



T
665.5385
B 726
C2.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



“Simulación numérica del proceso de transferencia de calor en un tanque mezclador calentador de aceite, y su optimización mediante variaciones en el coeficiente convectivo del aceite”

PROYECTO DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

PRESENTADO POR:

Benjamin Antonio Borbor Córdova

GUAYAQUIL

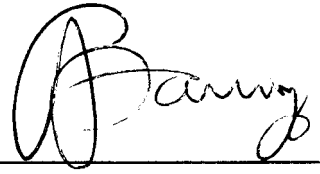
ECUADOR

1991



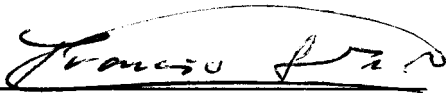
Ing. Jorge Duque

SUB-DECANO DE LA FACULTAD
DE INGENIERIA MECANICA



Dr. Alfredo **Barriga R.**

DIRECTOR
TOPICO DE GRADUACION



Ing. Francisco **Santelli**

MIEMBRO PRINCIPAL
DEL TRIBUNAL



Ing. Jorge Duque

MIEMBRO PRINCIPAL
DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

- A *MIS PADRES*

- A *MIS HERMANOS*

A G R A D E C I M I E N T O

Al Dr. Alfredo Barriga R., Director del Topico , por su valioso apoyo y supervisión al desarrollo de este trabajo.

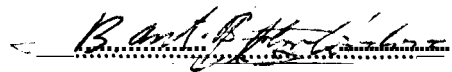
Al personal del Centro de Investigación Científica y Tecnológica (CICYT) , por su invaluable colaboración.

A la ESPOL por la educación brindada.

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este proyecto, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo , a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Topico de Graduación)



Antonio Borbor Córdova.



LIT.

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza solamente la etapa de calentamiento en un tanque calentador mezclador de aceite:

Este tanque consiste en un recipiente cilindrico con una capacidad de 1.5 m³ , el cual a su vez esta contenido en otro recipiente que forma la **chaqueta** por la cual circula vapor.

Este vapor calienta tanto hacia el tanque interior que contiene al aceite, como hacia el exterior del tanque exterior, que aunque **esta** aislado consume un porcentaje del calor suministrado por el vapor.

El aceite se encuentra inicialmente a la temperatura ambiente y luego del tiempo necesario alcanza la temperatura de trabajo o sea 120°C , en cuyo momento comienza la segunda etapa o de mezcla a temperatura constante.

La agitación del aceite tiene lugar por la acción de un impulsor que gira a **875 RPM**

Al tomar las temperaturas en el proceso de calentamiento se puede calcular los consumos de vapor y las pérdidas al medio, a través de la tapa, de las paredes de aislamiento y por medio del vapor que se pierde en el ambiente.

Por otro lado a partir de las ecuaciones empíricas para la transferencia de calor: por condensación del vapor, por convección natural al ambiente, por convección forzada dentro del tanque y por convección con radiación en la tapa del tanque, se obtienen los sistemas de ecuaciones que simulan



el proceso de calentamiento y mediante las operaciones iterativas, se calcula las curva de calentamiento, las curvas de variación en el tiempo del coeficiente global de transferencia , el consumo de vapor, la potencia instantánea necesaria en el agitador y el calor que se debe entregar al sistema.

Una vez que se haya calibrado el modelo con los datos reales, se procederá a hacer cambios en algunas de ins parametros tales como la velocidad del agitador, espesor de aislamiento. suministros de vapor y tiempos de calentamiento, de manera de que se obtenga los mínimos consumos de vapor y por tanto de combustible. en el menor tiempo posible ,manteniendo a un nivel aceptable el consumo de potencia por parte del impulsor.

INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

NOMENCLATURA

INTRODUCCION

CAPITULO I

FUNDAMENTOS GENERALES

- | | |
|---------------------|----|
| 1.1. Objetivos. | 17 |
| 1.2. Alcance. | 18 |
| 1.3. Justificacion. | 19 |



BIBLIOTECA

CAPITULO II

ANALISIS DEL SISTEMA TERMICO.

- | | |
|--|----|
| 2.1. Mecanismo de transferencia de calor y balance de energia. | 20 |
| 2.2. Cantidad de Calor entregado al aceite. | 22 |
| 2.3. Transferencia de calor por condensacion en la chaqueta hacia el interior. | 23 |
| 2.4. Transferencia de calor hacia el exterior de la camara de vapor. | 55 |
| 2.5. Análisis de la Etapa Transiente. | 60 |
| 2.6. Medición de las Temperaturas en el sistema de referencia. | 67 |

CAPITULO III

ESTRUCTURACION DEL PROGRAMA PRINCIPAL

- | | |
|---|----|
| 3.1. Desarrollo de la subrutina que simula el calentamiento de la pared exterior del recipiente enchaquetado. | 69 |
| 3.2. Desarrollo de la subrutina que simula el calentamiento | |

| | |
|--|----|
| desde el vapor hacia el interior del fluido. | 80 |
| 3.3. Desarrollo de la subrutina que simula las pérdidas por la parte superior hacia el ambiente. | 84 |
| 3.4. Organización de las subrutinas en el programa conjunto. | 86 |

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

| | |
|--|----|
| 4.1. Comparacion de las curvas de calentamiento del aceite. | 92 |
| 4.2. Comparación de curvas del coeficiente global de transferencia. | 93 |
| 4.3. Variaciones recomendables de parametros en el programa para optimizar el proceso. | 96 |

CAPITULO V

| | |
|--------------------------------|-----|
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 99 |
| BIBLIOGRAFIA | 101 |
| APENDICES | 102 |



BIBLIOTECA

NOMENCLATURA

| | |
|----------------|---|
| AF(1) | Area del fondo del tanque exterior en funcion del diametro. |
| AFCONVA | Area del fondo que presenta conveccion al aire. |
| ALCONVA | Area lateral que presenta convección al aire. |
| AL(I) | Area lateral dei tanque exterior como funcion del diametro |
| APT | Area total promedio de la pared exterior de transferencia. |
| ATCONVA | Area total que present a conveccion al aire. |
| ATI | Area total hacia el interior del tanque de aceite. |
| ATO | Area total en el tanque interior por la superficie que da al vapor. |
| ATOP | Area de la cubierta superior. |
| AT(I) | Area total del tanque exterior como función del diámetro. |
| A1 | Area inclinada del fondo,lado del aceite. |
| A21 | Area vertical interna tanque interior a lo largo de todo el tanque. |
| A211 | Area vertical externa tanque interiorde lado del vapor. |
| A2P | Area media vertical del tangué interior |
| BA | Coefficiente de expansión voiumetrica del aire . |
| BE1 | Numero de Biot equivalente para el primer módulo. |
| BIA | Numero de Biot sohre la cubierta. |
| BIC | Numero de Biot para la cavidad. |
| BIV | Numero de Biot para el aceite. |
| 82 | Numero de Biot para el aire sohre las paredes laterales. |
| C | Distancia fondo-agitador. |
| CK | Constante para conveccion natural al aire. |

| | |
|--------------|--|
| CPE1 | Calor específico equivalente para el primer módulo |
| CPF | Calor específico del aceite. |
| CPL | Calor específico del condensado a presión constante. |
| CPP | Calor específico de la pared compuesta para hallar el aumento de la energía interna. |
| CP3E | Calor específico equivalente para el módulo final. |
| DA | Densidad del aire. |
| DAH | Disminución de la altura de transferencia de calor debido a la acumulación de condensado en la cámara de condensación. |
| DE1 | Densidad equivalente del primer módulo. |
| DF | Densidad del aceite. |
| DL | Densidad del condensado. |
| DTA | Incremento de tiempo. |
| DTAS | Gradiente de temperatura superficie-aire. |
| DTCA | Gradiente de temperatura para la cavidad. |
| D1 | Densidad del material del tanque interior. |
| D2 | Densidad del aislante. |
| D3 | Densidad del material de recubrimiento. |
| D3E | Densidad equivalente módulo exterior. |
| E111) | Energía interna de la pared compuesta. |
| FOE1 | Fourier equivalente para pared compuesta hacia el interior. |
| FO2 | Fourier para el material aislante. |
| FO3E | Fourier para pared compuesta hacia el exterior. |
| Gr | Grashof para el aire. |
| H | Generatriz del cono de revolución del fondo del tanque. |
| HA | Coefficiente convectivo en el aire. |

- HCP** Coeficiente convectivo para la cavidad de aire superior.
- HCS** Coeficiente convectivo para la superficie externa **de** la cubierta.
- HD** Coeficiente convectivo para la capa de incrustaciones.
- HFG** Entalpia de condensación del agua.
- HF(J)** Coeficiente convectivo interior para el aceite.
- H(I)** Generatriz del cono invertido **que** forma el fondo (función de $TD(I)$)
- HV1(J)** Coeficiente de condensacion para el fondo inclinado hacia el tanque interior.
- HV2** Coeficiente de condensacion para el fondo inclinado hacia el tanque exterior
- HV2I(J)** Coeficiente de condensación ,pared vertical.
- KA** Conductividad del aire.
- KE1** Conductividad equivalente para el primer modulo,
- K3E** Conductividad equivalente **para** el ultimo modulo.
- KF** Conductividad del aceite.
- KL** Conductividad del condensado.
- K** Constante de tiempo en la ec, exponencial de calentamiento del aceite.
- KW(J)** Potencia instantánea consumida por el impulsor.
- K1** Conductividad del acero.
- K2** Conductividad del material aislante.
- K3** Conductividad del material de recubrimiento.
- LCA** Longitud de la cavidad de aire.
- LGT** Longitud vertical del tanque.
- MF** Masa del aceite,
- MP** Flujo de masa de vapor hacia el tanque interior ,



NET Numero de Iteraciones.

NUC Numero de Módulos.

QA Calor anadido al aceite.

QCTI(J) Calor consumido en calentar el tanque interior.

QCTS Sumatorio de calor QCTI(J)

QHA(J) Calor de convección al exterior por la pared lateral,

QHAS Sumatorio de QHA(J)

QP(J) Flujo de calor hacia el aceite.

Q(J) Calor entregado al aceite en cada iteración.

QT Sumatorio de Q(J).

QTOP(J) Flujo de calor por la cubierta superior.

QTO(J) Calor perdido por la cubierta en cada iteración.

QTOPT Sumatorio de QTO(J).

PI 3.1416

PRA Prandtl para el aire.

REY Numero de Reynolds para el condensado.

T Diámetro interior del tanque interior.

TAMB Temperatura ambiente.

TCONVA Diámetro en la superficie externa del tanque.

TF(J) Temperatura del aceite en cualquier instante.

TD(I) Diámetro variable de cada módulo de la pared compuesta.

TETA Angulo de inclinación del fondo del tanque.

TEI Temperatura inicial del aceite.

TFF Temperatura final del aceite.

T(I,J) Temperatura en un punto e instante de la pared compuesta.

TSAT Temperatura de saturación del vapor.

- TS1** Temperatura en la superficie del tanque interior lado del vapor.
- TS2** Temperatura en la superficie del tanque interior lado del aceite.
- TS3** Temperatura en la superficie de la cubierta hacia el interior.
- TS4** Temperatura en la superficie de la cubierta hacia el exterior.
- TT** Tiempo total de proceso.
- VA** Viscosidad del aire.
- VF** Viscosidad del aceite
- VFS** Viscosidad del aceite en la superficie el tanque.
- UTET(J)** Producto UA global entre el vapor y el aceite .
- UTOP(J)** Coeficiente global de transferencia para la parte superior del tanque.
- U1** Coeficiente global de transferencia para la pared lateral.
- WA** Ancho de aleta del impulsor.
- XCOEF** Producto $Gr \cdot Pr$
- XT** **Espesor** total de pared compuesta.
- XV** Calidad del vapor.
- X3** Espesor del módulo.
- X5** **Espesor** del material de recubrimiento.
- 2** Altura de aceite en el tanque .

INTRODUCCION

En la elaboración de aceite se utiliza un aditivo de fabricación local **que** consiste en una mezcla de un producto sólido o aditivo llamado **SHELVIS 40** con una masa de aceite lubricante normal de viscosidad SAE **30**, en un recipiente enchaquetado y que se somete a calentamiento por medio de una chaqueta de vapor que rodea al recipiente en el cual se encuentra el aceite.

A su vez en el aceite se encuentra un agitador mecánico el cual cumple **2** funciones:

- Aumentar la turbulencia en el fluido y por tanto mejora el coeficiente convectivo interior.
- Permitir una mayor mezcla del aceite con las partículas sólidas del aditivo **SHELVIS 40**.

El proceso de fabricación de este aditivo es el siguiente:

Se carga el aceite en el recipiente en una masa dada y que se encuentra a la temperatura ambiente.

Se hace circular el vapor por la chaqueta que se forma entre el recipiente que contiene el aceite y el segundo recipiente que contiene a su vez al primer recipiente, estando este segundo tanque totalmente aislado del medio por una capa de material refractario al calor con el objeto de evitar las pérdidas, pues el proceso de mezcla debe ser a temperatura constante e igual a **120 °C**.

Una vez alcanzada la temperatura de operación, lo cual ocurre después de **30 minutos**, se interrumpe la entrada de vapor y empieza la fase de

mezcla con adición de sólidos, la cual demora una **4 horas mas** .
mantiéndose en este lapso la temperatura constante en el aceite de
120°C, así como la agitación.

Finalmente esta la fase de mezcla solamente en la cual los sólidos ya se
dejan de añadir y continua la mezcla de todo el material siempre a
temperatura constante, durante las siguientes 8 horas que dura esta
etapa.

Una vez alcanzada la viscosidad de mezcla completa, la cual se va
tomando cada cierto tiempo, el aditivn así ohtenido es vaciado en otro
tanque para su enfriamiento y posterior uso, al anadir en los tanques de
preparación y mezcla de los aceites comerciales de acuerdo a las distintas
marcas y especificaciones segun lo solicitado por el cliente.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS GENERALES

1.1. OBJETIVO.

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental el incorporar en un programa de computador las variables que influyen en el proceso de calentamiento dentro de un tanque que contiene aceite, de modo que se pueda simular variaciones en las condiciones dentro del modelo así obtenido, con el fin de buscar las variables y parámetros óptimos que aseguren el mínimo costo de calentamiento, así como un costo razonable de los materiales y equipos que conforman el tanque calentador-mezclador.

Un punto importante es el analizar el proceso de transferencia de calor del vapor en su condición de entrada por condensación hacia la pared, tanto al interior del fluido como hacia el exterior de la capa de aislamiento y así tratar de eliminar el exceso de vapor que actualmente se entrega al aceite.

La solución que se podría tomar en consideración es la de aumentar la turbulencia dentro del fluido, para así aumentar el coeficiente convectivo dentro del fluido, no siendo necesaria la entrega excesiva de vapor.

Por otro lado, un aumento excesivo de la turbulencia del fluido requiere de aumentos bruscos de la potencia entregada a la helice, lo cual a su vez encarece la operación y costo de instalación del tanque mezclador.

1.2. ALCANCE.

Los puntos a analizar se refieren a los coeficientes convectivos:

- del vapor condensandose al interior de la chaqueta.
- del vapor condensandose al exterior de la chaqueta.
- del aire al exterior del aislamiento.

y de la conducción:

- a traves de la capa de aislamiento.

En cuanto al coeficiente convectivo en el interior del fluido, se tomara en cuenta las correlaciones presentadas por Chilton-Drew y Jebens, con un solo impulsor en el fluido , en la cual intervienen los siguientes parametros geometricos del tanque:

- diámetro del tanque.
- diametro de la helice.
- ancho de la helice.
- velocidad de giro de la helice.
- posición de la helice en el tanque.
- potencia del motor utilizado.

En cuanto a la potencia consumida por el impulsor se basa en la ecuacion dimensional desarrollada por White y colaboradores.

No se analizará el fluido en sí, ni los **metodos** numéricos basados en las ecuaciones tridimensionales de Navier-Stokes, pues su **complejidad supera** los objetivos de este trabajo

1.3. **JUSTIFICACION**

Al tener un **modelo matemático que se ha probado** con un sistema real y bajo ciertas condiciones, se puede simular sistemas con distintos parámetros siendo suficiente aplicar dicho modelo sin necesidad del **modelo físico** y al mismo tiempo **optimizar los materiales** utilizados tales como aislantes, posición y número de hélices, consumo de potencia, así como también la **energía entregada al sistema** en forma de vapor.

Así se tendrá una herramienta útil y versátil en el diseño de **calentadores** por medio de chaquetas de vapor para distintos valores de temperaturas, distintas propiedades físicas del fluido, tiempos de trabajo, propiedades geométricas y capacidades.

CAPITULO 2

ANALISIS DEL SISTEMA TERMICO

2.1. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y BALANCE DE ENERGIA.

La Fig. A.2.2 muestra los mecanismos de transferencia de calor al aceite . Este calor procede de una fuente : vapor ,el cual produce una chaqueta de vapor que rodea todo el tanyue excepto en su parte superior.

El vapor al usarse como medio de calentamiento, introduce algunas dificultades :

- El condensado oaliente es muy corrosivo y se debe cuidar que no se acumule en el interior del intercambiador donde causaria daños a las partes metálicas.

- Si la presión de vapor usada no es muy elevada, existe la posibilidad que el condensado adquiera dentro de la chaqueta una presión incluso mayor a la atmosferica, ocurriendo entonces que el condensado no saldrá del calentador , en vez de esto se irá acumulando hasta bloquear toda la superficie de transferencia.

Una vez llena toda la cavidad , la presión del vapor expulsará una parte o todo el condensado, restituyendose las superficies de

transferencia . La operacion se vuelve entonces ciclica y para vencer la dificultad se debe usar una trampa de vapor o succion.

El regimen de transferencia se lo regula con una valvula en la **descarga** a traves de una trampa de vapor, la cual tiene las siguientes **caracteristicas**:

- flujo másico permitido maximo: 200 Kg/Hr.
- presión de descarga al ambiente: 11.62 Kg/cm².

En la **chaqueta**, el calor se transmite por convección con cambio de fase H₂O en la pared vertical hacia el interior ; conduccion a **traves de la plancha** y finalmente en el lado del aceite , por **convección forzada** con agitación (Hf) cuyos valores son para la pared **lateral** y el fondo, pues existe solamente una correlación para **ambos casos**.

En la transmisión de calor hacia el exterior o las pérdidas ,se tiene lo siguiente:

- **Por la parte superior** del tanque hay una perdida de calor hacia la **tapa del recipiente** y de **alli** al ambiente por convección natural **sobre una superficie plana horizontal**.
- **Convección con cambio de fase**(Hv2o) hacia el exterior. luego por **conducción a traves de la plancha** que forma la pared exterior de la chaqueta.
- **Conducción a traves de la capa aislante**, cuyo espesor y material serán **variables a considerar**.
- **Conducción a través del recubrimiento de chapa de Aleación de Aluminio 2024** cuya finalidad es conformar y proteger el aislamiento.

- **Convección natural** al ambiente desde la chapa de recubrimiento sin considerar la radiación hacia las superficies circundantes a menor temperatura.

2.2. CANTIDAD DE CALOR ENTREGADO AL ACEITE.

En primer lugar se debe evaluar la cantidad de calor a entregar al aceite y por ende el calor transferido hacia el exterior y radiado y convectado tanto por las paredes como por el techo

Considerando como el calentamiento de una masa M de aceite, estando totalmente aislada del ambiente el calor necesario para un incremento determinado ΔT , viene dado por:

$$Q_a = M_f \cdot C_{pa} \cdot \Delta T \quad 2.1$$

- Q_a : calor transferido al aceite (Kjoules)
- M_f : masa del aceite procesado (1400 Kg)
- C_{pa} : Calor específico del aceite la temperatura media (72°C), entre la temperatura inicial y final del aceite, cuyo valor es 2.471 Kjoule/Kg °K.
- ΔT : Variación de la temperatura en el aceite. (°K)

Para obtener un valor más real del calor suministrado al aceite, se debe integrar la ecuación diferencial del calor, pues en este caso el valor del calor específico del aceite tendrá un valor variable:

$$Q_a = M_f \int_{T_1}^{T_2} C_p \, dT \quad 2.1.$$

- T_1 : Temperatura inicial del proceso (temp. ambiente)
- T_2 : Temperatura final de proceso (393 °K)

La ecuación para el calor específico del aceite, obtenido a partir de la regla de los mínimos cuadrados tomando como referencia los datos de la tabla A.2.1 es:

$$C_{pa} = 0.0043T + 0.6077 \quad 2.2$$

$$Q_a = M_f \int_{T_I}^{T_2} (0.0043T + 0.6077) dT$$

$$Q_a = M_f \cdot (0.0043 \cdot (T^2)/2 + 0.6077 \cdot T) \quad 2.3$$

393

$$Q_a = 1400 \cdot 198,86 \text{ Kjoule/Kg}$$

$$Q_a = 278,404 \text{ Kjoule.}$$

$$Q_a = 2.78 \cdot 10^8 \text{ Julios.}$$

298

Si el intervalo de tiempo de calentamiento también se considera variable (T_{cal}) se puede calcular el flujo de calor al interior; asumiendo un tiempo de calentamiento de 0.5 horas, se tendrá un flujo de calor equivalente a:

$$Q_a = Q_a / T_{cal} \quad 2.4$$

$$Q_a = 278,404 / 1800$$

$$Q_a = 154.66 \text{ Kjul/ seg}$$

Con el flujo de calor del aceite Q_a , se puede determinar la masa de vapor que se debe entregar.

2.3. TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDENSACION EN LA CHAQUETA HACIA EL INTERIOR

Evaluación del Número de Reynolds

Si el espesor de película se vuelve apreciable, cuando las tasas de condensación son grandes o cuando la superficie fría es grande, la suposición de flujo laminar ya no es válida.

Tomando como base a la referencia 4, para condensación de película para flujo turbulento, se determina en primer lugar el Número de Reynolds de la película:

$$Re = \frac{4 \cdot m}{VI \cdot b} \quad 2.5$$

$$b = \pi \cdot (T + 2 \cdot X_6) \quad 2.6$$

donde b : Perímetro mojado sobre la placa condensante.

VI : Viscosidad del condensado evaluado a la temperatura de película

el flujo másico está dado por:

$$m = \frac{Q}{X_v \cdot H_{fg} \cdot 10^3} \quad 2.7$$

X_v : Calidad del vapor en la entrada

Q : Flujo de calor (Jul/seg)

H_{fg} : Entalpía de condensación (Kjul/Kg) evaluados a la temperatura de saturación

Aplicando la ec. 2.5 y sabiendo que el flujo de calor es .

$$Q_a = 154.66 \text{ Kjul/seg}$$

$$X_v = 0.85$$

$$H_{fg} = 2.091 \text{ Kjul/Kg.}$$

$$m = \frac{154.66}{0.85 \cdot 2.091}$$

$$\mu = 0.08702 \text{ Kg/seg.}$$

evaluando valores en la ec. 2.5 se tiene:

$$Re = \frac{4 \cdot 0.08702}{0.0003096 \cdot \pi \cdot (1.2 \cdot 10^{-3} \cdot 0.004)}$$

$$Re = 296.25$$

Como el Reynolds es menor que 1800, el flujo es laminar y se usa las correlaciones presentadas en las ecuaciones 2.9 y 2.10.

Condensación de vapor hacia la pared que da al aceite:

a) Para el caso en que se tenga flujo laminar.

La condensación sobre una superficie vertical puede ser de 2 tipos: en lamina o en forma de gotas.

Si el fluido no tiene afinidad por la superficie de la placa, se desprende de las paredes dejando metal descubierto para que se formen nuevas gotas de condensado.

Condensación en Lamina

Si se forma una película a medida que el vapor se condensa cubriendo a la pared de la camisa. Debido a la resistencia de la película de condensado, al paso del calor a su través, los coeficientes de transferencia para la condensación por gotas son 4 a 8 veces mayor que por la condensación en película.

El vapor de agua es el único fluido que se condensa en forma de gota y se requiere de condiciones especiales, las cuales son descritas por Drew, Nagle y Smith, influyendo principalmente el polvo en la superficie o contaminantes que se adhieren a la misma.

También ocurre la condensación por gota cuando varios materiales se condensan en forma simultánea y donde la mezcla de condensación no es miscible, tal como la mezcla hidrocarburo-vapor de agua.

La presión de saturación del vapor en el cuerpo del vapor, es **mayor** que la presión de saturación del condensado frío en contacto con la pared fría, siendo esta diferencia de presión la que **provee** el **potencial** para mover el vapor del cuerpo de este a mayor **velocidad**.

Comparando la resistencia a la transferencia de calor por difusión del vapor al condensado, con la de la película de condensado en la pared fría, esta constituye la resistencia controlante.

A partir del análisis dimensional se puede obtener la ecuación para los **coeficientes** de condensación, los cuales son una función de las **propiedades** de la película de condensado: K_l, D_l, V_l, H_{fg} .

La **forma** en que se asume la condensación es del tipo laminar o por película; siendo útil el modelo de Nusselt de película.

Las **suposiciones** que se hacen al evaluar el **coeficiente** de **condensación** para flujo laminar son:

- El **calor** desprendido por el vapor es solo calor latente.
- El **drenaje** de la película de condensado es solo por flujo laminar, y el **calor** se transfiere a través de la película por conducción.
- El **grueso** de la película en cualquier punto es función de la **velocidad** media del flujo y de la **cantidad** de condensado que pasa **por ese punto**.

- La velocidad de las capas individuales de la película, es una función de la relación entre las fuerzas de corte friccional y el peso de la película,
- La cantidad de condensado es proporcional a la cantidad de calor transferido que a su vez está relacionado al espesor de película y a la diferencia de temperaturas entre el vapor y la superficie.
- La película de condensado es tan delgada que permite un gradiente lineal de temperatura.
- Las propiedades físicas del condensado se toman a la temperatura media de película.

$$T_{pel} = 1/2(T_{sat} + T_{s1}) \quad 2.8$$

T_{sat} : es la temperatura de saturación del vapor.

T_{s1} : es la temperatura de pared que da al vapor

- Se supone que la superficie está relativamente limpia y lisa.
- La temperatura en la superficie del sólido es constante.
- Se desprecia la curvatura de la película.

Efectos de la estabilidad en condensación de película laminar para un cilindro vertical.

Kapitsa, Tailby y Fortalski, indican que para un fluido que cae, la película de condensado es neutralmente estable a números de Reynolds muy bajos. Para números de Reynolds mayores se originan ondas de condensado con picos horizontales muy espaciados debido a que las fuerzas en el fluido son principalmente viscosas.

A No. de Reynolds moderadamente altos, se presenta un flujo contrario con generación de movimientos de reflujo. Este estado

inicial de reflujo y la introducción de los efectos debidos al **momentum local** representan un punto critico.

Trabajos **experimentales** de Stainthorp y Allen demostraron que la **interfase** vapor condensado es uniforme sobre la superficie de condensación por debajo del punto de distribución del vapor hasta **cierto** lugar, siendo **esta** distancia conocida como la de inserción de **onda**. A bajos numeros de Reynolds, esta distancia disminuye y **at** aumentar también se incrementa. De esta manera se puede **controlar** el inicio de la inestabilidad en la capa de condensación manteniendo baja la longitud de condensacion.

Coefficiente de Transferencia de calor:

En terminos de la resistencia de pelicula, los valores teóricos de **Nusselt** **son** válidos hasta que se produzcan ondas de modo que la **situación** de la estabilidad descrita seria que los coeficientes medios para longitudes cortas **de** condensacion se asemejarían **mas** **at** valor teórico para Reynolds mayores, que aquellos para largas longitudes de condensación.

A partir de datos **experimentales** de los coeficientes medias de transferencia de calor en general se puede concluir que para un Reynolds de condensado dado, mientras menor es la longitud de **inicio de onda** **mayor** es el coeficiente.

Condensación en presencia de Rases no condensables y su efecto sobre el coeficiente de transferencia de calor.

La introducción de pequeñas cantidades de Nitrogeno no tiene un efecto mensurable sobre el coeficiente ni en el patron de flujo de **pelicula** en los rangos de velocidad probados: La concentracion critica

de N2 debajo de la cual no hay efectos observables es de 0.03 % pnr mol Para concentraciones de N2 entre 0.03 y 0 18 % por mol , ins coeficientes se reducen en cierta medida.

La fig. A 2.4 muestra ta variación del coeficiente para varios % de N2 por mol de vapor-para el CCl2F2 (Dicloro diflourometano) De dicha figura se ve que el h es insensible para vaiores de Re mayores a 400 pero si hay una reducción gradual de una manera sistemática

La ecuación utilizada para el cálculo del coeficiente por condensación está dado tanto para la pared exterior como para la interior por:

$$h_v = \frac{0.943 \cdot ((D_i \cdot g \cdot K)^{1/3} \cdot 10^{-3} \cdot (D_i - D_v) \cdot (h_{fg} + (3/8) \cdot C_{pl} \cdot (T_{sat} - T_s))^{0.25}}{L \cdot V^{1/4} \cdot (T_{sat} - T_s)}$$

2.9

Si Pr es mayor que 0.5 y $C_{pl}(T_{sat} - T_s)/h_{fg}$ es menor que 1 Rohsenow sugiere remplazar $(h_{fg} + 3/8 \cdot C_{pl} \cdot (T_{sat} - T_s))$ por $: h_{fg} + 0.68 \cdot (T_{sat} - T_s)$ la cual tiene mayor concordancia con los datos experimentales.

Para el caso real, fa purga de condensado se encuentra a cierta distancia de la parte inferior, y en este caso no se toma en cuenta la pared inclinada del fondo. ya que dicha zona esta cubierta por el condensado(no hay transferencia de calor por condensacion.)

b) Cuando se tiene flujo Turbulento en el vapor:

Si es que el Re es mayor que 1800, entonces el flujo es turbulento y la ecuación que se debe aplicar es:

$$h_v = 0.0077 \cdot (g \cdot D_i \cdot (D_i - D_v) \cdot K)^{1/3} / V^{1/2} \cdot 0.33 \cdot Re^{-0.4}$$

2.10

Desarrollo del coeficiente de condensación hacia el aceite.

A partir de las propiedades de la tabla A.2.1 ,evaluadas a la temperatura de película, al primer instante se considera que el aceite está a la misma temperatura que la superficie interior del tanque entonces de acuerdo a la ec. 2.8:

$$T_{pei} = \frac{T_{s1} + T_{sat}}{2} \quad 2.8$$

$$T_{pel} = \frac{298 + 430}{2}$$

$$T_{pel} = 364 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

A esta temperatura y a partir de la tabla A.2.2 se obtienen los siguientes datos :

$$Pr = 1.93$$

$$C_{pl} = 4.2078 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{K}$$

$$H_{fg} = 2.091 \text{ KJ/Kg}$$

$$D_l = 0.964 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/m}^3$$

$$K_l = 676.4 \cdot 10^{-3} \text{ Wat/m}^{\circ}\text{K}$$

$$D_v = 3.021 \text{ Kg/m}^3$$

$$\nu_l = 309.6 \cdot 10^{-6} \text{ New}^{\circ}\text{seg/m}^2$$

Calculando el valor numérico de $C_{pl}(T_{sat}-T_{s1})/H_{fg}$ da:

$$\frac{4.2078 \cdot (430-298)}{21191} = 0.2656$$

Como el resultado es menor que la unidad se debe utilizar la expresión: $H_{fg} + 0.68 \cdot C_{pl} \cdot (T_{sat} - T_{s1})$

$$Hv2 = 0.943 * (((964.32 * 9.81 * (676.4 * 10^{-3}))^3 * (964.32 - 3.021) * (2,091 + 0.68 * 4.2078 * (430 - 364)) / 2 * 0.000309 * (430 - 364)))^{0.25}$$

$$Hv2 = 318.59 * 10^{-7.5}$$

$$Hv2 = 1,791.60 \text{ Jul/seg m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

El area sobre la cual actua el coeficiente de condensacion es:

$$A20 = \pi * X * (T + (2 * X6)) \quad 2.11$$

En donde el valor de X se obtiene a partir de la fig. 2.1:

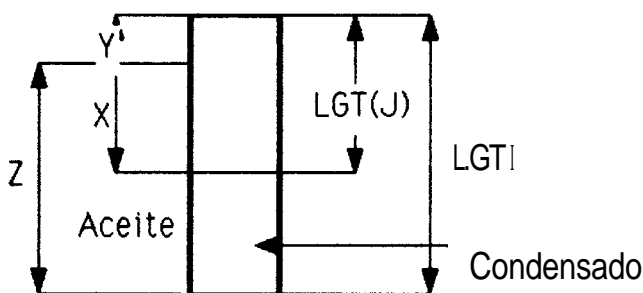


Fig.2.1: Acumulacion del condensado en la camara de la chaqueta.

$$x + y = LGT(J)$$

$$y = LGTI - 2$$

$$(LGTI - 2) + X = LGT(J)$$

$$X = LGT(J) + (2 - LGTI) \quad 2.12$$

Siendo X la longitud del tanque sobre la cual se transmite calor del vapor al aceite y del vapor al exterior.

COEFICIENTE CONVECTIVO PARA EL FACTOR DE INCRUSTACIONES

Sobre la superficie de la chaqueta que da al vapor, se forma una capa de partículas extranas tales como: moho, placas de corrosion,

sedimentos, etc, los cuales producen un aumento de la resistencia térmica, siendo este valor determinado en base a pruebas reales o a partir de la experiencia práctica.

A partir de los factores de incrustaciones compilados por la Tubular exchanger Manufactures Association, el valor del factor de incrustaciones para vapor de agua, sin aceite para rodamientos es.

$$R_d = 0.0005 \quad \text{Hr F pie}^2/\text{Btu}$$

$$H_d = 11.354 \text{ } 54 \text{ Jul/seg K m}^2 \quad 2.13$$

Este valor de conductancia se aplica sobre la pared exterior del tanque que contiene al aceite ec. 2.11. (A2o)

DETERMINACION DEL COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL ACEITE

Teoría de flujo dentro del aceite:

Importancia de las tasas de esfuerzo cortante en procesos de mezcla

El 80% de las aplicaciones de mezcla requieren principalmente como una característica de diseño, el volumen de bombeo del impulsor y el flujo másico proporcionado por el impeler, esto incluye las aplicaciones comunes de mezcla y suspensión de sólidos

El 20 % restante corresponde a aplicación principalmente del esfuerzo cortante: tales como la degradación de partículas en emulsiones, suspensiones, polimerizaciones y el efecto de los esfuerzos cortantes en procesos de dispersión de pigmentos y recubrimientos.

En el caso analizado, se tiene un flujo de tipo externo sobre la superficie concava que se produce en el interior del tanque y siguiendo paralelamente a dicha configuración.

Flujo en capa limite para una placa plana

La capa limite esta totalmente desarrollada, cuando se alcanza la velocidad de flujo libre ($V_{\infty} = V$), formándose esta capa entre $y = 0$ y $y = \delta$, en la cual el gradiente de velocidad es diferente de cero.

La interacción entre el fluido y la superficie es una función del gradiente de velocidad en la interfase sólido líquido:

$$\left. \frac{dv_x}{dy} \right|_{y=0}$$

Así se define el esfuerzo cortante:

$$\tau = \mu \left. \frac{dv_x}{dy} \right|_{y=0} \quad 2.14$$

donde: τ es el esfuerzo cortante en la pared. (N/m^2)

$\left. \frac{dv_x}{dy} \right|_{y=0}$ es el gradiente de velocidad en la pared. (1/seg)

Esta ecuación tiene una similar que rige la transmisión del calor por conducción:

$$\frac{q_x}{A} = -K \frac{dT}{dx} \quad 2.15$$

La cual se aplica para flujo laminar, ya que en este caso no hay intercambio de partículas entre las capas de fluido y la transferencia de calor solo ocurre por conducción simple.

Si la velocidad se incrementa, la turbulencia hace que las laminas del fluido se intercambien perpendicularmente a la dirección principal del flujo. En el flujo turbulento, este movimiento incrementa grandemente la tasa de transferencia de calor si el fluido y la superficie están a distinta temperatura.

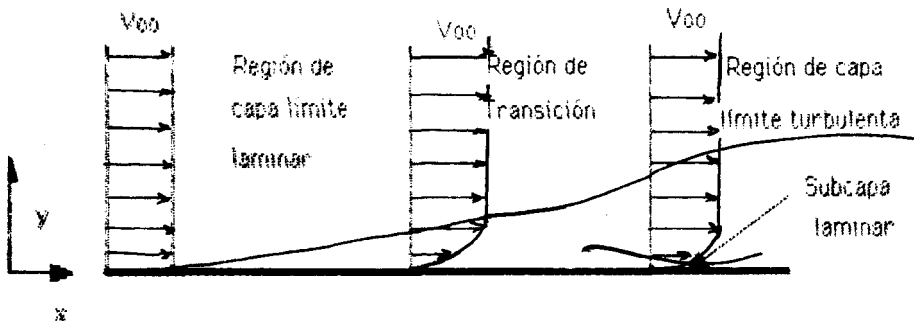


fig.2.2 consideraciones de flujo paralelo a una placa plana.

El flujo en capa límite es siempre laminar cerca de la zona de entrada o en la zona de inicio de movimiento del aceite, junto a la aleta interior. A lo largo de la superficie, el espesor de capa límite, se incrementa rápidamente y después se mantiene para un valor posterior de x . Esto se debe a un cambio en la naturaleza del fluido dentro del sistema de laminar a turbulento. En la vecindad de la superficie, el flujo se supone laminar y la ec. 2.15 se aplica, aun cuando el flujo dentro de la capa límite es turbulento, de modo que la transmisión del calor por conducción es una propiedad decisiva aun que el modo principal de la transmisión se designe por convección.

Al ocurrir la separación de la capa límite, se presenta el empuje de presión o de forma, el cual se debe a las diferentes presiones en la superficie de un cuerpo de forma irregular.

El empuje viscoso es el que se produce por la fricción dentro del fluido contra la superficie del cuerpo .

Generalmente, los efectos viscosos son despreciables al compararlos con los efectos del empuje de presión ,cuando ambos están presentes.

Los efectos indicados se expresan cuantitativamente mediante 2 coeficientes:

$$C_f = \frac{F_d}{A_{\text{contact}} \cdot v_{\infty} / 2} \quad 2.16$$

$$C_d = \frac{F_d}{A_{\text{proyect}} \cdot v_{\infty} / 2} \quad 2.17$$

C_f Coeficiente de empuje de fricción

F_d Fuerza de empuje.

A_{contact} Area entre la superficie y el fluido.

C_d Coeficiente de empuje de presión.

A_{proyect} Area proyectada del cuerpo, normal a la dirección del flujo.

Si se conoce el perfil de velocidad, se calcula el coeficiente de película analíticamente.

$$C_f = \frac{F_d}{A_{\text{contact}} \cdot v_{\infty} / 2} = \frac{1}{v_{\infty} / 2} \left. \frac{dv}{dy} \right|_{y=0} \quad 2.18$$

El coeficiente de arrastre, se basa más bien en evaluaciones empíricas y para el caso analizado se aplica en la fuerza que se produce en la aleta de desvío que existe en el interior del tangué.

Ecuaciones de capa límite hidrodinámica:

La ec. de Navier-Stokes que rige el flujo es:

$$\int D_t - \rho g - \nabla P + \mu \nabla^2 V \quad 2.19$$

Si se pasa un plano perpendicular al eje del tanque, se obtienen rodajas de fluido con sus respectivos esfuerzos de corte y al aplicar las ecuaciones de N-S en solo 2 dimensiones se tiene para el plano

$$\rho \left(\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} \right) = \rho g_x - \frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} \right)$$

$$\rho \left(\frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} \right) = \rho g_y - \frac{\partial P}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} \right) \quad 2.21$$

Aplicando simplificaciones dentro de la capa límite:

$$v_x \gg v_y \Rightarrow \frac{\partial v_{xx}}{\partial y} \gg \frac{\partial v_x}{\partial x} \quad 2.22$$

Así que la ec. 2.21, despreciando v_y y $\frac{dv_x}{dx}$:

$$0 = g_y - \frac{\partial P}{\partial y} \quad 2.23$$

Como $g_y = 0$, pues la gravedad actúa en dirección z :

$$\frac{\partial P}{\partial y} = 0 \quad 2.24$$

Este resultado revela que la presión está completamente determinada por el flujo libre.

Así mismo de la ec. 2.20:

$g_x = 0$, pues g actúa en dirección z .

$$\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} \text{ por } \frac{\partial v_x}{\partial x} \ll \frac{\partial v_x}{\partial y} \quad 2.25$$

A partir de la aplicación de la ec. de Bernoulli:

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{v_{\infty}}{2} \right)^2 = v_{\infty} \left(\frac{\partial v_{\infty}}{\partial x} \right) \quad 2.26$$

quedando la ec. de capa limite:

$$\rho \left(\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} \right) = - \rho v_{\infty} \frac{\partial v_{\infty}}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} \quad 2.27$$

junto a m la ec. de continuidad, bidimensional, flujo incompresible:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0 \quad 2.28$$

Solución de Blasius:

Esta solución se aplica a capa límite laminar, flujo incompresible sobre una placa plana. Las condiciones de frontera se calcula:

$$\frac{\partial v_{\infty}}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial v_x}{\partial t} = 0 \quad \text{por flujo estacionario}$$

$$v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} = \nu \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2}$$

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0$$

$$v_x = v_y = 0 \quad \text{en } y = 0$$

$$v_x = v_{\infty} \quad \text{en } y = \infty$$

$$v_x = v_{\infty} \quad \text{en } y = 0$$

Se obtiene el gradiente de velocidad:

$$\left. \frac{\partial v}{\partial y} \right|_{y=0} = 0.332 * v_{\infty} * (v_{\infty} / \nu x)^{0.5} \quad 2.29$$

Que al remplazar en la ec. del coeficiente de empuje de fricción da:

$$C_{f_x} = 0.664 * Re_x^{-0.5} \quad 2.30$$

El coeficiente medio de fricción se calcula:

$$C_{f_L} = 1.328 * Re_L^{-0.5} \quad 2.31$$

Consideraciones de flujo turbulento:

Lo tratado anteriormente se aplica a flujo laminar, pero aquí se considerará algunas ideas básicas al modelar analíticamente los flujos turbulentos: el flujo y las variables del flujo varían con el tiempo, así por ejemplo la velocidad v_x :

La velocidad promedio para un intervalo de tiempo entre t_1 y t_2 está dada por:

$$\overline{v_x(x,y,z)} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} v_x(x,y,z,t) dt \quad 2.32$$

la velocidad está completamente definida por :

$$\begin{aligned} v_x &= \overline{v_x(x,y,z)} + v_x'(x,y,z,t) dt \\ v_x' &= \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} v_x' dt = 0 \end{aligned} \quad 2.33$$

ya que para el periodo de tiempo considerado, los valores instantáneos de velocidad se igualan en magnitud, pero en dirección contraria, de modo que se anulan.

Al considerar la energía cinética del fluido se tiene:

$$KE = 1/2 \cdot \rho \cdot (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)$$

$$KE = 1/2 \cdot \rho \cdot ((v_x + v_x')^2 + (v_y + v_y')^2 + (v_z + v_z')^2)$$

$$\text{como } v_x' = v_y' = v_z' = 0$$

$$KE = 1/2 \cdot \rho \cdot (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2 + v_x'^2 + v_y'^2 + v_z'^2) \quad 2.34$$

Se observa que la energía cinética para flujo turbulento es mayor que la energía cinética para flujo laminar por la cantidad:

$$v_x'^2 + v_y'^2 + v_z'^2$$

Este término define la intensidad de turbulencia del flujo:

$$I = \frac{(\overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2})^{1.5}}{3 \cdot v \text{ promedio}} \quad 2.35$$

donde v_{promedio} es la velocidad media del flujo.

Considerando el efecto de las fluctuaciones de las propiedades del fluido sobre el esfuerzo cortante, y aplicando la ec. integral de momentum:

$$\begin{aligned} \sum F &= \frac{\partial}{\partial t} \int_{CV} \rho \mathbf{v} \, dV + \int_{CS} \rho \mathbf{v} \cdot \mathbf{n} \, dA \\ F &= \int_{TOP} \rho \overline{v_x} \, v_y \, dA \end{aligned} \quad 2.36$$

El término $\overline{v_x} \, v_y$ se puede pensar como el esfuerzo debido a los efectos de la turbulencia, escribiendo la ecuación para el esfuerzo cortante total como la contribución turbulenta y laminar:

$$\tau_{yx} = \rho \frac{d\overline{v_x}}{dy} + \overline{v_x' v_y'} \quad 2.37$$

Por analogía con la relación para flujo laminar, el esfuerzo de corte para flujo turbulento se puede escribir como :

$$\tau_{ym}^{\text{turb.}} = \rho \overline{v_x' v_y'} = A_t \rho \frac{d\overline{v_x}}{dy} \quad 2.38$$

A_t : viscosidad turbulenta o de eddy.

Si se define una difusibilidad de momentum de eddy ϵ_m en:

$$\tau_{ym}^{\text{turb.}} = \rho \epsilon_m \rho \frac{d\overline{v_x}}{dy} \quad 2.39$$

Existen 2 ecuaciones adicionales que ayudan a explicar el efecto del flujo turbulento:

la ec. para la velocidad del flujo turbulento:

$$\frac{\overline{v_x}}{v_{x \text{ máx}}} = (y/R)^{1/7} \quad 2.40$$

La otra es la ec. para el esfuerzo de corte en flujo turbulento:

$$\frac{\tau_w}{\rho} = \frac{0.0225 v_x \text{ máx}^2}{(v_x \text{ máx} R / \nu)^{0.25}} \quad 2.41$$

Esta ec. es válida para un ducto de radio R ; para el flujo sobre una superficie plana se cambia R por el espesor de capa límite. La utilidad de esta ecuación radica en su uso en la expresión integral de momentum,

Consideraciones combinadas de flujo y Energía:

Para un fluido junto a una pared con distinta temperatura. gran parte de la transferencia de calor depende del coeficiente convectivo y este a su vez depende del mecanismo de flujo del fluido, de las propiedades del fluido y la geometría del flujo.

En cualquier caso. siempre hay una capa de fluido a veces muy delgada, en la cual el flujo es laminar. en esta zona existe un intercambio molecular de momentum, así como de energía, siendo la transmisión de calor por conducción o movimiento molecular a través de la película . Toda la teoría referida anteriormente, se aplica a la capa límite que se basa en la viscosidad del fluido como mandante en la transferencia de calor de una superficie.

Análisis Integral de la capa Límite Térmica:

Este análisis es semejante al presentado para el caso hidrodinámico.

La ec. para la energía en forma integral es:

$$-\frac{k}{\rho c_p} \left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=0} = \frac{d}{dx} \int_0^{\delta} \nu_x (T_\infty - T) dy \quad 2.42$$

La solución de esta ecuación requiere asumir una función $\nu_x(y)$ y $T(y)$ que se reemplaza en los términos de la integral y después toda la expresión se resuelve para las cantidades deseadas .

Las condiciones de frontera que debe satisfacerse para un perfil asumido de temperatura son:

$$T - T_s = 0 \quad \text{en } y = 0$$

$$T - T_s = T_{oo} - T_s \quad \text{en } y = t$$

$$(T - T_s)' = 0 \quad \text{en } y = t$$

$$\underline{(T - T_s)} = 0 \quad \text{en } y = 0$$



E

Asumiendo un perfil de parábola cúbica para el perfil de velocidad:

$$T - T_s \begin{cases} 4 + By + Cy^2 + Dy^3 & 0 < y < t \\ T - T_s & \delta < t < y \end{cases}$$

Aplicando las condiciones de frontera y junto con la ec. de la velocidad en la ec. integral 2.42, asumiendo $\delta = \delta_t$, nos da:

$$Nu_x = 0.36 * (Re_x^{.5}) * (Pr^{.333}) \quad 2.43$$

Transferencia de Energía en Flujo Turbulento

La tasa de transferencia de calor en dirección perpendicular al sentido del flujo se puede escribir como :

$$\frac{qy}{A} \Big|_{\text{turb}} = - \int Cp \bar{v} y' l \frac{dT}{dy} \quad 2.44$$

El término $\bar{v} y' l$ semeja a la difusibilidad termica para el flujo turbulento, por esto se define a la difusibilidad de eddy para el calor:

$$eh = \bar{v} l \quad 2.45$$

Y se escribe la expresion para el flujo de energia:

$$\frac{qy}{A} \Big|_{\text{turb}} = - Cp \frac{eh dT}{dy} \quad 2.46$$

Considerando el efecto laminar y turbulento, el flujo total de calor será:

$$\frac{qy}{A} = - C_p (\kappa + eh) \frac{dT}{dy} \quad 2.47$$

Se define un No. de Prandt para flujo turbulento como la relación de las difusibilidades de eddy:

$$Pr_t = \frac{em}{eh} \quad 2.48$$

Analogías en Transferencia de Energía y Momentum

Analogía de Reynolds:

En un flujo totalmente turbulento, es aceptable asumir un valor de $Pr_t = 1$, ya que tanto em como eh se definen en términos de la longitud de mezcla y por eso su cociente tiende a la unidad

Jenkins calculó la relación eh/em para varios valores de Pr e intensidades de turbulencia, su resultado indica que dicho cociente tiende a 1 para grandes valores de em/δ para todos los valores de Pr .

En un flujo totalmente turbulento, es razonable asumir un valor de $Pr_t = 1$. Así mismo para un flujo con $Pr = 1$, en régimen laminar, los gradientes adimensionales de velocidad y temperatura se relacionan de acuerdo a:

$$\left. \frac{d v_x}{d y} \right|_{y=0} = \left. \frac{d (T - T_0)}{d y} \right|_{y=0}$$

Si $Pr = 1$, $K = C_p \tau$ e introduciendo en la ec. anterior:

$$\tau C_p \left. \frac{d v_x}{d y} \right|_{y=0} = K \left. \frac{d (T - T_0)}{d y} \right|_{y=0}$$

Por definición la transferencia de calor se relaciona con el gradiente

$$\frac{q_y}{A} = h(T_o - T_{oo}) = -K \frac{d(T - T_o)}{dy} \Big|_{y=0}$$

$$h = C_p \frac{v_{oo}}{2} \frac{dv_x}{dy} \Big|_{y=0}$$

$$C_f = \frac{\frac{dv_x}{dy} \Big|_{y=0}}{\frac{v_{oo}^2}{2}}$$

$$h = C_f \cdot \frac{(v_{oo}^2)^{1/2} \cdot C_p \cdot \rho}{2}$$

Presentándola en forma adimensional:

$$\frac{h}{\rho \cdot C_p \cdot v_{oo}} = \frac{C_f}{2} = St \quad 2.49$$

Las condiciones necesarias para que se cumpla la analogía de Reynolds:

- Pr = 1
- Las fuerzas de fricción son de naturaleza totalmente viscosas y no se producen fuerzas de arrastre por ejemplo el flujo en un ducto a flujo externo donde no exista separación de capa límite.

Analogía de Prandtl:

Esta analogía permite calcular el coeficiente convectivo para fluidos con Pr > 1, en base a consideraciones de las 2 capas de flujo: el laminar, donde no cuenta el efecto de las turbulencias y el turbulento, donde los efectos moleculares son despreciables. El

punto de coincidencia de los dos flujos ocurre cuando $y = \delta$. La ec. final para el numero de Stanton es:

$$St = \frac{Cf/2}{1 + 5*(Cf/2) + .5*(Pr - 1)} \quad 2.50$$

Es aplicable a la transferencia de calor, siempre que :

- no exista separación de capa limite.
- $.5 \leq Pr \leq 30$

Analogía de Von-Karman:

Un modelo más realista incluye consideración de la subcapa laminar, la capa de transición y la zona turbulenta cuyo resultado es:

$$St = \frac{Cf/2}{1 + 5*(Cf/2) + .5*(Pr - 1 + \ln(1 + 1/6*(5*Pr - 5)))} \quad 2.51$$

Con las mismas restricciones que la analogía de Prandtl.

Analogía de Colburn:

Se basa en la solución analítica de capa limite laminar para una placa plana, cuyo resultado es:

$$Nux = 0.332 * Rex^{.5} Pr^{.33}$$

$$Cfx = 0.664 * Rex^{-.5}$$

Combinando ambas ecuaciones, se tiene:

$$St * Pr^{.666} = \frac{Cf}{2} \quad 2.52$$

Esta expresión es exacta para la capa limite externa laminar y es muy efectiva para un amplio rango de casos de transferencia de calor por convección que incluye varios flujos y geometrías. Sus condiciones de aplicación son:

- no hay separación de capa limite.
- $.5 \leq Pr \leq 50$

Esta ec. de Colburn es la más recomendable por su sencillez y su amplio rango de aplicación del Pr.

DETERMINACION DEL COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL ACEITE

Para encontrar los valores del coeficiente convectivo en el interior del tanque se basará en el análisis solo de ecuaciones empíricas y investigadores recopiladas en la referencia 6 de la bibliografía.

El coeficiente está influenciado por muchas variables las cuales se pueden agrupar en 3 categorías; tomando como referencia la fig A.2 1 para estas variables:

- PROPIEDADES GEOMETRICAS

- diámetro del tanque. (T)
- Altura del tanque. (LGT)
- Geometría del fondo.
- Número de Baffles de desvío. (Nb)

- CARACTERISTICAS DEL IMPEL.EK

- Tipo de impeler: puede ser de turbina o de flujo axial.
- Diámetro del impeler. (D)
- Número de paletas del impeler (Np)
- Geometría de las paletas (alto, ancho y posición relativa)
- Angulo de ataque.
- Velocidad de rotación (N)
- Relación C/Z

- POR LAS PROPIEDADES DEL FLUIDO.

- La viscosidad, la conductividad y el calor específico como una función de la temperatura.

COEFICIENTE CONVECTIVO PARA EL ACEITE

Se considerará que el coeficiente convectivo es el mismo para todas las superficies del tanque:

$$H_f = (K_f \cdot 0.85 / T)^{0.33} \cdot (D^2 \cdot N \cdot D_f / V_f)^{0.66} \cdot (C_{pf} \cdot V_f / K_f)^{0.33} \cdot (V_f / V_s)^{0.14} \cdot (Z / T)^{-0.56} \cdot (D / T)^{0.13} \quad 2.53$$

D : Diámetro del impulsor (m)

N : Velocidad de giro del impulsor (rpm)

Z : Altura del líquido en el tanque (m)

T : Diámetro del tanque (m)

D_f, K_f, C_{pf} , son propiedades del aceite, evaluadas a la temperatura promedio del fluido, o sea a $T_f(j)$.

La superficie sobre la cual actúa este coeficiente convectivo se la calcula como:

$$A_{ti} = A_{2i} \quad 2.54$$

$$A_{2i} = \pi \cdot X \cdot T \quad 2.55$$

el valor de X se lo define en la ec. 2.12

La potencia está influenciada por:

- Las propiedades físicas del fluido.
- El tamaño del tanque y su geometría.
- Localización del impeler con respecto a otro impeler u obstrucciones en el vaso.
- La presencia o ausencia de aletas, su diseño y localización.

Efecto de la velocidad del impeler y diámetro sobre la potencia del motor.

El Número de Potencia N_p está dado por la ecuación:

$$N_p = \frac{2.158 \cdot 10^{-17} \cdot P}{N^3 \cdot d^5 \cdot D_f} \quad 2.53'$$

La ecuación para el número de Reynolds para el interior del fluido viene dado por:

$$Re = \frac{1.667 \cdot 10^{(-5)} \cdot N \cdot d^2 \cdot D_f}{f \cdot V_f} \quad 2.53''$$

donde: P es la potencia del motor. (vatios)

N es la velocidad de rotación. (875 rpm)

Df es la densidad específica del aceite.

d es el diámetro del impeler.

Vf es la viscosidad absoluta (Pa-seg)

Para la condición inicial el aceite está a la temperatura ambiente o sea 298 °K se tiene:

$$N = 875 \text{ Rpm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$V_f = 0.2 \text{ Pa-seg}$$

$$D_f = 0.853$$

que al reemplazar en la ec. 2.57 se tiene

$$N^{\circ} Re = 1,797.87$$

Para el número de potencia correspondiente se tiene:

$$P = 3,840 \text{ wats}$$

al reemplazar en la ecuación del N^o. de Potencia da :

$$N^{\circ} P = 5.28$$

Que a partir de la fig. A.2.5, se determina que el flujo es turbulento

El efecto que producen las aletas es :

- Permitir el uso eficiente de la potencia aplicada.
- Formar un patrón de flujo necesario para el proceso de **mezcla**.
- Dirigir el flujo que sale del impeler, produciendo las corrientes **verticales necesarias**.

- Cambiar el patron rotatorio (estatico) dei fluido a un patron de mezcla.
- Producir cargas radiales **mas** uniformes.

Diseño de las aletas:

- **numero máximo: 4** .
- **ancho de aleta** : $(1/12)*T$
- **localizacion:** a lo largo del tanque y a 90 ° entre ellas.
- Para valores de la viscosidad mayores a 100 centipoises, se debe **reducir el tamaño de los baffles** (ancho de aleta),excepto al usar altos niveles de potencia o si se desea mas turbulencia.

De la fig. A.2.6 se determina el ancho de aleta recomendado de acuerda a la viscosidad del baño : para el caso del aceite considerado:

$$Bf = T * 1/12 = 1.2 * 1/12 = 1 \text{ m}$$

Tipo de Impeler

El tipo usado es A-1 , cuyas características son:

propela de 3 aspas de paso constante

Potencias de 0.15 a 3 Hp.

Tamaño de 69 hasta 324 mm de diametro.

El paso es de 1.5 ,esto significa yue si un impulsor se opera en un medio teórico(sin deslizamiento? o eficiencia del 100 % ,se generaria un caudal 1.5 veces mayor que aquel producido en un ducto con un diametro igual al diametro del impulsor.La hélice se opera para producir flujo hacia el fondo del tanque .

Existe otro tipo de hélice con paso unitario ['squarePitch) en el cual el diametro y/o la velocidad de rotacion se pueden ajustar para

producir la misma necesidad de potencia que una hélice con paso=1.5 , pero de capacidad de bombeo menor.

El tipo de hélice considerado es el mas adecuado para homogenizar la mezcla ya que provee un empuje uniforme al fluido a lo largo de toda el aspa y la dirección de descarga es la misma que la de la succión.

Impeler tipo A-2

Es un impulsor de 4 aspas a 45° , con una relación de ancho de aspa a diametro del aspa (W/D) de 1/5 en el caso de tanques pequeños pero para mezcladores grandes $W/D = 1$.

El numero de potencia para F. turbulento es 127. su uso es de amplio rango: desde mezcladores de 1 Hp hasta de 500 Hp y con diámetros de aspas desde 18" hasta de 120" ;(457 a 3,048 mm).

Efecto de la Localización del Impulsor

-C: La geometría del fondo, va sea plana, cónica, de poca profundidad o semiesférica estandarizada, se tratan igual .

- CV: cobertura.

- S : Distancia entre las aspas.

- Z: Distancia desde la superficie del líquido hasta el centro del impulsor

Todas estas características influyen en el consumo de potencia ,debido a esto se puede tabular en condiciones uniformes de trabajo para comparar los niveles de potencia utilizados.

El tipo A-2 muestra menos cambios en la demanda de potencia al cambiar la localización del mismo, al compararla con otros tipos de impulsor, pero en cualquier caso se produce un aumento de la

potencia requerida a medida que se acerca el impulsor al fondo, esto es debido a un incremento de la resistencia en el flujo.

Motor y carga del impulsor

En la práctica, los motores de mezclador, se cargan al 90 % de la potencia de placa, disminuyendo aun un 5 % de la potencia debido a reducción de velocidad; otro 5 % por la exactitud de selección del impeler; por todo esto, la carga sobre el impeler se redondea al 80 % de la potencia del motor

Si las pérdidas por transmisión se esperan mayores del 5 %, deben medirse accionando el motor en un tanque vacío.

El valor exacto de la velocidad de giro influye en la selección del diámetro del impeler

$$\frac{\text{Velocidad del impeler}}{\text{Velocidad del motor}} = \frac{\text{relación de reducción}}{\text{relación de reducción}} \quad 2.56$$

Cálculo de la potencia reauerida por el impulsor

La ecuación utilizada para el cálculo de la potencia es:

$$Kw(j) = 1.929 \cdot 10^{(-8)} \cdot T^{1.1} \cdot D^2 \cdot 72 \cdot N \cdot 2.86 \cdot Wa^{0.3} \cdot Z^{0.6} \cdot Vf^{0.14} \cdot Df^{0.26} \quad 2.57$$

T, D, Wa, Z : están dados en m.

N : en rpm

Vf : en Kg/m seg

Df : en Kg/m³

Estando Vf y Df, evaluadas a la temperatura Tf(j).

Esta ec. es válida para agitadores localizados centralmente con

$$D > T \cdot 3$$



DESARROLLO DEL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA HACIA EL ACEITE .

Para la obtención de las curvas de calentamiento en el aceite se procederá a simplificaciones del sistema tales como :

- se considera que la transferencia de calor se produce por etapas o estados de "transferencia en estado estacionario" durante periodos de tiempo, en los cuales se obtiene un perfil de temperaturas dado, procediéndose en ese estado a aplicar la Ley de Fourier de transferencia de calor en estado estacionario.

A partir de la fig. 2.3 se observa las caídas de temperaturas en cada película fluida que se forma:

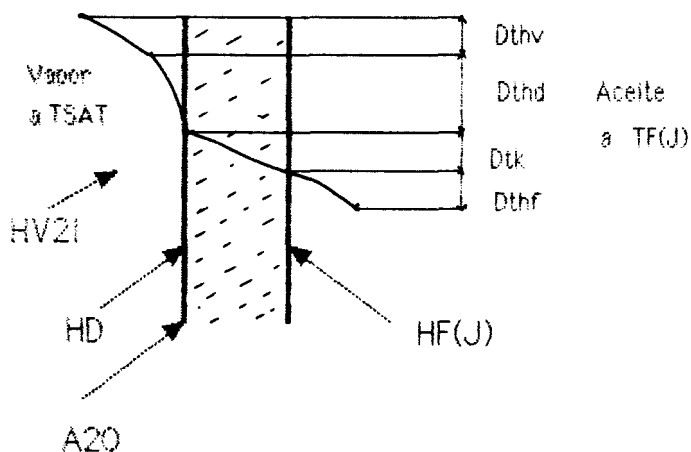


fig.2.3. Caída de temperatura del vapor al aceite.

$$(T_{sat} - T_f) = D_{thv} + D_{thd} + D_{tk} + D_{thf} \quad 2.58$$

y el calor transferido a través de la pared vertical será:

$$Q = U_2 \cdot A \cdot (T_{sat} - T_f) \quad 2.59$$

mientras que para cada zona pelicular se tiene:

$$Q_1 = h_v \cdot A_{20} \cdot D_{thv} \quad 2.60$$

$$Q_2 = h_d \cdot A_{20} \cdot D_{thd} \quad 2.61$$

$$Q3 = \frac{K1 * Ap * Dtk}{X1} \quad 2.62$$

$$Q4 = hf * A2i * Dthf \quad 2.63$$

$$Q1 = Q2 = Q3 = Q4 = Q \quad 2.64$$

Agrupando las ecuaciones anteriores se determina el coeficiente global de transferencia para la pared lateral del tanque:

$$\frac{1}{UTET(J)} = \frac{1}{hV2I * A20} + \frac{1}{hd * A20} + \frac{1}{\frac{K1 * Ap}{X1}} + \frac{1}{hf * A2i}$$

$$UTET(J) = \frac{1}{\frac{1}{hV2I * A20} + \frac{1}{hd * A20} + \frac{1}{\frac{K1 * Ap}{X1}} + \frac{1}{hf * A2i}} \quad 2.65$$

Se debe considerar que las áreas de transferencia son una función de la cantidad de condensado acumulado en la cavidad y esta sería otra variable a considerar.:

- Si el condensado se evacua cuando llega al 80 ,60 , y al **25 %** de la longitud inicial de condensación

La forma como se evalúa esta área de transferencia es, a partir de un balance de energía para la cámara de vapor.

$$QPEV = Q(J) + QPEI$$

donde QPEI es el calor transmitido a través de la pared de aislamiento, y está dado por:

$$QPEI = KE1 * A20 * (T(0,J) - T(1,J)) \quad 2.66$$

y Q(J) es el calor cedido al aceite y se calcula según lo muestra la ec. 2.69

Este flujo de calor produce un flujo de condensado:

$$MPEX = (QP(J) + QPEI) / (XV * HFG * 10^{-3})$$

y el incremento del volumen del condensado en cada iteración estará dado por:

$$DAV = (MPEX * DTA) / DL$$

lo cual origina un aumento en el nivel de líquido dentro de la cámara de condensación:

$$DAH = (4 * DAV) / PI * ((T_1 - (2 * X4))^{1/2} - T_2) \quad 2.67$$

y el calor total transmitido al aceite por el vapor, a través de la pared del intercambiador sencillo (de una superficie plana vertical) es:

$$QTI = UTET(J) * (TSAT - TF(J)) \quad 2.68$$

$$Q(J) = QTI * DTA \quad 2.69$$

El cambio de temperatura al siguiente nivel luego del intervalo de tiempo se logra gracias a la temperatura del estado transiente que se vera en un acapite posterior.

Determinación de las temperaturas en las superficies

Para poder determinar los coeficientes convectivos en forma individual es necesario conocer las temperaturas del sólido en su superficie. Tanto del lado del aceite T_{s2} como del lado del condensado T_{s1} . Se hará algunas asunciones en la obtención de la ecuación:

- Se considera como que existe un solo coeficiente de transferencia de calor para el condensado, tanto para la pared vertical como para el fondo inclinado y por tanto una sola temperatura en la superficie del lado que da al vapor



- Igualmente se considera que el coeficiente convectivo del lado del aceite es uniforme a lo largo de todas las superficies interiores

- El flujo de calor que cruza las fronteras en la primera iteración se lo considera como:

$$Q_{ap} = \frac{Q_a}{(TT + 1) - (J * DTA)} \quad 2.70$$

$$Q_a = M \int_{Tf(j)}^{Tff} c_p * dt \quad 2.71$$

Tff es la temperatura final del fluido

$Tf(j)$ es la temperatura del fluido en cualquier instante.

TT es tiempo total de calentamiento asumido.

I contador.

DTA incremento de tiempo.

Pero a partir de la segunda iteración la ec que determina el flujo de calor a través de la pared hacia el aceite está dado por

$$Q_{AP} = UTET(J) * (TSAT - TF\#(J)) \quad 2.72$$

En base a las consideraciones hechas, el calculo de las temperaturas en las superficies:

$$q_1 = h_v * A_{to} * (T_{sat} - T_{s1}) \quad 2.73$$

$$q_2 = \frac{K_1 * A_{tp} * (T_{s1} - T_{s2})}{X_6} \quad 2.74$$

$$Q_{AP} = h_f * A_{ti} * (T_{s2} - T_f(j)) \quad 2.75$$

Combinando las ecuaciones 2.73 y 2.74 se determina la temperatura en la superficie del lado del vapor:

$$T_{s1} = \frac{(Biv * \frac{A_{to}}{A_{pt}} * T_{sat}) + T_{s2}}{1 + Biv * \frac{A_{to}}{A_{pt}}} \quad 2.76$$

De la ec. 2.75 se obtiene la temperatura en la superficie del tanque del lado del aceite (T_{s2}):

$$T_{s2} = \frac{QAP}{hf(j) * A_{ti}} - T_f(j) \quad 2.77$$

2.4 TRANSFERENCIA DE CALOR HACIA EL EXTERIOR DE LA CAMARA DE VAPOR

El recipiente pierde calor por convección natural entre la superficie libre del aceite y la tapa de chapa de acero de 2 mm de espesor y nuevamente convección de esta tapa hacia el aire exterior o sumidero, el cual mantiene su temperatura a 25 °C . Además se presenta la convección sobre la placa que conforma la parte exterior de la chaqueta, la cual se analizará detalladamente en la siguiente sección.

Calculo del coeficiente convectivo para la parte superior

Tomando como referencia la temperatura de la superficie del líquido $T_f(j)$ y asumiendo una caída de temperatura en la superficie de la tapa:

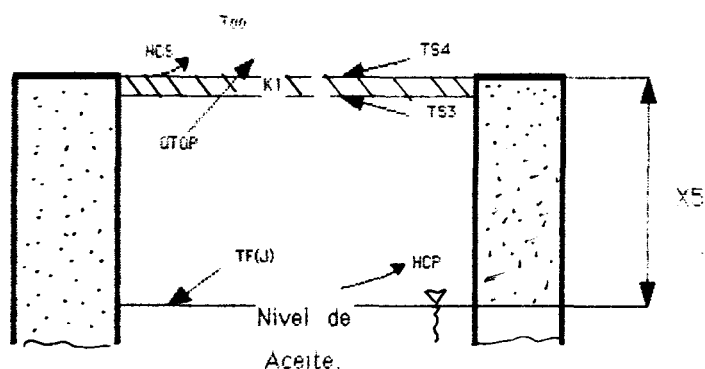


fig. 2.4. flujo de calor hacia el exterior desde la tapa.

La manera de considerar el proceso es que para cada intervalo de tiempo analizado, se tiene un proceso de estado estabilizado y por tanto se puede aplicar las correlaciones desarrolladas por los investigadores; en cada intervalo de tiempo se calcula el calor perdido hacia el ambiente y este valor se va acumulando para obtener un valor total.

Los valores que se desconocen serían las temperaturas en las superficies y el calor transmitido a través de la tapa así como el coeficiente global de transmisión del calor para esta tapa. Las ecuaciones quedan planteadas de la siguiente manera:

$$Q_{p1} = HCP * A_{top} * (T_f(i) - T_{s3}) \quad 2.78$$

$$Q_k = \frac{K1 * A_{top} * (T_{s3} - T_{s4})}{X5} \quad 2.79$$

$$Q_{p2} = HCS * A_{top} * (T_{s4} - T_{\infty}) \quad 2.80$$

$$Q_{p1} = Q_k = Q_{p2} = Q \quad 2.81$$

En el primer instante, se debe calcular los coeficientes convectivos HCS y HCP con los valores de T_{s3} , T_{s4} a temperatura ambiente y el



valor de la temperatura de la superficie del aceite como la que produce el gradiente necesario para la transmisión del calor.

Si se define el Biot para la cavidad horizontal que se forma entre la superficie del líquido y la tapa:

$$Bic = \frac{HCP * X5}{K1} \quad 2.82$$

y para la superficie exterior :

$$Bia = \frac{HCS * X5}{K1} \quad 2.83$$

Combinando las Ec. 2.78 y 2.79 se despeja Ts3:

$$Ts3 = \frac{Bic * Tf(j) + Ts4}{1 + Bic} \quad 2.84$$

De las ec. 2.79 y 2.80 e igualandolas por 2.81 :

$$Ts4 = \frac{Bic * Tf(j) + Too * Bia * (1+Bic)}{Bia + (Bia*Bic)+Bic} \quad 2.85$$

Para calcular el calor total que se transmite en el estado estable se debe hallar el coeficiente global de transferencia. Para esto, a partir de las ec. 2.78,2.79,2.80 se determina la caída de temperatura para cada capa de fluido:

$$Tf(j) - Ts3 = \frac{Qp1}{HCP' * Atop} \quad 2.86$$

$$Ts3 - Ts4 = \frac{Qk}{\frac{K1 * Atop}{X4}} \quad 2.87$$

$$Ts4 - Too = \frac{Qp2}{HCS * Atop} \quad 2.88$$

Y a partir de la ec

$$Qtop = Utop * Atop * (Tf(j) - Too) \quad 2.89$$

Se obtiene:

$$Tf(j) - T_{oo} = \frac{Q_{top}}{U_{top} \cdot A_{top}} \quad 2.90$$

Igualando las caídas parciales de temperatura obtenidas en las ecuaciones anteriores :

$$\frac{Q}{U_{top} \cdot A_{top}} = \frac{Q_{p1}}{HCP \cdot A_{top}} + \frac{Q_k}{\frac{K1 \cdot A_{top}}{x4}} + \frac{Q_{p2}}{HCS \cdot A_{top}}$$

$$U_{top} \cdot A_{top} = \frac{1}{\frac{1}{HCP \cdot A_{top}} + \frac{x4}{K1 \cdot A_{top}} + \frac{1}{HCS \cdot A_{top}}}$$

$$U_{top} = \frac{1}{\frac{1}{HCP} + \frac{x4}{K1} + \frac{1}{HCS}} \quad 2.91$$

Determinación de los coeficientes convectivos para el aire en la parte superior del tanaue:

Para obtener el coeficiente convectivo para la cavidad formada entre la tapa y la superficie del líquido:

Jakob ha relacionado los datos de Mull y Reiher, para cavidades con aire formadas por dos placas horizontales paralelas, si el flujo es ascendente :

Si el Grashof es menor que 1000, la transferencia es controlada por la conducción :

$$HCP = K_a / X5 \quad 2.92$$

Si el Gr es mayor que 1000 se aplica la ec.:

$$HCP \cdot X5 = CK \cdot (Gra \cdot Pra)^{NK} \quad 2.93$$

donde el Grashof se define:

$$\text{Gr} = \frac{X^3 \cdot \rho^2 \cdot g \cdot \beta \cdot (T_f - T_s)}{V \cdot \mu^2} \quad 2.94$$

Si $10^3 < \text{Gr} < 3.2 \cdot 10^5$ entonces $\text{CK} = 0.21 \cdot \text{Pr}^{-1/4}$ 2.95

si $\text{Gr} > 3.2 \cdot 10^5$ entonces $\text{CK} = 0.075 \cdot \text{Pr}^{-1/3}$ 2.96

Para determinar el coeficiente convectivo que se produce en la superficie externa de la cubierta:

Saunders y Fishenden correlacionaron los datos para placas planas y cuadradas horizontales, con una de sus caras dando al aire, con uno de sus lados como dimensión característica, que para el caso presente se puede considerar el diámetro de la cubierta según los mismos investigadores.

Para placas calientes con la cara superior en contacto con el aire, o placas frías, dando al aire la cara inferior en la región turbulenta con $2 \cdot 10^7 < X < 3 \cdot 10^{10}$:

$$\frac{\text{HCS} \cdot L}{\text{Ka}} = 0.14 \cdot (\text{Gr} \cdot \text{Pr})^{0.33} \quad 2.97$$

Y para la región laminar con $10^5 < X < 2 \cdot 10^7$

$$\frac{\text{HCS} \cdot L}{\text{Ka}} = 0.54 \cdot (\text{Gr} \cdot \text{Pr})^{0.25} \quad 2.98$$

donde El valor que determina si el flujo es laminar o turbulento es el valor de XCOEF que corresponde a:

$$\text{XCOEF} = \text{Gr} \cdot \text{Pr} \quad 2.99$$

Ecuaciones simplificadas para el aire:

Si se tiene placas calientes con la cara superior al aire, o placas frías con la cara inferior al aire, a la presión atmosférica y a temperatura ambiente, las ecuaciones simplificadas son:

En la región turbulenta:

$$HCS = 1.31 * (\Delta T)^{0.333} \quad 2.100$$

En la region laminar:

$$HCS = 1.18 * (\Delta T)^{0.25} \quad 2.101$$

El valor que determina el **tipo** de flujo es XCOEF calculado en la ec.2.99.

El flujo de calor perdido al ambiente sera entonces :

$$Q_{top(j)} = U_{top(j)} * A_{top} * (T_f(j) - T_{amb}) \quad 2.89$$

Que al multiplicarlo por el incremento de tiempo da el calor perdido por conveccion:

$$Q_{to(j)} = Q_{top(j)} * \Delta t \quad 2.102$$

$$\text{donde } A_{top} = (\pi * T^2) / 4 \quad 2.103$$

2.5 ANALISIS DE LA ETAPA TRANSIENTE

En este acapite se desarrolla las fórmulas utilizadas en los procesos de estado transiente considerados:

-El calentamiento del aceite dentro del recipiente.

-El calentamiento del tanque y el aislamiento, a la vez que las pérdidas, a través de las paredes hacia el ambiente.

Transferencia de calor hacia el interior:

Se puede considerar que la temperatura del vapor permanece constante dentro de la chaqueta y que no existen perdidas al ambiente, sino sólo por la parte superior. Haciendo un balance para el sistema, considerando solamente el tanque interior:

Energía que se almacena en el tanque + Energía que se pierde por la parte superior = Energía suministrada al vapor.

$$\frac{M \cdot C_p \cdot dT}{dt} + \frac{d Q_p}{dt} = U_t \cdot A_t \cdot (T_{sat} - T_f) \quad 2.104$$

M masa del aceite (Kg)

Cp Calor específico del aceite (Kj/Kf °K)

Qp calor perdido por el aceite en la parte superior (Juls)

t tiempo (seg)

Tf(i) temperatura del aceite en cualquier punto (°K)

Tsat Temperatura del vapor (°K)

Ut Coeficiente global de transferencia entre el vapor y el aceite
(Jul/m² seg °K)

At Area total de transferencia entre el vapor y el aceite (m²)

Si para cada intervalo de iteración se considera que las pérdidas al ambiente se mantienen constantes:

$$d Q_p = Q_{pex} = \text{Constante.}$$

y la ec. diferencial que regula el calentamiento del aceite es:

$$M \cdot C_p \cdot T' + Q_{pex} = U T E T \cdot (T_{SAT} - T)$$

$$\text{Si } A = M_f \cdot C_{pf} - M_{fe} \cdot C_{pl}$$

$$B = Q_{pex}$$

$$C = U T E T = A T \cdot U T$$

$$E = C \cdot T_{SAT} - B$$

la ec. diferencial queda:

$$A \cdot T' + C T = C \cdot T_{SAT} - B$$

$$T' + F T = G$$

Una ec. diferencial de primer orden cuya solución es:

$$d(e^{F \cdot t} \cdot y) = G \cdot e^{F \cdot t} \cdot dx + C$$

$$T \cdot e^{F \cdot t} = (G/F) \cdot e^{F \cdot t} + C \quad / e^{F \cdot t}$$

$$T = G/F + C \cdot e^{-F \cdot t}$$

Aplicando las condiciones de frontera para hallar C:

$$T(0) = T(J)$$

$$T(J+1) = T(t)$$

$$C = TF(J) - G/F$$

Si se despeja para $tF(J+1)$

$$TF(J+1) = H + (TF(J) - H) * e^{-F * Dta} \quad 2.105$$

donde:

$$H = \frac{UTET * TSAT - Q_{exp}}{UTET} \quad 2.106$$

$$F = C/A = UTET(J) / ((MF * CPF * 10^3) + (D1 * VOTI * CP1)) \quad 2.106'$$

Asunciones para la aplicación de la ec. 2.105

- El valor del calor específico, varía con la temperatura, pero como la ec. 2.105 se aplicará para cada intervalo de tiempo, la temperatura sube apenas aproximadamente un grado y no se produce una variación significativa en C_p durante dicho intervalo.
- El coeficiente global de transferencia es constante para cada intervalo de tiempo.
- La agitación produce una mezcla homogénea en el lote.
- La temperatura del vapor se mantiene constante.

$t_f(j)$ la temperatura promedio del fluido en un instante.

$t_f(j+1)$ la temperatura promedio del fluido en un instante después.

Dta valor de la partición del tiempo.

Transferencia de calor hacia el exterior.

En esta sección se analiza el calor que se transmite hacia el aire a través de las paredes y el aislamiento. Se considerará solamente el caso unidimensional, el método usado es explícito, en el cual la

temperatura que se ohtiene es la que corresponde a un instante posterior.

El objetivo es determinar la distribución de temperaturas , iuego de lo cual se puede calcular fa tasa de transferencia de calor en cualquier punto o en la superficie , aplicando la ley de Fourier para la conduccion.

Ecuación de difusión del calor:

Aplicando el criterio de la conservación de energía, sobre el volumen de control de la fig 2.5:

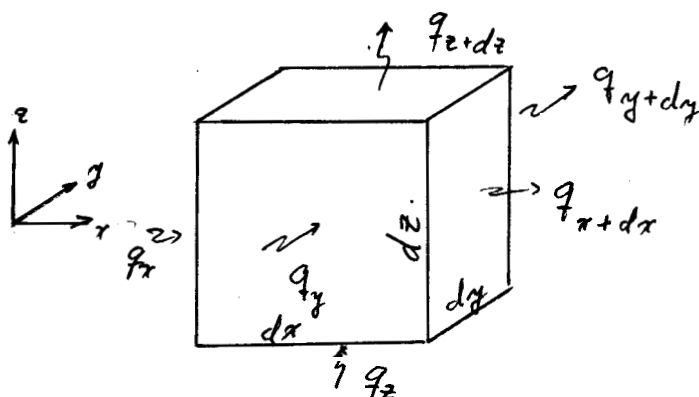


fig. 2.5. Volumen de control diferencial $dx dy dz$.

$$q_{x+dx} = q_x + \frac{\partial(q_x)}{\partial x} dx \quad 2.108a$$

$$q_{y+dy} = q_y + \frac{\partial(q_y)}{\partial y} dy \quad 2.108b$$

$$q_{z+dz} = q_z + \frac{\partial(q_z)}{\partial z} dz \quad 2.108c$$

Como no hay generacion interna de calor en la pared de aislamiento y si q es la tasa de generacion del calor:

$$E_g = q dx dy dz = 0 \quad 2,109$$

En cambio, si existe un incremento de la energía interna absorbida por el material dentro del volumen de control. Este almacenamiento de energía se expresa como:

$$\dot{E}_{st} = \int \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} dx dy dz \quad 2.110$$

donde el término $\rho C_p \partial T / \partial t$ es la tasa de cambio de energía interna del medio por unidad de volumen.

Tomando la Ec. de la conservación de la energía :

$$E_{in} + E_{out} + E_g = E_{st} \quad 2.111$$

Aplicada sobre el volumen de control de la fig. 2.5:

$$q_x = -k dy dz \frac{\partial T}{\partial x} \quad 2.112a$$

$$q_y = -k dx dz \frac{\partial T}{\partial y} \quad 2.112b$$

$$q_z = -k dx dy \frac{\partial T}{\partial z} \quad 2.112c$$

Al aplicar la ec. 2.111 en las ecs. 2.112 y dividir para $dx dy dz$:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) = \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad 2.113$$

asumiendo que la conductividad es independiente de la posición o de la temperatura:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \frac{\rho C_p}{k} \frac{\partial T}{\partial t} \quad \text{si } \alpha = \frac{k}{\rho C_p}$$

Para el caso presente se analiza solamente en la dirección perpendicular a la superficie de la placa de transferencia:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \quad 2.114$$

Método de las diferencias finitas:

Para el caso de una placa en conducción unidimensional con propiedades constantes y sin generación interna de calor, la ec 2.114

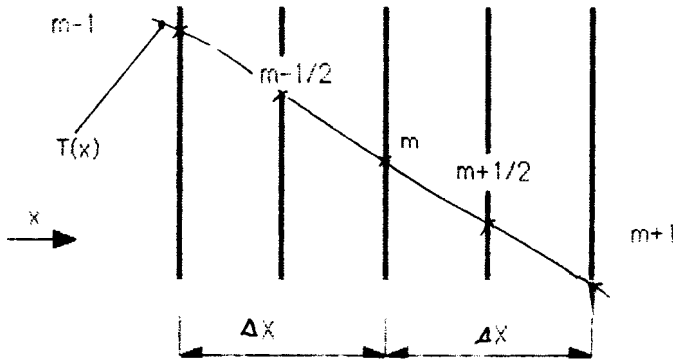


fig.2.6. Aproximación por diferencias finitas para una dimensión.

se aplica y a partir de ella, se puede obtener la ec. de la temperatura para un nodo interno en diferencias finitas. Tomando como referencia la fig.2.6:

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{m-1/2} = \frac{T(m) - T(m-1)}{\Delta x} \quad 2.115$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{m+1/2} = \frac{T(m+1) - T(m)}{\Delta x} \quad 2.116$$

de las ec. 2.111 y 2.112

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) = \frac{\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{m+1/2} - \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{m-1/2}}{\Delta x}$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{T(m+1) + T(m-1) - 2T(m)}{\Delta x^2} \quad 2.117$$

Analizando el término $\frac{\partial T}{\partial t}$ de la ec. 2.114:

Asumiendo transferencia por convección desde la capa adyacente a la superficie, la ec. de la conservación de energía se escribe:

$$h^p A^p (T_{oo}^p - T_o) - K^p A^p (T_o - T_1) = \rho^p C^p A^p \frac{(T_o - T_{oo}^p)(\Delta x)}{t} \quad 2.122$$

Resolviendo para T_o^{p+1} y haciendo :

$$1/Fo = \frac{(\Delta x)^2}{t} \quad ; \quad Bi = \frac{h^p \Delta x}{k} \quad 2.123$$

$$T_o^{p+1} = 2^p Fo^p (T_1 + T_{oo}^p Bi) \cdot (1 - 2^p Fo - 2^p Fo^p Bi)^p T_o \quad 2.124$$

para asegurar la estabilidad del sistema, se debe cumplir :

$$1/Fo \geq 2(Bi \cdot 1) \quad 2.125$$

2.6 MEDICION DE TEMPERATURAS EN EL SISTEMA DE REFERENCIA

De acuerdo a la Ref. 2 la ec. que se usa para calcular la temperatura del aceite en un instante posterior es válida si la temperatura en la masa que se está calentando es uniforme. A partir de los datos de temperaturas medidos en el tanque real y mostrados en la tabla A.4.3. se ve que las temperaturas en los puntos del fluido: T1, T3, T4 y T6 tenían igual temperatura para cualquier instante, lo cual representaría una conductividad muy grande en el fluido. Esta condición se logra gracias a constante agitación por parte del impeler localizado en su parte interior.

Procedimiento seguido al medir las temperaturas:

Se tomaron las temperaturas en 4 distintas posiciones verticales:

- 6 lecturas dentro del aceite a una posición intermedia del eje del tanque a la mitad interior **del mismo y la otra sobre la superficie interior de la pared.**
- 4 lecturas por **la pared exterior del tanque en la superficie exterior de la chaqueta y en la chapa que da al ambiente**
- 1 lectura sobre la tapa del tanque.
- 1 **lectura en la parte inferior del tanque , hacia el ambiente.**

CAPITULO 3

ESTRUCTURACION DEL PROGRAMA PRINCIPAL

3.1 DESARROLLO DE LA SUBROUTINA QUE SIMULA EL CALENTAMIENTO DE LA PARED EXTERIOR DEL RECIPIENTE ENCHAQUETADO.

En el desarrollo de los siguientes párrafos se exponen las subrutinas que se implementaron para cubrir las distintas etapas en que se dividió el proceso de transferencia de calor.

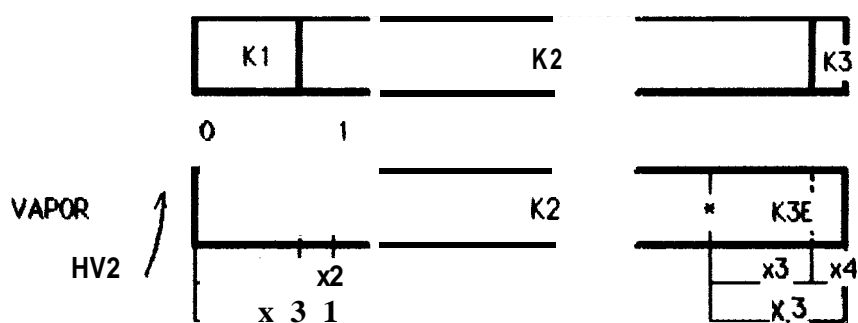
El programa calcula la distribución de temperatura para una geometría unidimensional **que** recibe calor por convección por un lado y pierde calor por convección por el lado del aire (se desprecia la radiación por las bajas temperaturas consideradas).

Procedimiento:

- Se introduce las propiedades del vapor, del aislamiento, las dimensiones del modelo, incrementos de tiempo y espaciamiento entre nodos usados en el cálculo.
- Dimensionado de matrices $T(i,j)$ donde se guardan los valores de temperaturas para el tiempo anterior y el actual.

- Con las condiciones de operación se calcula los numeros de Biot para el medio y el fourier . El Biot se calcula para cada avance de tempetatura ya que es dependiente de la temperatura de la pared.
- Se calcula la temperatura de la pared que da al vapor al tiempo cero,considerando que el calor transferido al vapor se capta todo en la superficie.
- Para los avances de tiempo se calculan las temperaturas de los nodos según las ecs. desarrolladas para cada caso.
- El cálculo continua hasta que se cumpla la condición de temperatura o tiempo de calentamiento.

Para conducción unidimensional a traves de una pared compuesta de tres materiales : acero AISI 1010,Lana fibra de vidrio y una chapa de recubrimiento de Aleacion de Aluminio:



HA BIBLIOTECA
Aire

fig.3.1. módulos de pared para el aislamiento.

El tamaño de partición que evita la oscilacion de las ecuaciones es de $x_3 = 0.01 \text{ m}$ (10 mm); de modo que para la genetacion de las ecuaciones se tiene 3 conductividades distintas, comenzando por la pared que da hacia el vapor.

Analizando el primer modulo de la fig.3.1 se debe hallar los valores de las propiedades equivalentes; utilizando el método de la media armonica:

$$\Delta T = X \cdot Q / KeA \quad 3.1$$

$$\Delta T_1 = X_1 \cdot Q / K_1 \cdot A \quad 3.2$$

$$\Delta T_2 = X_2 \cdot Q / K_2 \cdot A \quad 3.3$$

$$\Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2 \quad 3.4$$

Si se define $f_e = \frac{(dx)_e}{dx_e} = \frac{6}{10} = \frac{3}{5}$

reemplazando en la ec. 3.4

$$1/Ke_1 = (1-f_e)/K_1 + f_e/K_2$$

$$1/Ke_1 = 2/(5 \cdot K_1) + 3/(5 \cdot K_2)$$

$$Ke = \frac{5 \cdot K_1 \cdot K_2}{2 \cdot K_2 + 3 \cdot K_1} \quad 3.5$$

La densidad equivalente se la obtiene en base a las ecs.:

$$M = M_1 + M_2 \quad \text{y} \quad M = \rho V \quad 3.6$$

$$V \cdot De_1 = V_1 \cdot D_1 + V_2 \cdot D_2$$

$$De_1 \cdot A \cdot X = D_1 \cdot A \cdot X_1 + D_2 \cdot A \cdot X_2$$

$$= \frac{X_1 \cdot D_1}{X} + \frac{X_2 \cdot D_2}{X}$$

$$De_1 = D_1 \cdot (1-f_e) + D_2 \cdot f_e$$

$$De_1 = \frac{2 \cdot D_1 + 3 \cdot D_2}{5} \quad 3.7$$

El calor especifico equivalente se lo obtiene a partir de la ec. de acumulacion de energia interna en el volumen de control.:

$$Q = m \cdot C_p \cdot T \quad \text{y} \quad Q = Q_1 + Q_2 \quad 3.8$$

Esto indica que el calor almacenado por el volumen considerado es repartido proporcionalmente entre los 2 materiales.

$$M \cdot Cp_3 \cdot T = M_1 \cdot Cp_1 \cdot T + M_2 \cdot Cp_2 \cdot T$$

$$A \cdot \Delta X_e \cdot De \cdot Cpe = D_1 \cdot \Delta X_1 \cdot A \cdot Cp_1 + D_2 \cdot \Delta X_2 \cdot A \cdot Cp_2$$

$$Cpe_1 = \frac{(\Delta X_1 / \Delta X_e) \cdot D_1 \cdot Cp_1 + (\Delta X_2 / \Delta X_e) \cdot D_2 \cdot Cp_2}{De}$$

$$Cpe_1 = \frac{(1 - fe) \cdot D_1 \cdot Cp_1 + fe \cdot D_2 \cdot Cp_2}{De}$$

$$Cpe = \frac{2 \cdot D_1 \cdot Cp_1 + 3 \cdot D_2 \cdot Cp_2}{5 \cdot De} \quad 3.9$$

Cambiando las variables para el caso analizado a partir de la ec.2.124:

$$T_{oo} = T_{sat} = 430 \text{ QK}$$

$$Bi = Be_1$$

$$Fo = Foe_1$$

$$T_1^p = T(I+1, J-1)$$

$$T_o^{p+1} = T(I, J)$$

$$T_o^P = T(I, J-1)$$

Quedando finalmente la ec. de temperatura para el primer modulo de la pared que da al vapor:

$$T(I, J) = 2Foe_1(Be_1 \cdot T_{sat} + T(I+1, J-1)) + T(I, J-1) \cdot (1 - 2 \cdot Foe_1 \cdot (1 + Be_1)) \quad 3.10$$

donde:

$$Be_1 = \frac{(HV_2 \cdot X_3)}{Ke_1} \quad 3.11$$

$$K_{e1} = \frac{5K_1 \cdot K_2}{2K_2 + 3K_1} \quad 3.12$$

$$F_{oe1} = \frac{K_{e1} \cdot D_{ta}}{D_{e1} \cdot C_{pe1} \cdot X_3^2} \quad 3.13$$

$$D_{e1} = \frac{(2 \cdot D_1 \cdot C_{p1}) + (3 \cdot D_2 \cdot C_{p2})}{D_{e1} \cdot 5} \quad 3.14$$

El valor de H_{v2} está definido por:

$$H_{v2} = \frac{0.942 \cdot ((D_1 \cdot g \cdot K_1^3 \cdot (D_1 - D_v) \cdot 10^3 \cdot (H_{fg} + (0.68 \cdot C_{p1} \cdot (T_{sat} - T_w))) / L \cdot V_1 \cdot (T_{sat} - T_w))^{0.25}}{3.15}$$

La condición de estabilidad para la ecuación 3.15 viene dada por:

$$F_{oe1} \cdot (1 + B_{e1}) \leq 0.5 \quad 3.16$$

Conducción Entre s sólidos de distintas propiedades:

El siguiente nodo corresponde a la interfase entre 2 sólidos: el primero con propiedades equivalentes y el segundo con las del material aislante. Como no se puede aplicar directamente la ec. 2.120 se procede haciendo un balance de energía del nodo 1 fig. 3.2.:

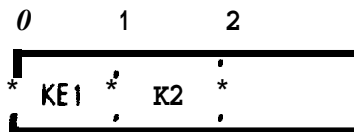


fig. 3.2. módulo interior para materiales disímiles.

$$Q_{0 \rightarrow 1} + Q_{2 \rightarrow 1} = \frac{\partial U}{\partial t} = \Delta U_1 + \Delta U_2 \quad 3.17$$

$$K_{e1} \cdot A \cdot (T(0,J) - T(1,J)) + K_2 \cdot A \cdot (T(2,J) - T(1,J)) = U_1 + U_2$$

$$\text{Si } \Delta U_1 + \Delta U_2 = (D_{e1} \cdot C_{pe1} + D_2 \cdot C_{p2}) \cdot A \cdot X_3^2 \cdot \frac{T(1,J+1) - T(1,J)}{Ma}$$

$$\frac{1}{K2} (T(0,J)-T(1,J)) + \frac{1}{Ke1} (T(2,J)-T(1,J)) -$$

$$- \frac{X3^2}{2 \cdot Dta \cdot Ke1 \cdot K2} \cdot (T(1,J+1) - T(1,J)) \cdot (De1 \cdot Cpe1 + D2 \cdot Cp2)$$

$$Ke1 \cdot (T(0,J) - T(1,J)) + K2 \cdot (T(2,J) - T(1,J)) -$$

$$- \frac{(Fo2 \cdot Cpe1 + K2 \cdot Foe1)}{2 \cdot Fo2 \cdot Foe1} \cdot (T(1,J+1) - T(1,J))$$

$$\text{Si } V1 = Ke1 \quad ; \quad V2 = K2 \quad \quad \quad 3.18$$

$$Fop = \frac{2 \cdot Foe \cdot Fo2}{Fo2 \cdot V1 + Foe1 \cdot V2} \quad \quad \quad 3.19$$

$$Fo2 = \frac{Dta \cdot K2}{(D2 \cdot Cp2 \cdot X3^2)} \quad \quad \quad 3.20$$

La ec. se simplifica:

$$T(1,J+1) - Fop \cdot V1 \cdot (T(0,J) - T(1,J)) + Fop \cdot V2 \cdot (T(2,J) - T(1,J)) + T(1,J+1)$$

$$T(1,J+1) - Fop \cdot V1 \cdot T(0,J) + Fop \cdot V2 \cdot T(2,J) + T(1,J) \cdot (1 - V1 \cdot Fop - V2 \cdot Fop)$$

Al generalizar la ec. anterior que **rige** para el primer nodo:

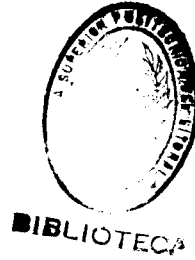
$$T(1,J) - (Fop \cdot V1 \cdot T(1-1,J-1) + Fop \cdot (V2 \cdot T(1+1,J-1)) + T(1,J-1) \cdot (1 - V1 \cdot Fop - V2 \cdot Fop)) \quad \quad \quad 3.21$$

Y la condicion de estabilidad viene dada por :

$$\frac{1}{(V1 + V2)} \geq Fop \quad \quad \quad 3.22$$

Conducción en el material aislante con conductividad K2:

La Ecuacion que rige cualquier nodo interior dentro de un material homogéneo es la ec. 2.120 que al aplicarla al nodo de la fig.3.3. :



BIBLIOTECA

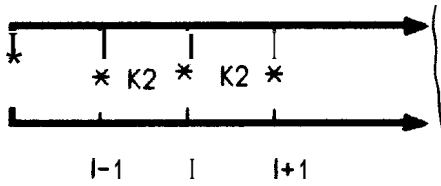


fig.3.3. Nodo interior con propiedades homogneas:

$$T(I,J)-Fo2*(T(I-1,J-1)+T(I+1,J-1))+(T(I,J-1)*(1-2*Fo2)) \quad 3.23$$

Siendo la condición de estabilidad:

$$Fo2 <= 0.5 \quad 3.24$$

Conducción entre dos sólidos en la capa de recubrimiento:

En la cual se aplica nuevamente la Ec.3.21 ,solo que se cambia los valores de las variables:

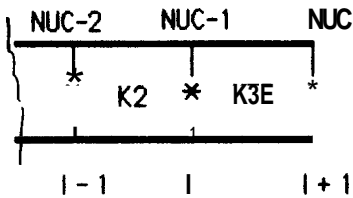


fig 3.4. nodo en la interfase de materiales disimiles en la capa externa.

El valor de la conductividad equivalente se lo obtiene similarmente como en el caso ya analizado.

$$V1- K2 \quad 3.25$$

$$V2- K3e \quad 3.26$$

$$K3e- \frac{5*K2*K3}{(4*K3 +K2)} \quad 3.27$$

La densidad equivalente:

$$D_{3e} = \frac{4 \cdot D_2 + D_3}{5} \quad 3.28$$

El calor específico equivalente :

$$C_{p3e} = \frac{D_2 \cdot 4 \cdot C_{p2} + (C_{p3} \cdot D_3)}{5 \cdot D_{3e}} \quad 3.29$$

$$F_{o3e} = \frac{D_{ta} \cdot K_{3e}}{D_{3e} \cdot X_3^2 \cdot C_{p3e}} \quad 3.30$$

$$F_{op} = \frac{2 \cdot F_{o2} \cdot F_{o3e}}{(F_{o3e} \cdot V_1 + F_{o2} \cdot V_2)} \quad 3.31$$

Siendo la condición de estabilidad a cumplirse:

$$\frac{1}{V_1 + v_2} > F_{op} \quad 3.32$$

La deducción de la ec. de la temperatura, también se puede hacer en base a un balance de energía para ese nodo (fig 3.4)

$$Q_{n-2 \rightarrow n-1} + Q_{n \rightarrow n-1} = \frac{\partial U}{\partial t} \Big|_{n-1}$$

$$\frac{A \cdot K_2 \cdot (T(N-2,J) - T(N-1,J))}{x_3} + \frac{A \cdot K_3 \cdot (T(N,J) - T(N-1,J))}{x_3} = \frac{\partial U}{\partial t} \Big|_{n-1}$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} \Big|_{n-1} = (X_3^2 \cdot D_2 \cdot A \cdot C_{p2} + D_{3e} \cdot A \cdot X_3^2 \cdot C_{p3e}) \cdot \frac{(T(N,J+1) - T(N,J))}{D_{ta}}$$

de acuerdo a las ecs 3.20 , 3.30 y 3.31 y despejando para la temperatura en un instante posterior:

$$T(n,J+1) = F_{op} \cdot K_2 \cdot (T(n-2,J) + F_{op} \cdot (K_{3e} \cdot T(n,J) + T(n,J) \cdot (1 - K_2 \cdot F_{op} - K_{3e} \cdot F_{op}))) \quad 3.33$$

Que al aplicarla sobre la fig. 3.4 se tiene :

$$T(I,J) - (Fop \cdot V1 \cdot T(I-1,J-1) + Fop \cdot (V2 \cdot T(I+1,J-1)) + T(I,J-1) \cdot (1 - V1 \cdot Fop - V2 \cdot Fop)) \quad 3.34$$

Conducción y convección al aire :

La ecuación que gobierna el calentamiento de este módulo es la ec. 2.124 con los siguientes cambios de variables, de acuerdo a la fig.3.5

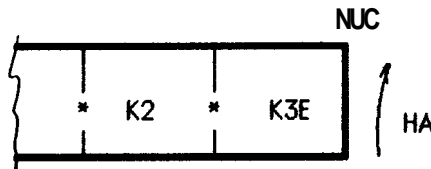


fig 3.5. nodo final con convección al aire.

$$T_o^{P+1} = T(I,J)$$

$$FO = Fo3e$$

$$T1^P = T(I-1,J-1)$$

$$T_{oo} = T_{amb}$$

$$Bi = B2$$

$$T_o^P = T(I,J-1)$$

después de este cambio se obtiene la ec. que se inserta en el programa:

$$T(I,J) - (2 \cdot Fo3e \cdot B2 \cdot T_{amb}) + (2 \cdot Fo3e \cdot T(I-1,J-1)) + (T(I,J-1) \cdot (1 - 2 \cdot Fo3e \cdot (1 + B2))) \quad 3.35$$

donde $Fo3e$ se toma como ya está definido.

La condición para la estabilidad de la ecuación es:

$$Fo_{3e}(1+B2) <= 0.5 \quad 3.36$$

estando B2 definido por:

$$B2 = \frac{HA * X3}{k_{3e}} \quad 3.37$$

El valor de HAS se lo obtiene a partir de las correlaciones para convección natural junto a una placa vertical, la temperatura de película se la calcula en la última celda para un instante anterior:

$$T_{pelicula} = \frac{T_{amb} + T(nuc, J-1)}{2} \quad 3.38$$

Y el diferencial de temperatura que se aplica en la ecuación empírica está dado por:

$$Dtemp = T(Nuc-1J-1) - T_{amb} \quad 3.39$$

$$Fi = (8.994 * 10^{17}) * (T_{pelicula})^{(-4.1099)} \quad 3.40$$

$$Xi = Fi * Dtemp * L^3 \quad 3.41$$

El valor de Xi así obtenido determina el tipo de flujo del aire al rededor del tanque:

Si $Xi < 10^9$ se tiene flujo LAMINAR, en cuyo caso se aplica la ecuación:

$$HA = 1.48 * (Dtemp/L)^{0.25} \quad 3.42$$

Si $Xi < 10^{12}$ se tiene flujo TURBULENTO y la ecuación a utilizar será:

$$HA = 1.48 * (Dtemp)^{0.333} \quad 3.43$$

Calculo del calor consumido en calentar las paredes del tanque y del aislante:

A medida que se va calculando las temperaturas en cada punto de análisis, se debe calcular también el calor necesario para ese incremento de temperatura .

Una vez que la temperatura de la pared exterior de recubrimiento empieza a aumentar, se producirá además pérdidas por convección al aire.

Para el caso del incremento de la energía interna de las paredes del tanque:

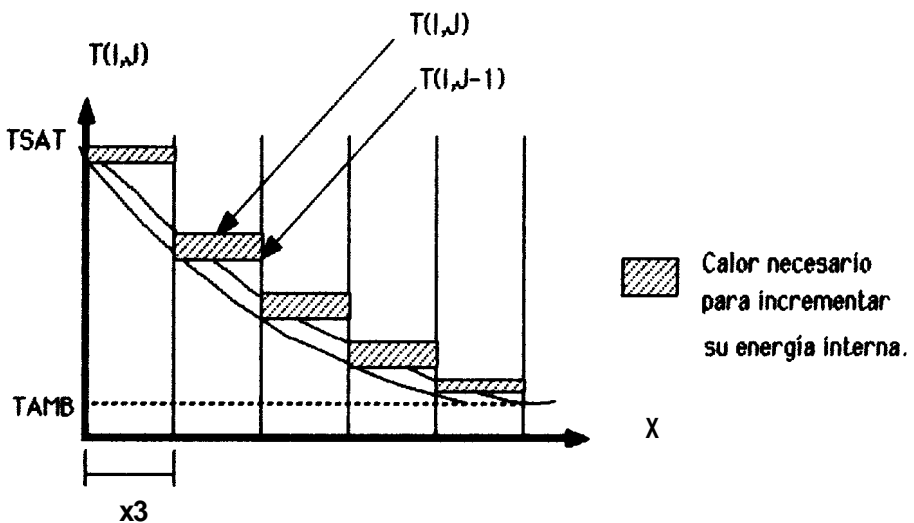


fig.3.6 incremento de energía interna en la pared del tanque.

La ec. que gobierna el calentamiento es:

$$EI = \sum_{i=1}^{NUC} A_i \cdot D_i \cdot C_{pi} \cdot X3 \cdot \sum_{j=1}^{NIT} (T(I,J) - T(I,J-1)) \quad 3.44$$

y la ec. que rige la convección natural es:

$$QHa(j) = \sum_{i=1}^{NIT} HA \cdot A_{conva} \cdot (T(NUC,j) - TAMB) \cdot DTA \quad 3.45$$

En estas ecs. las variables se calculan :

$$AT_i = AL_i + AF_i \quad 3.46$$

$$AL_i = PI \cdot Ti \cdot LGT \quad 3.47$$

$$AF_i = (PI \cdot Ti \cdot Hi) / 2 \quad 3.48$$

$$Hi = (Ti/2) * \text{SQR}(1 + (\text{TAN}(\text{TETA}))^2) \quad 3.49$$

y el diámetro esta dado por:

$$Ti = T + 2 * X3 * (\text{NUC} - .5) \quad 3.50$$

Di, Cpi , son las propiedades de la celda considerada en cada caso, y se considera que no varían con el incremento de la temperatura, esto como una simplificación.

La superficie para la convección Ao se la calcula con las mismas ecs., salvo la del diámetro de aplicación, la cual esta dada por:

$$T_{\text{conva}} = T + \text{NUC} * X3 * 2 \quad 3.51$$

El calor total acumulado será entonces:

$$Q_{\text{EXT}} = Q_{\text{EXT}} + Q_{\text{HA}} + \text{SEI} \quad 3.52$$

La impresión de salida de esta subrutina para un instante J , imprime todas las temperaturas para cada celda, y luego se incrementa el tiempo hasta que se cumpla la condición de temperatura final del aceite establecida al inicio del programa.

3.2. DESARROLLO RE LA SUBROUTINA QUE SIMULA EL CALENTAMIENTO DESDE EL VAPOR HACIA EL INTERIOR DEL FLUIDO.

En este acápite se considera la determinación de los coeficientes convectivos por condensación sobre el tanque interior, el coeficiente convectivo por agitación dentro del fluido y se obtendrán las curvas de calentamiento del fluido y de coeficiente global de transferencia; el consumo de vapor, los requerimientos de potencia del impulsor y el calor total transferido al aceite durante todo el proceso.

Ingreso de datos:

- Las propiedades del aceite tomadas de la tabla A.2.1 .

- Las propiedades geométricas del tanque, especificadas en la **fig.A.2.1**, tales como diámetros del impeler y del tanque, velocidad de giro del motor, altura del líquido, etc.
- Temperaturas: de operación, inicial y final del aceite, ambiental.
- La masa de aceite procesado, el tiempo asumido de calentamiento y el tiempo incrementado en cada iteración.
- Propiedades del vapor: densidad, entalpía de condensación y calidad del vapor.

Como inicio del cálculo se determina la cantidad de calor que se debe suministrar al aceite en el tiempo que se **asumió** previamente. Para esto, se obtiene la ec. del calor específico como una función de la

$$Q_a = 10^3 \cdot M_f \cdot \left(B_y \cdot T_f(j)^{2/2} + (A_y \cdot T_f(j)) \right) \Bigg|_{T_f(j)} \quad 2.3$$

vapor con la temperatura del aceite en el estado inicial

$$T_{s2} = (T_{sat} + T_f(i))/2 \quad 3.94$$

Así mismo se asume que ambas caras de la pared del tanque están a igual temperatura

$$T_{s1} = T_{s2} \quad 3.55$$

Se **ingresa** las propiedades del agua saturada de la tabla **A.2.2** y las propiedades del aire a presión normal Tabla **A.2.3** .

Se calcula las áreas que intervienen en la transferencia de calor.

- A_{ti} total que da al aceite.
- A_{to} total que da al vapor.
- A₁ del fondo del tanque.
- A_{2o} vertical que da al vapor.
- A_{2if} vertical que da al aceite **y** en contacto con el.
- A_{2i} vertical que da al aceite en toda la superficie.
- A_{2p} vertical promedio entre la superficie vertical interior **y** exterior.
- A_{pt} promedio total.
- A_{top} de la tapa superior.

Se asigna el valor del coef. convectivo para la capa de incrustaciones según la ec. **2.13**.

Inicio de la iteración para calcular temperatura del aceite: Primera iteración.

Se aplica la Ec.2.3 para determinar la cantidad de **calor** entregado al aceite **y** el flujo de calor **se** lo obtiene dividiendo este calor para el tiempo que aun falta por cubrir, en la cual **se** añade un segundo al tiempo total, para que no se produzca una división para cero (ec. **2.70**).

A partir de la segunda iteración **se** aplica la ec. **2.75** para el calculo del flujo de **calor** hacia el aceite. Con este flujo **y** aplicando las ecs **2.76 y 2.77** se obtiene **los** valores de las temperaturas de las superficies tanto hacia el vapor (TS1) como hacia el aceite (TS2); con estos valores se obtiene la temperatura promedio del aceite.

Se interpola las propiedades del aceite a la temperatura promedio a $T_f(j)$: Densidad (D_f), Calor específico (C_{pf}), Viscosidad (V_f), Conductividad (k_f) y la viscosidad del aceite a la temperatura de la superficie (V_{fs}).

Se calcula las propiedades del condensado a la temperatura de película, ec.2.8 con las cuales se utiliza la correlación dada por ec.2.53 para el cálculo de coef. convectivo dentro del aceite.

Se determina el Reynolds (ec.2.5) para el condensado obteniendo primero el flujo másico de vapor (ec.2.7).

Si el Reynolds es mayor que **1800**, es flujo es turbulento y se aplica la correlación de la ec. 2.10.

Si el Reynolds es menor de **1800**, el flujo es laminar y el coeficiente de condensación está dado por la ec.2.9.

Se asume una caída mínima de temperatura entre la temperatura de saturación del vapor y la temperatura que alcanza la superficie de condensación, pues sino se procede así, dicha diferencia de temperatura al tender a cero produce en las ecs. 2.9 un crecimiento sin límite en el coeficiente de condensación. Se calcula la potencia instantánea consumida por el impulsor con la ec. 2.57.

Ahora, aplicando el gradiente de temperatura de la pared ec.2.58 y la ec.2.59, se calcula el coeficiente global en el interior del tanque: para la pared vertical lateral ec.2.65.

Se calcula nuevamente el flujo de calor para cada iteración, en función del coeficiente global recién obtenido y las temperaturas del vapor y del fluido (ec.2.75). Si se multiplica por el intervalo de tiempo se obtiene la cantidad de calor consumido.

En este momento se aplica la ec. que permite el cálculo de la temperatura para el aceite un instante después(ec.2.105), y se acumula el calor entregado al aceite en cada intervalo.

$$Q_t = Q_t + Q(J) \quad 3.56$$

Se compara si la temperatura del fluido calculada por la ec. 2.105 es igual o mayor a la temperatura final deseada, en cuyo caso, se calcula la masa de vapor necesaria y sino es así el programa se reinicia .

3.3 DESARROLLO DE LA SUBROUTINA QUE SIMULA LAS PERDIDAS POR LA PARTE SUPERIOR HACIA EL AMBIENTE.

Se asigna a los valores de temperatura en las superficies de T_{s3} , T_{s4} ,el valor de la temperatura ambiente .

$$T_{s3} = T_{s4} = T_{amb} \quad 3.57$$

Se especifica si se desea usar correlaciones simplificadas para el aire en convección natural o no.

Se calcula el area de la cubierta ec.2.103 y el coef. convectivo para la cavidad.

Se toma el incremento de temperatura entre la superficie del líquido y la cubierta,inicialmente a temp. ambiente (ec.3.57) .Se calcula la temperatura de pelicula para la cavidad:

$$T_{pelcav} = (T_f(j+1) + T_{s3})/2 \quad 3.58$$

Y el potencial de temperatura como:

$$D_{tca} = T_f(j+1) - T_{s3} \quad 3.59$$

Se interpola las propiedades del aire a la temperatura de película $D_a, V_a, K_a, P_r a, B_a$ donde B_a es el coeficiente de expansión volumétrica del aire.

Si el Grashof es menor que 1000 entonces se aplica la ec. 2.92.

Si $1000 < Gr < 3.2 \times 10^5$ entonces el flujo es turbulento y se aplica la ec. 2.93 con $C_k = 0.21$ y $N_k = .25$.

Si $Gr > 3.2 \times 10^5$ se calcula el coeficiente convectivo con la ec. 2.93 con $C_k = .075$ y $N_k = 1/3$.

Para la convección al aire:

En la primera iteración se considera que el único coeficiente convectivo desde el aceite es de la cavidad. Luego se aplica la ec. para el flujo de calor

$$Q_{top(j)} = U_{top} \cdot A_{top} \cdot (T_f(j+1) - T_{s3}) \quad 3.60$$

y el calor transmitido en ese período es:

$$Q_{to} = Q_{to(j)} \cdot \Delta t_a \quad 3.61$$

Y se envía la ejecución al punto donde se acumula todo el calor que entra en juego en el proceso:

$$Q_{topt} = Q_{topt} + Q_{to} \quad 3.62$$

luego de lo cual se reinicia el lazo para el siguiente intervalo.

En la segunda iteración se calcula la temperatura de película para la cavidad como :

$$T_{pelcav} = (T_{s4} + T_{amb})/2 \quad 3.63$$

Calculo de la convección natural al aire desde la cubierta:

El potencial de temperaturas para la cubierta sera:

$$D_{tas} = T_{s4} - T_{amb} \quad 3.64$$

En este punto se envía la ejecución del programa a la subrutina que interporla las propiedades del aire a la nueva temperatura de película sobre la cubierta del tanque, regresando a la ejecución del programa calcula el Grashof ec. 2.94 y luego el producto X_{coef} , ec.2.99.

Si se desea usar correlaciones simplificadas para el aire, y si X_{coef} es menor que $2 * 10^7$, el flujo de convección es laminar y se utiliza la ec. 2.101 ; si no se especifica la correlación utilizada es la de la ec. 2.98.

Para el caso de flujo turbulento con correlación simplificada se usa la ec. 2.100 mientras que la otra correlación se calcula con la ec.2.97.

Se calcula las temperaturas en la superficie de la cubierta tanto al interior como al exterior a partir de las ecs.2.84 y 2.85.

Finalmente se calcula el coeficiente global de transferencia para la cubierta en base a la ec. 2.91 ; con este valor, el area de la cubierta y el gradiente de temperatura entre el aceite y el ambiente se remplazan en la ec. del calor 2.89 que al multiplicarlo por el intervalo de tiempo ec. 2.102 da el calor perdido al ambiente en el intervalo considerado.

3.4 ORGANIZACION DE LAS SUBROUTINAS EN EL PROGRAMA

CONJUNTO

Hasta este momento se ha analizado por separado:

- el calor que se emplea en calentar la pared compuesta del tanque, simultáneamente con el calor perdido al ambiente por convección de estas paredes.
- El **calor** que se pierde directamente a la atmosfera por convección desde la cubierta superior.
- El calor que se emplea en calentar el aceite, junto con el que se emplea en calentar el tanque interior.
- En **esta** sección se recopila las 3 subrutinas en un solo programa, cuyo diagrama de flujo corresponde al presentado en la fig.A.3.1.

La ec. que permite incorporar los procesos de transferencia de calor es la de conservación de energía aplicada al volumen de control formado por la chaqueta de vapor , fig. 3.7 :

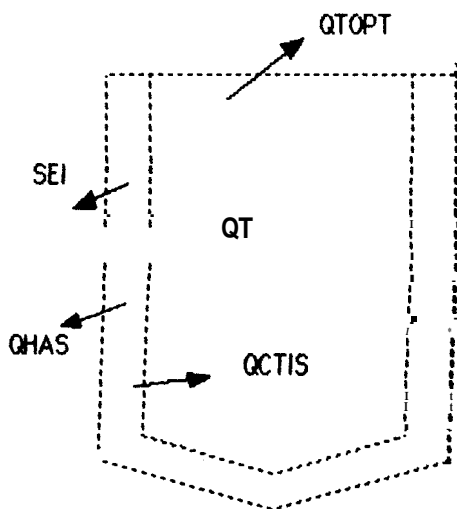


fig.3.7. Volumen de control aplicado a la chaqueta de vapor.

Calor entregado vapor = Calor entregado al aceite + calor entregado a la pared compuesta +

+ Conveccion desde los lados y fondo del tanque. + Conveccion desde la cubierta superior. +

+ calor entregado a la pared del tanque interior.

$$Q_{EV} = Q_T + (Q_{HAS} + SEI) + Q_{TOPT} + Q_{CTIS} \quad 3.65$$

Y la cantidad de vapor que se necesita seria de acuerdo a la ec. 2.7:

$$MVT = \frac{Q_{EV}}{XV * HFG * 10^3} \quad 3.66$$

Revisando los terminos de la ec. 3.65:

El valor de Q_T se lo obtiene de la ec. 3.56 , y es el valor acumulado del calor absorbido por el aceite en cada iteracion.

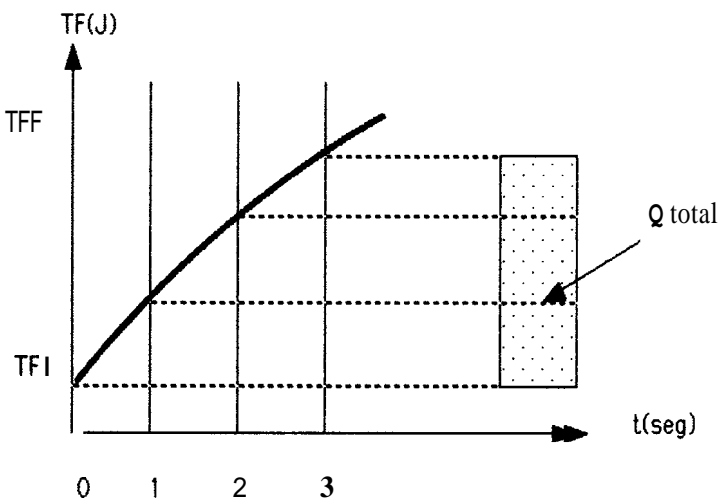


Fig.3.8.: Curva de Calentamiento del tanque interior.

El **valor de** Q_{CTIS} es el acumulado del calor necesario en cada iteracion de tiempo para calentar la pared interior del tanque. La ec.

en la que se basa este calculo es, para cada intervalo de tiempo (Fig 3.8).:

$$Q = m \cdot C_p \cdot T$$

$$Q_{CTI} = D_1 \cdot C_{P1} \cdot V_{OTI} \cdot (TF(J+1) - TF(J)) \quad 3.67$$

Donde el volumen del tanque interior es:

$$V_{OTI} = \pi \cdot (LGT \cdot X_6(1 + X_6) + (T^2) \cdot X_6 \cdot \text{SQRT}(1 + \tan^2(\text{TETA}))) \quad 3.68$$

Y el calor acumulativo se lo obtiene de la ec.:

$$Q_{CTIS} = Q_{CTIS} + Q_{CTI} \quad 3.69$$

Luego se retoma la ejecucion de la subrutina disfitemp y luego de calcular las propiedades del condensado para la pared exterior, se comienza el lazo interior de posicion para obtener las temperaturas en cada uno de los nodos considerados, al mismo tiempo que se va calculando el calor que se debe entregar a la pared compuesta para que su energia interna se incremente ec.3.44, considerandose además la conveccion al aire desde la superficie exterior del tanque, ec.3.45. Estos calores se acumulan ; para la energia interna:

$$SEI = SEI + EI \quad 3.70$$

Y para la conveccion al aire

$$Q_{HAS} = Q_{HAS} + Q_{HA} \quad 3.71$$

Estos 2 calores se acumulan mediante la ec. 3.52.

El programa total se presenta en el apendice de tablas A.3.1 y un diagrama de flujo simplificado esta en la fig. 3.9.



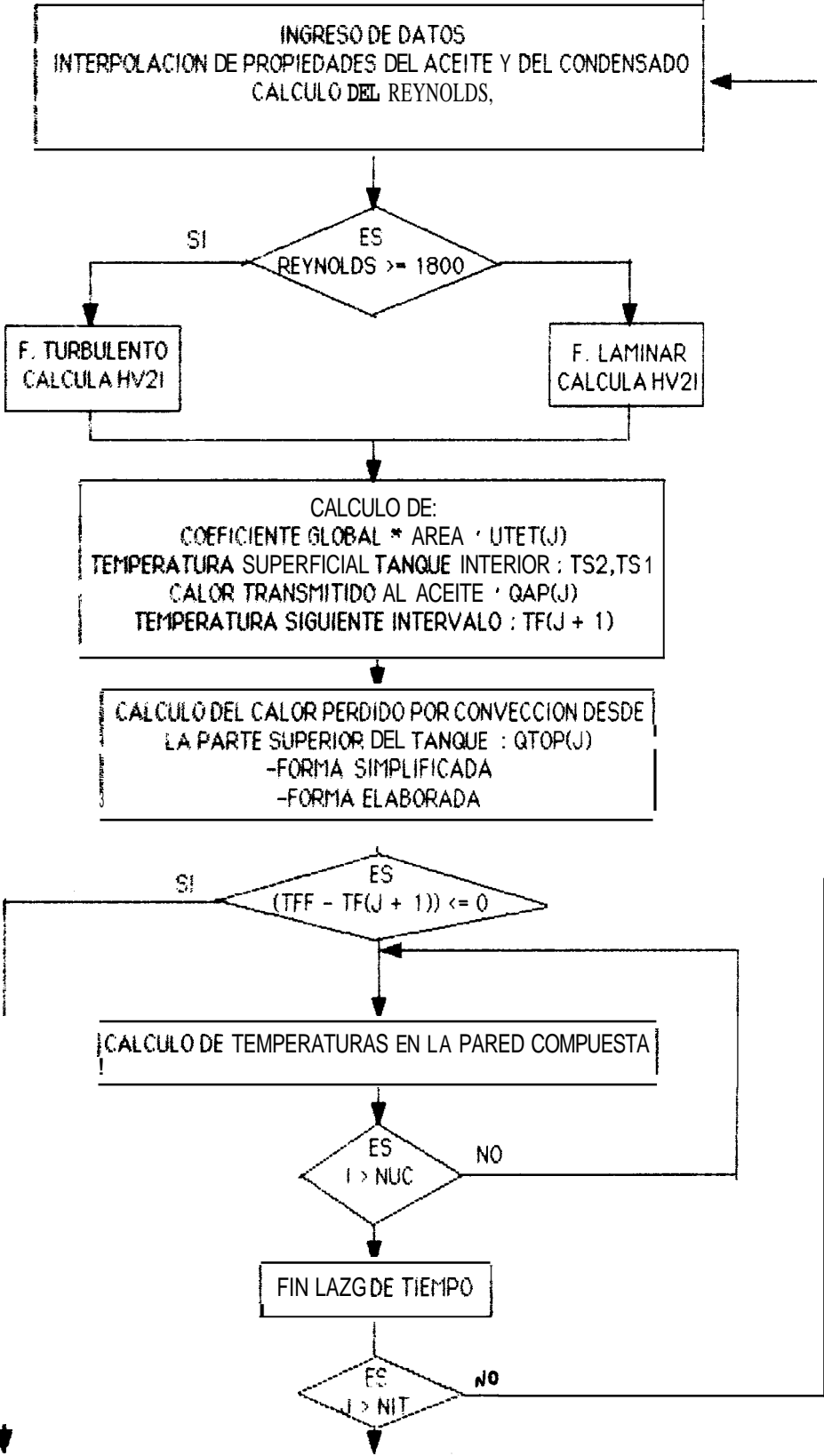


Fig. 3.9. :Diagrama de Flujo Simplificado del programa total.

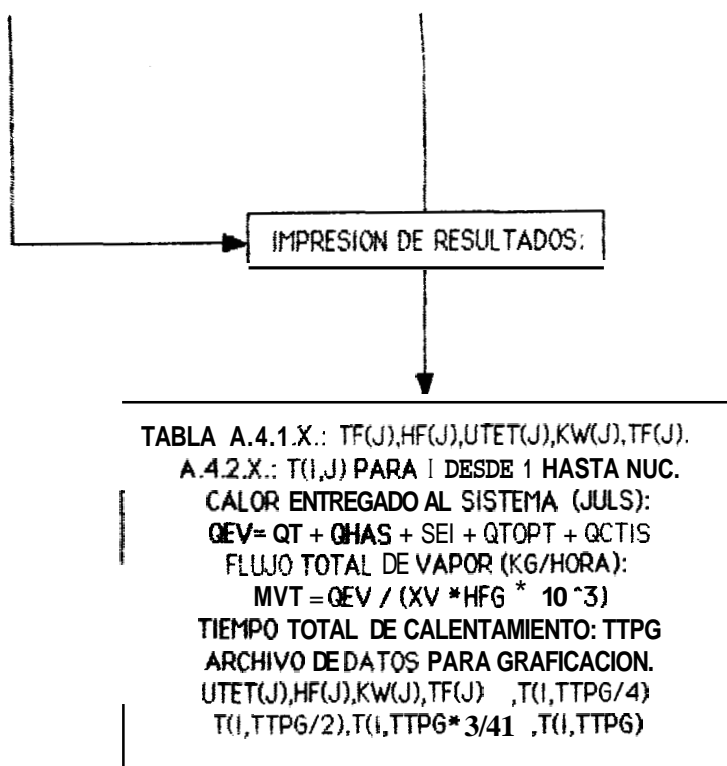


fig. 3.9. : Conclusión.

CAPITULO 4

ANALISIS DE RESULTADOS

4.1. COMPARACION DE LAS CURVAS DE CALENTAMIENTO DEL ACEITE

En el programa se consideró 4 condiciones distintas en las propiedades tanto del aceite como del flujo de vapor así como de propiedades geométricas y la potencia del agitador, con la finalidad de observar el comportamiento teórico :

Tabla 4.1.: Condiciones de prueba

| PROPIEDADES | CONDICION 1 | CONDICION 2 | CONDICION 3 | CONDICION 4 |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Esesor de aislamiento.(m) | 0,12 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| Temp. de saturación (°K). | 420 | 427 | 427 | 427 |
| Densidad del vapor (Kg/m ³) | 2,352 | 2,8203 | 2,8203 | 2,8203 |
| Entalpia de cond. (Juls/Kg) | 2123 | 2100,6 | 2100,6 | 2100,6 |
| Calidad del vapor | 0,9 | 0,85 | 0,85 | 0,85 |
| Temp. ambiente (°K) | 298 | 298 | 298 | 298 |
| Masa del aceite (°K) | 1400 | 1400 | 1400 | 1400 |
| Máx. nivel de condensado(m) | 1,267 | 1,267 | 1,52 | 0,475 |
| Velocidad de rotación (rpm) | 1750 | 875 | 875 | 875 |
| Temp. inicial del aceite (°K). | 298 | 298 | 298 | 298 |
| Temp. final del aceite (°K). | 393 | 393 | 371 | 393 |

De estas condiciones, la que representa el caso real es la condición 2. Las temperaturas reales tomadas en el tanque son las que se pueden observar en la tabla A.4.3. la cual toma como referencia la fig. A.2.3 para definir los puntos en los cuales se **tomo** las temperaturas; a partir de dicha tabla se representa la temperatura promedio real del aceite sobre la fig. A.4.1.

Para la curva de la condición 1 se observa que para un mismo instante de tiempo, la temperatura alcanzada por el aceite es mayor con respecto a la curva de la condición 2.

La disminución más significativa del tiempo de calentamiento se logra al incrementar el número de extracciones del condensado: cuando $LGT(J)$ alcanza el **75 %** de $LGTI$; esta simulación se representa en la corrida del programa con los datos de la condición 4.

4.2. COMPABACION DE LAS CURVAS DEL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA.

LA Fig. A.4.3. muestra las curvas del coeficiente global de transferencia*Area hacia el interior del aceite y se ve que dicho coeficiente es mayor para la 1ra. condición al compararla con las demás curvas, por medio de una mayor agitación que se refleja en mayores requerimientos de potencia en el impeler, tal como se ve en la curva de potencia del impeler (Fig.A.4.4)

Los saltos en el coeficiente global de transferencia*Areas hacia el interior del tanque **se** produce por las extracciones de condensado que se las **hace** de acuerdo al nivel alcanzado dentro de la cámara de

condensación ; en realidad, estas extracciones toman unos cuantos segundos (de 20 a 30 segundos) pero en el programa se ha asumido que la extracción es instantánea, y por esto se produce una discontinuidad en la curva de los distintos $UTET(J)$;(ver fig. A.4.3).

Algo similar se puede deducir de la curva del coeficiente convectivo medio en el aceite en donde la variación está en función directa de la temperatura superficial de la pared condensante y de las propiedades del aceite, según lo muestra la ec. 2.53.

Los datos obtenidos para las 4 distintas condiciones se presentan en el apéndice Tabla A.4.1 la cual muestra el coeficiente convectivo $HF(J)$,el coeficiente global de transferencia* Área $UTET(J)$; la potencia del impeler $KW(J)$ y la temperatura promedio del aceite $TF(J)$.

Notar que para la condición 3, no se alcanza en el máximo tiempo permitido, la temperatura de inicio de mezcla en el aceite; esto se debe a que disminuye drásticamente el área de transferencia por condensación del vapor y por convección dentro del aceite ya que no se hace ninguna extracción del condensado.

Tabla A.4.2: Muestra los gradientes de temperaturas a través de la pared compuesta, constituida por la plancha de acero que conforma el tanque exterior, la capa de aislamiento y la chapa de recubrimiento.

El programa divide el máximo intervalo de tiempo en 4 subintervalos y para cada uno de ellos se extrae de los archivos las temperaturas que luego se grafican en las curvas del gradiente Figuras A.4.5.

Aplicabilidad de la ec. que simula el calentamiento del aceite.

El Biot para el caso del fluido se puede asimilar como :

$$\text{Biot} = \frac{\text{Coeficiente convectivo global del aceite} * \text{Area de Transf}}{\text{Coeficiente convectivo del aceite} * \text{Area de transferencia.}}$$

$$\text{Biot} = \frac{\text{UTET(J)}}{\text{HF(J)} * \text{Area de Transf.}}$$

Por ejemplo , aplicando esta ec. para la segunda condición en el momento inicial:

$$\begin{aligned} \text{Area de Transf.} &= \pi * T * X \\ &= \pi * 1.2 * 1.62 \\ &= 6.107 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{HF(J)} * \text{Area de Transf.} = 3,621 \text{ Jul/seg } ^\circ\text{K}$$

$$\text{y } \text{UTET(J)} = 2915 \text{ Jul/seg } ^\circ\text{K}$$

$$\text{de modo que } \text{Bi} = \frac{2915}{3621.29}$$

$$\text{Bi} = 0.8049$$

Antes de la primera extracción de condensado:

$$\text{Tiempo} = 1366 \text{ seg.}$$

$$\text{HF(J)} * \text{Area} = 923.63 * (\pi * 1.2 * 0.353)$$

$$\text{HF(J)} * \text{Area} = 1229.14$$

$$\text{UTET(J)} = 829.49$$

$$\text{Bi} = \frac{829.49}{1229.14}$$

$$\text{Bi} = 0.67$$

Luego de la primera extracción de condensado:

$$\text{UTET(J)} = 4246$$

$$HF(J) \cdot \text{Area} = 923.63 \cdot (\pi \cdot 1.2 \cdot 1.62)$$

$$HF(J) \cdot \text{Area} = 5869.07$$

$$Bi = \frac{4246}{5869.07}$$

$$Bi = 0.72$$

Para comparación está establecido que un Biot Menor que 0.1 conlleva un error menor del 10 % en la solución de la ec. de la temperatura en el aceite.

4.3. VARIACIONES RECOMENDABLES DE PARAMETROS EN EL PROGRAMA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO.

De las observaciones de las curvas obtenidas por simulación se puede concluir que una mayor frecuencia de las descargas de condensado hacia el ambiente permite disminuir en forma significativa el tiempo de calentamiento, aunque a su vez esto causa un incremento en el consumo de vapor, y por tanto en la cantidad total de calor entregado al tanque lo cual es una indicación directa de un mayor costo de operación por consumo de combustible en la caldera.

De la observación de las curvas de la potencia se deduce que a través de un aumento de la velocidad de rotación no se logra un aumento significativo del coeficiente convectivo del aceite después de las 875 RPM que corresponde a la velocidad real del impeler en el tanque de prueba.

Pero sí, en cambio, este aumento de velocidad de rotación del impeler ,conlleva un incremento mayor que el 100 % en el consumo de potencia.

Se puede hacer una pequeña tabla de tados importantes para las 4 condiciones de prueba(tabla 4.2) ,que luego permitan analizar cual de las mismas resulta mas amveniente de aplicar al momento de optimizar el caso real.

| Condición . | Calor entregado . (Julios) | Flujo de Vapor. (Kg/Hr) | Tiempo final. (segundos) | Temp. Final (°Kelvin) |
|-------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1 | 31 379571 2 | 164,23 | 1891 | 392,14 |
| 2 | 312642944 | 175,1 | 1936 | 393,15 |
| 3 | 241 630736 | 135,33 | 1891 | 371 |
| 4 | 313820544 | 175,76 | 1276 | 392,8 |

Tabla 4.2. Consumo de energía,vapor y tiempo para alcanzar la temperatura final en las cuatro condiciones simuladas.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De las 4 condiciones de los datos y a partir de la tabla 4.2 se puede ver que la opción 4 es la más conveniente que la opción 2, debido a que permite un ahorro en el tiempo de calentamiento de 11 minutos entre la condición real y la sugerida, lo cual representa un ahorro en operación ya que el proceso de mezcla puede empezar antes y para un mismo intervalo de tiempo se pueden alcanzar temperaturas mayores. Así mismo la potencia consumida se mantiene por debajo de 7.5 Kw.

En cuanto a la opción 3, se observa que no se alcanza la temperatura de operación, y más bien la temperatura tiende a un valor inferior de manera asintótica.

Comparando sobre la Fig. A.4.1. la temperatura del aceite tanto para la condición 2 como los datos de la curva experimental, se concluye que los datos son aproximadamente iguales, esto permite aceptar la simulación como representativa del proceso real.

En cuanto a la aplicación de la ec. para simular el calentamiento del aceite, considerando como si se tratara de un lingote de propiedades homogéneas y de conductividad muy grande

Teóricamente se comprueba con el valor del Biot que para varios instantes se calculó en la sección 4.3 en donde se puede observar un error en relación al % de diferencia entre el valor permitido del Biot (0.1) y el valor que se obtiene al aplicarlo al caso analizado (0.8 ,0.67,0.72) .

En cambio, del análisis de las temperaturas tomadas del caso real, se determina que las temperaturas del aceite en diferentes puntos dentro del fluido es igual ,lo cual semeja al calentamiento que experimentaría un sólido de conductividad elevada y por tanto es aplicable la ecuación que permite el cálculo de la temperatura un momento después.

BIBLIOGRAFIA

1. William MC ADAMS. Transmision del Calor . Mc-Graw-Hill Book Company. Tercera Edicion.
2. KREITH F. Principios de Transferencia de Calor. International Texbook Company. Pensilvania. EUA,1968.
3. CRANE . Flujo de Fluidos. Mc-Graw -Hill Interamericana de Mejico. Primera edición.
4. INCROPERA -DE WITT. Principles of heat transfer
5. FOX-MC DONALD. Introduction to fluid Mechanics. Second Edition. John Wiley & Sons. Inc.
6. JAMES & OLDSHE. Fluid Mixing Technology. Chemical Engineering. Mc.Graw-Hill Publicatios.
7. CORDOVA ROMERO Eduardo. Tesis de Grado: Análisis Termico de un calentador mezclador para la elaboración de aceites lubricantes . Guayaquil,1990.
8. Numerical Methods in Heat Transfer. (Volumen III)
9. MOREIRA MARCILLO Elena. Tesis de Crado: Modeiaje de fa transferencia de calor en un Horno Ladrillero".Guayaquil.1989.
10. James R. WELTY. Engineering Heat Transfer. John Wiley & Sons.
11. WENTWORTH & SMITH. Geometria.
12. Donald KERN. Procesos de Transferencia de Calor. Compañía Editorial Continental. Méjico, 1973. Septima Impresion.
13. J.P. HOLMAN. Experimental Methods for Engineers. Mc Graw -Hilt. Tercera Edición.

A P E N D I C E S

APENDICE A:

TABLAS

CAPITULO 2

| | |
|---|-----|
| A.2.1. Propiedades termofisicas del aceite saturado. | 103 |
| A.2.2. Propiedades del agua saturada. | 104 |
| A.2.3. Propiedades termofisicas del aire a presion atmosferica. | 105 |

CAPITULO 3

| | |
|---|-----|
| A.3. 1. Recopilacion del programa conjunto. | 106 |
|---|-----|

CAPITULO 4

| | |
|---|-----|
| A.4.1.a. Resultados de la simulacion para la primera condición. | 126 |
| A.4.1.b. Resultados de la simulacion para la segunda condicion. | 131 |
| A.4.1.c. Resultados de la simulacion para la tercera condicion | 136 |
| A.4.1.d. Resultados de la simulacion para la cuarta condicion. | 141 |
| A.4.2.a. Temperaturas de la pared compuesta, primera condicion. | 145 |
| A.4.2.b. Temperaturas de la pared compuesta, segunda condicion. | 155 |
| A.4.2.c. Temperaturas de la pared compuesta, tercera condicion. | 165 |
| A.4.2.d. Temperaturas de la pared compuesta, cuarta condicion. | 175 |
| A.4.3. Temperaturas medidas para el tanque real. | 181 |

Tabla B. 2.1 PROPIEDADES TERMOFISICAS DEL ACEITE SATURADO

| T °K | DENSIDAD kg/m ³ | Cp KJ/Kg.K | Yf * 100 N*Seg/m ² | k* 1000 W/m*°K |
|------------|-------------------------------|---------------|----------------------------------|-------------------|
| 273 | 899,1 | 1,796 | 385 | 147 |
| 280 | 895,3 | 1,827 | 217 | 144 |
| 290 | 890 | 1,868 | 99,9 | 145 |
| 300 | 884,1 | 1,909 | 48,6 | 145 |
| 310 | 877,9 | 1,951 | 25,3 | 145 |
| 320 | 871,8 | 1,993 | 14,1 | 143 |
| 330 | 884,1 | 1,909 | 8,36 | 141 |
| 340 | 859,9 | 2,076 | 5,31 | 139 |
| 350 | 853,9 | 2,118 | 3,56 | 138 |
| 360 | 847,8 | 2,161 | 2,52 | 138 |
| 370 | 841,8 | 2,206 | 1,86 | 137 |
| 380 | 836 | 2,25 | 1,41 | 136 |
| 390 | 830,6 | 2,294 | 1,1 | 135 |
| 400 | 825,1 | 2,337 | 0,874 | 134 |
| 410 | 818,9 | 2,381 | 0,698 | 133 |
| 420 | 812,1 | 2,427 | 0,564 | 133 |
| 430 | 806,5 | 2,471 | 0,47 | 132 |

TABLA A.2.2 PROPIEDADES TERMOFISICAS DEL AGUA SATURADA

| T (°K) | Presión (bar) | Volumen específico Vf* 1000 m3/kg | Calor de vaporización hfe (Kj/kg) | Calor específico (Kj/kg.K) Cpf | Viscosidad (N*s/m2) μf*10 ⁶ | Conductividad termice (W/m*K) Kj*10 ³ | No. Prandtl Prj |
|-----------|------------------|--|--|--------------------------------------|--|---|--------------------|
| 290 | 0,01917 | 1,001 | 2461 | 4,184 | 1080 | 598 | 7,56 |
| 300 | 0,03531 | 1,003 | 2438 | 4,179 | 855 | 613 | 5,83 |
| 310 | 0,06221 | 1,007 | 2414 | 4,178 | 695 | 628 | 4,62 |
| 320 | 0,1053 | 1,011 | 2390 | 4,18 | 577 | 640 | 3,77 |
| 330 | 0,1719 | 1,016 | 2366 | 4,184 | 489 | 650 | 3,15 |
| 340 | 0,2713 | 1,021 | 2342 | 4,188 | 420 | 660 | 2,66 |
| 350 | 0,4163 | 1,027 | 2317 | 4,195 | 305 | 668 | 2,29 |
| 360 | 0,6209 | 1,034 | 2291 | 4,203 | 324 | 074 | 2,02 |
| 370 | 0,904 | 1,041 | 2265 | 4,214 | 289 | 679 | 1,8 |
| 380 | 1,2869 | 1,649 | 2239 | 4,22 | 260 | 683 | 1,61 |
| 390 | 1,794 | 1,058 | 2212 | 4,239 | 237 | 686 | 1,47 |
| 400 | 2,455 | 1,067 | 2183 | 4,256 | 217 | 688 | 1,34 |
| 410 | 3,302 | 1,077 | 2153 | 4,278 | 200 | 688 | 1,24 |
| 420 | 4,37 | 1,088 | 2123 | 4,302 | 185 | 688 | 1,16 |
| 430 | 5,699 | 1,099 | 2091 | 4,331 | 173 | 685 | 1,09 |

TABLA B.2.3 PROPIEDADES TERMOFISICAS DEL AIRE

| T °K | P Kg/m ³ | Cp Kj/kg*k | $\mu \cdot 10^7$ N*s/m ² | $k \cdot 10^3$ w/m*k | Pr |
|---------|------------------------|---------------|--|-------------------------|-------|
| 200 | 1,7458 | 1,007 | 132,5 | 18,1 | 0,737 |
| 250 | 1,3947 | 1,006 | 159,6 | 22,3 | 0,72 |
| 300 | 1,1614 | 1,007 | 184,6 | 26,3 | 0,707 |
| 350 | 0,995 | 1,009 | 208,2 | 30 | 0,7 |
| 400 | 0,8711 | 1,014 | 230,1 | 33,8 | 0,69 |
| 450 | 0,774 | 1,021 | 250,7 | 37,3 | 0,686 |
| 500 | 0,6964 | 1,03 | 270,1 | 40,7 | 0,684 |
| 550 | 0,6329 | 1,04 | 288,4 | 43,9 | 0,683 |

REM RECPER

CLS WIDTH 160

REM ESTE PROGRAMA CALCULA LA DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS EN LA
PARED DE AISLAMIENTO EN UN TANQUE EN EL ESTADO TRANSIENTE
EL PROGRAMA ES UNIDIMENSIONAL

PRINT "INGRESAR DATOS DE ESPESOR (NUMERO DE MODULOS) Y MODULO

READ NXT,X3

PRINT "INGRESAR PROPIEDADES DEL VAPOR TSAT,DV,HFG,XV":

READ TSAT,DV,HFG,XV

PRINT "INGRESAR PROPIEDADES DEL AISLANTE CP2 K2 D2"

READ CP2 K2,D2

PRINT "INGRESAR PROPIEDADES DE LA CHAPA DE ACERO CP1 K1 D1":

READ CP1 K1,D1

PRINT "INGRESAR PROPIEDADES DEL RECURRIMIENTO CP3 K3 D3":

READ CP3,K3,D3

PRINT "INGRESAR TIEMPO TOTAL DE CALENTAMIENTO INTERVALO DE INCREMENTO
EN EL TIEMPO Y TEMPERATURA AMBIENTE":

READ TT DTA TAMB MF

PRINT "INGRESAR LONGITUD DEL TANQUE,DIAMETRO INTERIOR TANQUE,ANGULO":

READ LGTI,T,TETA

XT=NXT*X3-NUGXT/X3-J=0

PI=3.1416 TETA=(TETA*PI)/180

CALCULO DEL AREA EXTERIOR DEL TANQUE PARA CONVECCION AL AIRE.

TCONVA=T+(XT*2)

HCONVA=(TCONVA/2)*SQR(1+(TAN(TETA))²)

AFCONVA=(PI*TCONVA+HCONVA)/2:ALCONVA=PI*TCONVA*LGTI

ATCONVA=ALCONVA-AFCONVA TWCND=(TSAT+TAMB)/2

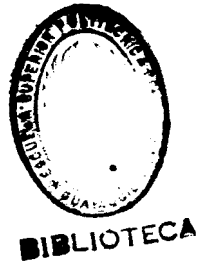


Tabla A.3.1.: Recopilacion del programa conjunto

```

TW=(TWCOND+TAMB)/2
NIT=TT/DTA
DIMT*(NUC,NIT),AT(NUC)
DIM M(9,6),TJ*(NIT),TPARED*(NUC)
DIM F(16,5),A(4,6)
DIMQP(NIT),TF*(NIT),UTET*(NIT),KW*(NIT)
DIM HF*(NIT),POSI*(NUC)
FOR I=0 TO NUC
T*(I,J)=TAMB
*****
REM  CALCULO DE SUPERFICIES PARA LA OBTENCION DEL CALOR ABSORVIDO
      POR LA PARED
*****
IF I=0 THEN GOTO SIGUIENTI
TD=T+(2*X3*(1-.5));AL=PI*LGTI*TD
H=(TD/2)*SQR(1+(TAN(TETA))2)
AF=(PI*TD*H)/2;AT(I)=AL+AF
SIGUIENTI
NEXT I
REM TABLA DE DATOS PARA INTERPOLACION DE PROPIEDADES DEL CONDENSADO

REM
FOR FILA =1 TO 9
FOR COLUM=1 TO 6
READ M(FILA,COLUM)
NEXT COLUM
NEXT FILA
*****
REM  SUBROUTINA PARA DETERMINAR LAS CURVAS DE TEMPERATURA Y
      CONDUCTANCIA TOTAL PARA LAS PAREDES DEL TANQUE ENCHAQUETADO Y
      EL FLUIDO DE PROCESO.
*****
REM
REM INGRESO DE PROPIEDADES DEL ACEITE PARA LA INTERPOLACION
REM INGRESO DE DATOS

```

```

FOR FILA=1 TO 16
FOR COLUM=1 TO 5
READ F(FILA,COLUM)
NEXT COLUM
NEXT FILA
REM
*****
REM INGRESO DE PROPIEDADES GEOMETRICAS DEL TANQUE
*****
REM DIAMETRO DEL IMPULSOR, RPM DEL MOTOR ALTCRA DE LIQUIDO,
REM INCLINACION DEL FONDO CONICO, DISTANCIA FONDO-AGITADOR, ESPESOR
REM DE PARED DE ACERO, ANCHO DE ALETA DEL IMPULSOR, LONGITUD DEL
REM TANQUE, ESPESOR DE CUBIERTA, ESPESOR DE LA CAMARA DE VAPOR,
REM PURGA DEL CONDENSADO
READ D N Z C X6 WA X5 X4 SALC
REM
REM TEMPERATURAS DE OPERACION
REM TEMP INICIAL DEL ACEITE, TEMP FINAL DEL ACEITE
READ TFI TFF
REM ITERACIONES DE TIEMPO
OT=0 TS2=(TSAT+TFI) 2
TF*(1)=TFI TS3=TAMB TS4=TAMB
*****
REM CALCULO DE LA ECUACION DEL CALOR ESPECIFICO COMO UNA FUNCION DE
REM LA TEMPERATURA, USANDO EL METODO DE LOS MINIMOS CUADRADOS.
*****
SXI=0 SXI2=0
SKY=0 SYI=0
FOR FILA=1 TO 15
SXI=SXI+F(FILA,1) SYI=SYI+F(FILA,3)+SYI
X12=F(FILA,1) '2SX12=X12+SXI2
XY=F(FILA,1)*F(FILA,3) SKY=XY+SXY
NEXT FILA
XM=SXI/(FILA-1) YM=SYI/(FILA-1)
BY=((FILA-1)*SXY-SXI*SYI)/((FILA-1)*SXI2-SXI^2)

```

AY=YM-(BY*XM)

 REM CALCULO DEL CALOR APROXIMADO NECESARIO PARA CALENTAR LA MASA DE
 ACEITE SIN CONSIDERAR UN CAMBIO EN LAS PROPIEDADES DEL FLUIDO.

REM TEMP. PROMEDIO Y DE PELICULA PARA EL ACEITE

$TS2=(TSAT+TFI)/2$; $TS1=TS2$.CLS

REM

PRINT PRINT "SI DESEA USAR CORRELACIONES SIMPLIFICADAS PARA EL AIRE
 DIGITE 1, SINO CUALQUIER OTRO NUMERO.;"

INPUT CORS

REM INGRESO DE LAS PROPIEDADES DEL AIRE

FOR FILA =1 TO 4

FOR COLUM=1 TO 6

READ A(FILA,COLUM)

NEXT COLUM

NEXT FILA

REM

REM AREA DE LA CUBIERTA SUPERIOR

$ATOP=(PI*T^2)/4$; $LCA=LGTI-Z$

*** CALCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE INTERIOR ***

$VOTI=PI*((LGTI*X6+(T*X6))+(((T^2)*X6+SQR(1-((TAN(TETA))^2))))/4)$

$LGTI=LGTI-SALC$

REM VALOR DEL COEFICIENTE CONVECTIVO PARA LA CAPA DE INCRUSTACIONES

$HD=11354.54$

**** INGRESO DE NOMBRE DE LOS ARCHIVOS. ***

INPUT "SALIDA DE COEFICIENTES CONVECTIVOS..." ARCHSALHS

INPUT "SALIDA DE TEMPERATURAS DE PARED COMPUESTA..." ARCHSALTS

INPUT "CONTINUACION SALIDA DE TEMPS. DE PARED COMPUESTA..." ARCHSALTIS

INPUT "ARCHIVO COEF/TRANSF GLOBAL..." ACGTS

INPUT "ARCHIVO COEF. PROMEDIO DEL ACEITE..." ACTAS

INPUT "ARCHIVO POTENCIA INSTANTANEA..." POINS

INPUT "ARCHIVO TEMPERATURA INSTANTANEA DEL ACEITE..." TAINS

INPUT "ARCHIVO TEMP. INSTANT. PARED COMPUESTA. 1ºINTERVALO..." T1PCS

INPUT" ARCHIVO TEMP. INSTANT. PARED COMPUESTA, 2º INTERV..."T2PC\$

INPUT" ARCHIVO TEMP. INSTANT. PARED COMPUESTA, 3º INTERV..."T3PC\$

INPUT" ARCHIVO TEMP. INSTANT. PARED COMPUESTA, 4º INTERV..."T4PC\$

INPUT" ARCHIVO TIEMPO DE PROCESO..."TIEP\$

INPUT" ARCHIVO POSICION EVALUADA..."POSEV\$

REM CALCULO DEL CALOR APROXIMADO NECESARIO PARA CALENTAR LA MASA

REM DE ACEITE SIN CONSIDERAR UN CAMBIO EN LAS PROPIEDADES DEL FLUIDO

REM EN EL PRIMER INSTANTE

QA=10⁻³*MF*((((BY*TFF²)/2)+(AY*TFF))-(((BY*TF[#](J)²)/2)+(AY*TF[#](J))))

QAP=QA/(TT+1-(J*DTA))

LGT=LGTI

RECOPROG:

TF[#](1)=TFI

FOR J=1 TO NIT:TJ[#](J)=J*DTA

***** CALCULO DE LAS AREAS QUE INTERVIENEN *****

ATI=PI*T*LGTI:ATO=PI*(T+2*X6)*LGTI

A2O=PI*(LGT-(Z-LGTI))*(T+2*X6)

ATOX=PI*LGTI*(T-(2*X4)+(4*X6)+X3)

A2IF=PI*(LGT-(Z-LGTI))*T:A2I=PI*LGT*T

A2P=(A2O+A2I)/2:APT=(ATO+ATI)/2

REM

FOR K=1 TO 16

IF TF[#](J)≠F(K,1) THEN GOTOFSIGUE

NEXT K

FSIGUE:

L=K

DT1=F(L,1)-F(L-1,1):DT2=TF[#](J)-F(L-1,1)

DD1=F(L,2)-F(L-1,2):DCP1=F(L,3)-F(L-1,3)

DV1=F(L,4)-F(L-1,4):DK1=F(L,5)-F(L-1,5)

REM

DD2=(DT2/DT1)*DD1:DCP2=(DT2/DT1)*DCP1

```

DV2=(DT2/DT1)*DV1:DK2=(DT2/DT1)*DK1
****REM PROPIEDADES DEL ACEITE INTERPOLADOS A TEMP.DEL FLUIDO ****
DF=F(L-1,2)+DD2:CPF=F(L-1,3)+DCP2
VF=F(L-1,4)+DV2:KF=F(L-1,5)+DK2
REM VISCOSIDAD DEL ACEITE A TS2
FOR NTS=1 TO 16
IF TS2=F(NTS,1) THEN GOTO TSUPER
NEXT NTS
TSUPER:
L=NTS
DT1=F(L,1)-F(L-1,1):DT2=TS2-F(L-1,1)
DV1=F(L,4)-F(L-1,4):DV2=(DT2/DT1)*DV1
VFS=F(L-1,4)+DV2
REM
***** CALCULO DE PROPIEDADES PARA EL CONDENSADO A TPELV*****
REM EN LA PARED INTERNA
TPELV=(TS1+TSAT)/2:TPELIN=TPELV
FLAG2=2
GOTO SUBPROC
CCIA:
FLAG2=0
REM CALCULO DEL COEFICIENTE CONVECTIVO INTERIOR EN EL ACEITE
HF*(J)=(KF/T)*.85*((D*2*N*DF*PI)/(30*VF))*.66*((CPF*VF*10^3)/KF)*.33*(V
F/VFS)*.14*(Z/T)*(-.56)*(D/T)*.13
REM
REM CALCULO DEL NUMERO DE REYNOLDS EN LA CHAQUETA DE VAPOR
REM FLUJO MASICO DE VAPOR
MP=(QAP*10^(-3))/(XV*HFG):REY=(4*MP)/(VL*PI*(T+(2*X6)))
IF REY<=1800 THEN GOTO FTURB
REM COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL VAPOR PARA F. LAMINAR
FLAM:
REM PARED INCLINADA DEL TANQUE(EN LA BASE)
DTHV=TSAT-TS1
IF (DTHV)>2 THEN DTHV=2
CALHV:

```

```

*****
REM  SUBROUTINA QUE VERIFICA LA CONDICION DEL PRANDTL PARA EL VAPOR.
*****
CONDIEXP=(CPL*DTHV)/HFG
IF PRL>5 THEN GOTO VERCONDI
MISEXP
EXPRES=HFG+((3/8)*CPL*DTHV)
GOTO AGRUPA
VERCONDI
IF CONDIEXP<=1 THEN GOTO MISEXP
EXPRES=HFG+(.68*CPL*DTHV)
AGRUPA:
IF FLAG3=3 THEN GOTO CONCALHV
HV2I=.943*((DL*.981*KL^3*10^3*(DL-DV)*EXPRES)/(LGTI*VL*(DTHV)))^25
GOTOFACINC
FTURB:
COR1:
*****
REM DETERMINACION DEL COEF. CONVECTIVO POR CONDENSACION DE FLUJO
REM TURBULENTO. TOMANDO COMO REFERENCIA 4
*****
HV=.0077*((9.81*DL*(DL-DV)*KL^3)/(VL^2))^333*REY^4
HV2I=HV.HV1=HV
FACINC:
*****
REM CALCULO DE LA POTENCIA PARA CADA INTERVALO DE TIEMPO
*****
KW*(J)=1.929*10^(-8)*T^1.1*D^2.72*N^2.86*WA^3*Z^6*VF^14*DF^86
U2=1/((1/(HV2I*A20)))+(X3/(K1*A2P))+(1/(HF*(J)*A2IF))+(1/(HD*A2O))
UTET*(J)=U2
*****
REM DETERMINACION DE LA TEMPERATURA EN LAS SUPERFICIES METALICAS
*****
BIV=HF*(J)*X6/K1.TS2=TF*(J)+(QAP/(HF*(J)*ATI))
TS1=((BIV*(ATO/APT)*TSAT)+TS2)/(1+BIV*(ATO/APT))

```



```

QP(J)=UTET*(J)*(TSAT-TF*(J)) Q=QP(J)*DTA
MP=(QP(J)+QPEI)/(XV*HFG*10^3)
DAV=(MP*DTA)/DL
DAH=(4*DAV)/(PI*(((T+(2*X4))^2)-(T^2)))
QT=QT+Q QAP=QP(J)

```



BIBLIOTECA

```

*****
REM CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL FLUIDO. UN INSTANTE POSTERIOR
*****

```

```

K=UTET*(J)/((MF*CPF*10^3)+(D1*VOTI*CP1))
HK=((UTET*(J)*TSAT)-QPEX)/UTET*(J)
TF*(J+1)=HK+(TF*(J)-HK)*EXP(-K*DTA)
LPRINT LPRINT "J,QAP,TS1,TS2",J,QAP,TS1,TS2
LPRINT LPRINT "TS3,TS4,TF*(J+1)",TS3,TS4,TF*(J+1)
CLS LOCATE 6,2
PRINT PRINT "AL TIEMPO (SEGUNDOS).....":J*DTA
PRINT PRINT "LA TEMPERATURA DEL ACEITE ES(°KELVIN).....":TF*(J+1)

```



BIBLIOTECA

```

*****
REM CALCULO DEL CALOR UTILIZADO EN CALENTAR EL TANQUE INTERIOR
*****

```

```

QCTI=D1*VOTI*CP1*(TF*(J+1)-TF*(J)) QCTIS=QCTIS+QCTI

```

```

REM CALCULO DEL CALOR PERDIDO POR LA CUBIERTA SUPERIOR

```

```

TPELCAV=(TF*(J+1)+TS3)/2

```

```

DTCA=TF*(J+1)-TS3

```

```

*****
REM CALCULO DE LAS PROPIEDADES DEL AIRE A LA TEMPERATURA DE
    PELICULA.
*****

```

```

IN AIS

```

```

FOR O=1 TO 4

```

```

IF TPELCAV <= A(O,1) THEN GOTO ACAV

```

```

NEXT O

```

```

ACAV:

```

```

L=0

```

```

DT1=A(L,1)-A(L-1,1) DT2=TPELCAV-A(L-1,1)

```

```

DD1=A(L,2)-A(L-1,2) DV1=A(L,3)-A(L-1,3)

```



BIBLIOTECA

```

DE1=A(L.4)-A(L-1.4) DPR1=A(L.5)-A(L-1.5)
DBA1=A(L.6)-A(L-1.6)
REM
DD2=(DT2/DT1)*DD1 DV2=(DT2/DT1)*DV1
DE2=(DT2/DT1)*DE1 DPR2=(DT2/DT1)*DPR1
DBA2=(DT2/DT1)*DBA1
REM PROPIEDADES DEL AIRE A LA TEMPERATURA DE PELICULA
DA=A(L-1.2)+DD2 VA=A(L-1.3)+DV2
KA=A(L-1.4)+DE2 PRA=A(L-1.5)+DPR2
BA=A(L-1.6)+DBA2
IF FLAG =1 THEN GOTO RETORNO
GR=((LCA^3)*(DA^2)*9.81*BA*DTCA)/(VA^2)
IF (GR<10^3) THEN GOTO FCAVLAM
IF (GR<3.2*10^5) THEN GOTO FCAVTUR2
CK=.075 NK=1/3
GOTO FCAVTURB
FCAVTUR2:
CK=.21 NK=1/4
FCAVTURB:
HCP=((KA*CK)/X5)*((GR*PRA)^NK)
GOTO CALHCS
FCAVLAM:
HCP=KA/X5
CALHCS
*****
REM CALCULO DE LA TRANSF. DE CALOR DESDE LA TAPA AL AIRE
*****
IF J >1 THEN GOTO LAZ02
REM CALCULO DEL FLUJO DE CALOR PARA LA PRIMERA ITERACION
QTOP=HCP*ATOP*(TF*(J+1)-TS3)
QPU=QTOP QTO=QTOP*DTA
GOTO LAZ01
LAZ02:
REM CALCULO DE TS4 PARA HALLAR HCS
IF J >2 THEN NUEO

```

TS4=TF*(J+1)-(QPU/(HCP*ATOP))

NUEQ:

REM ITERACION PARA LA CAPA EXTERNA DEL AIRE

TPELCAV=(TS4+TAMB)/2

DTAS=TS4-TAMB

REM CALCULO DE PROPIEDADES A TPELAES

FLAG=1

GOTO INAIS

RETORNO:

GR=((T³)*(DA²)*9.81*BA*DTAS)/(VA²) FLAG=0

XCOEF=GR*PRA

IF CORS=1 THEN GOTO CORSIM

IF XCOEF < 2*10⁻⁷ THEN GOTO FLAMAS

HCS=((KA*.14)/T)*(GR*PRA)^{.333}

GOTOCALUTOP

FLAMAS:

HCS=((EA*.54)/T)*((XCOEF)^{.25})

GOTOCALUTOP

CORSIM

IF XCOEF < 2*10⁻⁷ THEN FLASIM

HCS=1.31*(DTAS)^{.333}

GOTOCALUTOP

FLASIM

HCS=1.81*DTAS^{.25}

CALUTOP:

 REM CALCULO DE LA TEMPERATURAS SUPERFICIALES EN LA TAPA:TS3,TS4

BIC=(HCP*X5)/K1.BIA=(HCS*X5)/K1

TS4-((BIC*TF*(J+1))+(TAMB*BIA*(1+BIC)))/(BIA+(BIA*BIC)+BIC)

TS3-((BIC*TF*(J+1))+TS4)/(1+BIC)

 REM CALCULO DEL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA PARA LA TAPA.

UTOP=1/((1/HCP)+(X5/K1)+(1/HCS))

```

QTOP=UTOP*ATOP*(TF*(J)-TAMB) QTO=QTOP*DTA
LAZO1:
REM          AQUI TERMINA SUBROUTINA 2
REM ACUMULACION DEL CALOR ENTREGADO AL ACEITE
QTOPT=QTOPT+QTO
IF(J+1)=NIT THEN GOTO IMPSAL
IF (TFF-TF*(J+1))=0 THEN GOTO IMPSAL
REM
REM CONTINUACION DEL PROGRAMA DISFITEMP.
REM
TPELIN=(TSAT+TW)/2

```



```

*****
REM INTERPOLACION DE PROPIEDADES PARA EL CONDENSADO A LA TEMPE-
REM RATURA DE PELICULA EN EL INTERIOR

```

```

SUBPROC:

```

```

FOR K=1 TO 9
IF TPELIN=M(K,1) THEN GOTO SIGUE
NEXT K
SIGUE:
L=K
DT1=M(L,1)-M(L-1,1) DT2=TPELIN-M(L-1,1)
DD1=M(L,2)-M(L-1,2) DK1=M(L,3)-M(L-1,3)
DC1=M(L,4)-M(L-1,4) DV1=M(L,5)-M(L-1,5)
DPR1=M(L,6)-M(L-1,6) DD2=(DT2/DT1)*DD1
DK2=(DT2/DT1)*DK1 DC2=(DT2/DT1)*DC1
DV2=(DT2/DT1)*DV1 DPR2=(DT2/DT1)*DPR1

```



```

*****
REM PROPIEDADES PARA EL CONDENSADO INTERPOLADAS A LA TEMPERATURA
DE PELICULA:

```

```

*****
DL=M(L-1,2)+DD2 KL=M(L-1,3)+DK2
CPL=M(L-1,4)+DC2 VL=M(L-1,5)+DV2
PRL=M(L-1,6)+DPR2
IF FLAG2 =2 THEN GOTO CCIA

```

```
IF (TSAT-TW) >= 1 THEN TW = TSAT - 1
```

```
*****
```

```
REM CALCULO DE LA TEMPERATURA EN LA CAPA INTERIOR
```

```
REM CONVECCION AL VAPOR Y CONDUCCION EN LA CHAPA DE ACERO
```

```
*****
```

```
DTHV = (TSAT - TW) / FLAG3 = 3
```

```
GOTO CALHV
```

```
CONCALHV: FLAG3 = 0
```

```
HV2 = 943 * ((DL * 9.81 * KL ^ 3 * (DL - DV) * 10 ^ 3 * EXPRE) / (LGTI * VL * (TSAT - TW))) ^ 25
```

```
KE1 = (5 * K1 * K2) / ((2 * K2) + (3 * K1))
```

```
DE1 = ((2 * D1) + (3 * D2)) / 5
```

```
CPE1 = ((2 * D1 * CP1) + (3 * D2 * CP2)) / (DE1 * 5)
```

```
BE1 = (HV2 * X3) / KE1
```

```
FOE1 = (KE1 * DTA) / (DE1 * CPE1 * X3 ^ 2)
```

```
*****
```

```
REM CALCULO DE LA TEMPERATURA PARA LA CAPA SUPERFICIAL INTERIOR
```

```
REM CONVECCION Y CONDUCCION E 1.
```

```
*****
```

```
FOR I = 0 TO NUC
```

```
IF I = 1 THEN GOTO CONE1K2
```

```
IF I = 2 THEN GOTO CONDUK2
```

```
REM CONDICION DE ESTABILIDAD EN I
```

```
CONEST1 = FOE1 * (1 + BE1)
```

```
IF CONEST1 > 5 THEN GOTO FIN1
```

```
T#(I, J) = 2 * FOE1 * (BE1 * TSAT + T#(I + 1, J - 1)) + (T#(I, J - 1) * (1
```

```
(2 * FOE1 * (1 + BE1))))
```

```
GOTO CONTEO
```

```
CONDUK2:
```

```
IF I = (NUC - 1) THEN GOTO ULTIMO
```

```
*****
```

```
CALCULO DE LA TEMPERATURA EN EL AISLANTE: NODO INTERNO CON K2
```

```
*****
```

```
FO2 = (DTA * K2) / (D2 * CP2 * X3 ^ 2)
```

```
REM CONDICION DE ESTABILIDAD EN 2
```

```
IF FO2 > 5 THEN GOTO FIN2
```

```
T#(I, J) = (FO2 * (T#(I - 1, J - 1) + T#(I + 1, J - 1))) + (T#(I, J - 1) * (1 - 2 * FO2))
```

DP=D2:CPP=CP2

GOTOCONTEO

ULTIMO:

IF I-NUC THEN GOTO CONVEXA

GOTOCORK2K3

CONK1K2:

F02=(DTA*K2)/(D2*X3^2*CP2)

V1=KE1:V2=K2

REM CONDICION DE ESTABILIDAD EN 3

CONEST3=1/(V1+V2)

REM TEMPERATURA PARA 2 MATERIALES DE CONDUCTIVIDADES K1,K2 Y
K2,K3

FOP=(2*FOE1*F02)/(F02*V1+FOE1*V2)

DP=DE1:CPP=CPE1

IF CONEST3:FOP THEN GOTO FIN3

CONK2K3:

T*(I,J)=(FOP*V1*T*(I-1,J-1))+(FOP*V2*T*(I+1,J-1))+T*(I,J-1)*(1
V1*FOP-V2*FOP)

GOTOCONTEO

CORK2K3:

REM SUBROUTINA QUE CALCULA LAS PROPIEDADES Y CALCULA LA
TEMPERATURA EN UN INSTANTE POSTERIOR PARA UN MATERIAL
COMPUESTO

K3E=(5*K2*K3)/((4*K3)+K2):D3E=((4*D2)+D3)/5

CP3E=((D2*4*CP2)+(CP3*D3))/(5*D3E)

V1=K2:V2=K3E

F03E=(DTA*K3E)/(D3E*X3^2*CP3E):FOP=(2*F02*F03E)/(F03E*V1+F02*V2)

REM CONDICION DE ESTABILIDAD 4

CONEST4=1/(V1+V2)

IF CONEST4:FOP THEN GOTO FIN4

DP=D3E:CPP=CP3E

GOTOCONF2K3

CONVEXA.

 REM CALCULO DE LA TEMPERATURA PARA LA PARED EXTERNA DEL
 RECUBRIMIENTO

 $TPEL=(T*(NUC,J-1)+TAMB)/2$

IF I=0 THEN GOTO NOCONVEC

$DTEMP=T*(NUC-1,J-1)-TAMB$

IF DTEMP=0 THEN GOTO NOCONVEC

$FI=(8.994*10^{-17})*TPEL^{(-4.1099)}XI=FI*DTEMP*LGTI^3$

IF $(XI*10^{-9})$ THEN GOTO COEFLAM

IF $(XI*10^{-12})$ THEN GOTO AVISO

REM FLUJO CONVECTIVO TURBULENTO

$HAS=1.1682*1.13*DTEMP^{.333}$

GOTOTEMPCONVEX

COEFLAM:

REM

REM FLUJO CONVECTIVO LAMINAR

$HAS=1.4836*((DTEMP/LGTI)^{.25})$

TEMPCONVEX

$B2=(HAS*X3)/K3E$

REM CONDICION DE ESTABILIDAD 5

$CONEST5=F03E*(1+B2)$

IF CONEST5 > 5 THEN GOTO FIN5

$T*(I,J)=(2*F03E*B2*TAMB)+(2*F03E*T*(I-1,J-1))+(T*(J,J-1)*(1+2*F03E*(1+B2)))$

$QHA=DTA*HAS*ATCONVA*(T*(NUC,J)-TAMB)$

$QHAS=QHAS+QHA$

GOTOCONTEO

NOCONVEC.

$T*(I,J)=TAMB$

CONTEO

 REM ENERGIA INTERNA ACUMULADA EN LA PARED COMPUESTA.

IF I=0 THEN SALTAEI

EI=DP*CPP*AT(I)*X3*(T*(I,J)-T*(I,J-1)).SEI=SEI+EI

SALTAEI

NEXT I

QPEI=(KEI*ATOX*(T*(0,J)-T*(1,J)))/X3

QPEX=QTOP

LPRINT,LPRINT,QPEX,QTOP",QPEX,QTOP

LGT=LGT-DAH

IF ((LGT/LGTI).= 75) THEN LGT=LGTI

TW=T*(0,J)

IF (J=NIT) THEN GOTO IMPSAL2

NEXT J

IMPSAL:

TTPG=TJ*(J)

QEV=QT+QHAS+SEI+QTOPT+QCTIS:MVT=QEV/(XV*HFG*10³)

PRINT,PRINT "CALOR TOTAL NECESARIO: QEV.MASA TOTAL DE VAPOR: MVT "

PRINT,PRINT QEV,MVT

GOTO IMPRESALI

IMPSAL2:

FLAG5 = 5-TFI-TF*(J)

IMPRESALI:

REM SUBROUTINA IMPRESION DE RESULTADOS:

OPEN ARCHSALHS FOR OUTPUT AS #1

ENCABTAB:

PRINT#1, SPC(40)"SIMULACION",PRINT#1,SPC(47) "DEL "

PRINT#1, SPC(20)"CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO"

TABLA41:

PRINT#1, SPC(10)"TABLA A.4.1.a. RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA PRIMERA CONDICION."

PRINT#1, "HF(J) - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL TANQUE "

PRINT#1, "UTET(J) - PRODUCTO DEL AREA * COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR."


```

PRINT#1,"TF(J) - TEMPERATURA DEL FLUIDO."
PRINT#1,"KW(J) - POTENCIA INSTANTANEA"
PRINT#1, TIEMPO      HF(J)   UTET(J)   KW(J)   TF(J)

PUS= *****
****

FOR J=2 TO NIT STEP 30
PRINT#1,SPC(5) USING PUS, TJ*(J),HF*(J),UTET*(J),KW*(J),TF*(J)
NEXT J
CLOSE#1
OPEN ARCHSALT$ FOR OUTPUT AS #1
PES= *****
*****

PRINT#1, SPC(40)"SIMULACION"
PRINT#1, SPC(47)"DEL"
PRINT#1, SPC(20)"CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO"
PRINT#1, SPC(10)"TABLA A.4.2 a : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 1ra Condición."
PRINT#1, SPC(10)"T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA."
PRINT#1, SPC(10)"X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M)."
PRINT#1, "TIEMPO  X=0  X=01  X=02  X=03  X=04  X=05  X=06 "
FOR J=2 TO NIT STEP 30
PRINT#1, USING PES, TJ*(J),T*(0,J),T*(1,J),T*(2,J),T*(3,J),T*(4,J),T*(5,J),T*(6,J)

NEXT J
CLOSE#1
OPEN ARCHSALT1$ FOR OUTPUT AS #1
PRINT#1, SPC(20)"CONTINUA TABLA 4.2"
PRINT#1, "TIEMPO  X=07  X=08  X=09  X=10  X=11  X=12  X=13 "

FOR J=2 TO NIT STEP 30
PRINT#1,SPC(2)
USING PES, TJ*(J),T*(7,J),T*(8,J),T*(9,J),T*(10,J),T*(11,J),T*(12,J),T*(13,J)
NEXT J

```

```

PRINT#1 ,SPC(10) USING "CALOR ENTREGADO AL SISTEMA(JULS !
*****",QEV
PRINT#1 ,SPC(10) USING "FLUJO DE VAPOR :(KG/HR)... *****",MVT
CLOSE #1
REM ARCHIVO DE UTET, HF, KW, TF
OPEN ACGT$ FOR OUTPUT AS #1
FOR J=2 TO NIT STEP 30:PRINT#1,USING "*****",UTET*(J)
NEXT J:CLOSE 1
OPEN ACTA$ FOR OUTPUT AS #1
FOR J=2 TO NIT STEP 30:PRINT#1,USING "*****",HF*(J)
NEXT J:CLOSE 1
OPEN POINS$ FOR OUTPUT AS #1
FOR J=2 TO NIT STEP 30:PRINT#1,USING "****",KW*(J)
NEXT J:CLOSE 1
OPEN TAIN$ FOR OUTPUT AS #1
FOR J=2 TO NIT STEP 30:PRINT#1,USING "****",TF*(J)
NEXT J:CLOSE 1
OPEN TIEP$ FOR OUTPUT AS #1
FOR J=2 TO NIT STEP 30:PRINT#1,USING "*****",TJ*(J)
NEXT J:CLOSE 1
OPEN POSEV$ FOR OUTPUT AS #1
FOR I=0 TO NUC
  POSI*(I)=I*X3
  PRINT#1,USING"*.***",POSI*(I)
NEXT I:CLOSE 1
REM ARCHIVO DE TEMPERATURA PARA GRAFICAR (PARED COMPUESTA)
FOR XN=1 TO 4
  TXI=(TTPG*XN):4
  FOR J=1 TO NIT
    IF TXI <= TJ*(J) THEN GOTO SIGIT
  NEXT J
  SIGIT
  TXI=TJ*(J)/DTA
  IF XN=1 THEN GOSUB IMP1
  IF XN=2 THEN GOSUB IMP2

```

```

IF XN=3 THEN GOSUB IMP3
IF XN=4 THEN GOSUB IMP4
GOTO KNEST
IMP4:
OPEN T4PCS FOR OUTPUT AS #1
FOR I=0 TO NUC
TPARED*(I)=T*(I, TXI-1)
PRINT#1, USING "###.###", TPARED*(I)
NEXT I:CLOSE 1
RETURN
KNEST
NEXT XN
IF FLAG5=5 THEN GOTO RECOPROG
GOTO FEND
IMP1:
OPEN T1PCS FOR OUTPUT AS #1
FOR I=0 TO NUC
TPARED*(I)=T*(I, TXI)
PRINT#1, USING "###.###", TPARED*(I)
NEXT I:CLOSE 1
RETURN
IMP2:
OPEN T2PCS FOR OUTPUT AS #1
FOR I=0 TO NUC TPARED*(I)=T*(I, TXI)
PRINT#1, USING "###.###", TPARED*(I)
NEXT I:CLOSE 1
RETURN
IMP3:
OPEN T3PCS FOR OUTPUT AS #1
FOR I=0 TO NUC TPARED*(I)=T*(I, TXI)
PRINT#1, USING "###.###", TPARED*(I)
NEXT I:CLOSE 1
RETURN
FEND:
END

```



BIBLIOTECA



```

FIN1:
PRINT:PRINT " NO HAY ESTABILIDAD EN 1";
GOTO FEND
FIN2:
PRINT:PRINT " NO HAY ESTABILIDAD EN 2";
GOTO FEND
FIN3:
PRINT:PRINT " NO HAY ESTABILIDAD EN 3";
GOTO FEND
FIN4:
PRINT:PRINT " NO HAY ESTABILIDAD EN 4";
GOTO FEND
FIN5:
PRINT:PRINT " NO HAY ESTABILIDAD EN 5";
GOTO FEND

```

```

*****REM DATOS PARA DISTDTEMP*****

```

```

DATA 13,010
DATA 427,2.8203,2100,6,.85
DATA 7.95,0376,105
DATA 434.63,9.7832
DATA 875,177,2770
DATA 1900, 5,298,1400
DATA 2,1,2,15

```

```

*****REM DATOS PARA INTERPOLAR PROPIEDADES DEL CONDENSADO:TL,DL,KL,CPL,VL,PRL
*****

```

```

DATA 350,973,71,668,4,195,000365,2,29
DATA 360,967,11,674,4,203,000324,2,02
DATA 370,960,61,679,4,214,000289,1,8
DATA 380,953,28,683,4,217,00026,1,65

```

DATA 390 945 17 686 4 226 000237 1 47
 DATA 400 937 2 688 4 239 000217 1 34
 DATA 410 928 5 688 4 256 0002 1 24
 DATA 420 919 11 688 4 278 000185 1 16
 DATA 430 909 92 685 4 331 000173 1 09

REM DATOS PARA PROGRAMA QUE CALCULA LA CURVA DE CONDUCTANCIA Y

REM TEMPERATURA FINAL.

REM ORDEN DE LAS PROPIEDADES PARA EL ACEITE SON: IF,DF,CPF,VF,IF

DATA 280 895 3 1 827 2 17 144

DATA 290 890 1 868 999 145

DATA 300 884 1 909 486 145

DATA 310 877 9 1 951 253 145

DATA 320 871 8 1 993 141 143

DATA 330 865 8 2 035 0836 141

DATA 340 859 9 2 076 0531 139

DATA 350 853 9 2 118 0356 138

DATA 360 847 8 2 161 0252 138

DATA 370 841 8 2 206 0186 137

DATA 380 836 2 25 0141 136

DATA 390 830 5 2 294 011 135

DATA 400 825 1 2 337 00874 134

DATA 410 818 9 2 381 00698 133

DATA 420 812 2 427 00564 133

DATA 430 806 5 2 471 00470 132

DATA 17 875 1 6 3 004 03 002 025 1

DATA 298 393

DATA 250 1 3947 00001596 0223 72 00383

DATA 300 1 1614 00001846 0263 707 00365

DATA 350 995 00002082 03 7 00288

DATA 400 5711 00002301 035 69 00252

GOTO FEND.

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO
TABLA A.4.1.a.: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA 1ra.
CONDICION.

HF(J) - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL TANQUE.
UTET(J) - PRODUCTO DEL AREA * COEFICIENTE GLOBAL DE
TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR.
TF(J) - TEMPERATURA DEL FLUIDO.
KW(J) - POTENCIA INSTANTANEA

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|-----------------|-----------------|------------------|--------|---------|
| 1.000 | 683.538 | 3 182.890 | 17.9 1 | 298.06 |
| 16.000 | 654.235 | 2952.844 | 17.44 | 299.99 |
| 31.000 | 663.769 | 2924.7 17 | 17.19 | 30 1.86 |
| 46.000 | 674.354 | 2900.101 | 16.93 | 303.69 |
| 61.000 | 686.353 | 2879.8 19 | 16.65 | 305.46 |
| 76.000 | 700.06 1 | 2864.308 | 16.36 | 307.19 |
| 91.000 | 7 15.905 | 2854.28 1 | 16.05 | 308.88 |
| 106.000 | 730.660 | 2840.0 10 | 15.76 | 3 10.54 |
| 121.000 | 738.360 | 2805.65 1 | 15.58 | 312.15 |
| 136.000 | 746.854 | 2774.064 | 15.39 | 313.71 |
| 151.000 | 756.248 | 2745.297 | 15.20 | 3 15.23 |
| 166.000 | 766.660 | 27 19.409 | 15.00 | 316.71 |
| 181.000 | 778.247 | 2696.537 | 14.78 | 318.15 |
| 196.000 | 791.222 | 2676.902 | 14.56 | 3 19.55 |
| 2 11.000 | 800.426 | 2648.122 | 14.40 | 320.92 |
| 226.000 | 807.645 | 2615.165 | 14.27 | 322.25 |
| 241.000 | 8 15.322 | 2583.856 | 14.14 | 323.55 |
| 256.000 | 823.492 | 2554.157 | 14.01 | 324.80 |
| 271.000 | 832.199 | 2526.05 1 | 13.88 | 326.03 |
| 286.000 | 84 1.496 | 2499.53 1 | 13.74 | 327.22 |
| 301.000 | 85 1.447 | 2474.608 | 13.60 | 328.39 |
| 316.000 | 862.131 | 245 1.3 18 | 13.45 | 329.52 |
| 331.000 | 870.323 | 2423.29 1 | 13.34 | 330.63 |
| 346.000 | 876.35 1 | 239 1.605 | 13.25 | 331.71 |
| 361.000 | 882.59 1 | 2360.95 1 | 13.17 | 332.76 |
| 374.000 | 889.048 | 233 1.287 | 13.08 | 333.78 |
| 391.000 | 895.734 | 2302.58 1 | 12.99 | 334.77 |
| 406.000 | 902.659 | 2274.799 | 12.9 1 | 335.74 |
| 421.000 | 909.837 | 2247.9 14 | 12.82 | 336.69 |

**SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO
TABLA A.4.1.a. RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA 1ra.
CONDICION.**

- HF(J)** - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL TANQUE.
UTET(J) - PRODUCTO DEL AREA * COEFICIENTE GLOBAL DE
 TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR.
TF(J) - TEMPERATURA DEL FLUIDO.
KW(J) - POTENCIA INSTANTANEA

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|---------|----------|----------|-------|--------|
| 436.000 | 917.283 | 2221.903 | 12.73 | 337.61 |
| 451.000 | 925.012 | 2196.743 | 12.64 | 338.51 |
| 466.000 | 933.045 | 2172.419 | 12.55 | 339.39 |
| 481.000 | 940.459 | 2147.443 | 12.47 | 340.25 |
| 496.000 | 945.722 | 2119.564 | 12.42 | 341.08 |
| 511.000 | 951.062 | 2092.340 | 12.36 | 341.90 |
| 526.000 | 956.479 | 2065.748 | 12.31 | 342.70 |
| 541.000 | 961.976 | 2039.764 | 12.25 | 343.48 |
| 556.000 | 967.552 | 2014.366 | 12.20 | 344.23 |
| 571.000 | 973.212 | 1989.535 | 12.14 | 344.97 |
| 586.000 | 978.956 | 1965.251 | 12.09 | 345.70 |
| 601.000 | 984.786 | 1941.496 | 12.03 | 346.40 |
| 616.000 | 990.706 | 1918.252 | 11.98 | 347.10 |
| 631.000 | 996.717 | 1895.504 | 11.92 | 347.77 |
| 646.000 | 1002.823 | 1873.237 | 11.87 | 348.43 |
| 661.000 | 1009.028 | 1851.437 | 11.82 | 349.08 |
| 676.000 | 1015.333 | 1830.089 | 11.76 | 349.71 |
| 691.000 | 1020.658 | 1807.891 | 11.72 | 350.33 |
| 706.000 | 1025.051 | 1784.980 | 11.68 | 350.93 |
| 721.000 | 1029.451 | 1762.493 | 11.65 | 351.52 |
| 736.000 | 1033.861 | 1740.416 | 11.62 | 352.10 |
| 751.000 | 1038.278 | 1718.736 | 11.58 | 352.66 |
| 766.000 | 1042.703 | 1697.443 | 11.55 | 353.22 |
| 781.000 | 1047.137 | 1676.527 | 11.52 | 353.76 |
| 796.000 | 1051.577 | 1655.973 | 11.49 | 354.29 |
| 811.000 | 1056.026 | 1635.775 | 11.46 | 354.80 |
| 826.000 | 1060.483 | 1615.921 | 11.43 | 355.31 |
| 841.000 | 1064.947 | 1596.402 | 11.39 | 355.81 |
| 856.000 | 1069.419 | 1577.208 | 11.36 | 356.29 |

**SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO**
**TABLA A.4.1.a.: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA 1ra.
CONDICION.**

HF(J) - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL TANQUE.
UTET(J) - PRODUCTO DEL AREA * COEFICIENTE GLOBAL DE
TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR.
TF(J) - TEMPERATURA DEL FLUIDO.
KW(J) - POTENCIA INSTANTANEA

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|---------------|--------------|----------------|--------------|--------------|
| 871.000 | 1073.899 | 1558.332 | 11.33 | 356.77 |
| 886.000 | 1078.386 | 1539.765 | 11.30 | 357.24 |
| 901.000 | 1082.882 | 1521.499 | 11.27 | 357.69 |
| 916.000 | 1087.240 | 1503.393 | 11.24 | 358.14 |
| 931.000 | 1091.463 | 1485.450 | 11.21 | 358.58 |
| 946.000 | 1095.690 | 1467.794 | 11.18 | 359.01 |
| 961.000 | 1099.920 | 1450.418 | 11.15 | 359.43 |
| 976.000 | 1104.154 | 1433.313 | 11.12 | 359.85 |
| 991.000 | 1107.461 | 1415.690 | 11.10 | 360.25 |
| 1006.000 | 1110.209 | 1397.896 | 11.08 | 360.65 |
| 1021.000 | 1112.942 | 1380.394 | 11.06 | 361.04 |
| 1036.000 | 1115.660 | 1363.179 | 11.04 | 361.42 |
| 1051.000 | 1118.362 | 1346.242 | 11.03 | 361.80 |
| 1066.000 | 1121.050 | 1329.577 | 11.01 | 362.17 |
| 1081.000 | 1123.722 | 1313.178 | 10.99 | 362.53 |
| 1096.000 | 1126.379 | 1297.039 | 10.97 | 362.88 |
| 1111.000 | 1129.021 | 1281.152 | 10.96 | 363.23 |
| 1126.000 | 1131.647 | 1265.514 | 10.94 | 363.57 |
| 1141.000 | 1134.259 | 1250.117 | 10.92 | 363.90 |
| 1156.000 | 1136.855 | 1234.957 | 10.90 | 364.23 |
| 1171.000 | 1139.437 | 1220.028 | 10.89 | 364.55 |
| 1186.000 | 1142.003 | 1205.326 | 10.87 | 364.86 |
| 1201.000 | 1144.554 | 1190.845 | 10.85 | 365.17 |
| 1216.000 | 1147.090 | 1176.580 | 10.84 | 365.48 |
| 1231.000 | 1149.611 | 1162.526 | 10.82 | 365.77 |
| 1246.000 | 1152.118 | 1148.681 | 10.81 | 366.07 |
| 1261.000 | 1154.609 | 1135.037 | 10.79 | 366.35 |
| 1276.000 | 1157.085 | 1121.593 | 10.78 | 366.64 |
| 1291.000 | 1159.546 | 1108.343 | 10.76 | 366.91 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO
TABLA A.4.1.a.: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA 1ra.
CONDICION.

HF(J) - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL TANQUE.
UTET(J) - PRODUCTO DEL AREA * COEFICIENTE GLOBAL DE
 TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR.
TF(J) - TEMPERATURA DEL FLUIDO.
KW(J) - POTENCIA INSTANTANEA

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|----------|----------|----------|-------|---------------|
| 1306.000 | 1161.992 | 1095.284 | 10.75 | 367.19 |
| 1321.000 | 1164.424 | 1082.411 | 10.73 | 367.45 |
| 1336.000 | 1166.841 | 1069.722 | 10.72 | 367.72 |
| 1351.000 | 1169.243 | 1057.211 | 10.70 | 367.98 |
| 1366.000 | 1171.630 | 1044.877 | 10.69 | 368.23 |
| 1381.000 | 1174.002 | 1032.715 | 10.67 | 368.48 |
| 1396.000 | 1176.359 | 1020.721 | 10.66 | 368.73 |
| 1411.000 | 1178.703 | 1008.894 | 10.65 | 368.97 |
| 1426.000 | 1181.031 | 997.228 | 10.63 | 369.20 |
| 1441.000 | 1183.345 | 985.723 | 10.62 | 369.44 |
| 1456.000 | 1223.595 | 4938.968 | 10.58 | 370.19 |
| 1471.000 | 1253.921 | 4891.206 | 10.53 | 371.32 |
| 1486.000 | 1279.705 | 4845.270 | 10.48 | 372.41 |
| 1501.000 | 1303.366 | 4801.059 | 10.44 | 373.46 |
| 1516.000 | 1310.461 | 4758.479 | 10.39 | 374.48 |
| 1531.000 | 1317.608 | 4717.448 | 10.34 | 375.47 |
| 1546.000 | 1324.805 | 4677.886 | 10.30 | 376.42 |
| 1561.000 | 1332.051 | 4639.718 | 10.26 | 377.35 |
| 1576.000 | 1339.346 | 4602.879 | 10.21 | 378.24 |
| 1591.000 | 1346.690 | 4567.290 | 10.17 | 379.11 |
| 1606.000 | 1354.081 | 4532.906 | 10.13 | 379.96 |
| 1621.000 | 1359.569 | 4495.686 | 10.09 | 380.77 |
| 1636.000 | 1364.935 | 4459.371 | 10.06 | 381.57 |
| 1651.000 | 1370.289 | 4424.141 | 10.04 | 382.37 |
| 1666.000 | 1375.629 | 4389.950 | 10.01 | 383.09 |
| 1681.000 | 1380.954 | 4356.753 | 9.98 | 383.81 |
| 1696.000 | 1386.265 | 4324.504 | 9.95 | 384.52 |
| 1711.000 | 1391.341 | 4292.753 | 9.92 | 385.20 |
| 1726.000 | 1396.372 | 4261.834 | 9.90 | 385.87 |

BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO
TABLA A.4.1.a.: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA 1ra.
CONDICION.

- HF(J) - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL TANQUE.
 UTET(J) - PRODUCTO DEL AREA * COEFICIENTE GLOBAL DE
 TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR.
 TF(J) - TEMPERATURA DEL FLUIDO.
 KW(J) - POTENCIA INSTANTANEA

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|-----------|-----------|-----------|-------|---------------|
| 1741.000 | 1401.380 | 423 1.759 | 9.87 | 386.52 |
| 1756.000 | 1406.366 | 4202.494 | 9.84 | 387.15 |
| 1771.000 | 1411.330 | 4 174.008 | 9.82 | 387.77 |
| 1786.000 | 1416.27 1 | 4 146.273 | 9.79 | 388.36 |
| 1801.000 | 1421.190 | 4 119.238 | 9.77 | 388.95 |
| 1816.000 | 1426.086 | 4092.940 | 9.74 | 389.5 1 |
| 1831.000 | 1430.822 | 4067.053 | 9.72 | 390.07 |
| 1846.000 | 1434.527 | 4040.065 | 9.70 | 390.60 |
| 186 1.000 | 1438.199 | 40 13.739 | 9.68 | 391.13 |
| 1876.000 | 1441.839 | 3988.048 | 9.67 | 39 1.64 |
| 1891.000 | 1445.446 | 3962.972 | 9.65 | 392.14 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO
TABLA A.4.1b.: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA
SEGUNDA CONDICION.

- HF(J) - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL
TANQUE.(Jul/seg m² °K)
- UTET(J) - PRODUCTO DEL AREA *COEFICIENTE GLOBAL DE
TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR (Jul(seg °K).
- TF(J) - TEMPERATURA DEL FLUIDO (°K).
- KW(J) - POTENCIA INSTANTANEA (KW).

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|---------|---------|-----------|-------|--------|
| 1.000 | 592.954 | 29 15.548 | 7.26 | 298.05 |
| 16.000 | 545.094 | 2564.567 | 7.08 | 299.83 |
| 31.000 | 552.977 | 2541.230 | 6.98 | 301.56 |
| 46.000 | 560.706 | 2517.390 | 6.89 | 303.25 |
| 61.000 | 569.208 | 2496.241 | 6.79 | 304.89 |
| 76.000 | 578.205 | 2476.615 | 6.68 | 306.49 |
| 91.000 | 588.592 | 2461.229 | 6.57 | 308.05 |
| 106.000 | 600.686 | 2450.630 | 6.44 | 309.59 |
| 121.000 | 608.243 | 2425.408 | 6.36 | 311.08 |
| 136.000 | 614.002 | 2395.077 | 6.29 | 312.54 |
| 151.000 | 620.336 | 2366.930 | 6.22 | 313.95 |
| 166.000 | 627.299 | 2340.957 | 6.15 | 315.33 |
| 181.000 | 634.968 | 2317.187 | 6.08 | 316.68 |
| 196.000 | 643.440 | 2295.694 | 6.00 | 317.99 |
| 211.000 | 652.839 | 2276.608 | 5.92 | 319.27 |
| 226.000 | 660.840 | 2253.774 | 5.85 | 320.52 |
| 241.000 | 665.892 | 2223.735 | 5.80 | 321.74 |
| 256.000 | 671.243 | 2194.972 | 5.76 | 322.93 |
| 271.000 | 676.911 | 2167.459 | 5.71 | 324.08 |
| 286.000 | 682.725 | 2140.729 | 5.66 | 325.21 |
| 301.000 | 688.788 | 2114.968 | 5.61 | 326.31 |
| 316.000 | 695.265 | 2090.488 | 5.56 | 327.38 |
| 331.000 | 702.195 | 2067.279 | 5.51 | 328.42 |
| 346.000 | 709.622 | 2045.344 | 5.45 | 329.44 |
| 361.000 | 715.719 | 2020.806 | 5.41 | 330.44 |
| 376.000 | 719.704 | 1992.340 | 5.38 | 331.41 |
| 391.000 | 723.836 | 1964.742 | 5.35 | 332.36 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO
TABLA A.4.1.b.: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA
SEGUNDA CONDICION.

- HF(J)** - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL TANQUE.(Jul/seg m² °K)
UTET(J) - PRODUCTO DEL AREA *COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR (Jul(seg °K).
TF(J) - TEMPERATURA DEL FLUIDO (°K).
KW(J) - POTENCIA INSTANTANEA (KW).

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|---------|---------|----------|-------|--------|
| 406.000 | 728.116 | 1937.972 | 5.32 | 333.28 |
| 421.000 | 732.548 | 1911.997 | 5.29 | 334.18 |
| 436.000 | 737.137 | 1886.785 | 5.26 | 335.06 |
| 451.000 | 741.887 | 1862.308 | 5.22 | 335.92 |
| 466.000 | 746.805 | 1838.539 | 5.19 | 336.75 |
| 481.000 | 751.896 | 1815.456 | 5.16 | 337.57 |
| 496.000 | 757.170 | 1793.037 | 5.13 | 338.37 |
| 511.000 | 762.636 | 1771.266 | 5.10 | 339.15 |
| 526.000 | 768.302 | 1750.125 | 5.06 | 339.92 |
| 541.000 | 772.053 | 1726.171 | 5.04 | 340.66 |
| 556.000 | 775.588 | 1702.319 | 5.02 | 341.39 |
| 571.000 | 779.172 | 1678.988 | 5.00 | 342.10 |
| 586.000 | 782.805 | 1656.162 | 4.98 | 342.80 |
| 601.000 | 786.486 | 1633.821 | 4.96 | 343.47 |
| 616.000 | 790.217 | 1611.949 | 4.94 | 344.14 |
| 631.000 | 793.997 | 1590.528 | 4.93 | 344.79 |
| 646.000 | 797.826 | 1569.545 | 4.91 | 345.42 |
| 661.000 | 801.705 | 1548.983 | 4.89 | 346.04 |
| 676.000 | 805.635 | 1528.831 | 4.87 | 346.65 |
| 691.000 | 809.617 | 1509.074 | 4.85 | 347.24 |
| 706.000 | 813.650 | 1489.700 | 4.83 | 347.82 |
| 721.000 | 817.737 | 1470.697 | 4.81 | 348.39 |
| 736.000 | 821.877 | 1452.056 | 4.79 | 348.95 |
| 751.000 | 826.072 | 1433.764 | 4.77 | 349.49 |
| 766.000 | 830.248 | 1415.719 | 4.76 | 350.03 |
| 781.000 | 833.113 | 1396.383 | 4.74 | 350.55 |
| 796.000 | 835.980 | 1377.387 | 4.73 | 351.06 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO
TABLA A.4.1.b.: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA
SEGUNDA CONDICION.

- HF(J) - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL
TANQUE.(Jul/seg m² °K)
- UTET(J) - PRODUCTO DEL AREA *COEFICIENTE GLOBAL DE
TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR (Jul(seg °K).
- TF(J) - TEMPERATURA DEL FLUIDO (°K).
- KW(J) - POTENCIA INSTANTANEA (KW).



| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|----------|---------|----------|-------|--------|
| 811.000 | 838.848 | 1358.725 | 4.72 | 351.56 |
| 826.000 | 841.716 | 1340.387 | 4.71 | 352.06 |
| 841.000 | 844.586 | 1322.364 | 4.70 | 352.54 |
| 856.000 | 847.456 | 1304.647 | 4.69 | 353.01 |
| 871.000 | 850.326 | 1287.229 | 4.68 | 353.47 |
| 886.000 | 853.196 | 1270.101 | 4.66 | 353.92 |
| 901.000 | 856.066 | 1253.256 | 4.65 | 354.36 |
| 916.000 | 858.935 | 1236.688 | 4.64 | 354.79 |
| 931.000 | 861.804 | 1220.388 | 4.63 | 355.22 |
| 946.000 | 864.671 | 1204.351 | 4.62 | 355.63 |
| 961.000 | 867.537 | 1188.568 | 4.61 | 356.04 |
| 976.000 | 870.402 | 1173.036 | 4.60 | 356.44 |
| 991.000 | 873.265 | 1157.747 | 4.59 | 356.83 |
| 1006.000 | 876.127 | 1142.696 | 4.58 | 357.22 |
| 1021.000 | 878.940 | 1127.834 | 4.57 | 357.60 |
| 1036.000 | 881.653 | 1113.110 | 4.56 | 357.97 |
| 1051.000 | 884.362 | 1098.611 | 4.55 | 358.33 |
| 1066.000 | 887.066 | 1084.333 | 4.54 | 358.69 |
| 1081.000 | 889.765 | 1070.271 | 4.53 | 359.04 |
| 1096.000 | 892.459 | 1056.422 | 4.52 | 359.38 |
| 1111.000 | 895.149 | 1042.778 | 4.51 | 359.71 |
| 1126.000 | 897.703 | 1029.232 | 4.50 | 360.04 |
| 1141.000 | 899.413 | 1015.224 | 4.50 | 360.37 |
| 1156.000 | 901.112 | 1001.440 | 4.49 | 360.69 |
| 1171.000 | 902.799 | 987.875 | 4.48 | 361.00 |
| 1186.000 | 904.474 | 974.525 | 4.48 | 361.30 |
| 1201.000 | 906.137 | 961.384 | 4.47 | 361.60 |



**SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO
TABLA A.4.1.b.: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA
SEGUNDA CONDICION.**

- HF(J)** - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL TANQUE.(Jul/seg m² °K)
UTET(J) - PRODUCTO DEL AREA "COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR (Jul(seg °K).
TF(J) - TEMPERATURA DEL FLUIDO (°K).
KW(J) - POTENCIA INSTANTANEA (KW).

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|----------|----------|----------|-------|--------|
| 1216.000 | 907.788 | 948.449 | 4.47 | 361.90 |
| 1231.000 | 909.427 | 935.714 | 4.46 | 362.19 |
| 1246.000 | 911.053 | 923.176 | 4.45 | 362.47 |
| 1261.000 | 912.668 | 910.832 | 4.45 | 362.75 |
| 1276.000 | 914.271 | 898.675 | 4.44 | 363.02 |
| 1291.000 | 915.861 | 886.704 | 4.44 | 363.29 |
| 1306.000 | 917.440 | 874.913 | 4.43 | 363.56 |
| 1321.000 | 919.006 | 863.300 | 4.43 | 363.81 |
| 1336.000 | 920.561 | 851.862 | 4.42 | 364.07 |
| 1351.000 | 922.104 | 840.593 | 4.42 | 364.32 |
| 1366.000 | 923.634 | 829.492 | 4.41 | 364.56 |
| 1381.000 | 961.28 | 4246.621 | 4.40 | 365.03 |
| 1396.000 | 983.032 | 4200.687 | 4.38 | 366.25 |
| 1411.000 | 1002.026 | 4155.646 | 4.35 | 367.43 |
| 1426.000 | 1020.017 | 4112.437 | 4.32 | 368.58 |
| 1441.000 | 1051.174 | 4070.963 | 4.30 | 369.68 |
| 1456.000 | 1056.789 | 4026.793 | 4.28 | 370.76 |
| 1471.000 | 1061.768 | 3982.383 | 4.26 | 371.80 |
| 1486.000 | 1066.794 | 3939.445 | 4.24 | 372.80 |
| 1501.000 | 1071.867 | 3897.905 | 4.22 | 373.78 |
| 1516.000 | 1076.984 | 3857.689 | 4.21 | 374.73 |
| 1531.000 | 1082.145 | 3818.733 | 4.19 | 375.65 |
| 1546.000 | 1087.349 | 3780.975 | 4.17 | 376.54 |
| 1561.000 | 1092.594 | 3744.357 | 4.15 | 377.40 |
| 1576.000 | 1097.881 | 3708.829 | 4.14 | 378.25 |
| 1591.000 | 1103.209 | 3674.341 | 4.12 | 379.07 |
| 1606.000 | 1108.578 | 3640.851 | 4.10 | 379.86 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO
TABLA A.4.1.b.: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA
SEGUNDA CONDICION.

- HF(J)** - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL
TANQUE.(Jul/seg m² QK)
- UTET(J)** - PRODUCTO DEL AREA *COEFICIENTE GLOBAL DE
TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR (Jul(seg °K).
- TF(J)** - TEMPERATURA DEL FLUIDO (°K).
- KW(J)** - POTENCIA INSTANTANEA (KW).

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|----------|-----------|------------|-------|---------|
| 1621.000 | 11 12.676 | 3605.496 | 4.09 | 380.64 |
| 1636.000 | 11 16.492 | 3570.484 | 4.08 | 381.39 |
| 1651.000 | 1120.306 | 3536.389 | 4.07 | 382.12 |
| 1666.000 | 1124.115 | 3503.172 | 4.06 | 382.84 |
| 1681.000 | 1127.919 | 3470.792 | 4.05 | 383.53 |
| 1696.000 | 1131.718 | 3439.222 | 4.04 | 384.21 |
| 1711.000 | 1135.510 | 3408.424 | 4.03 | 384.87 |
| 1726.000 | 1139.296 | 3378.372 | 4.02 | 385.51 |
| 1741.000 | 1143.076 | 3349.035 | 4.01 | 386.14 |
| 1756.000 | 1146.848 | 3320.386 | 4.00 | 386.75 |
| 1771.000 | 1150.612 | 3292.401 | 3.99 | 387.34 |
| 1786.000 | 1 154.370 | 3265.056 | 3.98 | 387.92 |
| 1801.000 | 1158.118 | 3238.327 | 3.97 | 388.49 |
| 1816.000 | 1161.859 | 32 12.194 | 3.96 | 389.04 |
| 1831.000 | 1165.592 | 3 186.632 | 3.95 | 389.59 |
| 1846.000 | 1169.121 | 3 16 1.279 | 3.94 | 390.11 |
| 1861.000 | 1171.939 | 3 135.234 | 3.93 | 390.63 |
| 1876.000 | 1174.739 | 3 109.741 | 3.92 | 391.14 |
| 1891.000 | 1177.522 | 3084.781 | 3.92 | 39 1.63 |
| 1906.000 | 1180.316 | 3059.456 | 3.91 | 392.14 |
| 1921.000 | 1183.316 | 3034.239 | 3.90 | 392.65 |
| 1936.000 | 1185.899 | 3009.012 | 3.90 | 393.15 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.1.c.: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA
TERCERA CONDICION.

| | |
|----------------|---|
| HF(J) | - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL TANQUE. (Jul/m ² seg °K) |
| UTET(J) | - PRODUCTO DEL AREA *COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR (Jul/seg °K). |
| TF(J) | - TEMPERATURA DEL FLUIDO.(Jul/seg °K) |
| KW(J) | - POTENCIA INSTANTANEA(Kw) |

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|-----------------|-----------|------------|-------|---------|
| 1.000 | 592.954 | 29 15.548 | 7.26 | 298.05 |
| 16.000 | 545.094 | 2564.567 | 7.08 | 299.83 |
| 31.000 | 552.977 | 254 1.230 | 6.98 | 30 1.56 |
| 46.000 | 560.706 | 25 17.390 | 6.89 | 303.25 |
| 61.000 | 569.208 | 2496.24 1 | 6.79 | 304.89 |
| 76.000 | 578.205 | 2476.6 15 | 6.68 | 306.49 |
| 91.000 | 588.592 | 246 1.229 | 6.57 | 308.05 |
| 106.000 | 600.686 | 2450.630 | 6.44 | 309.59 |
| 12 1.000 | 608.243 | 2425.408 | 6.36 | 311.08 |
| 136.000 | 6 14.002 | 2395.077 | 6.29 | 3 12.54 |
| 151.000 | 620.336 | 2366.930 | 6.22 | 3 13.95 |
| . 166.000 | 627.299 | 2340.957 | 6.15 | 3 15.33 |
| 181.000 | 634.968 | 2317.187 | 6.08 | 3 16.68 |
| 196,000 | 643.440 | 2295.694 | 6.00 | 3 17.99 |
| 2 11.000 | 652.839 | 2276.608 | 5.92 | 3 19.27 |
| 226.000 | 660.840 | 2253.774 | 5.85 | 320.52 |
| 241.000 | 665.892 | 2223.735 | 5.80 | 32 1.74 |
| 256.000 | 67 1.243 | 2 194.972 | 5.76 | 322.93 |
| 271.000 | 676.91 1 | 2 147.459 | 5.7 1 | 324.08 |
| 286.000 | 682.725 | 2 140.729 | 5.66 | 325.2 1 |
| 30 1.000 | 688.788 | 2 1 14.968 | 5.6 1 | 326.3 1 |
| 3 16.000 | 695.265 | 2090.488 | 5.56 | 327.38 |
| 33 1.000 | 702.195 | 2067.279 | 5.5 1 | 328.42 |
| 346.000 | 709.622 | 2045.344 | 5.45 | 329.44 |
| 36 1.000 | 7 15.7 19 | 2020.806 | 5.4 1 | 330.44 |
| 376.000 | 7 19.704 | 1992.340 | 5.38 | 331.41 |

**SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO**

**TABLA A.4.1.c.: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA
TERCERA CONDICION.**

- HF(J)** - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL TANQUE.
(Jul/m² seg °K)
- UTET(J)** - PRODUCTO DEL AREA *COEFICIENTE GLOBAL DE
TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR
(Jul/seg °K).
- TF(J)** - TEMPERATURA DEL FLUIDO.(Jul/seg °K)
- KW(J)** - POTENCIA INSTANTANEA(Kw)

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|---------|---------|----------|-------|--------|
| 391.000 | 723.836 | 1964.742 | 5.35 | 332.36 |
| 406.000 | 728.116 | 1937.972 | 5.32 | 333.28 |
| 421.000 | 732.548 | 1911.997 | 5.29 | 334.18 |
| 436.000 | 737.137 | 1886.785 | 5.26 | 335.06 |
| 451.000 | 741.887 | 1862.308 | 5.22 | 335.92 |
| 466.000 | 746.805 | 1838.539 | 5.19 | 336.75 |
| 481.000 | 751.896 | 1815.456 | 5.16 | 337.57 |
| 494.000 | 757.170 | 1793.037 | 5.13 | 338.37 |
| 511.000 | 762.636 | 1771.266 | 5.10 | 339.15 |
| 526.000 | 768.302 | 1750.125 | 5.04 | 339.92 |
| 541.000 | 772.053 | 1726.171 | 5.04 | 340.46 |
| 556.000 | 775.588 | 1702.319 | 5.02 | 341.39 |
| 571.000 | 779.172 | 1678.988 | 5.00 | 342.10 |
| 586.000 | 782.805 | 1656.162 | 4.98 | 342.80 |
| 601.000 | 786.486 | 1633.821 | 4.96 | 343.47 |
| 616.000 | 790.217 | 1611.949 | 4.94 | 344.14 |
| 631.000 | 793.997 | 1590.528 | 4.93 | 344.79 |
| 446.000 | 797.826 | 1569.545 | 4.91 | 345.42 |
| 461.000 | 801.705 | 1548.983 | 4.89 | 346.04 |
| 676.000 | 805.635 | 1528.831 | 4.87 | 346.65 |
| 691.000 | 809.617 | 1509.074 | 4.85 | 347.24 |
| 706.000 | 813.650 | 1489.700 | 4.83 | 347.82 |
| 721.000 | 817.737 | 1470.697 | 4.81 | 348.39 |
| 736.000 | 821.877 | 1452.056 | 4.79 | 348.95 |
| 751.000 | 826.072 | 1433.764 | 4.77 | 349.49 |
| 766.000 | 830.248 | 1415.719 | 4.76 | 350.03 |

**SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO**

**TABLA A.4.l.c.: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA
TERCERA CONDICION.**

- HF(J)** - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL TANQUE.
(Jul/m² seg °K)
- UTET(J)** - PRODUCTO DEL AREA *COEFICIENTE GLOBAL DE
TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR
(Jul/seg °K).
- TF(J)** - TEMPERATURA DEL FLUIDO.(Jul/seg °K)
- KW(J)** - POTENCIA INSTANTANEA(Kw)

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|----------|---------|----------|-------|--------|
| 781.000 | 833.113 | 1396.383 | 4.74 | 350.55 |
| 796.000 | 835.980 | 1377.387 | 4.73 | 351.06 |
| 811.000 | 838.848 | 1358.725 | 4.72 | 351.56 |
| 826.000 | 841.716 | 1340,387 | 4.71 | 352.06 |
| 841.000 | 844.586 | 1322.364 | 4.70 | 352.54 |
| 856.000 | 847.456 | 1304.647 | 4.69 | 353.01 |
| 871.000 | 850.326 | 1287.229 | 4.68 | 353.47 |
| 886.000 | 853.196 | 1270.101 | 4.66 | 353.92 |
| 901.000 | 856.066 | 1253.256 | 4.65 | 354.36 |
| 916.000 | 858.932 | 1236.688 | 4.64 | 354.79 |
| 931.000 | 861.804 | 1220.388 | 4.63 | 355.22 |
| 946.000 | 864.671 | 1204.351 | 4.62 | 355.63 |
| 961.000 | 867.537 | 1188.568 | 4.61 | 356.04 |
| 976.000 | 870.402 | 1173.036 | 4.60 | 356.44 |
| 991.000 | 873.265 | 1157.747 | 4.59 | 356.83 |
| 1006.000 | 876.127 | 1142.696 | 4.58 | 357.22 |
| 1021.000 | 878.940 | 1127.834 | 4.57 | 357.60 |
| 1036.000 | 881.653 | 1113.110 | 4.56 | 357.97 |
| 1051.000 | 884.362 | 1098.611 | 4.55 | 358.33 |
| 1066.000 | 887.066 | 1084.333 | 4.54 | 358.69 |
| 1081.000 | 889.765 | 1070.271 | 4.53 | 359.04 |
| 1096.000 | 892.459 | 1056.422 | 4.52 | 359.38 |
| 1111.000 | 895.149 | 1042.778 | 4.51 | 359.71 |
| 1126,000 | 897.703 | 1029.232 | 4.50 | 360.04 |
| 1141.000 | 899.413 | 1015.224 | 4.50 | 360.37 |
| 1156.000 | 901.112 | 1001.440 | 4.49 | 360.69 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.1.c.: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA
TERCERA CONDICION.

- HF(J)** - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL TANQUE.
(Jul/m² seg °K)
- UTET(J)** - PRODUCTO DEL AREA *COEFICIENTE GLOBAL DE
TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR
(Jul/seg °K).
- TF(J)** - TEMPERATURA DEL FLUIDO.(Jul/seg °K)
- KW(J)** - POTENCIA INSTANTANEA(Kw)

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|----------|---------|---------|-------|--------|
| 1171.000 | 902.799 | 987.875 | 4.48 | 361.00 |
| 1186.000 | 904.474 | 974.525 | 4.48 | 361.30 |
| 1201.000 | 906.137 | 961.384 | 4.47 | 361.60 |
| 1216.000 | 907.788 | 948.449 | 4.47 | 341.90 |
| 1231.000 | 909.427 | 935.714 | 4.46 | 362.19 |
| 1246.000 | 911.053 | 923.176 | 4.45 | 362.47 |
| 1261.000 | 912.668 | 910.832 | 4.45 | 362.75 |
| 1276.000 | 914.271 | 898.675 | 4.44 | 363.02 |
| 1291.000 | 915.861 | 886.704 | 4.44 | 363.29 |
| 1306.000 | 917.440 | 874.913 | 4.43 | 363.56 |
| 1321.000 | 919.006 | 863.300 | 4.43 | 363.81 |
| 1336.000 | 920.561 | 851.862 | 4.42 | 364.07 |
| 1351.000 | 922.104 | 840.593 | 4.42 | 364.32 |
| 1366.000 | 923.634 | 829.492 | 4.41 | 364.56 |
| 1381.000 | 925.153 | 818.555 | 4.41 | 364.80 |
| 1396.000 | 926.660 | 807.779 | 4.40 | 365.04 |
| 1411.000 | 928.154 | 797.160 | 4.40 | 365.27 |
| 1426.000 | 929.637 | 786.697 | 4.39 | 365.50 |
| 1441.000 | 931.109 | 776.385 | 4.39 | 365.73 |
| 1456.000 | 932.568 | 766.222 | 4.38 | 365.95 |
| 1471.000 | 934.015 | 756.206 | 4.38 | 366.16 |
| 1486.000 | 935.451 | 746.333 | 4.37 | 366.38 |
| 1501.000 | 936.875 | 736.602 | 4.37 | 366.59 |
| 1516.000 | 938.287 | 727.008 | 4.36 | 366.79 |
| 1531.000 | 939.687 | 717.551 | 4.36 | 367.00 |
| 1546.000 | 941.076 | 708.227 | 4.35 | 367.19 |

**SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO**

**TABLA A.4.1.c.: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA
TERCERA CONDICION.**

- HF(J)** - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL TANQUE.
(Jul/m² seg °K)
- UTET(J)** - PRODUCTO DEL AREA *COEFICIENTE GLOBAL DE
TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR
(Jul/seg °K).
- TF(J)** - TEMPERATURA DEL FLUIDO.(Jul/seg °K)
- KW(J)** - POTENCIA INSTANTANEA(Kw)

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|----------|---------|---------|-------|--------|
| 1561.000 | 942.453 | 699.035 | 4.35 | 367.39 |
| 1576.000 | 943.819 | 689.971 | 4.35 | 367.58 |
| 1591.000 | 945.173 | 681.034 | 4.34 | 367.77 |
| 1606.000 | 946.516 | 672.222 | 4.34 | 367.96 |
| 1621.000 | 947.847 | 663.531 | 4.33 | 368.14 |
| 1636.000 | 949.167 | 654.962 | 4.33 | 368.32 |
| 1651.000 | 950.475 | 646.510 | 4.32 | 368.50 |
| 1666.000 | 951.772 | 638.175 | 4.32 | 368.67 |
| 1681.000 | 953.058 | 629.954 | 4.32 | 368.84 |
| 1696.000 | 924.333 | 621.842 | 4.31 | 369.01 |
| 1711.000 | 955.596 | 613.845 | 4.31 | 369.18 |
| 1726.000 | 956.848 | 605.955 | 4.31 | 369.34 |
| 1741.000 | 958.089 | 598.172 | 4.30 | 369.50 |
| 1756.000 | 959.319 | 590.494 | 4.30 | 369.66 |
| 1771.000 | 960.539 | 582.920 | 4.29 | 369.81 |
| 1786.000 | 961.746 | 575.448 | 4.29 | 369.97 |
| 1801.000 | 962.703 | 567.975 | 4.29 | 370.12 |
| 1816.000 | 963.582 | 560.578 | 4.29 | 370.26 |
| 1831.000 | 964.450 | 553.283 | 4.28 | 370.41 |
| 1846.000 | 965.309 | 546.089 | 4.28 | 370.55 |
| 1861.000 | 966.159 | 538.995 | 4.28 | 370.69 |
| 1876.000 | 967.000 | 531.998 | 4.28 | 370.83 |
| 1891.000 | 967.831 | 525.097 | 4.27 | 370.97 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.1.d.: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA **4ta**
CONDICION.

- HF(J)** - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL TANQUE.
(jul/seg m² °K)
- UTET(J)** - PRODUCTO DEL AREA *COEFICIENTE GLOBAL DE
TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR .
(jul/seg °K).
- TF(J)** - TEMPERATURA DEL FLUIDO (°K).
- KW(J)** - POTENCIA INSTANTANEA (Kw).

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|----------------|----------|-----------|-------------|--------|
| 1.000 | 592.954 | 29 15.548 | 7.26 | 298.05 |
| 16.000 | 545.094 | 2564.567 | 7.08 | 299.83 |
| 31.000 | 552.977 | 254 1.230 | 6.98 | 301.56 |
| 46.000 | 560.706 | 25 17.390 | 6.89 | 303.25 |
| 61.000 | 569.208 | 2496.24 1 | 6.79 | 304.89 |
| 76.000 | 578.205 | 2476.6 15 | 6.68 | 306.49 |
| 91.000 | 588.592 | 246 1.229 | 6.57 | 308.05 |
| 106.000 | 600.686 | 2450.630 | 6.44 | 309.59 |
| 121.000 | 608.243 | 2425.408 | 6.36 | 311.08 |
| 136.000 | 6 14.002 | 2395.077 | 6.29 | 312.54 |
| 151.000 | 620.336 | 2366.930 | 6.22 | 313.95 |
| 166.000 | 627.299 | 2340.957 | 6.15 | 315.33 |
| 181.000 | 634,968 | 23 17.187 | 6.08 | 316.68 |
| 196.000 | 643.440 | 2295.694 | 6.00 | 317.99 |
| 211.000 | 652.839 | 2276.608 | 5.92 | 319.27 |
| 226.000 | 660.840 | 2253.774 | 5.85 | 320.52 |
| 241.000 | 665.892 | 2223.735 | 5.80 | 321.74 |
| 256.000 | 671.243 | 2 194.972 | 5.76 | 322.93 |
| 271.000 | 676.9 11 | 2 167.459 | 5.71 | 324.08 |
| 286.000 | 706.361 | 3249.508 | 5.64 | 325.72 |
| 301.000 | 734.101 | 32 15.147 | 5.56 | 327.37 |
| 316.000 | 755.059 | 3 185.019 | 5.48 | 328.97 |
| 331.000 | 765.0 15 | 3 152.131 | 5.41 | 330.53 |
| 346.000 | 771.1 18 | 3 108.557 | 5.36 | 332.04 |
| 361.000 | 777.665 | 3067.4 11 | 5.31 | 333.51 |
| 376.000 | 784.679 | 3028.585 | 5.26 | 334.92 |



SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.1.d.: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA 4ta
CONDICION.

| | |
|----------------|--|
| HF(J) | - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL TANQUE. (jul/seg m ² °K) |
| UTET(J) | - PRODUCTO DEL AREA *COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR. (jul/seg °K). |
| TF(J) | - TEMPERATURA DEL FLUIDO (°K). |
| KW(J) | - POTENCIA INSTANTANEA (Kw). |

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|----------|----------|-----------|-------|--------|
| 391.000 | 792.191 | 299 1.996 | 5.2 1 | 336.30 |
| 406.000 | 800.239 | 2957.585 | 5.16 | 337.63 |
| 421.000 | 808.873 | 2925.316 | 5.11 | 338.93 |
| 436.000 | 8 17.526 | 2893.607 | 5.05 | 340.19 |
| 451.000 | 823.089 | 2854.818 | 5.02 | 341.42 |
| 466.000 | 828.851 | 28 17.457 | 4.99 | 342.61 |
| 48 1.000 | 834.819 | 278 1.456 | 4.96 | 343.76 |
| 496.000 | 840.999 | 2746.75 1 | 4.92 | 344.89 |
| 511.000 | 847.398 | 27 13.291 | 4.89 | 345.98 |
| 526.000 | 854.027 | 268 1.024 | 4.86 | 347.04 |
| 541.000 | 860.897 | 2649.9 10 | 4.82 | 348.07 |
| 556.000 | 868.021 | 3716.310 | 4.79 | 349.08 |
| 571.000 | 892.230 | 3852.055 | 4.74 | 350.53 |
| 586.000 | 9 10.062 | 3803.364 | 4.71 | 351.94 |
| 601.000 | 926.124 | 3756.802 | 4.68 | 353.29 |
| 616.000 | 939.419 | 37 12.242 | 4.65 | 354.61 |
| 631.000 | 946.95 1 | 3669.575 | 4.62 | 355.88 |
| 646,000 | 954.726 | 3628.701 | 4.58 | 357.12 |
| 66 1.000 | 962.755 | 3589.536 | 4.55 | 358.31 |
| 676.000 | 971.048 | 3552.005 | 4.52 | 359.48 |
| 691.000 | 977.692 | 35 11.340 | 4.49 | 360.60 |
| 706.000 | 982.810 | 3468.105 | 4.47 | 361.70 |
| 721.000 | 988.009 | 3426.277 | 4.45 | 362.75 |
| 736.000 | 993.287 | 3385.782 | 4.43 | 363.78 |
| 751.000 | 998.644 | 3346.554 | 4.4 1 | 364.78 |
| 766.000 | 1004.080 | 3308.530 | 4.39 | 365.75 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA **A.4.1.d.**: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA 4ta
CONDICION.

| | |
|----------------|--|
| HF(J) | - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL TANQUE. (jul/seg m ² °K) |
| UTET(J) | - PRODUCTO DEL AREA *COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR, (jul/seg °K). |
| TF(J) | - TEMPERATURA DEL FLUIDO (°K). |
| KW(J) | - POTENCIA INSTANTANEA (Kw). |

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|----------|----------|----------|-------|--------|
| 781.000 | 1009.595 | 3271.652 | 4.37 | 366.69 |
| 796.000 | 1015.189 | 3235.869 | 4.35 | 367.60 |
| 811.000 | 1020.862 | 3201.129 | 4.33 | 368.49 |
| 826.000 | 1026.616 | 3167.391 | 4.30 | 369.36 |
| 841.000 | 1032.023 | 3133.734 | 4.29 | 370.20 |
| 856.000 | 1036.089 | 3098.176 | 4.27 | 371.02 |
| 871.000 | 1040.169 | 3063.530 | 4.26 | 371.81 |
| 886.000 | 1044.265 | 3029.761 | 4.24 | 372.59 |
| 901.000 | 1069.091 | 4394.850 | 4.23 | 373.63 |
| 916.000 | 1080.682 | 4349.223 | 4.21 | 374.70 |
| 931.000 | 1092.345 | 4305.267 | 4.19 | 375.74 |
| 946.000 | 1098.080 | 4262.886 | 4.17 | 376.74 |
| 961.000 | 1103.883 | 4222.000 | 4.15 | 377.71 |
| 976.000 | 1109.754 | 4182.531 | 4.13 | 378.66 |
| 991.000 | 1115.693 | 4144.407 | 4.11 | 379.57 |
| 1006.000 | 1120.762 | 4105.296 | 4.10 | 380.46 |
| 1021.000 | 1124.978 | 4065.309 | 4.08 | 381.32 |
| 1036.000 | 1129.201 | 4026.522 | 4.07 | 382.15 |
| 1051.000 | 1133.429 | 3988.874 | 4.06 | 382.96 |
| 1066.000 | 1137.661 | 3952.314 | 4.04 | 383.75 |
| 1081.000 | 1141.896 | 3916.792 | 4.03 | 384.52 |
| 1096.000 | 1146.133 | 3882.262 | 4.02 | 385.26 |
| 1111.000 | 1150.371 | 3848.681 | 4.01 | 385.99 |
| 1126.000 | 1154.608 | 3816.007 | 4.00 | 386.69 |
| 1141.000 | 1158.846 | 3784.204 | 3.99 | 387.37 |
| 1156.000 | 1163.082 | 3753.235 | 3.97 | 388.04 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.1.d.: RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA 4ta
CONDICION.

- HF(J) - COEFICIENTE CONVECTIVO EN EL INTERIOR DEL TANQUE.
(jul/seg m² °K)
- UTET(J) - PRODUCTO DEL AREA *COEFICIENTE GLOBAL DE
TRANSFERENCIA ENTRE EL ACEITE Y EL VAPOR.
(Jul/seg °K).
- TF(J) - TEMPERATURA DEL FLUIDO (°K).
- KW(J) - POTENCIA INSTANTANEA (Kw).

| TIEMPO | HF(J) | UTET(J) | KW(J) | TF(J) |
|----------|----------|----------|-------|--------|
| 1171.000 | 1167.316 | 3723.066 | 3.96 | 388.69 |
| 1186.000 | 1171,548 | 3693.665 | 3.95 | 389.33 |
| 1201.000 | 1175.778 | 3665.001 | 3.94 | 389.94 |
| 1216.000 | 1179.063 | 3635.146 | 3.93 | 390.54 |
| 1231.000 | 1182.232 | 3605.811 | 3.92 | 391.13 |
| 1246.000 | 1185.385 | 3577.173 | 3.92 | 391.70 |
| 1261.000 | 1188.521 | 3549.209 | 3.91 | 392.26 |
| 1276.000 | 1191.640 | 3521.892 | 3.90 | 392.80 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.a : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 1ra. Condición

T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA.

X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

| TIEMPO | X=0 | X=.01 | X=.02 | X=.03 | X=.04 | X=.05 | X=.06 |
|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 1.00 | 349.15 | 298.01 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 |
| 16.00 | 419.93 | 299.58 | 298.99 | 298.59 | 298.34 | 298.18 | 298.09 |
| 31.00 | 419.93 | 301.23 | 300.34 | 299.66 | 299.15 | 298.78 | 298.51 |
| 46.00 | 419.93 | 302.85 | 301.74 | 300.85 | 300.13 | 299.57 | 299.13 |
| 61.00 | 419.93 | 304.44 | 303.15 | 302.08 | 301.18 | 300.44 | 299.84 |
| 76.00 | 419.93 | 306.01 | 304.56 | 303.32 | 302.26 | 301.36 | 300.59 |
| 91.00 | 419.93 | 307.57 | 305.96 | 304.56 | 303.34 | 302.28 | 301.36 |
| 106.00 | 419.93 | 309.09 | 3117.34 | 305.79 | 304.42 | 303.21 | 302.14 |
| 121.00 | 419.94 | 310.60 | 308.70 | 307.01 | 305.49 | 304.13 | 302.91 |
| 136.00 | 419.94 | 312.08 | 310.05 | 308.21 | 306.55 | 305.04 | 303.67 |
| 151.00 | 419.94 | 3134 | 311.37 | 309.40 | 307.59 | 305.95 | 304.43 |
| 166.00 | 419.94 | 314.99 | 312.68 | 310.57 | 308.63 | 306.84 | 305.18 |
| 181.00 | 419.94 | 316.41 | 313.97 | 311.72 | 309.65 | 307.72 | 305.92 |
| 196.00 | 419.94 | 317.81 | 315.24 | 312.86 | 310.65 | 308.59 | 306.65 |
| 211.00 | 419.94 | 319.18 | 316.49 | 313.99 | 311.64 | 309.45 | 307.38 |
| 226.00 | 419.94 | 320.54 | 317.73 | 315.09 | 312.42 | 310.29 | 308.09 |
| 241.00 | 419.94 | 321.88 | 318.93 | 316.19 | 313.59 | 311.13 | 308.80 |
| 256.00 | 419.94 | 323.20 | 320.15 | 317.26 | 314.54 | 311.96 | 309.49 |
| 271.00 | 419.94 | 324.51 | 321.33 | 318.33 | 315.48 | 312.77 | 310.18 |
| 286.00 | 419.94 | 325.79 | 322.44 | 319.37 | 316.40 | 313.57 | 310.86 |
| 301.00 | 419.95 | 327.05 | 323.64 | 320.41 | 317.32 | 314.37 | 311.53 |
| 316.00 | 419.95 | 328.30 | 324.78 | 321.42 | 318.22 | 315.15 | 312.19 |
| 331.00 | 419.95 | 329.53 | 325.90 | 322.43 | 319.11 | 315.92 | 312.85 |
| 346.00 | 419.95 | 330.74 | 327.00 | 323.42 | 319.99 | 316.68 | 313.49 |
| 361.00 | 419.95 | 331.93 | 328.08 | 324.40 | 320.85 | 317.44 | 314.13 |
| 376.00 | 419.95 | 333.10 | 329.15 | 325.36 | 321.70 | 318.18 | 314.76 |
| 391.00 | 419.95 | 334.26 | 330.21 | 326.31 | 322.55 | 318.91 | 315.38 |
| 406.00 | 419.95 | 335.40 | 331.25 | 327.24 | 323.38 | 319.63 | 315.99 |
| 421.00 | 419.95 | 336.53 | 332.27 | 328.17 | 324.20 | 320.35 | 316.61 |
| 436.00 | 419.95 | 337.64 | 333.28 | 329.08 | 325.00 | 321.05 | 317.20 |
| 451.00 | 419.95 | 338.73 | 334.28 | 329.97 | 325.80 | 321.74 | 317.79 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.a . DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 1ra. Condición.

T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).
X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO! MI.

CONTINUA TABLA A.4.2.a

| TIEMPO | X=.07 | X=.08 | X=.09 | X=.10 | X=.11 | X=.12 |
|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| 1.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 |
| 16.00 | 298.04 | 298.02 | 298.01 | 298.00 | 298.00 | 298.00 |
| 31.00 | 298.33 | 298.20 | 298.11 | 298.05 | 298.00 | 298.00 |
| 46.00 | 298.79 | 298.53 | 298.32 | 298.15 | 298.00 | 298.00 |
| 61.00 | 299.34 | 298.94 | 298.59 | 298.29 | 298.01 | 298.00 |
| 76.00 | 299.94 | 299.38 | 298.89 | 298.44 | 298.111 | 298.00 |
| 91.00 | 300.56 | 299.84 | 299.20 | 298.60 | 298.03 | 298.00 |
| 106.00 | 301.18 | 300.31 | 299.51 | 298.76 | 298.04 | 298.00 |
| 121.00 | 301.80 | 300.78 | 299.83 | 298.93 | 298.06 | 298.00 |
| 136.00 | 302.42 | 301.25 | 300.15 | 299.10 | 298.08 | 298.00 |
| 151.00 | 303.03 | 301.71 | 300.47 | 299.27 | 298.10 | 298.01 |
| 166.00 | 303.63 | 302.18 | 300.79 | 299.44 | 298.13 | 298.01 |
| 181.00 | 304.23 | 302.63 | 301.10 | 299.61 | 298.15 | 298.01 |
| 196.00 | 304.83 | 303.09 | 301.41 | 299.79 | 298.18 | 298.02 |
| 211.00 | 305.41 | 303.54 | 301.72 | 299.96 | 298.22 | 298.02 |
| 226.00 | 305.99 | 303.98 | 302.03 | 300.13 | 298.25 | 295.03 |
| 241.00 | 306.57 | 304.42 | 302.34 | 300.30 | 298.29 | 298.04 |
| 256.00 | 307.13 | 304.85 | 302.64 | 300.47 | 298.33 | 298.04 |
| 271.00 | 307.69 | 305.29 | 302.94 | 300.65 | 298.37 | 298.05 |
| 286.00 | 308.25 | 305.71 | 303.24 | 300.82 | 298.42 | 298.06 |
| 301.00 | 308.79 | 306.14 | 303.54 | 300.99 | 296.46 | 298.07 |
| 316.00 | 309.33 | 306.55 | 303.84 | 301.16 | 298.51 | 295.08 |
| 331.00 | 309.87 | 306.97 | 304.13 | 301.33 | 298.56 | 298.10 |
| 346.00 | 310.40 | 307.38 | 304.42 | 301.50 | 298.61 | 298.11 |
| 361.00 | 310.92 | 307.78 | 304.71 | 301.67 | 298.67 | 298.12 |
| 376.00 | 311.43 | 308.18 | 304.99 | 301.84 | 298.72 | 298.14 |
| 391.00 | 311.94 | 308.58 | 305.28 | 302.01 | 298.71, | 298.16 |
| 406.00 | 312.45 | 308.97 | 305.56 | 302.18 | 298.83 | 298.17 |
| 421.00 | 312.95 | 309.36 | 305.84 | 302.35 | 298.89 | 298.19 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.a : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 1ra. Condicion.

T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA.

X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

| TIEMPO | X=0 | X=.01 | X=.02 | X=.03 | X=.04 | X=.05 | X=.06 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 466.00 | 419.95 | 339.81 | 335.26 | 330.86 | 326.59 | 322.43 | 318.37 |
| 481.00 | 419.95 | 340.87 | 336.23 | 331.73 | 327.36 | 323.11 | 318.95 |
| 496.00 | 419.95 | 341.92 | 337.18 | 332.59 | 328.13 | 323.77 | 319.52 |
| 511.00 | 419.95 | 342.95 | 338.13 | 333.44 | 323.88 | 324.43 | 320.08 |
| 526.00 | 419.96 | 343.9A | 339.05 | 334.28 | 329.63 | 325.08 | 320.64 |
| 541.00 | 419.96 | 344.97 | 339.97 | 335.10 | 330.36 | 325.73 | 321.18 |
| 556.00 | 419.96 | 345.95 | 340.87 | 335.92 | 331.08 | 326.36 | 321.73 |
| 571.00 | 419.96 | 346.93 | 341.76 | 336.72 | 331.80 | 326.98 | 322.26 |
| 586.00 | 419.96 | 347.88 | 342.63 | 337.51 | 332.50 | 327.60 | 322.79 |
| 601.00 | 419.96 | 348.83 | 343.50 | 338.29 | 333.20 | 328.21 | 323.31 |
| 616.00 | 419.96 | 349.76 | 344.35 | 339.06 | 333.88 | 328.81 | 323.82 |
| 631.00 | 419.96 | 350.68 | 345.19 | 339.82 | 334.56 | 329.40 | 324.33 |
| 646.00 | 419.96 | 351.58 | 346.01 | 340.57 | 335.23 | 329.99 | 324.83 |
| 661.00 | 419.96 | 352.48 | 346.83 | 341.30 | 335.89 | 330.56 | 325.33 |
| 676.00 | 419.96 | 353.36 | 347.63 | 342.03 | 336.53 | 331.13 | 325.82 |
| 691.00 | 419.96 | 354.22 | 348.43 | 342.75 | 337.17 | 331.70 | 326.30 |
| 706.00 | 419.96 | 355.08 | 349.21 | 343.46 | 337.81 | 332.25 | 324.78 |
| 721.00 | 419.96 | 355.92 | 349.98 | 344.15 | 338.43 | 332.81 | 327.25 |
| 736.00 | 419.96 | 356.75 | 950.74 | 344.84 | 339.04 | 333.34 | 327.71 |
| 751.00 | 419.96 | 357.56 | 351.49 | 345.52 | 339.65 | 333.87 | 328.17 |
| 766.00 | 419.96 | 358.37 | 352.22 | 346.19 | 340.25 | 334.40 | 328.62 |
| 781.00 | 419.96 | 359.16 | 352.95 | 346.85 | 340.84 | 334.92 | 329.07 |
| 796.00 | 419.96 | 359.95 | 353.67 | 347.50 | 341.42 | 335.43 | 329.51 |
| 811.00 | 419.97 | 360.72 | 354.38 | 348.14 | 341.99 | 335.94 | 329.95 |
| 826.00 | 419.97 | 361.48 | 355.07 | 348.77 | 342.56 | 336.43 | 330.38 |
| 841.00 | 419.97 | 362.23 | 355.76 | 349.39 | 343.12 | 336.93 | 330.81 |
| 856.00 | 419.97 | 362.97 | 356.44 | 350.01 | 343.67 | 337.41 | 331.23 |
| 871.00 | 419.97 | 363.69 | 357.11 | 350.62 | 344.21 | 337.89 | 331.64 |
| 886.00 | 419.97 | 364.41 | 357.76 | 351.21 | 344.75 | 338.37 | 332.05 |
| 901.00 | 419.97 | 365.12 | 358.41 | 351.80 | 345.28 | 338.83 | 332.46 |
| 916.00 | 419.97 | 365.82 | 359.05 | 352.39 | 345.80 | 339.30 | 332.86 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.a : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 1ra. Condición.

T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).

X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

CONTINUA TABLA A.4.2.a

| TIEMPO | X=.07 | X=.08 | X=.09 | X=.10 | X=.11 | X=.12 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 436.00 | 313.44 | 309.75 | 306.11 | 302.52 | 298.95 | 296.21 |
| 451.00 | 313.92 | 310.13 | 306.39 | 302.69 | 299.02 | 238.23 |
| 466.00 | 314.40 | 310.51 | 306.66 | 302.86 | 299.08 | 298.25 |
| 481.00 | 314.88 | 310.88 | 306.93 | 303.02 | 299.14 | 298.28 |
| 496.00 | 315.35 | 311.25 | 307.20 | 303.19 | 299.21 | 298.30 |
| 511.00 | 315.81 | 311.61 | 307.47 | 303.34 | 299.27 | 298.32 |
| 526.00 | 316.27 | 311.97 | 307.73 | 303.52 | 299.34 | 298.35 |
| 541.00 | 316.72 | 312.33 | 307.93 | 303.69 | 299.41 | 298.37 |
| 556.00 | 317.17 | 312.68 | 308.25 | 303.85 | 299.48 | 298.40 |
| 586.00 | 318.05 | 313.38 | 308.76 | 304.18 | 299.62 | 298.46 |
| 601.00 | 315.48 | 313.72 | 309.01 | 304.34 | 299.69 | 298.49 |
| 616.00 | 318.91 | 314.06 | 309.27 | 304.50 | 299.77 | 298.52 |
| 631.00 | 319.33 | 314.40 | 309.51 | 304.67 | 299.84 | 298.55 |
| 646.00 | 319.75 | 314.73 | 309.76 | 304.83 | 299.92 | 298.59 |
| 661.00 | 320.16 | 315.06 | 310.01 | 304.99 | 299.99 | 298.62 |
| 676.00 | 320.57 | 315.39 | 310.25 | 305.15 | 300.07 | 298.65 |
| 691.00 | 320.97 | 315.71 | 310.49 | 305.31 | 300.15 | 298.69 |
| 706.00 | 321.37 | 316.03 | 310.73 | 305.46 | 300.22 | 298.73 |
| 721.00 | 321.76 | 316.34 | 310.96 | 305.62 | 300.30 | 298.74 |
| 736.00 | 322.15 | 316.65 | 311.20 | 305.78 | 300.38 | 298.80 |
| 751.00 | 322.54 | 316.96 | 311.43 | 305.93 | 300.46 | 298.84 |
| 766.00 | 322.92 | 317.27 | 311.66 | 306.09 | 300.54 | 298.88 |
| 781.00 | 323.29 | 317.57 | 311.89 | 306.24 | 300.62 | 298.92 |
| 796.00 | 323.46 | 317.87 | 312.12 | 306.40 | 300.70 | 298.95 |
| 811.00 | 324.03 | 318.16 | 312.34 | 306.55 | 300.78 | 298.99 |
| 826.00 | 324.39 | 318.46 | 312.56 | 306.70 | 300.87 | 299.04 |
| 841.00 | 324.75 | 318.75 | 312.78 | 306.85 | 300.95 | 299.08 |
| 856.00 | 325.10 | 319.03 | 313.00 | 307.01 | 301.03 | 299.12 |
| 871.00 | 325.45 | 319.32 | 313.22 | 307.16 | 301.11 | 299.16 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO



TABLA A.4.2.a : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 1ra. Condición.

T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA.
X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

| TIEMPO | X=0 | X=.01 | X=.02 | X=.03 | X=.04 | X=.05 | X=.06 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 931.00 | 419.97 | 366.50 | 359.68 | 352.96 | 344.32 | 339.75 | 333.25 |
| 946.00 | 419.97 | 367.18 | 360.31 | 353.52 | 346.83 | 340.20 | 333.64 |
| 961.00 | 419.97 | 367.85 | 360.92 | 354.08 | 347.33 | 340.64 | 334.03 |
| 976.00 | 419.97 | 368.51 | 361.52 | 354.63 | 347.82 | 341.08 | 334.41 |
| 991.00 | 419.97 | 369.15 | 362.12 | 355.18 | 348.31 | 341.51 | 334.78 |
| 1006.00 | 419.97 | 369.79 | 362.71 | 355.71 | 348.79 | 341.94 | 335.16 |
| 1021.00 | 419.97 | 370.42 | 363.29 | 356.24 | 349.27 | 342.36 | 335.52 |
| 1036.00 | 419.97 | 371.04 | 363.86 | 356.76 | 349.73 | 342.78 | 335.88 |
| 1051.00 | 419.97 | 371.66 | 364.42 | 357.27 | 350.20 | 343.19 | 336.24 |
| 1066.00 | 419.97 | 372.26 | 364.98 | 357.78 | 350.65 | 343.59 | 336.59 |
| 1081.00 | 419.97 | 372.85 | 365.52 | 358.28 | 351.10 | 343.99 | 336.94 |
| 1096.00 | 419.97 | 373.44 | 366.06 | 358.77 | 351.54 | 344.39 | 337.29 |
| 1111.00 | 419.97 | 374.02 | 366.60 | 359.25 | 351.98 | 344.78 | 337.63 |
| 1126.00 | 419.97 | 374.59 | 367.12 | 359.73 | 352.41 | 345.16 | 337.96 |
| 1141.00 | 419.97 | 375.15 | 367.64 | 360.20 | 352.84 | 345.54 | 338.29 |
| 1156.00 | 419.97 | 375.70 | 368.15 | 360.67 | 353.26 | 345.91 | 338.62 |
| 1171.00 | 419.97 | 376.25 | 368.65 | 361.13 | 353.68 | 346.28 | 338.94 |
| 1186.00 | 419.97 | 376.78 | 369.15 | 361.58 | 354.08 | 346.65 | 339.26 |
| 1201.00 | 419.97 | 377.31 | 369.63 | 362.03 | 354.49 | 347.01 | 339.58 |
| 1216.00 | 419.98 | 377.83 | 370.12 | 362.47 | 354.89 | 347.36 | 339.89 |
| 1231.00 | 419.98 | 378.35 | 370.59 | 362.90 | 355.28 | 347.71 | 340.20 |
| 1246.00 | 419.98 | 378.86 | 371.06 | 363.33 | 355.67 | 348.06 | 340.50 |
| 1261.00 | 419.98 | 379.36 | 371.52 | 363.75 | 356.05 | 348.40 | 340.80 |
| 1276.00 | 419.98 | 379.85 | 371.98 | 364.17 | 356.43 | 348.74 | 341.10 |
| 1291.00 | 419.98 | 380.33 | 372.43 | 364.58 | 356.80 | 349.07 | 341.39 |
| 1306.00 | 419.98 | 380.81 | 372.87 | 364.99 | 357.17 | 349.40 | 341.68 |
| 1321.00 | 419.98 | 381.28 | 373.30 | 365.39 | 357.53 | 349.73 | 341.97 |
| 1336.00 | 419.98 | 381.75 | 373.73 | 365.78 | 357.89 | 350.05 | 342.25 |
| 1351.00 | 419.98 | 382.21 | 374.16 | 366.17 | 358.24 | 350.36 | 342.53 |
| 1366.00 | 419.98 | 382.66 | 374.58 | 366.55 | 358.59 | 350.67 | 342.81 |
| 1381.00 | 419.98 | 383.10 | 374.99 | 366.93 | 358.93 | 350.98 | 343.08 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.a : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 1ra. Condición.

T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).

X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

CONTINUA TABLA A.4.2.a

| TIEMPO | X=.07 | X=.08 | X=.09 | X=.10 | X=.11 | X=.12 |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------|
| 886.00 | 325.80 | 319.60 | 313.43 | 307.31 | 301.20 | 299.21 |
| 901.00 | 326.14 | 319.87 | 313.65 | 307.45 | 301.28 | 299.25 |
| 916.00 | 326.48 | 320.15 | 313.86 | 307.60 | 301.37 | 299.29 |
| 931.00 | 326.81 | 320.42 | 314.07 | 307.75 | 301.45 | 299.34 |
| 946.00 | 327.14 | 320.69 | 314.28 | 307.90 | 301.53 | 299.38 |
| 961.00 | 323.47 | 320.96 | 314.48 | 308.04 | 301.62 | 299.43 |
| 976.00 | 327.79 | 321.22 | 314.69 | 308.19 | 301.71 | 294.47 |
| 991.00 | 328.11 | 321.48 | 314.89 | 309.33 | 301.79 | 299.52 |
| 1006.00 | 328.42 | 321.74 | 315.09 | 308.47 | 301.88 | 299.57 |
| 1021.00 | 328.73 | 321.99 | 315.29 | 308.62 | 301.96 | 299.61 |
| 1036.00 | 329.04 | 322.25 | 315.49 | 308.76 | 302.05 | 299.66 |
| 1051.00 | 329.35 | 322.50 | 315.68 | 308.90 | 302.14 | 299.71 |
| 1066.00 | 329.65 | 322.74 | 315.88 | 309.04 | 302.22 | 299.74 |
| 1081.00 | 329.94 | 322.99 | 316.07 | 309.18 | 302.31 | 299.81 |
| 1096.00 | 330.24 | 323.23 | 316.26 | 309.32 | 302.40 | 299.86 |
| 1111.00 | 330.53 | 323.47 | 316.45 | 309.46 | 302.48 | 299.90 |
| 1126.00 | 330.81 | 323.71 | 316.64 | 309.59 | 302.57 | 299.95 |
| 1141.00 | 331.10 | 323.94 | 316.82 | 309.73 | 302.66 | 300.00 |
| 1156.00 | 331.38 | 324.17 | 317.01 | 309.86 | 302.74 | 300.05 |
| 1171.00 | 331.65 | 324.40 | 317.19 | 310.00 | 302.83 | 300.10 |
| 1186.00 | 331.93 | 324.63 | 317.37 | 310.13 | 302.92 | 300.15 |
| 1201.00 | 332.20 | 324.86 | 317.55 | 310.27 | 303.00 | 300.20 |
| 1216.00 | 332.47 | 325.08 | 317.73 | 310.40 | 303.09 | 300.26 |
| 1231.00 | 332.73 | 325.30 | 317.90 | 310.53 | 303.18 | 300.31 |
| 1246.00 | 332.99 | 325.52 | 318.08 | 310.66 | 303.27 | 300.36 |
| 1261.00 | 333.25 | 325.73 | 318.25 | 310.79 | 303.35 | 300.41 |
| 1276.00 | 333.51 | 325.95 | 318.42 | 310.92 | 303.44 | 300.46 |
| 1291.00 | 333.76 | 326.16 | 318.59 | 311.05 | 303.53 | 300.51 |
| 1306.00 | 334.01 | 326.37 | 318.76 | 311.18 | 303.41 | 300.56 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.a : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 1ra Condicion

T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA.
X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

| TIEMPO | X=0 | X=.01 | X=.02 | X=.03 | X=.04 | X=.05 | X=.06 |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1396.00 | 419.98 | 383.54 | 375.39 | 367.31 | 359.27 | 351.29 | 343.35 |
| 1411.00 | 419.98 | 383.98 | 375.80 | 367.67 | 359.60 | 351.59 | 343.61 |
| 1426.00 | 419.98 | 384.40 | 376.19 | 368.04 | 359.93 | 351.88 | 343.87 |
| 1441.00 | 419.98 | 354.82 | 376.58 | 368.39 | 360.26 | 352.17 | 344.13 |
| 1456.00 | 419.98 | 385.24 | 376.96 | 368.75 | 360.58 | 352.46 | 344.39 |
| 1471.00 | 419.98 | 385.65 | 377.34 | 369.10 | 360.90 | 352.75 | 344.64 |
| 1486.00 | 419.98 | 386.05 | 377.72 | 369.44 | 361.21 | 353.03 | 344.89 |
| 1501.00 | 419.98 | 386.45 | 378.08 | 349.78 | 361.5 | 353.31 | 345.14 |
| 1516.00 | 419.98 | 386.84 | 378.45 | 370.11 | 361.82 | 353.58 | 345.38 |
| 1531.00 | 419.98 | 387.22 | 378.81 | 370.44 | 362.12 | 353.85 | 345.62 |
| 1546.00 | 419.98 | 387.60 | 379.16 | 370.77 | 362.42 | 354.12 | 345.86 |
| 1561.00 | 419.98 | 387.98 | 378.51 | 371.09 | 362.71 | 354.38 | 346.09 |
| 1576.00 | 419.98 | 388.35 | 379.85 | 371.40 | 363.00 | 354.64 | 346.33 |
| 1591.00 | 419.98 | 388.71 | 380.19 | 371.71 | 363.29 | 354.90 | 346.55 |
| 1606.00 | 419.98 | 359.07 | 380.52 | 372.02 | 363.57 | 355.16 | 346.78 |
| 1621.00 | 419.98 | 389.42 | 380.85 | 372.33 | 363.85 | 355.41 | 347.00 |
| 1636.00 | 419.98 | 389.77 | 381.17 | 372.62 | 364.12 | 355.65 | 347.22 |
| 1651.00 | 419.98 | 390.12 | 381.49 | 372.92 | 364.39 | 355.90 | 347.44 |
| 1666.00 | 419.98 | 390.45 | 381.81 | 373.21 | 364.66 | 356.14 | 347.66 |
| 1681.00 | 419.98 | 390.79 | 382.12 | 373.50 | 364.92 | 356.38 | 347.87 |
| 1696.00 | 419.98 | 391.12 | 382.43 | 373.78 | 365.18 | 356.61 | 348.08 |
| 1711.00 | 419.98 | 391.44 | 382.73 | 374.06 | 365.43 | 356.84 | 348.29 |
| 1726.00 | 419.98 | 391.76 | 383.03 | 374.34 | 365.69 | 357.07 | 348.49 |
| 1741.00 | 419.98 | 392.08 | 383.32 | 374.61 | 365.94 | 357.30 | 348.70 |
| 1756.00 | 419.98 | 392.39 | 383.61 | 374.88 | 366.18 | 357.52 | 348.90 |
| 1771.00 | 419.98 | 392.69 | 383.90 | 375.14 | 366.42 | 357.74 | 349.09 |
| 1786.00 | 419.98 | 393.00 | 384.18 | 375.40 | 366.66 | 357.96 | 349.29 |
| 1801.00 | 419.98 | 393.29 | 384.41; | 375.66 | 366.90 | 358.18 | 349.48 |
| 1816.00 | 419.98 | 393.59 | 384.73 | 375.91 | 367.13 | 358.39 | 349.67 |
| 1831.00 | 419.98 | 393.88 | 385.00 | 376.16 | 367.36 | 358.60 | 349.86 |
| 1846.00 | 419.98 | 394.16 | 385.27 | 376.41 | 367.59 | 358.80 | 350.05 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2 a : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 1ra. Condición.

T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).

X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

CONTINUA TABLA A.4.2.a

| TIEMPO | X=.07 | X=.08 | X=.09 | X=.10 | X=.11 | X=.12 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1321.00 | 334.25 | 326.58 | 318.93 | 311.30 | 303.70 | 300.61 |
| 1336.00 | 334.50 | 326.78 | 319.09 | 311.43 | 303.79 | 300.67 |
| 1351.00 | 334.74 | 326.98 | 319.26 | 311.56 | 303.87 | 300.72 |
| 1366.00 | 334.98 | 327.18 | 319.42 | 311.68 | 303.96 | 300.77 |
| 1381.00 | 335.21 | 327.38 | 319.58 | 311.81 | 304.05 | 300.82 |
| 1396.00 | 335.45 | 327.58 | 319.74 | 311.93 | 304.13 | 300.87 |
| 1411.00 | 335.68 | 327.77 | 319.90 | 312.05 | 304.22 | 300.92 |
| 1426.00 | 335.90 | 327.97 | 320.06 | 312.17 | 304.31 | 300.98 |
| 1441.00 | 336.13 | 328.16 | 320.21 | 312.29 | 304.39 | 301.03 |
| 1456.00 | 336.35 | 328.35 | 320.37 | 312.41 | 304.48 | 301.08 |
| 1471.00 | 336.57 | 328.53 | 320.52 | 312.53 | 304.56 | 301.13 |
| 1486.00 | 336.79 | 328.72 | 320.67 | 312.65 | 304.65 | 301.18 |
| 1501.00 | 337.00 | 328.90 | 320.82 | 312.77 | 304.73 | 301.24 |
| 1516.00 | 337.21 | 329.08 | 320.97 | 312.89 | 304.82 | 301.29 |
| 1531.00 | 337.42 | 329.26 | 321.12 | 313.00 | 304.90 | 301.34 |
| 1546.00 | 337.63 | 329.44 | 321.27 | 313.12 | 304.99 | 301.39 |
| 1561.00 | 337.84 | 329.61 | 321.41 | 313.23 | 305.07 | 301.44 |
| 1576.00 | 338.04 | 329.78 | 321.55 | 313.35 | 305.15 | 301.49 |
| 1591.00 | 338.24 | 329.96 | 321.70 | 313.46 | 305.24 | 301.54 |
| 1606.00 | 338.44 | 330.13 | 321.84 | 313.57 | 305.32 | 301.60 |
| 1621.00 | 338.63 | 330.29 | 321.98 | 313.68 | 305.40 | 301.65 |
| 1636.00 | 338.83 | 330.46 | 322.12 | 313.79 | 305.49 | 301.70 |
| 1651.00 | 339.02 | 330.62 | 322.25 | 313.90 | 305.57 | 301.75 |
| 1666.00 | 339.21 | 330.79 | 322.39 | 314.01 | 305.65 | 301.80 |
| 1681.00 | 339.40 | 330.95 | 322.52 | 314.12 | 305.73 | 301.85 |
| 1696.00 | 339.58 | 331.11 | 322.66 | 314.23 | 305.82 | 301.90 |
| 1711.00 | 339.76 | 331.27 | 322.79 | 314.34 | 305.90 | 301.95 |
| 1726.00 | 339.94 | 331.42 | 322.92 | 314.44 | 305.98 | 302.00 |
| 1741.00 | 340.12 | 331.58 | 323.05 | 314.55 | 306.06 | 302.05 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.a : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 1ra. Condición.

T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA.

X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

| TIEMPO | X=0 | X=.01 | X=.02 | X=.03 | X=.04 | X=.05 | X=.06 |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1861.00 | 419.98 | 394.44 | 385.53 | 376.65 | 367.81 | 359.01 | 350.23 |
| 1876.00 | 419.59 | 394.72 | 385.79 | 376.89 | 368.03 | 359.21 | 350.41 |
| 1891.00 | 419.99 | 394.99 | 386.04 | 377.13 | 368.25 | 359.41 | 350.59 |

| | | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1756.00 | 340.30 | 331.73 | 323.18 | 314.65 | 306.14 | 302.10 |
| 1771.00 | 340.47 | 331.88 | 323.31 | 314.76 | 306.22 | 302.15 |
| 1786.00 | 340.65 | 332.03 | 323.44 | 314.86 | 306.30 | 302.20 |
| 1801.00 | 340.82 | 332.18 | 323.56 | 314.96 | 306.38 | 302.25 |
| 1816.00 | 340.99 | 332.33 | 323.69 | 315.06 | 306.46 | 302.30 |
| 1831.00 | 341.15 | 332.47 | 323.81 | 315.17 | 306.54 | 302.35 |
| 1846.00 | 341.32 | 332.61 | 323.93 | 315.27 | 306.62 | 302.40 |
| 1861.00 | 341.48 | 332.76 | 324.05 | 315.37 | 306.69 | 302.45 |
| 1876.00 | 341.64 | 332.90 | 324.17 | 315.46 | 306.77 | 302.50 |
| 1891.00 | 341.80 | 333.04 | 324.29 | 315.56 | 306.85 | 302.55 |

CALOR ENTREGADO AL SISTEMA(JULS)...: 313795712.00

FLUJO DE VAPOR (KG/HR)...: 164.23

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO
TABLA A.4.2.b: DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 2da. Condición.
T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).
X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

| TIEMPO | X=0 | X=.01 | X=.02 | X=.03 | X=.04 | X=.05 | X=0.06 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.00 | 351.94 | 298.01 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 |
| 16.00 | 426.93 | 299.67 | 299.05 | 298.63 | 298.36 | 298.19 | 298.10 |
| 31.00 | 426.93 | 301.41 | 300.47 | 299.76 | 299.22 | 298.82 | 298.54 |
| 46.00 | 426.93 | 303.12 | 301.96 | 301.01 | 300.26 | 299.66 | 299.21 |
| 61.00 | 426.93 | 304.81 | 303.45 | 302.32 | 301.38 | 300.61 | 299.98 |
| 76.00 | 426.93 | 306.47 | 304.95 | 303.64 | 302.54 | 301.60 | 300.82 |
| 91.00 | 426.93 | 308.11 | 306.43 | 304.97 | 303.71 | 302.62 | 301.68 |
| 106.00 | 426.93 | 309.73 | 307.91 | 306.30 | 304.89 | 303.65 | 302.56 |
| 121.00 | 426.93 | 311.32 | 309.36 | 307.61 | 306.06 | 304.67 | 303.44 |
| 136.00 | 426.93 | 312.89 | 310.79 | 308.91 | 307.22 | 305.69 | 304.32 |
| 151.00 | 426.93 | 314.44 | 312.21 | 310.19 | 308.36 | 306.70 | 305.19 |
| 166.00 | 426.93 | 315.96 | 313.61 | 311.46 | 309.50 | 307.70 | 306.05 |
| 181.00 | 426.94 | 317.46 | 314.98 | 312.71 | 310.62 | 308.69 | 306.90 |
| 196.00 | 426.94 | 318.94 | 316.34 | 313.94 | 311.72 | 309.66 | 307.75 |
| 211.00 | 426.94 | 320.40 | 317.68 | 315.16 | 312.81 | 310.62 | 308.58 |
| 226.00 | 426.94 | 321.84 | 319.00 | 316.35 | 313.88 | 311.57 | 309.40 |
| 241.00 | 426.94 | 323.26 | 320.30 | 317.54 | 314.94 | 312.51 | 310.21 |
| 256.00 | 426.94 | 324.66 | 321.59 | 318.70 | 315.99 | 313.43 | 311.01 |
| 271.00 | 426.94 | 326.04 | 322.85 | 319.85 | 317.02 | 314.34 | 311.80 |
| 286.00 | 426.94 | 327.39 | 324.10 | 320.99 | 318.04 | 315.24 | 312.58 |
| 301.00 | 426.94 | 328.73 | 325.33 | 322.10 | 319.04 | 316.13 | 313.35 |
| 316.00 | 426.94 | 330.05 | 326.54 | 323.20 | 320.03 | 317.01 | 314.11 |
| 331.00 | 426.94 | 331.35 | 327.73 | 324.29 | 321.01 | 317.87 | 314.86 |
| 346.00 | 426.94 | 332.63 | 328.91 | 325.36 | 321.97 | 318.72 | 315.60 |
| 361.00 | 426.95 | 333.89 | 330.07 | 326.42 | 322.92 | 319.57 | 316.33 |
| 376.00 | 426.95 | 335.14 | 331.22 | 327.46 | 323.86 | 320.40 | 317.05 |
| 391.00 | 426.95 | 336.36 | 332.34 | 328.49 | 324.78 | 321.22 | 317.77 |
| 406.00 | 426.95 | 337.57 | 333.46 | 329.50 | 325.70 | 322.02 | 318.47 |
| 421.00 | 426.95 | 338.77 | 334.55 | 330.50 | 326.59 | 322.82 | 319.17 |
| 436.00 | 426.95 | 339.94 | 335.63 | 331.48 | 327.48 | 323.61 | 319.85 |
| 451.00 | 426.95 | 341.10 | 336.70 | 332.46 | 328.36 | 324.38 | 320.53 |
| 466.00 | 426.95 | 342.24 | 337.75 | 333.41 | 329.22 | 325.15 | 321.19 |

SIMULACION
DEL

CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.b: DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 2da. Condición.

T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).

X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

CONTINUA TABLA

| TIEMPO | X=.07 | X=.08 | X=.09 | X=.10 | X=.11 | X=.12 | X=.13 |
|--------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------|---------|
| 1.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 |
| 16.00 | 298.05 | 298.02 | 238.01 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 |
| 31.00 | 298.35 | 298.22 | 298.13 | 298.07 | 298.03 | 298.00 | 298.00 |
| 46.00 | 298.85 | 298.59 | 298.39 | 298.23 | 298.11 | 298.00 | 298.00 |
| 61.00 | 299.48 | 299.07 | 298.74 | 298.46 | 298.22 | 298.00 | 298.00 |
| 76.00 | 300.16 | 299.61 | 299.14 | 298.73 | 298.36 | 298.01 | 298.00 |
| 91.00 | 300.88 | 300.18 | 299.56 | 299.01 | 298.50 | 298.02 | 298.00 |
| 106.00 | 301.61 | 300.76 | 300.00 | 299.31 | 298.66 | 298.03 | 298.00 |
| 121.00 | 302.34 | 301.35 | 300.45 | 299.61 | 298.82 | 298.05 | 298.00 |
| 136.00 | 303.08 | 301.94 | 300.89 | 299.91 | 298.98 | 298.06 | 248.00 |
| 151.00 | 303.81 | 302.53 | 301.34 | 300.22 | 299.14 | 298.09 | 298.01 |
| 166.00 | 304.53 | 303.11 | 301.79 | 300.52 | 299.30 | 298.11 | 298.01 |
| 181.00 | 305.25 | 303.69 | 302.23 | 300.82 | 299.47 | 298.13 | 298.01 |
| 196.00 | 305.95 | 304.27 | 302.66 | 301.13 | 299.63 | 298.16 | 298.112 |
| 211.00 | 306.65 | 304.83 | 303.10 | 301.43 | 299.80 | 298.19 | 298.02 |
| 226.00 | 307.35 | 305.40 | 303.53 | 301.72 | 299.96 | 295.23 | 298.03 |
| 241.00 | 308.03 | 305.95 | 303.95 | 302.02 | 300.13 | 298.26 | 298.03 |
| 256.00 | 308.71 | 306.50 | 304.38 | 302.31 | 300.29 | 298.30 | 298.04 |
| 271.00 | 309.37 | 307.04 | 304.79 | 302.60 | 300.46 | 298.34 | 298.05 |
| 286.00 | 310.03 | 307.58 | 305.21 | 302.89 | 300.63 | 298.38 | 298.95 |
| 301.00 | 310.68 | 308.11 | 305.62 | 303.18 | 300.79 | 298.42 | 298.06 |
| 316.00 | 311.33 | 308.63 | 306.92 | 303.47 | 300.96 | 298.47 | 298.07 |
| 331.00 | 311.96 | 309.15 | 306.42 | 303.75 | 301.12 | 298.52 | 298.09 |
| 346.00 | 312.59 | 309.67 | 306.82 | 304.03 | 301.29 | 298.57 | 298.10 |
| 361.00 | 313.21 | 310.17 | 307.21 | 304.31 | 301.45 | 298.62 | 298.11 |
| 376.00 | 313.82 | 310.67 | 307.60 | 304.59 | 301.62 | 298.07 | 298.13 |
| 391.00 | 314.42 | 311.17 | 307.99 | 304.86 | 301.78 | 298.72 | 298.14 |
| 406.00 | 315.02 | 311.66 | 308.37 | 305.14 | 301.94 | 298.78 | 298.16 |
| 421.00 | 315.61 | 312.14 | 308.75 | 305.41 | 302.11 | 298.83 | 298.18 |
| 436.00 | 316.19 | 312.62 | 309.12 | 305.68 | 302.27 | 298.89 | 298.19 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO
TABLA A.4.2.b: DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 2da. Condición.
T(L_j) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).
X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

| TIEMPO | X=0 | X=.01 | X=.02 | X=.03 | X=.04 | X=.05 | X=0.06 |
|--------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 481.00 | 426.95 | 343.36 | 338.78 | 334.36 | 330.07 | 325.91 | 321.85 |
| 496.00 | 426.95 | 344.47 | 339.81 | 335.29 | 330.91 | 326.65 | 322.50 |
| 511.00 | 426.95 | 345.57 | 340.81 | 336.21 | 331.74 | 327.39 | 323.15 |
| 526.00 | 426.95 | 346.64 | 341.80 | 337.11 | 332.55 | 328.11 | 323.78 |
| 541.00 | 426.95 | 347.70 | 342.78 | 338.00 | 333.36 | 328.83 | 324.41 |
| 556.00 | 426.95 | 348.75 | 343.75 | 338.88 | 334.15 | 329.54 | 325.02 |
| 571.00 | 426.95 | 349.78 | 344.70 | 339.75 | 334.93 | 330.25 | 325.63 |
| 586.00 | 426.96 | 350.80 | 345.43 | 340.61 | 335.71 | 330.92 | 326.23 |
| 601.00 | 426.96 | 351.80 | 346.56 | 341.45 | 336.47 | 331.60 | 326.83 |
| 616.00 | 426.96 | 352.79 | 347.47 | 342.28 | 337.22 | 332.27 | 327.42 |
| 631.00 | 426.96 | 353.76 | 348.37 | 343.10 | 337.96 | 332.93 | 327.99 |
| 646.00 | 426.96 | 354.72 | 349.25 | 343.91 | 338.69 | 333.58 | 328.57 |
| 661.00 | 426.96 | 355.67 | 350.12 | 344.71 | 339.41 | 334.22 | 329.13 |
| 676.00 | 426.96 | 356.60 | 350.98 | 345.50 | 340.13 | 334.86 | 329.69 |
| 691.00 | 426.96 | 357.52 | 351.83 | 346.27 | 340.83 | 335.49 | 338.24 |
| 706.00 | 426.96 | 358.42 | 352.67 | 347.04 | 341.52 | 336.10 | 330.78 |
| 721.00 | 426.96 | 359.31 | 353.49 | 347.79 | 342.20 | 336.71 | 331.31 |
| 736.00 | 426.96 | 360.19 | 354.31 | 348.54 | 342.88 | 337.31 | 331.84 |
| 751.00 | 426.96 | 361.06 | 355.11 | 349.27 | 343.54 | 337.91 | 332.36 |
| 766.00 | 426.96 | 361.92 | 355.90 | 349.99 | 344.20 | 338.49 | 332.88 |
| 781.00 | 426.96 | 362.76 | 356.68 | 350.71 | 344.84 | 339.07 | 333.39 |
| 796.00 | 426.96 | 363.59 | 357.44 | 351.41 | 345.48 | 339.64 | 333.89 |
| 811.00 | 426.96 | 364.41 | 358.20 | 352.10 | 346.11 | 340.21 | 334.39 |
| 826.00 | 426.96 | 365.22 | 358.95 | 352.79 | 346.73 | 340.76 | 334.87 |
| 841.00 | 426.96 | 366.01 | 359.68 | 353.46 | 347.34 | 341.31 | 335.36 |
| 856.00 | 426.96 | 366.79 | 360.41 | 354.13 | 347.94 | 341.85 | 335.83 |
| 871.00 | 426.97 | 367.57 | 361.12 | 354.78 | 348.54 | 342.38 | 336.30 |
| 886.00 | 426.97 | 368.33 | 361.83 | 355.43 | 349.13 | 342.91 | 336.77 |
| 901.00 | 426.97 | 369.08 | 362.52 | 356.07 | 349.70 | 343.43 | 337.23 |
| 916.00 | 426.97 | 369.82 | 363.21 | 356.70 | 350.28 | 343.94 | 337.68 |
| 931.00 | 426.97 | 370.55 | 363.88 | 357.32 | 350.84 | 344.45 | 338.13 |
| 946.00 | 426.97 | 371.27 | 364.55 | 357.93 | 351.40 | 344.95 | 338.57 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO
TABLA A.4.2.b: DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 2da. Condición.
T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).
X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

CONTINUA TABLA

| TIEMPO | X=.07 | X=.08 | X=.09 | X=.10 | X=.11 | X=.12 | X=.13 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 451.00 | 316.77 | 313.10 | 309.49 | 305.94 | 302.43 | 298.95 | 298.21 |
| 466.00 | 317.34 | 313.56 | 309.86 | 306.21 | 302.60 | 299.01 | 298.23 |
| 481.00 | 317.90 | 314.03 | 310.22 | 306.47 | 302.76 | 299.07 | 298.25 |
| 496.00 | 318.45 | 314.48 | 310.58 | 306.73 | 302.92 | 299.13 | 298.28 |
| 511.00 | 319.00 | 314.93 | 310.94 | 306.99 | 303.08 | 299.19 | 298.30 |
| 526.00 | 319.54 | 315.38 | 311.29 | 307.24 | 303.24 | 299.26 | 298.32 |
| 541.00 | 320.07 | 315.82 | 311.63 | 307.50 | 303.40 | 299.32 | 298.35 |
| 556.00 | 320.60 | 316.26 | 311.98 | 307.75 | 303.56 | 299.39 | 298.37 |
| 571.00 | 321.12 | 316.69 | 312.32 | 308.00 | 303.72 | 299.46 | 298.40 |
| 586.00 | 321.64 | 317.12 | 312.66 | 308.25 | 303.88 | 299.53 | 298.43 |
| 601.00 | 322.15 | 317.54 | 312.99 | 308.49 | 304.03 | 299.60 | 295.46 |
| 616.00 | 322.65 | 317.95 | 313.32 | 308.74 | 304.19 | 299.67 | 298.49 |
| 631.00 | 323.14 | 318.37 | 313.65 | 308.98 | 304.35 | 299.74 | 298.52 |
| 646.00 | 323.63 | 318.77 | 313.97 | 309.22 | 304.50 | 299.81 | 298.55 |
| 661.00 | 324.12 | 319.18 | 314.29 | 309.46 | 304.66 | 299.88 | 298.58 |
| 676.00 | 324.59 | 319.57 | 314.61 | 309.69 | 304.81 | 299.96 | 298.61 |
| 691.00 | 325.07 | 319.97 | 314.92 | 309.93 | 304.97 | 300.03 | 298.65 |
| 706.00 | 325.53 | 320.36 | 315.24 | 310.16 | 305.12 | 300.10 | 298.65 |
| 721.00 | 325.99 | 320.74 | 315.54 | 310.39 | 305.27 | 300.18 | 298.72 |
| 736.00 | 326.45 | 321.12 | 315.85 | 310.62 | 305.43 | 300.26 | 298.75 |
| 751.00 | 326.90 | 321.49 | 316.15 | 310.85 | 305.58 | 300.33 | 298.79 |
| 766.00 | 327.34 | 321.87 | 316.45 | 311.07 | 305.73 | 300.41 | 298.53 |
| 781.00 | 327.78 | 322.23 | 316.74 | 311.29 | 305.88 | 300.49 | 298.86 |
| 796.00 | 328.21 | 322.60 | 317.03 | 311.51 | 306.03 | 300.56 | 298.90 |
| 811.00 | 328.64 | 322.95 | 317.32 | 311.73 | 306.18 | 300.64 | 298.94 |
| 826.00 | 329.06 | 323.31 | 317.61 | 311.95 | 306.33 | 300.72 | 298.98 |
| 841.00 | 329.48 | 323.66 | 317.89 | 312.17 | 306.47 | 300.80 | 299.02 |
| 856.00 | 329.89 | 324.01 | 318.17 | 312.38 | 306.62 | 300.88 | 299.06 |
| 871.00 | 330.30 | 324.35 | 318.45 | 312.59 | 306.77 | 300.96 | 299.10 |
| 886.00 | 330.70 | 324.69 | 318.72 | 312.80 | 306.91 | 301.04 | 299.14 |

SIMULACION
DEL

CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.b : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED

COMPUESTA: 2da Condición

T(I,j) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).

X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

| TIEMPO | X=0 | X=.01 | X=.02 | X=.03 | X=.04 | X=.05 | X=.06 |
|---------|---------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 961.00 | 426.97 | 371.98 | 365.20 | 358.53 | 351.94 | 345.44 | 339.00 |
| 976.00 | 426.97 | 372.67 | 365.85 | 359.12 | 352.48 | 345.92 | 339.43 |
| 991.00 | 426.97 | 373.36 | 366.49 | 359.71 | 353.02 | 346.40 | 339.85 |
| 1006.00 | 426.97 | 374.04 | 367.12 | 360.29 | 353.54 | 346.88 | 340.28 |
| 1021.00 | 426.97 | 374.71 | 367.74 | 360.86 | 354.06 | 347.34 | 340.69 |
| 1036.00 | 426.97 | 375.37 | 368.35 | 361.42 | 354.58 | 347.80 | 341.10 |
| 1051.00 | 426.97 | 376.02 | 368.95 | 361.98 | 355.08 | 348.26 | 341.50 |
| 1066.00 | 426.97 | 376.66 | 369.55 | 362.52 | 355.58 | 348.71 | 341.90 |
| 1081.00 | 426.97 | 377.29 | 370.13 | 363.06 | 356.07 | 349.15 | 342.29 |
| 1096.00 | 426.97 | 377.91 | 370.71 | 363.59 | 356.55 | 349.59 | 342.68 |
| 1111.00 | 426.97 | 378.53 | 371.28 | 364.12 | 357.03 | 350.02 | 343.07 |
| 1126.00 | 426.97 | 379.13 | 371.84 | 364.64 | 357.51 | 350.44 | 343.44 |
| 1141.00 | 426.97 | 379.73 | 372.40 | 365.15 | 357.97 | 350.86 | 343.82 |
| 1156.00 | 426.97 | 380.32 | 372.94 | 365.65 | 358.43 | 351.28 | 344.19 |
| 1171.00 | 426.97 | 380.90 | 373.48 | 366.15 | 358.88 | 351.69 | 344.55 |
| 1186.00 | 426.97 | 381.47 | 374.01 | 366.63 | 359.33 | 352.09 | 344.91 |
| 1201.00 | 426.97 | 382.03 | 374.54 | 367.12 | 359.77 | 352.49 | 345.27 |
| 1216.00 | 426.97 | 382.58 | 375.05 | 367.59 | 360.21 | 352.88 | 345.62 |
| 1231.00 | 426.97 | 383.13 | 375.56 | 368.06 | 360.63 | 353.27 | 345.96 |
| 1246.00 | 426.97 | 383.67 | 376.06 | 368.53 | 361.06 | 353.65 | 346.30 |
| 1261.00 | 426.97 | 384.20 | 376.56 | 368.98 | 361.48 | 354.03 | 346.64 |
| 1276.00 | 426.98 | 384.73 | 377.04 | 369.43 | 361.89 | 354.40 | 344.97 |
| 1291.00 | 426.98 | 385.24 | 377.52 | 369.88 | 362.29 | 354.77 | 347.30 |
| 1306.00 | 424.98 | 385.75 | 378.00 | 370.31 | 362.69 | 355.13 | 347.63 |
| 1321.00 | 426.98 | 386.25 | 378.46 | 370.75 | 363.09 | 355.49 | 347.95 |
| 1336.00 | 426.98 | 386.75 | 378.93 | 371.17 | 363.48 | 355.85 | 348.26 |
| 1351.00 | 426.98 | 387.23 | 379.38 | 371.59 | 363.86 | 356.19 | 348.58 |
| 1366.00 | 426.98 | 387.71 | 379.53 | 372.01 | 364.24 | 356.54 | 348.88 |
| 1381.00 | 426.98 | 388.19 | 380.27 | 372.41 | 364.62 | 356.88 | 549.19 |
| 1396.00 | 426.98 | 388.66 | 380.71 | 372.82 | 364.99 | 357.21 | 349.49 |
| 1411.00 | 426.98 | 389.12 | 381.13 | 373.21 | 365.35 | 357.55 | 349.79 |
| 1426.00 | 426.98 | 389.57 | 381.56 | 373.61 | 365.71 | 357.87 | 350.08 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO
TABLA A.4.2.b: DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 2da. Condición.
T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).
X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

CONTINUA TABLA

| TIEMPO | X=.07 | X=.08 | X=.09 | X=.10 | X=.11 | X=.12 | X=.13 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 901.00 | 331.10 | 325.02 | 319.00 | 313.01 | 307.06 | 301.12 | 299.18 |
| 916.00 | 331.49 | 325.35 | 319.26 | 313.22 | 307.20 | 301.21 | 299.23 |
| 931.00 | 331.87 | 325.68 | 319.53 | 313.42 | 307.34 | 301.29 | 299.27 |
| 946.00 | 332.26 | 326.00 | 319.79 | 313.63 | 307.49 | 301.37 | 299.31 |
| 961.00 | 332.64 | 326.32 | 320.06 | 313.83 | 307.63 | 301.45 | 299.36 |
| 976.00 | 333.01 | 326.64 | 320.31 | 314.03 | 307.77 | 301.53 | 299.40 |
| 991.00 | 333.38 | 326.95 | 320.57 | 314.22 | 307.91 | 301.62 | 299.45 |
| 1006.00 | 333.74 | 327.26 | 320.82 | 314.42 | 308.05 | 301.70 | 299.49 |
| 1021.00 | 334.10 | 327.56 | 321.07 | 314.62 | 308.19 | 301.78 | 299.54 |
| 1036.00 | 334.46 | 327.87 | 321.32 | 314.81 | 308.33 | 301.87 | 299.58 |
| 1051.00 | 334.81 | 328.16 | 321.56 | 315.00 | 308.47 | 301.95 | 299.63 |
| 1066.00 | 335.16 | 328.46 | 321.81 | 315.19 | 308.60 | 302.03 | 299.68 |
| 1081.00 | 335.50 | 328.75 | 322.05 | 315.38 | 308.74 | 302.12 | 299.72 |
| 1096.00 | 335.84 | 329.04 | 322.28 | 315.57 | 308.87 | 302.20 | 299.77 |
| 1111.00 | 336.17 | 329.32 | 322.52 | 315.75 | 309.01 | 302.29 | 299.82 |
| 1126.00 | 336.50 | 329.61 | 322.75 | 315.93 | 309.14 | 302.37 | 299.86 |
| 1141.00 | 336.83 | 329.88 | 322.98 | 316.12 | 309.28 | 302.45 | 299.91 |
| 1156.00 | 337.15 | 330.16 | 323.21 | 316.30 | 309.41 | 302.54 | 299.96 |
| 1171.00 | 337.47 | 330.43 | 323.44 | 316.48 | 309.54 | 302.62 | 300.01 |
| 1186.00 | 337.78 | 330.70 | 323.66 | 316.65 | 309.67 | 302.71 | 300.06 |
| 1201.00 | 338.09 | 330.97 | 323.88 | 316.83 | 309.80 | 302.79 | 300.11 |
| 1216.00 | 338.40 | 331.23 | 324.10 | 317.00 | 309.93 | 302.88 | 300.16 |
| 1231.00 | 338.70 | 331.49 | 324.32 | 317.18 | 310.06 | 302.96 | 300.21 |
| 1246.00 | 339.00 | 331.75 | 324.53 | 317.35 | 310.19 | 303.05 | 300.26 |
| 1261.00 | 339.30 | 332.00 | 324.74 | 317.52 | 310.31 | 303.13 | 300.30 |
| 1276.00 | 339.59 | 332.26 | 324.96 | 317.69 | 310.44 | 303.22 | 300.35 |
| 1291.00 | 339.88 | 332.50 | 325.16 | 317.85 | 310.57 | 303.30 | 300.40 |
| 1306.00 | 340.17 | 332.75 | 325.37 | 318.02 | 310.69 | 303.38 | 300.45 |
| 1321.00 | 340.45 | 332.99 | 325.57 | 318.18 | 310.82 | 303.47 | 300.50 |
| 1336.00 | 340.73 | 333.23 | 325.77 | 318.35 | 310.94 | 303.55 | 300.55 |

SIMULACION
DEL

CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.b : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED

COMPUESTA: 2da. Condición.

T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).

X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

| TIEMPO | X=0 | X=.01 | X=.02 | X=.03 | X=.04 | X=.05 | X=.06 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1441.00 | 426.98 | 390.02 | 381.97 | 373.99 | 366.07 | 358.19 | 350.37 |
| 1456.00 | 426.98 | 390.46 | 382.38 | 374.37 | 366.42 | 358.51 | 350.66 |
| 1471.00 | 426.98 | 390.89 | 382.79 | 374.75 | 366.76 | 358.83 | 350.94 |
| 1486.00 | 426.98 | 391.32 | 383.19 | 375.12 | 367.10 | 359.14 | 351.22 |
| 1501.00 | 426.98 | 391.74 | 383.58 | 375.49 | 367.44 | 359.44 | 351.49 |
| 1516.00 | 426.98 | 392.16 | 383.97 | 375.85 | 367.77 | 359.75 | 351.76 |
| 1531.00 | 426.98 | 392.57 | 384.36 | 376.20 | 368.10 | 360.04 | 352.03 |
| 1546.00 | 426.98 | 392.97 | 384.74 | 376.55 | 368.42 | 360.34 | 352.30 |
| 1561.00 | 426.98 | 393.37 | 385.11 | 376.90 | 368.74 | 360.63 | 352.56 |
| 1576.00 | 426.98 | 393.76 | 385.48 | 377.24 | 369.05 | 360.91 | 352.82 |
| 1591.00 | 426.98 | 394.15 | 385.84 | 377.58 | 369.36 | 361.20 | 353.07 |
| 1606.00 | 426.98 | 394.53 | 386.19 | 377.91 | 369.67 | 361.48 | 353.32 |
| 1621.00 | 426.98 | 394.91 | 386.55 | 378.24 | 369.97 | 361.75 | 353.57 |
| 1636.00 | 426.98 | 395.28 | 386.89 | 378.56 | 370.27 | 362.02 | 353.82 |
| 1651.00 | 426.98 | 395.65 | 387.24 | 378.88 | 370.56 | 362.29 | 354.06 |
| 1666.00 | 426.98 | 396.01 | 387.57 | 379.19 | 370.85 | 362.56 | 354.30 |
| 1681.00 | 426.98 | 396.36 | 387.91 | 379.50 | 371.14 | 362.82 | 354.54 |
| 1696.00 | 426.98 | 396.71 | 388.24 | 379.81 | 371.42 | 363.08 | 354.77 |
| 1711.00 | 426.98 | 397.06 | 388.56 | 380.11 | 371.70 | 363.33 | 355.00 |
| 1726.00 | 426.98 | 397.40 | 388.88 | 380.40 | 371.97 | 363.58 | 355.23 |
| 1741.00 | 426.98 | 397.74 | 389.19 | 380.70 | 372.24 | 363.83 | 355.45 |
| 1756.00 | 426.98 | 398.07 | 389.50 | 380.99 | 372.51 | 364.08 | 355.68 |
| 1771.00 | 426.98 | 398.39 | 389.81 | 381.27 | 372.78 | 364.32 | 355.90 |
| 1786.00 | 426.98 | 398.71 | 390.11 | 381.55 | 373.04 | 364.56 | 356.11 |
| 1801.00 | 426.98 | 399.03 | 390.41 | 381.83 | 373.29 | 364.79 | 356.33 |
| 1816.00 | 426.98 | 399.34 | 390.70 | 382.10 | 373.55 | 365.02 | 356.54 |
| 1831.00 | 426.98 | 399.65 | 390.99 | 382.37 | 373.80 | 365.25 | 356.75 |
| 1846.00 | 426.98 | 399.96 | 391.28 | 382.64 | 374.04 | 365.48 | 356.95 |
| 1861.00 | 426.98 | 400.26 | 391.56 | 382.90 | 374.29 | 365.70 | 357.16 |
| 1876.00 | 426.98 | 400.55 | 391.84 | 383.16 | 374.53 | 365.93 | 357.36 |
| 1891.00 | 426.98 | 400.84 | 392.11 | 383.42 | 374.76 | 366.14 | 357.56 |
| 1905.00 | 426.98 | 401.13 | 392.58 | 383.68 | 374.99 | 366.36 | 357.76 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO
TABLA A.4.2.b: DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 2da. Condición.
T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).
X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

CONTINUA TABLA

| TIEMPO | X=.07 | X=.08 | X=.09 | X=.10 | X=.11 | X=.12 | X=.13 |
|---------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| 1351.00 | 341.00 | 333.47 | 325.97 | 318.51 | 311.06 | 303.64 | 300.60 |
| 1366.00 | 341.28 | 333.71 | 326.17 | 318.67 | 311.19 | 303.72 | 300.66 |
| 1381.00 | 341.54 | 333.94 | 326.37 | 318.83 | 311.31 | 303.81 | 300.71 |
| 1396.00 | 341.81 | 334.17 | 326.56 | 318.98 | 311.43 | 303.89 | 300.76 |
| 1411.00 | 342.07 | 334.40 | 326.75 | 319.14 | 311.55 | 303.97 | 300.81 |
| 1426.00 | 342.33 | 334.62 | 326.94 | 319.29 | 311.67 | 304.06 | 300.86 |
| 1441.00 | 342.59 | 334.84 | 327.13 | 319.45 | 311.78 | 304.14 | 300.91 |
| 1456.00 | 342.84 | 335.06 | 327.32 | 319.60 | 311.90 | 304.22 | 300.96 |
| 1471.00 | 343.09 | 335.28 | 327.50 | 319.75 | 312.02 | 304.31 | 301.01 |
| 1486.00 | 343.34 | 335.49 | 327.68 | 319.90 | 312.14 | 304.39 | 301.06 |
| 1501.00 | 343.58 | 335.71 | 327.86 | 320.05 | 312.25 | 304.47 | 301.11 |
| 1516.00 | 343.82 | 335.92 | 328.04 | 320.19 | 312.37 | 304.56 | 301.16 |
| 1531.00 | 344.06 | 336.12 | 328.22 | 320.34 | 312.48 | 304.64 | 301.21 |
| 1546.00 | 344.30 | 336.33 | 328.39 | 320.48 | 312.59 | 304.72 | 301.26 |
| 1561.00 | 344.53 | 336.53 | 328.57 | 320.63 | 312.71 | 304.80 | 301.31 |
| 1576.00 | 344.76 | 336.73 | 328.74 | 320.77 | 312.82 | 304.88 | 301.36 |
| 1591.00 | 344.99 | 336.93 | 328.91 | 320.91 | 312.93 | 304.97 | 301.41 |
| 1606.00 | 345.21 | 337.13 | 329.07 | 321.05 | 313.04 | 305.05 | 301.46 |
| 1621.00 | 345.43 | 337.32 | 329.24 | 321.18 | 313.15 | 305.13 | 301.51 |
| 1636.00 | 345.65 | 337.51 | 329.41 | 321.32 | 313.26 | 305.21 | 301.56 |
| 1651.00 | 345.87 | 337.70 | 329.57 | 321.46 | 313.37 | 305.29 | 301.61 |
| 1666.00 | 346.08 | 337.89 | 329.73 | 321.59 | 313.47 | 305.37 | 301.66 |
| 1681.00 | 346.29 | 338.08 | 329.89 | 321.72 | 313.58 | 305.45 | 301.71 |
| 1696.00 | 346.50 | 338.26 | 330.05 | 321.86 | 313.69 | 305.53 | 301.76 |
| 1711.00 | 346.71 | 338.44 | 330.20 | 321.99 | 313.79 | 305.61 | 301.81 |
| 1726.00 | 346.91 | 338.62 | 330.36 | 322.12 | 313.90 | 305.69 | 301.86 |
| 1741.00 | 347.11 | 338.80 | 330.51 | 322.25 | 314.00 | 305.77 | 301.91 |
| 1756.00 | 347.31 | 338.97 | 330.66 | 322.37 | 314.10 | 305.85 | 301.96 |
| 1771.00 | 347.51 | 339.15 | 330.81 | 322.50 | 314.211 | 305.93 | 302.01 |
| 1786.00 | 347.70 | 339.32 | 330.96 | 322.62 | 314.31 | 306.00 | 302.05 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.b: DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 2da. Condición.

T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K)
X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

| TIEMPO | X=0 | X=.01 | X=.02 | X=.03 | X=.04 | X=.05 | X=0.06 |
|---------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1921.00 | 426.98 | 401.42 | 393.01 | 383.94 | 375.23 | 366.58 | 357.96 |
| 1936.00 | 426.98 | 401.71 | 393.43 | 384.20 | 375.46 | 366.80 | 358.16 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO
TABLA A.4.2.b: DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 2da. Condicion.
T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).
X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

CONTINUA TABLA

| TIEMPO | X=.07 | X=.08 | X=.09 | X=.10 | X=.11 | X=.12 | X=.13 |
|---------|---------------|--------|---------------|---------------|---------------|--------|---------------|
| 1801.00 | 347.89 | 339.49 | 331.11 | 322.75 | 314.41 | 306.08 | 302.10 |
| 1816.00 | 348.48 | 339.66 | 331.25 | 322.87 | 314.51 | 306.16 | 312.15 |
| 1831.00 | 348.27 | 339.82 | 331.40 | 322.99 | 314.01 | 306.24 | 302.20 |
| 1846.00 | 348.46 | 339.98 | 331.54 | 323.11 | 314.71 | 306.31 | 302.25 |
| 1861.00 | 348.64 | 340.15 | 331.68 | 323.23 | 314.80 | 306.39 | 302.29 |
| 1876.00 | 348.82 | 340.31 | 331.82 | 323.35 | 314.90 | 306.47 | 302.34 |
| 1891.00 | 349.00 | 340.47 | 331.96 | 323.47 | 315.00 | 306.54 | 302.39 |
| 1906.00 | 349.10 | 340.63 | 332.10 | 323.53 | 317.10 | 306.62 | 302.44 |
| 1921.00 | 349.36 | 340.79 | 332.24 | 323.60 | 315.20 | 306.69 | 302.49 |
| 1936.00 | 349.54 | 340.95 | 332.38 | 323.68 | 315.30 | 306.77 | 302.54 |

CALOR ENTREGADO AL SISTEMA(JULS)...: 312642944.00

FLUJO DE VAPOR (KG/HR)...: 175.10

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.c : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 3ra. Condición.

| T(I,J) | - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K). | | | | | | |
|--------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| X | - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO (M). | | | | | | |
| TIEMPO | X=0 | X=.01 | X=.02 | X=.03 | X=.04 | X=.05 | X=.06 |
| 1.00 | 351.94 | 298.01 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 |
| 16.00 | 426.93 | 299.67 | 299.05 | 298.63 | 298.36 | 298.19 | 298.10 |
| 31.00 | 424.93 | 301.41 | 300.47 | 299.76 | 299.22 | 298.82 | 298.54 |
| 46.00 | 426.93 | 303.12 | 301.96 | 301.01 | 300.26 | 299.66 | 299.21 |
| 61.00 | 426.93 | 304.81 | 303.45 | 302.32 | 301.38 | 300.61 | 299.98 |
| 76.00 | 426.93 | 306.47 | 304.95 | 303.64 | 302.54 | 301.60 | 300.82 |
| 91.00 | 426.93 | 308.11 | 306.43 | 304.97 | 303.71 | 302.62 | 301.68 |
| 106.00 | 426.93 | 309.73 | 307.91 | 306.30 | 304.89 | 303.65 | 302.56 |
| 121.00 | 426.93 | 311.32 | 309.36 | 307.61 | 306.06 | 304.67 | 303.44 |
| 136.00 | 426.93 | 312.89 | 310.79 | 308.91 | 307.22 | 305.69 | 304.32 |
| 151.00 | 426.93 | 314.44 | 312.21 | 310.19 | 308.36 | 306.70 | 305.19 |
| 166.00 | 426.93 | 315.96 | 313.61 | 311.46 | 309.50 | 307.70 | 306.05 |
| 181.00 | 426.94 | 317.46 | 314.98 | 312.71 | 310.62 | 308.69 | 306.90 |
| 196.00 | 426.34 | 318.94 | 316.34 | 313.94 | 311.72 | 309.66 | 307.75 |
| 211.00 | 426.94 | 320.40 | 317.68 | 315.16 | 312.81 | 310.62 | 308.58 |
| 226.00 | 426.94 | 321.84 | 319.00 | 316.35 | 313.88 | 311.57 | 309.40 |
| 241.00 | 426.94 | 323.26 | 320.30 | 317.54 | 314.94 | 312.51 | 310.21 |
| 256.00 | 426.94 | 324.66 | 321.59 | 318.70 | 315.99 | 313.43 | 311.01 |
| 271.00 | 426.94 | 326.04 | 322.85 | 319.85 | 317.02 | 314.34 | 311.80 |
| 286.00 | 426.94 | 327.39 | 324.10 | 320.99 | 318.04 | 315.24 | 312.58 |
| 301.00 | 426.94 | 328.73 | 325.33 | 322.10 | 319.04 | 316.13 | 313.35 |
| 316.00 | 426.94 | 330.05 | 326.54 | 323.20 | 320.03 | 317.01 | 314.11 |
| 331.00 | 426.94 | 331.35 | 327.73 | 324.29 | 321.01 | 317.87 | 314.86 |
| 346.00 | 426.94 | 332.63 | 328.91 | 325.36 | 321.97 | 318.72 | 315.60 |
| 361.00 | 426.95 | 333.89 | 330.07 | 326.42 | 322.92 | 319.57 | 316.33 |
| 376.00 | 426.95 | 335.14 | 331.22 | 327.46 | 323.86 | 320.40 | 317.05 |
| 391.00 | 426.95 | 336.36 | 332.34 | 328.49 | 324.78 | 321.22 | 317.77 |
| 406.00 | 424.95 | 337.57 | 333.46 | 329.50 | 325.70 | 322.02 | 318.47 |
| 421.00 | 426.95 | 338.77 | 334.55 | 330.50 | 326.59 | 322.82 | 319.17 |
| 436.00 | 425.95 | 339.94 | 335.63 | 331.45 | 327.48 | 323.61 | 319.85 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENXUQUETADO

TABLA A.4.2.c : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 3ra. Condición.

| T(I J) | - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K). | | | | | | |
|--------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| X | - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO (M). | | | | | | |
| TIEMPO | X=.07 | X=.08 | X=.09 | X=.10 | X=.11 | X=.12 | X= .13 |
| 1.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 |
| 16.00 | 298.05 | 298.02 | 298.01 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 |
| 31.00 | 298.35 | 298.22 | 298.13 | 298.07 | 298.03 | 298.00 | 298.00 |
| 46.00 | 298.85 | 298.59 | 298.39 | 298.23 | 298.11 | 298.00 | 298.00 |
| 61.00 | 299.48 | 299.07 | 298.74 | 298.46 | 298.22 | 298.00 | 298.00 |
| 76.00 | 300.16 | 299.61 | 299.14 | 298.73 | 298.36 | 298.01 | 298.00 |
| 91.00 | 300.88 | 300.18 | 299.56 | 299.01 | 298.50 | 298.02 | 298.00 |
| 106.00 | 301.61 | 300.76 | 300.00 | 299.31 | 298.66 | 298.03 | 298.00 |
| 121.00 | 302.34 | 301.35 | 300.45 | 299.61 | 298.82 | 298.05 | 298.00 |
| 136.00 | 303.08 | 301.94 | 300.89 | 299.91 | 298.98 | 298.06 | 298.00 |
| 151.00 | 303.81 | 302.53 | 301.34 | 300.22 | 299.14 | 298.09 | 298.01 |
| 166.00 | 304.53 | 303.11 | 301.79 | 300.52 | 299.30 | 298.11 | 298.01 |
| 181.00 | 305.25 | 303.69 | 302.23 | 300.82 | 299.47 | 298.13 | 298.01 |
| 196.00 | 305.95 | 304.27 | 302.66 | 301.13 | 299.63 | 298.16 | 298.02 |
| 211.00 | 306.65 | 304.83 | 303.10 | 301.43 | 299.80 | 298.19 | 298.02 |
| 226.00 | 307.35 | 305.40 | 303.53 | 301.72 | 299.96 | 298.23 | 298.03 |
| 241.00 | 308.03 | 305.95 | 303.95 | 302.02 | 300.13 | 298.26 | 298.03 |
| 256.00 | 308.71 | 306.50 | 304.38 | 302.31 | 300.29 | 298.30 | 298.04 |
| 271.00 | 309.37 | 307.04 | 304.79 | 302.60 | 300.46 | 298.34 | 298.05 |
| 286.00 | 310.03 | 307.58 | 305.21 | 302.89 | 300.63 | 298.38 | 298.05 |
| 301.00 | 310.68 | 308.11 | 305.62 | 303.18 | 300.79 | 298.42 | 298.06 |
| 316.00 | 311.33 | 308.63 | 306.02 | 303.47 | 300.96 | 298.47 | 298.07 |
| 331.00 | 311.96 | 309.15 | 306.42 | 303.75 | 301.12 | 298.52 | 298.09 |
| 346.00 | 312.59 | 309.67 | 306.82 | 304.03 | 301.29 | 298.57 | 298.10 |
| 361.00 | 313.21 | 310.17 | 307.21 | 304.31 | 301.45 | 298.62 | 298.11 |
| 376.00 | 313.82 | 310.67 | 307.60 | 304.59 | 301.62 | 298.67 | 298.13 |
| 391.00 | 314.42 | 311.17 | 307.99 | 304.86 | 301.78 | 298.72 | 298.14 |
| 406.00 | 315.02 | 311.66 | 308.37 | 305.14 | 301.94 | 298.78 | 298.16 |
| 421.00 | 315.61 | 312.14 | 308.75 | 305.41 | 302.11 | 298.83 | 298.18 |
| 436.00 | 316.19 | 312.62 | 309.12 | 305.68 | 302.27 | 298.89 | 298.19 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.c : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA : 3ra. Condición.

$T_{i,j}$ - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA ($^{\circ}$ K).
 X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO (M).

| TIEMPO | X-0 | X-.01 | X-.02 | X-.03 | X-.04 | X-.05 | X-.06 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 451.00 | 426.95 | 341.10 | 336.70 | 332.46 | 328.36 | 3243.8 | 320.53 |
| 466.00 | 426.95 | 342.24 | 337.75 | 333.41 | 329.22 | 325.15 | 321.19 |
| 481.00 | 426.95 | 343.36 | 338.78 | 334.36 | 330.07 | 325.91 | 321.85 |
| 496.00 | 426.95 | 344.47 | 339.81 | 335.29 | 330.91 | 326.65 | 322.50 |
| 511.00 | 426.95 | 345.57 | 340.81 | 336.21 | 331.74 | 327.39 | 323.15 |
| 526.00 | 426.95 | 346.64 | 341.80 | 337.11 | 332.55 | 328.11 | 323.78 |
| 541.00 | 426.95 | 347.70 | 342.78 | 338.00 | 333.34 | 328.83 | 324.41 |
| 556.00 | 426.95 | 348.75 | 343.75 | 338.88 | 334.15 | 329.54 | 325.02 |
| 571.00 | 426.95 | 349.78 | 344.70 | 339.75 | 334.93 | 330.23 | 325.63 |
| 586.00 | 426.96 | 350.80 | 345.63 | 340.61 | 335.71 | 330.92 | 326.23 |
| 601.00 | 426.96 | 351.80 | 346.56 | 341.45 | 336.47 | 331.60 | 326.83 |
| 616.00 | 426.96 | 352.79 | 347.47 | 342.28 | 337.22 | 332.27 | 327.42 |
| 631.00 | 426.96 | 353.76 | 348.37 | 343.10 | 337.96 | 332.93 | 327.99 |
| 646.00 | 426.96 | 354.72 | 349.25 | 343.91 | 338.69 | 333.58 | 328.57 |
| 661.00 | 426.96 | 355.67 | 350.12 | 344.71 | 339.41 | 334.22 | 329.13 |
| 676.00 | 426.96 | 356.60 | 350.98 | 345.50 | 340.13 | 334.86 | 329.69 |
| 691.00 | 426.96 | 357.52 | 351.83 | 346.27 | 340.83 | 335.49 | 330.24 |
| 706.00 | 426.96 | 358.42 | 352.67 | 347.04 | 341.52 | 336.10 | 330.78 |
| 721.00 | 426.96 | 359.31 | 353.49 | 347.79 | 342.20 | 336.71 | 331.31 |
| 736.00 | 426.96 | 360.19 | 354.31 | 348.54 | 342.88 | 337.31 | 331.84 |
| 751.00 | 426.96 | 361.06 | 355.11 | 349.27 | 343.54 | 337.91 | 332.36 |
| 766.00 | 426.96 | 361.92 | 355.90 | 349.99 | 344.20 | 338.49 | 332.88 |
| 781.00 | 426.96 | 362.76 | 356.68 | 350.71 | 344.84 | 339.07 | 333.39 |
| 796.00 | 426.96 | 363.59 | 357.44 | 351.41 | 345.48 | 339.64 | 333.89 |
| 811.00 | 426.96 | 364.41 | 358.20 | 352.10 | 346.11 | 340.21 | 334.39 |
| 826.00 | 426.96 | 365.22 | 358.95 | 352.79 | 346.73 | 340.76 | 334.87 |
| 841.00 | 426.96 | 366.01 | 359.68 | 353.46 | 347.34 | 341.31 | 335.36 |
| 856.00 | 426.96 | 366.79 | 360.41 | 354.13 | 347.94 | 341.85 | 335.83 |
| 871.00 | 426.97 | 367.57 | 361.12 | 354.78 | 348.54 | 342.38 | 336.30 |
| 886.00 | 426.97 | 368.33 | 361.83 | 355.43 | 349.13 | 342.91 | 336.77 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.c : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 3ra. Condición.

T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).
X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO (M).

| TIEMPO | X=.07 | X=.08 | X=.09 | X=.10 | X=.11 | X=.12 | X=.13 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 451.00 | 316.77 | 313.10 | 309.49 | 305.94 | 302.43 | 298.95 | 298.21 |
| 466.00 | 317.34 | 313.56 | 309.86 | 306.21 | 302.60 | 299.01 | 298.23 |
| 481.00 | 317.90 | 314.03 | 310.22 | 306.47 | 302.76 | 299.07 | 298.25 |
| 496.00 | 318.45 | 314.48 | 310.58 | 306.73 | 302.92 | 299.13 | 298.28 |
| 511.00 | 319.00 | 314.93 | 310.94 | 306.99 | 303.08 | 299.19 | 298.30 |
| 526.00 | 319.54 | 315.38 | 311.29 | 307.24 | 303.24 | 299.26 | 298.32 |
| 541.00 | 320.07 | 315.82 | 311.63 | 307.50 | 303.40 | 299.32 | 298.35 |
| 556.00 | 320.60 | 316.26 | 311.98 | 307.75 | 303.56 | 299.39 | 298.37 |
| 571.00 | 321.12 | 316.69 | 312.32 | 308.00 | 303.72 | 299.46 | 298.40 |
| 586.00 | 321.64 | 317.12 | 312.66 | 308.25 | 303.88 | 299.53 | 298.43 |
| 601.00 | 322.15 | 317.54 | 312.99 | 308.49 | 304.03 | 299.60 | 298.46 |
| 616.00 | 322.65 | 317.95 | 313.32 | 306.74 | 304.19 | 299.67 | 298.49 |
| 631.00 | 323.14 | 318.37 | 313.65 | 308.98 | 304.35 | 299.74 | 298.52 |
| 646.00 | 323.63 | 318.77 | 313.97 | 309.22 | 304.50 | 299.81 | 298.55 |
| 661.00 | 324.12 | 319.18 | 314.29 | 309.46 | 304.66 | 299.88 | 298.58 |
| 676.00 | 324.59 | 319.57 | 314.61 | 309.69 | 304.81 | 299.96 | 298.61 |
| 691.00 | 325.07 | 319.97 | 314.92 | 309.93 | 304.97 | 300.03 | 298.65 |
| 706.00 | 325.53 | 320.36 | 315.24 | 310.16 | 305.12 | 300.10 | 298.68 |
| 721.00 | 325.99 | 320.74 | 315.54 | 310.39 | 305.27 | 300.18 | 298.72 |
| 736.00 | 326.45 | 321.12 | 315.85 | 310.62 | 305.43 | 300.26 | 298.75 |
| 751.00 | 326.90 | 321.49 | 316.15 | 310.85 | 305.58 | 300.33 | 298.79 |
| 766.00 | 327.34 | 321.87 | 316.45 | 311.07 | 305.73 | 300.41 | 298.83 |
| 781.00 | 327.78 | 322.23 | 316.74 | 311.29 | 305.88 | 300.49 | 298.86 |
| 796.00 | 328.21 | 322.60 | 317.03 | 311.51 | 306.03 | 300.56 | 298.90 |
| 811.00 | 328.64 | 322.95 | 317.32 | 311.73 | 306.18 | 300.64 | 298.94 |
| 826.00 | 329.06 | 323.31 | 317.61 | 311.95 | 306.33 | 300.72 | 298.98 |
| 841.00 | 323.48 | 323.66 | 317.89 | 312.17 | 306.47 | 300.80 | 299.02 |
| 856.00 | 329.89 | 324.01 | 318.17 | 312.38 | 306.62 | 300.88 | 299.06 |
| 871.00 | 330.30 | 324.35 | 318.45 | 312.59 | 306.77 | 300.96 | 299.10 |
| 886.00 | 330.70 | 324.69 | 318.72 | 312.80 | 306.91 | 301.04 | 299.14 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A 4.2.c · DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA DARED
COMPUESTA: 3ra Condición.

| T(I,J) | - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K) | | | | | | |
|---------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| X | - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO (M). | | | | | | |
| TIEMPO | X=0 | X=.01 | X=.02 | X=.03 | X=.04 | X=.05 | X=.06 |
| 901.00 | 426.97 | 369.81 | 362.52 | 356.07 | 349.70 | 343.43 | 337.23 |
| 916.00 | 426.97 | 369.82 | 363.21 | 356.70 | 350.28 | 343.94 | 337.68 |
| 931.00 | 426.97 | 370.55 | 363.88 | 357.32 | 350.84 | 344.45 | 338.13 |
| 946.00 | 426.97 | 371.27 | 364.55 | 357.93 | 351.40 | 344.95 | 338.57 |
| 961.00 | 426.37 | 371.98 | 365.20 | 358.53 | 351.94 | 345.44 | 339.00 |
| 976.00 | 426.97 | 372.67 | 365.85 | 359.12 | 352.48 | 345.92 | 339.43 |
| 991.00 | 426.97 | 373.36 | 366.49 | 359.71 | 353.02 | 346.40 | 339.86 |
| 1006.00 | 426.97 | 374.04 | 367.12 | 360.29 | 353.54 | 346.88 | 340.28 |
| 1021.00 | 426.97 | 374.71 | 367.74 | 360.86 | 354.06 | 347.34 | 340.69 |
| 1036.00 | 426.97 | 375.37 | 368.35 | 361.42 | 354.58 | 347.80 | 341.10 |
| 1051.00 | 426.97 | 376.02 | 368.95 | 361.98 | 355.08 | 348.26 | 341.50 |
| 1066.00 | 426.97 | 376.66 | 369.55 | 362.52 | 355.58 | 348.71 | 341.90 |
| 1081.00 | 426.97 | 377.29 | 370.13 | 363.06 | 356.07 | 349.15 | 342.29 |
| 1096.00 | 426.97 | 377.91 | 370.71 | 363.59 | 356.55 | 349.59 | 342.68 |
| 1111.00 | 426.97 | 378.53 | 371.28 | 364.12 | 357.03 | 350.02 | 343.07 |
| 1126.00 | 426.97 | 379.13 | 371.84 | 364.64 | 357.51 | 350.44 | 343.44 |
| 1141.00 | 426.97 | 379.73 | 372.40 | 365.15 | 357.97 | 350.86 | 343.82 |
| 1156.00 | 426.97 | 380.32 | 372.94 | 365.65 | 358.43 | 351.28 | 344.19 |
| 1171.00 | 426.97 | 380.90 | 373.48 | 366.15 | 358.88 | 351.69 | 344.55 |
| 1186.00 | 426.97 | 381.47 | 374.01 | 366.63 | 359.33 | 352.09 | 344.91 |
| 1201.00 | 426.97 | 382.03 | 374.54 | 367.12 | 359.77 | 352.49 | 345.27 |
| 1216.00 | 426.97 | 382.58 | 375.05 | 367.59 | 360.21 | 352.88 | 345.62 |
| 1231.00 | 426.97 | 383.13 | 375.56 | 368.06 | 360.63 | 353.27 | 345.96 |
| 1246.00 | 426.97 | 383.47 | 376.06 | 368.53 | 361.06 | 353.65 | 346.30 |
| 1261.00 | 426.97 | 384.20 | 376.56 | 368.98 | 361.48 | 354.03 | 346.64 |
| 1276.00 | 426.98 | 384.73 | 377.04 | 369.43 | 361.89 | 354.40 | 346.97 |
| 1291.00 | 426.98 | 385.24 | 377.52 | 369.88 | 362.29 | 354.77 | 347.30 |
| 1306.00 | 426.98 | 385.75 | 378.00 | 370.31 | 362.69 | 355.13 | 347.63 |
| 1321.00 | 426.95 | 386.25 | 378.46 | 370.75 | 363.09 | 355.49 | 347.95 |
| 1336.00 | 426.98 | 386.75 | 378.93 | 371.17 | 363.48 | 355.85 | 348.26 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.c : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPLESTA: 3ra. Condición.

| T(I,J) X | - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K). | | | | | | |
|-------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO (M). | | | | | | |
| TIEMPO | X=.07 | X=.08 | X=.09 | X=.10 | X=.11 | X=.12 | X=.13 |
| 901.00 | 331.10 | 325.02 | 319.00 | 313.01 | 307.06 | 301.12 | 299.18 |
| 916.00 | 331.49 | 325.35 | 319.26 | 313.22 | 307.20 | 301.21 | 299.23 |
| 931.00 | 331.87 | 325.68 | 319.53 | 313.42 | 307.34 | 301.29 | 299.27 |
| 946.00 | 332.26 | 326.00 | 319.79 | 313.63 | 307.49 | 301.37 | 299.31 |
| 961.00 | 332.64 | 326.32 | 320.06 | 313.83 | 307.63 | 301.45 | 299.36 |
| 976.00 | 333.01 | 326.64 | 320.31 | 314.03 | 307.77 | 301.53 | 249.40 |
| 991.00 | 333.38 | 326.95 | 320.57 | 314.22 | 307.91 | 301.62 | 299.45 |
| 1006.00 | 333.74 | 327.26 | 320.82 | 314.42 | 308.05 | 301.70 | 299.49 |
| 1021.00 | 334.11 | 327.56 | 321.07 | 314.62 | 308.19 | 301.78 | 299.54 |
| 1036.00 | 334.46 | 327.87 | 321.32 | 314.81 | 308.33 | 301.87 | 299.58 |
| 1051.00 | 334.81 | 328.16 | 321.56 | 315.00 | 308.47 | 301.95 | 299.63 |
| 1066.00 | 335.16 | 328.46 | 321.81 | 315.19 | 308.60 | 302.03 | 299.68 |
| 1081.00 | 335.50 | 328.75 | 322.05 | 315.38 | 308.74 | 302.12 | 299.72 |
| 1096.00 | 335.84 | 329.04 | 322.28 | 315.57 | 308.87 | 302.20 | 299.77 |
| 1111.00 | 336.17 | 329.32 | 322.52 | 315.75 | 309.01 | 302.29 | 299.82 |
| 1126.00 | 336.50 | 329.61 | 322.77 | 315.93 | 309.14 | 302.37 | 299.86 |
| 1141.00 | 336.83 | 329.88 | 322.98 | 316.12 | 309.28 | 302.45 | 293.91 |
| 1156.00 | 337.15 | 330.16 | 323.21 | 316.30 | 309.41 | 302.54 | 299.96 |
| 1171.00 | 337.47 | 330.43 | 323.44 | 316.48 | 309.54 | 302.62 | 300.01 |
| 1186.00 | 337.78 | 330.70 | 323.66 | 316.65 | 309.67 | 302.71 | 300.06 |
| 1201.00 | 338.09 | 330.97 | 323.88 | 316.83 | 309.80 | 302.79 | 300.11 |
| 1216.00 | 338.40 | 331.23 | 324.10 | 317.00 | 309.93 | 302.88 | 300.16 |
| 1231.00 | 338.70 | 331.49 | 324.32 | 317.18 | 310.06 | 302.96 | 300.21 |
| 1246.00 | 339.00 | 331.75 | 324.53 | 317.35 | 310.19 | 303.05 | 300.26 |
| 1261.00 | 339.30 | 332.00 | 324.74 | 317.52 | 310.31 | 303.13 | 300.31 |
| 1276.00 | 339.59 | 332.26 | 324.96 | 317.69 | 310.44 | 303.22 | 300.35 |
| 1291.00 | 339.88 | 332.50 | 325.16 | 317.85 | 310.57 | 303.30 | 300.40 |
| 1306.00 | 340.17 | 332.75 | 325.37 | 318.02 | 310.69 | 303.38 | 300.45 |
| 1321.00 | 340.45 | 332.99 | 325.57 | 318.18 | 310.82 | 303.47 | 300.50 |
| 1336.00 | 340.73 | 333.23 | 325.77 | 318.35 | 310.94 | 303.55 | 300.55 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.c : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 3ra. Condicion.

| | - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K). | | | | | | |
|---------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| T(I,J) | - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO (M). | | | | | | |
| X | | | | | | | |
| TIEMPO | X=0 | X=.01 | X=.02 | X=.03 | X=.04 | X=.05 | X=.06 |
| 1351.00 | 426.98 | 387.23 | 379.38 | 371.59 | 363.86 | 356.19 | 348.58 |
| 1366.00 | 426.98 | 387.71 | 379.83 | 372.01 | 364.24 | 356.54 | 348.88 |
| 1381.00 | 426.98 | 388.19 | 380.27 | 372.41 | 364.62 | 356.88 | 349.19 |
| 1396.00 | 426.98 | 388.66 | 380.70 | 372.82 | 364.99 | 357.21 | 349.49 |
| 1411.00 | 426.98 | 389.12 | 381.13 | 373.21 | 365.35 | 357.55 | 349.79 |
| 1426.00 | 426.98 | 389.57 | 381.56 | 373.61 | 365.71 | 357.87 | 350.08 |
| 1441.00 | 426.98 | 390.02 | 381.97 | 373.99 | 366.07 | 358.19 | 350.37 |
| 1456.00 | 426.98 | 390.46 | 382.38 | 374.37 | 366.42 | 358.51 | 350.66 |
| 1471.00 | 426.98 | 390.89 | 382.79 | 374.75 | 366.76 | 358.83 | 350.94 |
| 1486.00 | 426.98 | 391.32 | 383.19 | 375.12 | 367.10 | 359.14 | 351.22 |
| 1501.00 | 426.98 | 391.74 | 383.58 | 375.49 | 367.44 | 359.44 | 351.49 |
| 1516.00 | 426.98 | 392.16 | 383.97 | 375.85 | 367.77 | 359.75 | 351.76 |
| 1531.00 | 426.98 | 392.57 | 384.36 | 376.20 | 368.10 | 360.04 | 352.03 |
| 1546.00 | 426.98 | 392.97 | 384.74 | 376.55 | 368.42 | 360.34 | 352.30 |
| 1561.00 | 426.98 | 393.37 | 385.11 | 376.90 | 368.74 | 360.63 | 352.56 |
| 1576.00 | 426.98 | 393.76 | 385.48 | 377.24 | 369.05 | 360.91 | 352.82 |
| 1591.00 | 426.98 | 394.15 | 385.84 | 377.58 | 369.36 | 361.20 | 353.07 |
| 1606.00 | 426.98 | 394.53 | 386.19 | 377.91 | 369.67 | 361.48 | 353.32 |
| 1621.00 | 426.98 | 394.91 | 386.55 | 378.24 | 369.97 | 361.75 | 353.57 |
| 1636.00 | 426.98 | 395.28 | 386.89 | 378.56 | 370.27 | 362.02 | 353.82 |
| 1651.00 | 426.98 | 395.65 | 387.24 | 378.88 | 370.56 | 362.29 | 354.06 |
| 1666.00 | 426.98 | 396.01 | 387.57 | 379.19 | 370.85 | 362.56 | 354.30 |
| 1681.00 | 426.98 | 396.36 | 387.91 | 379.50 | 371.14 | 362.82 | 354.54 |
| 1696.00 | 426.98 | 396.71 | 388.24 | 379.81 | 371.42 | 363.08 | 354.77 |
| 1711.00 | 426.98 | 397.06 | 388.56 | 380.11 | 371.70 | 363.33 | 355.00 |
| 1726.00 | 426.98 | 397.40 | 388.88 | 380.40 | 371.97 | 363.58 | 355.23 |
| 1741.00 | 426.98 | 397.74 | 389.19 | 380.70 | 372.24 | 363.83 | 355.45 |
| 1756.00 | 426.98 | 398.07 | 389.50 | 380.99 | 372.51 | 364.08 | 355.68 |
| 1771.00 | 426.98 | 398.39 | 389.81 | 381.27 | 372.78 | 364.32 | 355.90 |
| 1786.00 | 426.98 | 398.71 | 390.11 | 381.55 | 373.04 | 364.56 | 356.11 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.c : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 3ra. Condicion.

| T(I,J) | - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K) | | | | | | |
|---------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| X | - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO (M). | | | | | | |
| TIEMPO | X=.07 | X=.08 | X=.09 | X=.10 | X=.11 | X=.12 | X=.13 |
| 1351.00 | 341.00 | 333.47 | 325.97 | 318.51 | 311.06 | 303.64 | 300.60 |
| 1366.00 | 341.28 | 333.71 | 326.17 | 318.67 | 311.19 | 303.72 | 300.66 |
| 1381.00 | 341.54 | 333.94 | 326.37 | 318.83 | 311.31 | 303.81 | 300.71 |
| 1396.00 | 341.81 | 334.17 | 326.56 | 318.98 | 311.43 | 303.89 | 300.76 |
| 1411.00 | 342.07 | 334.40 | 326.75 | 319.14 | 311.55 | 303.97 | 300.81 |
| 1426.00 | 342.33 | 334.62 | 326.94 | 319.29 | 311.67 | 304.06 | 300.86 |
| 1441.00 | 342.59 | 334.84 | 327.13 | 319.45 | 311.78 | 304.14 | 300.91 |
| 1456.00 | 342.84 | 335.06 | 327.32 | 319.60 | 311.90 | 304.22 | 300.96 |
| 1471.00 | 343.09 | 335.28 | 327.50 | 319.75 | 312.02 | 304.31 | 301.01 |
| 1486.00 | 343.34 | 335.49 | 327.68 | 319.90 | 312.14 | 304.39 | 301.06 |
| 1501.00 | 343.58 | 335.71 | 327.86 | 320.05 | 312.25 | 304.47 | 301.11 |
| 1516.00 | 343.82 | 335.92 | 328.04 | 320.19 | 312.37 | 304.56 | 301.16 |
| 1531.00 | 344.06 | 336.12 | 328.22 | 320.34 | 312.48 | 304.64 | 301.21 |
| 1546.00 | 344.30 | 336.33 | 328.39 | 320.48 | 312.59 | 304.72 | 301.26 |
| 1561.00 | 344.53 | 336.53 | 328.57 | 320.63 | 312.71 | 304.80 | 301.31 |
| 1576.00 | 344.76 | 336.73 | 328.74 | 320.77 | 312.82 | 304.88 | 301.36 |
| 1591.00 | 344.99 | 336.93 | 328.91 | 320.91 | 312.93 | 304.97 | 301.41 |
| 1606.00 | 345.21 | 337.13 | 329.07 | 321.05 | 313.04 | 305.05 | 301.46 |
| 1621.00 | 345.43 | 337.32 | 329.24 | 321.18 | 313.15 | 305.13 | 301.51 |
| 1636.00 | 345.65 | 337.51 | 329.41 | 321.32 | 313.26 | 305.21 | 301.56 |
| 1651.00 | 345.87 | 337.70 | 329.57 | 321.46 | 313.37 | 305.29 | 301.61 |
| 1666.00 | 346.08 | 337.89 | 329.73 | 321.59 | 313.47 | 305.37 | 301.66 |
| 1681.00 | 346.29 | 338.08 | 329.89 | 321.72 | 313.58 | 305.45 | 301.71 |
| 1696.00 | 346.50 | 338.26 | 330.05 | 321.86 | 313.69 | 305.53 | 301.76 |
| 1711.00 | 346.71 | 338.44 | 330.20 | 321.99 | 313.79 | 305.61 | 301.81 |
| 1726.00 | 346.91 | 338.62 | 330.36 | 322.12 | 313.90 | 305.69 | 301.86 |
| 1741.00 | 347.11 | 338.80 | 330.51 | 322.25 | 314.00 | 305.77 | 301.91 |
| 1756.00 | 347.31 | 338.97 | 330.66 | 322.37 | 314.10 | 305.85 | 301.96 |
| 1771.00 | 347.51 | 339.15 | 330.81 | 322.50 | 314.20 | 305.93 | 302.01 |
| 1786.00 | 347.70 | 339.32 | 330.96 | 322.62 | 314.31 | 306.00 | 302.05 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.c : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 3ra. Condicion.

T(I,j) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).
X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO (M).

| TIEMPO | X=0 | X=.01 | X=.02 | X=.03 | X=.04 | X=.05 | X=.06 |
|---------|--------|--------|---------------|--------|---------------|---------------|---------------|
| 1801.00 | 426.98 | 399.03 | 390.41 | 381.83 | 373.29 | 364.79 | 356.33 |
| 1816.00 | 426.98 | 399.34 | 390.70 | 382.10 | 373.55 | 365.02 | 356.54 |
| 1831.00 | 426.98 | 399.65 | 390.99 | 382.37 | 373.80 | 365.25 | 356.75 |
| 1846.00 | 426.98 | 399.96 | 391.28 | 382.64 | 374.04 | 365.48 | 356.95 |
| 1861.00 | 425.98 | 400.26 | 391.56 | 382.90 | 374.29 | 365.70 | 357.16 |
| 1876.00 | 426.95 | 400.55 | 391.84 | 383.16 | 374.53 | 365.93 | 357.36 |
| 1891.00 | 426.98 | 401.84 | 392.11 | 383.42 | 374.76 | 366.14 | 357.56 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.c : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 3ra. Condicion.

T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).
X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO (M).

| TIEMPO | X=.07 | X=.08 | X=.09 | X=.10 | X=.11 | X=.12 | X=.13 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1801.00 | 347.89 | 339.49 | 331.11 | 322.75 | 314.41 | 306.08 | 302.10 |
| 1816.00 | 348.08 | 339.66 | 331.25 | 322.87 | 314.51 | 306.16 | 302.15 |
| 1831.00 | 348.27 | 339.82 | 331.40 | 322.99 | 314.61 | 306.24 | 302.20 |
| 1846.00 | 348.46 | 339.98 | 331.54 | 323.11 | 314.71 | 306.31 | 302.25 |
| 1861.00 | 348.64 | 340.15 | 331.68 | 323.23 | 314.80 | 306.39 | 302.29 |
| 1876.00 | 348.82 | 340.31 | 331.82 | 323.35 | 314.90 | 306.47 | 302.34 |
| 1891.00 | 349.00 | 340.47 | 331.96 | 323.47 | 315.00 | 306.54 | 302.39 |

CALOR ENTREGADO AL SISTEMA(JULS)...: 241630736.00

FLUJO DE VAPOR (KG/HR)...: 135.33

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.d : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 4ta. Condición.

T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).
X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M).

| TIEMPO | X=0 | X=.01 | X=.02 | X=.03 | X=.04 | X=.05 | X=0.06 |
|--------|--------|--------|--------|---------|---------------|---------------|--------|
| 1.00 | 351.94 | 298.01 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 |
| 16.00 | 426.93 | 299.67 | 299.05 | 298.63 | 298.36 | 298.19 | 298.10 |
| 31.00 | 426.93 | 301.41 | 300.47 | 299.76 | 299.22 | 298.82 | 298.54 |
| 46.00 | 426.93 | 303.12 | 301.96 | 301.01 | 300.26 | 299.66 | 299.21 |
| 61.00 | 426.93 | 304.81 | 303.45 | 302.32 | 301.38 | 300.61 | 299.98 |
| 76.00 | 426.93 | 306.47 | 304.95 | 303.64 | 302.54 | 301.611 | 300.82 |
| 91.00 | 426.93 | 308.11 | 306.43 | 3114.97 | 303.71 | 302.62 | 301.68 |
| 106.00 | 426.93 | 309.73 | 307.91 | 306.30 | 304.89 | 303.65 | 302.56 |
| 121.00 | 426.93 | 311.32 | 309.36 | 307.61 | 306.06 | 304.67 | 303.44 |
| 136.00 | 426.93 | 312.89 | 310.79 | 308.91 | 307.22 | 305.69 | 304.32 |
| 151.00 | 426.93 | 314.44 | 312.21 | 310.19 | 308.36 | 306.70 | 305.19 |
| 166.00 | 426.93 | 315.96 | 313.61 | 311.46 | 309.50 | 307.70 | 306.05 |
| 181.00 | 426.94 | 317.46 | 314.95 | 312.71 | 310.62 | 308.69 | 306.90 |
| 196.00 | 426.94 | 318.94 | 316.34 | 313.94 | 311.72 | 309.66 | 307.75 |
| 211.00 | 426.94 | 320.40 | 317.68 | 315.16 | 312.81 | 310.62 | 308.58 |
| 226.00 | 426.94 | 321.84 | 319.00 | 316.35 | 313.88 | 311.57 | 309.40 |
| 241.00 | 426.94 | 323.26 | 320.30 | 317.54 | 314.94 | 312.51 | 310.21 |
| 256.00 | 426.94 | 324.66 | 321.59 | 318.70 | 315.99 | 313.43 | 311.01 |
| 271.00 | 426.94 | 326.04 | 322.85 | 319.85 | 317.02 | 314.34 | 311.80 |
| 286.00 | 426.94 | 327.39 | 324.10 | 320.99 | 318.04 | 315.24 | 312.58 |
| 301.00 | 424.94 | 328.73 | 325.33 | 322.10 | 319.04 | 316.13 | 313.35 |
| 316.00 | 426.94 | 330.05 | 326.54 | 323.20 | 320.03 | 317.01 | 314.11 |
| 331.00 | 426.94 | 331.35 | 327.73 | 324.29 | 321.01 | 317.87 | 314.86 |
| 346.00 | 426.94 | 332.63 | 328.91 | 325.36 | 321.97 | 318.72 | 315.60 |
| 361.00 | 426.95 | 333.89 | 330.07 | 326.42 | 322.92 | 319.57 | 316.33 |
| 376.00 | 426.95 | 335.14 | 331.22 | 327.46 | 323.86 | 320.40 | 317.05 |
| 391.00 | 426.95 | 336.36 | 332.34 | 328.49 | 324.78 | 321.22 | 317.77 |
| 406.00 | 426.95 | 337.57 | 333.46 | 329.50 | 325.70 | 322.02 | 318.47 |
| 421.00 | 426.95 | 338.77 | 334.55 | 330.50 | 326.59 | 322.82 | 319.17 |
| 436.00 | 426.95 | 339.94 | 335.63 | 331.48 | 327.48 | 323.61 | 319.85 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.d : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 4ta. Condicion.

T(I,J) - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K).
X - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO (M).

| TIEMPO | X=.07 | X=.08 | X=.09 | X=.10 | X=.11 | X=.12 | X=.13 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 |
| 16.00 | 298.05 | 298.02 | 298.01 | 298.00 | 298.00 | 298.00 | 298.00 |
| 31.00 | 298.35 | 298.22 | 298.13 | 298.07 | 298.03 | 298.00 | 298.00 |
| 46.00 | 298.85 | 298.59 | 298.39 | 298.23 | 298.11 | 298.00 | 298.00 |
| 61.00 | 299.48 | 299.07 | 298.74 | 298.46 | 298.22 | 298.00 | 298.00 |
| 76.00 | 300.16 | 299.61 | 299.14 | 298.73 | 298.35 | 298.01 | 298.00 |
| 91.00 | 300.88 | 300.18 | 299.56 | 299.01 | 298.50 | 298.02 | 298.00 |
| 106.00 | 301.61 | 300.76 | 300.00 | 299.31 | 298.66 | 298.03 | 298.00 |
| 121.00 | 302.34 | 301.35 | 300.45 | 299.61 | 298.82 | 298.05 | 298.00 |
| 136.00 | 303.08 | 301.94 | 300.89 | 299.91 | 298.98 | 298.06 | 298.00 |
| 151.00 | 303.81 | 302.53 | 301.34 | 300.22 | 299.14 | 298.09 | 298.01 |
| 166.00 | 304.53 | 303.11 | 301.79 | 300.52 | 299.30 | 298.11 | 298.01 |
| 181.00 | 305.25 | 303.69 | 302.23 | 300.82 | 299.47 | 298.13 | 298.01 |
| 196.00 | 305.95 | 304.27 | 302.66 | 301.13 | 299.63 | 298.16 | 298.02 |
| 211.00 | 306.65 | 304.83 | 303.10 | 301.43 | 299.80 | 298.19 | 298.02 |
| 226.00 | 307.35 | 305.40 | 303.53 | 301.72 | 299.96 | 298.23 | 298.03 |
| 241.00 | 308.03 | 305.95 | 303.95 | 302.02 | 300.13 | 298.26 | 298.03 |
| 256.00 | 308.71 | 306.50 | 304.38 | 302.31 | 300.29 | 298.30 | 298.04 |
| 271.00 | 309.37 | 307.04 | 304.79 | 302.60 | 300.46 | 298.34 | 298.05 |
| 286.00 | 310.03 | 307.58 | 305.21 | 302.89 | 300.63 | 298.38 | 298.05 |
| 301.00 | 310.68 | 308.11 | 305.62 | 303.18 | 300.79 | 298.42 | 298.06 |
| 316.00 | 311.33 | 308.63 | 306.02 | 303.47 | 300.96 | 298.47 | 298.07 |
| 331.00 | 311.96 | 309.15 | 306.42 | 303.75 | 301.12 | 298.52 | 298.09 |
| 346.00 | 312.59 | 309.67 | 306.82 | 304.03 | 301.29 | 298.57 | 298.10 |
| 361.00 | 313.21 | 310.17 | 307.21 | 304.31 | 301.45 | 298.62 | 298.11 |
| 376.00 | 313.82 | 310.67 | 307.60 | 304.59 | 301.62 | 298.67 | 295.13 |
| 391.00 | 314.42 | 311.17 | 307.99 | 304.86 | 301.78 | 298.72 | 298.14 |
| 406.00 | 315.02 | 311.66 | 308.37 | 305.14 | 301.94 | 298.78 | 298.14 |
| 421.00 | 315.61 | 312.14 | 308.75 | 305.41 | 302.11 | 298.83 | 298.18 |
| 436.00 | 316.19 | 312.62 | 309.12 | 305.68 | 302.27 | 298.89 | 298.19 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.d : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 4ta. Condición.

| TIEMPO | - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K) | | | | | | |
|--------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | X=0 | X=.01 | X=.02 | X=.03 | X=.04 | X=.05 | X=0.06 |
| 451.00 | 426.95 | 341.10 | 336.70 | 332.46 | 328.36 | 324.38 | 320.53 |
| 466.00 | 426.95 | 342.24 | 337.75 | 333.41 | 329.22 | 325.15 | 321.19 |
| 481.00 | 426.95 | 343.36 | 338.75 | 334.36 | 330.07 | 325.91 | 321.85 |
| 496.00 | 426.95 | 344.47 | 339.81 | 335.29 | 330.91 | 326.65 | 322.50 |
| 511.00 | 426.95 | 345.57 | 340.81 | 336.21 | 331.74 | 327.39 | 323.15 |
| 526.00 | 426.95 | 346.64 | 341.80 | 337.11 | 332.55 | 328.11 | 323.78 |
| 541.00 | 426.95 | 347.70 | 342.78 | 338.00 | 333.36 | 328.83 | 324.41 |
| 556.00 | 426.95 | 348.75 | 343.75 | 338.88 | 334.15 | 329.54 | 325.02 |
| 571.00 | 426.95 | 349.78 | 344.70 | 339.75 | 334.93 | 330.23 | 325.63 |
| 586.00 | 426.96 | 350.80 | 345.63 | 340.61 | 335.71 | 330.92 | 326.23 |
| 601.00 | 426.96 | 351.80 | 346.56 | 341.45 | 336.47 | 331.60 | 326.83 |
| 616.00 | 426.96 | 352.79 | 347.47 | 342.28 | 337.22 | 332.27 | 327.42 |
| 631.00 | 426.96 | 353.76 | 348.37 | 343.10 | 337.96 | 332.93 | 327.99 |
| 646.00 | 426.96 | 354.72 | 349.25 | 343.91 | 338.69 | 333.58 | 328.57 |
| 661.00 | 426.96 | 355.67 | 350.12 | 344.71 | 339.41 | 334.22 | 329.13 |
| 676.00 | 426.96 | 356.60 | 350.98 | 345.50 | 340.13 | 334.86 | 329.69 |
| 691.00 | 426.96 | 357.52 | 351.83 | 346.27 | 340.83 | 335.49 | 330.24 |
| 706.00 | 426.96 | 358.42 | 352.67 | 347.04 | 341.52 | 336.10 | 330.78 |
| 721.00 | 426.96 | 359.31 | 353.49 | 347.79 | 342.20 | 336.71 | 331.31 |
| 736.00 | 426.96 | 360.19 | 354.31 | 348.54 | 342.88 | 337.31 | 331.84 |
| 751.00 | 426.96 | 361.06 | 355.11 | 349.27 | 343.54 | 337.91 | 332.36 |
| 766.00 | 426.96 | 361.92 | 355.90 | 349.99 | 344.20 | 338.49 | 332.88 |
| 781.00 | 426.96 | 362.76 | 356.68 | 350.71 | 344.84 | 339.07 | 333.39 |
| 796.00 | 426.96 | 363.59 | 357.44 | 351.41 | 345.48 | 339.64 | 333.89 |
| 811.00 | 426.96 | 364.41 | 358.20 | 352.10 | 346.11 | 340.21 | 334.39 |
| 826.00 | 426.96 | 365.22 | 358.95 | 352.79 | 346.73 | 340.76 | 334.87 |
| 841.00 | 426.96 | 366.01 | 359.68 | 353.46 | 347.34 | 341.31 | 335.36 |
| 856.00 | 426.96 | 366.79 | 360.41 | 354.13 | 347.94 | 341.85 | 335.83 |
| 871.00 | 426.97 | 367.57 | 361.12 | 354.78 | 348.54 | 342.38 | 336.30 |
| 886.00 | 426.97 | 368.33 | 361.83 | 355.43 | 349.13 | 342.91 | 336.77 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.d : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 4ta. Condicion.

| TIEMPO | X=07 | X=08 | X=09 | X=10 | X=11 | X=12 | X=13 |
|--------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|
| 451.00 | 316.77 | 313.10 | 309.49 | 305.94 | 302.43 | 298.95 | 298.21 |
| 466.00 | 317.34 | 313.56 | 309.86 | 304.21 | 302.60 | 299.01 | 298.23 |
| 481.00 | 317.90 | 314.03 | 310.22 | 306.47 | 302.76 | 299.07 | 298.25 |
| 496.00 | 318.45 | 314.48 | 310.58 | 305.73 | 302.92 | 299.13 | 298.28 |
| 511.00 | 319.00 | 314.93 | 310.34 | 306.99 | 303.08 | 299.19 | 298.30 |
| 526.00 | 319.54 | 315.38 | 311.29 | 307.24 | 303.24 | 299.26 | 298.32 |
| 541.00 | 320.07 | 315.82 | 311.63 | 307.50 | 303.40 | 299.32 | 298.35 |
| 556.00 | 320.60 | 316.26 | 311.98 | 307.75 | 303.56 | 299.39 | 298.37 |
| 571.00 | 321.12 | 316.69 | 312.32 | 308.00 | 303.72 | 299.46 | 298.40 |
| 586.00 | 321.64 | 317.12 | 312.66 | 308.25 | 303.88 | 299.53 | 298.43 |
| 601.00 | 322.15 | 317.54 | 312.99 | 308.49 | 304.03 | 299.60 | 298.46 |
| 616.00 | 322.65 | 317.95 | 313.32 | 308.74 | 304.19 | 299.67 | 298.49 |
| 631.00 | 323.14 | 318.37 | 313.65 | 308.98 | 304.35 | 299.74 | 298.52 |
| 646.00 | 323.63 | 318.77 | 313.97 | 309.22 | 304.50 | 299.81 | 298.55 |
| 661.00 | 324.12 | 319.18 | 314.29 | 309.46 | 304.66 | 299.88 | 298.58 |
| 676.00 | 324.59 | 319.57 | 314.61 | 309.69 | 304.81 | 299.96 | 298.61 |
| 691.00 | 325.07 | 319.97 | 314.92 | 309.93 | 304.97 | 300.03 | 298.65 |
| 706.00 | 325.53 | 320.36 | 315.24 | 310.16 | 305.12 | 300.10 | 298.68 |
| 721.00 | 325.99 | 320.74 | 315.54 | 310.39 | 305.27 | 300.18 | 298.72 |
| 736.00 | 326.45 | 321.12 | 315.85 | 310.62 | 305.43 | 300.26 | 298.75 |
| 751.00 | 326.90 | 321.49 | 316.15 | 310.85 | 305.58 | 300.33 | 298.79 |
| 766.00 | 327.34 | 321.87 | 316.45 | 311.07 | 305.73 | 300.41 | 298.83 |
| 781.00 | 327.78 | 322.23 | 316.74 | 311.29 | 305.88 | 300.49 | 298.86 |
| 796.00 | 328.21 | 322.60 | 317.03 | 311.51 | 306.03 | 300.56 | 298.90 |
| 811.00 | 328.64 | 322.95 | 317.32 | 311.73 | 306.18 | 300.64 | 298.94 |
| 826.00 | 329.06 | 323.31 | 317.61 | 311.95 | 306.33 | 300.72 | 298.98 |
| 841.00 | 329.48 | 323.66 | 317.89 | 312.17 | 306.47 | 300.80 | 299.02 |
| 856.00 | 329.89 | 324.01 | 318.17 | 312.38 | 306.62 | 300.88 | 299.06 |
| 871.00 | 330.30 | 324.35 | 318.45 | 312.59 | 306.77 | 300.96 | 299.10 |
| 886.00 | 330.70 | 324.69 | 318.72 | 312.80 | 306.91 | 301.04 | 299.14 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.d : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 4ta. Condición.

| T(I,J) | - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K). | | | | | | |
|---------|---|---------------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| X | - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M). | | | | | | |
| TIEMPO | X=0 | X=.01 | X=.02 | X=.03 | X=.04 | X=.05 | X=0.06 |
| 901.00 | 426.97 | 369.05 | 362.52 | 356.07 | 349.70 | 343.43 | 337.23 |
| 916.00 | 426.97 | 369.82 | 363.21 | 356.70 | 350.28 | 343.94 | 337.68 |
| 931.00 | 426.97 | 370.55 | 363.88 | 357.32 | 350.84 | 344.45 | 338.13 |
| 946.00 | 426.97 | 371.27 | 364.55 | 357.93 | 351.40 | 344.95 | 338.57 |
| 961.00 | 426.97 | 371.98 | 365.20 | 358.53 | 351.94 | 345.44 | 339.00 |
| 976.00 | 426.97 | 372.67 | 365.85 | 359.12 | 352.48 | 345.92 | 339.43 |
| 991.00 | 426.97 | 373.36 | 366.49 | 359.71 | 353.02 | 346.40 | 339.86 |
| 1006.00 | 426.97 | 374.04 | 367.12 | 360.29 | 353.54 | 346.88 | 340.28 |
| 1021.00 | 426.97 | 374.71 | 367.74 | 360.86 | 354.06 | 347.34 | 340.69 |
| 1036.00 | 426.97 | 375.37 | 368.35 | 361.42 | 354.58 | 347.80 | 341.10 |
| 1051.00 | 426.97 | 376.02 | 368.95 | 361.98 | 355.08 | 348.26 | 341.50 |
| 1066.00 | 426.97 | 376.66 | 369.55 | 362.52 | 355.58 | 348.71 | 341.90 |
| 1081.00 | 426.97 | 377.29 | 370.13 | 363.06 | 356.07 | 349.15 | 342.29 |
| 1096.00 | 426.97 | 377.91 | 370.71 | 363.59 | 356.55 | 349.59 | 342.68 |
| 1111.00 | 426.97 | 378.53 | 371.28 | 364.12 | 357.03 | 350.02 | 343.07 |
| 1126.00 | 426.97 | 379.13 | 371.84 | 364.64 | 357.51 | 350.44 | 343.44 |
| 1141.00 | 426.97 | 379.73 | 372.40 | 365.15 | 357.97 | 350.86 | 343.82 |
| 1156.00 | 426.97 | 380.32 | 372.94 | 365.65 | 358.43 | 351.28 | 344.19 |
| 1171.00 | 426.97 | 380.90 | 373.43 | 366.15 | 358.88 | 351.69 | 344.55 |
| 1186.00 | 424.97 | 381.47 | 374.01 | 366.63 | 359.33 | 352.09 | 344.91 |
| 1201.00 | 426.97 | 382.03 | 374.54 | 367.12 | 359.77 | 352.49 | 345.27 |
| 1216.00 | 426.97 | 382.58 | 375.05 | 367.59 | 360.21 | 352.88 | 345.62 |
| 1231.00 | 426.97 | 383.13 | 375.56 | 368.06 | 360.63 | 353.27 | 345.96 |
| 1246.00 | 426.97 | 383.67 | 376.06 | 368.53 | 361.00 | 353.65 | 346.30 |
| 1261.00 | 426.37 | 384.20 | 376.56 | 368.98 | 361.48 | 354.03 | 346.64 |
| 1276.00 | 426.98 | 384.73 | 377.04 | 369.43 | 361.89 | 354.40 | 346.97 |

SIMULACION
DEL
CALENTAMIENTO EN UN TANQUE ENCHAQUETADO

TABLA A.4.2.d : DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS DE LA PARED
COMPUESTA: 4ta. Condición.

| T(I,J) | - TEMPERATURA DE LA PARED COMPUESTA (°K). | | | | | | |
|---------|---|--------|---------------|---------------|---------------|--------|---------------|
| X | - POSICION DEL MODULO CONSIDERADO(M). | | | | | | |
| TIEMPO | X=.07 | X=.08 | X=.09 | X=.10 | X=.11 | X=.12 | X=.13 |
| 901.00 | 331.10 | 325.02 | 319.00 | 313.01 | 307.06 | 301.12 | 299.18 |
| 916.00 | 331.49 | 325.35 | 319.26 | 313.22 | 307.20 | 301.21 | 299.23 |
| 931.00 | 331.87 | 325.68 | 319.53 | 313.42 | 307.34 | 301.29 | 299.27 |
| 946.00 | 332.26 | 326.00 | 319.79 | 313.63 | 307.49 | 301.37 | 299.31 |
| 961.00 | 332.64 | 326.32 | 320.06 | 313.83 | 307.63 | 301.45 | 299.36 |
| 976.00 | 333.01 | 326.64 | 320.31 | 314.03 | 307.77 | 301.53 | 299.40 |
| 991.00 | 333.38 | 326.95 | 320.57 | 314.22 | 307.91 | 301.62 | 299.45 |
| 1006.00 | 333.74 | 327.26 | 320.82 | 314.42 | 308.05 | 301.70 | 299.49 |
| 1021.00 | 334.10 | 327.56 | 321.07 | 314.62 | 308.19 | 301.78 | 299.54 |
| 1036.00 | 334.46 | 327.87 | 321.32 | 314.51 | 308.33 | 301.87 | 299.58 |
| 1051.00 | 334.81 | 328.16 | 321.56 | 315.00 | 308.47 | 301.95 | 299.63 |
| 1066.00 | 335.16 | 328.46 | 321.81 | 315.19 | 308.60 | 302.03 | 299.68 |
| 1081.00 | 335.50 | 328.75 | 322.05 | 315.38 | 308.74 | 302.12 | 299.72 |
| 1096.00 | 335.84 | 329.04 | 322.29 | 315.57 | 308.87 | 302.20 | 299.77 |
| 1111.00 | 336.17 | 329.32 | 322.52 | 315.75 | 309.01 | 302.29 | 299.82 |
| 1126.00 | 336.50 | 329.61 | 322.75 | 315.93 | 309.14 | 302.37 | 299.86 |
| 1141.00 | 336.83 | 329.88 | 322.98 | 316.12 | 309.28 | 302.45 | 299.91 |
| 1156.00 | 337.15 | 330.16 | 323.21 | 316.30 | 309.41 | 302.54 | 299.96 |
| 1171.00 | 337.47 | 330.43 | 323.44 | 316.48 | 309.54 | 302.62 | 300.01 |
| 1186.00 | 337.78 | 330.70 | 323.66 | 316.65 | 309.67 | 302.71 | 300.06 |
| 1201.00 | 338.09 | 330.97 | 323.88 | 316.83 | 309.80 | 302.79 | 300.11 |
| 1216.00 | 338.40 | 331.23 | 324.10 | 317.00 | 309.93 | 302.88 | 300.16 |
| 1231.00 | 338.70 | 331.49 | 324.32 | 317.18 | 310.06 | 302.96 | 300.21 |
| 1246.00 | 339.00 | 331.75 | 324.53 | 317.35 | 310.19 | 303.05 | 300.26 |
| 1261.00 | 339.30 | 332.00 | 324.74 | 317.52 | 310.31 | 303.13 | 300.30 |
| 1276.00 | 339.59 | 332.26 | 324.96 | 317.69 | 310.44 | 303.22 | 300.35 |

CALOR ENTREGADO AL SISTEMA(JULS)... 313820544.00

FLUJO DE VAPOR (KG/HR)... 175.76

| TIEMPO(SEG) | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T12 |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 193,6 | 313 | 345 | 313 | 313 | 345 | 313 | 298 | 311 | 298 | 311 | 298 | 310 |
| 436 | 333 | 341 | 333 | 333 | 341 | 333 | 298 | 314 | 298 | 314 | 299 | 315 |
| 678 | 344 | 353 | 344 | 344 | 353 | 344 | 299 | 358 | 299 | 358 | 300 | 315 |
| 988 | 358 | 366 | 358 | 358 | 366 | 358 | 299 | 363 | 299 | 363 | 301 | 416 |
| 1258 | 369 | 372 | 369 | 369 | 372 | 369 | 300 | 388 | 300 | 388 | 301 | 318 |
| 1500 | 376 | 378 | 376 | 376 | 378 | 376 | 301 | 392 | 301 | 392 | 303 | 323 |
| 1694 | 381 | 384 | 381 | 381 | 384 | 381 | 302 | 410 | 302 | 410 | 304 | 324 |
| 1932 | 393 | 396 | 393 | 393 | 396 | 393 | 303 | 413 | 303 | 413 | 305 | 325 |

TABL. B.4.3 TEMPERATURAS MEDIDAS EN EL PROCESO REAL (°K).

APENDICE B:**FIGURAS****CAPITULO 2**

| | |
|--|-----|
| A.2.1. Disposición del calentador-mezclador. | 183 |
| A.2.2. Nomenclatura de los coeficientes de transferencia de calor. | 184 |
| A.2.3. Puntos en los cuales se tomó las temperaturas. | 185 |
| A.2.4. Variación del coeficiente de transferencia de calor medio para el CCL2F2 para distintas concentraciones de N2 disuelto. | 186 |
| A.2.5. Curvas del N ^o . de potencia vs. el No. de Reynolds. | 186 |
| A.2.6. Ancho de aleta vs. viscosidad. | 187 |

CAPITULO 3

| | |
|--|-----|
| A.3.1. Flujograma del programa conjunto. | 188 |
|--|-----|

CAPITULO 4

| | |
|--|-----|
| A.4.1. Temperatura instantánea del aceite. | 198 |
| A.4.2. Coeficiente convectivo medio del aceite, | 199 |
| A.4.3. Coeficiente global de transferencia. | 200 |
| A.4.4. Potencia consumida por el impulsor. | 201 |
| A.4.5.a. Gradiente de temperatura en la pared de aislamiento, primera condición. | 202 |
| A.4.5.b. Gradiente de temperatura en la pared de aislamiento, segunda condición. | 203 |
| A.4.5.c. Gradiente de temperatura en la pared de aislamiento, tercera condición. | 204 |
| A.4.5.d. Gradiente de temperatura en la pared de aislamiento, cuarta condición. | 205 |

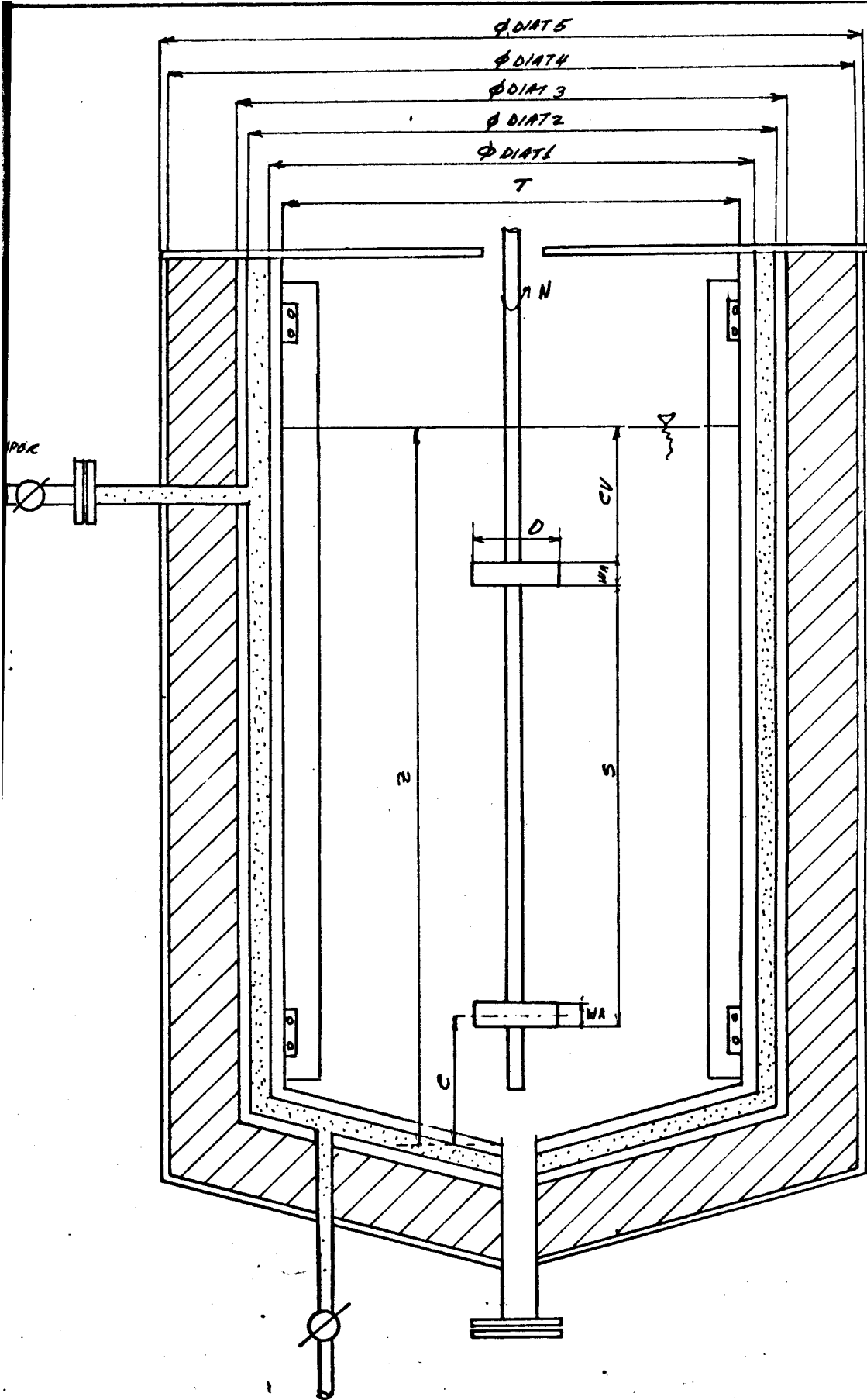


Fig. A.2.1. Disposición del Calentador Mezclador.

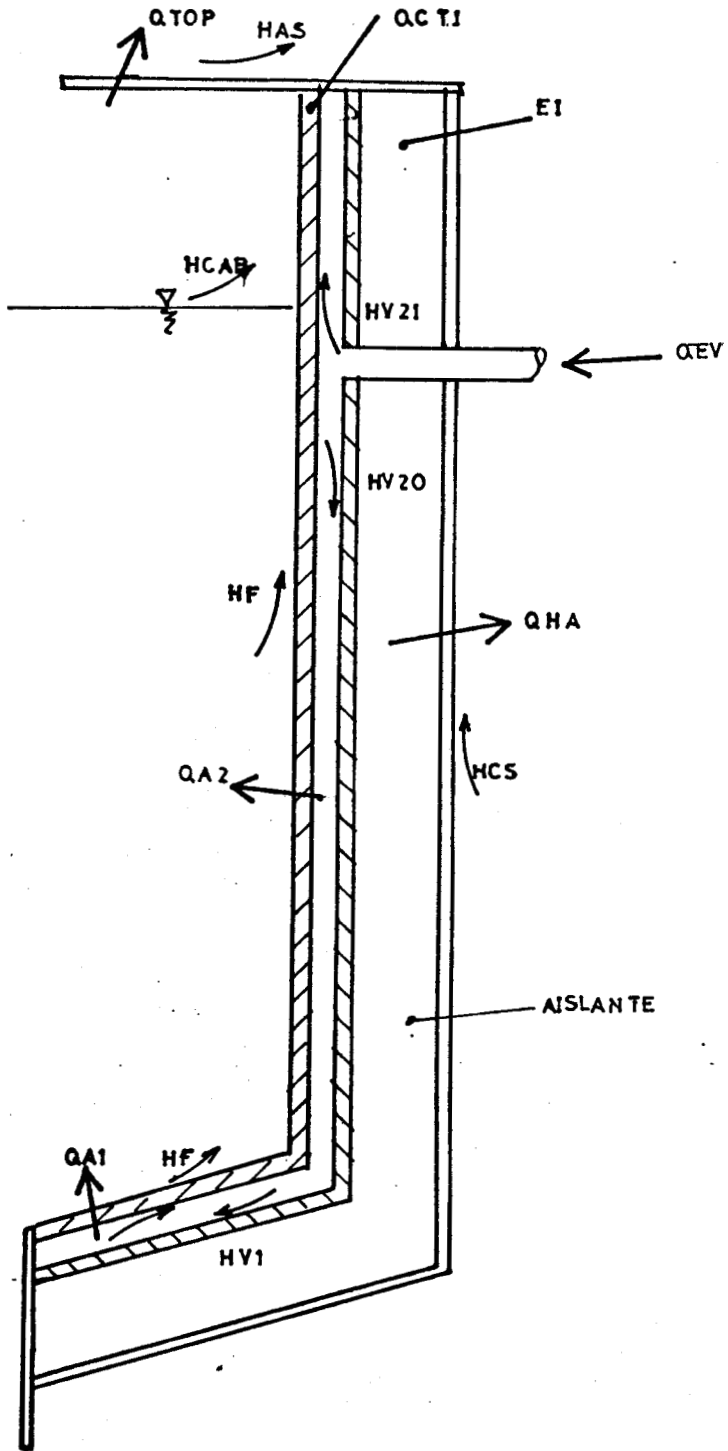


Fig.A.2.2. Nomenclatura de los coeficientes de transferencia de calor .

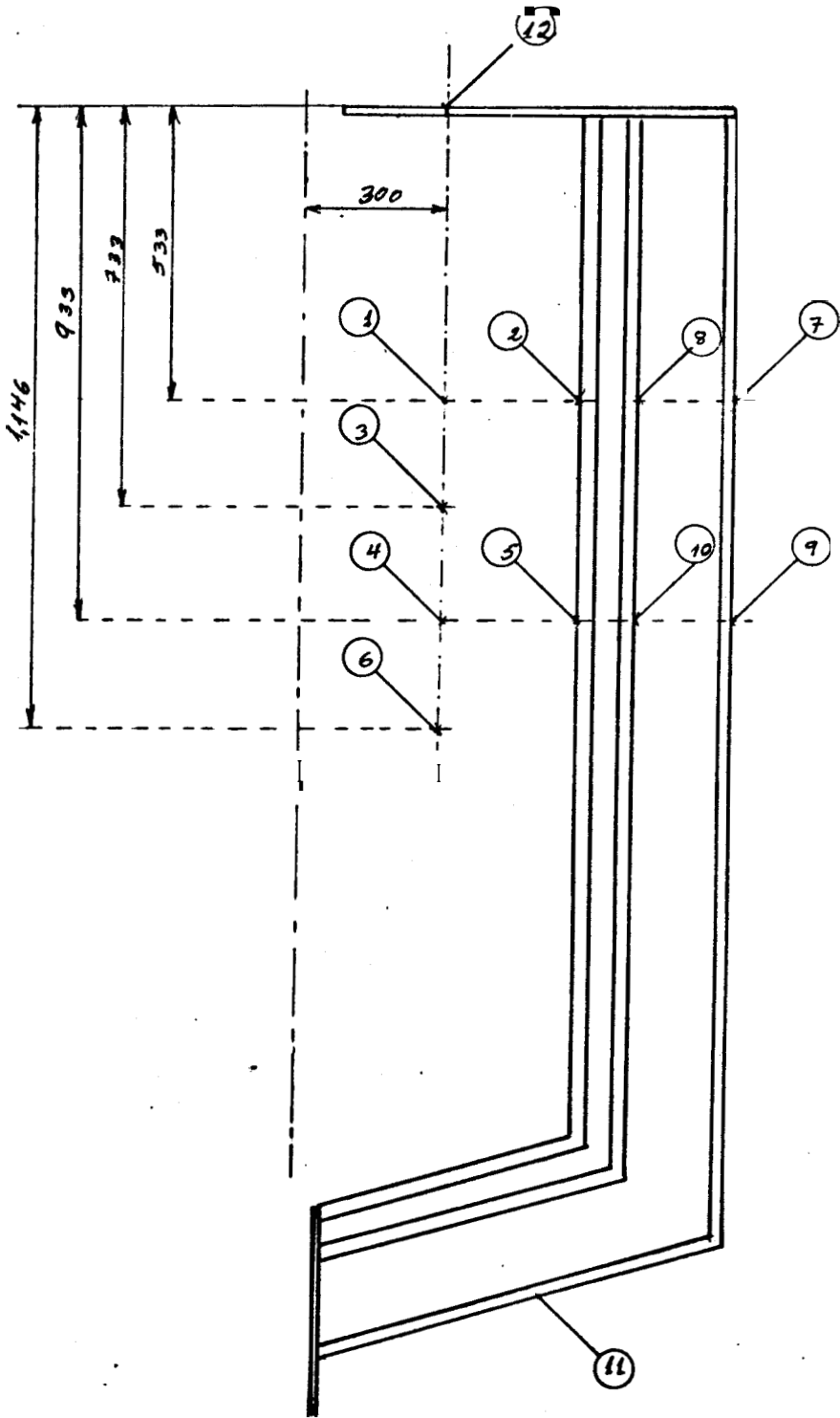


Fig.A.2.3. Puntos en los cuales se tom6 la temperatura.

Variación del coef. de condensación.

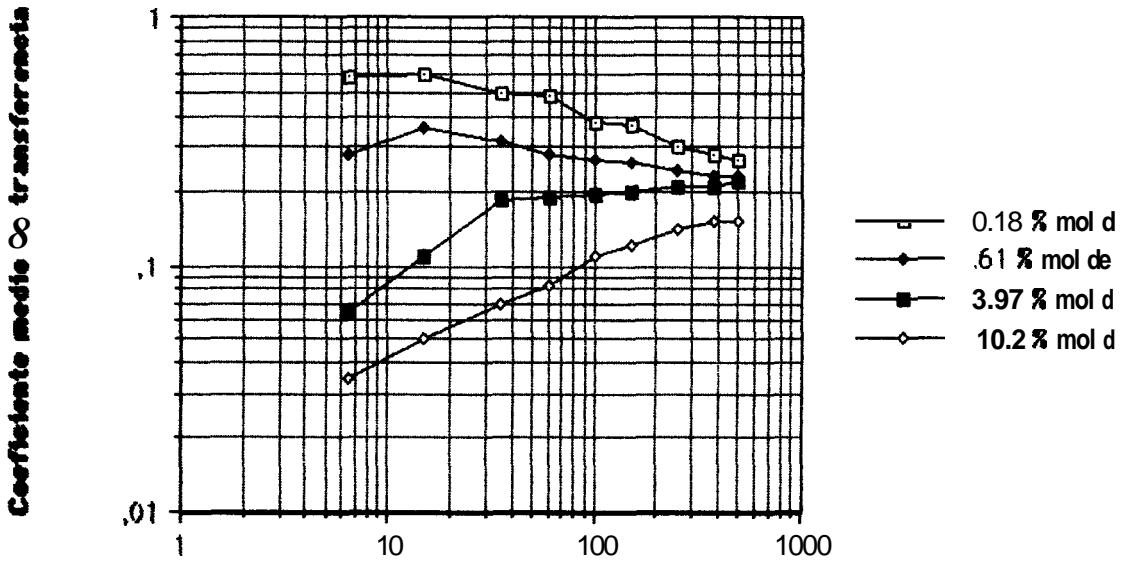


Fig.A.2.4 N° . de Reynolds del vapor condensante.

Curva típica del N° de Potencia vs N° de Reynolds.

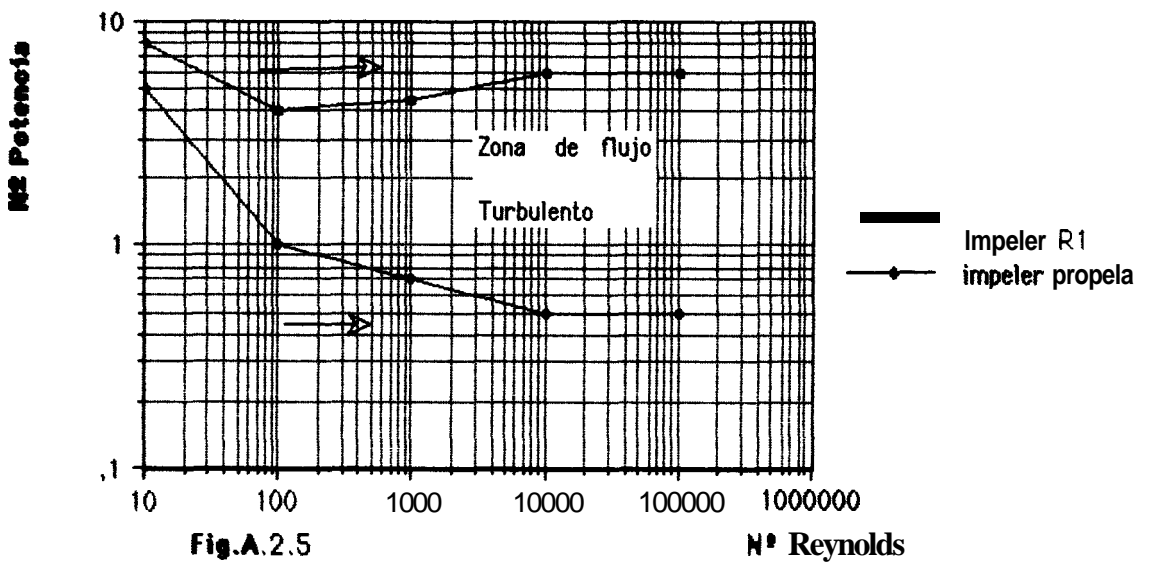


Fig.A.2.5

N° Reynolds

Ancho de aleta vs viscosidad del aceite

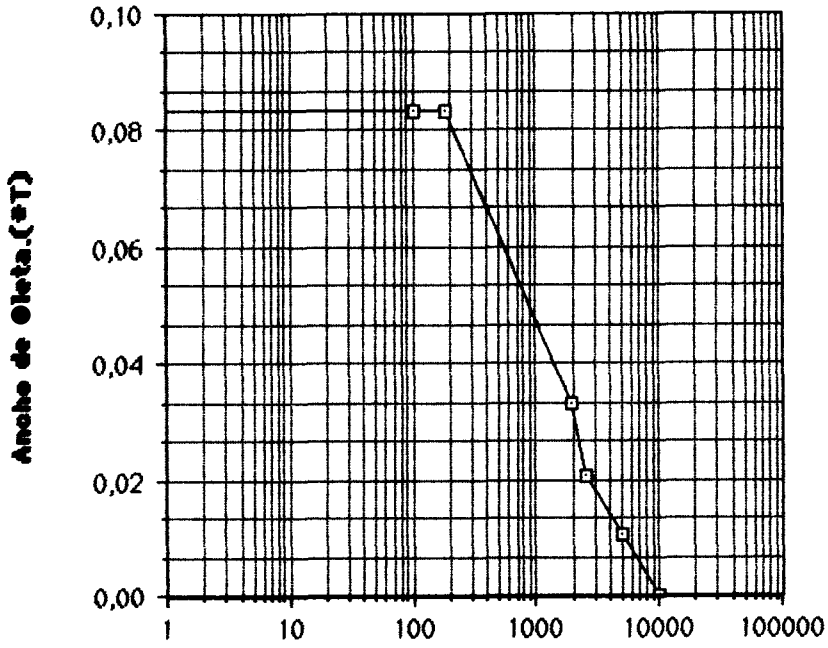
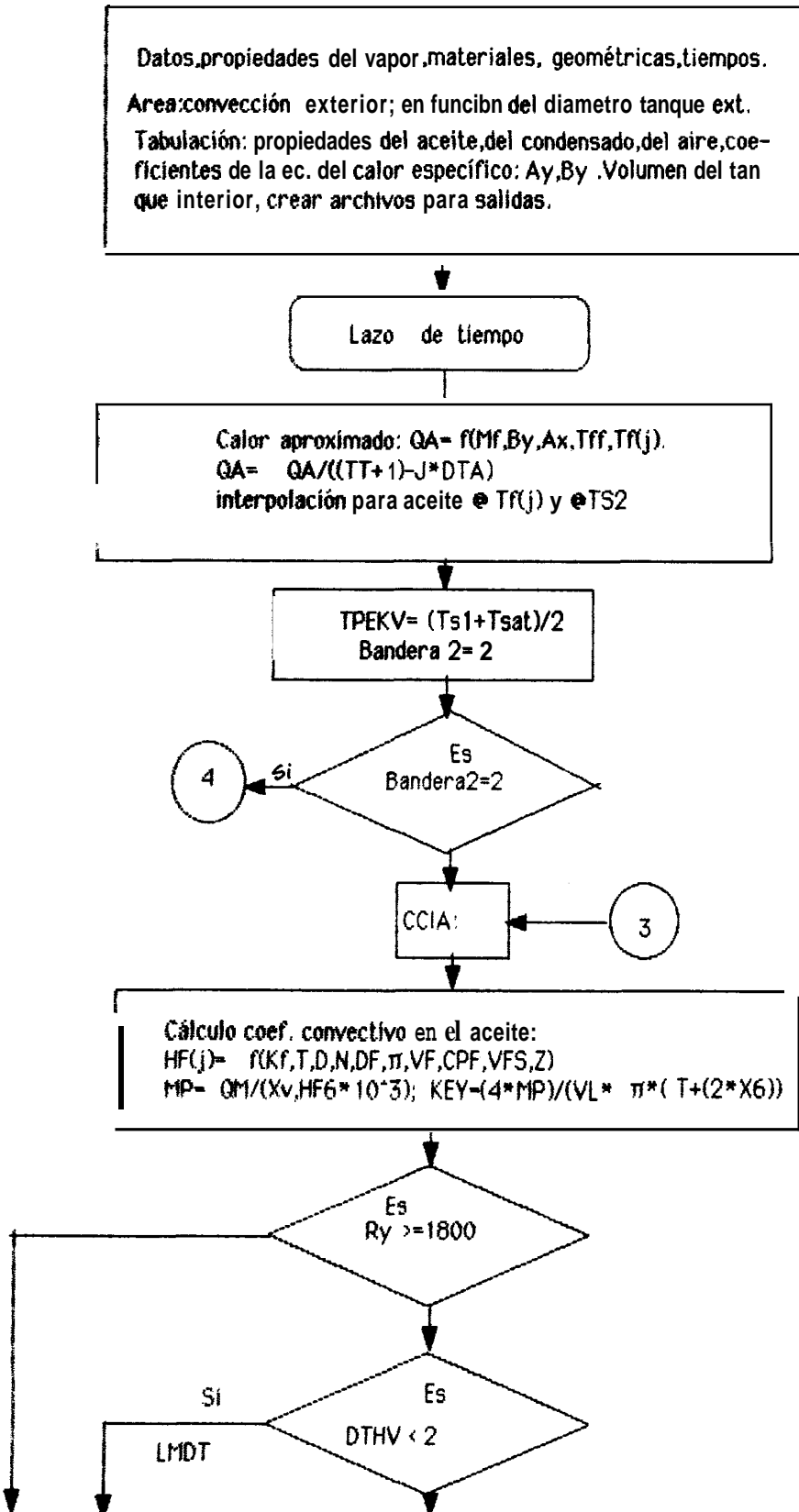


Fig.A.2.6

Viscosidad del lote - Centipoises

Fig.A.3.1. Flujoograma del programa conjunto



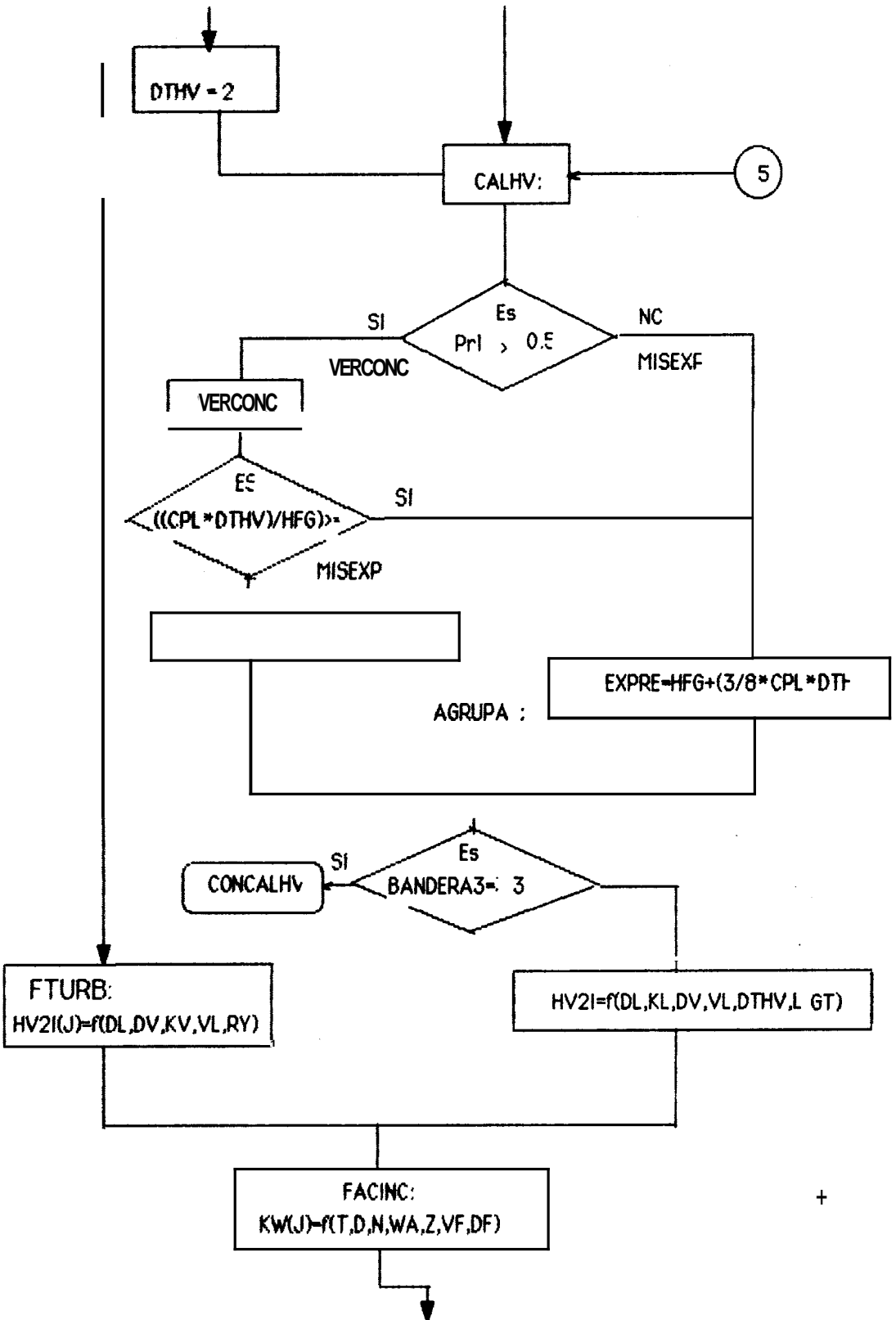


Fig.A.3.1. : 2/10

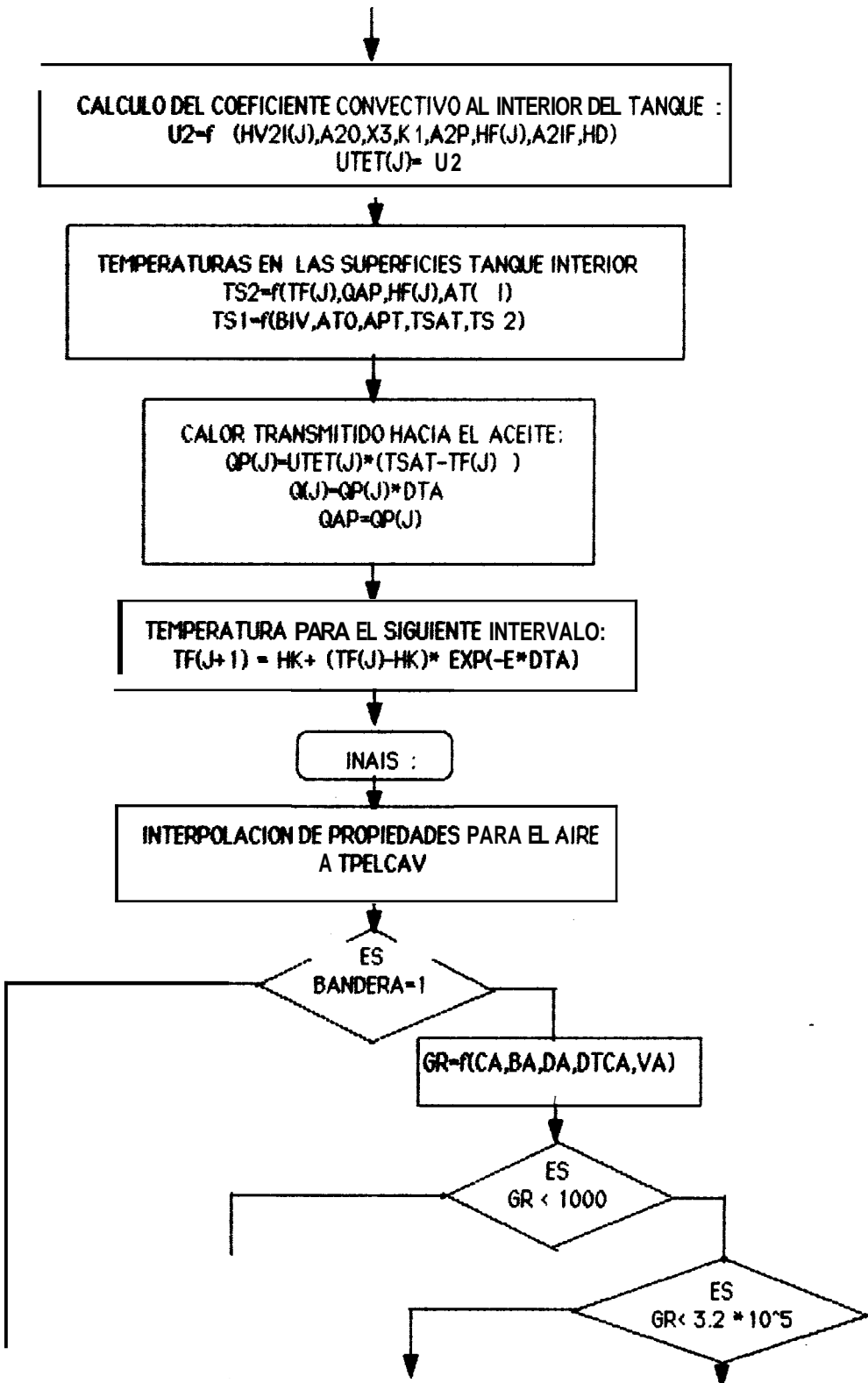


Fig. A.3.1. : 3/10

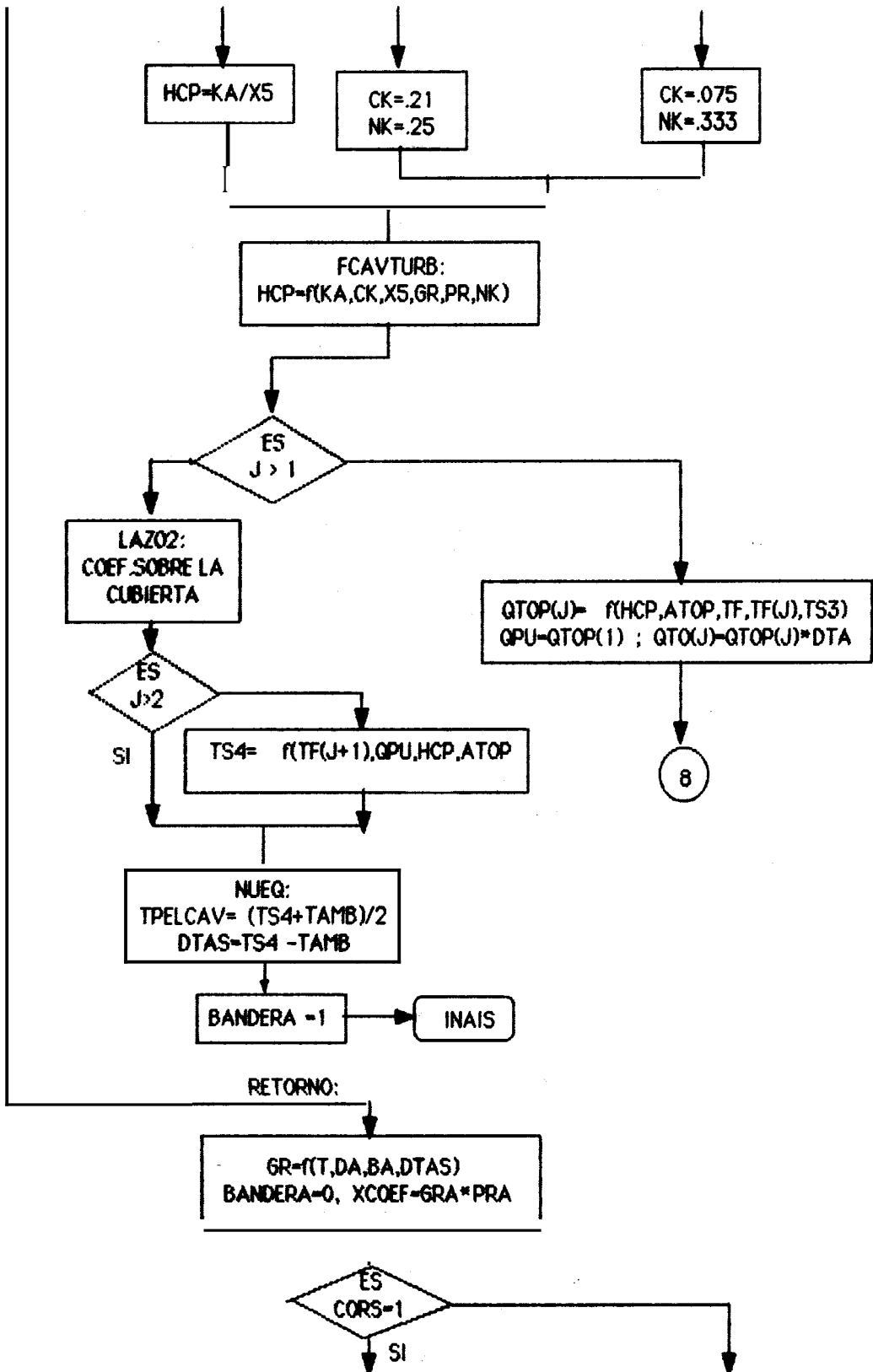


Fig.A.3.1. : 4/10

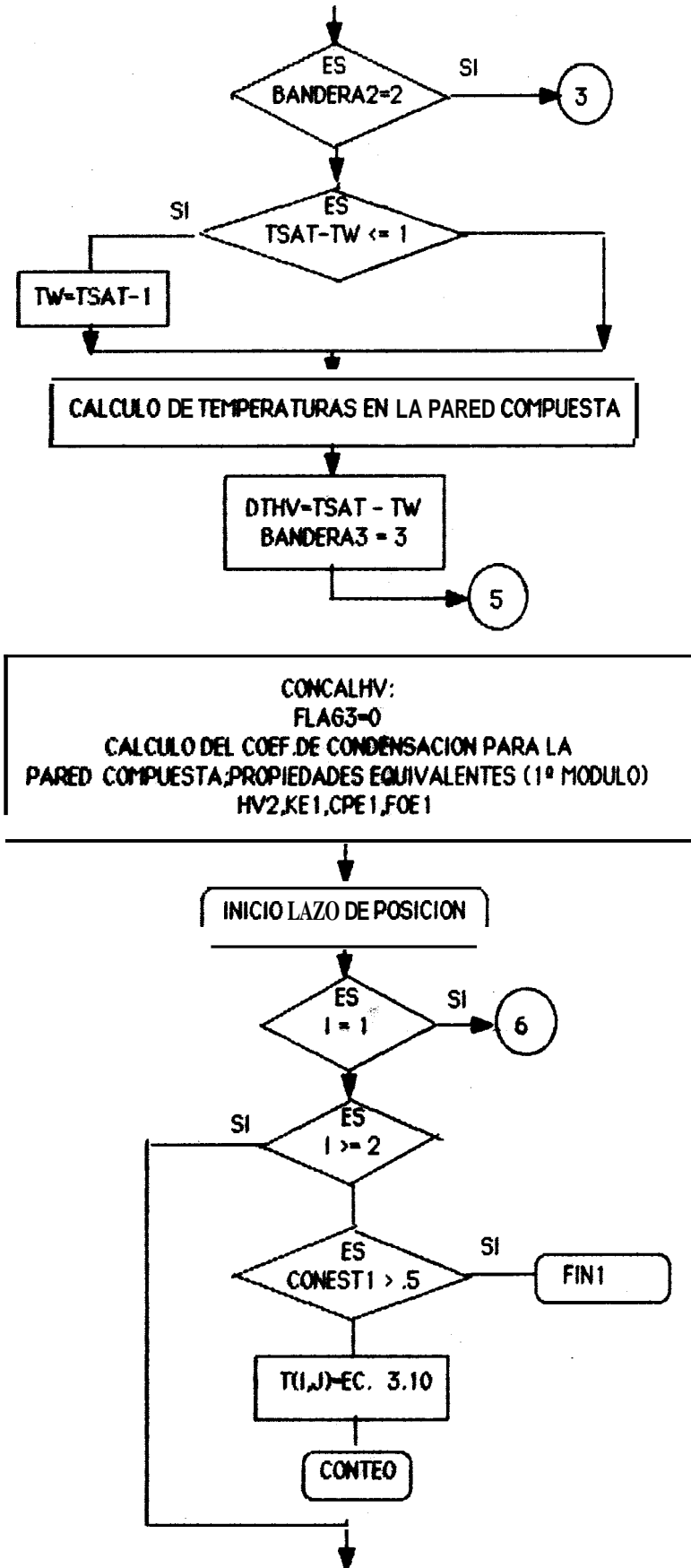
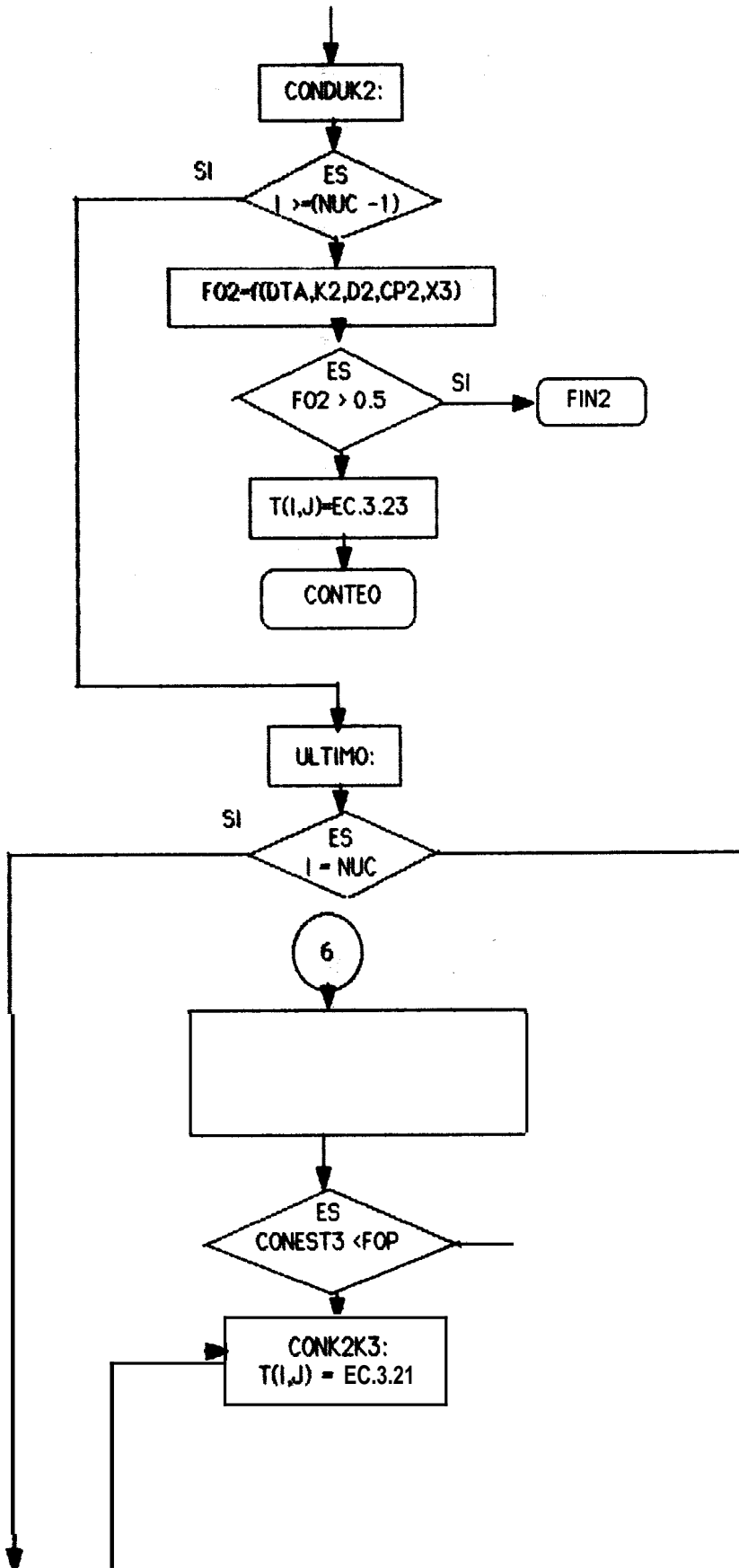


Fig. A.3.1. : 6/10



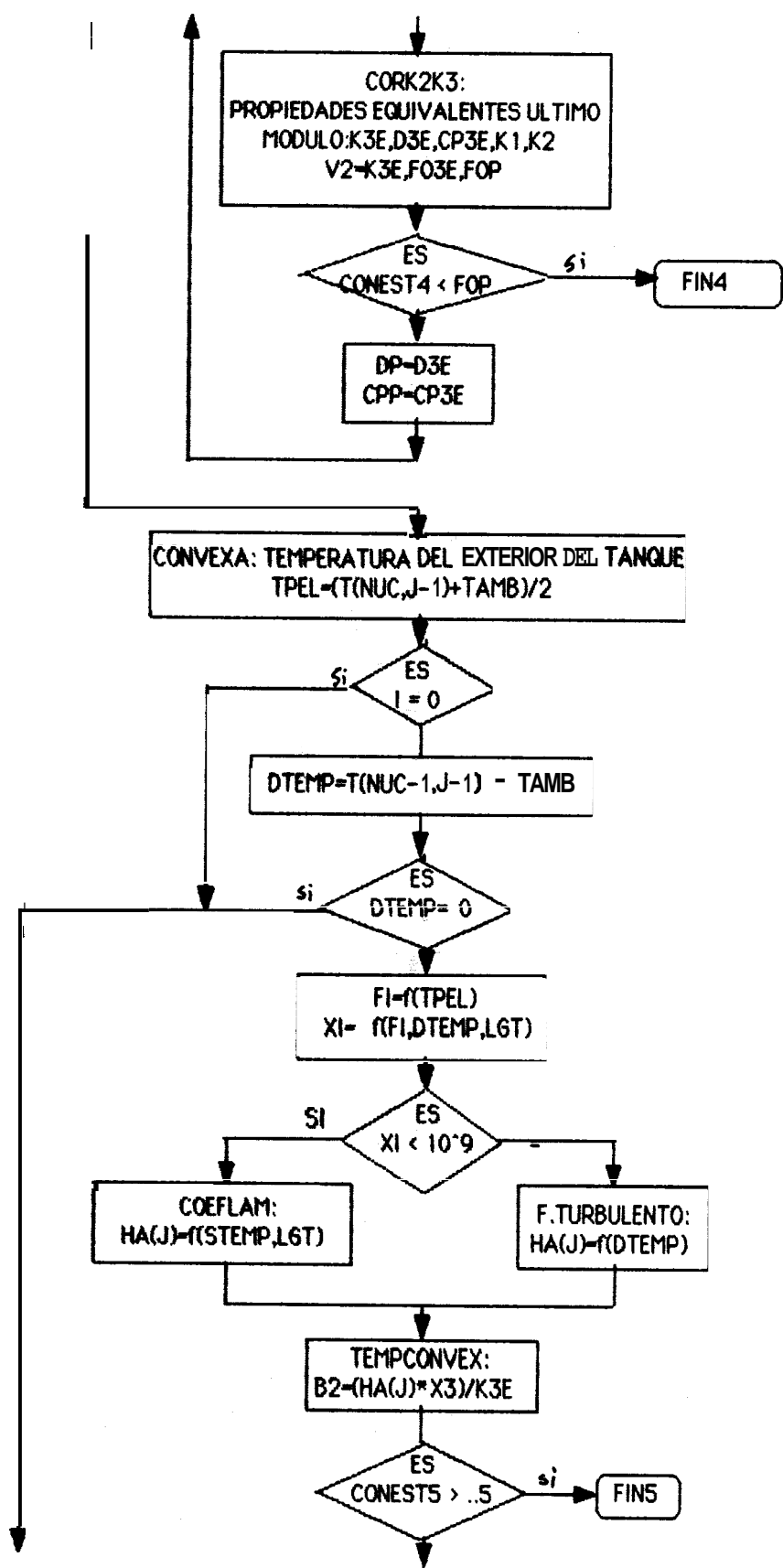


Fig. A.3.1 : 8/10

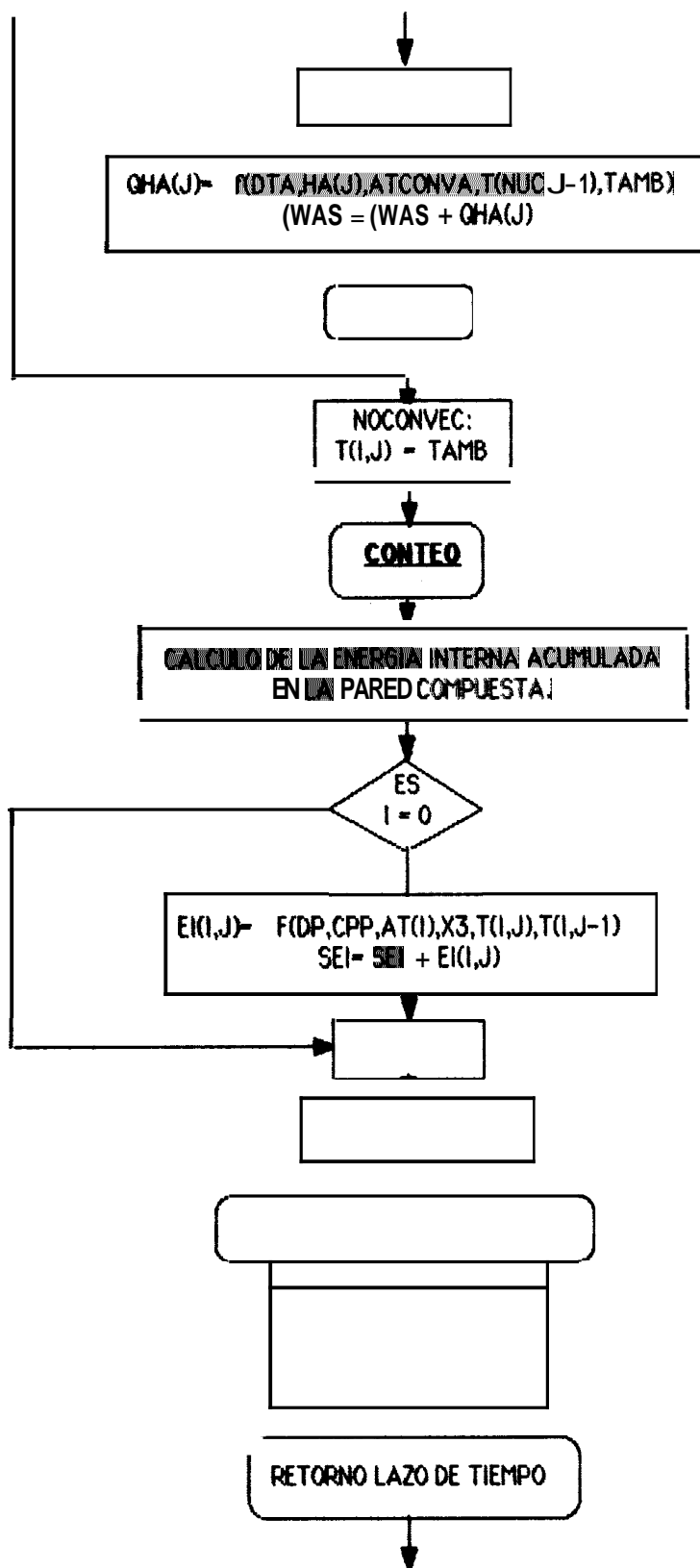
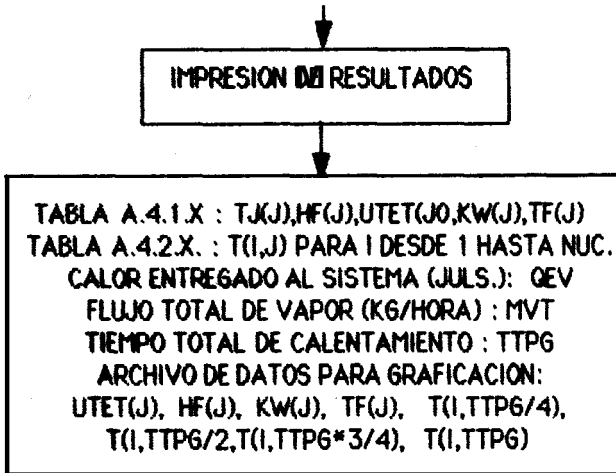


Fig. 3.11 : 9/10



Temperatura instantánea del aceite

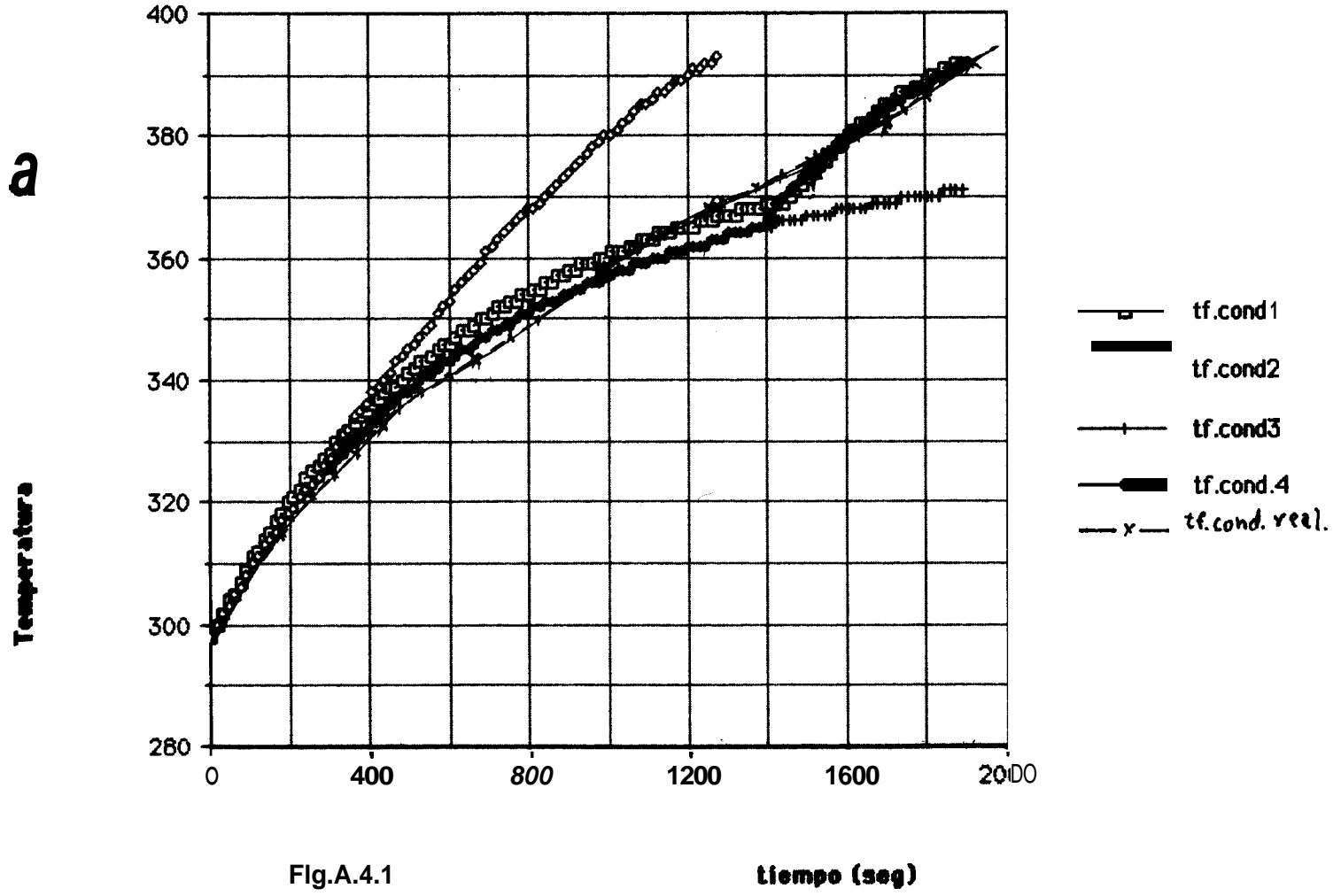


Fig.A.4.1

tiempo (seg)

Coeficiente Convectivo Medio del aceite.

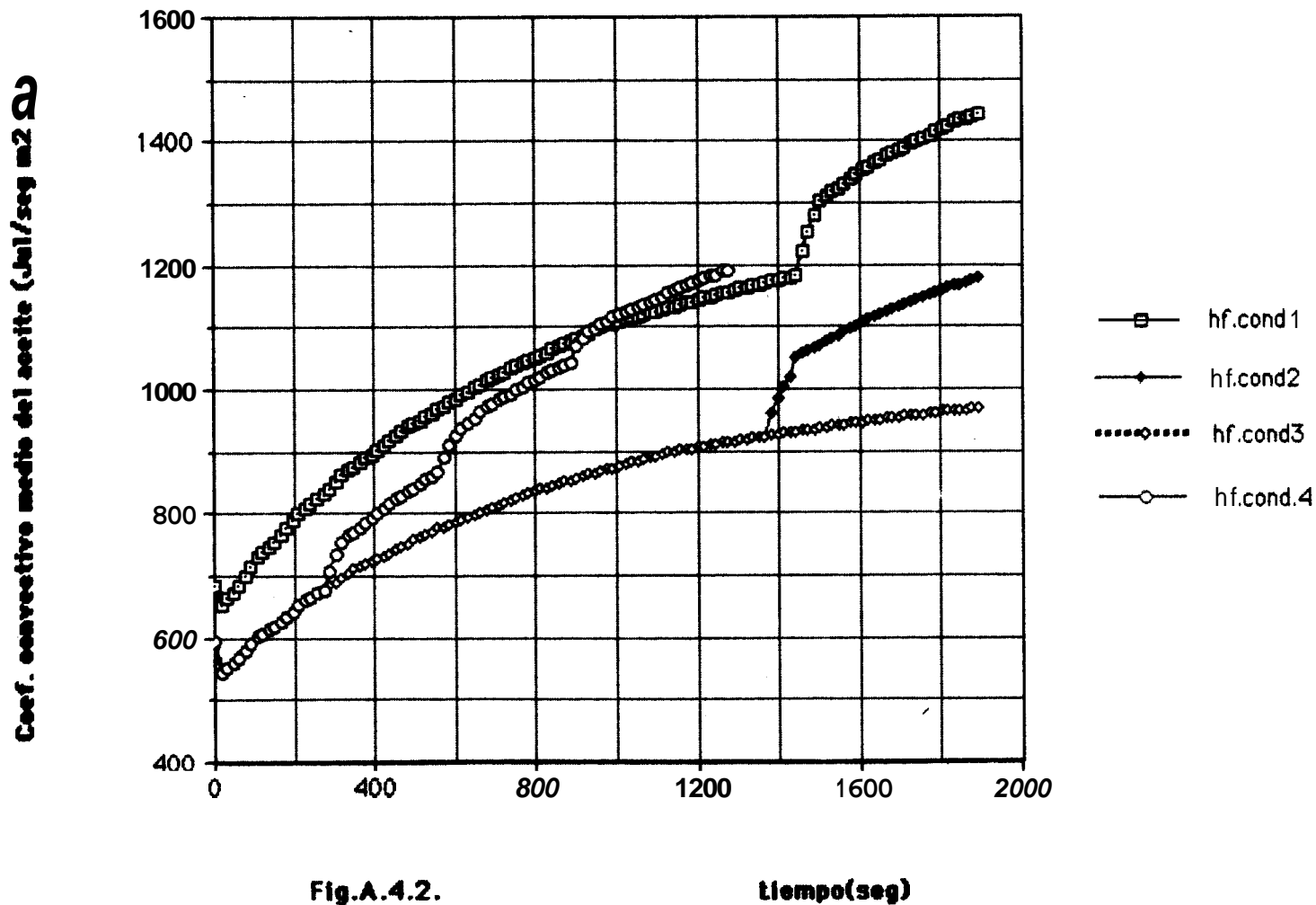


Fig.A.4.2.

tiempo(seg)

Potencia consumida por el impulsor

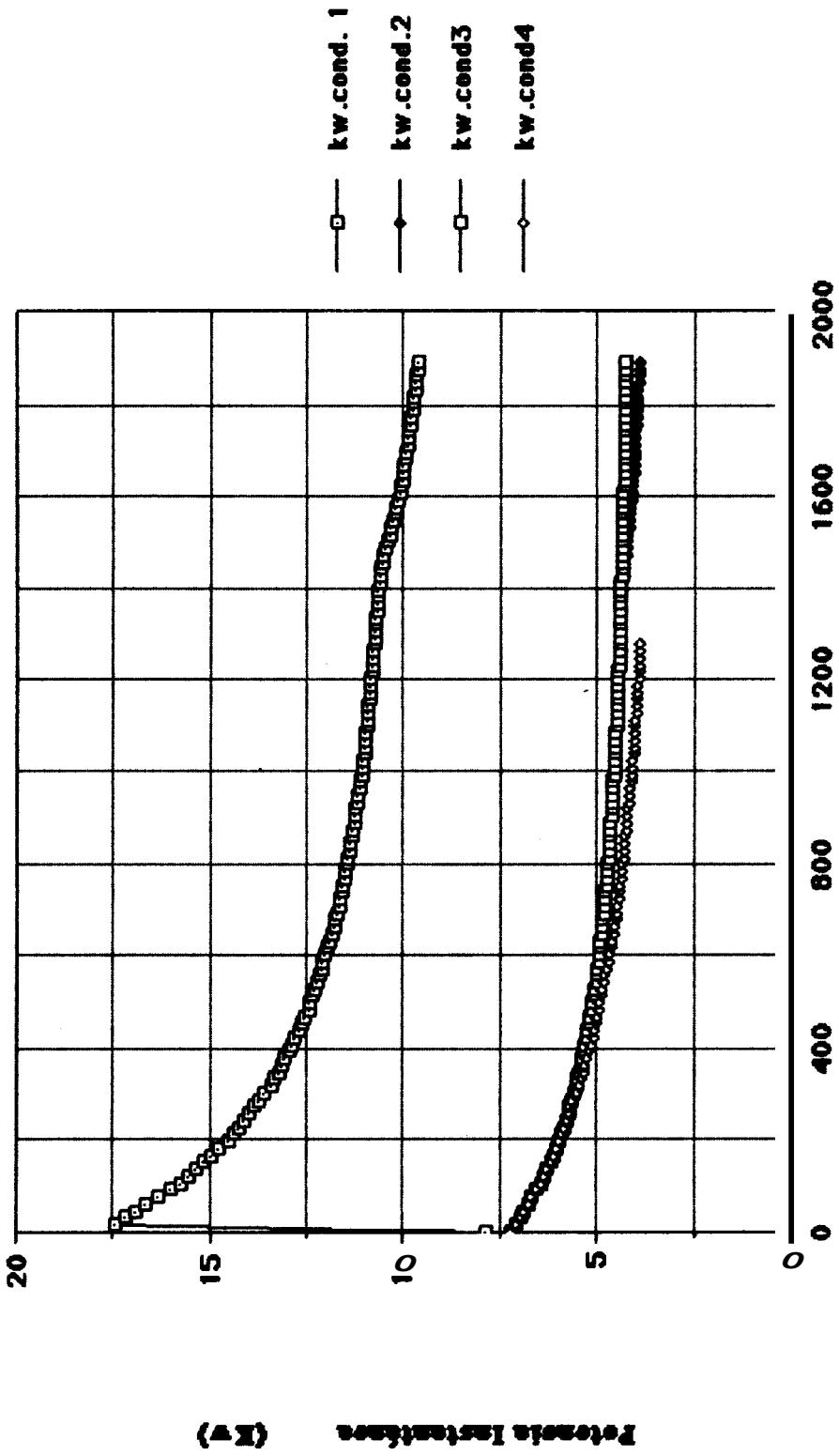


Fig.A.4.4.

tiempo (seg)

Gradiente de Temperatura en la pared, 1ra.condición.

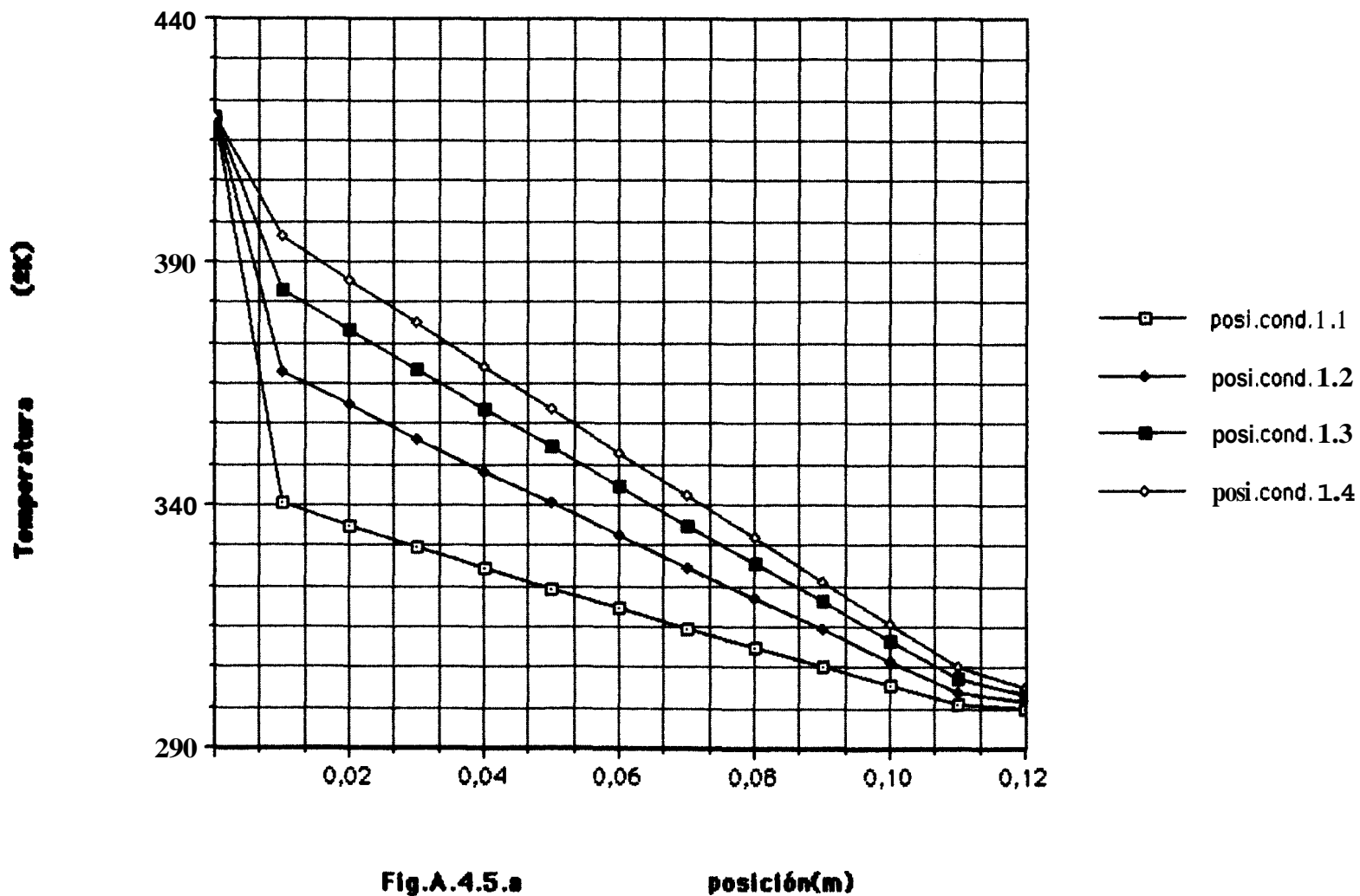


Fig.A.4.5.a

posición(m)

Gradiente de temperatura en la pared, 2da. condición.

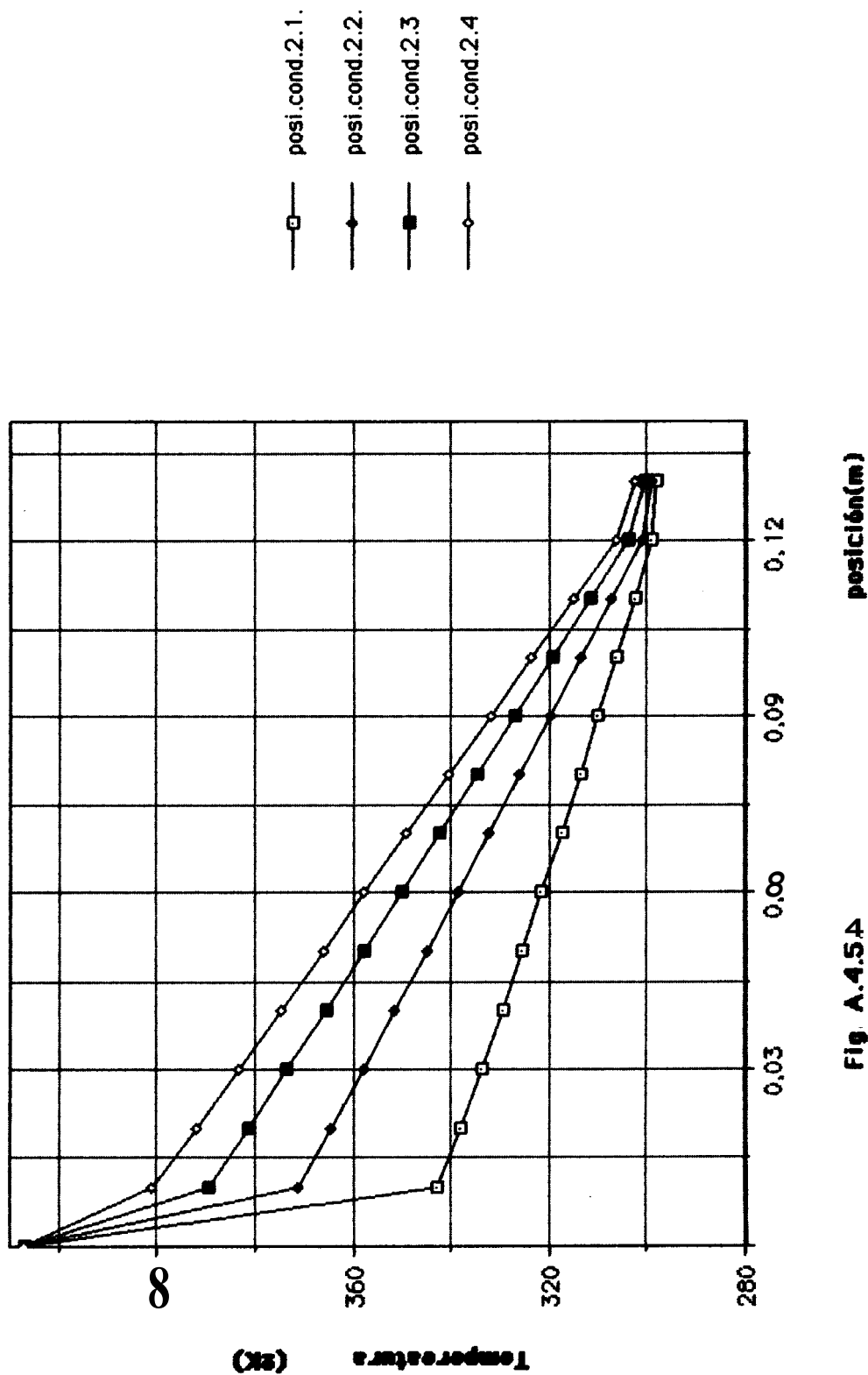


Fig A.4.5.A

Gradiente de temperatura en la pared, 3ra. condición.

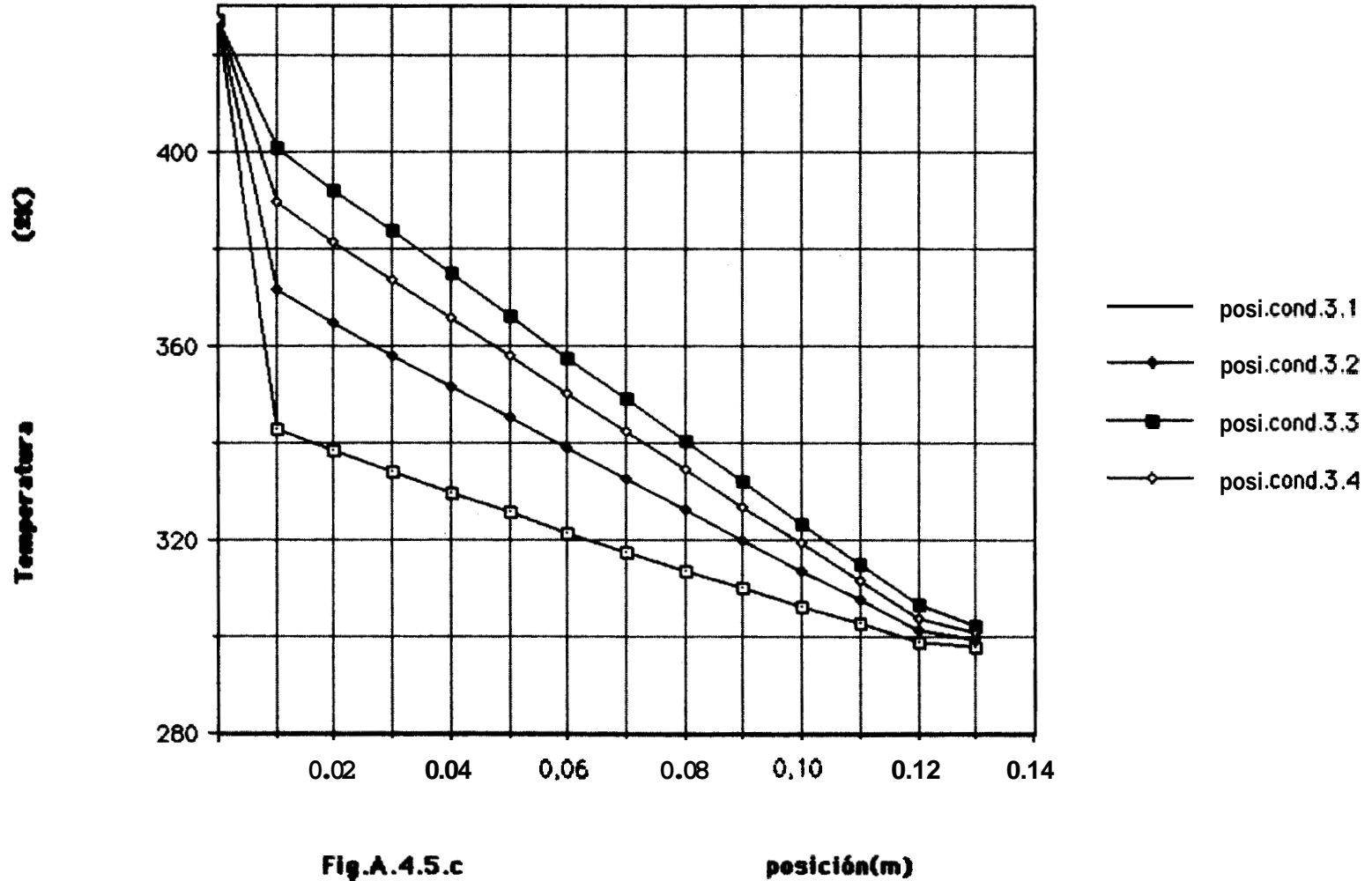


Fig.A.4.5.c

posición(m)

Gradiente de Temperatura en la pared, Arta. condición.

