MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

BIENESTAR RURAL CON AYUDA DE ENERGIA SOLAR

1983

333.7923
C1776
ej.1

000187

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

AREA DE ENERGIA SOLAR

PROYECTO: "BIENESTAR RURAL CON AYUDA DE ENERGIA SOLAR"

Coordinador:

Ph. D. LUIS ORLANDO CASTRO CABRERA

Bogotá, Febrero 23 de 1983.

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

INTRODUCCION.

Los combustibles fósiles como fuente de energía de la era actual han llegado a su máxima utilización y por ser éstos un recurso - no renovable están condenados a su extinción.

Tenemos que reconocer que son eficientes en el uso masivo, de su fácil manejo como energía concentrada y a un costo relativamente bajo, causas que han compensado la polución que ellos desprenden deteriorando el medio ambiente natural o habitat del hombre.

La búsqueda de una óptima eficiencia ha sido un factor primordial del desarrollo científico y tecnológico en esta rama.

El hombre inicia una nueva era como fuente energética alterna, - la de los recursos energéticos renovables.

La única fuente de energía que del espacio llega al planeta es la energía solar, a la que la humanidad tarde o temprano tendrá que volver sus ojos para buscar su futuro. La radiación solar es el origen de las energías renovables de las que la humanidad siempre se ha beneficiado, como la conversión natural de la energía solar en el desarrollo de la vida vegetal, animal, ciclos meteorológicos de la biosfera, etc.

La utilización de recursos energéticos renovables ha hecho pensar al hombre en el desarrollo de nuevas tecnologías, para los - cuales, diversas instituciones oficiales y universidades en el - país han emprendido el desarrollo de programas de estudio sobre fuentes no convencionales de energía.

La aplicación de estos recursos está dirigida principalmente a - aquellas regiones donde existe poca o ninguna capacidad instalada de generación eléctrica; estas nuevas tecnologías inciden en el desarrollo socio-económico y cultural del hombre, por tanto, en las regiones previstas para la aplicación de los nuevos recursos energéticos, sus habitantes tendrán cambios en el nivel social y económico, los cuales hoy se encuentran alejados de las áreas urbanas y carecen del beneficio básico de la energía como - electrificación, iluminación, cocción de alimentos, abastecimiento de agua potable, etc.

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

Es por eso que este programa trata básicamente los problemas que acosan las zonas rurales del país, y si queremos progresar tarde o temprano se tendrán que presentar soluciones definitivas a la problemática de dichos sectores.

Así lograremos que el campesino trabaje más en su tierra y no venga a las grandes ciudades a acrecentar mayores problemas de orden socio-económico y cultural.

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

BIENESTAR RURAL CON AYUDA DE ENERGIA SOLAR

1. Potabilización de agua .
2. Calentamiento de agua.
3. Electricidad para televisión y 2 bombillos de 25 W.

I. JUSTIFICACION:

El bajo nivel de vida del campesino colombiano se debe en - gran parte a la carencia de energía puesto que si dispusiera de la energía necesaria podría solucionar sus necesidades fundamentales como tener agua y potabilizarla y lograr cierto bienestar que sí encuentra en cualquier ciudad, como televisión, facilidades a la información además de ciertos dispositivos electrodomésticos.

Si al campesino se le ofrecen unos niveles mínimos de energía que satisfagan las necesidades más apremiantes, se logrará que él no se sienta estimulado a ir a las ciudades además de que se mejora la productividad en su trabajo. Con tales niveles mínimos de energía se garantiza que además del acceso a la información se le dé la infraestructura para vincularse a la educación abierta y a distancia.

II. OBJETIVOS GENERALES:

1. Acoger los estudios sobre aguas y su potabilización que tengan los Institutos oficiales que hayan estudiado el problema: Consejo Nacional de Salud, HIMAT, DRI, etc. y estudiar la factibilidad de utilizar la Energía Solar.

2. Hacer planes piloto de calentamiento de agua con Energía Solar y su utilidad en calefacción del ambiente y de integración al secado de productos agrícolas además del uso doméstico.

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

3. Estudio del nivel mínimo de electricidad que se puede ofrecer con Energía Solar o con aerogeneradores.

III. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Diseño, construcción y prueba en el sitio de uso de destiladores solares.

2. Diseño, construcción y prueba e instalación de sistemas de calentamiento de agua tipo económico y aplicaciones en secadores de productos agrícolas.

3. Plantas piloto con energía eléctrica suministrada por energía solar, con una potencia de 80 W. aproximadamente.

IV. METODOLOGIA:

1. Acopio de la experiencia de otras entidades en los temas de los objetivos específicos.

2. Evaluación y escogencia de los modelos más eficientes y económicos.

3. Puesta a prueba de tales modelos.

4. Divulgación de la forma de utilización de los modelos.

V. FINANCIACION:

NOTA: El IAN no tiene los recursos materiales para financiar los costos del proyecto y su personal aunque altamente calificado es escaso por lo que es necesario contratar otros profesionales por el período del estudio.

VI. DURACION: Cronograma.

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

VII. RECOMENDACIONES PARA LA IMPLEMENTACION:

La Caja Agraria y las demás entidades que financien el Proyecto tendrán los derechos de propiedad de los resultados del estudio y podrán decidir la forma cómo se implementen las soluciones derivadas del proyecto.

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

DIRECCION DEL ESTUDIO

La dirección del estudio estará a cargo de un profesional con experiencia mínima de 5 años en labores de Energía Solar y su nivel académico debe corresponder al de Ph.D o su equivalente.

INVESTIGADORES

Los investigadores deben ser profesionales con maestría en ciencias Físicas o Ingeniería y tener experiencia mínima comprobada de 4 años en trabajos de Energía Solar.

El Sociólogo y los técnicos serán escogidos en base a sus méritos por el Director del Proyecto.

El Director tendrá como funciones las siguientes:

a.- Dirigir y coordinar todas las actividades requeridas para la ejecución del estudio y asumir la responsabilidad final por todo el trabajo ejecutado.

b.- Llevar a cabo un permanente control de calidad de todas las labores ejecutadas.

c.- A programas detallados y estimativos de tiempo y ejecución de cada tarea.

d.- Supervisar y aprobar la preparación de todos los documentos de trabajo.

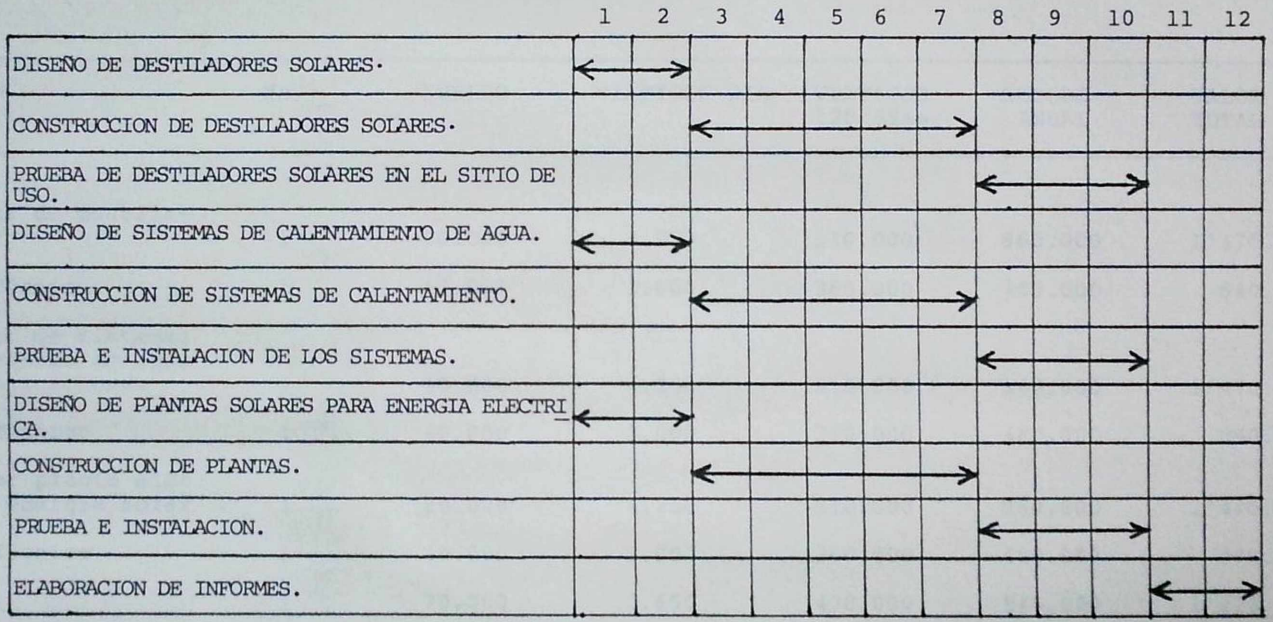
e.- Presentar informes periódicos sobre el avance de los trabajos.

f.- Presentar al Comité Asesor los informes correspondientes.

Las funciones del Director no estarán limitadas a las puramente administrativas y de coordinación, sino que este participará personalmente en ciertos aspectos técnicos del trabajo.

Los consultores deben demostrar una experiencia mínima de 5 años en trabajos similares.

CRONOGRAMA DEL PROYECTO DE BIENESTAR RURAL CON AYUDA DE ENERGIA SOLAR



BIENESTAR RURAL CON AYUDA DE ENERGIA SOLAR

CARGO	No.	SUELDO	VIATICOS DIA	VIATICOS 120 días	SUELDO ANUAL	VALOR TOTAL
Coordinador de destilación solar	1	80.000	4.250	510.000	960.000	1'470.000
Auxiliar Técnico	1	40.000	3.000	360.000	480.000	840.000
Coordinador de Sistemas de calentadores de agua y otras aplicaciones	1	80.000	4.250	510.000	960.000	1'470.000
Auxiliar Técnico	1	40.000	3.000	360.000	480.000	840.000
Coordinador planta eléctrica por energía solar	1	80.000	4.250	510.000	960.000	1'470.000
Auxiliar Técnico	1	40.000	3.000	360.000	480.000	840.000
Sociólogo	1	70.000	3.650	438.000	840.000	1'278.000
						$ 8'208.000
Consultoría Ph. D.	1	120.000	4.900	588.000	1'440.000	2'028.000
Consultoría Master	1	90.000	4.250	510.000	1'080.000	1'590.000
						$ 3'618.000

SUMA COSTOS DE PERSONAL MULTIPLICADOR (2.0)=		16'416.000
SUMA COSTOS DE CONSULTORIA MULTIPLICADOR (2.5)=		9'045.000
TRANSPORTE DE PERSONAL Y MATERIALES=		700.000
	TOTAL I	$ 26'161.000

BIENESTAR RURAL CON AYUDA DE ENERGIA SOLAR

MATERIALES	No.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tedril tipo S.A.-30	1	$ 400.000	$ 400.000
Celdas solares	1 Kw	1'000.000	1'000.000
Baterías de 60 amperios 12 voltios	12	6.000	72.000
Bomba de agua caliente	5	27.500	137.500
Tanque de asbesto-cemento (5 de 500 lts. y 5 de 250 lts).	10	4.250	42.500
Intercambiadores de calor	10	40.000	400.000
Equipo de soldadura de estaño	2	26.500	53.000
Soldadura	30 lbs.	800	24.000
Fundentes	10 lbs.	800	8.000
Rollos de tubería flexible de 3/8	5	1.416	7.080
Rollos de tubería flexible de 5/8	20	2.508	50.160
Tubos de cobre de 1/2"	50	1.476	73.800
Tubos de cobre de 1"	15	4.338	65.070
Tubos de cobre de 1 1/2"	15	6.972	104.580
Lámina plana de asbesto-cemento de 1 x 2 mts.	50	750	42.500
Equipo portátil taller	1	140.000	140.000
Cortadora de asbesto-cemento	1	5.000	5.000
Equipo de inyección de poliuretano	1	350.000	350.000
Poliuretano	50 kilos	900	45.000
Rollos de fibra de vidrio	10	6.000	60.000

MATERIALES	No.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTA
Remachadoras	2	12.000	24.000
Accesorios de cobre			60.000
Imprevistos			434.919
TOTAL II			$ 3'599.109
GRAN TOTAL (I + II)			$29'760.109
SOLICITADO A COLCIENCIAS			$25'296.000
APORTE DEL IAN.....			$ 4'464.109

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

INFORMACION TECNICA

DESTILADORES SOLARES.-

La destilación de agua salada o con impurezas es una de las ramas con las que se inició el estudio del aprovechamiento de la energía solar en el país. Es indudable que el logro de un rendimiento óptimo en los destiladores solares constituye un paso fundamental en la solución de problemas higiénicos agudos con que cuenta gran porcentaje de la población colombiana, tanto de regiones rurales como urbanas en las que se encuentra agua con relativa abundancia, ya sea en el subsuelo, ríos, quebradas o mares, con gran cantidad de impurezas que les impide su uso como agua potable para satisfacer sus necesidades primarias.

Cuando se construyeron los primeros modelos, éstos fueron fijos, o sea, la utilización del piso como fondo del destilador, sin preveer por consiguiente las pérdidas de calor por conducción que se presentan con los alrededores.

Estos estudios se realizaron en diferentes centros universitarios del país, donde las investigaciones tuvieron continuidad hasta llegar a "Módulos de Destilación" que se conocen en la actualidad; con estos estudios se llegó básicamente a una estabilización de rendimiento en más o menos 37%. En el IAN se construyó en 1982 un modelo que funciona con precalentamiento del agua.

El nuevo modelo que se está diseñando en el Area de Energía Solar de este Instituto, se espera que el rendimiento ascienda a un 40% como mínimo, éste también será con una cámara de precalentamiento pero que funciona utilizando el calor de la superficie de condensación que a la vez es enfriada por el agua a precalentar; según estudios hechos en la Universidad del Valle al enfriar esta superficie la velocidad de condensación aumenta.

Los análisis de balance de calor para este tipo de módulo son como siguen:

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

BALANCE TERMICO DEL COLECTOR

El balance térmico del colector tiene como resultado un análisis cualitativo y cuantitativo de los procesos de transferencia de calor que se presentan en el colector.

Un primer aspecto del balance térmico contempla las pérdidas de energía radiante incidente que se presentan por reflexión y absorción de la cubierta $(R_\rho)_c$ y $(R_\alpha)_c$ respectivamente, dando como resultado la energía radiante transmitida por ésta $(R\tau)_c$ también las pérdidas por reflexión en la placa de abosrción $(R\rho)_p$ de donde se concluye la cantidad de energía absorbida por la placa $(R\alpha)_p$.

Un segundo aspecto o balance térmico propiamente dicho establece la relación de la energía absorbida por la placa con el calor neto transferido al agua o calor útil Q_u, con las pérdidas de calor totales Q_p y con el calor almacenado por el colector - Q_a.

El balance térmico se puede escribir como:

$$A_c\ (R\ \alpha)_p = Q_u + Q_p + Q_a \qquad (1)$$

Donde A_c es el Area del colector y $(R\ \alpha)_p$ la cantidad de radiación absorbida por la placa. Q_p es la suma de las pérdidas de - calor así:

$$Q_p = q_r + q_c + q_m + q_b \qquad (2)$$

Donde: q_r = pérdidas por radiación de la placa.

q_c = pérdidas por convección entre la placa y la cubierta.

q_m = pérdidas por convección de la cubierta con el medio ambiente.

q_b = pérdidas por conducción de la base, que se presentan

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

a través del aislamiento tanto en la base del colector como en las paredes del mismo.

TRANSMISIVIDAD DE LA CUBIERTA

La radiación incidente sobre la cubierta, la cual es un medio parcialmente transparente, es reflejada, absorbida y transmitida. Para estos cuerpos la suma de la reflexividad ρ, absorbencia α y transmisividad τ, es la unida.

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \qquad (3)$$

TRANSMISIVIDAD POR REFLEXION

La radiación que incide sobre la superficie de separación, entre los medios parcialmente transparente aire y vidrio se divide en dos: una radiación reflejada que retorna al medio del cual provino, el aire, y otra refractada que penetra en el otro medio, el vidrio.

Si θ es el angulo de incidencia de la radiación sobre la superficie de separación, Figura siguiente, y θ_1 el ángulo de refracción, el cociente Sen θ / Sen θ_1 es independiente del ángulo de incidencia θ y representa una constante característica de ambos medios. La expresión:

$$\frac{\text{Sen}\theta}{\text{Sen}\theta_1} = \frac{n_1}{n} \qquad (4)$$

o Ley de Snell, relaciona los ángulos de incidencia y refracción con los índices de refracción de los dos medios.

Ver Figura en la Hoja siguiente.

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

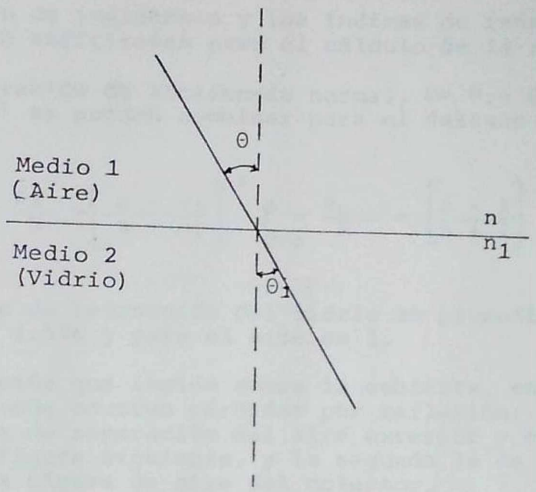


FIGURA DE ANGULOS DE INCIDENCIA Y REFRACCION EN LA SUPERFICIE DE SEPARACION DE DOS MEDIOS. -

La reflexividad ρ de la superficie de separación, es función de los índices de refracción de los medios que separa y de la longitud de onda, a su vez, ρ se define como la relación entre la intensidad de radiación reflejada y la incidente. En aplicaciones de radiación solar, la reflexividad puede considerarse independiente de la longitud de onda.

Para radiación no polarizada tenemos la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{R\rho}{R} = \frac{1}{2}\left[\frac{\text{Sen}^2\ (\theta_1-\theta)}{\text{Sen}^2\ (\theta_1+\theta)} + \frac{\text{Tg}^2\ (\theta_1-\theta)}{\text{Tg}^2\ (\theta_1+\theta)}\right] \qquad (5)$$

Los dos términos de la ecuación representan la reflexividad para cada una de las componentes de polarización y la semisuma el valor promedio de ρ para radiación no polarizada.

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

El ángulo de incidencia y los índices de refracción son conocidos y son suficientes para el cálculo de la reflexividad.

Para radiación de incidencia normal, $\Theta = \Theta_1 = 0$ y las ecuaciones (4) y (5) se pueden combinar para el cálculo de ρ, entonces:

$$\rho_{\theta=o} = \frac{R_\rho}{R} = \left[\frac{n - n_1}{n + n_1}\right]^2 \quad \rho_{\theta=o} = \frac{R_\rho}{R} = \left[\frac{n - 1}{n + 1}\right]^2 \qquad (6)$$

El índice de refracción del vidrio en promedio para el espectro solar es 1.526 y para el aire es 1.

La radiación que incide sobre la cubierta, encuentra dos superficies donde ocurren pérdidas por reflexión; la primer superficie es la de separación del aire exterior y el vidrio de la cubierta, Figura siguiente, y la segunda la de separación del vidrio y la cámara de aire del colector.

La radiación que se refleja en la primer superficie es devuelta a la atmósfera y la radiación refractada penetra en el vidrio e incide en la segunda superficie, donde la fracción refractada penetra en la cámara de aire del colector y la reflejada vuelve a atravesar la cubierta, presentándose así reflexiones sucesivas como se muestra en la figura siguiente.

La reflexividad ρ tiene el mismo valor en ambas superficies de separación.

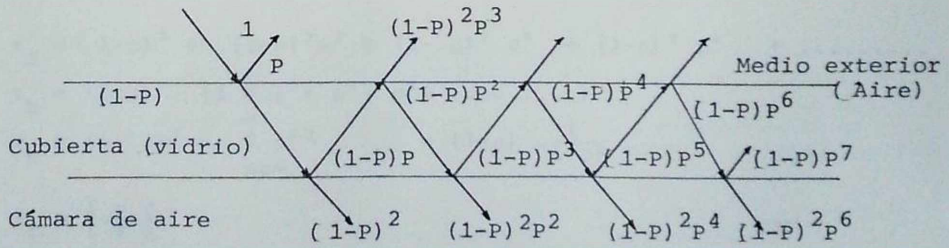


FIGURA DE REFLEXIONES SUCESIVAS Y TRANSMISION DE UN RAYO SOLAR EN LA CUBIERTA DE UN CALENTADOR SOLAR.-

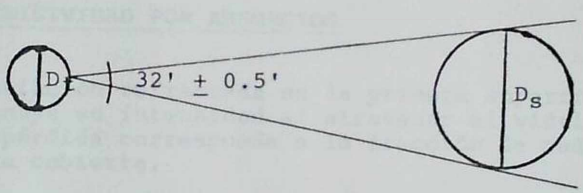
REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

Si se considera la unidad a la radiación total incidente, entonces ρ es la fracción reflejada $(1-\rho)$ la fracción que alcanza la segunda superficie, $(1-\rho)\rho$ la fracción reflejada y $(1-\rho)^2$ la fracción que finalmente atravieza la cubierta y así sucesivamente. La suma de las fracciones de radiación refractadas por la segunda superficie da como resultado la transmisividad de la cubierta debido a la reflexión, puesto que no se considera en el análisis la absorción de radiación cuando ésta atravieza la cubierta.

De la figura siguiente tenemos:



$D_t = 12.700$ Km $\qquad D_s = 1.392 \times 10^6$ Km

$R_t = 6.350$ Km $\qquad R_s = 696.000$ Km

FIGURA DEL DIAMETRO DEL SOL VISTO DESDE LA TIERRA.-

$$\tau_r = (1-\rho)^2 + (1-\rho)^2\rho^2 + (1-\rho)^2\rho^4 + (1-\rho)^2\rho^6 + \cdots\cdots\cdots$$

$$\tau_r = (1-\rho)^2 \left(1 + \rho^2 + \rho^4 + \rho^6 + \cdots\cdots\cdots\right)$$

$$\tau_r = (1-\rho)^2 \sum_{n=0}^{\infty} \rho^{2n} = (1-\rho) \cdot \frac{1}{1-\rho^2}$$

$$\tau_r = \frac{1-\rho}{1+\rho} \qquad (7)$$

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

Cuando el colector se diseña con dos o más cubiertas, la transmisividad por reflexión del conjunto se halla por un procedimiento similar al anterior, dando como resultado la expresión:

$$\tau r,n = \frac{1 - \rho}{1 + (2n-1)\rho} \qquad (8)$$

Donde n es el número de cubiertas.

Las ecuaciones (7) y (8) son válidas únicamente para cada componente de polarización y la transmisividad para radiación no polarizada se encuentra por el promedio.

TRANSMISIVIDAD POR ABSORCION

La radiación refractada en la primera superficie de separación disminuye su intensidad al atravesar el vidrio de la cubierta; ésta pérdida corresponde a la fracción de radiación absorbida por la cubierta.

El cambio de intensidad de la radiación al atravesar un medio parcialmente transparente una distancia diferencial dx, está gobernado por la relación:

$$d\, I_{\lambda x} = -K_\lambda\, I_{\lambda x}\, dx \qquad (9)$$

donde $I_{\lambda x}$ es la intensidad a la distancia X y K_λ el coeficiente de extinción monocromático, que es una constante de proporcionalidad característica del medio para el espectro solar, el coeficiente de extinción del vidrio se considera independiente de la longitud de onda; la ecuación (9) puede entonces expresarse así:

$$d\, Ix = -\, K\, Ix\, dx \qquad (10)$$

El signo menos indica la disminución de la intensidad de radia-

ción con el aumento de x. Integrando entre los límites X=0 y - X=L se obtiene:

$$\frac{I_L}{I_o} = e^{-KL} \qquad (11)$$

donde I_L / I_o es la transmisividad de la cubierta debido a la - absorción, τ_a.

$$\tau_a = e^{-KL} \qquad (12)$$

es la distancia recorrida por la radiación al atravezar la cubierta y es igual a $t/\cos\theta_1$, donde t es el espesor de la cubierta y θ_1 el ángulo de refracción de la primera superficie.

TRANSMISIVIDAD TOTAL DE LA CUBIERTA

La transmisividad total de la cubierta τ_c, resulta del producto de la transmisividad por reflexión y la transmisividad por absorción.

$$\tau_c = \tau_r \cdot \tau_a \qquad (13)$$

Expresión que es válida solo cuando el valor de τ_a se aproxima a la unidad, o sea, KL es pequeño. El método anteriormente descrito es válido en el análisis de colectores solares.

RADIACION ABSORBIDA POR LA PLACA

La radiación transmitida por la cubierta atraviesa la cámara de aire del colector y se estrella con la placa de absorción, la - cual absorbe una refracción α de esta radiación incidente y refleja una fracción $(1-\alpha)$ hacia la cubierta. La radiación refle-

jada por la placa no es en su totalidad pérdida ya que la cubierta a su vez refleja, atrás hacia la placa, una fracción $(1-\alpha)\rho_d$, presentándose así reflexiones sucesivas como se muestra en la figura siguiente:

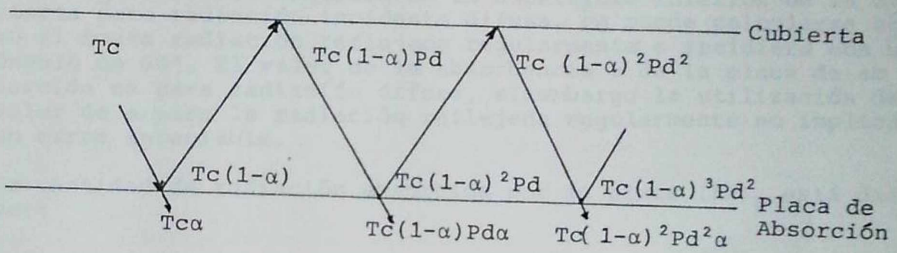


FIGURA DE REFLEXIONES SUCESIVAS ENTRE LA CUBIERTA Y LA PLACA DE ABSORCION DE UN CALENTADOR SOLAR.-

De la figura tenemos que la fracción de radiación absorbida por la placa, del total de la incidente al colector es:

$$(\tau\alpha)_{cp} = \tau_c\alpha + \tau_c\alpha(1-\alpha)\rho_d + \tau_c\alpha(1-\alpha)^2\rho_d^2 + \ldots\ldots$$

$$(\tau\alpha)_{cp} = \tau_c\alpha\{1 + (1-\alpha)\rho_d + (1-\alpha)^2\rho_p^2 + \ldots\ldots\ldots\ldots\}$$

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

$$(\tau\alpha)_{cp} = \tau_c\alpha \sum_{n=o}^{\infty} \{(1-\alpha)\rho_d\}^n$$

$$(\tau\alpha)_{cp} \frac{\tau_c\alpha}{1-(1-\alpha)\rho_d} \qquad (14)$$

Donde ρ_d es la reflexividad de la superficie inferior de la cubierta para radiación incidente difusa, ρ_d puede calcularse como si fuera radiación reflejada regularmente e incidiera con un ángulo de 60°. El valor de la absorbencia α de la placa de absorción es para radiación difusa, sinembargo la utilización del valor de α para la radiación reflejada regularmente no implica un error apreciable.

La cantidad de radiación absorbida por la placa $(R\alpha)_p$ está dada por:

$$(R\alpha)_p = \{(Rs)(\tau\alpha)_{cp}\}_b + \{(Rs)(\tau\alpha)_{cp}\}_d \qquad (15)$$

Donde Rs es la cantidad de radiación que incide sobre la cubierta del colector la cual es una superficie inclinada y los subíndices b y d las componentes directa y difusa, respectivamente, de la radiación incidente al colector.

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

BALANCE TERMICO DE UN DESTILADOR SIN CAMARA DE PRECALENTAMIENTO

La radiación solar que llega al destilador primero atravieza la cubierta, después la película de condensado formada en su cara interior, la mezcla aire-vapor de agua atrapado dentro de la cámara de destilación, el agua a destilar depositada en el recipiente, y por último incide sobre la superficie de absorción. En este recorrido, la radiación solar sufre pérdidas por reflexión al chocar con las superficies de separación de medios consecutivos y pérdidas por absorción de la cubierta, la película de condensado y del vapor de agua.

La radiación absorbida por el agua a destilar y por la superficie de absorción, es energía disponible para la producción de vapor; la cantidad de vapor producido depende de la temperatura alcanzada por el agua, de las pérdidas de calor por conducción de la base con el medio exterior y por convección y radiación del agua con la cubierta. Finalmente, la cantidad de vapor condensado o cantidad de agua destilada depende del balance de transferencia de calor y de masa sobre la superficie de condensación, superficie interior de la cubierta, y de la rata de disipación de calor de la cubierta con el medio exterior.

BALANCE DE CALOR EN LA PLACA DE ABSORCION

El balance de calor en la placa de absorción puede expresarse por la siguiente relación:

$$\alpha_p \tau_c \tau_a H = (q_{pm})_b + (q_{pa})_c + (q_{pa})_r + m_p c_p \frac{aTp}{dt} \qquad (1)$$

Donde:

α_p = Absorbencia de la placa.

τ_c = Transmisividad de la cubierta.

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

τ_a = Transmisividad del agua.

H = Radiación incidente al destilador.

$(q_{pm})b$ = Flujo de calor por conducción entre la placa y el medio exterior.

$(q_{pa})c$ = Flujo de calor por convección entre la placa y el agua a destilar depositada en el destilador.

$(q_{pa})r$ = Flujo de calor por radiación entre la placa y el agua a destilar.

m_p = Masa de la placa.

c_p = Capacidad calorífica de la placa.

T_p = Temperatura de la placa.

BALANCE DE CALOR EN EL AGUA A DESTILAR

Puede expresarse por la relación:

$$\alpha_a \tau_c H + (q_{pa})c + (q_{pa})r = q_e + (q_{ac})c + (q_{ac})r + m_a c_a \frac{dTa}{dt} \quad (2)$$

Donde:

α_a = Absorbencia del agua.

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

q_e = Flujo de calor de evaporación.

$(q_{ac})c$ = Flujo de calor por convección entre el agua y la cubierta.

$(q_{ac})r$ = Flujo de calor por radiación entre el agua y la cubierta.

m_a = Masa de agua contenida en el destilador.

c_a = Capacidad calorífica del agua.

T_a = Temperatura del agua.

BALANCE DE CALOR DE LA CUBIERTA

Puede expresarse por la relación:

$$\alpha_c H + q_{co} + (q_{ac})_c + (q_{ac})_r = (q_{cm})_c + m_c C_c \frac{dTc}{dt} \qquad (3)$$

Donde:

α_c = Absorbencia de la cubierta.

q_co = Flujo de calor de condensación.

$(q_{cm})_c$ = Flujo de calor por convección entre la cubierta y el medio ambiente, o calor disipado por la cubierta.

m_c = Masa de la cubierta.

C_c = Capacidad calorífica de la cubierta.

T_c = Temperatura de la cubierta.

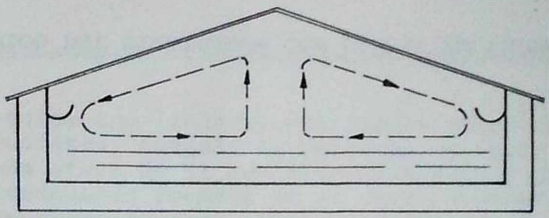
Un balance térmico conjunto de las partes del destilador analizadas anteriormente, resulta de la suma de las ecuaciones (1), (2) y (3) de donde obtenemos la siguiente relación, en la cual se supone idealmente que la rapidez del flujo de calor de condensación es igual a la evaporación, $q_{co} = q_e$.

$$\alpha_p \tau_c \tau_a H + \alpha_a \tau_c H + \alpha_c H = (q_{pm})_b + (q_{cm})_c + m_p C_p \frac{dT_p}{dt}$$

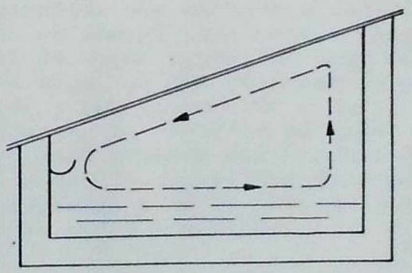
$$+ m_a c_a \frac{dTa}{dt} + m_c C_c \frac{dT_c}{dt} \qquad (4)$$

DESTILADORES SOLARES DE AGUA CON UN VIDRIO

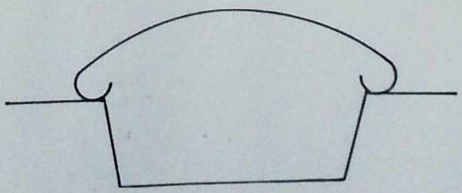
DOBLE AGUA



UN AGUA



CUPULA



REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

BALANCE TERMICO DEL DESTILADOR CON CAMARA DE PRECALENTAMIENTO

La radiación solar que llega al destilador atravieza la primera etapa de la cubierta, después la película de agua, a continuación la segunda etapa de la cubierta para seguir pasando por la película de condensado formada en su cara interior, sigue con la mezcla aire-vapor de agua atrapado dentro de la cámara de destilación luego atravieza el agua a destilar depositada en el recipiente y por último incide sobre la superficie de absorción. En este recorrido la radiación solar sufre pérdidas por reflexión al chocar con las superficies de separación de medios consecutivos y pérdidas por absorción de toda la cubierta, la película de condensado y de vapor de agua (ver Figura 2).

La radiación absorbida por el agua a destilar y por la superficie de absorción es energía disponible para la producción de vapor, la cantidad de vapor producido depende de la temperatura alcanzada por el agua, de las pérdidas de calor de la base con el medio exterior y por convección y radiación del agua con la cubierta. Finalmente, la cantidad de vapor condensado o cantidad de agua destilada depende del balance de transferencia de calor y de masa sobre la superficie de condensación, superficie interior de la cubierta y de la rata de disipación de calor de la cubierta con el medio exterior.

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

BALANCE DE CALOR EN LA PLACA DE ABSORCION

Este balance viene dado por:

$$\alpha_p \, (\tau_{c_s} + \tau_{c_a} + \tau_{c_i}) \, \tau_a \, H = (q_{pm})_b + (q_{pa})_c + (q_{pa})_r + m_p c_p \frac{dT_p}{dt}$$

Donde:

α_p = Absorbencia de la placa

τ_{c_s} = Transmisividad de la cubierta superior.

τ_{c_a} = Transmisividad de agua precalentada.

τ_{c_i} = Transmisividad de la cubierta inferior.

τ_a = Transmisividad del agua a destilar.

H = Radiación incidente al destilador.

$(q_{pm})_b$ = Flujo de calor por conducción entre la placa de absorción y el medio exterior.

$(q_{pa})_c$ = Flujo de calor por convección entre la placa y el agua a destilar depositada en el fondo.

$(q_{pa})_r$ = Flujo de calor por radiación entre la placa y el agua a destilar.

m_p = Masa de la placa.

c_p = Capacidad calorífica de la placa.

T_p = Temperatura de la placa.

BALANCE DE CALOR EN EL AGUA A DESTILAR

$$\alpha_a (\tau_{c_s} + \tau_{c_a} + \tau_{c_i}) H + (q_{pa})_c + (q_{pa})_r = q_e + (q_{ac_i})_c + (q_{ac_i})_r + m_a c_a \frac{dT_a}{dt}$$

Donde:

α_a = Absorbencia de agua.

q_e = Flujo de calor de evaporación.

$(q_{ac_i})_c$ = Flujo de calor por convección entre el agua a destilar y la parte inferior de la cubierta.

$(q_{ac_i})_r$ = Flujo de calor por radiación entre el agua y la parte inferior de la cubierta.

m_a = Masa de agua contenida en el destilador.

c_a = Capacidad calorífica del agua.

T_a = Temperatura del agua.

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

BALANCE DE CALOR DE LA CUBIERTA

$$(\alpha_{c_s} + \alpha_{c_a} + \alpha_{c_i})H + q_{co} + (q_{ac_i})_c + (q_{ac_i})_r = (q_{c_s m})_c +$$

$$m_{c_s} c_{c_s} \frac{dT_{c_s}}{dt} + m_{c_a} c_{c_a} \frac{dT_{c_a}}{dt} + m_{c_i} c_{c_i} \frac{dT_{c_i}}{dt}$$

Donde:

α_{c_s} = Absorbencia de la cubierta superior.

α_{c_a} = Absorbencia del agua a precalentar.

α_{c_i} = Absorbencia de la cubierta inferior.

q_{co} = Flujo de calor de condensación.

$(q_{ac_i})_c$ = Flujo de calor por convección entre el agua y la cubierta inferior.

$(q_{ac_i})_r$ = Flujo de calor por radiación entre el agua y la cubierta inferior.

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

$(q_{c_s m})_c$ = Flujo de calor por convección entre la cubierta superior y el medio ambiente.

m_{c_s} = Masa de la cubierta superior.

m_{c_a} = Masa de la cubierta de agua.

m_{c_i} = Masa de la cubierta inferior.

c_{c_s} = Capacidad calorífica de la cubierta superior.

c_{c_a} = Capacidad calorífica de la cubierta de agua a precalentar.

c_{c_i} = Capacidad calorífica de la cubierta inferior.

T_{c_s} = Temperatura de la cubierta superior.

T_{c_a} = Temperatura de la cubierta de agua a precalentar.

T_{c_i} = Temperatura de la cubierta inferior.

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

El balance térmico total de las partes del destilador, resulta de la suma de estas ecuaciones de balance, en el cual se supone idealmente que la rapidez del flujo de calor de condensación es igual a la evaporación, $q_{co} = q_e$.

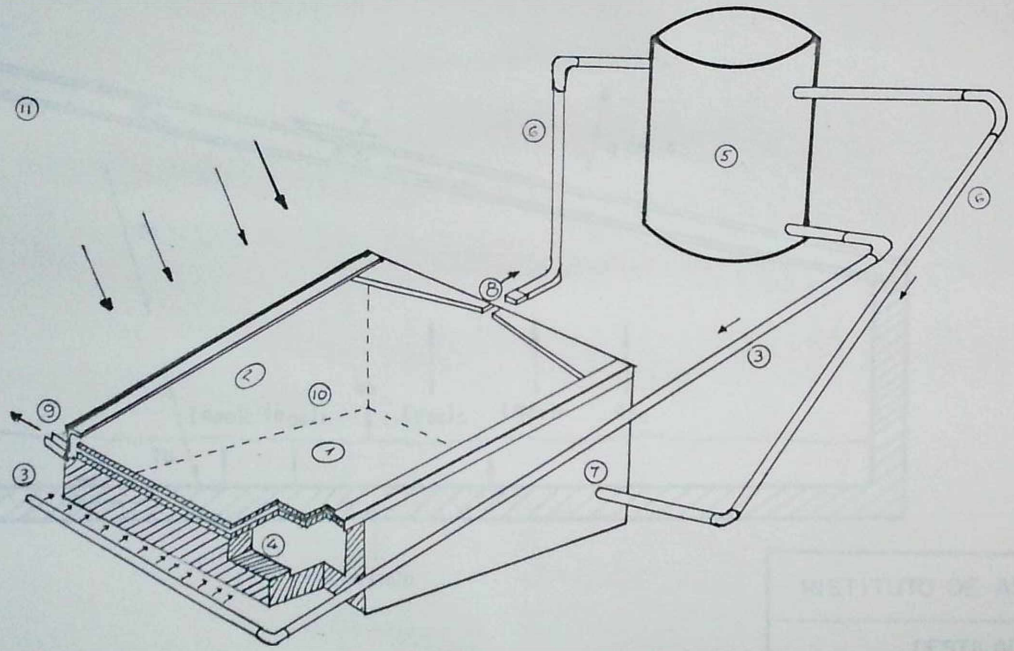
Donde se obtiene la siguiente relación:

$$\alpha_p (\tau_{c_s} + \tau_{c_a} + \tau_{c_i}) \tau_a H + \alpha_a (\tau_{c_s} + \tau_{c_a} + \tau_{c_i}) H + (\alpha_{c_s} + \alpha_{c_a}$$

$$+ \alpha_{c_i}) H = (q_{pm})_b + (q_{c_s m})_c + m_p c_p \frac{dT_p}{dt} + m_a c_a \frac{dT_a}{dt} + m_{c_s} c_{c_s}$$

$$\frac{dT_{c_s}}{dt} + m_{c_a} c_{c_a} \frac{dT_{c_a}}{dt} + m_{c_i} c_{c_i} \frac{dT_{c_i}}{dt} \quad .$$

DESTILADOR SOLAR CON CAMARA DE PRECALENTAMIENTO

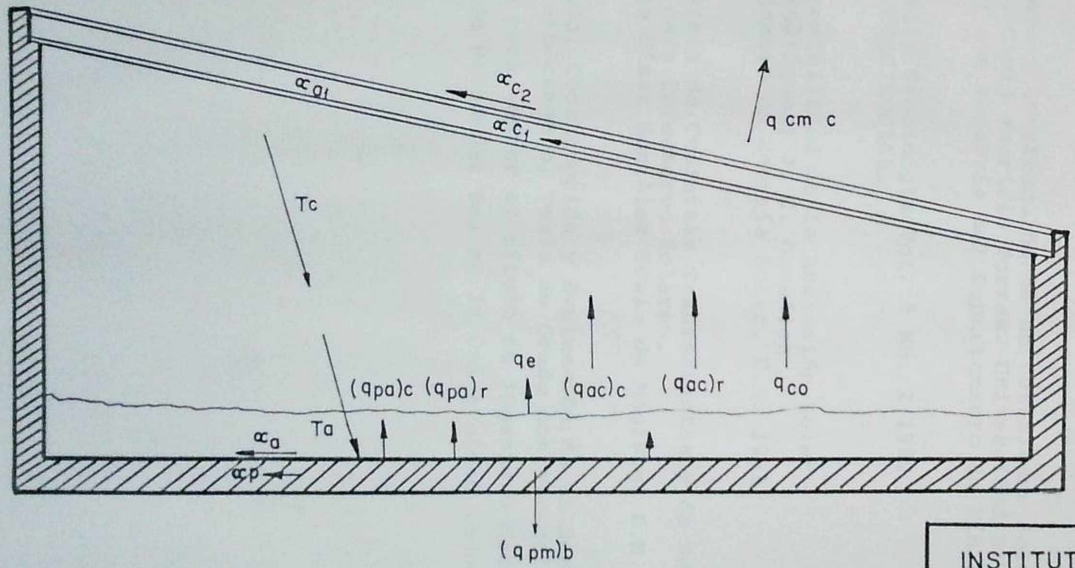


① Placa de absorción
② Superficies de condensación y cámara de precalentamiento
③ Agua fría
④ Aislante térmico
⑤ Tanque de almacenamiento
⑥ Agua precalentada
⑦ Valvula de regulación
⑧ Salida agua precalelalentada
⑨ Salida agua destilada
⑩ Cámara de condensación
⑪ Radiacion solar

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES	
DESTILADOR SOLAR	
Marzo 1983	Sin Escala
AREA DE ENERGIA SOLAR JA	

DESTILADOR SOLAR CON CAMARA DE PRECALENTAMIENTO

FLUJOS DE CALOR Y ENERGIA EN UN DESTILADOR SOLAR DE DOBLE VIDRIO



INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES
DESTILADOR SOLAR
AREA DE ENERGIA SOLAR I. A. N.
Marzo 1983
Sin escala

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

BIBLIOGRAFIA

1. Diseño y construcción de un Destilador Solar, Tesis de Grado, Ing. Civil Mauricio Torres. Universidad Santo Tomás - Realizada con asesoría del Departamento de Física U.N. 1979.

2. Revista Prociencia Vol. 5 No. 2 1982
IAN-COLCIENCIAS.

3. Disponibilidad de la Radiación Solar
H. Rodríguez; J. C. González
Seminario de Energía Solar, U.N. 1981

4. Análisis de Cubiertas Transparentes y de Superficies Selectivas para Colectores Solares.
Julio César González Tesis de Magister U.N. 1981.

5. Diseño, Construcción y Evaluación de un Destilador Solar en asbesto-cemento, Tesis de Grado con asesoría del IAN, presentada para optar el título de Ingeniero Mecánico, por Hildebrando Hernández Roa en la Universidad Industrial de Santander.

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
Apartado Aéreo 8595
BOGOTA, D. E., COLOMBIA

Se anexa la Hoja de Vida del Director del Proyecto; el resto - del personal será contratado cuando se obtengan los recursos para el desarrollo del trabajo y las hojas de vida les serán - enviadas a COLCIENCIAS oportunamente.

LUIS ORLANDO CASTRO CABRERA
Ph. D. en Ciencias Electrónicas
U. New York

Carrera 42 No. 24-60, Tel. 244 19 59
Bogotá, D. E.

C U R R I C U L U M V I T A E

NOMBRE:	LUIS ORLANDO CASTRO CABRERA.
LUGAR DE NACIMIENTO:	SUAZA (HUILA).
LIBRETA MILITAR:	B360955
CEDULA DE CIUDADANIA:	12.098.270 de Neiva.

ESTUDIOS PREUNIVERSITARIOS

PRIMARIOS:	ESCUELA URBANA DE SUAZA (HUILA).
SECUNDARIOS:	COLEGIO NACIONAL SIMON BOLIVAR GARZON(HUILA).

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS

PROFESIONAL:	BACHELOR OF SCIENCE ELECTRONICS.
POST-GRADO:	MASTER OF SCIENCE ELECTRONICS.
	PHILOSOPHICAL DOCTOR OF SCIENCE ELECTRONICS

EXPERIENCIA INVESTIGATIVA

-Universidad de New York 1.967-1.971, Auxiliar de investigación e investigador principal.

-Universidad Nacional de Colombia, 1.974-1.980 Investigador, Centro de Investigaciones para el Desarrollo CID.

EXPERIENCIA DOCENTE

UNIVERSIDAD JAVERIANA; Profesor de cátedra 1.976, facultad de Ingeniería electrónica.

LUIS ORLANDO CASTRO CABRERA
Ph. D. en Ciencias Electrónicas
U. New York

Carrera 42 No. 24-60, Tel. 244 19 59
Bogotá, D. E.

EXPERIENCIA INVESTIGATIVA

- Ministerio de Comunicaciones, Diseños de Telefonía, 1.971-1.972.
- Ingeniark Ltda, Jefe de diseños y Programación de obra, 1.972-1.974.
- Universidad Nacional de Colombia, 1.974 -1,981 Oficina de Planeación , Diseño de un sistema integrado de Información.

PUBLICACIONES Y TRABAJOS

- Transmisión de Potencia Electrica por sistemas Inalambricos 1.967.
- Paticipación como asistente de Planeación en el estudio " Regulación de la Demanda de Recursos Energéticos de Europa", dirigido por el doctor R. Seldenrath.1.968.
- Consideraciones Generales sobre la Situación Energética de Colombia 1.974.
- Teoría de la Información de Telecomunicaciones 1.979.
- Generación Extraterrrestre de Energía 1.979.
- Producción de Electricidad a partir del sol 1.981.
  a.- En el Espacio
  b.- En la tierra.
- Mapa de Radiación solar en Colombia, proyecto presentado en octubre de 1.981, al Ministerio de Minas y Energía.
- Diseño, Construcción y Montaje de un sistema de calentamiento de agua por Energía solar en Concretos Diamante S. A. Planta de Paloquemao. Junio de 1.982.
- Diseño, Costrucción y Montaje de un sistema de Calentamiento de agua por Energía Soalr en Concretos Diamante S. A. Planta de la Transv.49 # 98-15. julio de 1.982.
- Cámara de Curado de Concreto por Energía Solar construída a Concretos Diamante S. A. en la Planta de la Transv.49 # 98-15, agosto de 1.982.
- Producción de electricidad a partir de las basuras de Bogotá, presentado al Sr. Alcalde Mayor de Bogotá en Diciembre de 1.982.

./.

H O J A D E V I D A

DATOS PERSONALES

NOMBRE: Felipe de Jesús Rodríguez Pineda
LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: Sucre(Sincé) 23-I-53
DOCUMENTO DE IDENTIFICACION: C.C. No. 92'025.368 de Sincé(Sucre)
DIRECCION PERMANENTE: Calle 30 No. 16-38
TELEFONO: 2 457629
CERTIFICADO JUDICIAL Y DE POLICIA: T.D. No. 2396853

ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA: Colegio de la Salle en Sincé (Sucre) (5 años)
SECUNDARIA: Liceo Vélez en Magangué(Bolívar) (6 años)
UNIVERSITARIO: Universidad de la Salle en Bogotá (4 años)
TITULO OBTENIDO: Licenciado en Matemática y Física

EXPERIENCIA

INSTITUTO ROBERT KENNEDY. Kra 9a. No.8-42 Tf: 2 462049
Cargo desempeñado: Profesor de Física en 5o. y 6o. Bto
Fecha de Ingreso: Agosto de 1.980
Fecha de Retiro :Noviembre de 1.982
Motivo de Retiro: Terminación del contrato

COLEGIO EL PRADO. Calle 132 No.40-40 Tf: 2 580579
Cargo desempeñado:Profesor de Física y Matemática de 4o. a 6o. Bto.
Fecha de Ingreso: Mayo de 1.982
Fecha de Retiro: Noviembre de 1.982
Motivo de Retiro: Contrato en el IAN(Instituto de Asuntos Nucleares) como Profesional Universitario en Sección de Personal.

TRABAJO TECNICO : Aplicación de la Física en el campo eléctrico: Instalaciones.

REFERENCIAS

Dr. VICENTE G. DE LA OSSA . Secretario Privado del Ministerio de Minas y Energía. Tf. 2 444537

Dr. MANUEL E. ZAIDIZA T. Economista-Abogado. Tf. 2 452342

Dr. JOSE NAVARRO P. Abogado. Tf. 2 831719

Dr. FAUSTINO DE LA OSSA. Arquitecto. Tf. 2 820115

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

Firma.

FELIPE DE JESUS RODRIGUEZ PINEDA

REPUBLICA DE COLOMBIA

INSTITUTO DE ASUNTOS NUCLEARES

ADSCRITO AL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

Apartado Aéreo 8595

BOGOTA, D. E., COLOMBIA

Proyecto "Bienestar rural con ayuda de energia solar"Instituto de asuntos nucleares - área de energia solar, coordinación de Luis Orlando Castro Cabrera

333 7923 I597p Ej 1

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

FECHA DEVUELTO | PRESTADO A | FECHA DEVUELTO

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

01004117

BIBLIOTECA