

6 2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"ANALISIS DE SENSIBILIDAD EN UN MODELO DE
COMPUTO DE LA OPERACION TERMICA DE UN
SISTEMA DE COLECTORES SOLARES"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

BEATRIZ ALVAREZ PEREZ

Dir. Dr. José Luis Fernández Zayas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

México, D. F.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

Pag

RESUMEN

1.	INTRODUCCION	2
2.	DESCRIPCION DEL MODELO	
2.1	Introducción	5
2.2	Balace térmico del captador	7
2.3	Definición de los términos involucrados en el balance térmico	8
2.3.1	Declinación y longitud del día solar	8
2.3.2	Radiación solar sobre un plano horizontal	9
2.3.3	Radiación solar sobre planos no horizontales	11
2.3.4	Transmisión de radiación a través de un medio parcialmente transparente. Producto transmitancia absortancia	12
2.4	Flujos de calor	17
2.4.1	Calor recibido del sol	17
2.4.2	Pérdidas de calor al ambiente	17
2.5	Almacenamiento térmico	19
2.5.1	Balace térmico en el tanque de almacenamiento	19
2.5.2	Determinación de la temperatura del tanque	21

3.	SOLUCION NUMERICA	
3.1	Introducción	24
3.2	Integración del paquete	25
3.3	Datos numéricos y tipo de corrida	28
3.4	Archivos de datos y archivos de resultados	29
4.	ANALISIS DE SENSIBILIDAD	
4.1	Introducción	30
4.2	Sensibilidad al día del año	33
4.3	Sensibilidad a la inclinación	36
4.4	Sensibilidad a la orientación	38
4.5	Sensibilidad a la temperatura ambiente y al calor solar	40
4.6	Sensibilidad al coeficiente global de pérdidas	45
4.7	Sensibilidad al área de captación	47
5.	CONCLUSIONES	50
	REFERENCIAS	53
	NOMENCLATURA	55
	APENDICE	58

1 INTRODUCCION

El anhelo del hombre por aprovechar la energía proveniente del sol ha estado latente por muchos siglos . A lo largo de este tiempo ha desarrollado la teoría y la tecnología necesarias para cuantificar la energía que emite el sol y la que recibe la Tierra. Asimismo se han desarrollado teorías que explican los fenómenos de transferencia de calor involucrados en el proceso de aprovechamiento de la energía solar.

Actualmente el aprovechamiento de la energía solar se presenta como una de las alternativas tendientes a solucionar los problemas energéticos que se tienen en el mundo. Lo que hace que esta alternativa sea especialmente atractiva son las ventajas que presenta frente a otras fuentes energéticas usadas convencionalmente. Entre estas ventajas se puede mencionar que no produce contaminantes, que el uso de recursos no renovables sólo se hace en su construcción y el que la vida del sol como fuente energética se espera sea de alrededor de 4500 millones de años.

Frente a ventajas tan valiosas se presenta la interrogante de porqué aún no es explotada esta energía en forma masiva. Esto se debe en buena medida a que el aprovechamiento de la energía solar también presenta grandes desventajas, entre las que se pueden contar el alto costo inicial de la instalación de un sistema que permita aprovechar la energía solar. Asimismo, la efectividad del sistema depende en mucho de las condiciones meteorológicas que se presenten en el lugar en que se instale.

Otro inconveniente pudiera ser el gran número de variables que están involucradas en el proceso de captación. Si no se tiene la experiencia necesaria para seleccionar adecuadamente los parámetros de diseño y operación se pueden malgastar recursos al darle importancia a variables que afectan escasamente el proceso de aprovechamiento de energía solar.

En este trabajo se pretende aligerar en algo ese problema estableciendo en qué rangos es sensible un sistema de captación solar a algunas variables de operación y diseño. Para ello se hace referencia a un sistema solar propuesto como base. Este está integrado por un banco homogéneo de calentadores solares, un tanque térmico y el sistema de bombeo.

En el capítulo dos se hace una presentación de los elementos que integran el sistema en estudio y se introducen

los principios teóricos que gobiernan la transferencia de calor en el sistema.

En el capítulo tres se hace una breve descripción del método de solución numérica empleado para realizar el análisis de sensibilidad en el sistema.

Con base en los conceptos manejados en los capítulos dos y tres, se realiza un análisis de sensibilidad en el sistema propuesto como base en el capítulo cuatro. Se exploran las siguientes variables: número de día del año (fecha), temperatura ambiente, insolación, inclinación del captador, orientación del mismo, coeficiente de pérdidas globales y área de captación. En cada una de las secciones que integran este capítulo se establece cómo se ve afectada la temperatura del tanque de almacenamiento al variar los diferentes parámetros en estudio y se establecen los rangos de algunas de las variables.

2 DESCRIPCION DEL MODELO

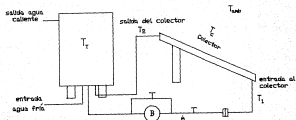
2.1 Introducción

Ya sea para fines de diseño o de análisis de los sistemas solares es conveniente contar con un modelo matemático simple que ayude a entender el comportamiento del sistema en cuestión.

El sistema que aquí se estudia es un conjunto de captadores planos orientados en una sola dirección. Dentro de los captadores circula un fluido, normalmente agua, con calor específico y flujo por unidad de área conocidos y homogéneos. El fluido se hace circular dentro de estos captadores para después ser enviado a un tanque de almacenamiento, del cual se conocen las propiedades aislantes, el calor específico, la masa total y el área total expuesta al ambiente; de este tanque habrá de tomarse el fluido para servicio. El fluido que no sea usado será enviado nuevamente a los captadores por

medio de una bomba, la cual operará automáticamente sólo cuando la circulación aporte ganancia térmica. Para este fin se emplea un sensor que mida la temperatura a la salida del tanque y a la salida del captador; si la temperatura a la salida del colector es mayor que la del tanque arrancará la bomba y se mantendrá en funcionamiento mientras que esta condición se cumpla.

El sistema referido puede representarse esquemáticamente como sigue:



2.2 Balance térmico del captador

En el sistema en estudio lo que nos interesa conocer son los flujos de calor y las fluctuaciones en las temperaturas del captador, del fluido de trabajo y del tanque de almacenamiento térmico en el tiempo bajo distintas condiciones climáticas y de operación. El funcionamiento térmico de cualquier colector solar puede ser evaluado mediante un balance de energía que determina que porción de la radiación liberada se transforma en energía útil para el fluido. Para un colector solar de placa plana este balance de energía es:

$$Q_a = Q_u + Q_{pc} + Q_a \quad (2.1)$$

donde: Q_a es la energía solar recibida por el colector

Q_u es la energía transmitida de la placa absorbadora del colector al fluido de trabajo

Q_{pc} es el calor perdido al ambiente por radiación, convección y conducción

Q_a es la energía almacenada por el colector.

Para fines prácticos el captador solar puede idealizarse como un aparato sin capacitancia térmica; gana energía del sol, de la cual algo se pierde al ambiente y algo se transmite al agua de circulación con gasto m . Esta consideración hace que la ec. 2.1. se reduzca a:

$$Q_s = Q_u + Q_{pc} \quad (2.2)$$

Donde el calor útil, para un instante t cualquiera, se expresa como:

$$Q_u(t) = \dot{m} C_p (T_2(t) - T_1(t)) \quad (2.3)$$

siendo \dot{m} el gasto másico del colector, T_2 y T_1 las temperaturas a la salida y a la entrada del colector.

2.3 Definición de los términos involucrados en el balance térmico

Hasta aquí se han establecido en forma general los flujos de calor que intervienen en el captador. Es evidente que éstos dependen de muchas otras variables, razón por la cual resulta conveniente describirlas y estudiarlas en forma independiente antes de proponer un esquema de solución.

2.3.1 Declinación y longitud del día solar

El eje de la Tierra está inclinado un ángulo constante de 23.45° con respecto a su plano de rotación. La declinación, δ , es la posición angular del sol en el mediodía solar con respecto al plano del Ecuador, ésta puede calcularse con la

ayuda de la ecuación de Cooper (ref. 1)

$$\delta = 23.45 \text{ sen } \left[360 \frac{284 + n}{365} \right] \quad (2.4)$$

donde n es el número de día del año ($n = 1, 2, \dots, 365$). El valor de δ varía de 23.45° a -23.45° . La declinación afecta el ángulo de incidencia de la radiación solar en la superficie de la Tierra y da lugar a variaciones en la longitud del día. Así, en el Ecuador el día dura exactamente 12 horas del amanecer a la puesta del sol, cualquier día del año, pero a mayores latitudes hay una considerable variación en la longitud del día a lo largo del año. Para calcular el valor de la longitud del día solar, N , en horas, se puede hacer uso de la ecuación :

$$N = \frac{2}{15} \cos^{-1} (-\tan \delta \tan \phi) \quad (2.5)$$

siendo ϕ la latitud del lugar. A ésta se le considera positiva al norte y negativa en el hemisferio sur.

2.3.2 Radiación solar sobre un plano horizontal

La cantidad de energía solar disponible en cualquier parte del mundo puede ser determinada mediante el uso de fórmulas físicas y constantes. Es importante que al hacer los

cálculos relativos a la irradiancia solar se realicen éstos como una función del tiempo.

Los componentes directo y difuso de la irradiancia se encuentran relacionados por:

$$G(t) = G_b(t) + G_d(t) \quad (2.6)$$

donde $G_b(t)$ es la radiación directa o radiación recibida del sol sin cambio de dirección, $G_d(t)$ es la radiación solar recibida después de que su dirección ha sido cambiada por reflexión y se ha esparcido por la atmósfera. Este componente es denominada radiación difusa y $G(t)$ es la radiación total.

La forma de las funciones $G(t)$ y $G_b(t)$ se puede aproximar mediante una senoide (ref. 5), el modelo mediante el cual se logra la aproximación es el siguiente :

$$G(t) = G_M \cos^{1.2} \left[\frac{180 t}{N} \right] \quad (2.7)$$

donde G_M representa el valor máximo de irradiancia, cuyo valor al mediodía se obtiene de mapas (ref. 4), t es el tiempo expresado en horas a partir del mediodía solar, siendo positivo antes del mediodía, cero a las 12:00 meridiano y negativo después del mediodía.

Similarmemente el valor de la radiación directa se puede aproximar con :

$$G_b(t) = G_{bM} \cos^{1.5} \left[\frac{180 t}{N} \right] \quad (2.8)$$

G_{bM} se refiere al valor máximo de la radiación solar directa.

Usando las ecs 2.6., 2.7. y 2.8. se puede calcular la componente difusa con:

$$G_d(t) = G(t) - G_b(t) \quad (2.9)$$

2.3.3 Radiación solar sobre planos no horizontales

Se define un plano no horizontal como aquél que se inclina un ángulo β y se orienta un ángulo γ , siendo este último el ángulo de superficie azimutal, que es la desviación normal a la superficie desde el meridiano local. Su valor es igual a cero en el sur, positivo de sur a oriente y negativo de sur a poniente. Definiendo al ángulo horario, $\omega = 15 t$, positivo en la mañana y negativo en la tarde, de acuerdo al método de Duffie y Beckman (ref. 1) el ángulo θ que forman en el instante t la dirección de la radiación solar directa y la normal al plano de interés está dado por:

$$\theta = \cos^{-1} \left(\begin{aligned} &\text{sen} \delta \cos \phi \cos \beta - \text{sen} \delta \cos \phi \cos \gamma \text{sen} \beta + \\ &\text{cos} \delta \cos \phi \cos \beta \cos \omega + \text{cos} \delta \text{sen} \beta \text{sen} \gamma \text{sen} \omega \\ &\text{cos} \delta \text{sen} \phi \text{sen} \beta \cos \gamma \cos \omega \end{aligned} \right) \quad (2.10)$$

Un caso particular es el ángulo zenith, que es el ángulo que forman la dirección de la radiación directa y la vertical del lugar, al mediodía, ésto es $\gamma = 0$ y $\beta = 0$. sustituyendo estos valores en la fórmula 2.10 se obtiene:

$$\theta_z = \cos^{-1} (\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega) \quad (2.11)$$

Para poder conocer la radiación sobre un plano cualquiera conocida la radiación sobre un plano horizontal se define el factor de proyección R_b de la siguiente manera :

$$R_b = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (2.12)$$

Con la aproximación de que $G_d(t)$ es isotrópica se puede calcular la radiación solar sobre el plano de interés como :

$$G_T(t) = G_b(t) R_b + G_d(t) \quad (2.13)$$

siendo G_T la radiación total instantánea que recibe el plano no horizontal.

2.3.4 Transmisión de radiación solar a través de un medio parcialmente transparente. Producto transmitancia absorptancia.

Para superficies opacas la suma de la absorción y la reflectancia debe ser la unidad. Si la superficie es semitransparente a la radiación incidente para cualquier ángulo, entonces la suma de la absorción, reflectancia y transmitancia debe ser la unidad; esto es, la radiación incidente debe ser absorbida, reflejada o transmitida.

Fresnel ha derivado la siguiente relación que permite calcular la reflectancia instantánea de la radiación solar, ρ , pasando de un medio 1, aire con índice de refracción $n_1 = 1$, a un medio 2 con índice de refracción n_2 :

$$\rho = \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2(\theta_2 - \theta_1) + \tan^2(\theta_2 - \theta_1)}{\sin^2(\theta_2 + \theta_1) + \tan^2(\theta_2 + \theta_1)} \right] \quad (2.13)$$

donde θ_1 y θ_2 son los ángulos de incidencia y refracción, por la ley de Snell se tiene

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} \quad (2.14)$$

de donde

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left[\frac{n_1}{n_2} \sin\theta_1 \right] \quad (2.15)$$

Para el caso que aquí interesa $\theta_1 = \theta$ de la ec 2.10. y $n_1/n_2 = 1/1.5$ para cubierta de vidrio.

Despreciando la absorción en las placas mostradas en la fig 2.2. $(1 - \rho)$ de la radiación alcanzará la segunda interfase y $\rho(1 - \rho)$ es reflejada nuevamente a la primera, y así sucesivamente. Sumando los términos resultantes la transmitancia para una sola cubierta despreciando la absorción es :

$$T_{r,t} = (1-\rho)^2 \sum_{n=0}^{\infty} \rho^{2n} = \frac{(1-\rho)^2}{(1-\rho^2)} = \frac{1-\rho}{1+\rho} \quad (2.16)$$

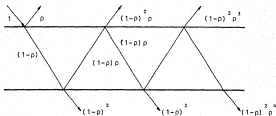


Figura 2.2 Transmisión a través de una cubierta

Para un sistema de n cubiertas, todas del mismo material, un análisis similar nos da que la transmitancia limitada por la reflexión es :

$$\tau_{r,n} = \frac{1 - \rho}{1 + (2n - 1)\rho} \quad (2.17)$$

La radiación transmitida se ve reducida por la fracción de radiación τ_a que se absorbe en la cubierta transparente

$$\tau_a = e^{-KL} \quad (2.18)$$

siendo K el coeficiente de extinción de la cubierta y L la trayectoria real de la radiación a través del medio. La longitud recorrida por el haz de radiación es :

$$L = \frac{d}{\cos\theta_2} \quad (2.19)$$

donde d es el espesor de la cubierta. Para obtener la transmitancia total, τ , basta multiplicar las transmitancias parciales, ésto es :

$$\tau = \tau_r \tau_a \quad (2.20)$$

De la radiación que pasa a través de un sistema de cubiertas y choca con la placa, una parte es reflejada nuevamente al sistema de cubiertas. Sin embargo no toda esta radiación se pierde, ya que una parte de ésta es nuevamente reflejada a la placa; ésto se ilustra en la figura 2.4 en la que τ es la transmitancia del sistema de cubiertas para

determinado ángulo, tal como se vio en la ec 2.20., y α es la absorptancia angular de la placa. De la energía incidente $(\tau\alpha)$ es absorbida por la placa y $(1-\alpha)\tau$ es reflejada nuevamente al sistema de cubiertas, de aquí $(1-\alpha)\tau\rho$ es reflejada nuevamente a la placa absorbidora, la cantidad ρ suele evaluarse como constante en el tiempo y es muy similar al resultado obtenido al evaluar las ecs 2.13 y 2.15. La reflexión múltiple continúa, de tal forma que la energía absorbida finalmente es:

$$(\tau\alpha) = \tau\alpha \sum_{n=0}^{\infty} ((1-\alpha)\rho)^n = \frac{\tau\alpha}{1 - (1-\alpha)\rho} \quad (2.21)$$

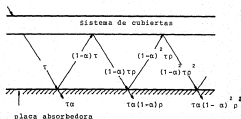


Fig. 2.3 Absorción de radiación solar por la placa absorbidora

2.4 Flujos de Calor

En la sección 2.1 se estableció los flujos de calor que se manifiestan en el captador solar, en esta sección, haciendo uso de las definiciones establecidas en la sección 2.3 se formalizan las definiciones de flujo de calor.

2.4.1 Calor recibido del sol

El calor recibido del sol para un instante dado queda expresado como:

$$Q_s(t) = A_c(\tau_0) (G_b(t) R_b + G_d(t)) \quad (2.22)$$

donde A_c es el área de captación efectiva.

2.4.2 Pérdidas de calor al ambiente

El cálculo del calor perdido al ambiente por conducción, convección y radiación, Q_{pc} , merece especial atención ya que por su naturaleza se presenta bajo un régimen de operación transitorio resulta ser un problema complejo de transferencia de calor. Este problema se puede solucionar si se evalúa Q_{pc} para condiciones de operación semejantes a las reales. Esta

evaluación experimental se hace en la ausencia del sol, $D_s(t) = 0$, de tal manera que el cambio de energía interna que sufre el agua obedece sólo a pérdidas de calor. Bajo estas condiciones y haciendo uso de las ecs 2.2. y 2.3. se tiene que:

$$Q_{pc} = \dot{m} C_p (T_2(t) - T_1(t)) \quad (2.23)$$

Se puede hacer una serie de experimentos, manteniendo artificialmente constantes las temperaturas (ésto es $dT/dt = 0$), y registrando simultáneamente T_1 , T_2 , \dot{m} y la temperatura ambiente (T_a). Se define la temperatura media del colector, T_c , como

$$T_c = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (2.24)$$

Dada la estructura física de Q_{pc} , el mejor ajuste a los puntos experimentales se logra con un polinomio de cuarto orden, sin embargo, por cuestión de simplicidad, se ajustará la curva con una relación exponencial (ref 5). Con esta consideración se sacrifica menos de 8% de precisión. La relación adoptada es:

$$Q_{pc} = A_0 E (T_c - T_a)^j \quad (2.25)$$

Para obtener las constantes del captador E y j se puede ajustar la ec 2.24. a los datos experimentales por cualquier método (típicamente el de mínimos cuadrados).

2.5 Almacenamiento térmico

Una vez que se ha logrado que el fluido absorba cierta cantidad de energía proveniente del sol es necesario almacenar ésta de forma tal que la menor cantidad de energía sea cedida al medio ambiente. Para este fin se hace uso de un tanque de almacenamiento térmico.

2.5.1 Balance térmico en el tanque de almacenamiento

La temperatura a la salida del tanque afectará directamente el funcionamiento del colector, ya que es ésta la temperatura de entrada del mismo. Es por ello que es importante conocer como están variando las temperaturas en el tanque térmico. Para conocer tal variación se hace uso de un balance térmico en el tanque. Para efectuar dicho balance se considera la representación esquemática de los flujos de calor que se da en la figura 2.4.

La capacidad de energía almacenada en una unidad de almacenamiento de agua, u otro fluido, operando con una

diferencia finita de temperatura, está dada por la ec 2.26.

$$Q_T(t) = (M C_p) \frac{dT_T}{dt} \quad (2.26)$$

aquí Q_T es el flujo total de calor en el tanque en un intervalo de tiempo dt con un incremento en la temperatura en el interior del tanque dT_T . Si se analizan los flujos de calor que intervienen en el tanque se puede escribir:

$$(M C_p) \frac{dT_T}{dt} = Q_U(t) - Q_{PT}(t) \quad (2.27)$$

siendo $Q_U(t)$ la aportación de energía del captador y $Q_{PT}(t)$ las pérdidas térmicas del tanque y las tuberías. Estas pérdidas de calor, dado el escaso efecto de la radiación, pueden hacerse lineales en $(T_T - T_a)$ mediante el coeficiente global de pérdidas térmicas U definido por la relación siguiente:

$$Q_{PT}(t) = (U A_p) (T_T - T_a) \quad (2.28)$$

siendo A_p el área de pérdidas de tanque y tuberías. La determinación teórica de U resulta difícil; por ello, para determinar su valor suele hacerse en forma experimental, ésto es, en ausencia de la radiación solar. En estas condiciones $Q_U(t) = 0$ y por tanto se tiene, de las ecs 2.26. y 2.27. :

$$M C_p \frac{dT_T}{dt} = (U A_p) (T_a - T_T) \quad (2.29)$$

Haciendo mediciones de T_T y de T_a en intervalos Δt de tiempo se puede determinar el valor de $(U A_p)$ mediante la siguiente relación 2.30.

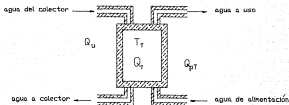


Fig. 2.4 Flujos de calor en el tanque de almacenamiento

$$(U A_p) = \frac{M C_p \Delta T_T}{(T_a - T_T) \Delta t} \quad (2.30)$$

2.5.2 Determinación de la temperatura del tanque

En forma general, cuando se diseña un sistema solar de

calentadores, se parte de la necesidad de disponer de una cierta cantidad de fluido a una temperatura determinada. Es en este precepto que se sustenta la importancia de predecir la temperatura que tendrá el tanque en un momento dado. Para lograrlo se parte de la ec. 2.30., que al reordenarla en diferencias finitas resulta en:

$$\Delta T_T = \frac{Q_u - Q_{pT}}{R C_p} \quad (2.31)$$

donde la temperatura del tanque en el instante $(t+\Delta t)$ es igual a la temperatura T_T en el instante t más su variación en el intervalo Δt ; ésto es:

$$T_T(t+\Delta t) = T_T(t) + (Q_u(t+\Delta t) - Q_{pT}(t+\Delta t)) \frac{\Delta t}{R C_p} \quad (2.32)$$

Si el incremento de Δt es suficientemente pequeño, en general el cálculo es aceptablemente preciso. Para intervalos de tiempo de 15 minutos o menos, las variaciones de Q_u y Q_{pT} en dicho intervalo son pequeñas y por tanto se pueden usar sus valores evaluados al inicio del intervalo de tiempo. Esto es, para un tiempo t cualquiera, en forma expandida, se tiene:

$$T_T(t+\Delta t) = T_T(t) + ((Q_u(t) - (U A_p) (T_T(t) + T_a(t))) \frac{\Delta t}{R C_p} \quad (2.33)$$

Como se puede apreciar de esta última fórmula, para

encontrar la temperatura del tanque en el instante t es necesario hacer uso de los resultados obtenidos del balance térmico en el captador solar .

3 SOLUCION NUMERICA

3.1 Introducción

El diseño auxiliado por computadora permite aligerar la carga de cálculo del analista y del diseñador, permitiendo que éstos concentren su atención y tiempo en actividades más propias del diseño.

En este capítulo se introduce un paquete de cómputo que ayuda a resolver el balance térmico de un sistema formado por captadores solares planos, tanques de almacenamiento térmico y equipo de bombeo. El estudio del programa que aquí se hace no pretende de ninguna manera ser un análisis profundo del mismo, sino una presentación que describa las pautas principales que rigen al mismo, ya que en el capítulo siguiente se hará uso del programa para establecer la sensibilidad del sistema a algunos parámetros. El programa al que se hace referencia es el CSADI (ref 6), entre cuyas ventajas se puede mencionar que

permite la introducción de las características propias del captador, del tanque térmico y del sistema de bombeo; es sensible a las condiciones climáticas y locales de interés.

3.2 Integración del paquete

CSAD1 está integrado por un conjunto de programas, cada uno con función específica e independiente; el acceso al menú principal se hace desde un programa llamado "Hello", cuyo despliegado es el siguiente:

- < A > Cambiar datos/correr programa
- < D > Revisar resultados de un día
- < Y > Revisar resultados anuales
- < E > Desea una explicación ?
- < Q > Borrar pantalla y concluir

Para los objetivos de este trabajo sólo interesa el inciso A. Esta opción accesa el programa "Asignador". Desde este programa se asignan o modifican los valores a las variables y se manda "correr" al programa principal, el cual procesa la información, despliega algunos resultados y los almacena para su despliegue posterior. El diagrama de bloques bajo el cual se estructura el programa principal es mostrado en la página siguiente.

Definición de los valores de
 $n, \phi, \beta, \gamma, UAp, E, j, Ac, L, K, \alpha,$
 $BW, BbW, T_a \text{ máxima}, T_a \text{ mínima},$
 $T_r \text{ al inicio del intervalo; } \bar{n} \text{ y } M$

Cálculo de N y δ
Especificación de horas de arranque y
paro de la bomba
Definición de títulos de listado de resultados

Cálculo de $G_b, G_d, R_b, (r_a) T_a$
 $G_e, G_{pc}, G_{pr}, G_u, T_r$
Impresión de resultados: hora, T_a, T_r



Cálculo de pérdidas térmicas nocturnas
impresión de resultados: hora, T_a, T_r

Parar

De acuerdo con este diagrama es necesario introducir algunas características del colector, de operación, así como datos térmicos, ambientales y tipo de corrida; todos estos valores se asignan, o se modifican, por medio de menús. Los menús se muestran en la figura 3.1, en la cual además de presentarse éstos se asigna a cada variable el nombre con el que se le identificó en el capítulo anterior, así como las unidades en que deben de ser proporcionadas.

1 Especificaciones del colector

1.1)	Número de cubiertas	n	1,2,...,n
1.2)	Grosor de cada cubierta	d	cm
1.3)	Coefficiente de extinción	K	cm ⁻¹
1.4)	Absortancia del colector	α	0 < α < 1
1.5)	Reflectancia difusa	ρ	0 < ρ < 1
1.6)	Area total de captación	A _c	m ²
1.7)	Coef pérdida térmica colector	E	kW/m ² K
1.8)	Exponente pérdida térmica colector	j	-

2 Datos solares y hora/modo de bombeo

2.1)	Número del día	n	1,2,...,365
2.2)	Latitud (norte +)	ϕ	grados
2.3)	Inclinación	β	grados
2.4)	Aziut (este +)	γ	grados
2.5)	Radiación horizontal global max	G _w	kW / m ²
2.6)	Radiación horizontal directa max	G _{bw}	kW / m ²
2.7)	Hora de arranque (AM +)	-	-
2.8)	Hora de paro (PM +)	-	-
2.9)	Bombeo auto/man? (0/1)	-	-

3 Datos térmicos y ambientales

3.1)	Temperatura ambiente máxima	T _{amb max}	°C
------	-----------------------------	----------------------	----

3.2)	Temperatura ambiente mínima	$T_{amb \text{ min}}$	$^{\circ}\text{C}$
3.3)	Temperatura del tanque al inicio	T_{T0}	$^{\circ}\text{C}$
3.4)	Masa total del sistema	M	kg
3.5)	Calor específico	C_p	$\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C}$
3.6)	Flujo unitario	\dot{A}	kg / s
3.7)	Area total de pérdidas	A_p	m^2
3.8)	Coef global de pérdidas del tanque	U	$\text{kW/m}^2\text{-}^{\circ}\text{C}$
4 Datos térmicos y tipo de corrida			
4.1)	Intervalo de integración	Δt	s
4.2)	Precisión de convergencia	-	-
4.3)	Tipo de corrida 0 diaria, 1 anual	-	-

Figura 3.1 Menús empleados para la asignación de variables

3.3 Datos numéricos y tipo de corrida

En CSADI se calculan las temperaturas del sistema a partir del balance térmico, tal y como se estableció en el capítulo 2; ya que las pérdidas del captador dependen de su temperatura, la solución al problema se basa en un proceso iterativo; el usuario especifica la magnitud del intervalo de tiempo para la integración, así como la precisión esperada en la aproximación. De ambos valores depende la exactitud del resultados y la velocidad de solución del programa. En general se recomienda usar intervalos de 900 segundos como intervalo de integración para problemas del tipo aquí descrito.

3.4 Archivos de datos y archivos de resultados

CSADI cuenta con un total de tres archivos; uno de ellos almacenan datos y los otros dos resultados.

En el archivo de datos se almacenan los valores que se asignó a cada una de las variables en la corrida inmediata anterior. En lo que se refiere a los archivos de resultados, uno de ellos almacena los resultados obtenidos en la última corrida realizada. En el otro a diferencia de los dos mencionados en el párrafo anterior, los datos no se modifican en cada corrida, al menos que el usuario así lo desee. Este archivo se abre al final de cada corrida, con un nombre asignado por el usuario. Esto es de especial utilidad, ya que permite al usuario comparar en cualquier momento los resultados obtenidos bajo diferentes condiciones de operación.

Los valores que se almacenan en los archivos de datos son los que aparecen en la figura 3.1. Los archivos de resultados almacenan la siguiente información: hora, radiación global del tanque sobre el plano del captador, temperatura del tanque y temperatura ambiente.

4 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

4.1 Introducción

Los dos capítulos anteriores se han dedicado al análisis del algoritmo que permite conocer la variación de la temperatura del tanque del colector como función del tiempo. En este capítulo se hace uso de dicho algoritmo para realizar un análisis de sensibilidad del sistema a los siguientes parámetros: día del año, clima solar, clima ambiental, orientación, inclinación, coeficiente de pérdidas térmicas y Área de captación.

Con el análisis de sensibilidad se pretende determinar como se modifica la temperatura en el tanque de almacenamiento cuando la variable en estudio se modifica al tiempo que todas las demás permanecen constantes. Para visualizar dicha sensibilidad se presentan los resultados por medio de tablas que contienen las temperaturas máximas y mínimas obtenidas en

el tanque de almacenamiento al ensayar algunos valores de la variable en estudio. Asimismo, se hace uso de gráficas que permiten visualizar de manera más directa el comportamiento térmico del tanque de almacenamiento. Para realizar el análisis de sensibilidad se hace referencia a un calentador solar para agua de servicios en un hotel en Loreto, Baja California Sur. Se requieren diariamente de 15,000 litros de agua a una temperatura alrededor de 50 °C.

Antes de efectuar los análisis de sensibilidad es necesario identificar algunos parámetros, tanto ambientales como de diseño del colector, que son requeridos para el balance térmico del mismo. En la referencia 4 se calcula los valores de radiación solar para la República Mexicana. Estos valores, junto con algunos datos climatológicos de la región, se muestran en la tabla 4.1.

MES	T AMBIENTE		RADIAC GLOBAL	RADIAC DIRECTA
	MAX	MIN		
ENE	16	3	0.695	0.564
FEB	18	4	0.795	0.659
MAR	24	4	0.820	0.649
ABR	26	12	0.839	0.650
MAY	28	11	0.782	0.575
JUN	30	9	0.763	0.556
JUL	32	10	0.755	0.546
AGO	34	12	0.777	0.573
SEP	30	11	0.796	0.611
OCT	27	10	0.815	0.676
NOV	21	7	0.752	0.636
DIC	18	5	0.654	0.522

TABLA 4.1 Condiciones ambientales y datos climatológicos de Loreto Radiación en kW/m^2 y temperaturas en °C

Para determinar la fracción de radiación solar absorbida interesan las características de la o las cubiertas y la absorptancia, así como las características de las pérdidas de calor del captador al ambiente. Estas últimas, como se vió en el capítulo dos, están representadas por el coeficiente (E) y el exponente (j) de pérdidas térmicas. Algunos valores típicos de E y j para captadores de una (G) y dos (GG) cubiertas con superficie selectiva (S) o pintados de negro mate (B), para valores de absorptancia (A) y emitancia (M) indicados, aparecen en la tabla 4.2.

Descripción	E	j	A	M
BG	4.100E-3	1.087	0.9	0.9
BGG	1.988E-3	1.181	0.95	0.95
SG	2.005E-3	1.181	0.95	0.005
SGG	1.167E-3	1.158	0.95	0.1

TABLA 4.2

Para calcular el área de pérdidas térmicas en el tanque de almacenamiento del colector se considera que la altura del tanque es casi igual al diámetro de su base. De esta manera se obtiene un área de contacto entre el tanque y el ambiente que sea mínima. Con esta consideración en mente y buscando tanques de diámetro comercial, el volumen de 15,000 litros puede ser cubierto al emplear dos tanques de 72 pig (1.8288 m) de diámetro con una altura de 72 pig y un tercer tanque de 72 pig

de diámetro con una altura de 75 pig (1.903 m). La superficie externa de estos tanques es:

$$A = \frac{6 \pi (1.8288)^2}{4} + \pi (1.8288)(2 (1.8288) + 1.903) = 47.7 \text{ m}^2$$

Considerando las tuberías el área total de pérdidas térmicas se estima en unos 52 m^2 .

4.2 Sensibilidad al día del año

La cantidad de radiación solar que recibe el colector en un momento dado se ve afectada directamente por la longitud del día solar (ecs 2.7 y 2.8), siendo a su vez esta longitud una función del número de día del año (ecs 2.4 y 2.5); es así como la temperatura del tanque va a sufrir variaciones al modificar el día del año.

La asignación de variables es como sigue: los valores dados a las radiaciones global y directa horizontales máximas, así como a las temperaturas máximas y mínimas de la región, corresponden a valores promedios de los dados en la tabla 4.1. Se supone que el área de captación es de 80 m^2 , que el colector es del tipo SS de la tabla 4.2, que el vidrio es de 0.32 cm de espesor y 0.32 cm^{-1} de coeficiente de extinción; el día del año se modifica en el senó 2 (datos solares y hora/medo de bombeo) para cada corrida. En la tabla 4.3 se muestran los valores considerados para efectuar el balance

técnico. La tabla 4.4 contiene las temperaturas máximas y finales, en grados centígrados, obtenidas en el tanque para cuatro fechas: 15 de marzo, 21 de junio, 15 de septiembre y 21 de diciembre; en la figura 4.1 se muestran graficadas las variaciones de temperatura dentro del tanque para las mismas fechas.

Como resultado de la influencia del número de día la temperatura va a ir en aumento del 21 de junio (fecha del solsticio de verano) al 21 de diciembre (fecha del solsticio de invierno). A partir de esta fecha la temperatura vuelve a decrecer hasta llegar nuevamente al 21 de junio. En otras palabras, la temperatura va en aumento durante el verano y el otoño y en descenso durante el invierno y la primavera.

ESPECIFICACIONES DEL COLECTOR

<1> NUMERO DE CUBIERTAS	1
<2> GRUESO DE C/CUBIERTA	0.32
<3> COEF DE EXTINCION	0.32
<4> ABSORTANCIA DEL COLECTOR	0.95
<5> REFLECTANCIA DIFUSA	0.16
<6> AREA TOTAL DE CAPTACION	80
<7> COEF DE PERDIDA TERMICA	0.002005
<8> EXPONENTE DE PERDIDA TERMICA	1.181

DATOS SOLARES Y HORAS DE BOMBEO

<1> NUMERO DEL DIA (1,...,365)	—
<2> LATITUD (NORTE +)	26
<3> INCLINACION (0 -> 90)	26
<4> AZIMUT (ESTE +)	0
<5> RAD HORIZONTAL GLOBAL MAXIMA	0.7702
<6> RAD HORIZONTAL DIRECTA MAXIMA	0.601
<7> HORA DE ARRANQUE (AM +)	6
<8> HORA DE PARO (PM +)	6

DATOS TERMICOS Y AMBIENTALES

<1> TEMP AMBIENTE MAX	25
<2> TEMP AMBIENTE MIN	8
<3> TEMP DEL TANQUE AL INICIO	15
<4> MASA TOTAL DEL SISTEMA	15000
<5> CALOR ESPECIFICO	4.18
<6> FLUJO UNITARIO	0.1
<7> AREA TOTAL DE PERDIDAS	52
<8> COEF GLOBAL DE PERDIDAS	0.002

TABLA 4.3 Asignación de variables

FECHA	Tmax	Tfin
15 MARZO	35.25	33.65
21 JUNIO	33.22	31.74
15 SEPTIEMBRE	34.79	33.24
21 DICIEMBRE	37.07	35.17

TABLA 4.4 Sensibilidad al día del año

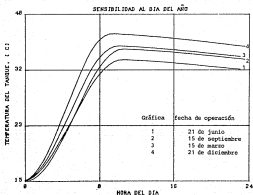


Figura 4.1

De los resultados se ve que la diferencia de temperaturas entre el 21 de junio y el 21 de diciembre es de 3.85 °C, que representan el 10% de la temperatura máxima alcanzada.

4.3 Sensibilidad a la inclinación

La inclinación, β , es el ángulo entre la superficie del plano en cuestión y la horizontal. β puede variar entre 0 y 90 grados. Este ángulo de inclinación es uno de los elementos necesarios para conocer qué porcentaje de la radiación directa recibida puede ser aprovechada (sección 2.3.3).

Se recomienda que la inclinación del colector sea mayor o igual que la latitud del lugar pero que no sea mayor que ésta más 10°.

Para el análisis de sensibilidad a la inclinación se han asumido las mismas consideraciones que en la sección anterior con las siguientes variantes: el análisis se hace para el día 255 del año; los valores asignados a las radiaciones horizontales global y directa máximas, así como a las temperaturas máxima y mínima de la región corresponden a los dados en la tabla 4.1 para el mes de septiembre; la inclinación se modifica para cada corrida.

En la tabla 4.5 se muestran los valores de temperatura máxima y final del tanque para algunos valores del ángulo de

inclinación. En la figura 4.2 se grafican los resultados obtenidos para algunos ángulos de inclinación.

β	Tmax	Tfin
0	36.76	35.32
15	37.81	36.3
26	37.88	36.33
35	37.45	35.94
50	35.83	34.42
75	30.4	29.52
90	25.66	25.02

TABLA 4.5 Temperatura en el tanque como función de la inclinación

La temperatura máxima se presenta cuando el colector se inclina el mismo valor que la latitud del lugar, teniéndose prácticamente los mismos resultados 10 grados arriba o abajo de este valor. En el caso extremo de colocar el colector en posición vertical se tiene una disminución en la temperatura de 12.22 °C respecto a la máxima, que significa un 32 % menos. Un rango aceptable en la inclinación del colector podría ir de los 0 a los 50 grados .

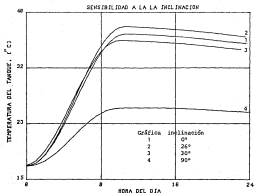


Figura 4.2

4.4 Sensibilidad a la orientación

La orientación de un captador solar está dada por el ángulo azimutal, γ , que es la desviación de la proyección en un plano horizontal de la normal a la superficie a partir del meridiano local; su variación va de cero en el sur, negativo al oeste y positivo al este.

Los valores que se dan a las variables son los mismos que en la sección anterior, con la única diferencia que aquí

el ángulo de inclinación permanece constante, se considera inclinado 26 grados, y la orientación del colector es ahora variable. En la tabla 4.6 aparecen las temperaturas obtenidas y en la figura 4.3 se grafican algunos resultados.

γ	T_{\max}	T_{\min}
-180	32.07	31.05
-90	35.51	34.11
-60	36.92	35.36
-45	37.93	36.25
-20	37.75	36.17
0	37.88	36.33
20	37.67	36.12
45	37.59	35.91
60	36.41	35.02
90	35.16	33.79

TABLA 4.6 Variación en la temperatura del tanque como función de la orientación del colector

Desde muchos años atrás se ha identificado al sur como la orientación idónea para aprovechar la energía solar, pero en algunas ocasiones por restricciones propias del lugar en que ha de ser instalado el colector no es posible adoptar dicha orientación, vencer tales restricciones puede resultar costoso o implicar maniobras aparatosas. Como se ve en los resultados mostrados en la tabla 4.6 si se orienta al colector entre los 45 y los -60 grados la temperatura del tanque no difiere en más de 1 °C con respecto a la temperatura que se obtiene al orientarlo al sur. Si se orienta el colector al norte, que representa la condición más desfavorable, se

sacrifican 5.81°C que representan el 15.33% de la máxima temperatura alcanzada.

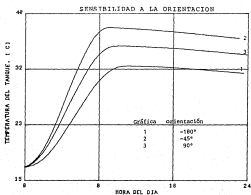


Figura 4.3

4.5 Sensibilidad a la temperatura ambiente y al calor solar.

Las pérdidas de calor tanto en el colector como en el tanque de almacenamiento están ligadas en forma directa a la magnitud de la temperatura ambiente (ecs 2.25 y 2.28). Mientras mayor sea la diferencia de temperaturas entre el

colector , o el tanque, y el ambiente mayor será el flujo de calor a éste.

En el análisis de sensibilidad a la temperatura ambiente se asumen las mismas consideraciones que las hechas en la sección 4.3, con las siguientes diferencias: se supone el colector orientado al sur ($\gamma = 0$), se emplean para cada corrida las temperaturas ambientales máximas y mínimas correspondientes a los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre, la temperatura del tanque al inicio se supone de 10°C para todos los casos.

Las temperaturas máximas y finales del tanque para cada uno de los meses propuestos se proporcionan en la tabla 4.7, para estos mismos meses se presenta su historia de temperaturas en la figura 4.4.

MES	T _{max}	T _{fin}
MARZO	30.99	29.49
JUNIO	32.12	31.05
SEPTIEMBRE	32.25	31.26
DICIEMBRE	30.24	28.68

TABLA 4.7 Variación en la temperatura del tanque como función de la temperatura ambiente

La diferencia máxima de temperaturas no es muy grande, de 2.01°C , ya que se consideró que la temperatura del tanque al inicio era la misma para los cuatro casos. Si ahora se considera que la temperatura al inicio del tanque depende de

la temperatura mínima ambiental, se puede suponer que la temperatura de inicio está 6°C arriba de la mínima ambiental. Los resultados se modifican tal como se muestra en la tabla 4.8.

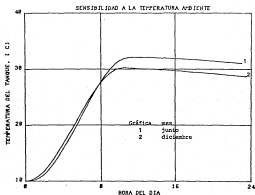


Figura 4.4

MES	T _{max}	T _{fin}
MARZO	30.99	29.49
JUNIO	36.14	34.65
SEPTIEMBRE	37.85	36.33
DICIEMBRE	31.05	29.42

TABLA 4.8 Variación de la temperatura del tanque como función de la temperatura ambiente

Para los resultados de la tabla 4.8 la diferencia máxima de temperaturas es de 6.86°C , ésto es, 3.4 veces mayor que para el caso en que la temperatura al inicio se considera constante. Por tanto se puede concluir que si se logra que la temperatura al inicio del tanque sea constante las variaciones de temperatura ambiente a lo largo del año son poco determinantes en el funcionamiento del sistema.

Como se anotó en la sección 4.1, la energía solar que recibe el colector es función entre otras cosas de las componentes directa y difusa de radiación que llegan al colector. Para analizar como se modifica la temperatura del agua en el tanque de almacenamiento como función del calor recibido del sol, las consideraciones del análisis de temperatura ambiente se modifican como sigue: las temperaturas ambientales máximas y mínimas corresponden al mes de septiembre, los valores de radiación horizontal global máxima y radiación horizontal directa máxima se extraen de la tabla 4.1 para cada mes en estudio. Algunos de los resultados obtenidos se presentan en la tabla 4.9 y en la figura 4.5.

MES	Tmax	Tfin
MARZO	37.3	35.83
JUNIO	36.0	34.63
SEPTIEMBRE	36.76	35.32
DICIEMBRE	33.5	32.31

TABLA 4.9 Variación de la temperatura del tanque como función del calor solar

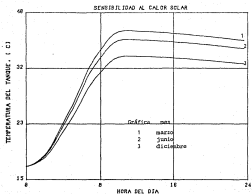


Figura 4.5

El análisis muestra que los mejores resultados se obtienen para el mes en que las dos componentes de radiación son mayores, marzo, y los resultados menos favorables son para el mes en que dichas componentes son menores, diciembre. La diferencia entre las temperaturas máximas de esos dos meses es de 3.8°C ; que representa una diferencia porcentual de 10.1%.

4.6 Sensibilidad al coeficiente global de pérdidas

Para tener las menores pérdidas térmicas en el colector es necesario prestar especial atención al aislamiento térmico que ha de usarse en tanque y tuberías. La tabla 4.10 contiene valores de aislamiento como función del coeficiente global de pérdidas térmicas del sistema, U, en $\text{kW/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$ con espesores calculados para espuma de poliuretano de conductividad térmica de $0.0154 \text{ W/m-}^\circ\text{C}$.

COEFICIENTE GLOBAL DE PERDIDAS [$\text{kW/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$]	ESPESOR DEL AISLANTE DEL TANQUE (MM)
0.01	1.54
0.005	3.08
0.002	7.70
0.0005	30.8
0.0002	76.9

TABLA 4.10 Valores de aislamiento como función de U, para espuma de poliuretano

A partir de que la bomba se detiene el único flujo de calor es en dirección del ambiente. Este flujo de calor se traduce en un decremento en la temperatura del tanque y puede evaluarse mediante el coeficiente global de pérdidas (U) y el área de pérdidas (A_p). Para ver la caída de temperaturas que se verifican en el tanque al hacer uso de varios espesores de aislante se analiza el colector solar con las características descritas en la sección 4.4, implementando las siguientes

diferencias: las temperaturas máxima y mínima corresponden al mes de septiembre, la temperatura al inicio de operación es de 17°C y el coeficiente global de pérdidas se modifica para cada corrida de acuerdo a los valores que se dan en la tabla 4.9. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.11 y en la figura 4.6. En la tabla de resultados 4.11 se anotan dos nuevos parámetros, éstos son un ΔT que se refiere a la diferencia entre T_{max} y T_{fin} y un % que representa el porcentaje de temperatura perdida para cada caso.

La elección del espesor de aislante térmico a usar depende principalmente de la cantidad de dinero de que se disponga y de la caída de temperatura que pueda permitirse en el tanque.

COEFICIENTE GLOBAL DE PERDIDAS [$\text{kw/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$]	T_{max}	T_{fin}	ΔT	%
0.01	39.39	31.60	7.79	19.7
0.005	38.87	35.54	5.35	13.7
0.002	40.17	38.35	1.82	4.5
0.0005	40.4	40.3	0.1	0.2
0.0002	40.4	40.3	0.1	0.2

TABLA 4.11 Variación de la temperatura del tanque como función de U

De los resultados se concluye que el sistema deja de ser sensible para coeficientes globales de pérdidas térmicas inferiores a $0.0005 \text{ kw/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$ y por tanto de ninguna manera se deben de usar más de 3 ca del aislante propuesto.

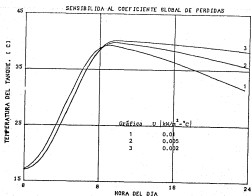


Figura 4.6

4.7 Sensibilidad al área de captación

El área de captación es de especial importancia en el diseño de colectores, ya que la cantidad de calor útil absorbido por el sistema depende en gran medida de su magnitud y también porque el costo del éste se ve fuertemente afectado por dicha magnitud.

Para estudiar el comportamiento térmico del tanque para diferentes áreas de captación se hacen las mismas consideraciones que en la sección 4.5, pero aquí el

coeficiente global de pérdidas vale $0.002 \text{ kw/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$ para todos los casos. Las temperaturas del tanque para diferentes áreas se muestran en la figura 4.7, asimismo los valores máximos y finales de temperaturas se dan en la tabla 4.12.

AREA DE CAPTACION [m^2]	Tmax	Tfin
60	33.02	31.86
80	37.85	36.33
100	42.56	40.67
120	47.06	44.81
150	53.44	50.73

TABLA 4.12 Variación de la temperatura del tanque como función del área de captación

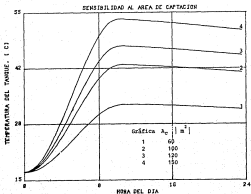


Figura 4.7

Cuando se planteo el problema de referencia en la sección 4.1 se estableció que la temperatura del tanque debería ser de unos 51 °C, hasta la sección anterior con las condiciones propuestas no se alcanzaron temperaturas mayores a 40.4 °C, en esta sección con un área de captación de 150 m² se satisface la condición de temperatura.

Téoricamente el sistema resulta ser siempre sensible al área de captación, es decir si se tiene mayor área de captación se tienen mayores temperaturas; sin embargo esta última alternativa no es la más adecuada desde un punto de vista económico; es por ello que primero debe buscarse, dentro de las restricciones existentes, la combinación idónea de variables para finalmente buscar un valor mínimo de área de captación que satisfaga los requisitos de temperatura impuestos por el problema.

CONCLUSIONES

Se ha hecho el análisis de sensibilidad de un sistema propuesto de colectores solares. Se han estudiado variables propias del diseño (inclinación, orientación, coeficiente global de pérdidas térmicas y área de captación) y restricciones propias del sistema propuesto (fecha de operación, temperatura ambiente, calor solar). De los resultados obtenidos se puede establecer que:

(1) A lo largo del año existe una variación en la longitud del día solar, lo cual ocasiona que la temperatura en el colector sufra modificaciones. La sensibilidad del sistema a este parámetro no es despreciable, se ha encontrado una diferencia de temperaturas que representa el 10 % de la temperatura máxima calculada.

(2) Se encontró que el rango de inclinación recomendado en algunos libros de $\phi \leq \beta \leq \phi + 10$ puede ser ampliado sin sacrificar la temperatura en el tanque, el rango que se encontró es $\phi - 12 \leq \beta \leq \phi + 10$. Si se permite una disminución en

la temperatura del tanque de aproximadamente 5%, este rango se amplía aún más a $\phi-26 \leq \beta \leq \phi+25$.

(3) Se ha encontrado un amplio rango para la orientación del colector, éste va de 60 grados al oeste a 45 grados al este. La diferencia de temperaturas que se da entre estos puntos no rebasa el 0.26%.

(4) Si la temperatura del tanque al inicio de un ciclo de operación depende de la temperatura ambiente, entonces el sistema es muy sensible a esta última; para el sistema en estudio se encontró una diferencia de hasta el 18% en la temperatura del tanque para dos fechas diferentes. Si de alguna manera se logra que la temperatura en el tanque al inicio del ciclo sea la misma a lo largo del año, es decir, que no dependa de la temperatura ambiente, entonces el sistema resulta ser menos sensible a los cambios en la temperatura ambiente.

(5) El coeficiente global de pérdidas afecta muy poco a la temperatura máxima que se obtiene en el tanque pero lo hace de una manera considerable sobre la temperatura del tanque al final del ciclo de operación. En el análisis de sensibilidad al coeficiente global de pérdidas térmicas se encontró que el sistema deja de ser sensible para valores de éste menores a $0.0005 \text{ [kW/m}^2\text{-}^\circ\text{C]}$.

(6) El último parámetro analizado fue el área de captación. Para ésta el sistema es siempre sensible y su valor

habrá de ser el mínimo que satisfaga junto con los demás parámetros los requerimientos planteados para el sistema.

REFERENCIAS

1. Duffie JA, Beckman WA, "Solar Energy Thermal Processes", John Wiley & Sons, N York, 1974, EUA
2. Daniels F, Duffie JA, "Solar Energy Research", The University of Wisconsin Press, Madison, 1955, EUA
3. Kreith F, Keider J, "Principles of Solar Engineering", Mc Graw-Hill, New York, 1978, EUA
4. Fernández JL, Estrada V, "Cálculo de la Radiación Solar Instantánea en la República Mexicana", Series del Instituto de Ingeniería de la UNAM, México, 1983, México
5. Fernández JL, "Introducción al Estudio de los Sistemas Solares Activos", Series del Instituto de Ingeniería de la UNAM, México, 1982, México
6. Fernández JL, "Simulador de Calentadores Solares con Captadores Planos CSAD1", Series del Instituto de Ingeniería de la UNAM,

México, 1986, México.

7. Lunde PJ, "Solar Thermal Engineering", John Wiley & Sons, New York, 1980, EUA

NOMENCLATURA

A_p	Area de pérdidas térmicas del tanque y tuberías
A_c	Area efectiva de captación
C_p	Calor específico del fluido de trabajo
d	espesor de la cubierta del colector
E	coeficiente de pérdida térmicas del captador
G	Radiación total
G_M	Valor máximo de la radiación total
G_b	Radiación directa
G_{bM}	Valor máximo de la radiación solar directa
G_d	Radiación difusa
G_T	Radiación total que recibe un plano no horizontal
j	Exponente de pérdidas térmicas del captador
K	Coefficiente de extinción de la cubierta
L	Longitud recorrida por el haz de radiación
M	Masa de fluido de trabajo en el tanque de almacenamiento
\dot{m}	Gasto másico
n	número de día del año o número de cubiertas
n_1	Índice de refracción del aire
n_2	Índice de refracción de la cubierta semitransparente

N	Longitud del día solar en horas
Q_a	Calor almacenado en el colector
Q_{pc}	Pérdidas de calor del colector al ambiente
Q_{pt}	Pérdida térmicas en el tanque y tuberías
Q_s	Energía solar recibida en el colector
Q_T	Flujo de calor en el tanque de almacenamiento
Q_u	Calor transmitido del colector al fluido de trabajo
R_b	Factor de proyección
t	Tiempo
T_1	Temperatura a la entrada del colector
T_2	Temperatura a la salida del colector
T_a	Temperatura ambiente
T_c	Temperatura media del colector
T_T	Temperatura del fluido de trabajo en el tanque térmico
U	Coefficiente global de pérdidas térmicas
β	Angulo de inclinación del colector
γ	Angulo de orientación del colector
δ	Declinación solar
ϕ	Latitud del lugar
θ	Angulo que forman en un instante t la dirección de la radiación solar directa y la normal al plano de interés (hora solar)
θ_1	Angulo de refracción del aire
θ_2	Angulo de refracción de una cubierta semitransparente
θ_s	Angulo que forman la dirección de radiación directa y

	vertical del lugar
ρ	Reflectancia instantánea
τ	Transmitancia total
τ_a	Fracción de radiación absorbida por la cubierta
$\tau_{r,n}$	Transmitancia limitada por la reflexión para n cubiertas
$\tau_{r,1}$	Transmitancia limitada por la reflexión para una cubierta
τ_a	Radiación absorbida
ω	Angulo horario

A P E N D I C E

Listado del programa " ASIGNADO.BAS "

```

2 DIM T6(12): DIM T7(12): DIM T8(12)
4 DIM U5(12): DIM U6(12): DIM U7(12)
80 COLOR 7,0,0
100 REM **** ASIGNADO ****
101 REM ON ERROR GOTO 21600
102 X$ = CHR$(4):Y$ = "DATOS": REM LEER DATOS DEL TEXT-FILE
103 CL$: LOCATE 11,16
104 PRINT "LEYENDO DATOS - FAVOR DE ESPERAR..."
106 OPEN "DATA" FOR INPUT AS #1
108 INPUT #1, NU, ESP, KE, ALFA, REDI, AC, MC, E6, J6, CP, N0, F1,
      S1, G0, B4, B5, START, PARA, MAX, DB, D7, C0, M1, AP, U,
      IPTQ, IMPO, EP
140 FOR I = 1 TO 12
150 INPUT#1, T6(I), T7(I), T8(I), U5(I), U6(I), U7(I): NEXT
160 CLOSE#1
280 REM MARCADORES I$ VACIOS INICIALMENTE
290 FOR I = 0 TO 9: I$(I) = " ": NEXT: REM VACIOS
292 REM DIM T6(12): DIM T7(12): DIM T8(12)
294 REM DIM U5(12): DIM U6(12): DIM U7(12)
300 REM INICIA SELECTOR DE PAGINAS
305 M$ = " "
310 GOSUB 7350
350 A$ = "SELECTOR DE DESPLIEGUES": Y = 3: GOSUB 3000
360 A$ = "1 INDICA DESPLIEGUES YA VISITADOS"
370 Y = 4: GOSUB 3000
395 GOTO 410
400 GOTO 300: REM LOOP EMPIEZA AQUÍ
410 X = 16: REM INICIA CONTENIDO DE PAG
420 LOCATE 6,X: PRINT I$(1): SPC(1)"<1> DATOS DE DISEÑO DEL COLECTOR"
430 LOCATE 7,X: PRINT I$(2): SPC(1)"<2> HORA, MODD, PARAMETROS SOLARES"
460 LOCATE 8,X: PRINT I$(3): SPC(1)"<3> VARIABLES TERMICAS/AMBIENTALES"
470 LOCATE 9,X: PRINT I$(4): SPC(1)"<4> DATOS NUMERICOS Y CORRIDA TIPO"
480 LOCATE 10,X: PRINT I$(5) "1: PRINT <5> CORRER PROGRAMA "
485 LOCATE 11,X: PRINT I$(6): SPC(1)"<6> HACER IGUALES LOS DATOS ANUALES"
487 LOCATE 12,X: PRINT I$(7): SPC(1)"<7> REVISAR DATOS DE ESTUDIO ANUAL"
490 LOCATE 13,X: PRINT I$(8): SPC(1)"<8> REGRESAR AL 'MENU'"
500 LOCATE 14,X: PRINT I$(9): SPC(1)"<9> BORRAR PANTALLA Y TERMINAR"
510 A$ = "QUE < > SELECCION ESCOGE? "
520 Y = 20: GOSUB 3000
530 LOCATE 20,22,1: X$ = INKEY$
535 IF X$ = "" THEN 530
537 LOCATE 20,22,0: PRINT X$
540 IF VAL(X$) > 0 AND VAL(X$) < = 9 THEN 560
550 PRINT CHR$(7): GOTO 410: REM INTENTAR DE NUEVO
560 I = VAL(X$)
570 I$(I) = "*"

```

```

600 ON I GOTO 700,1000,1400,1800,2300,3000,10100,2600,2800
700 GOSUB 7000: REM HACER MARCO
710 A# = "ESPECIFICACIONES DEL COLECTOR": Y = 3: GOSUB 3000
720 Y = 5: X = 6
730 LOCATE 5,X: PRINT "<1> NUMERO DE CUBIERTAS" TAB( 34)NU
740 LOCATE 6,X: PRINT "<2> GRUESO DE C/CUBIERTA " TAB( 34)ESP" "
750 LOCATE 7,X: PRINT "<3> COEF DE EXTINCCION" TAB( 34)KE" "
760 LOCATE 8,X: PRINT "<4> ABSORTANCIA DEL COLECT" TAB( 34)ALFA" "
770 LOCATE 9,X: PRINT "<5> REFLECTANCIA DIFUSA" TAB( 34)RED1" "
780 LOCATE 10,X: PRINT "<6> AREA TOTAL DE CAPTACION" TAB( 34)AC" "
790 LOCATE 11,X: PRINT "<7> COEF DE PERDIDA TERMICA" TAB( 34)E6" "
800 LOCATE 12,X: PRINT "<8> EXPONENTE DE PERD TERM" TAB( 34)J6" "
830 BX = 8: GOSUB 3500: REM QUE CAMBIAR?
835 IF AX = 1 THEN GOTO 300: REM DATOS ACEPTADOS
837 X = 34
840 IF P = 1 THEN LOCATE 5,X: INPUT " ",NU
850 IF P = 2 THEN LOCATE 6,X: INPUT " ",ESP
860 IF P = 3 THEN LOCATE 7,X: INPUT " ",KE
870 IF P = 4 THEN LOCATE 8,X: INPUT " ",ALFA
880 IF P = 5 THEN LOCATE 9,X: INPUT " ",RED1
890 IF P = 6 THEN LOCATE 10,X: INPUT " ",AC
900 IF P = 7 THEN LOCATE 11,X: INPUT " ",E6
910 IF P = 8 THEN LOCATE 12,X: INPUT " ",J6
920 FOR I = 5 TO 15: LOCATE I,80: PRINT M#: NEXT
950 GOTO 720: REM CIERRA CICLO
1000 GOSUB 7000: REM HACER MARCO
1010 A# = "DATOS SOLARES Y HORAS/MODO DE BOMBEO": Y = 3: GOSUB 3000
1020 Y = 5: X = 4
1030 LOCATE 5,X: PRINT "<1> NUMERO DEL DIA (1-365)" TAB( 32)NO" "
1040 LOCATE 6,X: PRINT "<2> LATITUD (NORTE +)" TAB( 32)F1" "
1050 LOCATE 7,X: PRINT "<3> INCLINACION (0->90)" TAB( 32)S1" "
1060 LOCATE 8,X: PRINT "<4> AZIMUT (ESTE +)" TAB( 32)SO" "
1070 LOCATE 9,X: PRINT "<5> RAD HORIZ GLOBAL MAXIMA" TAB( 32)G4" "
1080 LOCATE 10,X: PRINT "<6> RAD HORIZ DIRECTA MAX" TAB( 32)G5" "
1090 LOCATE 11,X: PRINT "<7> HORA DE ARRANQUE (AM +)" TAB( 32)START" "
1100 LOCATE 12,X: PRINT "<8> HORA DE PARD (PM +)" TAB( 32)PARA" "
1110 LOCATE 13,X: PRINT "<9> BOMBEO AUTO/MAN? (0/1)" TAB( 32)MAX" "
1135 FOR I = 1 TO 15: LOCATE I,1: PRINT M#: LOCATE I,80: PRINT M#: NEXT
1140 BX = 9: GOSUB 3500: REM QUE CAMBIAR?
1150 IF AX = 1 THEN 300: REM ACEPTADOS!
1155 X = 32
1160 IF P = 1 THEN LOCATE 5,X: INPUT " ",NO
1170 IF P = 2 THEN LOCATE 6,X: INPUT " ",F1
1180 IF P = 3 THEN LOCATE 7,X: INPUT " ",S1
1190 IF P = 4 THEN LOCATE 8,X: INPUT " ",SO
1200 IF P = 5 THEN LOCATE 9,X: INPUT " ",G4
1210 IF P = 6 THEN LOCATE 10,X: INPUT " ",G5
1220 IF P = 7 THEN LOCATE 11,X: INPUT " ",START
1230 IF P = 8 THEN LOCATE 12,X: INPUT " ",PARA
1240 IF P = 9 THEN LOCATE 13,X: INPUT " ",MAX
1245 IF MAX < > 0 AND MAX < > 1 THEN PRINT CHR$(7): GOTO 1240
1250 FOR I = 1 TO 15: LOCATE I,80: PRINT M#: NEXT
1260 GOTO 1020: REM CIERRA EL CICLO
1400 GOSUB 7000: REM HACER MARCO

```

```

1410 A# = "DATOS TERMICOS Y AMBIENTALES": Y = 3: GOSUB 3000
1420 Y = 5: X = 4
1430 LOCATE 5,X: PRINT "<1> TEMP AMBIENTE MAX" TAB( 32)D7" "
1440 LOCATE 6,X: PRINT "<2> TEMP AMBIENTE MIN" TAB( 32)DB" "
1450 LOCATE 7,X: PRINT "<3> TEMP TANQUE AL INICIO" TAB( 32)CO" "
1460 LOCATE 8,X: PRINT "<4> MASA TOTAL SISTEMA" TAB( 32)M1" "
1470 LOCATE 9,X: PRINT "<5> CALOR ESPECIFICO" TAB( 32)CP" "
1480 LOCATE 10,X: PRINT "<6> FLUJO UNITARIO" TAB( 32)MC" "
1490 LOCATE 11,X: PRINT "<7> AREA TOTAL PERDIDAS" TAB( 32)AP" "
1500 LOCATE 12,X: PRINT "<8> COEF GLOBAL PERDIDAS" TAB( 32)U" "
1540 BX = 8: GOSUB 3500: REM QUE CAMBIAR?
1550 IF AX = 1 THEN 300: REM ACEPTADOS!
1555 X = 32
1560 IF P = 1 THEN LOCATE 5,X: INPUT " ",D7
1570 IF P = 2 THEN LOCATE 6,X: INPUT " ",DB
1580 IF P = 3 THEN LOCATE 7,X: INPUT " ",CO
1590 IF P = 4 THEN LOCATE 8,X: INPUT " ",M1
1600 IF P = 5 THEN LOCATE 9,X: INPUT " ",CP
1610 IF P = 6 THEN LOCATE 10,X: INPUT " ",MC
1620 IF P = 7 THEN LOCATE 11,X: INPUT " ",AP
1630 IF P = 8 THEN LOCATE 12,X: INPUT " ",U
1650 FOR I = 1 TO 15: LOCATE I,80: PRINT M#: NEXT
1660 GOTO 1420: REM CIERRA EL CICLO
1800 GOSUB 7000: REM HACER MARCO
1810 A# = "DATOS NUMERICOS Y TIPO DE CORRIDA": Y = 3: GOSUB 3000
1820 Y = 5: X = 4
1830 LOCATE 5,X: PRINT "<1> INTERVALO INTEGRACION" TAB( 32)ITPO" "
1836 LOCATE 6,X: PRINT "<2> PRECISION CONVERGENCIA" TAB( 32)EP" "
1838 LOCATE 7,X: PRINT "<3> CICLO DIARIO=0, ANUAL=1" TAB( 32)IMPO" "
1840 BX = 3: GOSUB 3500: REM QUE CAMBIAR?
1850 IF AX = 1 THEN 300: REM ACEPTADOS!
1860 IF P = 1 THEN LOCATE 5,32: INPUT " ",ITPO
1880 IF P = 2 THEN LOCATE 6,32: INPUT " ",EP
1885 IF P = 3 THEN LOCATE 7,32: INPUT " ",IMPO
1890 IMPO = INT (IMPO)
1895 IF IMPO < > 0 AND IMPO < > 1 THEN PRINT CHR# (7): GOTO 1885
2050 FOR I = 1 TO 15: LOCATE I,80: PRINT M#: NEXT
2060 GOTO 1820: REM CIERRA EL CICLO
2300 REM AQUI PARA ALMACENAR DATOS Y CORRER CSAD!
2315 CLS: LOCATE 10,1: PRINT SPC( 240)
2320 LOCATE 11,3: PRINT "ALMACENANDO DATOS - FAVOR DE ESPERAR " :
LOCATE 20,2
2325 REM ON ERROR GOTO 21600
2360 OPEN "DATA" FOR OUTPUT AS #2
2370 WRITE#2, NU, ESP, KE, ALFA, RED1, AC, MC, E6, J6, CP, NO, F1, S1,
GO, G4, G5, START, PARA, MAX, DB, D7, CO, M1, AP, U, ITPO,
IMPO, EP
2460 FOR I = 1 TO 12
2465 WRITE #2, T6(I), T7(I), T8(I), U5(I), U6(I), U7(I): NEXT
2480 CLOSE #2
2490 CLS
2495 LOCATE 11,3: PRINT "CARGANDO PROGRAMA - FAVOR DE ESPERAR"
2497 LOCATE 20,1
2500 IF AB# = "MENU" THEN 2640

```

```

2510 CHAIN "CSAD2.BAS" : END
2600 REM CARGAR DATOS Y CORRER MENU
2620 A$ = "MENU"
2630 GOTO 2300: REM USAR RUTINA ESTABLECIDA
2640 CHAIN "HELLO"
2800 REM ADUI TERMINA
2805 PRINT CHR$(7): REM ULTIMA FATALETA
2810 CLS: LOCATE 1,1: END
3000 REM ENCONTRAR ALINEACION CENTRAL E IMPRIMIR
3010 J = INT (30.5 - LEN (A$) / 2)
3020 LOCATE Y,J: PRINT A$
3030 RETURN
3500 REM SUBRUTINA PARA DEFINIR QUE CAMBIAR EN CADA MENU
3510 A$ = "QUE< >CAMBIAR? <SPC> PARA CONTINUAR": Y = 19: GOSUB 3000
3515 FOR I = 20 TO 21: LOCATE 1,2: PRINT SPC(78): NEXT
3520 LOCATE 19,17,1: T$ = INKEY$
3525 IF T$ = "" THEN 3520
3527 LOCATE 19,17,0
3530 FOR I = 19 TO 22: LOCATE 1,1: PRINT M$: SPC(78);M$: NEXT :
LOCATE 19,2
3540 IF T$ = CHR$(32) THEN AX = 1: RETURN : REM DATOS ACEPTADOS
3550 IF VAL (T$) > 0 AND VAL (T$) < (87 + 1) THEN AX = 0: GOTO 3580
3560 PRINT CHR$(7): REM INTENTAR DE NUEVO!
3570 LOCATE 19,1: PRINT M$: SPC(78);M$: GOTO 3510
3580 FOR I = 19 TO 22: LOCATE 1,2: PRINT SPC(78): NEXT : LOCATE 19,1
3590 A$ = "ANOTE NUEVO VALOR DE "< + T$ + ">": Y = 21: GOSUB 3000
3600 P = VAL (T$): RETURN : REM ASIGNAR NUEVO VALOR
7000 CLS: RETURN
7010 LOCATE 1,1
7020 FOR J = 1 TO 23 STEP 22: FOR I = 1 TO 80: LOCATE J,1: PRINT M$:
NEXT: NEXT
7030 FOR I = 2 TO 22: LOCATE I,1: PRINT M$: LOCATE I,80: PRINT M$: NEXT
7060 LOCATE 1,1
7070 RETURN
7350 CLS: N$ = "#": FOR I = 1 TO 23 STEP 22: LOCATE I,1: FOR J = 1 TO 80:
PRINT N$: NEXT : NEXT
7360 FOR I = 2 TO 22: LOCATE I,1: PRINT N$: LOCATE I,80: PRINT N$: NEXT
7370 RETURN
10000 REM ASIGNAR VALORES PARA ANALISIS DE UN AND
10010 GOSUB 15200: REM NO PERDER INFO POR ERROR!
10020 FOR I = 1 TO 12
10030 T6(I) = D7:T7(I) = D8:T8(I) = C0
10040 U5(I) = U:U6(I) = G4:U7(I) = G5
10050 NEXT
10100 GOSUB 7000: REM EMPIEZA MAX T AMB DATA
10110 GOSUB 15000: REM NOMBRE DE MESES
10120 FOR I = 1 TO 12
10130 LOCATE (I+4),22: PRINT T6(I)
10140 NEXT
10150 A$ = " SELECCIONAR TEMP AMBIENTE MAXIMA ": Y = 3: GOSUB 3000
10160 GOSUB 16000: REM QUE CAMBIAR?
10170 IF AX = 1 THEN 10400
10180 LOCATE (P + 4),22: INPUT " ",T6(P)
10190 LOCATE (P + 4),22: PRINT T6(P)

```



```

10200 GOTO 10120
10400 GOSUB 7000: REM EMPIEZA MIN T AMB DATA
10410 GOSUB 15000: REM NOMBRE DE MESES
10420 FOR I = 1 TO 12
10430 LOCATE (I + 4),22: PRINT T7(I)
10440 NEXT
10450 A$ = " SELECCIONAR TEMP AMBIENTE MINIMA ": Y = 3: GOSUB 3000
10460 GOSUB 16000: REM QUE CAMBIAR?
10470 IF AX = 1 THEN 10800
10480 LOCATE (P + 4),22: INPUT " ",T7(P)
10490 LOCATE (P + 4),22: PRINT T7(P)
10500 GOTO 10420
10800 GOSUB 7000: REM EMPIEZA TEMP TANDUE AL ARRANDUE
10810 GOSUB 15000: REM NOMBRE DE MESES
10820 FOR I = 1 TO 12
10830 LOCATE (I + 4),22: PRINT T8(I)
10840 NEXT
10850 A$ = " SELECCIONAR TEMP INICIAL SISTEMA ": Y = 3: GOSUB 3000
10860 GOSUB 16000: REM QUE CAMBIAR?
10870 IF AX = 1 THEN 11000
10880 LOCATE (P + 4),22: INPUT " ",T8(P)
10890 LOCATE (P + 4),22: PRINT T8(P)
10900 GOTO 10820
11000 GOSUB 7000: REM EMPIEZA COEF GLOBAL PERDIDAS SISTEMA
11010 GOSUB 15000: REM NOMBRE DE MESES
11020 FOR I = 1 TO 12
11030 LOCATE (I + 4),22: PRINT U5(I)
11040 NEXT
11050 A$ = " SELECCIONAR COEF GLOBAL PERDIDAS ": Y = 3: GOSUB 3000
11060 GOSUB 16000: REM QUE CAMBIAR?
11070 IF AX = 1 THEN 11200
11080 LOCATE (P + 4),22: INPUT " ",U5(P)
11090 LOCATE (P + 4),22: PRINT U5(P)
11100 GOTO 11020
11200 GOSUB 7000: REM EMPIEZA RAD HORIZ GLOBAL MAXIMA
11210 GOSUB 15000: REM NOMBRE DE MESES
11220 FOR I = 1 TO 12
11230 LOCATE (I + 4),22: PRINT U6(I)
11240 NEXT
11250 A$ = " RADIACION HORIZONTAL GLOBAL MAXIMA ": Y = 3: GOSUB 3000
11260 GOSUB 16000: REM QUE CAMBIAR?
11270 IF AX = 1 THEN 11400
11280 LOCATE (P + 4),22: INPUT " ",U6(P)
11290 LOCATE (P + 4),22: PRINT U6(P)
11300 GOTO 11220
11400 GOSUB 7000: REM EMPIEZA RAD HORIZ DIRECTA MAXIMA
11410 GOSUB 15000: REM NOMBRE DE MESES
11420 FOR I = 1 TO 12
11430 LOCATE (I + 4),22: PRINT U7(I)
11440 NEXT
11450 A$ = " RADIACION HORIZONTAL DIRECTA MAXIMA ": Y = 3: GOSUB 3000
11460 GOSUB 16000: REM QUE CAMBIAR?
11470 IF AX = 1 THEN 300
11480 LOCATE (P + 4),22: INPUT " ",U7(P)

```

```

11490 LOCATE (P + 4),22: PRINT U7(P)
11500 GOTO 11420
15000 REM NOMBRE DE LOS MESES
15010 Y = 5: X = 4
15020 LOCATE 5,X: PRINT "<A> ENERO"
15030 LOCATE 6,X: PRINT "<B> FEBRERO"
15040 LOCATE 7,X: PRINT "<C> MARZO"
15050 LOCATE 8,X: PRINT "<D> ABRIL"
15060 LOCATE 9,X: PRINT "<E> MAYO"
15070 LOCATE 10,X: PRINT "<F> JUNIO"
15080 LOCATE 11,X: PRINT "<G> JULIO"
15090 LOCATE 12,X: PRINT "<H> AGOSTO"
15100 LOCATE 13,X: PRINT "<I> SEPTIEMBRE"
15110 LOCATE 14,X: PRINT "<J> OCTUBRE"
15120 LOCATE 15,X: PRINT "<K> NOVIEMBRE"
15130 LOCATE 16,X: PRINT "<L> DICIEMBRE"
15140 RETURN
15200 CLS: LOCATE 16,1: PRINT SPC(240)
15210 LOCATE 11,5: PRINT "SI SE CONTINUA, INFO ANUAL"
15220 LOCATE 12,5: PRINT "SE UNIFORMARA CON INFO DIARIA"
15230 LOCATE 20,5:
PRINT "OPRIMA <SPC> PARA CONTINUAR, D <ESC> PARA VOLVER AL MENU ";
15240 T$ = INKEY$
15245 IF T$ = "" THEN 15240
15247 IF T$ = CHR$(27) GOTO 300
15250 RETURN
16000 REM PREGUNTAR QUE DATO ANUAL CAMBIAR
16010 LOCATE 19,2: PRINT SPC(78)
16015 LOCATE 21,2: PRINT SPC(78)
16020 AX = 0: P = 0: REM DATO NO ACEPTADO AUN
16030 A$ = "QUE < > CAMBIAR? <SPC> PROCEDER  "
16040 LOCATE 19,3: PRINT A$
16045 Y = 21: A$ = "OPRIMA <ESC> PARA IR AL MENU": GOSUB 3000
16050 LOCATE 19,9: T$ = INKEY$
16051 IF T$ = "" THEN 16050
16052 IF T$ = CHR$(27) THEN 300
16055 IF T$ = CHR$(32) THEN AX = 1: RETURN
16060 IF T$ = "A" THEN P = 1
16070 IF T$ = "B" THEN P = 2
16080 IF T$ = "C" THEN P = 3
16090 IF T$ = "D" THEN P = 4
16100 IF T$ = "E" THEN P = 5
16110 IF T$ = "F" THEN P = 6
16120 IF T$ = "G" THEN P = 7
16130 IF T$ = "H" THEN P = 8
16140 IF T$ = "I" THEN P = 9
16150 IF T$ = "J" THEN P = 10
16160 IF T$ = "K" THEN P = 11
16165 IF T$ = "L" THEN P = 12
16170 IF P = 0 THEN PRINT : PRINT CHR$(7): GOTO 16000
16180 LOCATE 19,2: PRINT SPC(78)
16185 LOCATE 21,2: PRINT SPC(78)
16190 A$ = "ANOTAR NUEVO VALOR DE " + T$
16200 Y = 19: GOSUB 3000: RETURN

```

```

21600 REM ADUI FALLA DE DISCO
21605 POKE 216,0: REM CANCELAR PROTECTOR
21610 GOSUB 7000: REM HACER MARCO
21620 A$ = "INTENTO FALLIDO DE LEER DISCO": Y = 8: GOSUB 3000
21630 A$ = "REMEDIE/INSISTA EN LEERLO": Y = 12: GOSUB 3000
21640 A$ = "OPRIMIENDO <RETURN>": Y = 13: GOSUB 3000
21650 A$ = "O REGRESE AL MENU PRINCIPAL": Y = 15: GOSUB 3000
21660 A$ = "OPRIMIENDO <ESC>": Y = 17: GOSUB 3000
21670 LOCATE 20,20: T$ = INKEY$
21675 IF T$ = "" THEN 21670
21680 IF T$ = CHR$(13) THEN 100
21690 IF T$ = CHR$(27) THEN PRINT : CHAIN "HELLO"
21700 B0TD 100

```