
Private Sub mnuEditUndo_Click()  
    'Para hacer  
    MsgBox "Aquí se sitúa el código para deshacer"  
End Sub
```

```
Private Sub mnuFileOpen_Click()
```

```

Dim sFile As String

With dlgCommonDialog
'Para hacer
    'Establece los indicadores y atributos del
    'control Common Dialog
    .Filter = "Todos los archivos (*.*)|*.*)"
    .ShowOpen
    If Len(.filename) = 0 Then
        Exit Sub
    End If
    sFile = .filename
End With
'Para hacer
'Procesa el archivo abierto
End Sub

Private Sub mnuFileClose_Click()
'Para hacer
    MsgBox "Aquí se sitúa el código para cerrar"
End Sub

Private Sub mnuFileSave_Click()
'Para hacer
    MsgBox "Aquí se sitúa el código para guardar"
End Sub

Private Sub mnuFileSaveAs_Click()
'Para hacer
    'Configura el control Common Dialog
    'antes de llamar a ShowSave
    dlgCommonDialog.ShowSave
End Sub

Private Sub mnuFileSaveAll_Click()
'Para hacer
    MsgBox "Aquí se sitúa el código para guardar todo"
End Sub

Private Sub mnuFileProperties_Click()
'Para hacer

```

```
    MsgBox "Aquí se sitúa el código de las propiedades"  
End Sub
```

```
Private Sub mnuFilePageSetup_Click()  
    dlgCommonDialog.ShowPrinter  
End Sub
```

```
Private Sub mnuFilePrintPreview_Click()  
    'Para hacer  
    MsgBox "Aquí se sitúa el código de vista previa"  
End Sub
```

```
Private Sub mnuFilePrint_Click()  
    'Para hacer  
    MsgBox "Aquí se sitúa el código de impresión"  
End Sub
```

```
Private Sub mnuFileSend_Click()  
    'Para hacer  
    MsgBox "Aquí se sitúa el código de enviar"  
End Sub
```

```
Private Sub mnuFileMRU_Click(Index As Integer)  
    'Para hacer  
    MsgBox "Aquí se sitúa el código de archivos recientes"  
End Sub
```

```
Private Sub mnuFileExit_Click()  
    'Descarga el formulario  
    Unload Me  
End Sub
```

```
Private Sub mnuFileNew_Click()  
    LoadNewDoc  
End Sub
```



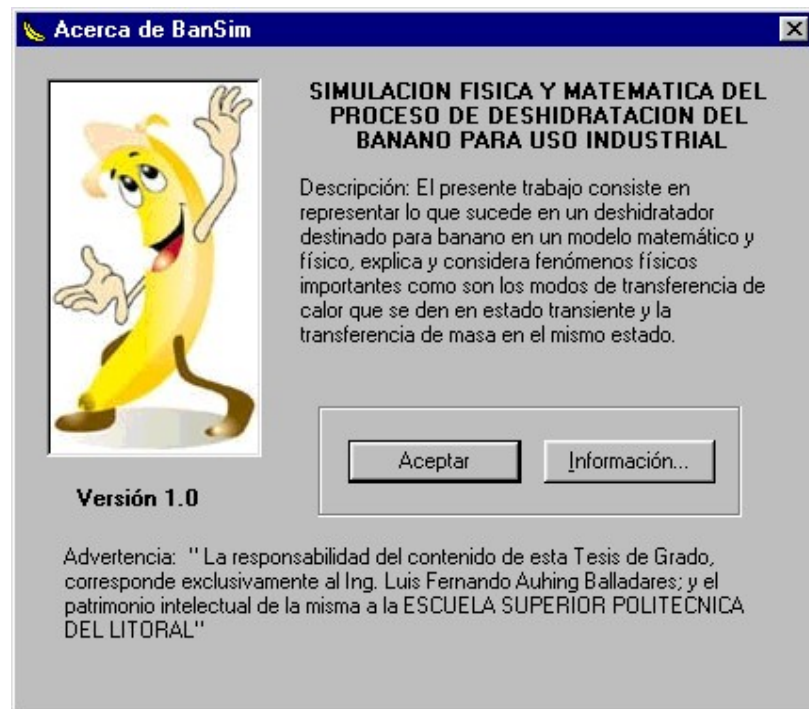
FRMSPLASH.FRM

Private Sub Form_Load()

 lblVersion.Caption = "Version " & App.Major & "." & App.Minor & "." &
App.Revision

 lblProductName.Caption = App.Title

End Sub



FRMABOUT.FRM

' Opciones de seguridad de claves del Registro...

Const KEY_ALL_ACCESS = &H2003F

' Tipos ROOT de claves del Registro...

Const HKEY_LOCAL_MACHINE = &H80000002

Const ERROR_SUCCESS = 0

Const REG_SZ = 1

' Cadena Unicode terminada en null

Const REG_DWORD = 4

' Número de 32 bits

Const gREGKEYSYSINFOLOC = "SOFTWARE\Microsoft\Shared Tools Location"

Const gREGVALSYSINFOLOC = "MSINFO"

Const gREGKEYSYSINFO = "SOFTWARE\Microsoft\Shared Tools\MSINFO"

Const gREGVALSYSINFO = "PATH"

```

Private Declare Function RegOpenKeyEx Lib "advapi32" Alias
"RegOpenKeyExA" (ByVal hKey As Long, ByVal lpSubKey As String,
ByVal ulOptions As Long, ByVal samDesired As Long, ByRef phkResult
As Long) As Long
Private Declare Function RegQueryValueEx Lib "advapi32" Alias
"RegQueryValueExA" (ByVal hKey As Long, ByVal lpValueName As
String, ByVal lpReserved As Long, ByRef lpType As Long, ByVal lpData
As String, ByRef lpcbData As Long) As Long
Private Declare Function RegCloseKey Lib "advapi32" (ByVal hKey As
Long) As Long

```

Private Sub Form_Load()

```

    lblVersion.Caption = "Versión " & App.Major & "." & App.Minor & "." &
App.Revision
    lblTitle.Caption = App.Title

```

End Sub

Private Sub cmdSysInfo_Click()

```

    Call StartSysInfo

```

End Sub

Private Sub cmdOK_Click()

```

    Unload Me

```

End Sub

Public Sub StartSysInfo()

```

    On Error GoTo SysInfoErr

```

```

    Dim rc As Long
    Dim SysInfoPath As String

```

```

    ' Intenta obtener del Registro el nombre y la ruta de programas...

```

```

    If GetKeyValue(HKEY_LOCAL_MACHINE, gREGKEYSYSINFO,
gREGVALSYSINFO, SysInfoPath) Then

```

```

    ' Intenta obtener del Registro sólo la ruta de programas...

```

```

    ElseIf GetKeyValue(HKEY_LOCAL_MACHINE,
gREGKEYSYSINFOLOC, gREGVALSYSINFOLOC, SysInfoPath)
Then ' Valida la existencia de versiones conocidas de archivos de 32
bits

```

```

    If (Dir(SysInfoPath & "\MSINFO32.EXE") <> "") Then
        SysInfoPath = SysInfoPath & "\MSINFO32.EXE"
    End If

```

```

    ' Error - Imposible encontrar el archivo...

```

```

Else
    GoTo SysInfoErr
End If
' Error - Imposible encontrar entrada del Registro...
Else
    GoTo SysInfoErr
End If
Call Shell(SysInfoPath, vbNormalFocus)

```

Exit Sub

SysInfoErr:

```

MsgBox "La información del sistema no está disponible en este
momento", vbOKOnly

```

End Sub

Public Function GetKeyValue(KeyRoot As Long, KeyName As String, SubKeyRef As String, ByRef KeyVal As String) As Boolean

```

Dim i As Long ' Bucle de contador
Dim rc As Long ' Código de retorno
Dim hKey As Long ' Controlador para una clave abierta del Registro
Dim hDepth As Long
Dim KeyValType As Long ' Tipo de datos de una clave del Registro
Dim tmpVal As String ' Almacenamiento temporal para un valor de
clave del Registro
Dim KeyValSize As Long ' Tamaño de variable de clave del Registro
'-----
' Abre clave del Registro bajo una clave raíz
{HKEY_LOCAL_MACHINE...}
'-----
rc = RegOpenKeyEx(KeyRoot, KeyName, 0, KEY_ALL_ACCESS,
hKey) ' Abre clave del Registro

If (rc <> ERROR_SUCCESS) Then GoTo GetKeyError ' Controla el
error...

tmpVal = String$(1024, 0) ' Asigna espacio de variable
KeyValSize = 1024 'Marca tamaño de variable

'-----
' Recupera valor de clave del Registro...
'-----

```

```
rc = RegQueryValueEx(hKey, SubKeyRef, 0, KeyValType, tmpVal,  
KeyValSize) ' Obtiene/crea valor de clave
```

```
If (rc <> ERROR_SUCCESS) Then GoTo GetKeyError ' Controla  
errores
```

```
If (Asc(Mid(tmpVal, KeyValSize, 1)) = 0) Then ' Win95 agrega  
cadena terminada en Null...
```

```
    tmpVal = Left(tmpVal, KeyValSize - 1) ' Se encontró un Null,  
    extrae de cadena
```

```
Else ' WinNT NO termina en Null la cadena...
```

```
    tmpVal = Left(tmpVal, KeyValSize) ' No se encontró  
    Null, extrae sólo la cadena
```

```
End If
```

```
'-----
```

```
' Determina el tipo de valor de clave para su conversión...
```

```
'-----
```

```
Select Case KeyValType ' Busca tipos de datos...
```

```
Case REG_SZ ' Tipo de datos String de clave del Registro
```

```
    KeyVal = tmpVal ' Copia valor de cadena
```

```
Case REG_DWORD ' Tipo de datos Double Word de clave del  
Registro
```

```
    For i = Len(tmpVal) To 1 Step -1 ' Convierte cada bit
```

```
        KeyVal = KeyVal + Hex(Asc(Mid(tmpVal, i, 1))) ' Genera  
        valor carácter a carácter
```

```
    Next
```

```
    KeyVal = Format$("&h" + KeyVal) ' Convierte tipo Double  
    Word a String
```

```
End Select
```

```
GetKeyValue = True ' Devuelve éxito
```

```
rc = RegCloseKey(hKey) ' Cierra clave del Registro
```

```
Exit Function ' Sale
```

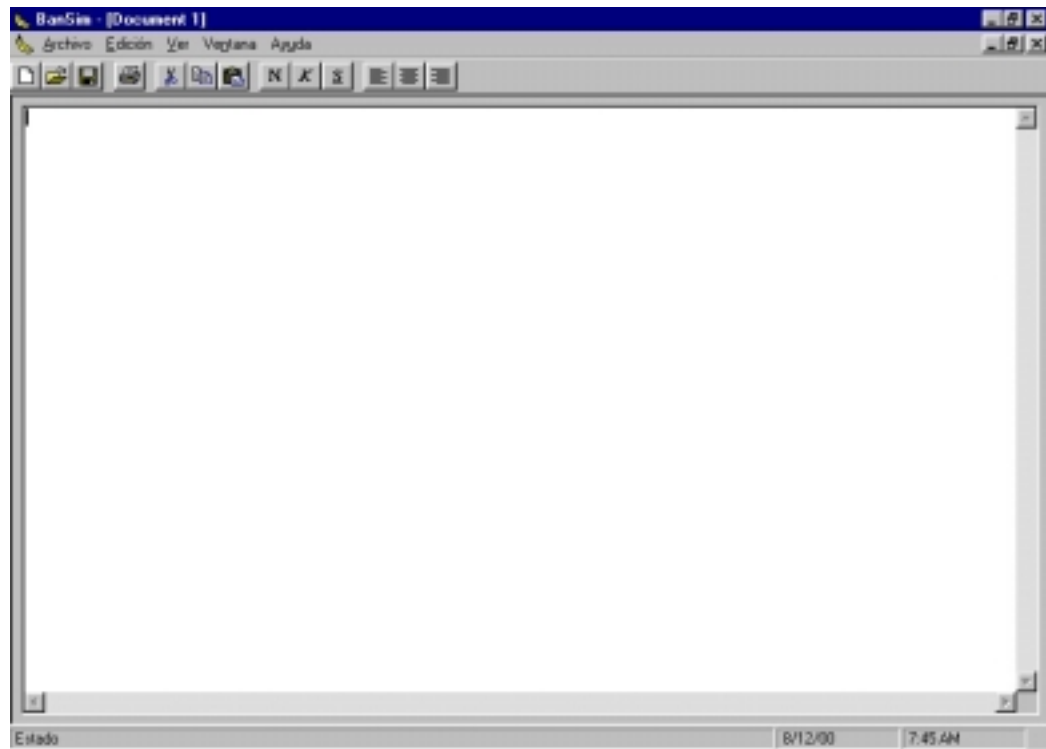
```
GetKeyError: ' Limpieza después de producirse un error...
```

```
KeyVal = ' Establece valor de retorno a cadena vacía
```

```
GetKeyValue = False ' Devuelve fallo
```

```
rc = RegCloseKey(hKey) ' Cierra clave del Registro
```

```
End Function
```



FRMDOCUMENT.FRM

Private Sub Form_Load()

 Form_Resize

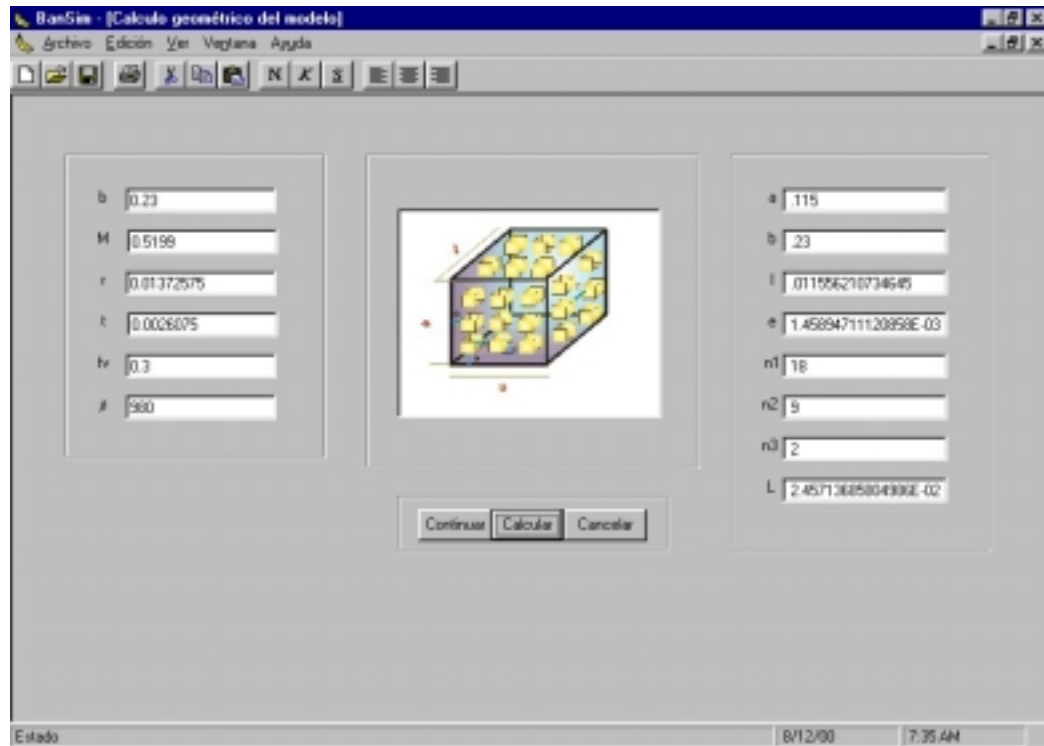
End Sub

Private Sub Form_Resize()

 On Error Resume Next

 txtText.Move 100, 100, Me.ScaleWidth - 200, Me.ScaleHeight - 200

End Sub



FORM1.FRM

Option Explicit

Private Sub Command1_Click()

Dim msg

While (Val(Text1(0)) * Val(Text1(1)) * Val(Text1(2)) * Val(Text1(3)) *
Val(Text1(4)) * Val(Text1(5)) = 0)

msg = MsgBox("Error", vbCritical, "Ingreso de datos")

Form1.Show

Exit Sub

Wend

Call calculos

Command2.Enabled = True

End Sub

Sub calculos()

```
B = Val(Text1(0))
mb = Val(Text1(1))
r = Val(Text1(2))
t = Val(Text1(3))
db = Val(Text1(4))
fv = Val(Text1(5))
c = ((t * conPi * r ^ 2) ^ (1 / 3))
a = B / 2
e = ((1 - fv) ^ (-1 / 3) - 1) * c
n1 = (B - e) / (c + e)
n2 = (a - e) / (c + e)
n3 = mb / (db * n2 * n1 * c ^ 3)
n11 = (B - e) / (c + e)
n22 = (a - e) / (c + e)
n33 = mb / (db * n22 * n11 * c ^ 3)
l = n3 * (c + e) - e
mb = db * n2 * n1 * n3 * c ^ 3
```

```
Text2(0).Text = Str(a)
Text2(1).Text = Str(B)
Text2(2).Text = Str(c)
Text2(3).Text = Str(e)
Text2(4).Text = Str(n1)
Text2(5).Text = Str(n2)
Text2(6).Text = Str(n3)
Text2(7).Text = Str(l)
```

End Sub**Private Sub Command2_Click()**

```
Unload Form1
Form2.Show
```

End Sub**Private Sub Command3_Click()**

```
xl.Application.DisplayAlerts = False
xl.Application.Quit
Unload Me
End
```

End Sub

Private Sub Form_Load()

Set Image1.Picture = LoadPicture(App.Path & "\cubos1-1.jpg")

End Sub

FORM2.FRM

Option Explicit

Private Sub Command1_Click()

Dim msg

While (Val(Text1(0)) * Val(Text1(1)) * Val(Text1(2)) = 0) * Val(Text1(3))

* Val(Text1(4)) * Val(Text1(5)) * Val(Text1(6))

msg = MsgBox("Error", vbCritical, "Ingreso de datos")

Form2.Show

Exit Sub

Wend

Call calculos

Command2.Enabled = True

End Sub

Sub calculos()

```
Tinicio = Val(Text1(0))
win = Val(Text5)
Tinf = Tinicio
Ts = Val(Text1(1))
temperatura_media_del_cuerpo = Val(Text1(1))
m_flujo = Val(Text1(2)) / 3600
m_flujo_inicial = Val(Text1(2)) / 3600
Call calcula_prop
Text2(0) = Str(Tf)
Text2(1) = Str(densi_a)
Text2(2) = Str(cp_a)
Text2(3) = Str(u_a)
Text2(4) = Str(visco_cin_a)
Text2(5) = Str(k_a)
Text2(6) = Str(alfa_a)
Text2(7) = Str(Pr_a)
Text2(8) = Str(Dh)
Text2(9) = Str(V1)
Text2(10) = Str(Re_Dh)
Text2(12) = Str(h)
Text2(13) = Str(hm)
```

End Sub**Private Sub Command2_Click()**

```
Unload Form2
Form3.Show
```

End Sub**Private Sub Command3_Click()**

```
xl.Application.DisplayAlerts = False
xl.Application.Quit
Unload Me
End
```

End Sub**Private Sub Command4_Click()**

```
Unload Form2
Form1.Show
```

End Sub**Private Sub Form_Load()**

```
Form2.Move Form2.Left, Form2.Top, 2400, 4275
Formvisible = 2
```

End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)

Formvisible = 0

End Sub

BanSim - [Cálculo de las iteraciones]

Archivo Edición Ver Ventana Ayuda

Flujo Critico 2.1E-7

F.M. 13

tSup 15

ρ 900

t. li 8400

ti 60

w 0.1708

zc 85.75

Leer Archivo

Calcular

Continuar

Cancelar

Grabar

Abrir

Estado 8/12/90 7:35 AM

FORM3.FRM

Option Explicit

Private Sub Comman3_Click()

xl.Application.DisplayAlerts = False

xl.Application.Quit

Unload Me

End

End Sub

Private Sub Command1_Click()

Dim msg

```

Set archivo = Nothing
While (Val(Text1(1)) * Val(Text1(2)) * Val(Text1(3)) * Val(Text1(4))) = 0)
    * Val(Text1(5)) * Val(Text1(6))
    msg = MsgBox("Error", vbCritical, "Ingreso de datos")
    Form3.Show
    Exit Sub
Wend

```

```

If Val(Text1(1)) > 40 Then
    MsgBox ("Porcentaje es entre 0 y 15")
    Exit Sub
End If

```

```

Call calcula_transiente

```

```

Command2.Enabled = True
Command3.Enabled = True

```

End Sub

Private Sub Command2_Click()

```

Unload Me
Form4.Show

```

End Sub

Function temperatura_del_cuerpo(xpos As Double, ypos As Double, zpos As Double) As Double

```

tetacent1x = C1x * Exp(-(delta1x ^ 2) * Fox)
tetacent1y = C1y * Exp(-(delta1y ^ 2) * Foy)
tetacent1z = C1z * Exp(-(delta1z ^ 2) * Foz)
tetacent2x = C2x * Exp(-(delta2x ^ 2) * Fox)
tetacent2y = C2y * Exp(-(delta2y ^ 2) * Foy)
tetacent2z = C2z * Exp(-(delta2z ^ 2) * Foz)
tetacent3x = C3x * Exp(-(delta3x ^ 2) * Fox)
tetacent3y = C3y * Exp(-(delta3y ^ 2) * Foy)
tetacent3z = C3z * Exp(-(delta3z ^ 2) * Foz)
tetacent4x = C4x * Exp(-(delta4x ^ 2) * Fox)
tetacent4y = C4y * Exp(-(delta4y ^ 2) * Foy)
tetacent4z = C4z * Exp(-(delta4z ^ 2) * Foz)
teta1x = tetacent1x * Cos(delta1x * xpos)
teta1y = tetacent1y * Cos(delta1y * ypos)
teta1z = tetacent1z * Cos(delta1z * zpos)
teta2x = tetacent2x * Cos(delta2x * xpos)

```

```

teta2y = tetacent2y * Cos(delta2y * ypos)
teta2z = tetacent2z * Cos(delta2z * zpos)
teta3x = tetacent3x * Cos(delta3x * xpos)
teta3y = tetacent3y * Cos(delta3y * ypos)
teta3z = tetacent3z * Cos(delta3z * zpos)
teta4x = tetacent4x * Cos(delta4x * xpos)
teta4y = tetacent4y * Cos(delta4y * ypos)
teta4z = tetacent4z * Cos(delta4z * zpos)

```

```

temperatura_del_cuerpo = (temperatura_media_del_cuerpo - Tinf) *
((teta1x + teta2x + teta3x + teta4x) * (teta1y + teta2y + teta3y + teta4y) *
(teta1z + teta2z + teta3z + teta4z)) + Tinf

```

End Function

Function concentracion_del_cuerpo() As Double

```

tetamx = (8 / (conPi ^ 2)) * (Exp(-Fomx * (conPi ^ 2) / 4) + (1 / 9) * Exp(-9 *
Fomx * (conPi ^ 2) / 4) + (1 / 25) * Exp(-25 * Fomx * (conPi ^ 2) / 4) + (1 /
49) * Exp(-49 * Fomx * (conPi ^ 2) / 4) + (1 / 81) * Exp(-81 * Fomx * (conPi
^ 2) / 4))

```

```

tetamy = (8 / (conPi ^ 2)) * (Exp(-Fomy * (conPi ^ 2) / 4) + (1 / 9) * Exp(-9 *
Fomy * (conPi ^ 2) / 4) + (1 / 25) * Exp(-25 * Fomy * (conPi ^ 2) / 4) + (1 /
49) * Exp(-49 * Fomy * (conPi ^ 2) / 4) + (1 / 81) * Exp(-81 * Fomy * (conPi
^ 2) / 4))

```

```

tetamz = (8 / (conPi ^ 2)) * (Exp(-Fomz * (conPi ^ 2) / 4) + (1 / 9) * Exp(-9 *
Fomz * (conPi ^ 2) / 4) + (1 / 25) * Exp(-25 * Fomz * (conPi ^ 2) / 4) + (1 /
49) * Exp(-49 * Fomz * (conPi ^ 2) / 4) + (1 / 81) * Exp(-81 * Fomz * (conPi
^ 2) / 4))

```

```

concentracion_del_cuerpo = (concentracion_critica - Cinf) * (tetamx *
tetamy * tetamz) + Cinf

```

End Function

Function calc_hfg(ByVal Temp As Double) As Double

With Form3

```

.Text3.LinkTopic = "Excel|PROPIEDADES DEL AGUA SATURADA"
.Text3.LinkMode = vbLinkManual
.Text4.LinkTopic = "Excel|PROPIEDADES DEL AGUA SATURADA"
.Text4.LinkMode = vbLinkManual
.Text3.LinkItem = "F10C29"

```

```

.Text3.Text = Str(Temp)
.Text3.LinkPoke
.Text4.LinkItem = "F10C35"
.Text4.LinkRequest
If .Text4.Text <> "#N/A" Then calc_hfg = Val(.Text4)
End With
End Function

```

Function calc_delta1(ByVal Biot)

```

With Form3
.Text3.LinkTopic = "Excel|CONDUCCION TRANSIENTE"
.Text3.LinkMode = vbLinkManual
.Text4.LinkTopic = "Excel|CONDUCCION TRANSIENTE"
.Text4.LinkMode = vbLinkManual
.Text3.LinkItem = "F12C15"
.Text3.Text = Str(Biot)
.Text3.LinkPoke
.Text4.LinkItem = "F12C16"
.Text4.LinkRequest
If .Text4.Text <> "#N/A" Then
If Biot > 100 Then
calc_delta1 = 1.5708
Else
calc_delta1 = Val(.Text4)
End If
End If
End With
End Function

```

Function calc_delta2(ByVal Biot)

```

With Form3
.Text3.LinkTopic = "Excel|CONDUCCION TRANSIENTE"
.Text3.LinkMode = vbLinkManual
.Text4.LinkTopic = "Excel|CONDUCCION TRANSIENTE"
.Text4.LinkMode = vbLinkManual
.Text3.LinkItem = "F12C15"
.Text3.Text = Str(Biot)
.Text3.LinkPoke
.Text4.LinkItem = "F12C17"
.Text4.LinkRequest
If .Text4.Text <> "#N/A" Then
If Biot > 100 Then
calc_delta2 = 4.7124
Else

```

```

        calc_delta2 = Val(.Text4)
    End If
End If
End With
End Function

```

Function calc_delta3(ByVal Biot)

```

    With Form3
        .Text3.LinkTopic = "Excel|CONDUCCION TRANSIENTE"
        .Text3.LinkMode = vbLinkManual
        .Text4.LinkTopic = "Excel|CONDUCCION TRANSIENTE"
        .Text4.LinkMode = vbLinkManual
        .Text3.LinkItem = "F12C15"
        .Text3.Text = Str(Biot)
        .Text3.LinkPoke
        .Text4.LinkItem = "F12C18"
        .Text4.LinkRequest
        If .Text4.Text <> "#N/A" Then
            If Biot > 100 Then
                calc_delta3 = 7.854
            Else
                calc_delta3 = Val(.Text4)
            End If
        End If
    End With
End Function

```

Function calc_delta4(ByVal Biot)

```

    With Form3
        .Text3.LinkTopic = "Excel|CONDUCCION TRANSIENTE"
        .Text3.LinkMode = vbLinkManual
        .Text4.LinkTopic = "Excel|CONDUCCION TRANSIENTE"
        .Text4.LinkMode = vbLinkManual
        .Text3.LinkItem = "F12C15"
        .Text3.Text = Str(Biot)
        .Text3.LinkPoke
        .Text4.LinkItem = "F12C19"
        .Text4.LinkRequest
        If .Text4.Text <> "#N/A" Then
            If Biot > 100 Then
                calc_delta4 = 10.9956
            Else
                calc_delta4 = Val(.Text4)
            End If
        End If
    End With

```

```
End If
End With
End Function
```

```
Function calc_Pws(ByVal Temp As Double) As Double
  With Form3
```

```
    calc_Pws = Exp(-5800.2206 / Temp + 1.3914993 - 0.048640239 *
    Temp + 0.000041764768 * (Temp) ^ 2 - 0.000000014452093 *
    (Temp) ^ 3 + 6.5459673 * Log(Temp))
```

```
    'Temp en °K (0 - 200°C)
```

```
End With
End Function
```

```
Sub calcula_transiente()
  Dim i As Integer
```

```
  Dim Carac As New dato
  Dim leeCarac As New dato
  porcentaje_superficial = Val(Text1(1)) / 100
  densi_b = Val(Text1(2))
  densi_b_inicial = Val(Text1(2))
  tiempo_final = Val(Text1(3))
  tam_paso_t = Val(Text1(4))
  win = Val(Text1(5))
  fi_b_inicial = 0.01 * Val(Text1(6))
  fi_b = 0.01 * Val(Text1(6)) ' Base humeda
  factor_moldeo = Val(Text5)
  flujo_critico = Val(Text6)
  tiempo = 0
  i = 1
```

```
  Dim k 'As Integer
  k = 0
  Do While tiempo <= tiempo_final 'inicio de iteracion
    k = k + 1
    Cinicial = fi_b_inicial / (1 - fi_b_inicial) ' Base seca
```

```
  If k = 1 Then
```

```
    Dim j 'As Integer
    For j = 1 To n3
```

```

Ci = fi_b_inicial / (1 - fi_b_inicial) ' Kg de agua/Kg de banano seco
Call calcula_prop
V1 = (m_flujo) / (n1_1 * n2_1 * densi1 * (4 * c * e + 2 * e ^ 2))
ti = (c + e) / V1
Call Modelo_Transiente
Call Calculo_Na
Densi_seco = (1 - fi_b) * densi_b ' Kg/m^3
flujo_aire_in = m_flujo / (1 + win) 'Kg/s
flujo_vapor_in = win * flujo_aire_in 'Kg/s

m_vapor_limite = porcentaje_superficial * (fi_b_inicial / (1 -
fi_b_inicial)) * Densi_seco * (c * c * c)
m_vapor = (nA * ti) ' Kg

```

```

If ((m_vapor < m_vapor_limite) And (lapiz = 0)) Or m_vapor =
m_vapor_limite Then

```

```

hfg = 2326 * calc_hfg(temperatura_media_superficial)
Delta_evaporacion = nA_1 * hfg * ti / (Cp_b * densi_b * c * c * c)
temperatura_media_superficial = temperatura_media_superficial -
Delta_evaporacion
temperatura_media_del_cuerpo = temperatura_media_del_cuerpo
- Delta_evaporacion
Call Calculo_Na

```

```

hfg = 2326 * calc_hfg(temperatura_media_superficial)
Delta_evaporacion = nA_1 * hfg * ti / (Cp_b * densi_b * c * c * c)

```

```

temperatura_media_del_cuerpo = Ts

```

```

Call Modelo_Transiente
temperatura_media_superficial = temperatura_media_superficial -
Delta_evaporacion
temperatura_media_del_cuerpo = temperatura_media_del_cuerpo
- Delta_evaporacion

```

```

m_vapor = (nA * ti) ' Kg
densi_b = ((densi_b * c * c * c) - m_vapor) / (c * c * c) 'Kg/m^3
fi_b = 1 - Densi_seco / densi_b
m_vapor_limite = m_vapor_limite - m_vapor
concentracion_media = fi_b / (1 - fi_b)

```

Else

If (m_vapor > m_vapor_limite) Then

 If m12 <> "ya pase" Then

 If concentracion_media = 0 Then

 concentracion_media = Ci

 End If

 concentracion_critica = concentracion_media

 m12 = "ya pase"

 lapiz = 1

 End If

End If

Densi_seco = (1 - fi_b) * densi_b ' Kg/m^3

flujo_aire_in = m_flujo / (1 + win) 'Kg/s

flujo_vapor_in = win * flujo_aire_in 'Kg/s

Call Modelo_Concentracion

hfg = 2326 * calc_hfg(temperatura_media_superficial)

Delta_evaporacion = nA_1 * hfg * ti / (Cp_b * densi_b * c * c * c)

temperatura_media_superficial = temperatura_media_superficial –
Delta_evaporacion

temperatura_media_del_cuerpo = temperatura_media_del_cuerpo
- Delta_evaporacion

Call Modelo_Concentracion

Call calcula_prop

Call Modelo_Transiente

hfg = 2326 * calc_hfg(temperatura_media_superficial)

Delta_evaporacion = nA_1 * hfg * ti / (Cp_b * densi_b * c * c * c)

temperatura_media_superficial = temperatura_media_superficial –
Delta_evaporacion

temperatura_media_del_cuerpo = temperatura_media_del_cuerpo
- Delta_evaporacion

densi_b = Densi_seco * (1 + concentracion_media)

End If

Pws_in = calc_Pws(Tinf) ' Presion de saturacion de vapor en la
entrada Pa

Pw_in = (win * Pmezcla) / (0.62198 + win) ' Presion de vapor en la

```

entrada
fi_in_a = Pw_in / Pws_in ' humedad relativa en la entrada
Ci = fi_b_inicial / (1 - fi_b_inicial) ' Kg de agua/Kg de banano seco
flujo_aire_in = m_flujo / (1 + win) 'Kg/s
flujo_vapor_in = win * flujo_aire_in 'Kg/s

t1 = Tinf - 273.15 ' °C
hin_a = t1 * 1000 ' Entalpía del aire a la entrada
hw_in = (2501 + 1.805 * t1) * 1000 ' Entalpía de vapor a la entrada
hg = 2326 * calc_hg(temperatura_media_superficial)
wout = (flujo_vapor_in + nA) / (flujo_aire_in)
temperatura_de_salida = (flujo_aire_in * (hin_a + 273150) +
flujo_vapor_in * (hw_in - 2501000 + 493035.75) + nA * (-2501000
+ 493035.75 + hg) - h * (4 * c * c) * Tinf / 2 + h * (4 * c * c) *
temperatura_media_superficial) / (h * (4 * c * c) / 2 + flujo_aire_in
* 1000 + (flujo_vapor_in + nA) * 1805)

Pws_out = calc_Pws(temperatura_de_salida) ' Presion de
saturacion de vapor en la entrada Pa
Pw_out = (wout * Pmezcla) / (0.62198 + wout) ' Presion de vapor
en la entrada
fi_out_a = Pw_out / Pws_out ' Humedad relativa del aire a la salida
m_flujo = flujo_aire_in + (nA + flujo_vapor_in)

fi_b = (concentracion_media / (1 + concentracion_media))
m_vapor_almacenada = m_vapor + m_vapor_almacenada

If Cinicial = 0 Then
porcentaje = 0
Else
porcentaje = concentracion_media / Cinicial
End If

Carac.m_vapor_limite = m_vapor_limite
Carac.Tout = temperatura_de_salida
Carac.Tsup = temperatura_media_superficial
Carac.Tmedia = temperatura_media_del_cuerpo
Carac.masa = densi_b * (c ^ 3) * (n11 * n22 * n33)
Carac.Ccentro = concentracion_media
Carac.nA = nA
Carac.fi_out_a = fi_out_a
Carac.fi_b = fi_b
Carac.h = h

```

```
Carac.hm = hm
Carac.porcentaje = porcentaje
Carac.wout = wout
Carac.densi_b = densi_b
Carac.posicion = c / 2 + (c + e) * j
Carac.flujo_aire_in = flujo_aire_in
Carac.m_vapor_almacenada = m_vapor_almacenada
```

```
Carac_bloque.Add Item:=Carac, Key:=CStr(j)
```

```
Tinf = Carac.Tout
win = Carac.wout
fi_in_a = Carac.fi_out_a
m_vapor_almacenada = 0
Set Carac = Nothing
```

```
Next j
Set Carac_bloque_ant = Carac_bloque
archivo.Add Item:=Carac_bloque, Key:=Str(k)
Set Carac_bloque = Nothing
tiempo = tiempo + tam_paso_t
```

```
Else
```

```
Tinf = Tinicio
m_flujo = m_flujo_inicial
win = Val(Text1(5))
```

```
For j = 1 To n3
  If k <> 1 Then
    Set leeCarac = Carac_bloque_ant.Item(j)
    Ts = leeCarac.Tsup
    m_vapor_limite = leeCarac.m_vapor_limite
    densi_b = leeCarac.densi_b
    fi_b = leeCarac.fi_b
    temperatura_media_del_cuerpo = leeCarac.Tmedia
    ojo = leeCarac.Tmedia
    concentracion_media = leeCarac.Ccentro
    m_vapor_almacenada = leeCarac.m_vapor_almacenada
    Set leeCarac = Nothing
  End If
```

```

Ci = fi_b_inicial / (1 - fi_b_inicial) ' Kg de agua/Kg de banano seco
Call calcula_prop
ti = tam_paso_t
Call Modelo_Transiente
Ts = temperatura_media_superficial
temperatura_media_del_cuerpo = ojo
Call calcula_prop
Call Modelo_Transiente
Densi_seco = (1 - fi_b) * densi_b ' Kg/m^3
flujo_aire_in = m_flujo / (1 + win) 'Kg/s
flujo_vapor_in = win * flujo_aire_in 'Kg/s

```

```

Call Calculo_Na

```

```

Densi_seco = (1 - fi_b) * densi_b ' Kg/m^3
m_vapor = (nA * ti) ' Kg

```

```

flujo_aire_in = m_flujo / (1 + win) 'Kg/s

```

```

If ((m_vapor < m_vapor_limite) And (lapiz = 0)) Or m_vapor =
m_vapor_limite Then

```

```

hfg = 2326 * calc_hfg(temperatura_media_superficial)
Delta_evaporacion = nA_1 * hfg * ti / (Cp_b * densi_b * c * c * c)
temperatura_media_superficial = temperatura_media_superficial -
Delta_evaporacion
temperatura_media_del_cuerpo = temperatura_media_del_cuerpo
- Delta_evaporacion

```

```

m_vapor = (nA * ti) ' Kg
densi_b = ((densi_b * c * c * c) - m_vapor) / (c * c * c) 'Kg/m^3
fi_b = 1 - Densi_seco / densi_b
m_vapor_limite = m_vapor_limite - m_vapor
concentracion_media = fi_b / (1 - fi_b)

```

```

Else

```

```

If (m_vapor > m_vapor_limite) Then

```

```

If m12 <> "ya pase" Then
concentracion_critica = concentracion_media
m12 = "ya pase"

```

```
lapiz = 1  
End If
```

```
End If
```

```
Densi_seco = (1 - fi_b) * densi_b ' Kg/m^3  
flujo_aire_in = m_flujo / (1 + win) 'Kg/s  
flujo_vapor_in = win * flujo_aire_in 'Kg/s
```

```
Call Modelo_Concentracion  
hfg = 2326 * calc_hfg(temperatura_media_superficial)  
Delta_evaporacion = nA_1 * hfg * ti / (Cp_b * densi_b * c * c * c)  
temperatura_media_superficial = temperatura_media_superficial -  
Delta_evaporacion
```

```
temperatura_media_del_cuerpo = temperatura_media_del_cuerpo  
- Delta_evaporacion  
Call Modelo_Concentracion  
Call calcula_prop  
Call Modelo_Transiente  
hfg = 2326 * calc_hfg(temperatura_media_superficial)  
Delta_evaporacion = nA_1 * hfg * ti / (Cp_b * densi_b * c * c * c)  
temperatura_media_superficial = temperatura_media_superficial -  
Delta_evaporacion  
temperatura_media_del_cuerpo = temperatura_media_del_cuerpo  
- Delta_evaporacion
```

```
densi_b = Densi_seco * (1 + concentracion_media)
```

```
End If
```

```
Pws_in = calc_Pws(Tinf) ' Presion de saturacion de vapor en la  
entrada Pa  
Pw_in = (win * Pmezcla) / (0.62198 + win) ' Presion de vapor en la  
entrada  
fi_in_a = Pw_in / Pws_in ' humedad relativa en la entrada
```

```
flujo_aire_in = m_flujo / (1 + win) 'Kg/s  
flujo_vapor_in = win * flujo_aire_in 'Kg/s
```

```
t1 = Tinf - 273.15 ' °C  
hin_a = t1 * 1000 ' Entalpía del aire a la entrada
```

```

hw_in = (2501 + 1.805 * t1) * 1000 ' Entalpía de vapor a la entrada
hg = 2326 * calc_hg(temperatura_media_superficial)
wout = (flujo_vapor_in + nA) / (flujo_aire_in)
temperatura_de_salida = (flujo_aire_in * (hin_a + 273150) +
flujo_vapor_in * (hw_in - 2501000 + 493035.75) + nA * (-2501000
+ 493035.75 + hg) - h * (4 * c * c) * Tinf / 2 + h * (4 * c * c) *
temperatura_media_superficial) / (h * (4 * c * c) / 2 + flujo_aire_in
* 1000 + (flujo_vapor_in + nA) * 1805)

```

```

Pws_out = calc_Pws(temperatura_de_salida) ' Presion de
saturacion de vapor en la entrada Pa
Pw_out = (wout * Pmezcla) / (0.62198 + wout) ' Presion de vapor
en la entrada
fi_out_a = Pw_out / Pws_out ' Humedad relativa del aire a la salida
m_flujo = flujo_aire_in + (nA + flujo_vapor_in)

```

```

fi_b = (concentracion_media / (1 + concentracion_media))
m_vapor_almacenada = m_vapor + m_vapor_almacenada

```

```

If Cinicial = 0 Then
porcentaje = 0
Else
porcentaje = concentracion_media / Cinicial
End If

```

```

Carac.m_vapor_limite = m_vapor_limite
Carac.Tout = temperatura_de_salida
Carac.Tsup = temperatura_media_superficial
Carac.Tmedia = temperatura_media_del_cuerpo
Carac.Ccentro = concentracion_media
Carac.nA = nA
Carac.fi_out_a = fi_out_a
Carac.fi_b = fi_b
Carac.h = h
Carac.hm = hm
Carac.porcentaje = porcentaje
Carac.densi_b = densi_b
Carac.wout = wout
Carac.m_vapor_almacenada = m_vapor_almacenada
Carac.flujo_aire_in = flujo_aire_in
Carac.posicion = c / 2 + (c + e) * j
Carac.masa = densi_b * (c ^ 3) * (n11 * n22 * n33)

```

```

Carac_bloque.Add Item:=Carac, Key:=CStr(j)

Tinf = Carac.Tout
win = Carac.wout
fi_in_a = Carac.fi_out_a
m_vapor_almacenada = 0
Set Carac = Nothing
Next j
Set Carac_bloque_ant = Carac_bloque
archivo.Add Item:=Carac_bloque, Key:=Str(k)
Set Carac_bloque = Nothing
tiempo = tiempo + tam_paso_t

End If
Loop
End Sub

```

Function calc_hg(ByVal Temp As Double) As Double

```

With Form3
.Text3.LinkTopic = "Excel|PROPIEDADES DEL AGUA SATURADA"
.Text3.LinkMode = vbLinkManual
.Text4.LinkTopic = "Excel|PROPIEDADES DEL AGUA SATURADA"
.Text4.LinkMode = vbLinkManual
.Text3.LinkItem = "F10C29"
.Text3.Text = Str(Temp)
.Text3.LinkPoke
.Text4.LinkItem = "F10C36"
.Text4.LinkRequest
If .Text4.Text <> "#N/A" Then calc_hg = Val(.Text4)
End With
End Function

```

Sub Modelo_Transiente()

```

Dim i As Integer

With Form3

K_b = 0.148 + 0.00493 * (fi_b * 100) ' W/m²K
Cp_b = (1.19 + 2.66 * fi_b) * 1000 ' J/Kg°K
alfa_b = (K_b) / (densi_b * Cp_b)
Fox = (alfa_b * ti) / ((c) ^ 2)
Foy = (alfa_b * ti) / ((c / 2) ^ 2)
Foz = (alfa_b * ti) / ((c / 2) ^ 2)

```

```

Bix = (h * c) / (K_b)
Biy = (h * (c / 2)) / (K_b)
Biz = (h * (c / 2)) / (K_b)
delta1x = calc_delta1(Bix)
delta1y = calc_delta1(Biy)
delta1z = calc_delta1(Biz)
delta2x = calc_delta2(Bix)
delta2y = calc_delta2(Biy)
delta2z = calc_delta2(Biz)
delta3x = calc_delta3(Bix)
delta3y = calc_delta3(Biy)
delta3z = calc_delta3(Biz)
delta4x = calc_delta4(Bix)
delta4y = calc_delta4(Biy)
delta4z = calc_delta4(Biz)
C1x = (4 * Sin(delta1x)) / (2 * delta1x + Sin(2 * delta1x))
C1y = (4 * Sin(delta1y)) / (2 * delta1y + Sin(2 * delta1y))
C1z = (4 * Sin(delta1z)) / (2 * delta1z + Sin(2 * delta1z))
C2x = (4 * Sin(delta2x)) / (2 * delta2x + Sin(2 * delta2x))
C2y = (4 * Sin(delta2y)) / (2 * delta2y + Sin(2 * delta2y))
C2z = (4 * Sin(delta2z)) / (2 * delta2z + Sin(2 * delta2z))
C3x = (4 * Sin(delta3x)) / (2 * delta3x + Sin(2 * delta3x))
C3y = (4 * Sin(delta3y)) / (2 * delta3y + Sin(2 * delta3y))
C3z = (4 * Sin(delta3z)) / (2 * delta3z + Sin(2 * delta3z))
C4x = (4 * Sin(delta4x)) / (2 * delta4x + Sin(2 * delta4x))
C4y = (4 * Sin(delta4y)) / (2 * delta4y + Sin(2 * delta4y))
C4z = (4 * Sin(delta4z)) / (2 * delta4z + Sin(2 * delta4z))

```

```

temperatura_media_superficial = (2 * temperatura_del_cuerpo(0,
1, 1) + 2 * temperatura_del_cuerpo(0.25, 1, 1) + 2 *
temperatura_del_cuerpo(0.5, 1, 1) + 2 *
temperatura_del_cuerpo(0.75, 1, 1) + 2 *
temperatura_del_cuerpo(1, 1, 1) + temperatura_del_cuerpo(0.5, 0,
1) + temperatura_del_cuerpo(0, 0, 1) + temperatura_del_cuerpo(1,
0, 1) + temperatura_del_cuerpo(0.25, 0, 1) +
temperatura_del_cuerpo(0.75, 0, 1)) / 15
Temperatura = 0
For i = 1 To 11
Temperatura = (2 * temperatura_del_cuerpo(0, 1, 0.1 * (i - 1)) + 2 *
temperatura_del_cuerpo(0.25, 1, 0.1 * (i - 1)) + 2 *
temperatura_del_cuerpo(0.5, 1, 0.1 * (i - 1)) + 2 *
temperatura_del_cuerpo(0.75, 1, 0.1 * (i - 1)) + 2 *
temperatura_del_cuerpo(1, 1, 0.1 * (i - 1)) +

```

```

temperatura_del_cuerpo(0.5, 0, 0.1 * (i - 1)) +
temperatura_del_cuerpo(0, 0, 0.1 * (i - 1)) +
temperatura_del_cuerpo(1, 0, 0.1 * (i - 1)) +
temperatura_del_cuerpo(0.25, 0, 0.1 * (i - 1)) +
temperatura_del_cuerpo(0.75, 0, 0.1 * (i - 1))) / 15 + Temperatura
Next
temperatura_media_del_cuerpo = Temperatura / 11

```

End With
End Sub

Sub Calculo_Na()

If Tinf <> temperatura_media_superficial Then

```

hfg = 2326 * calc_hfg(temperatura_media_superficial)
na1 = 4 * (1 - fv) * (4 * h * (Tinf - temperatura_media_superficial) *
(c ^ 3) / ((c / 2) * hfg) + 2 * h * (Tinf -
temperatura_media_superficial) * (c ^ 3) / ((c) * hfg))
nA_2 = 4 * (1 - fv) * h * (Tinf - temperatura_media_superficial) * (c
^ 3) / ((c / 2) * hfg)

```

Else

```

Pw_in = (win * Pmezcla) / (0.62198 + win) ' Presion de vapor en la
entrada
ro_aire = Pw_in / (r_v * Tinf)
Pws_sup = calc_Pws(temperatura_media_superficial)
ro_sup = Pws_sup / (r_v * temperatura_media_superficial)
na1 = 4 * hm * (ro_sup - ro_aire) * (c * c) + 2 * hm * (ro_sup -
ro_aire) * (c * c)
nA_2 = hm * (ro_sup - ro_aire) * (c * c)

```

End If

```

nA = na1
nA_1 = nA_2

```

If na1 < flujo_critico Then

```

If m12 <> "ya pase" Then
If concentracion_media = 0 Then
concentracion_media = Ci
End If

```

```
concentracion_critica = concentracion_media  
m12 = "ya pase"
```

```
End If
```

```
a_w = 0.13168 + 0.00062427 * (temperatura_media_superficial -  
273.15) - 0.0000024022 * (temperatura_media_superficial - 273.15) ^ 2  
' en °C  
Dab_s = (0.000000088 + (a_w - 0.00000088) * fi_b_inicial) / (10 ^ 6)  
'm^2/s
```

```
m11 = tiempo
```

```
If m11 = 0 Then  
    tie1 = ti  
End If
```

```
If m11 <> m21 Then  
    tie1 = tie1 + tam_paso_t  
End If
```

```
nA = ((Dab_s / (conPi * tie1)) ^ 0.5) * (concentracion_media) *  
Densi_seco * (6 * c ^ 3)  
nA_1 = ((Dab_s / (conPi * tie1)) ^ 0.5) * (concentracion_media) *  
Densi_seco * (c ^ 3)
```

```
m21 = m11
```

```
nA = nA  
nA_1 = nA_1  
lapiz = 1
```

```
If nA < 0 Then  
nA = 0  
End If
```

```
If nA_1 < 0 Then  
nA_1 = 0  
End If  
End If  
End Sub
```

Sub Modelo_Concentracion()

m1 = tiempo

If m1 = 0 Then
 tie = ti

End If
If m1 <> m2 Then
 tie = tie + tam_paso_t
End If

Cinf = 0 '(flujo_vapor_in) * variable / (Densi_seco * (c * c ^ 2))
a_w = 0.13168 + 0.00062427 * (temperatura_media_superficial –
273.15) - 0.0000024022 * (temperatura_media_superficial –
273.15) ^ 2 ' en °C
Dab_s = (0.000000088 + (a_w - 0.00000088) * fi_b_inicial) / (10 ^
6) 'm^2/s
Fomx = (Dab_s * tie) / ((factor_moldeo * c) ^ 2)
Fomy = (Dab_s * tie) / ((factor_moldeo * c / 2) ^ 2)
Fomz = (Dab_s * tie) / ((factor_moldeo * c / 2) ^ 2)
concentracion_media = concentracion_del_cuerpo
nA = ((Dab_s / (conPi * tie)) ^ 0.5) * (concentracion_media) *
Densi_seco * (6 * c ^ 3)
nA_1 = ((Dab_s / (conPi * tie)) ^ 0.5) * (concentracion_media) *
Densi_seco * (c ^ 3)
m2 = m1

End Sub

Private Sub Command3_Click()

Dim i As Long
Dim j As Long
Dim datos As dato
Dim lista As New Collection
Open App.Path & "\datos.lab" For Output Access Write Lock Read Write
As #1
i = 1
Set lista = archivo.Item(i)
Write #1, archivo.Count
Write #1, lista.Count
Write #1, tam_paso_t

Write #1, Temperatura
Write #1, flujo_critico
Write #1, m12
Write #1, na1
Write #1, m21
Write #1, m11
Write #1, tie1
Write #1, lapiz
Write #1, m1
Write #1, m2
Write #1, tie
Write #1, factor_moldeo
Write #1, n11
Write #1, n22
Write #1, n33
Write #1, ti
Write #1, variable
Write #1, Delta_evaporacion
Write #1, porcentaje_superficial
Write #1, m_vapor_limite
Write #1, ro_aire
Write #1, ro_sup
Write #1, Pws_sup
Write #1, ojo
Write #1, concentracion_media
Write #1, hg
Write #1, a_w
Write #1, densi_b_inicial
Write #1, Hps
Write #1, Cs
Write #1, Densi_seco
Write #1, concentracion_critica
Write #1, m_vapor_almacenada

'Variables de Graficacion

Write #1, fi_b_inicial

Write #1, ub
Write #1, contzoom
Write #1, Phorizontal
Write #1, Pvertical

Write #1, columna
Write #1, columna_1
Write #1, columna_2
Write #1, ubicado
Write #1, pos1
Write #1, pos2
Write #1, pos3
Write #1, pos4
Write #1, m_flujo_inicial
Write #1, m_vapor
Write #1, guardar

'Para calculo de geometria del modelo

Write #1, a
Write #1, B
Write #1, c
Write #1, e
Write #1, n1
Write #1, n1_1
Write #1, n2
Write #1, n2_1
Write #1, n3
Write #1, n
Write #1, fv
Write #1, mb
Write #1, db
Write #1, Rg
Write #1, r
Write #1, t
Write #1, l
Write #1, VT

'Para calculo de propiedades del aire

Write #1, Tinf
Write #1, Tinicio
Write #1, Ts
Write #1, Tf
Write #1, Dh
Write #1, V1
Write #1, m_flujo
Write #1, densi_a
Write #1, cp_a

Write #1, u_a
Write #1, visco_cin_a
Write #1, k_a
Write #1, alfa_a
Write #1, Pr_a
Write #1, Re_Dh
Write #1, densi1
Write #1, h
Write #1, Dab

' Propiedades del banano

Write #1, Cp_b
Write #1, K_b
Write #1, densi_b
Write #1, alfa_b
Write #1, fi_b
Write #1, Dab_s

' Transferencia de calor transiente

Write #1, Fox
Write #1, Foy
Write #1, Foz
Write #1, Bix
Write #1, Biy
Write #1, Biz
Write #1, C1x
Write #1, C1y
Write #1, C1z
Write #1, C2x
Write #1, C2y
Write #1, C2z
Write #1, C3x
Write #1, C3y
Write #1, C3z
Write #1, C4x
Write #1, C4y
Write #1, C4z
Write #1, tetacent1x
Write #1, tetacent1y
Write #1, tetacent1z

Write #1, tetacent2x
Write #1, tetacent2y
Write #1, tetacent2z
Write #1, tetacent3x
Write #1, tetacent3y
Write #1, tetacent3z
Write #1, tetacent4x
Write #1, tetacent4y
Write #1, tetacent4z
Write #1, teta1x
Write #1, teta1y
Write #1, teta1z
Write #1, teta2x
Write #1, teta2y
Write #1, teta2z
Write #1, teta3x
Write #1, teta3y
Write #1, teta3z
Write #1, teta4x
Write #1, teta4y
Write #1, teta4z
Write #1, delta1x
Write #1, delta1y
Write #1, delta1z
Write #1, delta2x
Write #1, delta2y
Write #1, delta2z
Write #1, delta3x
Write #1, delta3y
Write #1, delta3z
Write #1, delta4x
Write #1, delta4y
Write #1, delta4z
Write #1, temperatura_medio_superficial
Write #1, temperatura_de_salida
Write #1, temperatura_medio_del_cuerpo
Write #1, Tout
Write #1, Tsup
Write #1, tiempo
Write #1, tiempo_final

'Transferencia de masa

Write #1, flujo_aire_in

Write #1, flujo_vapor_in
Write #1, Fomx
Write #1, Fomy
Write #1, Fomz
Write #1, Cinicial
Write #1, porcentaje
Write #1, tetamx
Write #1, tetamy
Write #1, tetamz
Write #1, fi_in_a
Write #1, fi_out_a
Write #1, win
Write #1, wout
Write #1, hin_a
Write #1, hfg
Write #1, nA_1
Write #1, nA_2
Write #1, nA
Write #1, hm
Write #1, Cinf
Write #1, Ci
Write #1, hw_in
Write #1, Pws_in
Write #1, Pws_out
Write #1, Pw_in
Write #1, Pw_out
Write #1, t1
Write #1, tam_paso_t
Write #1, Le
Write #1, mflujo

Set lista = Nothing
For i = 1 To archivo.Count
Set lista = archivo.Item(i)
For j = 1 To lista.Count
Set datos = lista.Item(j)
Print #1, datos.Tout
Print #1, datos.Tsup
Print #1, datos.Tmedia
Print #1, datos.Ccentro
Print #1, datos.fi_out_a
Print #1, datos.fi_b
Print #1, datos.nA
Print #1, datos.h

```
Print #1, datos.hm
Print #1, datos.wout
Print #1, datos.porcentaje
Print #1, datos.posicion
Print #1, datos.densi_b
Print #1, datos.masa
Print #1, datos.flujo_aire_in
Print #1, datos.m_vapor_alamacenada
Print #1, datos.m_vapor_limite
Print #1, datos.k1
Print #1, datos.k2
```

```
Next j
Next i
Close
```

End Sub

Private Sub Command4_Click()

```
Dim i As Long
Dim j As Long
Dim bloke As New dato
Dim lista As New Collection
Dim tam_archiv As Long
Dim tam_list As Long
Dim erw As Variant
Open App.Path & "\datos.lab" For Input Access Read Lock Read Write As
#1
Set archivo = Nothing

Input #1, tam_archiv
Input #1, tam_list
Input #1, tam_paso_t
```

'****'

```
Input #1, Temperatura
Input #1, flujo_critico
Input #1, m12
Input #1, na1
Input #1, m21
Input #1, m11
Input #1, tie1
Input #1, lapiz
```

Input #1, m1
Input #1, m2
Input #1, tie
Input #1, factor_moldeo
Input #1, n11
Input #1, n22
Input #1, n33
Input #1, ti
Input #1, variable
Input #1, Delta_evaporacion
Input #1, porcentaje_superficial
Input #1, m_vapor_limite
Input #1, ro_aire
Input #1, ro_sup
Input #1, Pws_sup
Input #1, ojo
Input #1, concentracion_media
Input #1, hg
Input #1, a_w
Input #1, densi_b_inicial
Input #1, Hps
Input #1, Cs
Input #1, Densi_seco
Input #1, concentracion_critica
Input #1, m_vapor_almacenada

'Variables de Graficacion

Input #1, fi_b_inicial

Input #1, ub
Input #1, contzoom
Input #1, Phorizontal
Input #1, Pvertical
Input #1, columna
Input #1, columna_1
Input #1, columna_2
Input #1, ubicado
Input #1, pos1
Input #1, pos2
Input #1, pos3
Input #1, pos4
Input #1, m_flujo_inicial
Input #1, m_vapor

Input #1, guardar

'Para calculo de geometria del modelo

Input #1, a
Input #1, B
Input #1, c
Input #1, e
Input #1, n1
Input #1, n1_1
Input #1, n2
Input #1, n2_1
Input #1, n3
Input #1, n
Input #1, fv
Input #1, mb
Input #1, db
Input #1, Rg
Input #1, r
Input #1, t
Input #1, l
Input #1, VT

'Para calculo de propiedades del aire

Input #1, Tinf
Input #1, Tinicio
Input #1, Ts
Input #1, Tf
Input #1, Dh
Input #1, V1
Input #1, m_flujo
Input #1, densi_a
Input #1, cp_a
Input #1, u_a
Input #1, visco_cin_a
Input #1, k_a
Input #1, alfa_a
Input #1, Pr_a
Input #1, Re_Dh
Input #1, densi1
Input #1, h
Input #1, Dab

' Propiedades del banano

Input #1, Cp_b
Input #1, K_b
Input #1, densi_b
Input #1, alfa_b
Input #1, fi_b
Input #1, Dab_s

' Transferencia de calor transiente

Input #1, Fox
Input #1, Foy
Input #1, Foz
Input #1, Bix
Input #1, Biy
Input #1, Biz
Input #1, C1x
Input #1, C1y
Input #1, C1z
Input #1, C2x
Input #1, C2y
Input #1, C2z
Input #1, C3x
Input #1, C3y
Input #1, C3z
Input #1, C4x
Input #1, C4y
Input #1, C4z
Input #1, tetacent1x
Input #1, tetacent1y
Input #1, tetacent1z
Input #1, tetacent2x
Input #1, tetacent2y
Input #1, tetacent2z
Input #1, tetacent3x
Input #1, tetacent3y
Input #1, tetacent3z
Input #1, tetacent4x
Input #1, tetacent4y
Input #1, tetacent4z
Input #1, teta1x
Input #1, teta1y

Input #1, teta1z
Input #1, teta2x
Input #1, teta2y
Input #1, teta2z
Input #1, teta3x
Input #1, teta3y
Input #1, teta3z
Input #1, teta4x
Input #1, teta4y
Input #1, teta4z
Input #1, delta1x
Input #1, delta1y
Input #1, delta1z
Input #1, delta2x
Input #1, delta2y
Input #1, delta2z
Input #1, delta3x
Input #1, delta3y
Input #1, delta3z
Input #1, delta4x
Input #1, delta4y
Input #1, delta4z
Input #1, temperatura_media_superficial
Input #1, temperatura_de_salida
Input #1, temperatura_media_del_cuerpo
Input #1, Tout
Input #1, Tsup
Input #1, tiempo
Input #1, tiempo_final

'Transferencia de masa

Input #1, flujo_aire_in
Input #1, flujo_vapor_in
Input #1, Fomx
Input #1, Fomy
Input #1, Fomz
Input #1, Cinicial
Input #1, porcentaje
Input #1, tetamx
Input #1, tetamy
Input #1, tetamz
Input #1, fi_in_a
Input #1, fi_out_a

Input #1, win
Input #1, wout
Input #1, hin_a
Input #1, hfg
Input #1, nA_1
Input #1, nA_2
Input #1, nA
Input #1, hm
Input #1, Cinf
Input #1, Ci
Input #1, hw_in
Input #1, Pws_in
Input #1, Pws_out
Input #1, Pw_in
Input #1, Pw_out
Input #1, t1
Input #1, tam_paso_t
Input #1, Le
Input #1, mflujo

For i = 1 To tam_archiv
For j = 1 To tam_list
Input #1, erw
bloke.Tout = erw
Input #1, erw
bloke.Tsup = erw
Input #1, erw
bloke.Tmedia = erw
Input #1, erw
bloke.Ccentro = erw
Input #1, erw
bloke.fi_out_a = erw
Input #1, erw
bloke.fi_b = erw
Input #1, erw
bloke.nA = erw
Input #1, erw
bloke.h = erw
Input #1, erw
bloke.hm = erw
Input #1, erw
bloke.wout = erw
Input #1, erw
bloke.porcentaje = erw

```

    Input #1, erw
    bloke.posicion = erw
    Input #1, erw
    bloke.densi_b = erw
    Input #1, erw
    bloke.masa = erw
    Input #1, erw
    bloke.flujo_aire_in = erw
    Input #1, erw
    bloke.m_vapor_alamacenada = erw
    Input #1, erw
    bloke.m_vapor_limite = erw
    Input #1, erw
    bloke.k1 = erw
    Input #1, erw
    bloke.k2 = erw

    lista.Add Item:=bloke, Key:=CStr(j)
    Set bloke = Nothing

Next j
archivo.Add Item:=lista, Key:=CStr(i)
Set lista = Nothing
Next i
Close #1
Command2.Enabled = True
Command1.Enabled = False

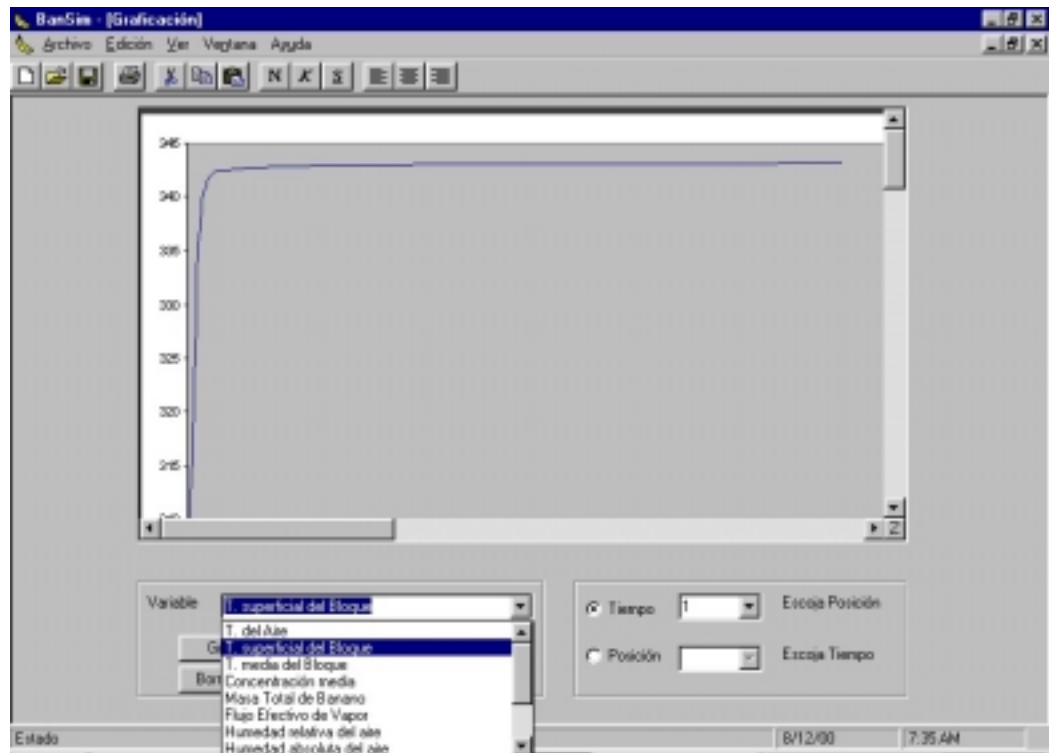
End Sub

Private Sub Command5_Click()
    Unload Form3
    Form2.Show
End Sub

Private Sub Form_Load()
    Formvisible = 3
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    Formvisible = 0
End Sub

```



FORM4.FRM

Option Explicit

Private Sub Command1_Click()

```

Dim i As Long
Dim j As Long
Dim tiem As Double
Dim contra_tiem As New dato
Dim Parar As Boolean
Dim bloque As Long
Dim k1_1 As New dato
Dim k2_2 As New dato
Dim k1 As Long
Dim k2 As Long
Dim k As Long
Dim s As Integer
Dim s1 As Integer

```

```

If Combo1(2).Text = "" Then

```

```

        MsgBox ("no eligio variable")
        Exit Sub
    End If

    If (Option1(0).Value = False And Option1(1).Value = False) Then
        MsgBox ("no eligio opción de graficación")
        Exit Sub
    End If

    If Option1(0).Value = True And Combo1(0).Text <> "" Then

        If pos4 > 0 Then
            MsgBox ("Borre totalmente el gráfico")
            Exit Sub
        End If
        pos4 = 0
        pos3 = pos3 + 1

    Else

        If pos3 > 0 Then
            MsgBox ("Borre totalmente el gráfico")
            Exit Sub
        End If
        pos3 = 0
        pos4 = pos4 + 1

    End If

    If Option1(0).Value = True And Combo1(0).Text = "" Then
        MsgBox ("Para que posición desea el gráfico")
        Exit Sub
    Else

        For i = 1 To columna_1
            If Combo1(0).Text = columna1.Item(i) Then
                MsgBox ("Esta variable ya está graficada")
                Exit Sub
            End If
        Next i

    End If

```

```
If Option1(1).Value = True And Combo1(1) = "" Then
    MsgBox ("Para que tiempo desea el gráfico")
    Exit Sub
Else
```

```
For i = 1 To columna_2
    If Combo1(1).Text = columna2.Item(i) Then
        MsgBox ("Esta variable ya está graficada")
        Exit Sub
    End If
Next i
```

```
End If
```

```
If columna_1 = 11 Or columna_2 = 11 Then
    MsgBox ("El número máximo de series es 10")
    Exit Sub
    Command1.Enabled = False
End If
```

```
If n3 < 11 And columna_1 = n3 Then
    MsgBox ("El número máximo de series es el # de bloques ")
    Exit Sub
    Command1.Enabled = False
End If
```

```
If tiempo_final / tam_paso_t < 11 And columna_2 = tiempo_final /
tam_paso_t Then
    MsgBox ("El número máximo de series es el # de intervalos de
tiempo ")
    Exit Sub
    Command1.Enabled = False
End If
```

```
If Option1(0).Value = True Then
    'eligio vs tiempo, debo buscar el bloque
    j = 0
```

```
If Not (ubicado = 0) Then
```

```
    columna = posicion.Item(posicion.Count)
    posicion.Remove (posicion.Count)
```

ubicado = ubicado - 1

Else

```
Set posicion = Nothing
bloque = Val(Combo1(0).Text)
columna_1 = columna_1 + 1
If Combo1(0) = "" Then
    MsgBox ("Para que posición desea el gráfico")
Exit Sub
End If

k1_1.k1 = Combo1(0).Text
columna1.Add Item:=k1_1.k1, Key:=CStr(columna_1)
columna = columna_1
```

End If

```
For i = 1 To tiempo_final / tam_paso_t + 1
    Set Carac_bloque = Nothing
    Set Carac_bloque = archivo.Item(i)
    Set contra_tiem = Nothing
    Set contra_tiem = Carac_bloque.Item(bloque)
    Select Case Combo1(2).Text
        Case "T. del Aire"
            Call exporta(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiem.Tout)
        Case "T. superficial del Bloque"
            Call exporta(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiem.Tsup)
        Case "T. media del Bloque"
            Call exporta(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiem.Tmedia)
        Case "Concentración media"
            Call exporta(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiem.Ccentro)
        Case "Masa Total de Banano"
            Call exporta(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiem.masa)
        Case "Flujo Efectivo de Vapor"
            Call exporta(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiem.nA)
        Case "Humedad relativa del aire"
            Call exporta(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
```

```

        contra_tiemp.fi_out_a)
    Case "Humedad absoluta del aire"
        Call exporta(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
        contra_tiemp.wout)
    Case "Humedad relativa del banano"
        Call exporta(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
        contra_tiemp.fi_b)
    Case "Coeficiente de Convección de Calor"
        Call exporta(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
        contra_tiemp.h)
    Case "Coeficiente de Convección de Masa"
        Call exporta(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
        contra_tiemp.hm)
    Case "Porcentaje C/Cinicial"
        Call exporta(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
        contra_tiemp.porcentaje)

```

```

    End Select
Next i

```

With Form4

```

    Set columna1 = Nothing

    For i = 1 To columna_1

        .Text4.LinkMode = 0
        .Text4.LinkTopic = "Excel|DATOS"
        .Text4.LinkItem = "F" & 1 & "C" & i + 1
        .Text4.LinkMode = vbLinkManual
        .Text4.LinkRequest
        k1_1.k1 = Val(.Text4)
        columna1.Add Item:=k1_1.k1, Key:=CStr(i)
    
```

```

    Next i

```

End With

Else

```

    'eligio vs POSICION, debo buscar el TIEMPO
    tiem = CLng(Val(Combo1(1).Text) / tam_paso_t) + 1

```

If Not (ubicado = 0) Then

```
columna = posicion.Item(posicion.Count)
posicion.Remove (posicion.Count)
ubicado = ubicado - 1
```

```
Else
```

```
Set posicion = Nothing
```

```
If Combo1(1) = "" Then
```

```
MsgBox ("Para que tiempo desea el gráfico")
```

```
Exit Sub
```

```
End If
```

```
k2_2.k2 = Val(Combo1(1).Text)
```

```
columna_2 = columna_2 + 1
```

```
columna2.Add Item:=k2_2.k2, Key:=CStr(columna_2)
```

```
columna = columna_2
```

```
End If
```

```
For i = 1 To n3
```

```
Set Carac_bloque = Nothing
```

```
Set Carac_bloque = archivo.Item(tiem)
```

```
Set contra_tiem = Nothing
```

```
Set contra_tiem = Carac_bloque.Item(i)
```

```
Select Case Combo1(2).Text
```

```
Case "T. del Aire"
```

```
Call exporta(i, columna + 1, contra_tiem.posicion,  
contra_tiem.Tout)
```

```
Case "T. superficial del Bloque"
```

```
Call exporta(i, columna + 1, contra_tiem.posicion,  
contra_tiem.Tsup)
```

```
Case "T. media del Bloque"
```

```
Call exporta(i, columna + 1, contra_tiem.posicion,  
contra_tiem.Tmedia)
```

```
Case "Concentración media"
```

```
Call exporta(i, columna + 1, contra_tiem.posicion,  
contra_tiem.Ccentro)
```

```
Case "Masa Total de Banano"
```

```
Call exporta(i, columna + 1, contra_tiem.posicion,  
contra_tiem.masa)
```

```
Case "Flujo Efectivo de Vapor"
```

```
Call exporta(i, columna + 1, contra_tiem.posicion,  
contra_tiem.nA)
```

```
Case "Humedad relativa del aire"
```

```

        Call exporta(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
        contra_tiemp.fi_out_a)
    Case "Humedad absoluta del aire"
        Call exporta(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
        contra_tiemp.wout)
    Case "Humedad relativa del banano"
        Call exporta(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
        contra_tiemp.fi_b)
    Case "Coeficiente de Convección de Calor"
        Call exporta(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
        contra_tiemp.h)
    Case "Coeficiente de Convección de Masa"
        Call exporta(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
        contra_tiemp.hm)
    Case "Porcentaje C/Cinicial"
        Call exporta(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
        contra_tiemp.porcentaje)

    End Select
Next i

With Form4
    Set columna2 = Nothing
    For i = 1 To columna_2

        .Text4.LinkMode = 0
        .Text4.LinkTopic = "Excel|DATOS"
        .Text4.LinkItem = "F" & 1 & "C" & i + 1
        .Text4.LinkMode = vbLinkManual
        .Text4.LinkRequest
        k2_2.k2 = Val(.Text4)
        columna2.Add Item:=k2_2.k2, Key:=CStr(i)

    Next i
End With
End If
End Sub

Sub exporta(ByVal i As Integer, ByVal m As Integer, ByVal dat_x As
Variant, ByVal dat_y As Variant)
    With Form4
        .Text3.LinkMode = 0
        .Text3.LinkTopic = "Excel|DATOS"
        .Text3.LinkItem = "F1C1"
    End With
End Sub

```

```

If Option1(0).Value = True Then
.Text3.LinkItem = "F" & 1 & "C" & m
.Text3.Text = Combo1(0).Text
.Text3.LinkMode = vbLinkManual
.Text3.LinkPoke
Else
.Text3.LinkItem = "F" & 1 & "C" & m
.Text3.Text = Combo1(1).Text
.Text3.LinkMode = vbLinkManual
.Text3.LinkPoke
End If
.Text3.LinkItem = "F" & i + 1 & "C" & 1
.Text3.Text = Str(dat_x)
.Text3.LinkMode = vbLinkManual
.Text3.LinkPoke
.Text3.LinkMode = 0
.Text3.LinkItem = "F" & i + 1 & "C" & m
.Text3.Text = Str(dat_y)
.Text3.LinkMode = vbLinkManual
.Text3.LinkPoke
End With
End Sub

```

Private Sub Command2_Click()

```

Unload Form4
Form3.Show
On Error Resume Next
Set xl = GetObject(, "Excel.Application")
Set xl = GetObject(App.Path & "\Propiedades.xls")
SendKeys "{enter}"
xl.Parent.Windows(1).Visible = True
xl.Application.Visible = True
xl.Application.Visible = False

```

End Sub

Private Sub Command3_Click()

```

Dim i As Long
Dim j As Long
Dim bloke As New dato
Dim lista As New Collection

```

```
Dim tam_archiv As Long
Dim tam_list As Long
Dim erw As Variant
Open App.Path & "\datos.lab" For Input Access Read Lock Read Write As
#1
Set archivo = Nothing
```

```
Input #1, tam_archiv
Input #1, tam_list
Input #1, tam_paso_t
```

```
'*****
```

```
Input #1, Temperatura
Input #1, flujo_critico
Input #1, m12
Input #1, na1
Input #1, m21
Input #1, m11
Input #1, tie1
Input #1, lapiz
Input #1, m1
Input #1, m2
Input #1, tie
Input #1, factor_moldeo
Input #1, n11
Input #1, n22
Input #1, n33
Input #1, ti
Input #1, variable
Input #1, Delta_evaporacion
Input #1, porcentaje_superficial
Input #1, m_vapor_limite
Input #1, ro_aire
Input #1, ro_sup
Input #1, Pws_sup
Input #1, ojo
Input #1, concentracion_media
Input #1, hg
Input #1, a_w
Input #1, densi_b_inicial
Input #1, Hps
Input #1, Cs
Input #1, Densi_seco
```

Input #1, concentracion_critica
Input #1, m_vapor_almacenada

'Variables de Graficacion

Input #1, fi_b_inicial
Input #1, ub
Input #1, contzoom
Input #1, Phorizontal
Input #1, Pvertical
Input #1, columna
Input #1, columna_1
Input #1, columna_2
Input #1, ubicado
Input #1, pos1
Input #1, pos2
Input #1, pos3
Input #1, pos4
Input #1, m_flujo_inicial
Input #1, m_vapor
Input #1, guardar

'Para calculo de geometria del modelo

Input #1, a
Input #1, B
Input #1, c
Input #1, e
Input #1, n1
Input #1, n1_1
Input #1, n2
Input #1, n2_1
Input #1, n3
Input #1, n
Input #1, fv
Input #1, mb
Input #1, db
Input #1, Rg
Input #1, r
Input #1, t
Input #1, l
Input #1, VT

'Para calculo de propiedades del aire

Input #1, Tinf
Input #1, Tinicio
Input #1, Ts
Input #1, Tf
Input #1, Dh
Input #1, V1
Input #1, m_flujo
Input #1, densi_a
Input #1, cp_a
Input #1, u_a
Input #1, visco_cin_a
Input #1, k_a
Input #1, alfa_a
Input #1, Pr_a
Input #1, Re_Dh
Input #1, densi1
Input #1, h
Input #1, Dab

' Propiedades del banano

Input #1, Cp_b
Input #1, K_b
Input #1, densi_b
Input #1, alfa_b
Input #1, fi_b
Input #1, Dab_s

' Transferencia de calor transiente

Input #1, Fox
Input #1, Foy
Input #1, Foz
Input #1, Bix
Input #1, Biy
Input #1, Biz
Input #1, C1x
Input #1, C1y
Input #1, C1z
Input #1, C2x
Input #1, C2y
Input #1, C2z

Input #1, C3x
Input #1, C3y
Input #1, C3z
Input #1, C4x
Input #1, C4y
Input #1, C4z
Input #1, tetacent1x
Input #1, tetacent1y
Input #1, tetacent1z
Input #1, tetacent2x
Input #1, tetacent2y
Input #1, tetacent2z
Input #1, tetacent3x
Input #1, tetacent3y
Input #1, tetacent3z
Input #1, tetacent4x
Input #1, tetacent4y
Input #1, tetacent4z
Input #1, teta1x
Input #1, teta1y
Input #1, teta1z
Input #1, teta2x
Input #1, teta2y
Input #1, teta2z
Input #1, teta3x
Input #1, teta3y
Input #1, teta3z
Input #1, teta4x
Input #1, teta4y
Input #1, teta4z
Input #1, delta1x
Input #1, delta1y
Input #1, delta1z
Input #1, delta2x
Input #1, delta2y
Input #1, delta2z
Input #1, delta3x
Input #1, delta3y
Input #1, delta3z
Input #1, delta4x
Input #1, delta4y
Input #1, delta4z
Input #1, temperatura_medio_superficial
Input #1, temperatura_de_salida

Input #1, temperatura_media_del_cuerpo
Input #1, Tout
Input #1, Tsup
Input #1, tiempo
Input #1, tiempo_final

'Transferencia de masa

Input #1, flujo_aire_in
Input #1, flujo_vapor_in
Input #1, Fomx
Input #1, Fomy
Input #1, Fomz
Input #1, Cinicial
Input #1, porcentaje
Input #1, tetamx
Input #1, tetamy
Input #1, tetamz
Input #1, fi_in_a
Input #1, fi_out_a
Input #1, win
Input #1, wout
Input #1, hin_a
Input #1, hfg
Input #1, nA_1
Input #1, nA_2
Input #1, nA
Input #1, hm
Input #1, Cinf
Input #1, Ci
Input #1, hw_in
Input #1, Pws_in
Input #1, Pws_out
Input #1, Pw_in
Input #1, Pw_out
Input #1, t1
Input #1, tam_paso_t
Input #1, Le
Input #1, mflujo

For i = 1 To tam_archiv
For j = 1 To tam_list
Input #1, erw
bloke.Tout = erw

```

Input #1, erw
bloke.Tsup = erw
Input #1, erw
bloke.Tmedia = erw
Input #1, erw
bloke.Ccentro = erw
Input #1, erw
bloke.fi_out_a = erw
Input #1, erw
bloke.fi_b = erw
Input #1, erw
bloke.nA = erw
Input #1, erw
bloke.h = erw
Input #1, erw
bloke.hm = erw
Input #1, erw
bloke.wout = erw
Input #1, erw
bloke.porcentaje = erw
Input #1, erw
bloke.posicion = erw
Input #1, erw
bloke.densi_b = erw
Input #1, erw
bloke.masa = erw
Input #1, erw
bloke.flujo_aire_in = erw
Input #1, erw
bloke.m_vapor_alamacenada = erw
Input #1, erw
bloke.m_vapor_limite = erw
Input #1, erw
bloke.k1 = erw
Input #1, erw
bloke.k2 = erw

lista.Add Item:=bloke, Key:=CStr(j)
Set bloke = Nothing

Next j
archivo.Add Item:=lista, Key:=CStr(i)
Set lista = Nothing
Next i

```

Close

End Sub

Private Sub Command4_Click()

```
xl.Application.DisplayAlerts = False
xl.Application.Quit
Unload Me
End
```

End Sub

Private Sub Command5_Click()

```
Dim i As Long
Dim j As Long
Dim tiem As Double
Dim contra_tiem As New dato
Dim Parar As Boolean
Dim bloque As Long
Dim k1_1 As New dato
Dim k2_2 As New dato
Dim k1 As Long
Dim k2 As Long
Dim k As Long

If Combo1(2).Text = "" Then
    MsgBox ("no eligio variable")
    Exit Sub
End If

If Option1(0).Value = True Then
    'eligio vs tiempo, debo buscar el bloque
    j = 0

    For i = 1 To columna_1

        If Val(Combo1(0).Text) = columna1.Item(i) Then
            columna = i
            k1_1.k1 = i
            posicion.Add Item:=k1_1.k1
            ubicado = ubicado + 1
            pos1 = i
```

```

    pos2 = i
End If
Next i

If (pos1 = pos2) Then
    pos1 = -1
    pos2 = -2

Else
    MsgBox ("Variable no graficada")
Exit Sub

End If

For i = 1 To tiempo_final / tam_paso_t + 1
    Set Carac_bloque = Nothing
    Set Carac_bloque = archivo.Item(i)
    Set contra_tiem = Nothing
    Set contra_tiem = Carac_bloque.Item(bloque)
    Select Case Combo1(2).Text
        Case "T. del Aire"
            Call borrar(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiem.Tout)
        Case "T. superficial del Bloque"
            Call borrar(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiem.Tsup)
        Case "T. media del Bloque"
            Call borrar(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiem.Tmedia)
        Case "Concentración media"
            Call borrar(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiem.Ccentro)
        Case "Masa Total de Banano"
            Call borrar(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiem.masa)
        Case "Flujo Efectivo de Vapor"
            Call borrar(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiem.nA)
        Case "Humedad relativa del aire"
            Call borrar(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiem.fi_out_a)
        Case "Humedad absoluta del aire"
            Call borrar(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiem.wout)
    End Select
Next i

```

```

        Case "Humedad relativa del banano"
            Call borrar(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiempi.fi_b)
        Case "Coeficiente de Convección de Calor"
            Call borrar(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiempi.h)
        Case "Coeficiente de Convección de Masa"
            Call borrar(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiempi.hm)
        Case "Porcentaje C/Cinicial"
            Call borrar(i, columna + 1, (i - 1) * tam_paso_t,
                contra_tiempi.porcentaje)

    End Select
Next i
Else
    'eligio vs POSICION, debo buscar el TIEMPO
    tiem = CLng(Val(Combo1(1).Text) / tam_paso_t) + 1

    For i = 1 To columna_2

        If Val(Combo1(1).Text) = columna2.Item(i) Then
            columna = i
            k2_2.k2 = i
            posicion.Add Item:=k2_2.k2
            ubicado = ubicado + 1
            pos1 = i
            pos2 = i

        End If

    Next i

    If (pos1 = pos2) Then
        pos1 = -1
        pos2 = -2
    Else
        MsgBox ("Variable no graficada")
    End Sub
End If

For i = 1 To n3
    Set Carac_bloque = Nothing
    Set Carac_bloque = archivo.Item(tiem)

```

```

Set contra_tiemp = Nothing
Set contra_tiemp = Carac_bloque.Item(i)
Select Case Combo1(2).Text
    Case "T. del Aire"
        Call borrar(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
            contra_tiemp.Tout)
    Case "T. superficial del Bloque"
        Call borrar(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
            contra_tiemp.Tsup)
    Case "T. media del Bloque"
        Call borrar(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
            contra_tiemp.Tmedia)
    Case "Concentración media"
        Call borrar(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
            contra_tiemp.Ccentro)
    Case "Masa Total de Banano"
        Call borrar(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
            contra_tiemp.masa)
    Case "Flujo Efectivo de Vapor"
        Call borrar(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
            contra_tiemp.nA)
    Case "Humedad relativa del aire"
        Call borrar(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
            contra_tiemp.fi_out_a)
    Case "Humedad absoluta del aire"
        Call borrar(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
            contra_tiemp.wout)
    Case "Humedad relativa del banano"
        Call borrar(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
            contra_tiemp.fi_b)
    Case "Coeficiente de Convección de Calor"
        Call borrar(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
            contra_tiemp.h)
    Case "Coeficiente de Convección de Masa"
        Call borrar(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
            contra_tiemp.hm)
    Case "Porcentaje C/Cinicial"
        Call borrar(i, columna + 1, contra_tiemp.posicion,
            contra_tiemp.porcentaje)

End Select
Next i
End If

```

End Sub

Private Sub Command6_Click()

```
If contzoom = 1 Then
    Picture2.Height = 5055
    Picture2.Width = 8895
    OLE1.Height = 5055
    OLE1.Width = 8895
    Pvertical = Picture2.Top
    Phorizontal = Picture2.Left
    Picture2.Top = 0
    Picture2.Left = 0
    OLE1.Top = 0
    OLE1.Left = 0
    OLE1.SizeMode = 3
    VScroll1.Enabled = False
    HScroll1.Enabled = False
    contzoom = contzoom + 1
```

Else

```
    OLE1.Height = 7200
    OLE1.Width = 9600
    Picture2.Height = 7200
    Picture2.Width = 9600
    Picture2.Top = Pvertical
    Picture2.Left = Phorizontal
    OLE1.Top = 0
    OLE1.Left = 0
    OLE1.SizeMode = 1
    VScroll1.Enabled = True
    HScroll1.Enabled = True
    contzoom = 1
End If
```

End Sub

Private Sub Form_Load()

```
    Dim i As Long
```

Dim j As Long

OLE1.CreateLink App.Path & "\\Propiedades.xls!Gráfico"

On Error Resume Next

Set xl = GetObject(, "Excel.Application")

Set xl = GetObject(App.Path & "\\Propiedades.xls")

SendKeys "{enter}"

xl.Parent.Windows(1).Visible = True

xl.Application.Visible = True

xl.Application.Visible = False

pos2 = -2

pos1 = -1

ub = 0

Set columna1 = Nothing

Set columna2 = Nothing

columna_1 = 0

columna_2 = 0

contzoom = 1

Picture2.Top = -50

Picture2.Left = -50

HScroll1.Max = 10

HScroll1.LargeChange = 5

HScroll1.SmallChange = 1

VScroll1.Max = 26.5

VScroll1.LargeChange = 5

VScroll1.SmallChange = 1

For i = 1 To n3

 Combo1(0).AddItem i

Next i

j = 0

For i = 0 To tiempo_final / tam_paso_t 'CLng(tiempo_final / tam_paso_t)

Step 60

 Combo1(1).AddItem j

 j = j + tam_paso_t

Next i

Combo1(2).AddItem "T. del Aire"

Combo1(2).AddItem "T. superficial del Bloque"

Combo1(2).AddItem "T. media del Bloque"

Combo1(2).AddItem "Concentración media"

Combo1(2).AddItem "Masa Total de Banano"

Combo1(2).AddItem "Flujo Efectivo de Vapor"

Combo1(2).AddItem "Humedad relativa del aire"

```
Combo1(2).AddItem "Humedad absoluta del aire"  
Combo1(2).AddItem "Humedad relativa del banano"  
Combo1(2).AddItem "Coeficiente de Convección de Calor"  
Combo1(2).AddItem "Coeficiente de Convección de Masa"  
Combo1(2).AddItem "Porcentaje C/Cinicial"
```

```
Combo1(0).Enabled = False  
Combo1(1).Enabled = False
```

End Sub

Private Sub HScroll1_Change()

```
Picture2.Left = -(HScroll1.Value / 100) * ScaleWidth
```

End Sub

Private Sub Option1_Click(Index As Integer)

```
If Index = 0 Then  
    Combo1(0).Enabled = True  
    Combo1(1).Enabled = False  
Else  
    Combo1(0).Enabled = False  
    Combo1(1).Enabled = True  
End If
```

End Sub

Sub borrar(ByVal i As Integer, ByVal m As Integer, ByVal dat_x As Variant, ByVal dat_y As Variant)

```
With Form4  
    .Text3.LinkMode = 0  
    .Text3.LinkTopic = "Excel|DATOS"  
    .Text3.LinkItem = "F1C1"  
    If Option1(0).Value = True Then  
        .Text3.LinkItem = "F" & 1 & "C" & m  
        .Text3.Text = ""  
        .Text3.LinkMode = vbLinkManual  
        .Text3.LinkPoke  
    Else  
        .Text3.LinkItem = "F" & 1 & "C" & m  
        .Text3.Text = ""  
        .Text3.LinkMode = vbLinkManual  
        .Text3.LinkPoke  
    End If
```

```

        .Text3.LinkMode = 0
        .Text3.LinkTopic = "Excel|DATOS"
        .Text3.LinkItem = "F" & i + 1 & "C" & m
        .Text3.Text = ""
        .Text3.LinkMode = vbLinkManual
        .Text3.LinkPoke
    End With
End Sub

```

```

Private Sub VScroll1_Change()
    Picture2.Top = -(VScroll1.Value / 100) * ScaleHeight
End Sub

```

```

Sub borrado_total(i As Integer, j As Integer)
    Dim k As Integer
    Dim l As Integer

    With Form4
        For k = 1 To j + 1
            For l = 1 To i + 1
                .Text3.LinkMode = 0
                .Text3.LinkTopic = "Excel|DATOS"
                .Text3.LinkItem = "F" & l & "C" & k
                .Text3.Text = ""
                .Text3.LinkMode = vbLinkManual
                .Text3.LinkPoke
            Next l
        Next k
    End With
End Sub

```

```

Private Sub Command7_Click()

    If Option1(0).Value = True Then

        If pos3 = 0 Then
            MsgBox ("Debe seleccionar la otra botonera")
            Exit Sub
        End If

        Call borrado_total(tiempo_final / tam_paso_t, columna1.Count)
        Set columna1 = Nothing
    End If

```

```
Set columna2 = Nothing
Set posicion = Nothing
pos3 = 0
pos4 = 0
columna_2 = 0
columna_1 = 0
columna = 0
ubicado = 0
pos1 = -1
pos2 = -2
```

```
Else
```

```
    If pos4 = 0 Then
        MsgBox ("Debe seleccionar la otra botonera")
        Exit Sub
    End If
```

```
    Call borrado_total(n3, columna2.Count)
    Set columna2 = Nothing
    Set columna1 = Nothing
    pos4 = 0
    pos3 = 0
    columna_2 = 0
    columna_1 = 0
    columna = 0
    ubicado = 0
    pos1 = -1
    pos2 = -2
```

```
End If
```

```
End Sub
```

GRÁFICO I.1
COMPARACIÓN DEL MODELO COMPUTACIONAL CON LA PRUEBA
EXPERIMENTAL

Perfiles de Masa como una función de los periodos de secado, considerando la tasa de evaporación y la variación de sus propiedades.

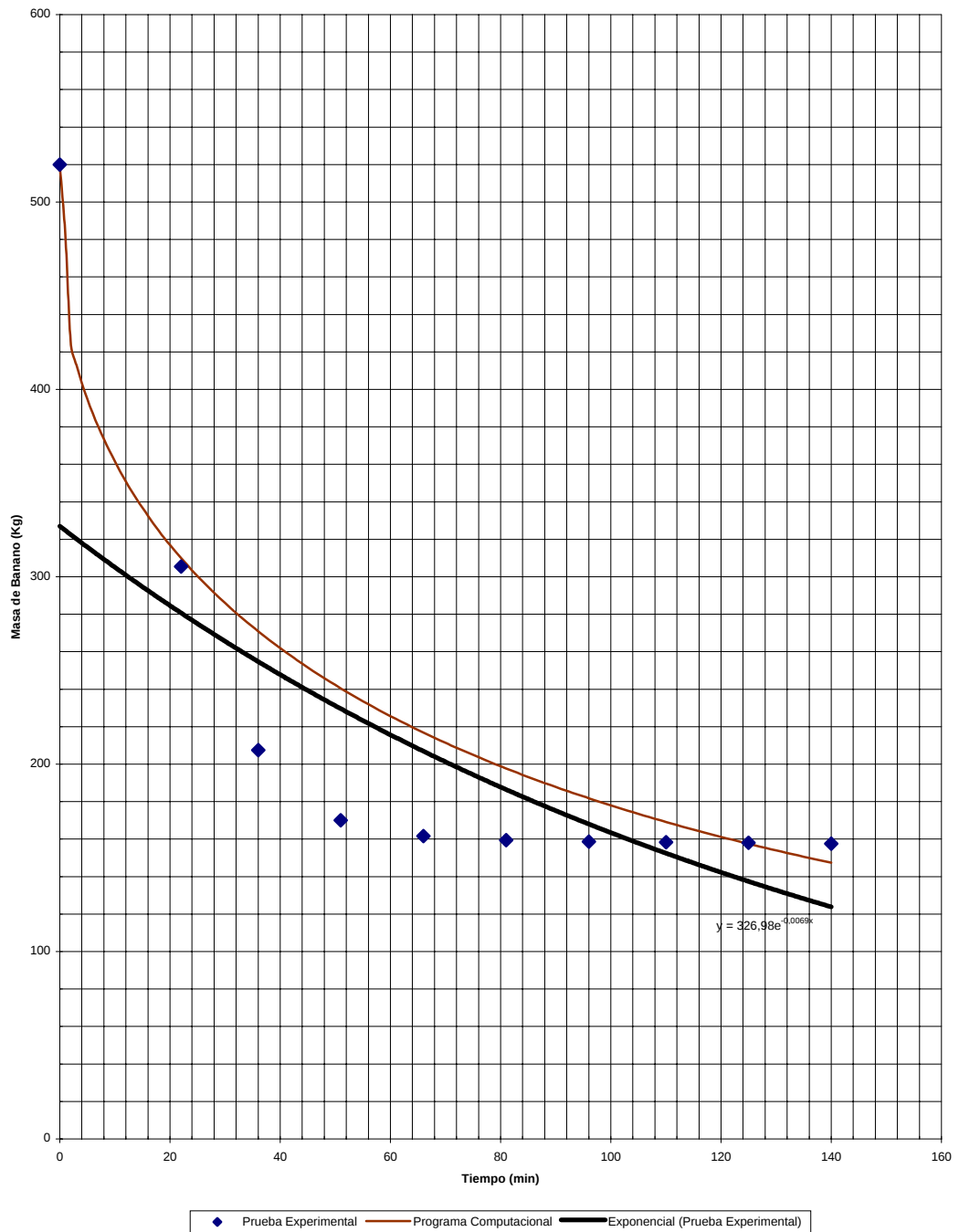


GRÁFICO I.2
MODELO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA MASA DE BANANO
DEBIDO AL CAMBIO DEL FACTOR DE MOLDEO

Perfiles de Masa del banano como una función de los periodos de secado, considerando la tasa de evaporación y la variación de sus propiedades.

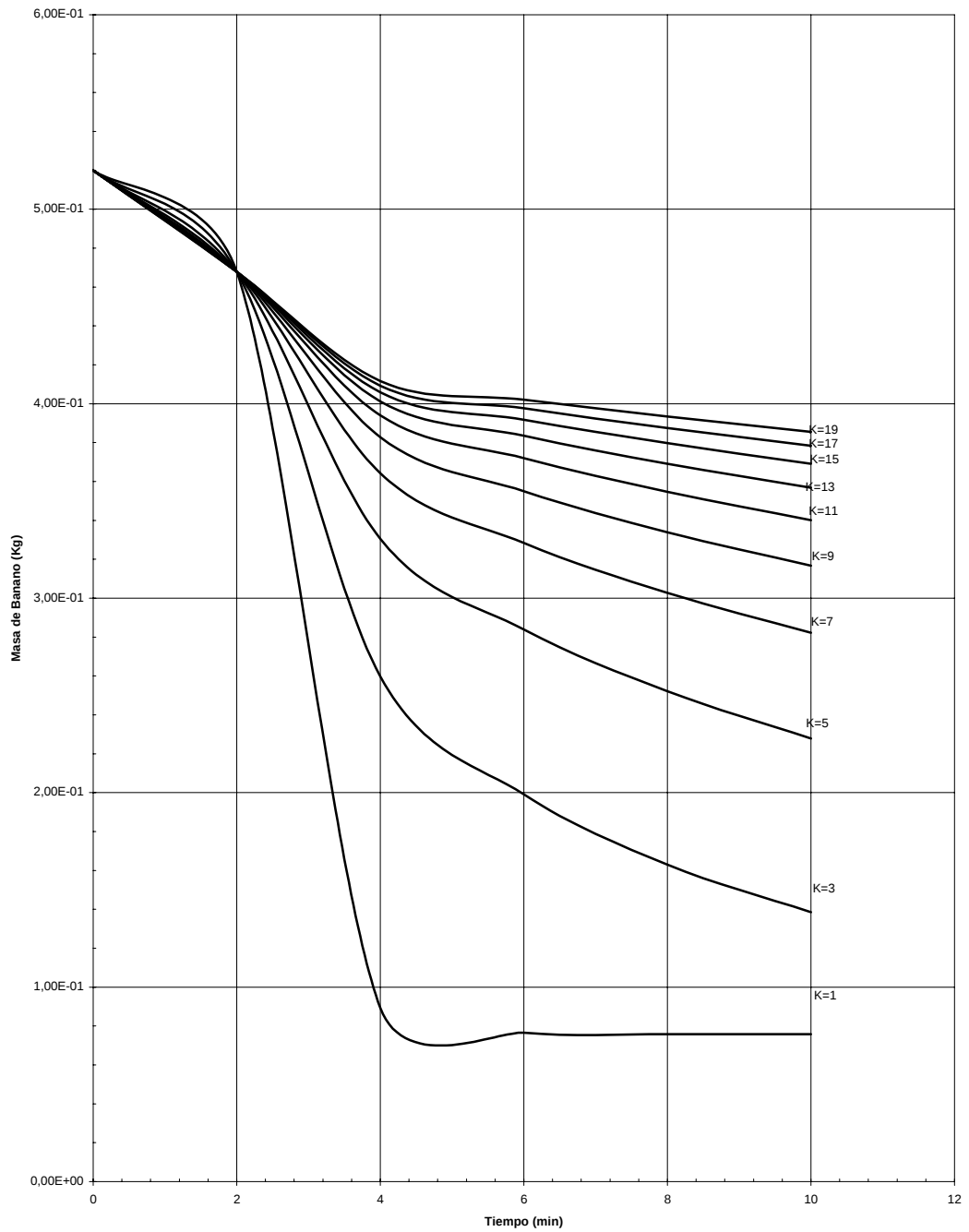


GRÁFICO I.3
MODELO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL BANANO
DEBIDO AL CAMBIO DEL FACTOR DE MOLDEO

Perfiles de temperatura como una función de los periodos de secado, considerando la tasa de evaporación y la variación de sus propiedades.

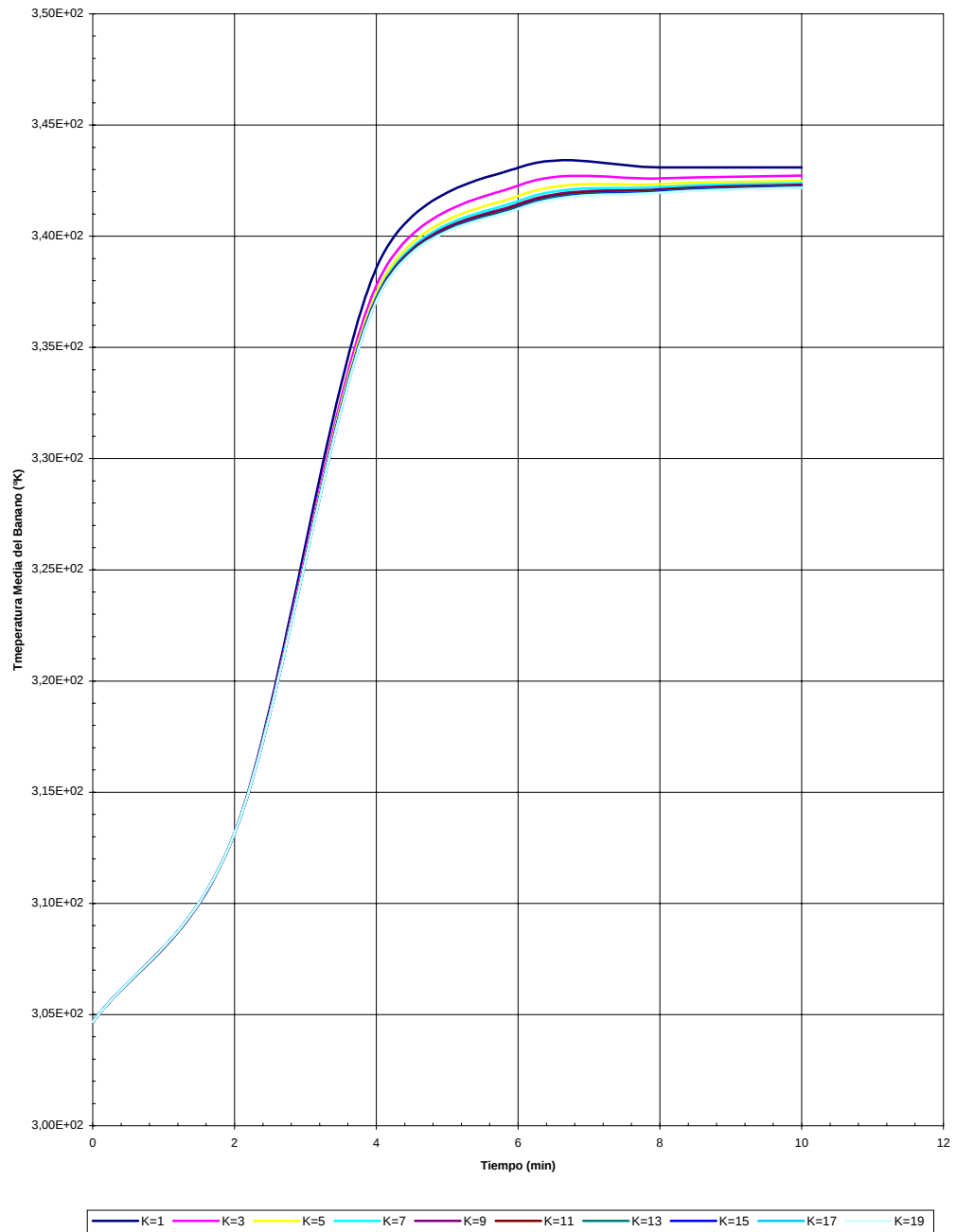


GRÁFICO I.4
MODELO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACION DE HUMEDAD DEL
BANANO
DEBIDO AL CAMBIO DEL FACTOR DE MOLDEO

Perfiles de concentración como una función de los periodos de secado, considerando la
tasa de evaporación.

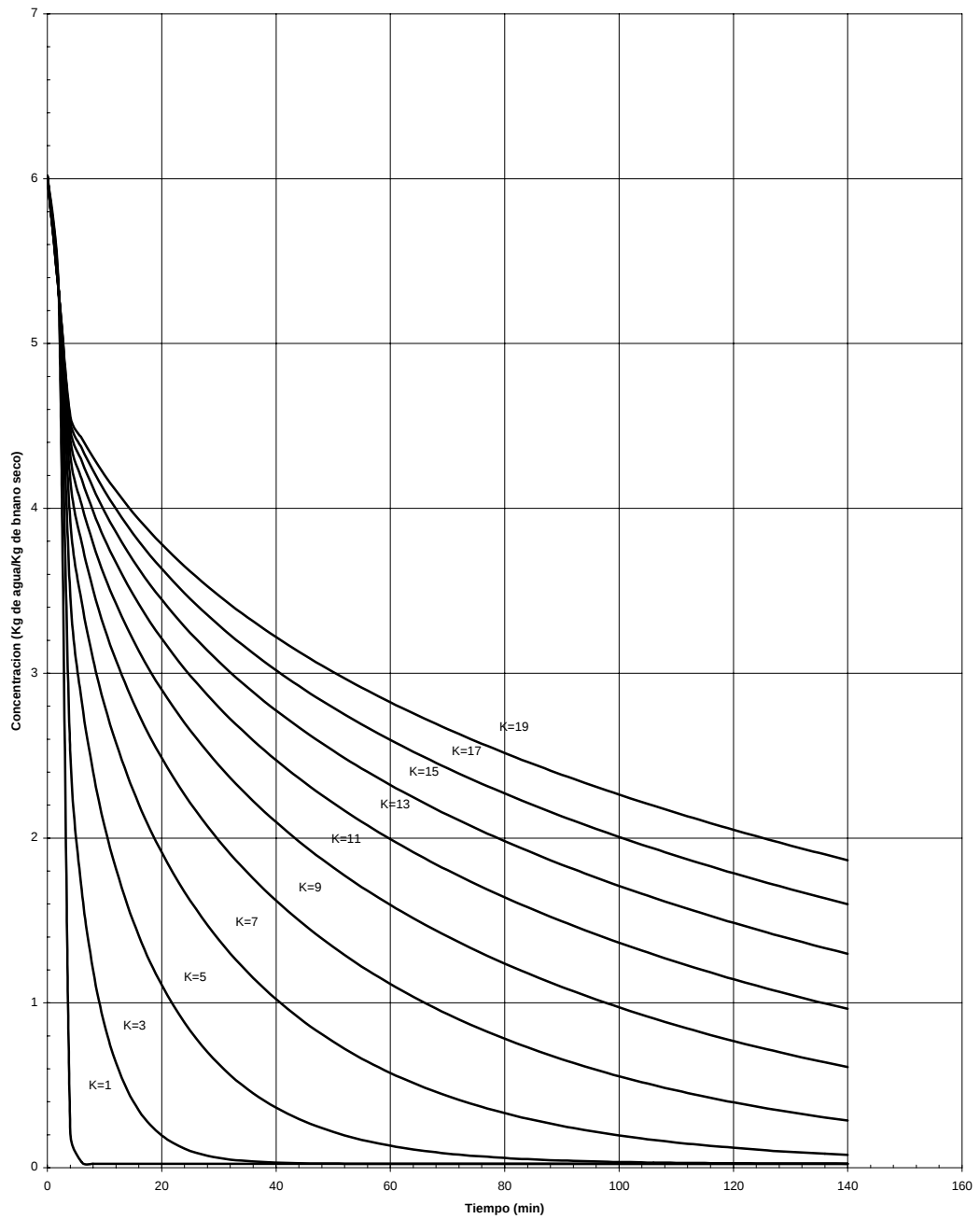


GRÁFICO I.5
MODELO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA TASA DE EVAPORACIÓN
DEBIDO AL CAMBIO DEL FACTOR DE MOLDEO

Perfiles de tasa de evaporación como una función de los periodos de secado.

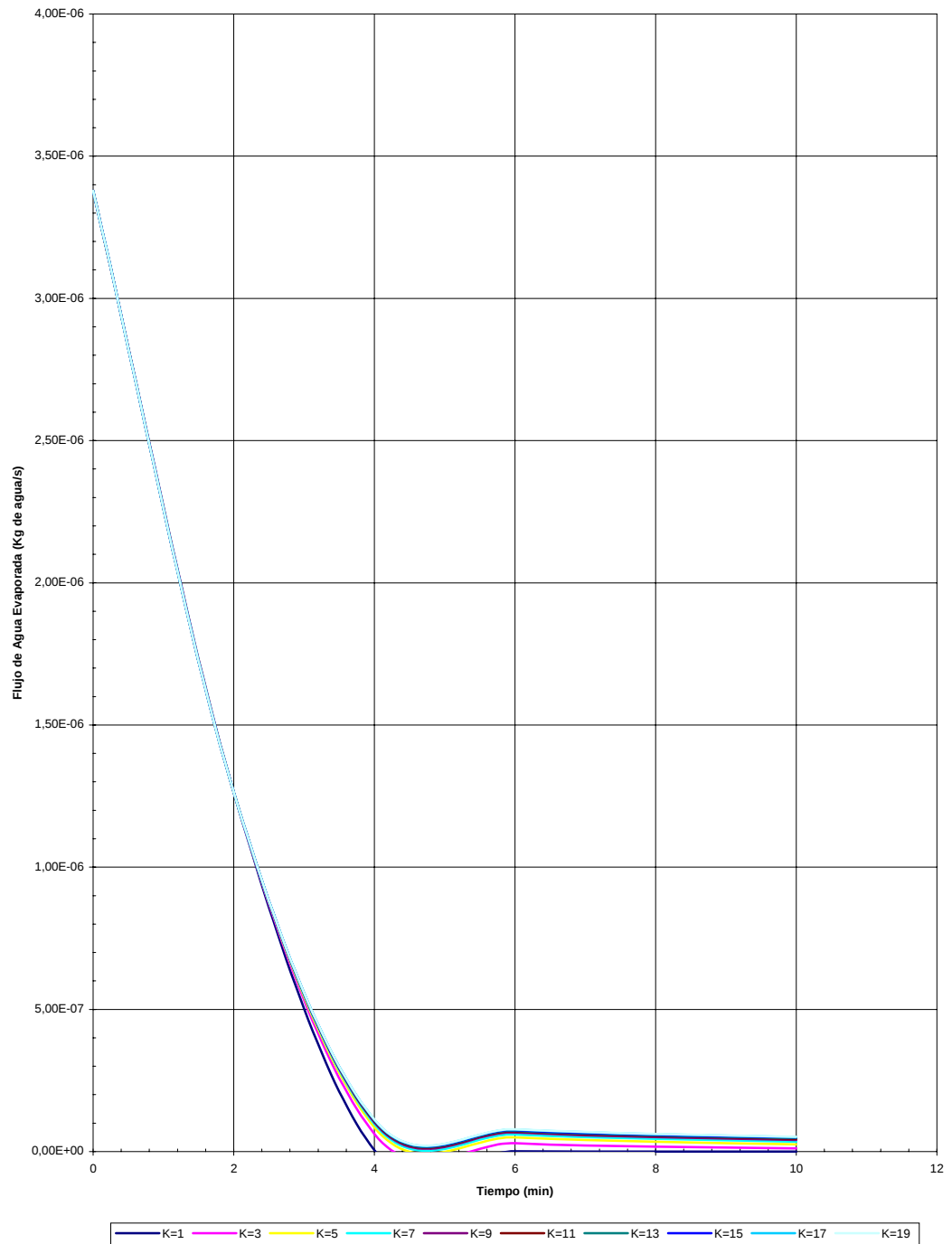


GRÁFICO I.6
MODELO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL BANANO
DEBIDO AL CAMBIO DEL ESPESOR

Perfiles de temperatura como una función de los periodos de secado, manteniendo constante el coefeciente de convección de calor y de masa

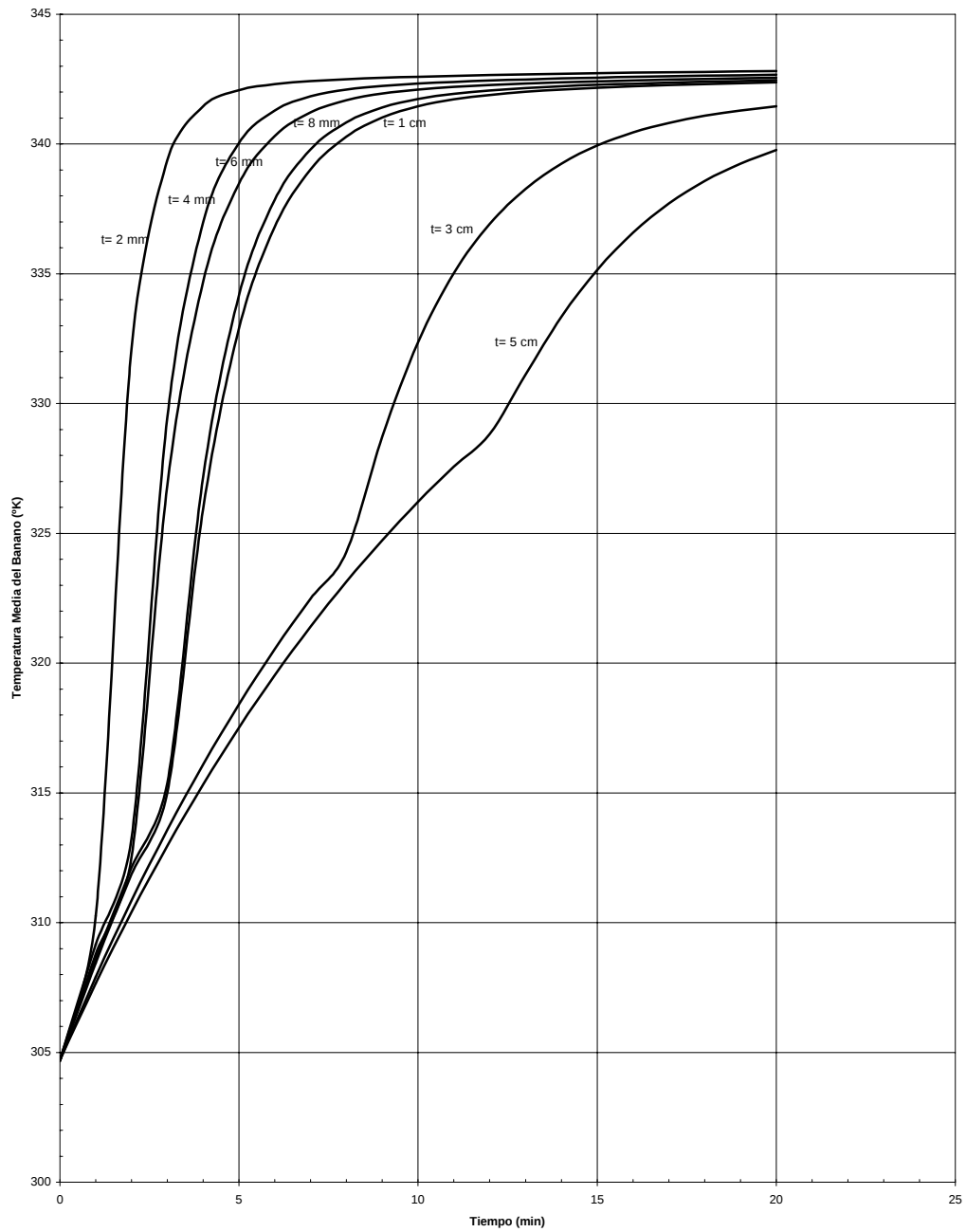


GRÁFICO I.7
MODELO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HUMEDAD DEL
BANANO DEBIDO AL CAMBIO DE ESPESOR

Perfiles de concentración como una función de los periodos de secado, considerando la
tasa de evaporación y la variación de sus propiedades.

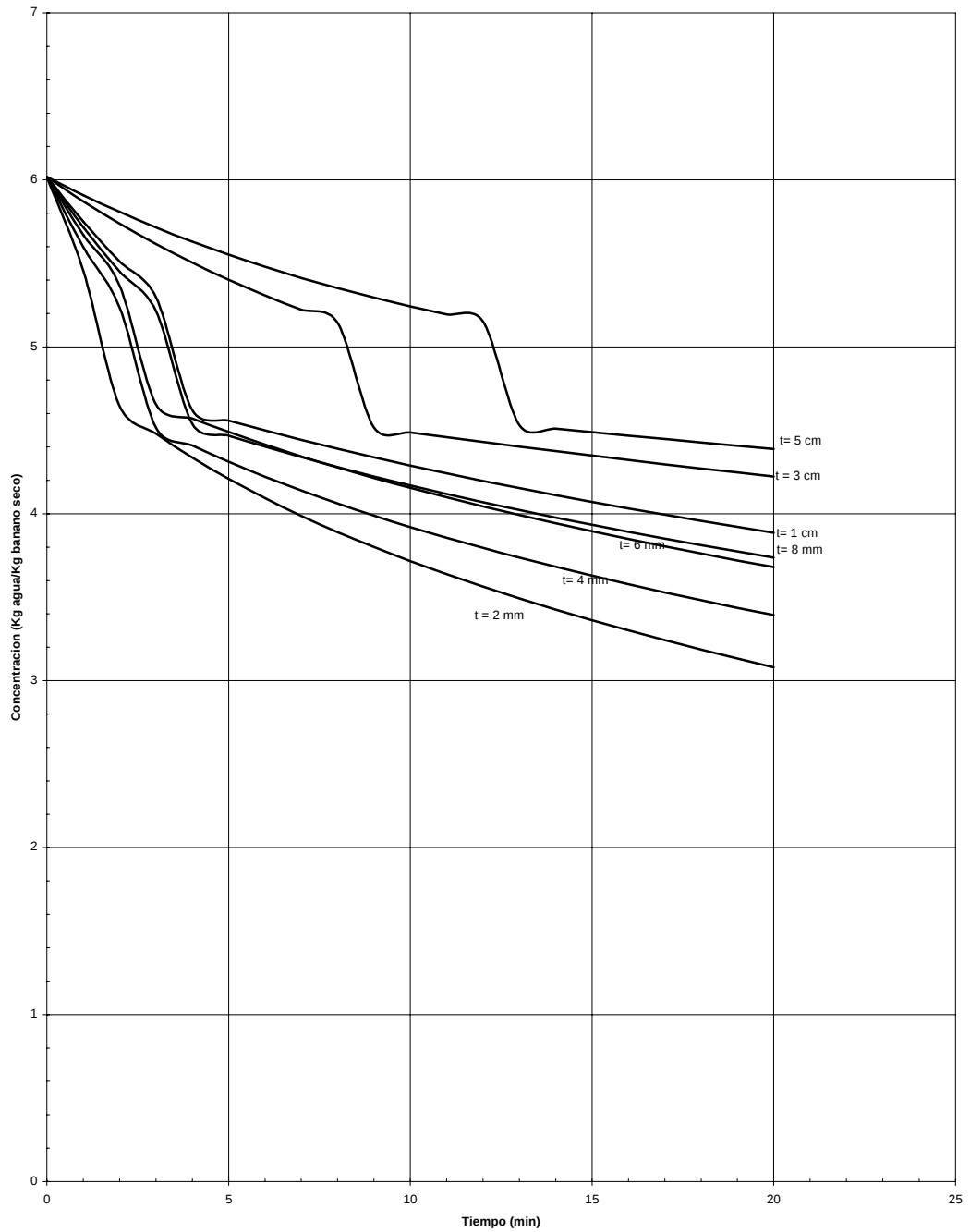


GRÁFICO I.8
MODELO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL BANANO DEBIDO A
LA PRESENCIA Y AUSENCIA DE LA TRANSFERENCIA DE MASA

Perfiles de temperatura considerando la tasa evaporativa, temperaturas iguales y sin considerar la tasa evaporativa.

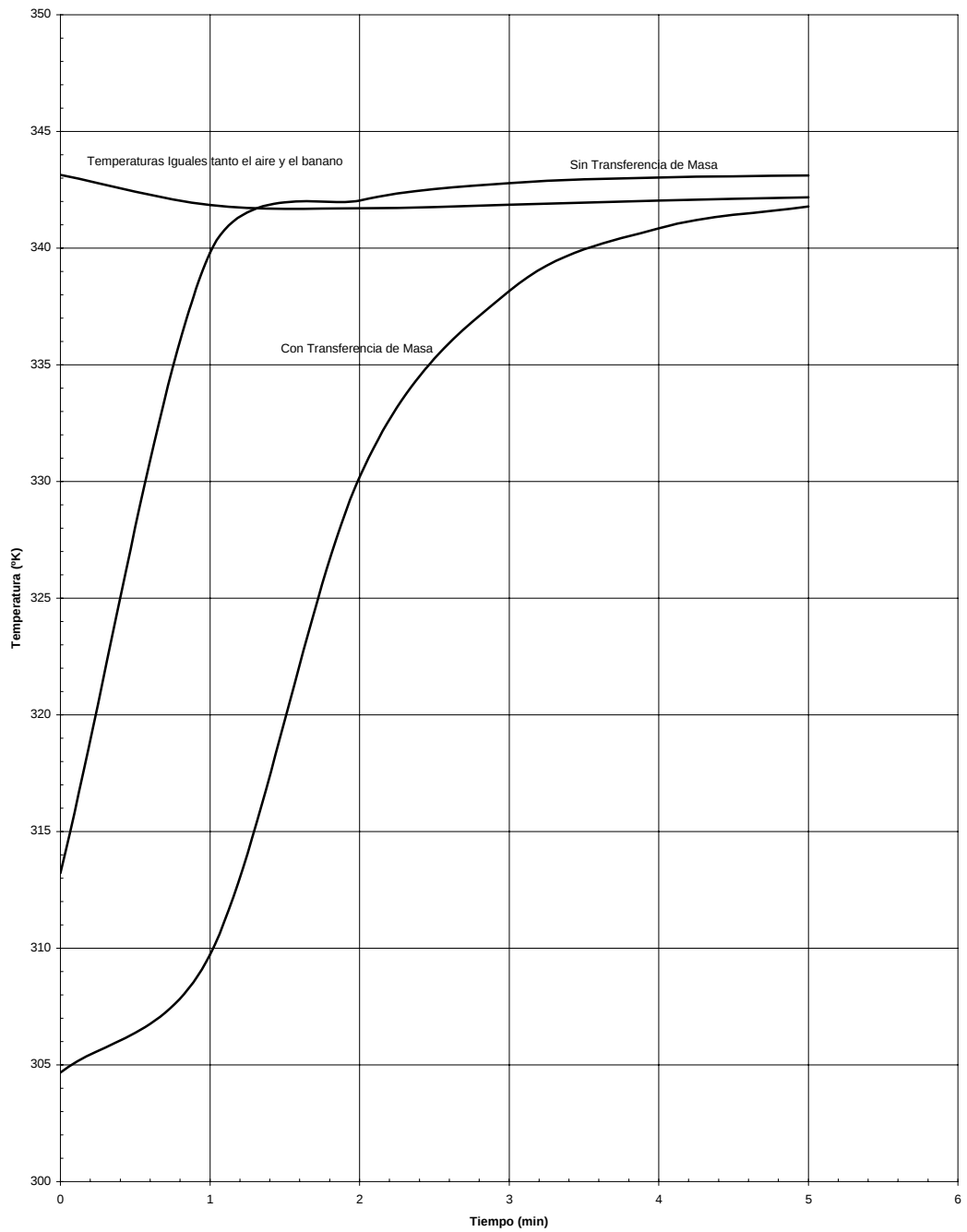


GRÁFICO I.9
MODELO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL BANANO
CONSIDERANDO LAS TEMPERATURAS INICIAL DEL BANANO Y DEL AIRE
IGUALES

Perfil de temperatura como una función de los periodos de secado.

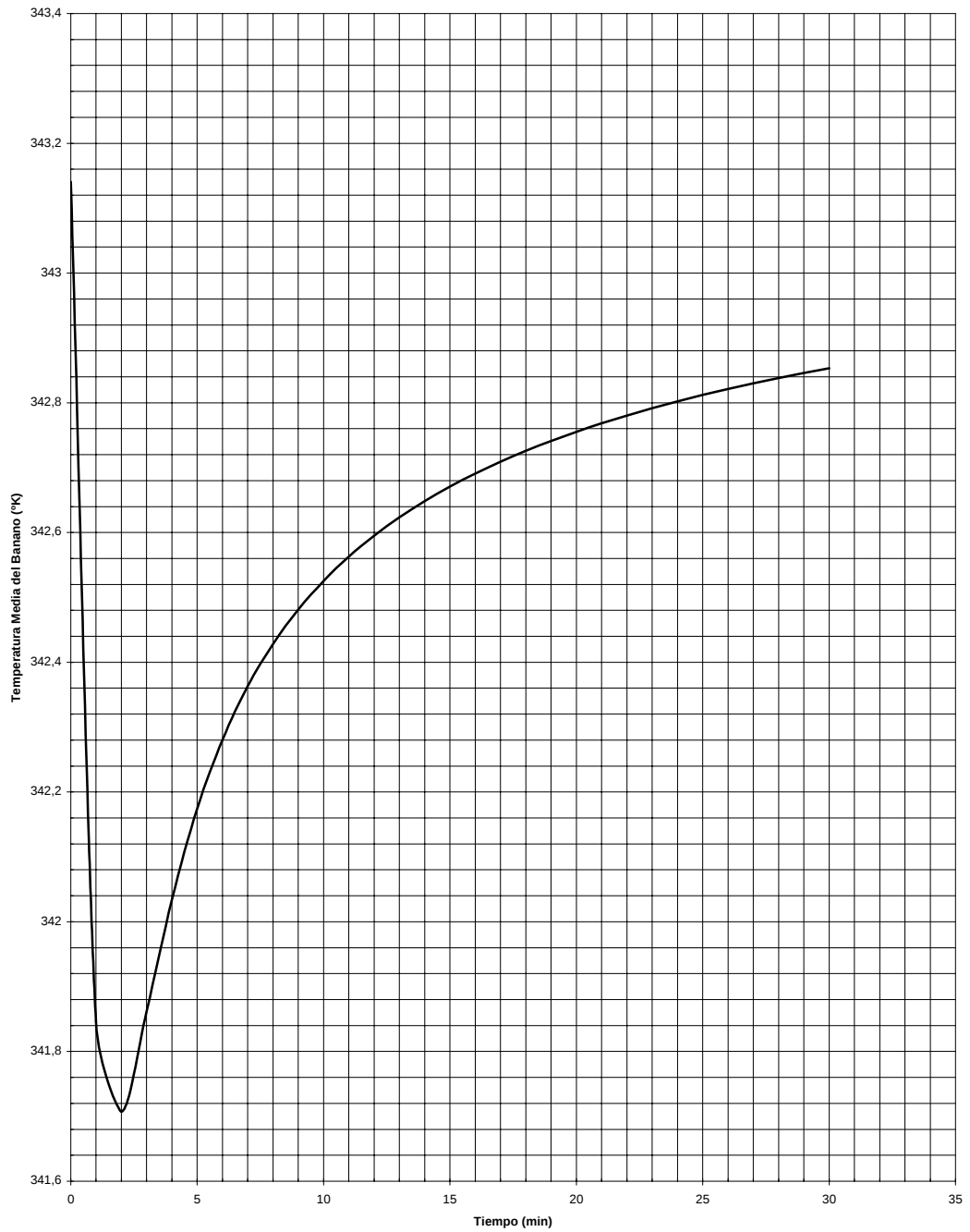
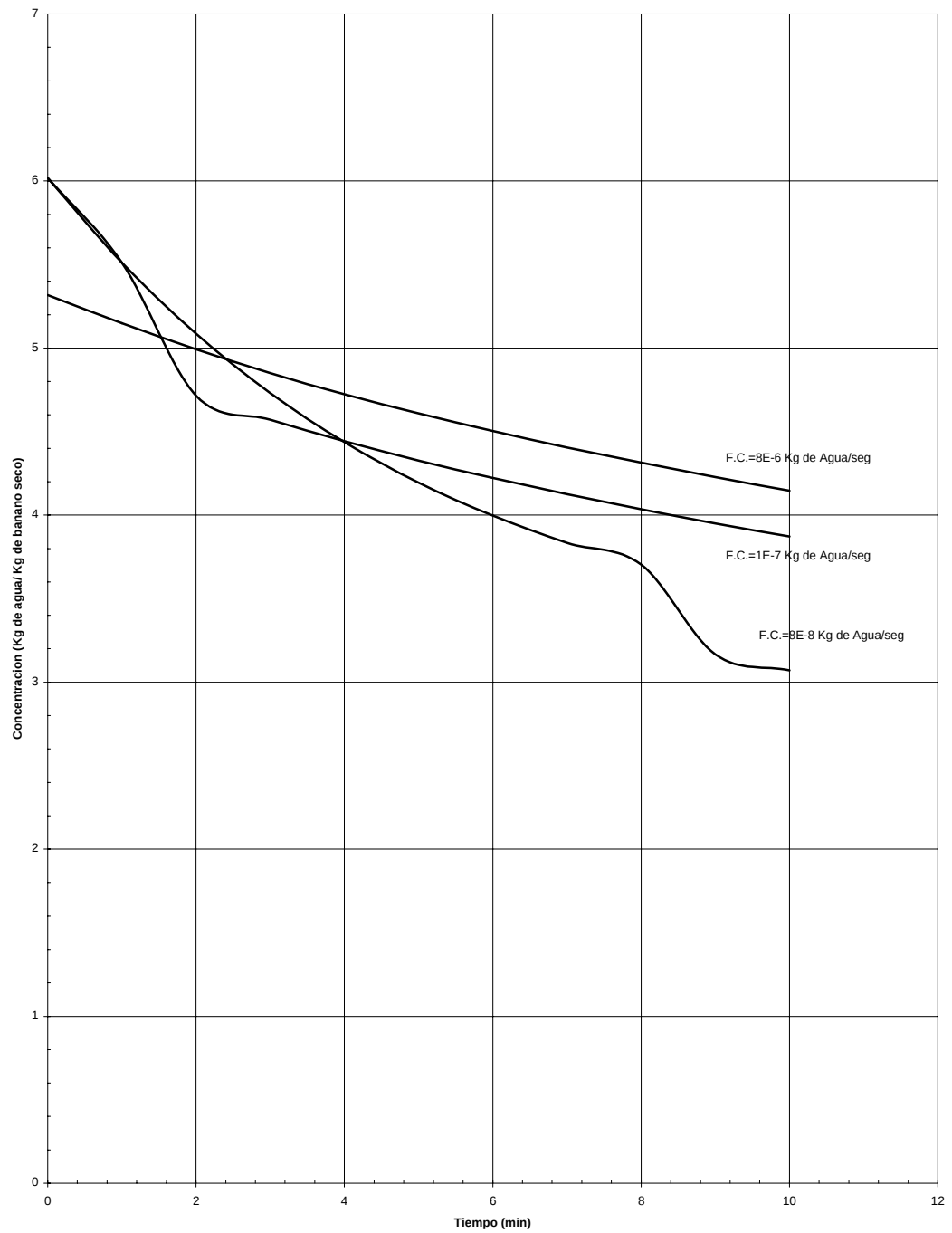


GRÁFICO I.10
MODELO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HUMEDAD DEL
BANANO DEBIDO AL CAMBIO DEL FLUJO CRÍTICO

Perfiles de concentración como una función de los periodos de secado.



IGRÁFICO I.11
MODELO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE DEBIDO AL
ESPACIAMIENTO

Perfiles de temperatura del aire debido al espacio, considerando su variación con el tiempo.

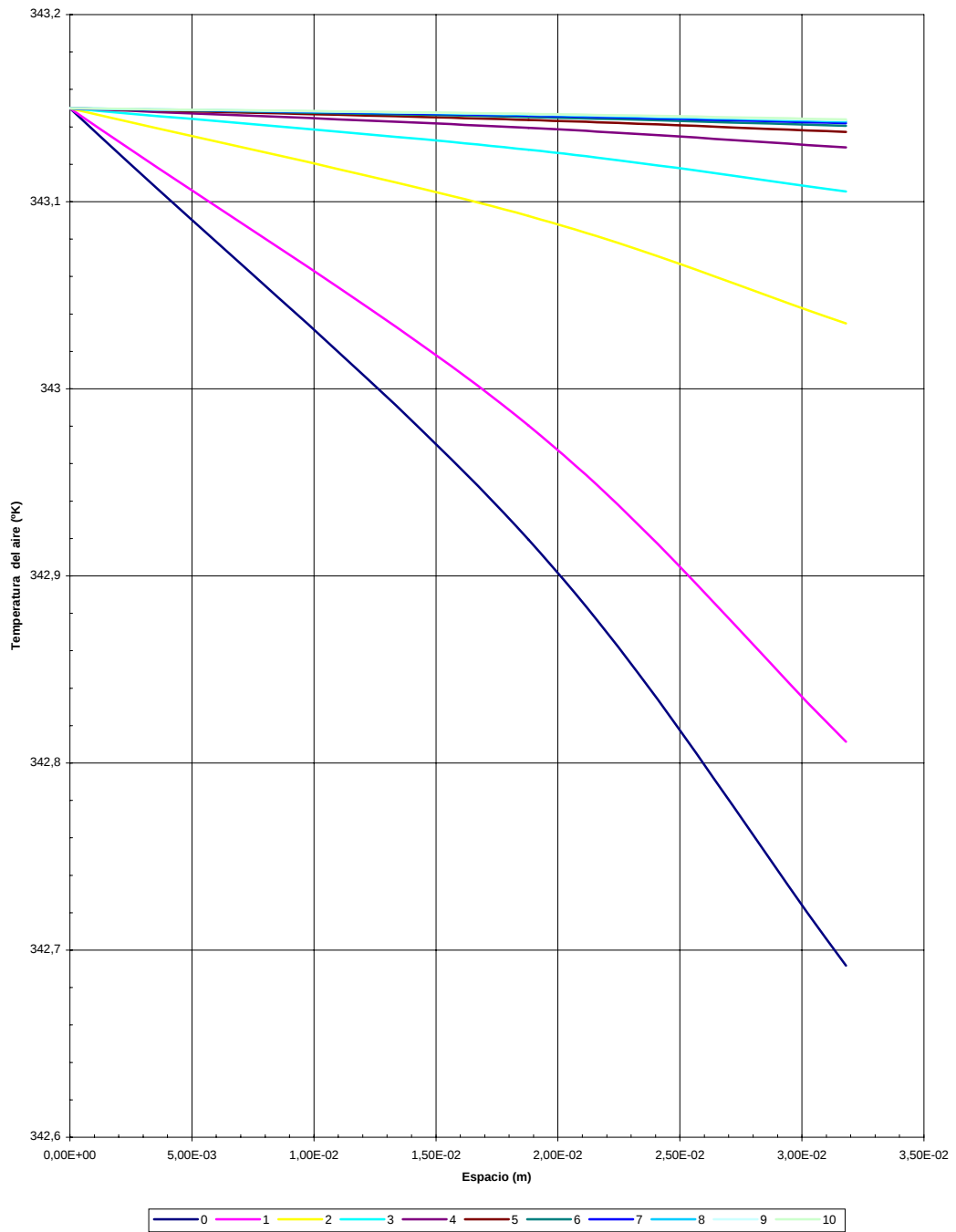


GRÁFICO I.12
DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL BANANO
EN UNA UNIDAD DEL MODELO

Perfiles de temperatura como una función de los periodos de secado, considerando la tasa de evaporación y la variación de sus propiedades.

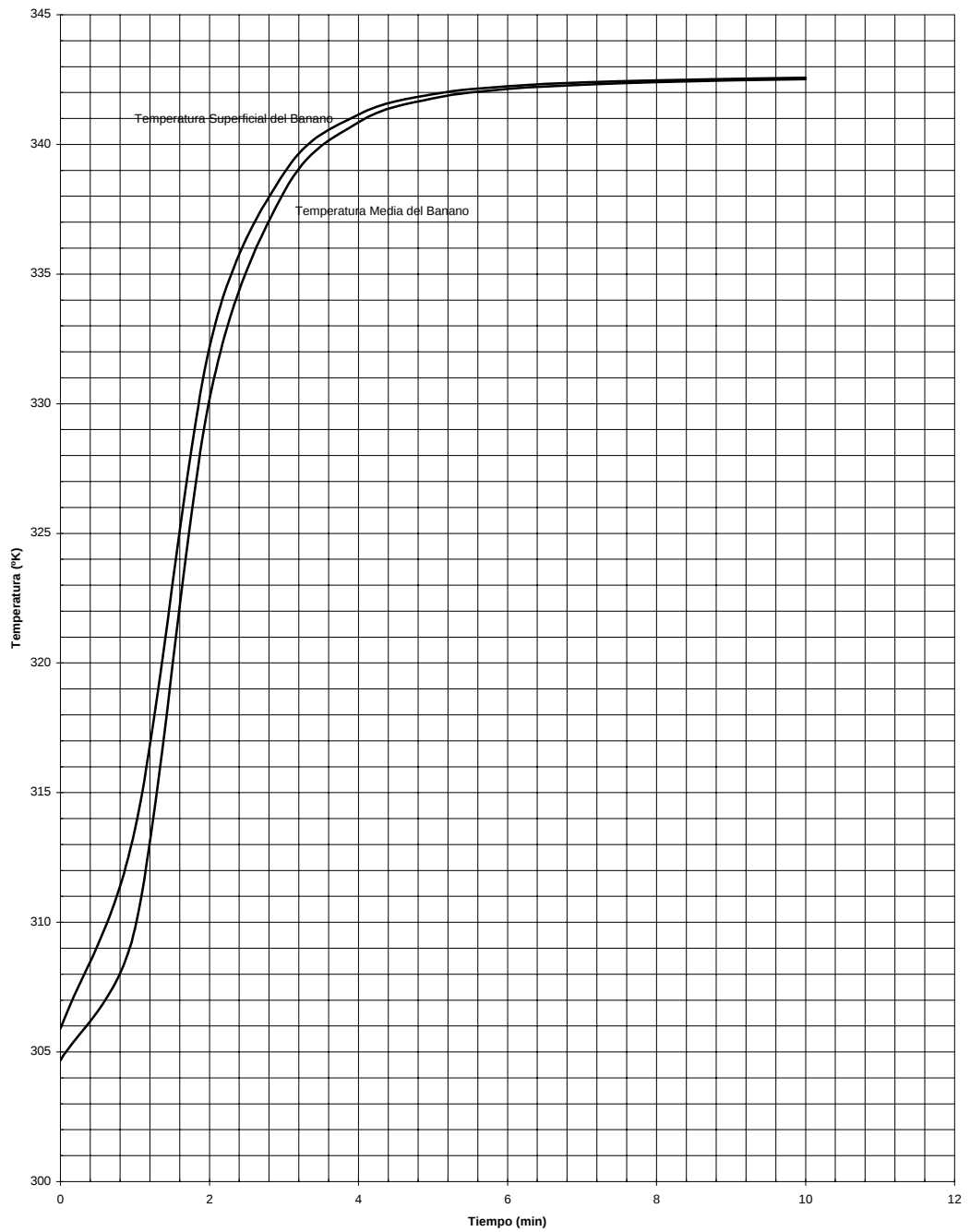


GRÁFICO I.13
DISTRIBUCIÓN DEL COEFICIENTE DE CONVECCIÓN DE MASA EN UNA UNIDAD
DEL MODELO

Perfil del coeficiente de convección de masa considerando la variación de las propiedades psicrométricas.

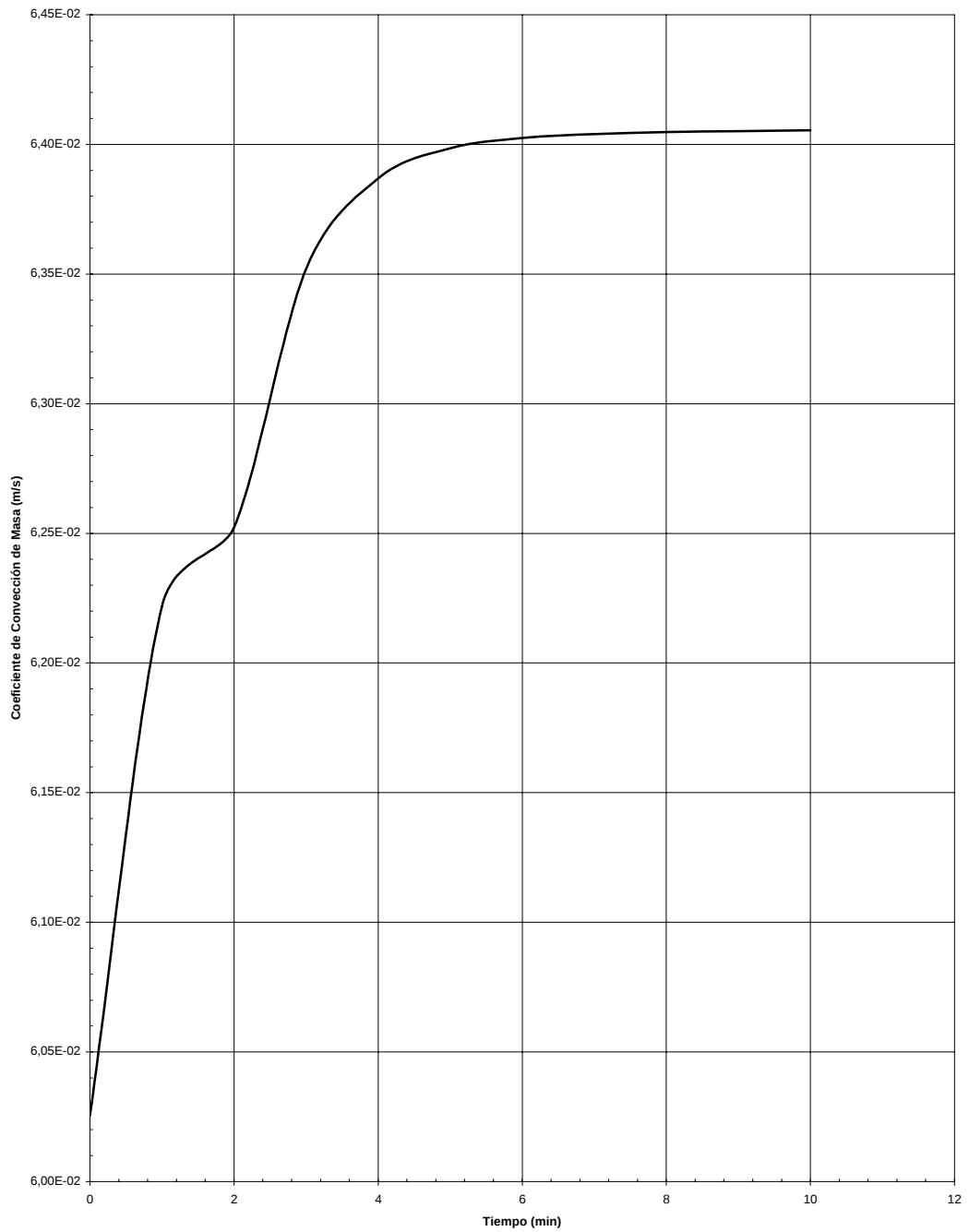


GRÁFICO I.14
DISTRIBUCIÓN DEL PORCENTAJE DE SECADO EN UNA UNIDAD DEL MODELO

Perfil del porcentaje de secado como una función de sus periodos, considerando la tasa de evaporación y la variación de las propiedades del banano y psicrométricas.

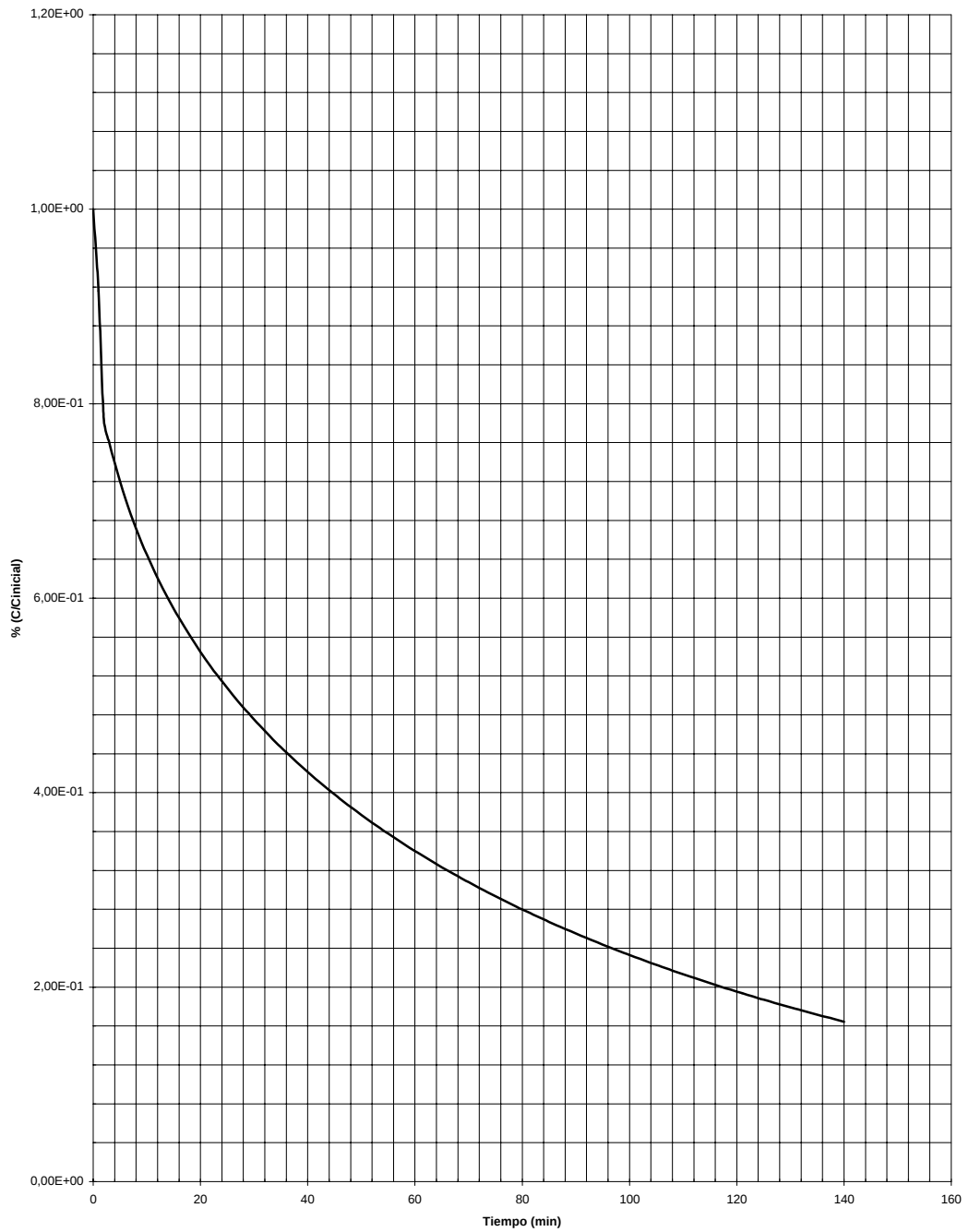


GRÁFICO I.15
DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN UNA UNIDAD DEL MODELO

Perfil de temperatura del aire considerando la variación de las propiedades psicrométricas.

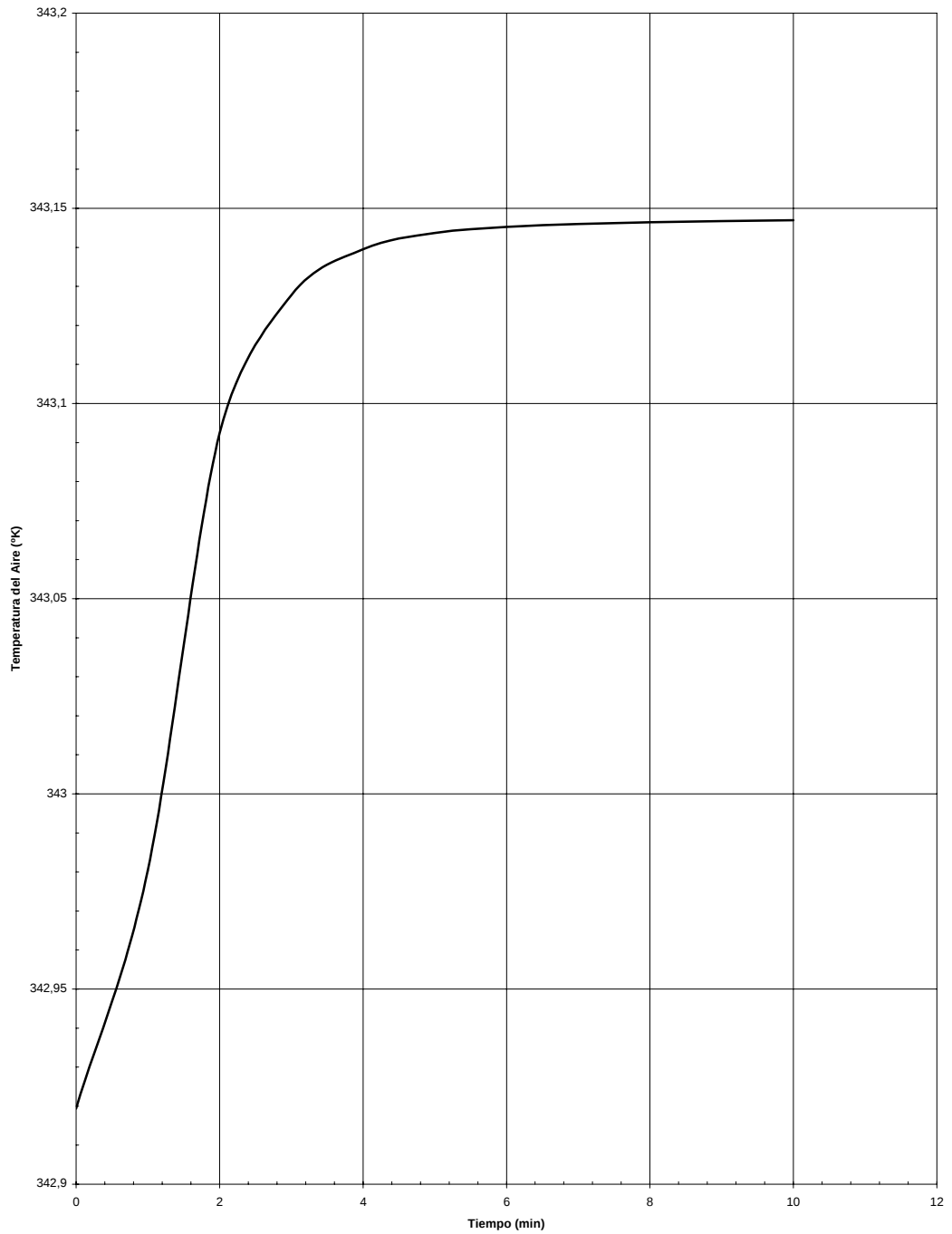
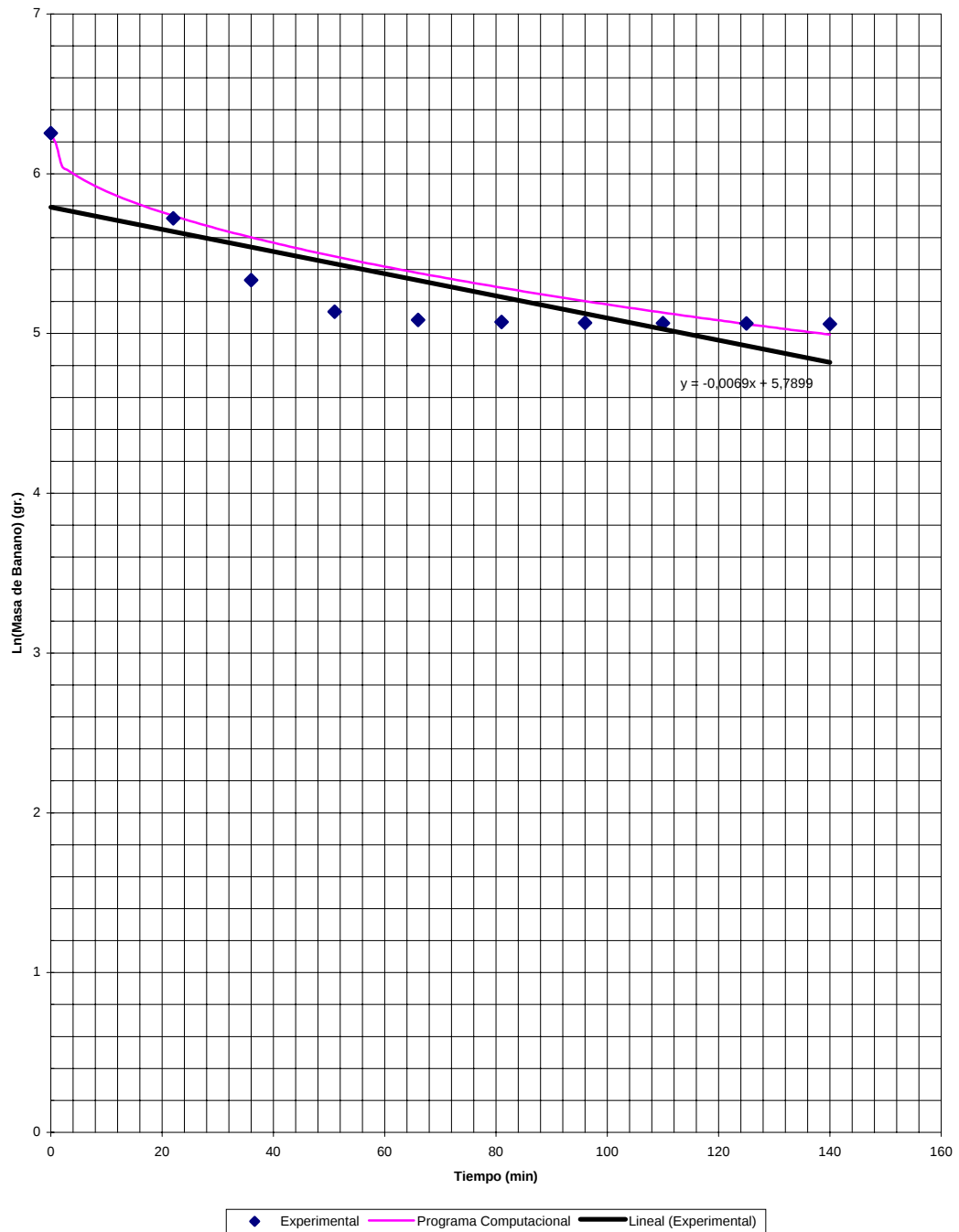


GRÁFICO I.16
COMPARACIÓN DEL MODELO COMPUTACIONAL CON LA PRUEBA
EXPERIMENTAL APLICANDO LOGARÍTMO NATURAL

Perfiles de Masa como una función de los períodos de secado, considerando la tasa de evaporación y la variación de sus propiedades.



PROGRAMA		EXPERIMENTAL		PROGRAMA	
TIEMPO	MASA (gr)	TIEMPO	MASA (gr)	TIEMPO	MASA (gr)
0	5,20E+02	0	519,9	0	6,25E+00
1	4,82E+02	22	305,4	1	6,18E+00
2	4,24E+02	36	207,5	2	6,05E+00
3	4,13E+02	51	170	3	6,02E+00
4	4,04E+02	66	161,6	4	6,00E+00
5	3,95E+02	81	159,5	5	5,98E+00
6	387,263576	96	158,7	6	5,96E+00
7	380,105608	110	158,3	7	5,94E+00
8	373,471802	125	158	8	5,92E+00
9	367,284317	140	157,6	9	5,91E+00
10	361,481722			10	5,89E+00
11	356,014518			11	5,87E+00
12	350,842232			12	5,86E+00
13	345,931393			13	5,85E+00
14	341,25405			14	5,83E+00
15	336,786654			15	5,82E+00
16	332,509198			16	5,81E+00
17	328,40455			17	5,79E+00
18	324,457931			18	5,78E+00
19	320,656499			19	5,77E+00
20	316,989025			20	5,76E+00
21	313,445623			21	5,75E+00
22	310,017547			22	5,74E+00
23	306,69701			23	5,73E+00
24	303,477048			24	5,72E+00
25	300,351404			25	5,70E+00
26	297,314429			26	5,69E+00
27	294,361008			27	5,68E+00
28	291,486486			28	5,67E+00
29	288,686615			29	5,67E+00
30	285,957508			30	5,66E+00
31	283,295592			31	5,65E+00
32	280,69758			32	5,64E+00
33	278,160436			33	5,63E+00
34	275,68135			34	5,62E+00
35	273,257715			35	5,61E+00
36	270,887108			36	5,60E+00
37	268,567271			37	5,59E+00
38	266,296099			38	5,58E+00
39	264,071621			39	5,58E+00
40	261,891992			40	5,57E+00
41	259,755483			41	5,56E+00
42	257,660467			42	5,55E+00
43	255,605414			43	5,54E+00
44	253,588884			44	5,54E+00
45	251,609516			45	5,53E+00
46	249,666025			46	5,52E+00
47	247,757197			47	5,51E+00
48	245,881882			48	5,50E+00
49	244,038988			49	5,50E+00
50	242,227482			50	5,49E+00
51	240,44638			51	5,48E+00
52	238,694748			52	5,48E+00
53	236,971697			53	5,47E+00
54	235,276378			54	5,46E+00
55	233,607985			55	5,45E+00
56	231,965749			56	5,45E+00
57	230,348932			57	5,44E+00
58	228,75683			58	5,43E+00
59	227,188771			59	5,43E+00
60	225,644111			60	5,42E+00
61	224,122233			61	5,41E+00
62	222,622545			62	5,41E+00
63	221,144482			63	5,40E+00

64	219,687499	64	5,39E+00
65	218,251074	65	5,39E+00
66	216,834705	66	5,38E+00
67	215,437909	67	5,37E+00
68	214,060223	68	5,37E+00
69	212,7012	69	5,36E+00
70	211,360409	70	5,35E+00
71	210,037437	71	5,35E+00
72	208,731884	72	5,34E+00
73	207,443365	73	5,33E+00
74	206,171509	74	5,33E+00
75	204,915957	75	5,32E+00
76	203,676362	76	5,32E+00
77	202,45239	77	5,31E+00
78	201,243717	78	5,30E+00
79	200,050032	79	5,30E+00
80	198,871031	80	5,29E+00
81	197,706422	81	5,29E+00
82	196,555922	82	5,28E+00
83	195,419256	83	5,28E+00
84	194,296159	84	5,27E+00
85	193,186372	85	5,26E+00
86	192,089648	86	5,26E+00
87	191,005743	87	5,25E+00
88	189,934423	88	5,25E+00
89	188,875459	89	5,24E+00
90	187,82863	90	5,24E+00
91	186,793722	91	5,23E+00
92	185,770525	92	5,22E+00
93	184,758837	93	5,22E+00
94	183,758461	94	5,21E+00
95	182,769205	95	5,21E+00
96	181,790882	96	5,20E+00
97	180,823312	97	5,20E+00
98	179,866318	98	5,19E+00
99	178,919728	99	5,19E+00
100	177,983375	100	5,18E+00
101	177,057096	101	5,18E+00
102	176,140733	102	5,17E+00
103	175,23413	103	5,17E+00
104	174,337137	104	5,16E+00
105	173,449608	105	5,16E+00
106	172,571398	106	5,15E+00
107	171,702369	107	5,15E+00
108	170,842383	108	5,14E+00
109	169,991308	109	5,14E+00
110	169,149013	110	5,13E+00
111	168,315372	111	5,13E+00
112	167,490261	112	5,12E+00
113	166,673559	113	5,12E+00
114	165,865147	114	5,11E+00
115	165,06491	115	5,11E+00
116	164,272735	116	5,10E+00
117	163,488511	117	5,10E+00
118	162,712129	118	5,09E+00
119	161,943484	119	5,09E+00
120	161,182473	120	5,08E+00
121	160,428994	121	5,08E+00
122	159,682948	122	5,07E+00
123	158,944237	123	5,07E+00
124	158,212768	124	5,06E+00
125	157,488446	125	5,06E+00
126	156,77118	126	5,05E+00
127	156,060881	127	5,05E+00
128	155,357461	128	5,05E+00
129	154,660834	129	5,04E+00
130	153,970916	130	5,04E+00

131	153,287624
132	152,610877
133	151,940595
134	151,276701
135	150,619118
136	149,967769
137	149,322583
138	148,683485
139	148,050406
140	147,423274

131	5,03E+00
132	5,03E+00
133	5,02E+00
134	5,02E+00
135	5,01E+00
136	5,01E+00
137	5,01E+00
138	5,00E+00
139	5,00E+00
140	4,99E+00

EXPERIMENTAL

TIEMPO	MASA (gr)
0	6,25363649
22	5,72162239
36	5,33513134
51	5,13579844
66	5,08512415
81	5,07204392
96	5,06701563
110	5,06449197
125	5,06259503
140	5,06006018

MASA DEL BANANO

TIEMPO	K=1	K=3	K=5	K=7	K=9	K=11	K=13	K=15
0	5,20E-01	5,20E-01	5,20E-01	0,51989262	0,51989262	5,20E-01	0,51989262	5,20E-01
2	4,68E-01	4,68E-01	4,68E-01	0,46777653	0,46777653	4,68E-01	0,46777653	4,68E-01
4	8,93E-02	2,60E-01	3,31E-01	0,36421199	0,38279364	3,94E-01	0,40110334	4,06E-01
6	7,66E-02	1,99E-01	2,84E-01	3,28E-01	3,55E-01	3,72E-01	0,3836154	3,92E-01
8	7,58E-02	1,63E-01	2,52E-01	3,03E-01	3,34E-01	3,55E-01	0,36917929	3,80E-01
10	7,58E-02	1,38E-01	2,28E-01	2,82E-01	3,17E-01	3,40E-01	0,35681376	3,69E-01

K=17	K=19
5,20E-01	5,20E-01
4,68E-01	4,68E-01
4,09E-01	4,12E-01
3,98E-01	4,02E-01
3,87E-01	3,93E-01
3,78E-01	3,86E-01

TEMPERATURA MEDIA DEL BANANO

TIEMPO	K=1	K=3	K=5	K=7	K=9	K=11	K=13	K=15
0	3,05E+02	3,05E+02	3,05E+02	3,05E+02	304,669655	3,05E+02	304,669655	3,05E+02
2	3,13E+02	3,13E+02	3,13E+02	3,13E+02	313,152404	3,13E+02	313,152404	3,13E+02
4	3,39E+02	3,38E+02	3,37E+02	3,37E+02	337,207527	3,37E+02	337,122306	3,37E+02
6	3,43E+02	3,42E+02	3,42E+02	3,42E+02	3,41E+02	3,41E+02	341,313886	3,41E+02
8	3,43E+02	3,43E+02	3,42E+02	3,42E+02	3,42E+02	3,42E+02	342,019505	3,42E+02
10	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	3,42E+02	3,42E+02	3,42E+02	342,234127	3,42E+02

K=17	K=19
3,05E+02	3,05E+02
3,13E+02	3,13E+02
3,37E+02	3,37E+02
3,41E+02	3,41E+02
3,42E+02	3,42E+02
3,42E+02	3,42E+02

CONCENTRACIÓN DE HUMEDAD DEL BANANO

TIEMPO	K=1	K=3	K=5	K=7	K=9	K=11	K=13	K=15
0	6,01744427	6,01744427	6,01744427	6,01744427	6,01744427	6,02E+00	6,01744427	6,02E+00
2	5,31398788	5,31398788	5,31398788	5,31398788	5,31398788	5,31E+00	5,31398788	5,31E+00
4	0,20545235	2,50680287	3,46196689	3,91608694	4,16689968	4,32E+00	4,41404175	4,48E+00
6	3,36E-02	1,69E+00	2,83E+00	3,43E+00	3,79E+00	4,02E+00	4,17799175	4,29E+00
8	2,38E-02	1,20E+00	2,40E+00	3,09E+00	3,51E+00	3,79E+00	3,98313493	4,12E+00
10	2,32E-02	8,69E-01	2,08E+00	2,81E+00	3,27E+00	3,59E+00	3,81622665	3,98E+00
12	2,32E-02	6,36E-01	1,81E+00	2,58E+00	3,08E+00	3,42E+00	3,66956783	3,85E+00
14	2,32E-02	4,69E-01	1,59E+00	2,38E+00	2,90E+00	3,27E+00	3,53835871	3,74E+00
16	2,32E-02	3,48E-01	1,41E+00	2,21E+00	2,75E+00	3,14E+00	3,41936128	3,63E+00
18	0,02315349	0,26022076	1,24760408	2,05189889	2,61235601	3,01E+00	3,31028775	3,54E+00
20	2,32E-02	1,96E-01	1,11E+00	1,91E+00	2,49E+00	2,90E+00	3,20946487	3,45E+00
22	2,32E-02	1,50E-01	9,87E-01	1,79E+00	2,37E+00	2,80E+00	3,11563201	3,36E+00
24	2,32E-02	1,16E-01	8,80E-01	1,67E+00	2,26E+00	2,70E+00	3,02781436	3,28E+00
26	2,32E-02	9,09E-02	7,86E-01	1,57E+00	2,16E+00	2,61E+00	2,94524086	3,21E+00
28	2,32E-02	7,27E-02	7,02E-01	1,47E+00	2,07E+00	2,52E+00	2,86728957	3,14E+00
30	2,32E-02	5,95E-02	6,28E-01	1,38E+00	1,98E+00	2,44E+00	2,7934503	3,07E+00
32	2,32E-02	4,97E-02	5,62E-01	1,30E+00	1,90E+00	2,37E+00	2,7232984	3,01E+00
34	2,32E-02	4,26E-02	5,04E-01	1,22E+00	1,83E+00	2,29E+00	2,656476	2,94E+00
36	2,32E-02	3,74E-02	4,52E-01	1,15E+00	1,75E+00	2,22E+00	2,59267819	2,88E+00
38	2,32E-02	3,36E-02	4,06E-01	1,08E+00	1,69E+00	2,16E+00	2,53164266	2,83E+00
40	2,32E-02	3,08E-02	3,65E-01	1,02E+00	1,62E+00	2,10E+00	2,47314191	2,77E+00
42	2,32E-02	2,88E-02	3,28E-01	9,64E-01	1,56E+00	2,04E+00	2,41697709	2,72E+00
44	2,32E-02	2,73E-02	2,95E-01	9,09E-01	1,50E+00	1,98E+00	2,36297326	2,67E+00
46	2,32E-02	2,62E-02	2,66E-01	8,58E-01	1,44E+00	1,93E+00	2,3109756	2,62E+00
48	2,32E-02	2,54E-02	2,40E-01	8,09E-01	1,39E+00	1,87E+00	2,26084629	2,58E+00
50	2,32E-02	2,48E-02	2,17E-01	7,64E-01	1,34E+00	1,82E+00	2,21246211	2,53E+00
52	2,32E-02	2,43E-02	1,96E-01	7,22E-01	1,29E+00	1,77E+00	2,16571232	2,49E+00
54	2,32E-02	2,40E-02	1,78E-01	6,82E-01	1,24E+00	1,73E+00	2,12049705	2,44E+00
56	2,32E-02	2,38E-02	1,61E-01	6,44E-01	1,20E+00	1,68E+00	2,07672586	2,40E+00
58	2,32E-02	2,36E-02	1,47E-01	6,09E-01	1,16E+00	1,64E+00	2,0343165	2,36E+00
60	2,32E-02	2,35E-02	1,33E-01	5,75E-01	1,11E+00	1,59E+00	1,99319398	2,32E+00
62	2,32E-02	2,34E-02	1,22E-01	5,44E-01	1,08E+00	1,55E+00	1,95E+00	2,28E+00
64	2,32E-02	2,33E-02	1,11E-01	5,14E-01	1,04E+00	1,51E+00	1,91E+00	2,25E+00
66	2,32E-02	2,33E-02	1,02E-01	4,86E-01	1,00E+00	1,48E+00	1,88E+00	2,21E+00
68	2,32E-02	2,33E-02	9,35E-02	4,60E-01	9,66E-01	1,44E+00	1,84028227	2,18E+00
70	2,32E-02	2,32E-02	8,60E-02	4,35E-01	9,32E-01	1,40E+00	1,80E+00	2,14E+00
72	2,32E-02	2,32E-02	7,93E-02	4,12E-01	9,00E-01	1,37E+00	1,77E+00	2,11E+00
74	2,32E-02	2,32E-02	7,33E-02	3,90E-01	8,69E-01	1,33E+00	1,74E+00	2,07E+00
76	2,32E-02	2,32E-02	6,80E-02	3,69E-01	8,39E-01	1,30E+00	1,70E+00	2,04E+00
78	2,32E-02	2,32E-02	6,33E-02	3,50E-01	8,10E-01	1,27E+00	1,67E+00	2,01E+00
80	2,32E-02	2,32E-02	5,90E-02	3,32E-01	7,82E-01	1,24E+00	1,64E+00	1,98E+00
82	2,32E-02	2,32E-02	5,52E-02	3,14E-01	7,55E-01	1,21E+00	1,61E+00	1,95E+00
84	2,32E-02	2,32E-02	5,18E-02	2,98E-01	7,30E-01	1,18E+00	1,58E+00	1,92E+00
86	2,32E-02	2,32E-02	4,88E-02	2,82E-01	7,05E-01	1,15E+00	1,55E+00	1,89E+00
88	2,32E-02	2,32E-02	4,60E-02	2,68E-01	6,81E-01	1,12E+00	1,52E+00	1,87E+00
90	2,32E-02	2,32E-02	4,36E-02	2,54E-01	6,58E-01	1,10E+00	1,49E+00	1,84E+00
92	2,32E-02	2,32E-02	4,14E-02	2,41E-01	6,36E-01	1,07E+00	1,47E+00	1,81E+00
94	2,32E-02	2,32E-02	3,95E-02	2,29E-01	6,14E-01	1,04E+00	1,44E+00	1,79E+00
96	2,32E-02	2,32E-02	3,78E-02	2,17E-01	5,94E-01	1,02E+00	1,42E+00	1,76E+00
98	2,32E-02	2,32E-02	3,62E-02	2,07E-01	5,74E-01	9,96E-01	1,39E+00	1,73E+00
100	2,32E-02	2,32E-02	3,48E-02	1,96E-01	5,55E-01	9,73E-01	1,37E+00	1,71E+00
102	2,32E-02	2,32E-02	3,36E-02	1,87E-01	5,36E-01	9,50E-01	1,34E+00	1,69E+00
104	2,32E-02	2,32E-02	3,25E-02	1,77E-01	5,18E-01	9,28E-01	1,31711524	1,66E+00
106	2,32E-02	2,32E-02	3,15E-02	1,69E-01	5,01E-01	9,06E-01	1,29E+00	1,64E+00
108	2,32E-02	2,32E-02	3,06E-02	1,61E-01	4,85E-01	8,85E-01	1,27E+00	1,62E+00
110	2,32E-02	2,32E-02	2,98E-02	1,53E-01	4,69E-01	8,64E-01	1,25E+00	1,59E+00
112	2,32E-02	2,32E-02	2,91E-02	1,46E-01	4,53E-01	8,44E-01	1,23E+00	1,57E+00
114	2,32E-02	2,32E-02	2,85E-02	1,39E-01	4,38E-01	8,25E-01	1,21E+00	1,55E+00
116	2,32E-02	2,32E-02	2,79E-02	1,32E-01	4,24E-01	8,06E-01	1,18E+00	1,53E+00
118	2,32E-02	2,32E-02	2,74E-02	1,26E-01	4,10E-01	7,87E-01	1,16E+00	1,51E+00
120	2,32E-02	2,32E-02	2,70E-02	1,21E-01	3,97E-01	7,69E-01	1,14E+00	1,49E+00

122	2,32E-02	2,32E-02	2,66E-02	1,15E-01	3,84E-01	7,51E-01	1,12E+00	1,47E+00
124	2,32E-02	2,32E-02	2,62E-02	1,10E-01	3,71E-01	7,34E-01	1,11E+00	1,45E+00
126	2,32E-02	2,32E-02	2,59E-02	1,05E-01	3,59E-01	7,17E-01	1,09E+00	1,43E+00
128	2,32E-02	2,32E-02	2,56E-02	1,01E-01	3,48E-01	7,01E-01	1,07E+00	1,41E+00
130	2,32E-02	2,32E-02	2,53E-02	9,63E-02	3,37E-01	6,85E-01	1,05E+00	1,39E+00
132	2,32E-02	2,32E-02	2,51E-02	9,22E-02	3,26E-01	6,69E-01	1,03E+00	1,37E+00
134	2,32E-02	2,32E-02	2,49E-02	8,83E-02	3,15E-01	6,54E-01	1,01E+00	1,35E+00
136	2,32E-02	2,32E-02	2,47E-02	8,47E-02	3,05E-01	6,39E-01	9,97E-01	1,33E+00
138	2,32E-02	2,32E-02	2,45E-02	8,13E-02	2,96E-01	6,25E-01	9,80E-01	1,32E+00
140	2,32E-02	2,32E-02	2,44E-02	7,80E-02	2,86E-01	6,10E-01	0,96337145	1,30E+00

K=17	K=19
6,02E+00	6,02E+00
5,31E+00	5,31E+00
4,52E+00	4,56E+00
4,37E+00	4,43E+00
4,23E+00	4,31E+00
4,11E+00	4,20E+00
4,00E+00	4,11E+00
3,90E+00	4,02E+00
3,80E+00	3,93E+00
3,71E+00	3,86E+00
3,63E+00	3,78E+00
3,56E+00	3,71E+00
3,49E+00	3,65E+00
3,42E+00	3,59E+00
3,35E+00	3,53E+00
3,29E+00	3,47E+00
3,23E+00	3,42E+00
3,18E+00	3,36E+00
3,12E+00	3,31E+00
3,07E+00	3,27E+00
3,02E+00	3,22E+00
2,97E+00	3,17E+00
2,92E+00	3,13E+00
2,88E+00	3,09E+00
2,83E+00	3,05E+00
2,79E+00	3,01E+00
2,75E+00	2,97E+00
2,71E+00	2,93E+00
2,67E+00	2,89E+00
2,63E+00	2,86E+00
2,60E+00	2,82E+00
2,56E+00	2,79E+00
2,52E+00	2,76E+00
2,49E+00	2,72E+00
2,46E+00	2,69E+00
2,42E+00	2,66E+00
2,39E+00	2,63E+00
2,36E+00	2,60E+00
2,33E+00	2,57E+00
2,30E+00	2,54E+00
2,27E+00	2,52E+00
2,24E+00	2,49E+00
2,21E+00	2,46E+00
2,19E+00	2,44E+00
2,16E+00	2,41E+00
2,13E+00	2,38E+00
2,11E+00	2,36E+00
2,08E+00	2,33E+00
2,06E+00	2,31E+00
2,03E+00	2,29E+00
2,01E+00	2,26E+00
1,98E+00	2,24E+00
1,96E+00	2,22E+00
1,94E+00	2,20E+00
1,91E+00	2,17E+00
1,89E+00	2,15E+00
1,87E+00	2,13E+00
1,85E+00	2,11E+00
1,83E+00	2,09E+00
1,81E+00	2,07E+00
1,79E+00	2,05E+00

1,77E+00	2,03E+00
1,75E+00	2,01E+00
1,73E+00	1,99E+00
1,71E+00	1,97E+00
1,69E+00	1,95E+00
1,67E+00	1,94E+00
1,65E+00	1,92E+00
1,63E+00	1,90E+00
1,62E+00	1,88E+00
1,60E+00	1,87E+00

FLUJO EVAPORATIVO

TIEMPO	K=1	K=3	K=5	K=7	K=9	K=11	K=13	K=15
0	3,38E-06	3,38E-06	3,38E-06	3,38E-06	3,38E-06	3,38E-06	3,38E-06	3,38E-06
2	1,26E-06	1,26E-06	1,26E-06	1,26E-06	1,26E-06	1,26E-06	1,26E-06	1,26E-06
4	5,08E-09	6,19E-08	8,55E-08	9,67E-08	1,03E-07	1,07E-07	1,09E-07	1,11E-07
6	5,93E-10	2,97E-08	4,99E-08	6,04E-08	6,67E-08	7,08E-08	7,35E-08	7,55E-08
8	3,43E-10	1,73E-08	3,46E-08	4,44E-08	5,05E-08	5,45E-08	5,73E-08	5,93E-08
10	2,89E-10	1,08E-08	2,59E-08	3,50E-08	4,08E-08	4,48E-08	4,76E-08	4,96E-08

K=17	K=19
3,38E-06	3,38E-06
1,26E-06	1,26E-06
1,12E-07	1,12E-07
7,69E-08	7,79E-08
6,09E-08	6,20E-08
5,12E-08	5,24E-08

TEMPERATURA MEDIA DEL BANANO

TIEMPO	t= 2mm	t= 4 mm	t= 6mm	t= 8mm	t= 1 cm	t= 3 cm	t=5 cm
0	304,664361	304,677424	304,683581	304,686697	304,688943	304,698077	304,701396
1	310,256447	309,1588	308,784776	308,579294	308,443341	307,901803	307,664261
2	332,120736	313,2506	312,527872	312,136062	311,877949	310,859018	310,41367
3	339,385102	329,477614	326,857088	315,378146	315,013632	313,585843	312,963022
4	341,450546	336,992511	334,690133	327,168805	325,950481	316,09772	315,325128
5	342,079149	340,039302	338,476308	334,163745	332,888469	318,409391	317,512203
6	342,31	341,295387	340,314039	337,850785	336,812292	320,534886	319,535863
7	342,423511	341,839884	341,223673	339,7969	339,027834	322,487521	321,407137
8	342,496156	342,099468	341,691964	340,83782	340,2884	324,279897	323,136465
9	342,55035	342,241441	341,948786	341,409509	341,017685	328,711935	324,733714
10	342,59386	342,331691	342,102221	341,737074	341,451199	332,360689	326,208188
11	342,630115	342,396746	342,203243	341,936113	341,719118	335,017221	327,568646
12	342,661017	342,447818	342,276165	342,065986	341,893184	336,920219	328,823317
13	342,687788	342,490052	342,332855	342,157347	342,012991	338,27748	331,128429
14	342,711276	342,526083	342,379333	342,226224	342,100521	339,246744	333,343751
15	342,732101	342,557443	342,41883	342,281171	342,168105	339,942479	335,156562
16	342,750731	342,585118	342,453202	342,326903	342,222778	340,446063	336,589655
17	342,767523	342,609801	342,483606	342,366133	342,268655	340,814723	337,707527
18	342,782759	342,632005	342,510818	342,400507	342,308216	341,088455	338,575226
19	342,796663	342,65212	342,535391	342,431084	342,343021	341,295128	339,248475
20	342,809416	342,670458	342,557741	342,458586	342,374094	341,454159	339,772204

CONCENTRACIÓN DE HUMEDAD DEL BANANO

TIEMPO	t=2mm	t= 4mm	t= 6 mm	t= 8 mm	t= 1 cm	t= 3 cm	t= 5 cm
0	6,01744298	6,01744611	6,01744762	6,01744856	6,01744923	6,01745189	6,01745282
1	5,45631291	5,59756709	5,67127485	5,71776494	5,75045529	5,87140769	5,9087552
2	4,64399299	5,23414051	5,36605695	5,45096446	5,51127709	5,73769464	5,80843458
3	4,48002031	4,5156505	4,65560315	5,21384683	5,29731097	5,61534535	5,71588447
4	4,33615393	4,40948769	4,57020631	4,53772001	4,62005934	5,50345151	5,63054433
5	4,20829702	4,31182053	4,48984671	4,4682089	4,5586163	5,40118734	5,55188285
6	4,09295011	4,22201361	4,41463558	4,40199356	4,49955544	5,30777278	5,47941021
7	3,98766887	4,13890461	4,34406413	4,33931464	4,44320255	5,22247463	5,4126677
8	3,89068989	4,06149824	4,27758448	4,27994222	4,38946694	5,14462972	5,35121848
9	3,80068598	3,98900376	4,21471742	4,22356402	4,33815322	4,51722531	5,29466731
10	3,71662787	3,92079046	4,15506217	4,16988191	4,28905323	4,48762016	5,24263483
11	3,63770108	3,85634517	4,0982839	4,11863431	4,24197464	4,45847647	5,19477377
12	3,56325108	3,79524247	4,04409962	4,06959629	4,19674735	4,42991134	5,1507639
13	3,49274498	3,73712468	3,992267	4,02257406	4,15322244	4,40197315	4,53084918
14	3,42574367	3,68168799	3,94257616	3,97739915	4,1112692	4,37467266	4,50954967
15	3,36188125	3,62867234	3,89484377	3,93392372	4,07077205	4,34800088	4,48848795
16	3,30084965	3,5778537	3,84890864	3,89201693	4,03162797	4,32193907	4,46770867
17	3,24238696	3,52903799	3,80462832	3,85156217	3,99374454	4,29646425	4,44723945
18	3,1862685	3,48205619	3,7618764	3,81245507	3,9570383	4,27155215	4,42709385
19	3,13229994	3,43676034	3,72054031	3,77460174	3,92143364	4,24717873	4,40727609
20	3,08031188	3,39302033	3,68051943	3,73791752	3,88686172	4,22332088	4,38778449
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							

GRÁFICA I.8**TEMPERATURA MEDIA DEL BANANO**

TIEMPO	S.TM.	C. TM	Tinf=Tsup
0	313,220149	304,669655	343,140287
1	339,816397	309,740096	341,846891
2	342,037453	330,192473	341,707142
3	342,778702	338,168134	341,861496
4	343,026084	340,850308	342,034093
5	343,108645	341,782439	342,173786

GRÁFICA I.9

TIEMPO	Tinf=Tsup
0	343,140287
1	341,846891
2	341,707142
3	341,861496
4	342,034093
5	342,173786
6	342,280633
7	342,362984
8	342,428102
9	342,481035
10	342,525123
11	342,562588
12	342,594948
13	342,623274
14	342,648342
15	342,670734
16	342,690895
17	342,709172
18	342,72584
19	342,74112
20	342,755195
21	342,768214
22	342,7803
23	342,791561
24	342,802083
25	342,811944
26	342,82121
27	342,829937
28	342,838174
29	342,845966
30	342,853349

CONCENTRACIÓN DE HUMEDAD DEL BANANO

TIEMPO	8,00E-08	9,00E-08	1,00E-07	8,00E-06
0	6,01744427	6,01744427	6,01744427	5,31734711
1	5,51155311	5,51155311	5,51155311	5,14909282
2	5,08625136	4,71558153	4,71558153	4,99195191
3	4,73126339	4,57181398	4,57181398	4,85135894
4	4,43701489	4,44316132	4,44316132	4,72476262
5	4,19465558	4,32732125	4,32732125	4,60949847
6	3,99620395	4,22181527	4,22181527	4,50353083
7	3,83455404	4,1247905	4,1247905	4,40533985
8	3,7034659	4,03487054	4,03487054	4,31376296
9	3,16598635	3,95100034	3,95100034	4,22788583
10	3,07042742	3,87234723	3,87234723	4,14697369

GRÁFICA I.12

TIEMPO	T. Aire	T. Superficial	T. Media
0	342,919422	305,89817	304,669655
60	342,980302	313,568075	309,740096
120	343,092429	332,199001	330,19157
180	343,127709	338,899164	338,165096
240	343,139521	341,149977	340,847979
300	343,14365	341,937093	341,780886
360	343,145254	342,242938	342,139251
420	343,146005	342,386239	342,304476
480	343,146444	342,470072	342,399694
540	343,146751	342,528622	342,465559
600	343,146989	342,574074	342,51644
660	343,147185	342,611397	342,55812
720	343,147351	342,643013	342,593382
780	343,147494	342,670325	342,62382
840	343,147619	342,694256	342,650474
900	343,14773	342,715458	342,674077
960	343,147829	342,734415	342,695172
1020	343,147919	342,751497	342,714174
1080	343,148	342,766993	342,731408
1140	343,148074	342,781134	342,747129
1200	343,148142	342,794106	342,761547
1260	343,148204	342,806059	342,77483
1320	343,148262	342,81712	342,787119
1380	343,148316	342,827394	342,798531
1440	343,148366	342,836968	342,809164
1500	343,148413	342,845919	342,819102
1560	343,148456	342,854309	342,828417
1620	343,148498	342,862195	342,83717
1680	343,148537	342,869625	342,845416
1740	343,148573	342,87664	342,853199
1800	343,148608	342,883276	342,860562
1860	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
1920	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
1980	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
2040	343,14873	342,906635	342,886466
2100	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
2160	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
2220	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
2280	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
2340	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
2400	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
2460	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
2520	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
2580	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
2640	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
2700	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
2760	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
2820	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
2880	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
2940	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
3000	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
3060	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
3120	343,149082	342,974014	342,961077
3180	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
3240	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
3300	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
3360	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
3420	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02

GRÁFICA I.13

hm	Porcentaje
6,03E-02	1,00E+00
6,22E-02	9,16E-01
6,25E-02	7,84E-01
6,35E-02	7,60E-01
6,39E-02	7,39E-01
6,40E-02	7,20E-01
6,40E-02	7,02E-01
6,40E-02	6,86E-01
6,40E-02	6,72E-01
6,41E-02	6,58E-01
6,41E-02	6,45E-01
6,41E-02	6,32E-01
6,41E-02	6,21E-01
6,41E-02	6,10E-01
6,41E-02	5,99E-01
0,06406268	0,58926089
0,06406379	0,57966619
6,41E-02	5,70E-01
6,41E-02	5,62E-01
6,41E-02	5,53E-01
0,06406707	0,5448531
6,41E-02	5,37E-01
6,41E-02	5,29E-01
6,41E-02	5,22E-01
6,41E-02	5,15E-01
6,41E-02	5,08E-01
6,41E-02	5,01E-01
6,41E-02	4,94E-01
6,41E-02	4,88E-01
6,41E-02	4,81E-01
6,41E-02	4,75E-01
6,41E-02	4,69E-01
6,41E-02	4,63E-01
6,41E-02	4,58E-01
6,41E-02	4,52E-01
6,41E-02	4,47E-01
6,41E-02	4,41E-01
6,41E-02	4,36E-01
6,41E-02	4,31E-01
6,41E-02	4,26E-01
6,41E-02	4,21E-01
6,41E-02	4,16E-01
6,41E-02	4,12E-01
6,41E-02	4,07E-01
6,41E-02	4,03E-01
6,41E-02	3,98E-01
6,41E-02	3,94E-01
6,41E-02	3,90E-01
6,41E-02	3,85E-01
6,41E-02	3,81E-01
6,41E-02	3,77E-01
6,41E-02	3,73E-01
6,41E-02	3,69E-01
6,41E-02	3,65E-01
6,41E-02	3,62E-01
6,41E-02	3,58E-01
6,41E-02	3,54E-01
6,41E-02	3,51E-01

GRÁFICA I.14

Porcentaje
1,00E+00
9,16E-01
7,84E-01
7,60E-01
7,39E-01
7,20E-01
7,02E-01
6,86E-01
6,72E-01
6,58E-01
6,45E-01
6,32E-01
6,21E-01
6,10E-01
5,99E-01
0,58926089
0,57966619
5,70E-01
5,62E-01
5,53E-01
0,5448531
5,37E-01
5,29E-01
5,22E-01
5,15E-01
5,08E-01
5,01E-01
4,94E-01
4,88E-01
4,81E-01
4,75E-01
4,69E-01
4,63E-01
4,58E-01
4,52E-01
4,47E-01
4,41E-01
4,36E-01
4,31E-01
4,26E-01
4,21E-01
4,16E-01
4,12E-01
4,07E-01
4,03E-01
3,98E-01
3,94E-01
3,90E-01
3,85E-01
3,81E-01
3,77E-01
3,73E-01
3,69E-01
3,65E-01
3,62E-01
3,58E-01
3,54E-01
3,51E-01

3480	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	6,41E-02	3,47E-01
3540	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	6,41E-02	3,43E-01
3600	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	6,41E-02	3,40E-01
3660	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	6,41E-02	3,37E-01
3720	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	6,41E-02	3,33E-01
3780	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	6,41E-02	3,30E-01
3840	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	6,41E-02	3,27E-01
3900	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	6,41E-02	3,23E-01
3960	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	6,41E-02	3,20E-01
4020	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	6,41E-02	3,17E-01
4080	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	6,41E-02	3,14E-01
4140	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	6,41E-02	3,11E-01
4200	343,149279	343,011674	343,002669	6,41E-02	3,08E-01
4260	343,149287	343,013304	343,004466	6,41E-02	3,05E-01
4320	343,149295	343,014898	343,006223	6,41E-02	3,02E-01
4380	343,149304	343,016457	343,007941	6,41E-02	2,99E-01
4440	343,149311	343,017982	343,009621	6,41E-02	2,96E-01
4500	343,149319	343,019474	343,011264	6,41E-02	2,93E-01
4560	343,149327	343,020934	343,012872	6,41E-02	2,91E-01
4620	343,149334	343,022364	343,014446	6,41E-02	2,88E-01
4680	343,149342	343,023763	343,015988	6,41E-02	2,85E-01
4740	343,149349	343,025135	343,017497	6,41E-02	2,83E-01
4800	343,149356	343,026478	343,018975	6,41E-02	2,80E-01
4860	343,149363	343,027795	343,020424	6,41E-02	2,77E-01
4920	343,149369	343,029086	343,021844	6,41E-02	2,75E-01
4980	343,149376	343,030352	343,023235	6,41E-02	2,72E-01
5040	343,149383	343,031593	343,0246	0,06407888	0,26964236
5100	343,149389	343,03281	343,025938	6,41E-02	2,67E-01
5160	343,149395	343,033999	343,027244	6,41E-02	2,65E-01
5220	343,149401	343,035166	343,028526	6,41E-02	2,62E-01
5280	343,149407	343,036312	343,029783	6,41E-02	2,60E-01
5340	343,149413	343,037437	343,031018	0,06407913	0,25748327
5400	343,149419	343,038541	343,03223	6,41E-02	2,55E-01
5460	343,149424	343,039626	343,03342	0,06407924	0,25281375
5520	343,14943	343,040692	343,034589	6,41E-02	2,51E-01
5580	343,149435	343,041739	343,035737	6,41E-02	2,48E-01
5640	343,149441	343,042768	343,036865	6,41E-02	2,46E-01
5700	343,149446	343,04378	343,037974	6,41E-02	2,44E-01
5760	343,149451	343,044775	343,039064	6,41E-02	2,42E-01
5820	343,149456	343,045753	343,040136	6,41E-02	2,39E-01
5880	343,149461	343,046715	343,041189	6,41E-02	2,37E-01
5940	343,149466	343,047661	343,042225	6,41E-02	2,35E-01
6000	343,149471	343,048592	343,043244	6,41E-02	2,33E-01
6060	343,149476	343,049508	343,044247	6,41E-02	2,31E-01
6120	343,149481	343,050409	343,045233	6,41E-02	2,29E-01
6180	343,149485	343,051297	343,046204	0,06407973	0,22688458
6240	343,14949	343,05217	343,047159	6,41E-02	2,25E-01
6300	343,149494	343,05303	343,048099	6,41E-02	2,23E-01
6360	343,149499	343,053877	343,049025	6,41E-02	2,21E-01
6420	343,149503	343,054711	343,049936	6,41E-02	2,19E-01
6480	343,149507	343,055532	343,050833	6,41E-02	2,17E-01
6540	343,149512	343,056342	343,051717	6,41E-02	2,15E-01
6600	343,149516	343,057139	343,052588	6,41E-02	2,13E-01
6660	343,14952	343,057925	343,053445	6,41E-02	2,11E-01
6720	343,149524	343,058694	343,054286	6,41E-02	2,10E-01
6780	343,149528	343,059451	343,055112	6,41E-02	2,08E-01
6840	343,149532	343,060198	343,055925	6,41E-02	2,06E-01
6900	343,149536	343,060933	343,056728	6,41E-02	2,04E-01
6960	343,149539	343,061659	343,057519	6,41E-02	2,02E-01
7020	343,149543	343,062375	343,058299	6,41E-02	2,01E-01
7080	343,149547	343,06308	343,059068	6,41E-02	1,99E-01
7140	343,14955	343,063777	343,059826	6,41E-02	1,97E-01
7200	343,149554	343,064464	343,060574	6,41E-02	1,95E-01

7260	343,149558	343,065142	343,061312	0,06408024	0,19367538
7320	343,149561	343,065811	343,06204	0,06408025	0,19200193
7380	343,149565	343,066471	343,062758	6,41E-02	1,90E-01
7440	343,149568	343,067122	343,063467	6,41E-02	1,89E-01
7500	343,149571	343,067766	343,064166	6,41E-02	1,87E-01
7560	343,149575	343,068401	343,064856	6,41E-02	1,85E-01
7620	343,149578	343,069028	343,065538	6,41E-02	1,84E-01
7680	343,149581	343,069647	343,06621	6,41E-02	1,82E-01
7740	343,149584	343,070258	343,066874	6,41E-02	1,81E-01
7800	343,149587	343,070862	343,06753	6,41E-02	1,79E-01
7860	343,149591	343,071459	343,068177	6,41E-02	1,78E-01
7920	343,149594	343,072048	343,068816	6,41E-02	1,76E-01
7980	343,149597	343,07263	343,069448	0,06408049	0,17463517
8040	343,1496	343,073206	343,070071	6,41E-02	1,73E-01
8100	343,149603	343,073774	343,070687	6,41E-02	1,72E-01
8160	343,149606	343,074336	343,071296	6,41E-02	1,70E-01
8220	343,149608	343,074891	343,071897	6,41E-02	1,69E-01
8280	343,149611	343,07544	343,072491	6,41E-02	1,67E-01
8340	343,149614	343,075982	343,073078	6,41E-02	1,66E-01
8400	343,149617	343,076518	343,073658	6,41E-02	1,65E-01

GRÁFICA I.12

TIEMPO	T. Superficial	T. Media
0	305,89817	304,669655
1	313,568075	309,740096
2	332,199001	330,19157
3	338,899164	338,165096
4	341,149977	340,847979
5	341,937093	341,780886
6	342,242938	342,139251
7	342,386239	342,304476
8	342,470072	342,399694
9	342,528622	342,465559
10	342,574074	342,51644

GRÁFICA I.13

TIEMPO	hm
0	6,03E-02
1	6,22E-02
2	6,25E-02
3	6,35E-02
4	6,39E-02
5	6,40E-02
6	6,40E-02
7	6,40E-02
8	6,40E-02
9	6,41E-02
10	6,41E-02

GRÁFICA I.11

TEMPERATURA DEL AIRE

POSICIÓN	0	1	2	3	4	5	6	7
0,00E+00	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
1,88E-02	3,43E+02	342,980302	343,092429	343,127709	343,139521	343,14365	343,145254	343,146005
3,18E-02	3,43E+02	342,811404	343,034901	343,105385	343,129017	343,137288	343,140502	343,142007

GRÁFICA I.14

TIEMPO	Porcentaje
0	1,00E+00
1	9,16E-01
2	7,84E-01
3	7,60E-01
4	7,39E-01
5	7,20E-01
6	7,02E-01
7	6,86E-01
8	6,72E-01
9	6,58E-01
10	6,45E-01
11	6,32E-01
12	6,21E-01
13	6,10E-01
14	5,99E-01
15	0,58926089
16	0,57966619
17	5,70E-01
18	5,62E-01
19	5,53E-01
20	0,5448531
21	5,37E-01
22	5,29E-01
23	5,22E-01
24	5,15E-01
25	5,08E-01
26	5,01E-01
27	4,94E-01
28	4,88E-01
29	4,81E-01
30	4,75E-01
31	4,69E-01
32	4,63E-01
33	4,58E-01

GRÁFICA I.15

TIEMPO
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

34	4,52E-01
35	4,47E-01
36	4,41E-01
37	4,36E-01
38	4,31E-01
39	4,26E-01
40	4,21E-01
41	4,16E-01
42	4,12E-01
43	4,07E-01
44	4,03E-01
45	3,98E-01
46	3,94E-01
47	3,90E-01
48	3,85E-01
49	3,81E-01
50	3,77E-01
51	3,73E-01
52	3,69E-01
53	3,65E-01
54	3,62E-01
55	3,58E-01
56	3,54E-01
57	3,51E-01
58	3,47E-01
59	3,43E-01
60	3,40E-01
61	3,37E-01
62	3,33E-01
63	3,30E-01
64	3,27E-01
65	3,23E-01
66	3,20E-01
67	3,17E-01
68	3,14E-01
69	3,11E-01
70	3,08E-01
71	3,05E-01
72	3,02E-01
73	2,99E-01
74	2,96E-01
75	2,93E-01
76	2,91E-01
77	2,88E-01
78	2,85E-01
79	2,83E-01
80	2,80E-01
81	2,77E-01
82	2,75E-01
83	2,72E-01
84	0,26964236
85	2,67E-01
86	2,65E-01
87	2,62E-01
88	2,60E-01
89	0,25748327
90	2,55E-01
91	0,25281375
92	2,51E-01
93	2,48E-01
94	2,46E-01
95	2,44E-01
96	2,42E-01

97	2,39E-01
98	2,37E-01
99	2,35E-01
100	2,33E-01
101	2,31E-01
102	2,29E-01
103	0,22688458
104	2,25E-01
105	2,23E-01
106	2,21E-01
107	2,19E-01
108	2,17E-01
109	2,15E-01
110	2,13E-01
111	2,11E-01
112	2,10E-01
113	2,08E-01
114	2,06E-01
115	2,04E-01
116	2,02E-01
117	2,01E-01
118	1,99E-01
119	1,97E-01
120	1,95E-01
121	0,19367538
122	0,19200193
123	1,90E-01
124	1,89E-01
125	1,87E-01
126	1,85E-01
127	1,84E-01
128	1,82E-01
129	1,81E-01
130	1,79E-01
131	1,78E-01
132	1,76E-01
133	0,17463517
134	1,73E-01
135	1,72E-01
136	1,70E-01
137	1,69E-01
138	1,67E-01
139	1,66E-01
140	1,65E-01

8	9	10
3,43E+02	3,43E+02	3,43E+02
343,146444	343,146751	343,146989
343,142887	343,143502	343,143978

5

T. Aire

- 342,919422
- 342,980302
- 343,092429
- 343,127709
- 343,139521
- 343,14365
- 343,145254
- 343,146005
- 343,146444
- 343,146751
- 343,146989

BIBLIOGRAFÍA

1. ASHRAE, Fundamentals, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers Inc., 1989
2. ASHRAE, Applications, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers Inc., 1967
3. TRAYBAL ROBERT, Operaciones con transferencia de masa, H.A.S.A. Editorial Hispano Americana S.A.
4. ALVARADO JUAN DE DIOS, Principios de ingeniería aplicados a alimentos. Radio Comunicaciones División de Artes Gráficas, 1996.
5. ROHSENOW WARREN AND CHOI HARRY, Heat, Mass and Momentum Transfer, Pretince Hall Inc.
6. INCROPERA FRANK AND DEWITT DAVID, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Cuarta Edición, 1996.

7. PERRY JOHN, Manual del Ingeniero Químico, MacGraw-Hill Book Company Inc., Tomo I, Tercera Edición, 1976.
8. DUGAN R.E. AND JONES J.B., Ingeniería termodinámica, Pretince Hall Hispanoamérica, 1997SONNTAG AND VAN WYLEN, Introduction to Thermodynamics, Tercera Edición, 1991
10. KENYON BROWN, Introducción a la Programación de Visual Basic
11. BURDEN AND FAIRES, Análisis Numérico, Grupo Editorial Iberoamérica, 1996
12. KEENAN, KEYES, HILL AND MOORE, Steam Tables, John Wiley and Sons Inc., 1969.
- 13. SOTOMAYOR GHUNTER, “Un Sistema Para la Deshidratación Continua de Banano Pelado y Rodajeado, Análisis Teórico, Modelo Físico y Matemático “(Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1996).**