

T
621.478
A284

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**

**"SECADOR DE PESCADO
UTILIZANDO ENERGIA SOLAR"**

TESIS DE GRADO

**Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO MECANICO**

Presentada por:

**Carlos Julio
Aguirre Orrala**

**GUAYAQUIL-ECUADOR
1985**

DEDICATORIA

A DIOS Y;

A MIS PADRES

SR. CARLOS A. AGUIRRE PONCE
SRA. LIRA E. ORRALA REYES DE AGUIRRE

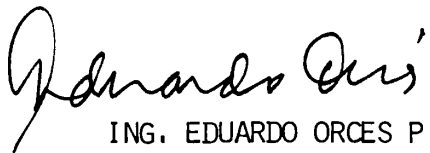
SIN CUYO SACRIFICIO Y APOYO
NO HUBIERA SIDO POSIBLE ESTE TRIUNFO



D-7299

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

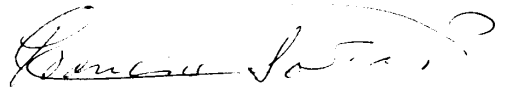
Al ING. FRANCISCO SANTELLI
P. Director de Tesis, por
su paciencia, ayuda y cola-
boración para la realización
de este trabajo.



ING. EDUARDO ORCES P.

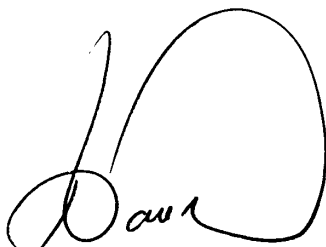
DIRECTOR

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



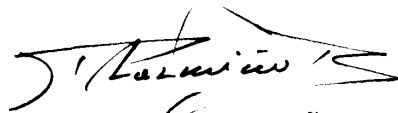
ING. FRANCISCO SANTELLI P.

DIRECTOR DE TESIS



ING. RAUL LASCANO H.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. MARCO PAZMIÑO B.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta Tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

A handwritten signature in black ink, reading "CARLOS AGUIRRE ORRALA". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath the name.

CARLOS AGUIRRE ORRALA

R E S U M E N

El secado es uno de los usos más viejos de la energía solar, de ahí que el diseño y desarrollo de secadores solares es necesario, si deseamos proporcionar alimento de buena calidad a un gran número de personas con insuficiencia económica.

El secador que se diseña, construye y desarrolla en esta Tesis, contempla abaratamiento y facilidad de operación y reparación; este aparato funcionará por medio de la circulación natural por lo que se pretende aprovechar las energías solar y eólica.

Se busca el rango de tiempo en el que su funcionamiento puede ser considerado beneficioso para el secado, dependiendo de la variación de la temperatura en el interior del secador.

Para conocer la eficiencia y con la finalidad de comparación, se procede al secado en paralelo con el método tradicional, utilizando tanto pescados magros como grasos.

La mejor calidad y mayor tiempo de conservación sin refrigeración, son parámetros que justifican la elaboración de un aparato secador de pescado, que permitirá futuros experimentos que beneficien a la colectividad.

I N D I C E G E N E R A L

	Pág.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VII
INDICE DE FIGURAS	X
INDICE DE TABLAS	XIII
INTRODUCCION	XV
CAPITULO I.	19
1. ESTUDIO BROMATOLOGICO DEL PESCADO	19
1.1 Consideraciones	19
1.1.1 Composición del pescado	19
1.1.2 Efecto del procesado sobre las bacterias.	24
1.1.3 Valor nutritivo	32
1.2 Métodos de Conservación	34
1.2.1 Principios de la conservación mediante curado.	34
1.2.2 Procesado del pescado salazonado .	51
1.2.3 Propiedades de la sal	57
CAPITULO II	60
2. INGENIERIA DEL PROYECTO	60
2.1 Antecedentes	60
2.1.1 Radiación solar disponible sobre la superficie de la tierra.	60
2.1.2 Angulos básicos Tierra-Sol	63
2.1.3 Angulos solares derivados	69.
2.1.4 Radiación solar directa y difusa .	72

VIII

	Pág.
2.1.5 Absorción, reflexión y transmisión de la radiación.	80
2.1.6 Intercambio de calor radiante entre un cuerpo a la intemperie y su medio circundante.	90
2.1.7 Ventilación	100
2.1.7.1 Necesidad de la ventilación	101
2.1.7.2 Mecánica de la ventilación	103
2.2 Consideraciones de Diseño	122
2.2.1 Análisis de datos meteorológicos .	122
2.2.2 Estimación del tamaño y localización	126
2.2.3 Selección de materiales de construcción.	130
2.2.4 Sistema de alimentación del secador	138
2.2.5 Proceso de limpieza	140
2.3 Diseño del Secador	143
2.3.1 Selección y descripción del secador	144
2.3.2 Especificaciones para ensamblaje y sujeción.	150
2.3.3 Orientación óptima del secador ...	156
2.3.4 Balance energético	158
2.3.5 Cálculo de ventilación natural requerida.	163
2.3.6 Cálculo de eficiencia	166
2.4 Proceso Experimental	168
2.4.1 Especificaciones aproximadas	168
2.4.2 Recopilación de datos meteorológicos.	169
2.4.3 Especies y estado del pescado a secarse.	171
2.4.4 Secado en paralelo con el método tradicional.	172

IX

	Pág.
2.4.5 Control de la ventilación requerida	174
2.4.6 Control del tiempo de secado	178
2.4.7 Obtención y análisis periódico de muestras.	180
2.4.8 Evaluación física y organoléptica del pescado seco.	183
2.4.9 Estimación de la eficiencia del se- cador.	184
2.4.10 Estimación de la eficiencia del secador...	187
CAPITULO III	192
3. ANALISIS DE COSTOS	192
3.1 Principios de análisis de costos	192
3.2 Costo de construcción	194
3.3 Costo de mantenimiento anual	197
3.4 Estimación de la inversión total	200
CAPITULO IV	203
4. ANALISIS DE RESULTADOS EXPERIMENTALES	203
4.1 Tabulación y graficación de datos experi- mentales.	203
4.2 Rendimiento del secador	216
4.3 Calidad del producto	231
4.4 Comparación con el método tradicional ...	235
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	246
PLANOS Y DIAGRAMAS DEL PROYECTO	249
RESULTADOS EXPERIMENTALES	261
NOMENCLATURA	262
ABREVIATURAS	264
BIBLIOGRAFIA	266

INDICE DE FIGURAS

Nº		Pág.
1.1	Curva típica de secado del pescado	46
2.1	Latitud, ángulo horario y declinación del Sol	64
2.2	Esfera celeste esquemática mostrando la trayectoria aparente del Sol y el ángulo de declinación del Sol.	65
2.3	Variación de la declinación del Sol	67
2.4	Variación de la radiación solar extraterrestre con el tiempo del año.	73
2.5	La NASA (1971) Radiación espectral estándar a la distancia media Sol-Tierra y una constante solar de 1353 W/m^2	75
2.6	Radiación sobre una superficie inclinada y una horizontal.	77
2.7	Transmitancia despreciando la absorción (es decir, debido a reflexión solamente) de 1, 2, 3, 4 coberturas con un índice de refracción de 1.5260.	83
2.8	Transmitancia espectral del vidrio	85
2.9	Transmitancia espectral de una película de polivinil fluoruro "Tedlar".	85
2.10	Cuerpo a la intemperie orientado según los puntos cardinales.	92
2.11	Campanas para la eliminación de humos	107

Nº		Pág.
2.12	Ventiladores para cubiertas o tejados	109
2.13	Curvas de rendimiento de dos tipos de corona- miento de chimenea afectadas por la dirección del viento.	114
2.14	Incremento en el flujo causado por exceso de una abertura sobre otra.	116
2.15	Determinación del flujo causado por fuerzas combinadas de viento y diferencia de tempera- tura.	119
2.16	Carta psicrométrica	165
4.1	Temperaturas, radiación solar global y hume- dad relativa en función del tiempo, para el primer día de prueba.	212
4.2	Temperaturas y radiación solar global y hume- dad relativa en función del tiempo, en el se- gundo día de prueba.	213
4.3	Temperaturas y radiación solar global y hume- dad relativa en función del tiempo, en el ter- cer día de prueba.	214
4.4	Temperaturas y radiación solar global, y hume- dad relativa en función del tiempo, en el cuarto día de prueba.	215
4.5	Rendimiento y radiación versus tiempo en el primer día de prueba.	226
4.6	Rendimiento y radiación versus tiempo en el segundo día de prueba.	227

INDICE DE TABLAS

Nº		Pág.
1.1	Composición aproximada de la porción comestible del pescado.	20
1.2	Clases de pescado	22
1.3	Categorías de composición de diversas especies importantes.	25
1.4	Condiciones de salado para climas templados .	58
2.1	Ecuación de tiempo, declinación y constante "C"	70
2.2	Reflectancia de algunos medios en función del ángulo de incidencia.	80
2.3	Películas plásticas y sus propiedades	89
2.4	Velocidad de aire mínimas recomendadas para diferentes campanas y cabinas.	107
2.5	Escala Beaufort de la fuerza del viento	110
3.1	Costo de materiales directos	196
3.2	Costo de construcción	197
3.3	Costo de mantenimiento anual	199
3.4	Costo anual de operación del secador	201
3.5	Inversión total neta del secador en 6 años ..	202
4.1	Tabulación de datos experimentales para el primer día de prueba.	206
4.2	Tabulación de datos experimentales para el segundo día de prueba.	207

Nº	Pág.
4.3 Tabulación de datos experimentales para el <u>ter</u> cer día de prueba.	208
4.4 Tabulación de datos experimentales para el cuar- to día de prueba.	209
4.5 Velocidad y dirección promediadas del viento .	210
4.6 Tabulación de datos de radiación solar global .	211
4.7 Tabulación de resultados experimentales para el primer día de prueba.	221
4.8 Tabulación de resultados experimentales para el segundo día de prueba.	222
4.9 Tabulación de resultados experimentales para el tercer día de prueba.	223
4.10 Tabulación de resultados experimentales para el cuarto día de prueba.-.....	224
4.11 Resultados de energía y eficiencia en función del incremento de temperatura.	225
4.12 Parámetros importantes relacionados con el pes- cado.	234
4.13 Variación del contenido de humedad en base seca para algunas clases de pescados.	240

I N T R O D U C C I O N

OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO.-

La Tesis "Secador de pescado utilizando energía solar" tiene como uno de sus objetivos, probar con nuevos conceptos un secador solar de circulación natural condicionado a la radiación solar incidente y a la circulación del fluido de trabajo; otro de los objetivos es poner al servicio del hombre que vive de los productos del mar, la mejor utilización de una energía usada tradicionalmente para secar pescado, en un aparato capaz de proporcionar un producto seco de mejor calidad, en menos tiempo, y, que dure tres y hasta cuatro veces más en almacenamiento.

Se prueba un aparato de funcionamiento sencillo, con materiales de fácil adquisición, que demanda poca inversión, y que puede mejorar los ingresos del pescador artesanal al incrementar la producción y calidad del producto.

Con el transcurso de los años, la gente irá dándose cuenta de los enormes beneficios de la energía solar y construirá secadores mayores, o demandará de diseños diferentes para crear una producción que cubra la demanda de la zona, e inclusive del País, pudiendo luego el producto ser exportado.

Se podrá crear de esta manera una industria del pescado se
co que generará trabajo, cumpliendo por consiguiente una
labor social.

GENERALIDADES.-

La salazón del pescado blanco, precede normalmente a su desecación, el contenido acuoso del pescado fresco abierto y salazonado, tiene que reducirse desde aproximadamente el 58 o 59% hasta un contenido acuoso estimado del 14%, pudiendo ser este valor mucho mayor, dependiendo del producto y del mercado particular a que se destine.

Esta forma de desecar, constituye con mucho, aparte de la fabricación de harina de pescado, la aplicación más importante de la desecación en la conservación de pescado en todo el mundo.

El método tradicional de desecación, consiste en exponer el pescado al sol y al viento, dejándolo bien sobre rocas apropiadas en curaderos, o sobre colgadores que consisten en entramados de largas vigas de madera o plataformas de tela metálica levantadas sobre el terreno para que el aire circule libremente; este método no sólo es lento, sino que además el pescado queda a merced de las condiciones climatológicas.

En Ecuador se han hecho algunas experiencias usando secadores por energía solar, mediante circulación natural bajo

la responsabilidad del Instituto Nacional de Pesca (INP) en Guayaquil y Galápagos conjuntamente con el Instituto Nacional Galápagos (INGALA), la Estación de Investigación Charles Darwin y el Parque Nacional Galápagos.

Con fines de experimentación, se toman datos de temperatura tanto de bulbo seco como húmedo; a la entrada del secador, saliendo de la superficie calefactora, a la mitad del secador, y a la entrada de la campana, también se toman temperaturas del sistema colector, con esto se piensa evaluar el comportamiento del fluido de trabajo a través del secador, el cual intrínsecamente nos está dando el comportamiento de secado del pescado, además se efectúa un control de peso y textura de las muestras con relación al tiempo del secado, se entregan muestras representativas al Laboratorio de Alimentos de la ESPOL.

CAPITULO I

1. ESTUDIO BROMATOLOGICO DEL PESCADO.-

1.1 CONSIDERACIONES.-

1.1.1 Composición del pescado.-

El conocimiento de la composición química del pescaso es punto de extrema importancia para valorarlo en lo que respecta a su valor nutritivo. El conocimiento aproximado de la composición y en especial de la humedad y contenido graso, son importantes para determinar los rendimientos a obtener en productos tales como: los concentrados de proteína de pescado, harina de pescado u otros artículos pesqueros en los que la de secación o extracción del aceite, llevan consigo una merma en la humedad y aceite con secuente al proceso de elaboración.

La composición aproximada del pescado varía mucho de unas especies a otras e incluso, dentro de una misma especie, entre unos y

y otros individuos. En la Tabla 1.1 se citan las oscilaciones de los valores correspondientes a la composición del pescado en general.

TABLA 1.1

COMPOSICION APROXIMADA DE LA PORCION COMESTIBLE DEL PESCADO

DATOS CALCULADOS	HUMEDAD %	PROTEINA %	GRASA %	CENIZAS %
Media	74.8	10	5	1.2
Oscilación	28-90	6-28	02-64	0.4-1.5
Cociente máx./min.	3.2	4.7	320	3.8

En éste y sucesivos casos en que se utilice la expresión (porción comestible), se designará con ella los filetes del pescado exentos de espinas y piel. Así, como los valores máximos de humedad, proteína y cenizas del pescado son de 3 a 5 veces superiores a las cifras mínimas; en lo que respecta a la grasa, esta proporción es superior a 300 veces. Estas cifras originan la variación en la composición de todas las especies de pescado. Incluso dentro de la misma especie, la tasa de aceite presente en un ejemplar puede ser 10 veces superior a la hallada en otro ejemplar de la misma especie. Se ha observado que estas variaciones indi

viduales están en correlación con factores tales como la estación del año en que el pescado se capturó, la zona geográfica en que se pescó, o con particularidades como la edad, sexo y tamaño del pez. Estos factores no son causas principales de las variaciones observadas en la composición. Las causas principales son en realidad la cantidad de alimento ingerido por el pescado y la cuantía de energía gastada. Las variaciones apreciadas en la tasa de grasa de peces capturados en distintas zonas geográficas, obedecen con frecuencia a diferencias en la cantidad de alimento de que disponen los animales de una y otra región.

Como consecuencia de la amplia variación experimentada por la composición media de los peces, estos valores resultan de poca significación.

Es mejor clasificar las especies de pescado en categorías bien definidas, dentro de las que pueden incluirse la mayoría de aquellas. En la Tabla 1.2 se relacionan estas cinco categorías.

La categoría A es la más corriente. Los peces en ella incluidos se caracterizan por un alto contenido proteico (del 15 al 20%) y una reducida tasa grasa (inferior al 5%). Muchas especies de la categoría A poseen contenidos de grasa próximos al mínimo de dicha cifra, es decir, más cercano al 1-2% que al 5%.

TABLA 1.2
CLASES DE PESCADO

CATEGORIA	CLASE	GRASA CONTENIDA %	PROTEINA CONTENIDA %	EJEMPLOS
A	Grasa baja alta proteína	Menos del 5	15-20	Bacalao
B	Grasa media alta proteína	5-15	15-20	Salmón rojo
C	Grasa alta baja proteína	Más del 15	Menos del 15	Trucha lacus- tre.
D	Grasa baja muy alta proteína	Menos del 5	Más del 20	Atún
E	Grasa baja baja proteína	Menos del 5	Menos del 15	Almejas

La categoría B, es la segunda en frecuencia. Aquí los peces contienen mucha proteína (del 15 al 20%), pero poseen una tasa media de grasa (del 5 al 15%).

La categoría C, representa a un tipo de pescado mucho menos común, con un elevado contenido graso (más del 15%). Cuando la tasa de grasa es alta, por lo general la cifra de proteína es inferior (por debajo del 15%).

Los peces incluidos en la categoría D, poseen escasa cantidad de grasa (menos del 5%) y mucha proteína (por encima del 20%). Aunque no son muchas las especies que se incluyen en la categoría D, algunas de las que corresponden, revisten extraordinaria importancia comercial.

La categoría E, comprende pescados que unen a su baja cantidad de grasa (menos del 5%) una reducida tasa de proteína (por debajo del 15%). La mayoría de los seres marinos de la categoría E, son mariscos como las ostras y almejas.

Algunas especies, sobre todo las que exhiben más del mínimo de grasa, varían en su cifra de aceite de una partida a otra en tales proporciones que, si bien de ordinario le corresponde una categoría dada, muchas

veces (como ocurre en algunas estaciones del año) pueden incluirse en otra. Este es en particular el caso de las especies de la categoría B, algunas de las cuales entran ocasionalmente en la categoría A, mientras que a otras especies de esa categoría B, les puede corresponder la inclusión en la categoría C. Esta última categoría comprende, en realidad, muy pocas especies que tengan aceite suficiente (más del 15%) como para ser incluidas en ella, por lo cual la mayoría de las especies que realmente se encuentran dentro de la categoría C, son aquellas habitualmente de la B, pero que en ciertas épocas del año caen dentro del tipo C. En la Tabla 1.3 se relacionan los peces de acuerdo con su categoría; cuando una especie puede ser incluida en más de una categoría, se cita cual es la principal.

1.1.2 Efecto del procesado sobre las bacterias.-

El objetivo principal de todo procesado es impedir de diversas maneras la acción de los gérmenes de la descomposición. La ma-

TABLA 1.3
CATEGORIAS DE COMPOSICION DE DIVERSAS ESPECIES IMPORTANTES

ESPECIES	CATEGORIA PRINCIPAL	CATEGORIA SECUNDARIA
Anchoas	B	C
Bullheads ⁽¹⁾ y pez lobo ⁽²⁾	A	-
Carpa	A	B
Almejas	E	-
Bacalao	A	-
Cangrejos	A	-
Acedía	A	-
Eglefín	A	-
Merluza	A	-
Halibut	D	-
Arenque, lacustre	A	-
Arenque, marina	B	C
Caballa	B	C
Menhaden (sábalo americano)	B	C
Salmonete	A	B
Perca oceánica	A	-
Ostras	E	-
Abadejo	A	-
Rockfish ⁽³⁾	A	-
Salmón del Atlántico	B	A
Salmón Keta	B	-
Salmón real	B	C
Salmón rosa	B	A
Salmón plateado	B	-
Salmón sockeye ⁽⁴⁾ (rojo)	B	-
Sardinias (California)	B	C
Veneras	A	-
Sheepshead ⁽⁵⁾	B	A
Gambas	A	D
Atún albacora	D	B
Atún de aleta azul	D	B
Palomida (atún skipjack)	D	-
Atún de aleta amarilla	D	-
Merlango	A	-
Sollo amarillo	A	-

(1) *Ameiurus* spp. (N. del T.)


(2) *Anarrhichas lupus* (N. del T.)

(3) *Sebastes* spp. (N. del T.)

(4) *Oncorhynchus nerka nerka* (N. del T.)

(5) *Aplodinotus grunniens* (N. del T.)

yoría de las técnicas de procesado aspiran a lograr uno de estos tres efectos: inhibición parcial de los gérmenes, inhibición completa o esterilización.



INHIBICION PARCIAL: La inhibición parcial se consigue generalmente en la práctica, manteniendo la temperatura del pescado u otros animales marinos próxima a los 0 °C, mediante el empleo de hielo o salmuera refrigerada. Como ya se ha indicado antes, el efecto de estas bajas temperaturas consiste en reducir mucho el ritmo de multiplicación de las bacterias de la putrefacción y así retrasar la instauración de la fase de crecimiento logarítmico y el correspondiente desarrollo de las alteraciones profundas.

Los aditivos químicos, como los nitritos, benzoatos, etc., actúan de forma un tanto diferente, ocasionando la inhibición parcial de la fracción sensible de la flora bacteriana, pero proporcionan los mismos resultados finales que la refrigeración: una demora en la velocidad de multiplicación de la población microbiana de la pu-

trefacción. Estas sustancias se suelen utilizar en realidad asociadas a la refrigeración, ya que las acciones inhibitoras respectivas son de naturaleza acumulativa. Los antibióticos del tipo de la tetraciclina, aunque inhibidor es muchísimo más potente que los demás productos químicos, también producen tan sólo un retraso temporal de la actividad bacteriana. No obstante, la clorotetraciclina, oxitetraciclina y tetraciclina, han demostrado que prolongan de manera considerable el tiempo de almacenamiento del pescado entero y en filetes a las temperaturas de refrigeración cuando se aplican en cuantías hasta de 10 ppm., en el hielo o en baños, dejando concentraciones residuales de unas 7 ppm., en la superficie del pescado.


La pasteurización, bien se realiza por el calor o por radiaciones de alta energía, es también un proceso de inhibición parcial que por su efecto selectivo sobre las bacterias sensibles, frena la multiplicación de la flora de la descomposición y retrasa la putrefacción, aunque sin llegar a evitarla.

Las modernas técnicas de ahumado proporcionan sólo una inhibición parcial de las bacterias. La salazón y desecación previas, pueden originar cierta reducción en la tasa bacteriana, ejerciendo quizá un efecto antibacteriano colectivo. El ahumado deposita sustancias fenólicas y de otra naturaleza sobre la superficie del pescado, que ejercen un suave efecto antiséptico. La acción combinada de estos factores es retrasar la multiplicación de la flora de la putrefacción y así prolongar un tanto el tiempo de conservación.

Con carácter general, los procesos de inhibición parcial son más eficaces cuando se aplican inmediatamente después de la muerte del pescado. Una vez que la flora de la putrefacción entra en su fase de crecimiento logarítmico, tales procesos son de escasa eficacia.

INHIBICION COMPLETA: La congelación, salazón y desecación (incluida la desecación-congelación) son otros tantos ejemplos de procesos, causantes de inhibición completa. Aunque todos

estos procesos pueden producir considerable mortalidad entre las bacterias del pescado, su principal acción conservadora se debe no a este hecho, sino a la creación de unas condiciones en el alimento marino que hacen imposible el desarrollo bacteriano. En cada uno de los casos citados, el efecto beneficioso se logra por sustracción del agua presente en el pescado. En el pescado congelado el agua no se puede extraer por encontrarse convertida en hielo. En los productos salazonados el agua libre está retenida por el cloruro sódico o bien se expulsó por acción osmótica. Y en el caso de los productos desecados, el agua se elimina más o menos completamente. Los productos intensamente ahumados que se conservan durante largo tiempo deben su estabilidad a la pérdida de agua, en parte como resultado de la salazón preliminar y en parte durante el proceso de ahumado en sí. Las bacterias son incapaces de verificar su metabolismo en ausencia de agua libre, ya que sus procesos de asimilación dependen de la presencia de nutrientes en disolución.



En el caso de los artículos salazonados, la acción osmótica de las elevadas concentraciones de sal también es importante. Sin embargo, los productos salazonados pueden ser objeto de un peculiar tipo de alteración, debido a la acción de las bacterias y mohos halófilos, que producen las alteraciones conocidas con los nombres de (enrojecimiento) y (achocolatado), respectivamente. Estos organismos son capaces de multiplicarse en soluciones casi saturadas de cloruro sódico.

Las técnicas de procesado con inhibición completa se caracterizan bacteriológicamente por su reversibilidad. Esto se ve con la mayor claridad en el caso de los alimentos marinos congelados.

Los procesados basados en la fermentación y escabechado, ocupan una situación intermedia entre la inhibición completa y la esterilización. Los productos fermentados y escabechados no son estériles, pero han sido sometidos durante el procesado a cambios más o menos irreversibles que excluyen el

restablecimiento de la flora ordinaria de la putrefacción. El pH bajo es, como la temperatura, un poderoso inhibidor de carácter general del desarrollo bacteriano, pero existen microorganismos (en especial levaduras y hongos) capaces de multiplicarse a niveles bastante reducidos de pH y de causar con ello la alteración de las conservas de pescado acidificado.

ESTERILIZACION: Existe en realidad tan sólo un método comercial de procesado de los productos marinos, capaz de lograr el objetivo de la esterilización; es el enlatado. Sin embargo, la técnica experimental de irradiación en altas dosis también se señala que alcanza la esterilización. En cada uno de estos casos, las bacterias presentes sobre el producto marino resultan muertas, de tal forma que el proceso de la putrefacción sólo pueda reanudarse por contaminación del artículo a partir de una fuente externa. Para evitar ésto, el alimento se introduce en un recipiente herméticamente cerrado antes de proceder a su esterilización.

1.1.3 Valor Nutritivo.-

El pescado es una fuente de proteínas animales, vitaminas y compuestos inorgánicos tan buena como otras carnes frescas, las cuales son de animales mayores y aves. El equilibrio aminoácido en su proteína no se ve superado por el de ningún otro alimento. Su tasa de vitamina B, se aproxima a la de la carne de los mamíferos domésticos y su fracción mineral es más rica en yodo que la correspondiente a los demás alimentos. El contenido de calcio del pescado enlatado con las espinas reblandecidas es muy superior que el de los otros artículos alimenticios, por lo cual, si no se quitan las espinas antes de su consumo, los pescados como la sardina y el salmón enlatados constituyen la más rica fuente natural del calcio. Las especies de pescado incluidas en la categoría A, que tienen una baja tasa de aceite y un elevado contenido de proteína y que constituyen mayoría en el total de los peces, poseen menos poder calórico por unidad de proteína que las carnes de animales mayores y aves. Por tanto, este

pescado magro es fuente ideal de proteína animal para consumo en raciones restringidas.

Por el contrario, el pescado que contiene cifras algo mayores de aceite, oscilando entre el 5 y el 15% (categoría B), correspondiente al contenido medio por pieza, muestra una carne por lo regular magra con respecto a la tasa de grasa. Por añadidura, el pescado contiene hasta un tercio de su aceite en un elevado grado de insaturación, con 4,5 y 6 enlaces dobles por ácido graso. Este tipo de aceite se ha demostrado que es eficaz en la disminución de la tasa de colesterol en la sangre. Dichos aceites son eficaces incluso cuando se incluyen en la ración con cantidades muy superiores de ácidos grasos saturados.

Tanto las sustancias que confieren característica al pescado, como muchos de sus componentes nutritivos, son solubles en agua, por lo cual la descongelación en agua del pescado o la cocción del pescado en agua que luego se arroja son prácticas que reducen innecesariamente el valor de los produc

tos. Algunas vitaminas se destruyen si se calientan excesivamente y las grasas se oxidan a altas temperaturas; por lo tanto, deben usarse temperaturas moderadas al cocer el pescado.

1.2 METODOS DE CONSERVACION.-

1.2.1 Principios de la conservación mediante curado.-

La conservación del pescado mediante curado se consigue principalmente retrasando la acción de las bacterias y, en menor grado, de las enzimas, que en caso contrario reducirían la capacidad de conservación del pescado a temperatura ambiente a sólo unos días, ya que descomponen la proteína y otras sustancias nitrogenadas del pescado. Las grasas contenidas en el pescado curado no quedan totalmente preservadas con el proceso del curado. Por ello, si se curan especies piscícolas grasas y luego se almacenan durante largo tiempo, resultan bastante oxidadas debido al enranciamiento de su fracción aceitosa y por lo común estos

aceites oxidados se consideran como nota característica del sabor del producto curado.

Sin duda, el más importante efecto conseguido al curar el pescado es la pérdida de humedad que experimenta durante el proceso do. El solo descenso en la tasa de humedad, ya basta para retrasar mucho los da ños que sufre el pescado por la acción bac teriana. La humedad se elimina tanto por desecación al aire (bien exponiendo las pie zas al aire y el sol, o si se recurre a los medios modernos, mediante deshidratación controlada llevada a efecto en desecadores o torres de ahumado) o por acción osmótica consecuente a la salazón, en cuyo caso la humedad es expulsada a la vez que la sal penetra en el pescado. En gran parte, la acción conservadora resultante de la sala zón y ahumado del pescado; y, en menor gra do, del escabechado, se debe al descenso que experimenta la tasa de humedad.

El segundo factor por orden de importancia en el retraso de la descomposición bacteria na, es la acción de sustancias químicas es-

pecíficas. Salvo en el caso del pescado escabechado, este efecto resulta frecuentemente de importancia secundaria. En el pescado escabechado la presencia de considerable cantidad de ácido acético (vinagre) disminuye el pH de la carne hasta un punto en el que la acción bacteriana se ve muy frenada. La sal común posee cierta acción bacteriostática, si bien existen unos cuantos microorganismos que crecen bien en su presencia. Otros componentes del humo de madera o de las especias agregadas en el escabechado ejercen un leve efecto retardador sobre la descomposición de origen bacteriano, distando normalmente mucho de ser el principal factor prolongador de la vida útil del producto.

DESECACION: La desecación se utiliza no sólo para preparar pescado seco, sino con la finalidad, de servir de etapa preliminar para la preparación de pescado ahumado y salazonado. Al practicar la desecación, son variables importantes la humedad del aire, velocidad con que éste circula sobre el pescado y temperatura reinan

te durante la desecación. La desecación natural al sol exige un clima de humedad bastante baja y también una temperatura relativamente alta o, en su defecto, vientos de cierta intensidad. Para lograr unifor-midad en la desecación hay que utilizar desecadores artificiales, en los que se con-trolan de manera más o menos perfecta las variables antes enumeradas. La humedad del aire se rebaja muchas veces comenzando por refrigerar éste (el aire frío contiene en estado de saturación mucho menos vapor de agua que el aire caliente), y luego volviendo a calentar. La aplicación de calor durante la desecación del pescado se lleva a cabo normalmente, colocando un radiador ca-lórico en la vía de entrada del aire, disponiendo hogueras bajo el pescado (en cuyo caso éste también resulta ahumado) o apro-vechando la acción térmica de los rayos infrarrojos. En algunos casos, para reducir la humedad de los pescados se recurre a su compresión, en especial cuando una parte de la humedad ya se eliminó, como en el sala-zonado.

SALAZONADO: El objetivo que se persigue al salazonar el pescado es eliminar humedad con la mayor velocidad, y a la vez, hacer que la sal penetre uniformemente en el seno de la carne del pescado. La acción conservadora principal se consigue con la reducción de la tasa de humedad. Sucede así porque sólo con concentraciones salinas fuertes, se interrumpe la mayor parte de la acción bacteriana, o por lo menos se retrasa mucho, por más que no afecte a los gérmenes halófilos.

Al salazonar el pescado, resulta de máxima importancia elegir los métodos que permitan una rápida eliminación de la humedad, junto con la más rápida penetración de la sal, ésto resulta especialmente importante en los climas cálidos, en los que los primeros signos de descomposición bacteriana aparecen enseguida, a menos que se aceleren los efectos conservadores del proceso de salazonado.

La penetración de la sal en el pescado, es más rápida cuando se utiliza cloruro sódico relativamente puro, que cuando lleva impure

zas. Las cantidades excesivas de sales de magnesio, que con frecuencia se hallan presentes en la sal común comercial, resultan en especial perjudiciales por retrasar la penetración de la sal en el pescado. En cambio, algunas de estas impurezas blanquean el pescado y proporcionan productos más pálidos. La temperatura del pescado y de la salmuera durante la salazón es otro factor importante. La elevación de la temperatura acelera la velocidad de penetración de la sal en el pescado. También incrementa, sin embargo, la intensidad de las alteraciones microbianas. La concentración de la sal en el exterior del pescado es por descontado, otro factor de importancia, ya que a concentraciones salinas elevadas corresponde una mayor rapidez en los fenómenos osmóticos y en la eliminación de humedad. Al estudiar en el pescado salazonado los factores determinantes de una rápida penetración de la sal antes de que aparezcan los primeros signos de alteración microbiana. Tressler comprobó que la manera de faenar el pescado, resulta de considerable importancia. La eliminación de la totali-

dad de la sangre, era detalle de especial trascendencia.

AHUMADO: El pescado ahumado se prepara combinando la salazón, desecación y ahumado. En los productos ligeramente ahumados, que comprenden las variedades más importantes producidas en Estados Unidos, algunos de los cambios más trascendentes ocurren durante las fases de salazonado y desecación. Así, gran parte del período que se consigue alargar la vida útil del pescado ligeramente ahumado, procede de la acción conservadora iniciada durante la sa lazón y se ve muy influida por la desecación que tiene lugar antes de iniciarse el proceso de ahumado. El brillo terso que presta al pescado un aspecto lustroso y que resulta de la formación de una película superficial, se produce durante las fases de salmuerado y desecación. El ahumado añade principalmente color y buqué, salvo en los productos muy ahumados, en los que la cantidad de formaldehído, fenoles y otras su stancias depositadas sobre las piezas proce dentes del humo, pueden ser suficientes co

mo para generar una parte importante del efecto conservador.

ESCABECHADO: En el pescado escabechado la acción conservadora, obedece principalmente al efecto combinado de la salazón, con la consiguiente sustracción de humedad, y del muy bajo pH que resulta del uso del vinagre. El pescado escabechado suele contener especias u otros aditivos destinados a mejorar su buqué, los cuales también pueden contribuir un tanto a la mejora de la calidad.

LA EFICACIA DEL SALADO Y SECADO: La eficacia del proceso de salado y secado es influenciada por un número de factores, los cuales también determinan finalmente la eficiencia del proceso.

A fin de obtener un nivel predeterminado de sal en la carne, los principales factores límites son:

1. Area de superficie disponible del pes-

cado tomado para salar, por ejemplo; grande en un pescado desmenuzado, y poco en un pescado entero. El mayor espesor del pescado disminuye la difusión de sal al centro.

2. Métodos de salado usados; así salmuera concentrada es más rápida que una salmuera pobre. Sin embargo, Tressler mostró que el salado con salmuera del pescado en general sufren mayor descomposición que esos curados en sal seca.
3. Pureza química y medida del grano de sal usado.
4. Temperatura ambiente; una temperatura más alta da mayor penetración a la sal usada. El pescado podría hacerse sobre salado a alta temperatura a menos que sea secado después de un muy corto tiempo de salmuera.
5. Calidad del material bruto; mientras más fresco es el pescado, menos sal se necesita.

6. Contenido de gordura del material bruto; a mayor gordura del pescado, más baja la razón de sal tomada.

Durante el secado subsiguiente la presencia de sal tiene los siguientes efectos:

1. Una mayor concentración de sal usada, reemplaza mayor cantidad de agua, por esto hay menos agua para remover del producto.
2. Una mayor concentración de sal en el producto, logra menor cantidad de agua para ser removida, y obtener un satisfactorio producto seco.
3. Mientras más alta la concentración de sal, más baja la razón del secado.
4. La sal absorberá humedad del aire a humedades relativas mayores al 75%, y bajo estas condiciones el secado es posible.

PRINCIPIOS DEL SECADO: El secado se efectúa por la remoción del

agua en calidad de gas por evaporación, así como en la fase líquida por simple drenado o apisonado. El proceso siguiente es llevado a cabo por el efecto osmótico de la sal. Con o sin sal, el secado hace decrecer la actividad del agua del producto, haciéndolo más estable al deterioro.

Durante el proceso de evaporación hay dos distintas fases:

1. El período de razón constante; ocurre la evaporación del agua de la superficie la cual es dependiente de la temperatura del aire y su velocidad, humedad relativa y área de la superficie expuesta al aire. Si esas condiciones permanecen constantes la razón de secado será constante.
2. Período de razón decreciente; una vez que el agua de la superficie es perdida, el agua debe emigrar desde el centro del producto. La migración se vuelve más baja mientras el secado se efectúa, y la razón de secado depende del

espesor, temperatura, y contenido de agua del pescado, también factores tales como cantidad de grasa en el tejido, el cual puede bajar la migración de agua.

Si el **secado** del **pescado salado** es llevado a cabo demasiado rápido, una capa superficial dura de sal se desarrollará en combinación con reacciones orgánicas superficiales complejas. Esto actúa como una barrera para la futura transmisión de agua, esto es conocido como "en durecimiento superficial". Un producto endurecido superficialmente podría aparentar estar totalmente seco, y aún en el centro puede estar completamente húmedo y propenso al daño.

En la Figura 1.1 se muestra una curva típica de la variación del contenido de humedad (gramos de humedad/gramos de só lido seco) en el pescado, en función del tiempo utilizado en los períodos de secado.

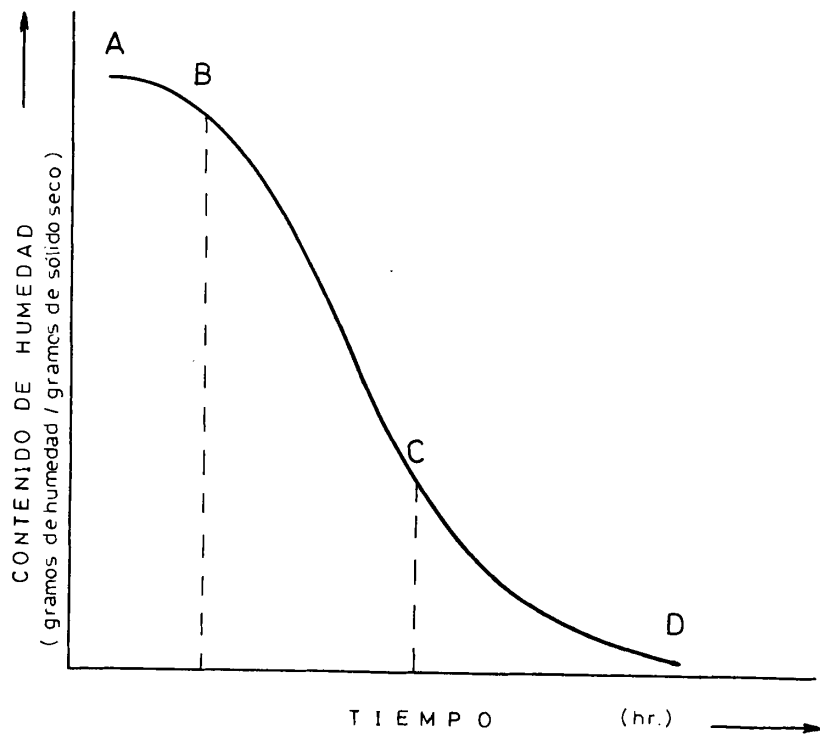


FIGURA 1.1 CURVA TIPICA DE SECADO DEL PESCADO

A - B : Período de sedimentación

B - C : Período de razón constante; mayor pérdida de agua, tan rápidamente como es removida es reemplazada por la humedad del interior.

C - D : Período de razón decreciente; la superficie comienza a secarse en C (contenido crítico de humedad), y la temperatura de la superficie comienza a elevarse hacia la temperatura ambiente.

PROCESO DE SECADO POR AIRE: El pescado puede ser secado al aire libre o en cámaras que permiten controlar la temperatura, la velocidad, y la humedad del aire.

El secado exterior requiere aire caliente, baja humedad y viento. Es aún usado en áreas del mundo donde las condiciones climáticas son favorables o donde los secado-

res mecánicos no son disponibles. El pescado que tiene bajo contenido de grasa (menos del 2%) son considerados mejores para el secado por aire. Generalmente requiere cerca de dos semanas para secar el pescado en el exterior, y en lugares húmedos. Cuando el pescado es finalmente secado, es removido del bastidor, en un día de secado solamente, y puede ser fácilmente apilado o suspendido para el almacenamiento.

Aunque los secadores mecánicos representan un capital añadido sobre el secado al aire libre, ellos tienen la ventaja de las condiciones controladas, alrededor de un año de operación, y libre de contaminación por pájaros, animales, insectos y aire contaminado. Cuando comenzaron a usarse estos dispositivos, fue común elevar la temperatura o la velocidad del aire excesivamente, hasta que se descubrió, cocinado, superficie endurecida y decoloración; resultado de la temperatura que excedía los 30 °C y velocidades de aire que excedían los 91 m/min. Además, estas condiciones han resultado en un gasto innecesario de energía. Por otra

parte, cuando la temperatura y/o la velocidad de aire es muy baja, la rapidez de secado es innecesariamente retardada.

El secado debe ser efectuado a la temperatura más alta posible, sin causar daño al producto. Durante la etapa de secado inicial, la temperatura del aire puede ser más alta que la de la etapa posterior, porque la evaporación del agua de la superficie es rápida y tiende a enfriar el producto; sin embargo Probhu (1963) y Balachandran (1969) mostraron que a una temperatura más alta de 50 °C se efectuaba el cocido, y entre 45 y 50 °C, fue la temperatura óptima del aire, en general la temperatura del aire debe ser mantenida entre 25 y 30 °C, esto puede ser una dificultad en países tropicales, sin embargo trabajos experimentales efectuados en túneles secadores en países calientes por ejemplo el sur de Brasil, ha mostrado que puede ser producido un producto localmente aceptable.

La humedad relativa del aire es importante por dos razones: controla la rapidez de se-

cado e influencia la apariencia del produc
to final.

Mientras más seco es el aire, mayor es la rapidez del secado, sin embargo si durante el período de rapidez constante, la humedad relativa es muy baja, el pescado tenderá a secar muy rápido en la superficie y se vuel
ve una superficie endurecida. Esto retar
da el flujo de humedad del interior del pes
cado a la superficie, e incrementa considerablemente el tiempo de secado; es durante la etapa más tardía del período de rapidez constante de secado cuando la superficie endurecida puede ocurrir, y es usualmente aconsejable levantar la humedad relativa durante este período.

La humedad relativa óptima durante la prime
ra etapa de secado debe ser aproximadamente del 30 al 40%, mientras en la segunda etapa de este período debe ser incrementado de 50 a 60%, a una humedad relativa mayor a 75%, el secado es virtualmente imposible.

Alta velocidad de aire dá como resultado un más rápido y parejo secado especialmente en

el inicio del proceso, asegurando la más rápida remoción de aire húmedo y más uniforme distribución de temperatura, aquí, ciertas consideraciones deben efectuarse entre la cantidad de energía gastada en la circulación del aire y el beneficio ganado en el secado por una más rápida circulación de aire; en la práctica más económico es usar una velocidad constante de aire de 100 m/min., el cual dá como resultado una satisfactoria rapidez de secado y circulación de aire.

1.2.2 Procesado del pescado salazonado.-

IMPORTANCIA DE LA CALIDAD: Antes de mencionar el proceso de la preparación del pescado, la importancia del control de calidad anterior a, y durante el procedimiento, también como después del proceso, deben ser considerados.

El control de calidad no solamente encierra la actual materia bruta sino que también genera trabajo, e involucra a trabajadores, equipos y control del proceso. A menudo en

Africa por ejemplo, donde tradicionalmente el pescado que no es apto para el mercado o son devueltos frescos, o son usados para el curado; la calidad de este pescado es pobre. El curado no mejorará la calidad del pescado, aunque es reconocido que un grado de dañado podría resultar como mejor producto desde el punto de vista del consumidor, el deterioro incontrolado puede resultar peligroso cuando las bacterias patógenas están presentes.

CUCHILLOS: Los cuchillos son la herramienta básica para la preparación del pescado y viene en muchas formas y medidas. El escoger un cuchillo en particular para un propósito específico es usualmente materia de preferencia personal.

Los cuchillos modernos son manufacturados de acero inoxidable, los cuales aunque más difíciles de afilar, no se llenan de moho; éstos a menudo tienen mangos plásticos los cuales han reemplazado grandemente al tradicional tipo de palo de rosa, son facilmente limpiables, y por ésto, más higiénicos en la operación.

HIGIENE: Antes de llevar a cabo cualquier operación con el proceso del pescado, ciertas normas básicas de higiene deben ser satisfechas, sea que la operación sea efectuada sobre el barco o en la playa.

El mayor objetivo de la higiene es conservar el pescado limpio, con el aseo generalmente se reduce el peligro de contaminación; el aseo es requerido en todas las etapas del manipulado y preparación del pescado, y debe ser extendido no solamente a la superficie de trabajo y herramientas, sino que también al personal, su ropa de trabajo, y lugar de construcción de los buques.

Toda superficie de trabajo no debe ser absorbente, preferible de metal o madera dura y pisos de excelente drenado; concreto, tejas, o de piedra pulida. El buen drenaje es un requisito para la preparación del pescado cuando superficies y pisos están sometidos a grandes cantidades de agua. Las superficies y herramientas deben ser totalmente limpiadas al final de cada día con un adecuaado detergente y/o abundante agua de pre-

ferencia con cloro. Si las superficies van a ser lavadas en el mar, el agua cercana a la playa no debe ser usada, ya que contiene un gran número de bacterias, especialmente esas concernientes a la salud pública.

CUIDADO EN LA PREPARACION DEL PESCADO: El pescado debe ser manejado siempre con cuidado para prevenir daño físico. El mantenimiento de temperaturas frías usando hielo está en todas las etapas del manejo, de gran importancia especialmente en climas tropicales donde el daño es extremadamente rápido. El hielo no solamente conserva el pescado frío, sino que también ayuda a remover de la superficie fango con bacterias, y otros contaminantes en el agua derretida. Muchos viajes pueden resultar vanos, si al regresar al puerto la captura se ha dañado debido simplemente a la insuficiencia o carencia de hielo. Donde el hielo no es disponible, el tiempo de duración de los viajes deben ser lo suficientemente cortos para permitir que el pescado sea desembarcado en buenas condiciones, siempre menos de un día. En cualquier situación,

el pescado debe ser guardado fuera de la luz directa del sol, preferible en cajas o bajo lonas secas u hojas de palma.

Una alternativa cuando el hielo no es disponible, pero donde el espacio es aprovechable sobre el barco, es salar el pescado en el mar. Lavando el pescado antes de cualquier operación de cortado, es importante remover las bacterias encontradas en la superficie del pescado, especialmente en el cuero lustroso. El agua potable conteniendo cloro de 0.1 - 1.3 ppm., puede re mover más del 90% de las bacterias presentes en la superficie del pescado. Un 10% de salmuera o agua de mar (no la de la costa) puede ser usada como una alternativa.

PREPARACION DEL PESCADO PARA EL SALADO: Algunas definiciones:

1. Filete: La carne desnuda cortada del pescado, representando el bloque muscular adyacente a la espina dorsal. Un filete simple es un filete de sólo un lado del pescado, mientras que un blo-

que de filete, es de ambos lados unidos a lo largo de la espina dorsal. El pescado puede filetearse ya sea usando las manos o una máquina, y ésto es a menudo efectuando antes del congelado, ahumado, salado, enlatado, desmenuzado y donde el pescado va a ser vendido fresco.

2. Pescado Viscerado: Un pescado del cual la masa de vísceras han sido removidas. Es práctica normal entre pescadores de agua templada, especialmente con el pescado blanco; para vicerar el pescado en el mar es generalmente aceptado que el pescado de agua fría sea mejor guardado en hielo. En los trópicos sin embargo esto podría tener una ligera ventaja como ha sido mostrada en pruebas, la calidad de las especies de pescado de agua caliente generalmente se mantienen por más largo período que las especies de agua templada (Curran & Disney 1979).

Adicionalmente, la operación de cortado tal como viscerado y acanalado en el mar, no puede ser efectuado en pequeñas embarcacio-

nes con el mismo grado de higiene como en tierra, y sin disponer de la abundante cantidad de hielo usado, se recomienda que en lo posible este proceso sea efectuado después que el pescado ha sido desembarcado.

1.2.3 Propiedades de la sal.-

Beatty y Fougere señalan que la sal más adecuada para la salazón comercial del pescado es una mezcla en volúmenes iguales de sal gorda (partículas hasta de 6 mm., de diámetro) y sal evaporada fina. La primera tiene la ventaja de distribuirse uniformemente sobre el pescado y poseer menor tendencia a aglutinarse; la segunda penetra con mayor rapidez en el seno del pescado. La sal estará ausente de bacterias halófilas y contendrá escasa cantidad de impurezas, en particular compuestos de magnesio hierro y cobre. Cantidades muy pequeñas de compuestos de magnesio pueden proporcionar un pescado salazonado más blanco, pero la presencia de más de unas décimas por ciento retardará la penetración en el pescado.

CANTIDAD DE SAL A USAR: Esto depende en mucho del nivel de sal requerida en el producto final, el proceso a usarse (salazón en seco o escabechado) y la temperatura. Otros factores que afectan al salado han sido referidos ya en la sección 1.2.1 en la eficacia del salado y secado. La F.A.O., recomienda condiciones de salado para climas templados de la siguiente manera.

TABLA 1.4

CURADO KENCH		ESCABECHADO	
Salado Ligero	Salado Fuerte	Salado Ligero	Salado Fuerte
1 parte de sal 8 partes de pescado.	1 parte de sal 2 partes de pescado.	1 parte de sal 10 partes de pescado.	1 parte de sal 3 partes de pescado.
6 - 8 días	21 - 30 días	3 - 4 días	12 - 18 días

En este caso la temperatura ambiente debe ser menor a 15 °C, las condiciones ideales de frío son 5 °C. Sin embargo en climas tropicales y subtropicales, el tiempo de salado es grandemente reducido y es usualmente un máximo de 48 horas. Después de este tiempo el pescado puede no ser completamen-

te calado, sin embargo habrá sido absorbi-
da suficiente sal como para permitir un cu
rado efectivo (Jarvis 1950). Muchos pesca-
dos pequeños requieren aún tiempos más cor
tos, así el cabezudo puede requerir sola-
mente de 24 a 36 horas en sal.

Los métodos de salado, sea para aplicación
en los trópicos o para aplicación en climas
templados son sin embargo similares, siendo
la principal diferencia en el período de ca
lado. Sin embargo en climas cálidos, mu-
chos de los métodos aplicados a climas
fríos no son apropiados, y cualquier mala
aplicación, en la mayoría de las situacio-
nes conducirá a productos de calidad infe-
rior.

CAPITULO II

2. INGENIERIA DEL PROYECTO.-

2.1 ANTECEDENTES.-

2.1.1 Radiación solar disponible sobre la superficie de la Tierra.-

La radiación solar llega a la Tierra en la forma de ondas electromagnéticas. La mayoría de esta energía está contenida entre las longitudes de onda de aproximadamente 0.28 hasta 4 micrones. La intensidad de esta radiación fuera de la atmósfera de la tierra es aproximadamente 1.94 cal/cm.min., o 429 BTU/hr-pie. A medida que la radiación del Sol pasa a través de la atmósfera de la Tierra, es dispersada y absorbida por polvo, vapor de agua, ozono y otras moléculas de gas, por lo que la intensidad de la radiación llegada a la superficie terrestre es solamente alrededor de 1 cal/cm.min. A una mayor masa de aire (más larga la longitud de la trayectoria a través de la atmós

fera, la cual depende del tiempo del año), es más pequeña la fracción de radiación que alcanza la superficie terrestre. Algo de la radiación que es dispersada por la atmósfera, sin embargo alcanza la superficie terrestre en la forma de radiación difusa.

La cantidad de radiación directa (es decir, no difusa), que llega a una superficie particular sobre el suelo depende de cierto número de factores. Depende de la altitud del Sol (el ángulo sobre la horizontal) el cual a su vez depende de la latitud de dicha superficie, de la declinación del Sol y de la hora del día. La elevación sobre el nivel del mar (presión barométrica) también afecta la masa de aire. El ángulo de incidencia y el ángulo entre los rayos solares directos y una línea normal a la superficie irradiada, afecta la intensidad de la radiación. La orientación de la superficie en relación al Sol (el ángulo azimutal de la pared y la inclinación de la superficie) y la altitud solar determinan el ángulo de incidencia. El ángulo de incidencia es también importante porque determina cuanto de

la radiación directa es reflejada, transmi
tida y absorbida.

Además de la radiación directa, una super-
ficie particular también absorbe radiación
difusa y algo de radiación solar reflejada
por las superficies de los alrededores.

Si no hubiera nubes, la radiación directa
sería la fuente predominante de radiación
sobre una superficie receptora. La cubier
ta de nubes existe sin embargo y es bastan
te variable e impredecible. Esta cubierta
incrementa la fracción de la radiación to-
tal que es difundida y dificulta hacer es-
timaciones de radiación solar total recibi
da sobre una superficie. Los registros de
la radiación solar local, preferiblemente
sobre un largo período de tiempo, son la
mejor estimación cuando tales registros es
tán disponibles. Cuando los datos de ra-
diación real no son recopilados, pero el
porcentaje de luz de Sol posible lo está,
es bastante fácil hacer estimaciones razo-
nablemente precisas de radiación solar.
Una superficie horizontal recibe un rango
grande de radiación solar real a través de

todo el mundo y durante todo el año. Alguno de los sitios más pobres en radiación (excluyendo latitudes extremas) pueden apenas recibir 300 BTU/pie-día en los meses de verano. Promediando sobre el año entero algunos de estos sitios pueden recibir menos de 1000 BTU/pie-día y alguno de los sitios de mayor radiación, pueden recibir sobre 2000 BTU/pie-día.

2.1.2 Ángulos básicos Tierra-Sol.-

La posición de un punto P sobre la superficie de la Tierra, se conoce en cualquier instante con respecto a los rayos del Sol si se conocen la latitud ϕ , el ángulo horario ω del punto y la declinación del Sol δ . Estos ángulos fundamentales se ilustran en la Fig. 2.1 el punto presenta un lugar en el hemisferio norte.

La latitud ϕ es la distancia angular del punto P (norte o sur) al Ecuador. Es el ángulo entre la línea \overline{OP} y la proyección de \overline{OP} sobre el plano ecuatorial. El punto O representa el centro de la Tierra.

El ángulo horario ω es el ángulo medio sobre el plano ecuatorial de la Tierra entre la proyección de \overline{OP} y la proyección de la línea que une el centro del Sol con el centro de la Tierra. En el mediodía solar, el ángulo horario es cero. El ángulo horario expresa el tiempo del día con respecto al mediodía solar. Una hora de tiempo está representada por $360/24 = 15$ grados de ángulo horario.

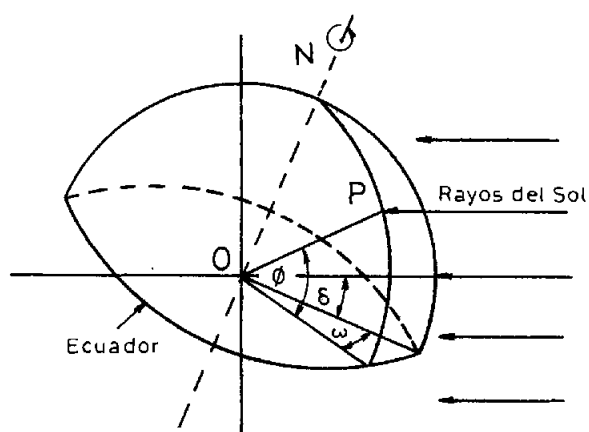


FIGURA 2.1 LATITUD, ANGULO HORARIO Y DECLINACION DEL SOL.

La declinación del Sol δ es la distancia angular de los rayos del Sol (norte o sur) al Ecuador. Es el ángulo entre una línea

trazada desde el centro del Sol al centro de la Tierra, y la proyección de esta línea sobre el plano ecuatorial de la Tierra.

La Figura 2.2 ilustra esquemáticamente una esfera celeste donde la Tierra se ha tomado

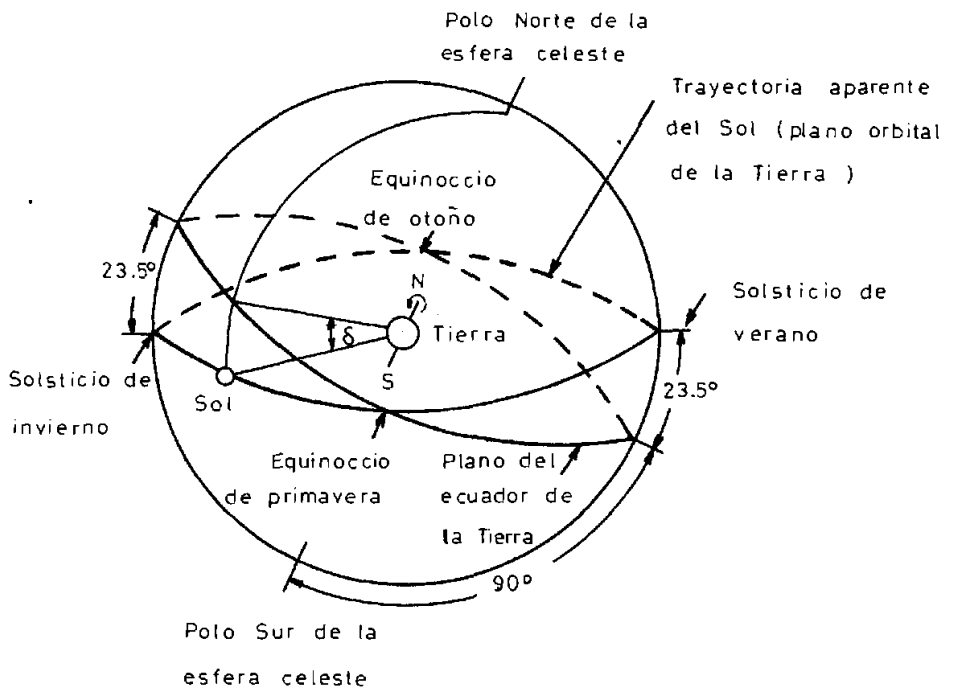


FIGURA 2.2 ESFERA CELESTE ESQUEMATICA MOSTRANDO LA TRAYECTORIA DEL SOL Y EL ANGULO DE DECLINACION DEL SOL.

como centro del Universo. Paracería que el Sol se mueve en el plano de la órbita de la Tierra. La Fig. 2.2 ilustra el ángulo de declinación del Sol. En la época del solsticio de invierno los rayos del Sol, estarán 23.5 grados al sur del Ecuador de la Tierra ($\delta = - 23.5^\circ$) en la época del solsticio de verano, los rayos del Sol están 23.5° al norte del Ecuador terrestre ($\delta = 23.5^\circ$). En los equinoccios, la declinación del Sol será cero. La Fig. 2.3 ilustra, aproximadamente la variación de la declinación del Sol a lo largo del año. A causa de que el período de una revolución completa de la Tierra alrededor del Sol no coincide exactamente con un año calendario, la declinación del mismo día varía ligeramente de un año a otro.

Se pueden obtener valores precisos para un año particular en tablas astronómicas, tales como las American Ephemeris and Nautical Almanac. En cálculos ordinarios es suficientemente preciso utilizar los valores de cualquier año.

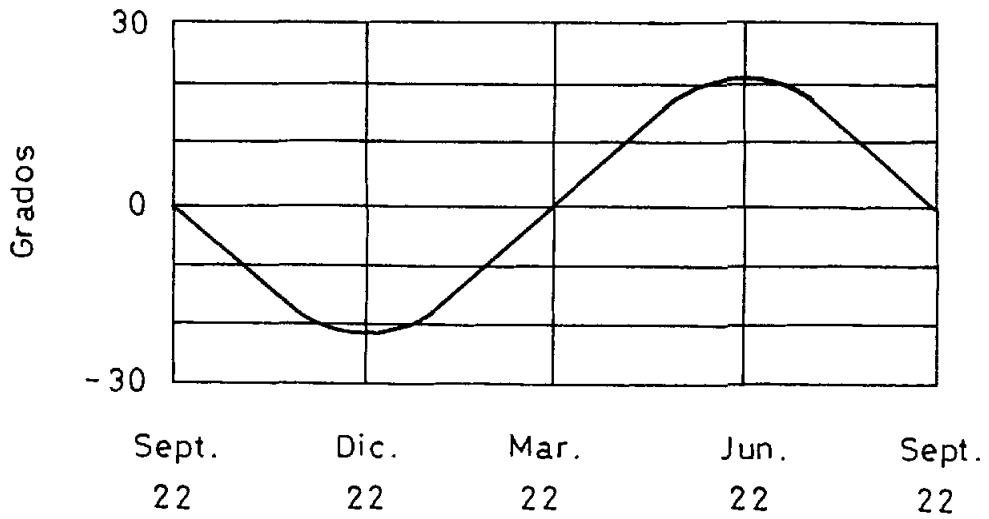


FIGURA 2.3 VARIACION DE DECLINACION DEL SOL

Para efecto de cálculos, es necesario adoptar una convención de signos para los ángulos básicos.

ϕ = latitud (norte positivo)

δ = declinación (norte positivo)

ω = ángulo horario (mañana positivo y tarde negativo).

La latitud ϕ , es uno de los parámetros que identifican un lugar en la Tierra.

La declinación δ , puede ser encontrada de la ecuación aproximada de Cooper (1969) (5).

$$\delta = 23.45 \text{ Sen } \left(360 \frac{284 + n}{365} \right) \quad (2.1)$$

donde n es el día del año.

El ángulo horario ω , considera el medio día como cero y puede ser encontrado por la ecuación. (13).

$$\omega = (12 - HS) \text{ hr} \times 15^\circ$$

La hora solar HS, no coincide con la hora local, es necesario convertir el tiempo estándar a tiempo solar, aplicando dos correcciones. Primero, hay una corrección constante para cualquier diferencia en longitud entre la localización y el meridiano, sobre el cual el tiempo estándar local está basado; la segunda corrección es desde la ecuación de tiempo la cual toma en cuenta, las

varias perturbaciones en la órbita de la Tierra y rapidez de rotación, la cual afecta el tiempo que el Sol parece cruzar el meridiano del observador. El tiempo solar puede ser obtenido del tiempo estándar por la siguiente relación, (5):

$$HS = HE + E + 4 (L_E - L_{loc}) \quad (2.2)$$

Donde HE es la hora estándar o local; E es la ecuación de tiempo, sacada de la Tabla 2.1, en minuto; L_E es el meridiano estándar para el tiempo local de la zona; y L_{loc} la longitud de la localización en cuestión en grados Oeste.

2.1.3 Ángulos solares derivados.-

Además de los tres ángulos básicos, latitud, ángulo horario y declinación del Sol, la posición de éste, relativo a un plano no horizontal, puede ser descrito en términos de varios ángulos, así:

S = ángulo entre la horizontal y el plano, es decir la inclinación.

TABLA 2.1

MES	ECUACION DE TIEMPO MIN.	DECLINACION GRADOS	C
Enero	- 11.2	- 20.0	0.058
Febrero	- 13.9	- 10.8	0.060
Marzo	- 7.5	0.0	0.071
Abril	+ 1.1	+ 11.6	0.097
Mayo	+ 3.3	+ 20.0	0.121
Junio	- 1.4	+ 23.45	0.134
Julio	- 6.2	+ 20.6	0.136
Agosto	- 2.4	+ 12.3	0.122
Setiembre	+ 7.5	0.0	0.092
Octubre	+ 15.4	- 10.5	0.073
Noviembre	+ 13.8	- 19.8	0.063
Diciembre	+ 1.6	- 23.45	0.057

χ_s = el ángulo azimut superficial, que es, la desviación de la normal a la superficie desde el meridiano local, se considera el Sur como punto cero, el Este positivo y el Oeste negativo.

θ = el ángulo de incidencia de la radiación directa, siendo medido el ángulo entre el rayo y la normal al plano.

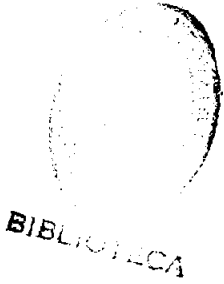
θ_z = el ángulo zenit, que es medido entre el rayo desde el Sol y la vertical.

α = el ángulo de altitud solar, medido entre el rayo desde el Sol y la horizontal, igual a $(90^\circ - \theta_z)$.

La relación entre θ y los otros ángulos de interés es dado por⁽⁵⁾:

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \text{Sen } \delta \text{ Sen } \phi \text{ Cos } S - \text{Sen } \delta \text{ Cos } \phi \text{ Sen } S \text{ Cos } \chi_s \\ & + \text{Cos } \delta \text{ Cos } \phi \text{ Cos } S \text{ Cos } \omega \\ & + \text{Cos } \delta \text{ Sen } \phi \text{ Sen } S \text{ Cos } \chi_s \text{ Cos } \omega \\ & + \text{Cos } \delta \text{ Sen } S \text{ Sen } \chi_s \text{ Sen } \omega \end{aligned} \quad (2.3)$$

Debe tenerse mucho cuidado en el uso de cual



quier fuente de información de estos ángulos, ya que las definiciones y signos de sus autores no son entendidos. La declinación puede ser convenientemente determinada de la Tabla 2.1. Estos ángulos y las relaciones entre ellos viene de Benford y Bock (1939).

2.1.4 Radiación solar directa y difusa.-

Por medio de análisis de datos de radiación se ha determinado que la variación en la radiación total emitida por el Sol, es probablemente menos del $\pm 1.5\%$ {ver Moon (1940) o Thekaekara (1965)} . Para propósito de procesos térmicos que usan energía en grandes fracciones del total del espectro solar, y donde la transmitancia de la atmósfera es de mayor incertidumbre, la emisión de la energía por el Sol puede ser considerada como constante.

La variación en la distancia Tierra - Sol hace sin embargo al flujo de radiación extraterrestre oscilar en el rango del $\pm 3\%$. La dependencia de la radiación extraterrestre

tre con el tiempo del año es mostrada en la Fig. 2.4

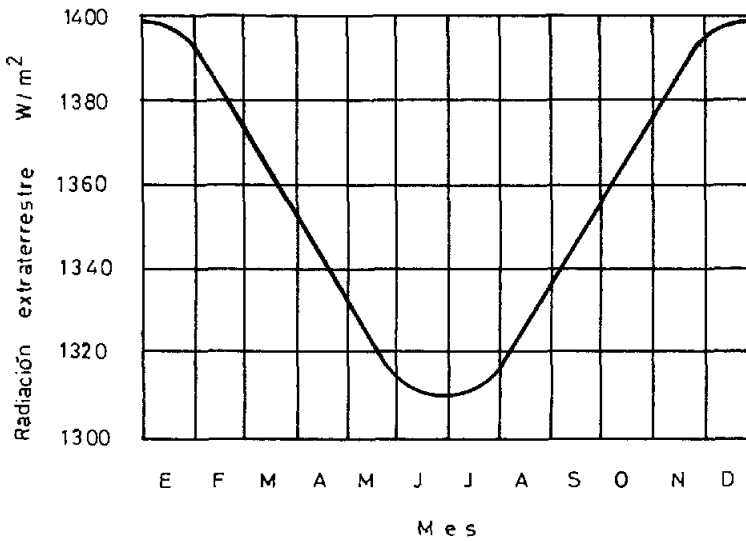


FIGURA 2.4 VARIACION DE LA RADIACION SOLAR EXTRA-TERRESTRE CON EL TIEMPO DEL AÑO.

La radiación solar al cruzar la atmósfera compuesta por una masa de aire, da origen a la radiación solar directa, radiación solar difusa, y, radiación solar reflejada que están en el rango de las ondas cortas (0.3 a 3.0 μm .).

La radiación directa, es la radiación solar recibida desde el Sol sin cambio de dirección.

La radiación difusa, es la radiación solar recibida desde el Sol, después que su dirección ha sido cambiada por reflexión y dispersada por la atmósfera.

La radiación solar reflejada, es aquella que de manera difusa es reflejada por la superficie terrestre y sus alrededores.

La radiación normal incidente recibida en la superficie de la Tierra desde el Sol es sujeta a variaciones debido a,

1. Variaciones de la distancia de la Tierra al Sol.
2. Variación en la dispersión atmosférica por las moléculas de aire, vapor de agua, y polvo.
3. Variación en la absorción atmosférica por O_2 , O_3 , H_2O y CO_2 .

La radiación normal incidente sobre la atmósfera de la Tierra tiene una distribución espectral, indicada en la Fig. 2.5. (5).

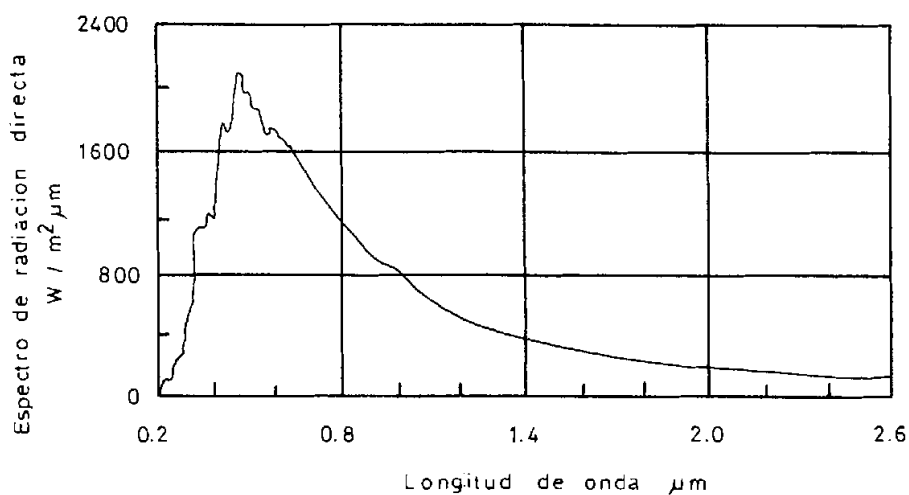


FIGURA 2.5 LA NASA (1971) RADIACION ESPECTRAL ESTANDAR A LA DISTANCIA MEDIA SOL-TIERRA Y UNA CONSTANTE SOLAR DE 13.53 W/m².

Los componentes de la atmósfera dispersan una porción de la radiación solar, y algo de esta radiación dispersada llega a la tierra. Así hay siempre algo de radiación difusa aún en períodos de cielo muy claro. Las partículas de agua y sólidos en las nubes dispersan la radiación y en períodos de fuerte nubosidad, toda la radiación que llega a la tierra será difusa. Una buena discusión sobre radiación difusa (dispersada por atmósfera clara o nublada) es provista por Fritz (1958).



BIBLIOTECA

La dirección de la radiación directa resulta de las relaciones geométricas entre un plano de cualquier orientación particular relativo a la tierra en cualquier tiempo (sea que el plano esté fijo con movimiento en relación a la Tierra), y la radiación solar directa entrante, que es, la posición del Sol relativa a ese plano, puede ser descrita en términos de varios ángulos conforme ha sido tratado en la sección 2.1.3.

La dirección de la radiación difusa es más difícil encontrar, ya que esta radiación (por definición) viene de partes del domo del cielo. La distribución de la radiación difusa sobre el cielo es altamente variable dependiendo de las condiciones atmosféricas.

Los colectores de placa plana, absorben tanto la componente de radiación solar directa como difusa; a fin de usar los datos de radiación total horizontal para hallar estos parámetros, es necesario transformar el modelo derivado en ASHRAE; aquí se considera que la radiación sobre una superficie inclinada debe tener tres componentes; radiación

solar directa, radiación solar difusa y, radiación solar reflejada desde la tierra la cual "ve" la superficie inclinada.

Una superficie inclinada a un ángulo S de la horizontal, recibe una radiación que es función de la radiación incidente para una superficie inclinada y horizontal, considerando sólo la radiación directa⁽¹³⁾.

$$I_{I_b} = I_{DN} \cos \theta_I \quad (2.4)$$

$$I_{TH_b} = I_{DN} \cos \theta_Z \quad (2.5)$$

donde $\cos \theta_I$ y $\cos \theta_Z$ son encontrados de la ecuación (2.3).

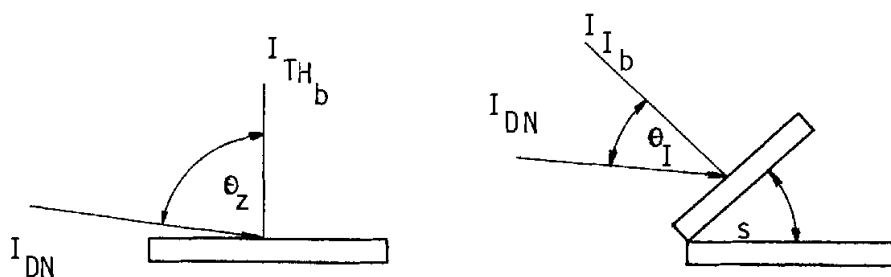


FIGURA 2.6 RADIACION SOBRE UNA SUPERFICIE INCLINADA Y UNA HORIZONTAL.

Para la radiación difusa y reflejada se puede decir que, la superficie inclinada ve una porción del domo del cielo dado por $(1 + \text{Cos } S)/2$; si la radiación solar difusa es uniformemente distribuida sobre el domo del cielo; esto es también el factor de conversión para la radiación difusa. La superficie inclinada también "ve" tierra u otros alrededores, y si esos alrededores tienen una reflectancia de ρ_g para radiación solar, la radiación reflejada desde los alrededores sobre la superficie desde la radiación solar total es:

$$I_r = I_{TH} (1 - \text{Cos } S) \rho_g / 2 \quad (2.6)$$

y la radiación difusa:

$$I_d = C I_{DN} (1 + \text{Cos } S) / 2 \quad (2.7)$$

donde C es una constante para cada mes del año y puede ser encontrado en la Tabla 2.1 I_{TH} es la radiación total horizontal medida por los instrumentos. Combinando los tres términos, la radiación solar total sobre una superficie inclinada en cualquier tiempo es:

$$I_I = I_{DN} \cos \theta_I + C I_{DN} \frac{(1 + \cos S)}{2} + I_{TH} \frac{(1 - \cos S)}{2} \rho_g \quad (2.8)$$

Una superficie horizontal carece de radiación solar reflejada, ya que el factor de corrección es reducido a cero, y el factor de radiación difusa es convertido en la unidad, de tal forma que para una superficie horizontal.

$$I_{TH} = I_{DN} \cos \theta_Z + C I_{DN} \quad (2.9)$$

De (2.8) y (2.9) podemos obtener

$$I_I = I_{TH} \frac{1}{\cos \theta_Z + C} \left(\cos \theta_I + \frac{1 + \cos S}{2} C \right) + \frac{1 - \cos S}{2} \rho_g \quad (2.10)$$

Que es la radiación solar total sobre una superficie inclinada, que considera los datos de radiación solar total medida por instrumentos en una estación meteorológica.

La reflectancia ρ_g es encontrada en la Tabla 2.2 en la cual se dan para distintas calidades de superficies y dependiendo del ángulo zenit, algunos valores de interés.

TABLA 2.2

	20°	30°	40°	50°	60°	70°
Concreto nuevo	0.31	0.31	0.32	0.32	0.33	0.34
Concreto viejo	0.22	0.22	0.22	0.23	0.23	0.25
Césped	0.21	0.22	0.23	0.25	0.28	0.31
Roca	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Terreno bituminoso	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14

2.1.5 Absorción, reflexión y transmisión de la radiación.-

La radiación térmica es la transferencia de calor de un cuerpo a otro de menor temperatura, por medio de ondas electromagnéticas que atraviesan un medio separador, estas ondas de radiación térmica tienen propiedades similares a los otros tipos de ondas electromagnéticas, difiriendo sólo en su longitud de onda. La mayor parte de la radiación térmica se presenta en la zona infrarroja, aunque en la radiación solar un significativo porcentaje de la energía transferida, está en el espectro visible de longitudes de onda. Aunque los diferentes tipos de ondas de radiación tienen propieda-

des similares, sus efectos pueden ser muy diversos.

La radiación térmica atraviesa el vacío a la velocidad de la luz (300.000 km/s), atraviesa medios homogéneos en línea recta, genera calor cuando choca con un cuerpo que la absorbe, y se refleja o refracta tal como lo hace la luz.

Cuando un rayo de radiación térmica choca contra una superficie, parte de la radiación incidente puede ser reflejada, parte puede ser absorbida, y parte puede ser transmitida.

Para superficies opacas, la suma de la absorptividad y reflectividad debe ser la unidad. Si la superficie es transparente a la radiación incidente a cualquier grado, la suma de la absorptividad, reflectividad y transmisividad debe ser la unidad. Esta relación se reserva para superficies o capas de un material de espesor finito. La transmisividad, como la reflectividad y absorptividad, es una función de la longitud de onda, ángulo de incidencia de la radia-

ción entrante, el índice de refracción n , y el coeficiente de extinción K , del material. Estrictamente hablando n y K son función de la longitud de onda de la radiación, pero para la mayoría de las aplicaciones de la energía solar, pueden ser asumidas como independientes de la longitud de onda. Revisiones útiles de consideraciones importantes de la transmisión de radiación solar han sido presentadas por Dietz (1954-1963).

Un material cobertor usado en aplicaciones solares, requiere la transmisión de la radiación a través de una plancha o película de material, dando lugar a dos interfases por cobertura para causar pérdidas por reflexión. La transmisividad solar (debido a la reflexión) del vidrio, con un índice de refracción promedio de 1.526 en el espectro solar, ha sido calculado para todos los ángulos de incidencia.

Los resultados para coberturas de 1 a 4 vidrios son dados en la Fig. 2.7, esta figura es un cálculo nuevo de los resultados presentados por Hottel and Woertz (1942).

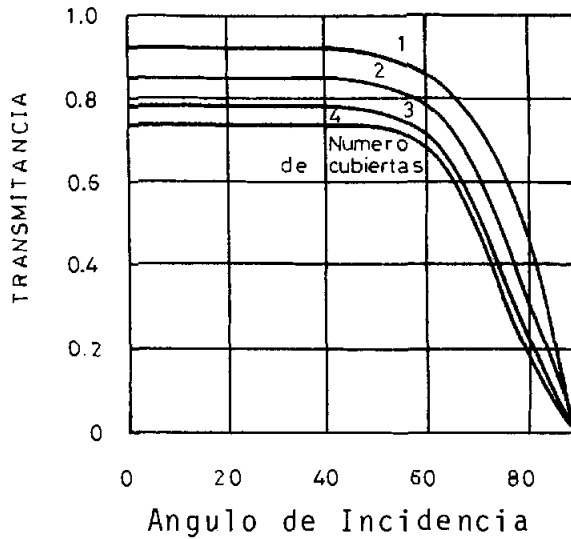


FIGURA 2.7 TRANSMITANCIA DESPRECIANDO LA ABSORCION (ES DECIR, DEBIDO A LA REFLEXION SOLAMENTE) DE 1,2,3,4 COBERTURAS CON UN INDICE DE REFRACCION DE 1.526.

El vidrio, es el material más comúnmente usado como material cobertor en colectores solares, puede absorber poco del espectro de la energía solar, si su contenido de Fe_2O_3 es bajo; si el Fe_2O_3 es alto, él absorberá en la porción infrarroja del espectro solar. La transmisividad de varios vidrios de diverso contenido de hierro es mostrado en la Fig. 2.8. Esto muestra claramente que "el agua blanca" vidrio de bajo hierro tiene la mejor transmisión; vidrios de alto Fe_2O_3 tienen una apariencia verdosa y son relativamente pobres transmisores. Note que la transmisión no es una función

fuerte de la longitud de onda en el espectro solar, excepto para vidrio "absorbedor de calor". Las curvas también muestran que el vidrio se vuelve sustancialmente opaco para longitudes de onda mayores de cerca $3.0 \mu\text{m}$., así que el vidrio puede ser considerado como opaco para la radiación de onda larga.

La película plástica puede ser considerada también como un material cobertor para colectores solares. En general, tendrá transmisividades las cuales son más dependientes de la longitud de onda que el vidrio.

Para la mayoría de plásticos, la transmisividad también será significativa en el espectro infrarrojo a $\lambda < 3 \mu\text{m}$. La figura 2.9 muestra la curva de transmisividad para un polivinil fluoruro "Tedlar" para longitudes de onda mayores a $2.5 \mu\text{m}$. Whillier (1963) calculó la transmisividad de una película "Tedlar" similar para radiación de fuentes de cuerpo negro a temperaturas de 0°C a 200°C . El encontró que la transmisividad fue 0.32 para la radiación de fuente de cuer

po negro a 0 °C; 0.29 para la fuente a 100°C,
y 0.32 para la fuente a 200°C.

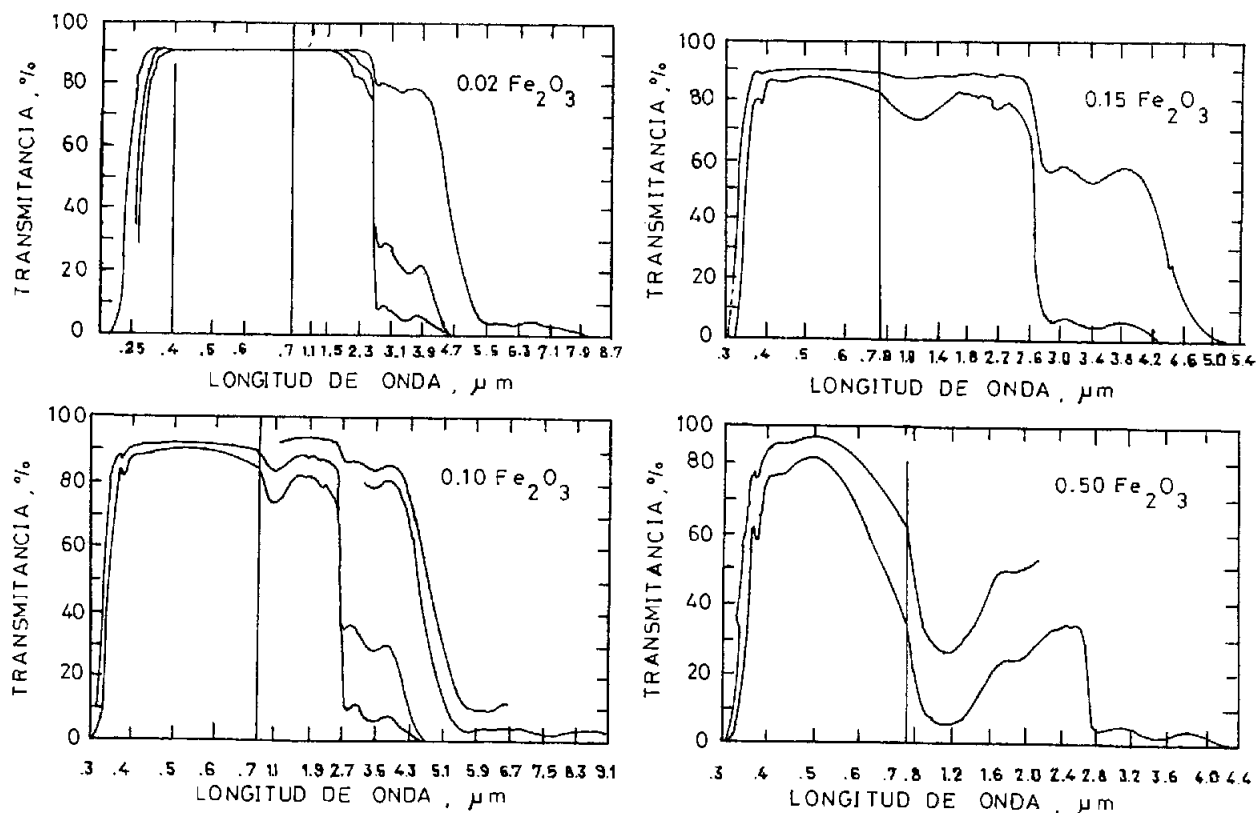


FIGURA 2.8 TRANSMITANCIA ESPECTRAL DEL VIDRIO⁽⁵⁾

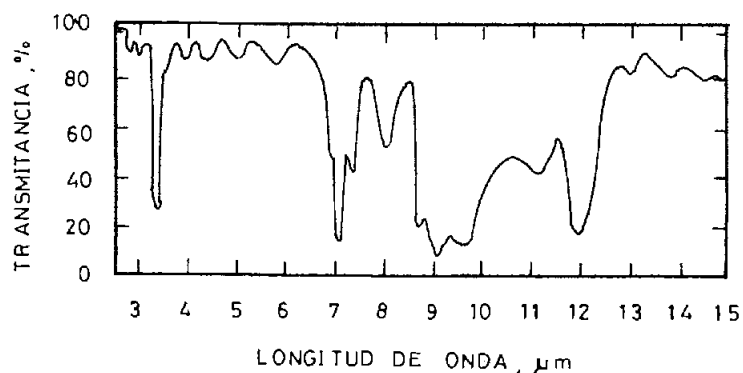


FIGURA 2.9 TRANSMITANCIA ESPECTRAL DE UNA PELICULA
DE POLIVINIL FLUORURO "TEDLAR". (5)

En años recientes han sido realizadas con siderables mejoras en la durabilidad del material plástico expuesto a la radiación ultravioleta. El uso experimental de estos materiales ha mostrado su potencial para el uso en colectores de calor solar.

Muchas películas plásticas son aprovechables para el uso de cobertores y absorbedores en colectores solares. Las características físicas de las películas plásticas las cuales aumentan su uso son:

1. Ligero, una gravedad específica tan baja como 0.91 comparada con cerca de 2.72 para el vidrio.
2. Flexibilidad, fuertemente elástico y sumamente fuerte, lo cual habilita la fácil fabricación de varias formas de colectores.
3. Alta transmisividad a la radiación, la película de plástico claro, tal como el polietileno, tiene transmisividad solar tan grande como 0.93 comparada

con cerca de 0.9 para el vidrio claro,
y

4. Alta absorptividad, las películas opacas tienen absorptividades cercanas a 1.

Algunas desventajas para el uso de películas plásticas en colectores solares son:

1. Transmisividad a la radiación de onda larga.
2. Efectos de envejecimiento asociados con la radiación ultravioleta, y
3. Fragilidad (sujeto a azote, cuchilladas o rasgaduras).

Cuando ciertas películas plásticas son usadas como cobertoras para colectores solares, las pérdidas de calor hacia arriba son más grandes que con vidrio, porque la película plástica transmite la mayoría de la radiación de onda larga, mientras el vidrio es casi opaco a la radiación de onda larga.

Sin embargo la generalización no es posible, puesto que diferentes películas plásticas tienen diferente transmisividad a la radiación de onda larga. Por ejemplo, el polietileno comercial claro tiene una transmisividad térmica alrededor de 0.71 comparado a 0.12 para el polivinil claro y 0.044 para el vidrio.

Las películas plásticas más nuevas, han sido desarrolladas para minimizar algunos de los problemas mencionados. Algunas películas disponibles comercialmente y sus propiedades específicas son listadas en la Tabla 2.3. De estas películas, el polietileno UV estabilizado ha sido el más usado por su bajo costo, sin embargo tiene una vida muy corta de menos de 2 años, bajo condiciones de uso continuo y probablemente no más de 4 años bajo condiciones de uso intermitente.

Se ha podido establecer que la película de polietileno mantiene su flexibilidad sobre un rango de $- 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+ 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$. El punto de fundición del polietileno de baja densi

TABLA 2.3

PELICULAS PLASTICAS Y SUS PROPIEDADES

TIPO	TRANSMITANCIA SOLAR	TRANSMITANCIA TERMICA	PROMEDIO DE DURABILIDAD (MES)	COMENTARIOS
Polietileno				
Claro	0.93	0.71	10 (6 mil)	Tiene altas pérdidas térmicas. Se rompe en los pliegues. Vida corta, de 1 a 2 años; bajo costo, .22 - .43 US\$/m para 4 - 6 mil respectivamente.
UV estabilizado	0.88	0.71	18 (6 mil)	
Polivinil				
Claro	0.91	0.12	48 (12 mil)	Blando y flexible; tendencia electrostática y puede coleccionar polvo; vida de 2 a 5 años para UV estabilizado; costo de 1.1 - 2.2 US\$/m para 8 - 12 mil respectivamente.
Opaco	0.89	0.12		
Polivinil fluoruro (Tedlar)	generalmente usado para cubiertas			Alto en costo
Vidrio	0.90	0.94	sobre 400	7.00 US\$/m

1 Adapted from - Duncan & Walker (1973) Greenhouse Covering, University of Kentucky

2 Registered by E I Dupont DeNemours and Company, Wilmington, Delaware 19898.

dad es de cerca de 115 °C. Estas películas son a menudo translucidas antes que transparentes, esto es que simplemente transmiten la luz, antes que transmiten la luz sin difusión. La transmisión de la luz ultravioleta es alrededor del 80%, cerca del 86% la luz visible, y cerca del 88% la luz infrarroja.

La gravedad específica de la película de polietileno está en el orden de 0.92, el módulo de elasticidad 100 kgr/mm², el coeficiente de expansión $2.2 \times 10^{-1}/^{\circ}\text{C}$, coeficiente de conductividad térmica 7×10^{-4} Cal. cm . Seg.⁻¹/°C, y la temperatura de distorsión (ASTM) 80°C. La resistencia a la tracción es 2500 lbf/in² para materiales de espesor nominal 5×10^{-3} pulgadas, y la resistencia a la rotura para 400 gr. de material es de 90 - 140 gr/mil. La temperatura a la cual la resistencia a la tracción de la película cae a 50 lb/in² es 92 - 98°C. La elongación antes de la rotura es del orden del 500%.

2.1.6 Intercambio de calor radiante entre un cuerpo a la intemperie y su medio circundante.-

En días claros un cuerpo a la intemperie recibe radiación solar sobre sus superficies, las que son afectadas por radiación solar directa y por radiación solar difusa, además incide radiación solar adicional mediante reflexión en el suelo, en construcciones cercanas, y en otras superficies. Las superficies del cuerpo absorben, reflejan y transmiten la radiación solar, estableciéndose de esta manera un intercambio de calor con los medios circundantes.

Es de interés para nuestro estudio conocer la radiación solar que incide sobre el cuerpo desde los alrededores. La cantidad de calor que el cuerpo entrega a su medio circundante está constituido por las pérdidas.

El cuerpo en la figura 2.10, tiene cuatro caras laterales perpendiculares y cuatro inclinadas, orientadas según los puntos cardinales; las superficies superiores son: dos rectángulos horizontales y dos superficies curvas formando cada una un cuarto de cilindro.

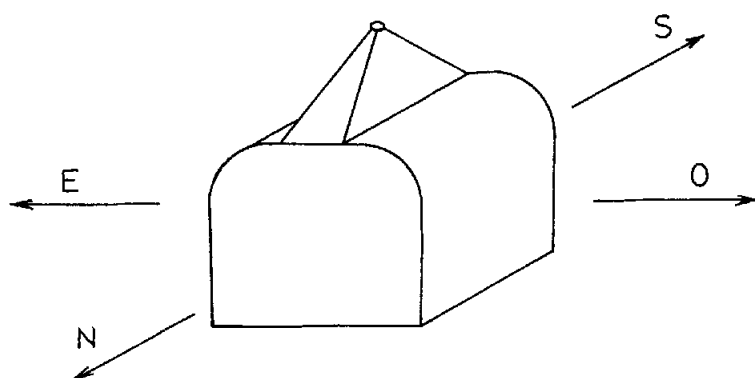


FIGURA 2.10 CUERPO A LA INTEMPERIE, ORIENTADO SEGUN LOS PUNTOS CARDINALES

Consideremos primero la radiación solar incidente sobre las superficies inclinadas del cuerpo; usando la ecuación (2.3) en la ecuación (2.10) e involucrando los ángulos:

$$\alpha_s = 180^\circ ; \quad S = 90^\circ ; \quad S = 45^\circ$$

δ = variable por mes; $\emptyset = -2.1667$; ω = variable por hora.

para las caras Norte obtenemos:

para $S = 90^\circ$

$$I_I = I_{TH} \left[\frac{\text{Sen}\delta + 0.0378 \text{ Cos } \omega + C/2}{\text{Cos}\delta \text{ Cos}\omega - 0.0378 \text{ Sen}\delta + C} + \frac{\rho_g}{2} \right] \quad (2.11)$$

para $S = 45^\circ$

$$I_I = I_{TH} \left[\frac{0.68 \operatorname{Sen} \delta + 0.734 \operatorname{Cos} \delta \operatorname{Cos} \omega + 0.8536C}{\operatorname{Cos} \delta \operatorname{Cos} \omega - 0.0378 \operatorname{Sen} \delta + C} + 0.1464 \rho_g \right] \quad (2.12)$$

Para las superficies Este, los ángulos involucrados son:

$$\alpha_s = 90^\circ ; \quad S = 90^\circ ; \quad S = 76^\circ$$

δ = variable por mes ; $\emptyset = - 2.1667$; ω = variable por hora

usando la ecuación (2.3) en la ecuación (2.10) obtenemos:

para $S = 90^\circ$

$$I_I = I_{TH} \left[\frac{N \operatorname{Cos} \delta \operatorname{Sen} \omega + C/2}{\operatorname{Cos} \delta \operatorname{Cos} \omega - 0.0378 \operatorname{Sen} \delta + C} + \frac{\rho_g}{2} \right] \quad (2.13)$$

para $S = 76^\circ$

$$I_I = I_{TH} \left\{ \frac{N [\operatorname{Cos} \delta (0.2419 \operatorname{Cos} \omega + 0.97 \operatorname{Sen} \omega) - 0.00915 \operatorname{Sen} \delta] + 0.621 C}{\operatorname{Cos} \delta \operatorname{Cos} \omega - 0.0378 \operatorname{Sen} \delta + C} + 0.379 \rho_g \right\} \quad (2.14)$$

debido a que las caras Este y Oeste sólo reciben radiación directa durante la mañana y tarde respectivamente, ha sido necesario involucrar un factor a la radiación directa, que depende del ángulo ω , así:

para $\omega =$ positivo ; $N = 1$

para $\omega =$ negativo ; $N = 0$

Para las superficies Oeste, los ángulos involucrados son:

$$\gamma_s = -90^\circ; \quad S = 90^\circ; \quad S = 76^\circ$$

$\delta =$ variable por mes; $\theta = -2.1667$; $\omega =$ variable por hora.

usando la ecuación (2.3) en la ecuación (2.10) obtenemos:

para $S = 90^\circ$

$$I_I = I_{TH} \left[\frac{(N-1) \cos \delta \sin \omega + C/2}{\cos \delta \cos \omega - 0.0378 \sin \delta + C} + \frac{\rho_g}{2} \right] \quad (2.15)$$

para $S = 76^\circ$

$$I_I = I_{TH} \left\{ \frac{(1-N) [\text{Cos} \delta (0.2419 \text{ Cos} \omega - 0.97 \text{ Sen} \omega) - 0.00915 \text{ Sen} \delta] + \text{Cos} \delta \text{ Cos} \omega - 0.0378 \text{ Sen} \delta + C}{0.621 C + 0.379 \rho_g} \right\} \quad (2.16)$$

Las superficies Sur reciben únicamente radiación difusa y reflejada; de la ecuación (2.10) anulando el factor de radiación difusa obtenemos:

para $S = 90^\circ$

$$I_I = \frac{I_{TH}}{2} \left[\frac{C}{\text{Cos} \delta \text{ Cos} \omega - 0.0378 \text{ Sen} \delta + C} + \rho_g \right] \quad (2.17)$$

para $S = 45^\circ$

$$I_I = \frac{I_{TH}}{2} \left[\frac{1.707 C}{\text{Cos} \delta \text{ Cos} \omega - 0.0378 \text{ Sen} \delta + C} + 0.2929 \rho_g \right] \quad (2.18)$$

Con las superficies Norte y Sur hay que tomar en cuenta que de Marzo a Setiembre recibe la superficie Norte radiación solar directa, y durante los próximos meses la radiación es recibida por la otra superficie; esto altera la autenticidad de las fórmulas. Debido a la simetría del cuerpo, podemos concluir que cuando la superficie Sur está sien

do irradiada, las fórmulas (2.11) y (2.12) son válidas si los dos primeros términos del numerador son reemplazados, así:

$$\text{para } S = 90^\circ; \quad \text{Cos } \theta_I = - \text{Sen } \delta - 0.0378 \text{ Cos } \delta \text{ Cos } \omega$$

$$\text{para } S = 45^\circ; \quad \text{Cos } \theta_I = - 0.734 \text{ Sen } \delta + 0.68 \text{ Cos } \delta \text{ Cos } \omega$$

La cara Norte recibirá sólo radiación difusa, y las fórmulas (2.17) y (2.18) son válidas.

Los meses límites no son totalmente exactos, pudiendo ser iluminada por ejemplo la cara Norte hasta algunos días en el mes de Octubre.

Para la superficie curva Este, se ha considerado que hay que calcular la radiación incidente sobre pequeñas superficies cuyo ángulo S varía de 0° a 90° , para lo cual la superficie total está dividida en 90 partes; el ángulo ω se mantiene constante.

De la ecuación (2.3)

$$\text{Cos } \theta_I = \text{Cos } S (\text{Sen } \delta \text{ Sen } \varnothing + \text{Cos } \delta \text{ Cos } \omega) + \text{Sen } S (\text{Cos } \delta \text{ Sen } \omega)$$

Variando S:

$$\cos \theta_I = 57.7943N \left[\text{Sen } \delta \text{ Sen } \varnothing + \text{Cos } \delta (\text{Cos } \omega + \text{Sen } \omega) \right]$$

$$\frac{1 + \text{Cos } S}{2} C = 45.5 + 28.8971 C$$

$$\frac{1 - \text{Cos } S}{2} \rho_g = 45.5 - 28.8971 \rho_g$$

En la ecuación (2.10)

$$I = I_{TH} \left\{ \frac{57.7943N \left[\text{Sen } \delta \text{ Sen } \varnothing + \text{Cos } \delta (\text{Cos } \omega + \text{Sen } \omega) \right] + 45 + \frac{28.8971 C}{\text{Cos } \delta \text{ Cos } \varnothing - 0.03780 \text{ Sen } \delta + C} + 45 - 28.8971 \rho_g}{\text{Cos } \delta \text{ Cos } \varnothing - 0.03780 \text{ Sen } \delta + C} \right\} (2.19)$$

Para la superficie curva Oeste, de la misma manera que para la superficie curva Este tenemos:

De la ecuación (2.3) y variando S

$$\cos \theta_I = 57.7943 (1-N) \left[\text{Sen } \delta \text{ Sen } \varnothing + \text{Cos } \delta (\text{Cos } \omega - \text{Sen } \omega) \right]$$

Los factores de radiación difusa y reflejada son los mismos, por lo que en la ecuación (2.10)

$$I_I = I_{TH} \left\{ \frac{57.7943 (1-N) [\text{Sen } \delta \text{ Sen } \varnothing + \text{Cos } \delta (\text{Cos } \omega - \text{Sen } \omega)]}{\text{Cos } \delta \text{ Cos } \omega - 0.0378 \text{ Sen } \delta + C} + \frac{45 + 28.8971 C}{45 - 28.8971 P_g} \right\} \quad (2.20)$$

Para las dos superficies horizontales que junto con las dos curvas forman el techo, se puede usar directamente la fórmula (2.9) que es el dato de radiación medida por instrumentos.

La suma de todas estas radiaciones nos proporciona la cantidad de calor por unidad de área durante el tiempo de una hora, que está llegando al cuerpo y que puede ser utilizada por el mismo.

Tomando en cuenta las áreas involucradas y las fórmulas anteriores, podemos hallar una fórmula general aplicable tan sólo a la geometría particular de nuestro aparato, y que es:

$$I = I_{TH} \left\{ \frac{1}{\text{Cos } \delta \text{ Cos } \omega - 0.0378 \text{ Sen } \delta + C} \left[\text{Sen } \delta (A_1 + 0.68A_2 - 0.00915A_4 - 2.1846A_5) + \text{Cos } \omega [0.0378A_1 + \text{Cos } \delta (0.734A_2 + 0.2419A_4 + 57.7943A_5)] \right] + \right.$$

$$\begin{aligned}
 & \cos \delta \operatorname{Sen} (\text{ABS } \omega) (A_3 + 0.97A_4 + 57.7943A_5) + \\
 & C(A_1 + 1.707A_2 + A_3 + 1.242A_4 + 57.7943A_5 + A_6) + 90A_5 \} + \\
 & P_g(A_1 + 0.2929A_2 + A_3 + 0.758A_4 - 57.7943A_5) + 90A_5 + A_6 \} \\
 & \hspace{20em} (2.21)
 \end{aligned}$$

con: A_1 = área de la cara Norte o Sur

A_2 = área de la cara Norte o Sur
de la campana.

A_3 = área de la cara Este u Oeste

A_4 = área de la cara Este u Oeste
de la campana.

A_5 = área de la superficie curva Es
te u Oeste.

A_6 = área de la cara horizontal Este
u Oeste.

De la ecuación (2.21) podemos decir que los tres primeros términos del corchete corresponden a la radiación solar directa, el cuar

to y quinto términos del corchete corresponden a la radiación solar difusa; y el segundo, tercero y cuarto términos de la fórmula general corresponden a la radiación solar reflejada. Las unidades pueden ser las de cualquier sistema elegido.

2.1.7 Ventilación.-

Algunas personas confunden el significado de aire acondicionado y ventilación. Aire acondicionado significa que se da suministro de aire a un lugar ocupado y es adaptado a las condiciones requeridas, limpieza, refrigeración, calefacción secado y humidificación. Con estos procedimientos es posible normalizar cualquier clase de atmósfera, aunque a un precio sustancial. La ventilación implica suministro de aire fresco, la eliminación de los productos de contaminación y del calor, y también a un movimiento de aire para refrigerar o refrescar. En la mayoría de los casos la ventilación, sin tratamiento de aire, dará un aire acondicionado satisfactorio, esto se aplica particularmente en edificios indus-



BIBLIOTECA

triales, especialmente en aquellos donde los procesos no requieren control de humedad ni eliminación de polvo de la atmósfera. No existe ninguna rígida demarcación entre la ventilación por si misma y el acondicionamiento total de aire. Ciertos procesos de acondicionamiento de aire pueden combinarse económicamente con un sistema de ventilación primaria. El aire inyectado puede ser calentado o enfriado, y el polvo contenido, eliminado por filtración.

2.1.7.1 Necesidad de la ventilación.-

El requisito esencial en ventilación es reemplazar el aire contaminado y sobrecalentado, por aire fresco del exterior, y evitar molestias debido a la humedad. Para determinar la cantidad de ventilación y el movimiento de aire requerido, hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- Dimensiones del local o edificio
- Número y tipo de ocupantes

- Aportación de calor por radiación solar.
- Humedad relativa
- Temperatura del aire exterior y variación de la temperatura.

La velocidad de ventilación puede calcularse a partir de estos factores, aunque no sean siempre necesarios. En muchos casos es suficiente observar los valores recomendados para renovaciones de aire en construcciones de diversas clases. Esto se aplica particularmente, a climas templados y a instalaciones no sometidas a condiciones extremas. Las recomendaciones dadas, pueden considerarse como guía general. No obstante no existen reglas fijas y rápidas. Cada construcción se considera de acuerdo a sus características y condiciones predominantes.

En todos los casos de ventilación se diseñará para adaptarse a las

condiciones más calientes, que prevalecerán durante un cierto tiempo. En zonas templadas se basará en el calor medio del verano. Durante los períodos más fríos, se regulará la alimentación del aire. En climas tropicales es recomendable basarse en las condi- ciones que rigen durante las estaciones de lluvias, cuando la humedad relativa es elevada.

2.1.7.2 Mecánica de la ventilación.-

La acción de los vientos y la diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior, durante la estación de calefacción, crea movimiento del aire a través de construcciones, este movimiento es suficiente para airear zonas en que el volumen ocupado es pequeño en relación con el volumen de la construcción.

La cantidad de aire que pasa por aberturas debido al movimiento na

tural del aire o efecto de chimenea es aproximadamente

$$C_a = 7 A [h (t_i - t_e)]^{\frac{1}{2}} \quad (2.22)$$

7 = constante de proporcionalidad, incluye un valor del 65% por efectividad de aberturas, es igual a 9.4 en el sistema inglés. Esto podría ser reducido al 50% (constante = 5.36 ó 7.2 respectivamente), si las condiciones no son favorables.

La ecuación (2.22) es aplicable solamente si no hay resistencia significativa al flujo, dentro del aparato desde la entrada hasta la salida.

Cuando se conoce la cantidad de calor que se desea eliminar, la ventilación necesaria puede calcularse a partir del incremento total de calor en kcal/hora, mediante

la fórmula siguiente:

$$\frac{\text{Número de kcal/hora}}{0.288 \times \text{elevación de temperatura en } ^\circ\text{C}} = \text{Número de m}^3/\text{hora} \quad (2.23)$$

ó;

$$\frac{\text{Número de BTU/hora}}{1.08 \times \text{elevación de temperatura en } ^\circ\text{F}} = \text{Número de pie}^3/\text{min.}$$

Cuando la cantidad de agua liberada es conocida, la siguiente fórmula es usada:

$$\frac{\text{Kg/hora de agua liberada como vapor}}{\Delta \text{ Kg. de humedad/Kg. de aire seco} \times d.} = \text{m}^3/\text{hora} \quad (2.24)$$

ó;

$$\frac{\text{BTU/hora de agua liberada como vapor}}{\Delta \text{ lb. de humedad/lb. de aire seco} \times d.} = \text{pie}^3/\text{hora}$$

El término Δ Kg. de humedad/kg. de aire seco ó " Δ lb. de humedad/lb. de aire seco", es tomado de la carta psicrométrica o tablas y repre

senta la diferencia en el contenido de humedad del aire saliente y las condiciones aceptables para el ingeniero que diseña el sistema de escape.

Para eliminar olores, polvos y humedad, una solución es colocar una cubierta o campana, que envuelva al máximo la fuente productora.

El proyecto de una campana comprende: cierre de la fuente de contaminación en el mayor grado posible; adaptación de la campana a la zona de contaminación; conseguir que la velocidad en la boca de la campana sea tan baja como sea posible para una velocidad requerida en el punto de contaminación; provisión de rebordes o placas desviadoras para impedir corrientes de aire que procedan de zonas inefectivas; y dirección del movimiento del polvo o humedad hacia el interior de la campana.

TABLA 2.4

VELOCIDADES DE AIRE MINIMAS RECOMENDADAS PARA DIFERENTES CAMPANAS Y CABINAS.

Taller de electrólisis	0.75 m/s	a la entrada de la campana
Soldadura eléctrica	0.75 m/s	a la entrada de la campana
Cocinas	0.2 a 0.5 m/s	a la entrada de la campana
Cabinas de pintura con pistola.	0.75 m/s	al nivel de respiración del chorro.
Cabinas de limpieza por chorro de arena.	2.5 m/s	a la entrada, hacia abajo

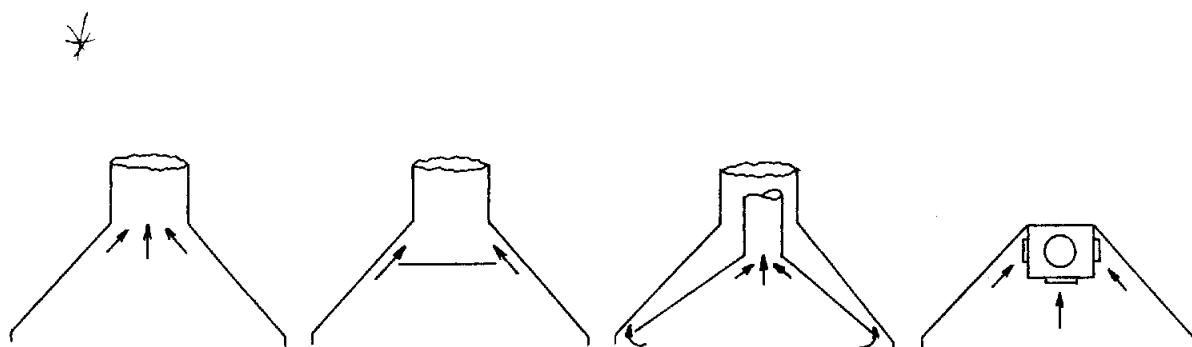


FIGURA 2.11

CAMPANAS PARA LA ELIMINACION DE HUMO

ACCION DEL VIENTO: La presión del aire caliente, aunque decreciente constantemente con su temperatura, es siempre superior a la presión del aire exterior. Es por ello por lo que se

eleva en el aire menos caliente. Pero cuando el viento sopla, puede producirse en la desembocadura de la chimenea una sobrepresión (tapón) debido, a menudo, a la presencia en las proximidades de obstáculos fijos (inmuebles elevados, colinas, etc.), siendo la presión de aire caliente inferior a la presión exterior, entra en lugar de salir, lo que naturalmente es una inconveniencia.

Para evitar estas inversiones de tiro, las boquillas de las chimeneas serán, ya sea elevadas fuera de la zona de presión, ya sea provistas de coronamientos especiales llamados "Aspiradores".

Si estos remedios no fuesen suficientes, se puede instalar en la parte alta del conducto un pequeño ventilador de tiro, que se pone en marcha cuando ello es necesario.

Los ventiladores no mecánicos, o aspiradores de cubiertas o tejados son: fijos, giratorios, de caperuza o sombrerete oscilante, y de aspiración; ver Fig. 2.12.

La Tabla 2.5, nos proporciona una manera muy útil de apreciar la velocidad del viento mediante sus efectos.

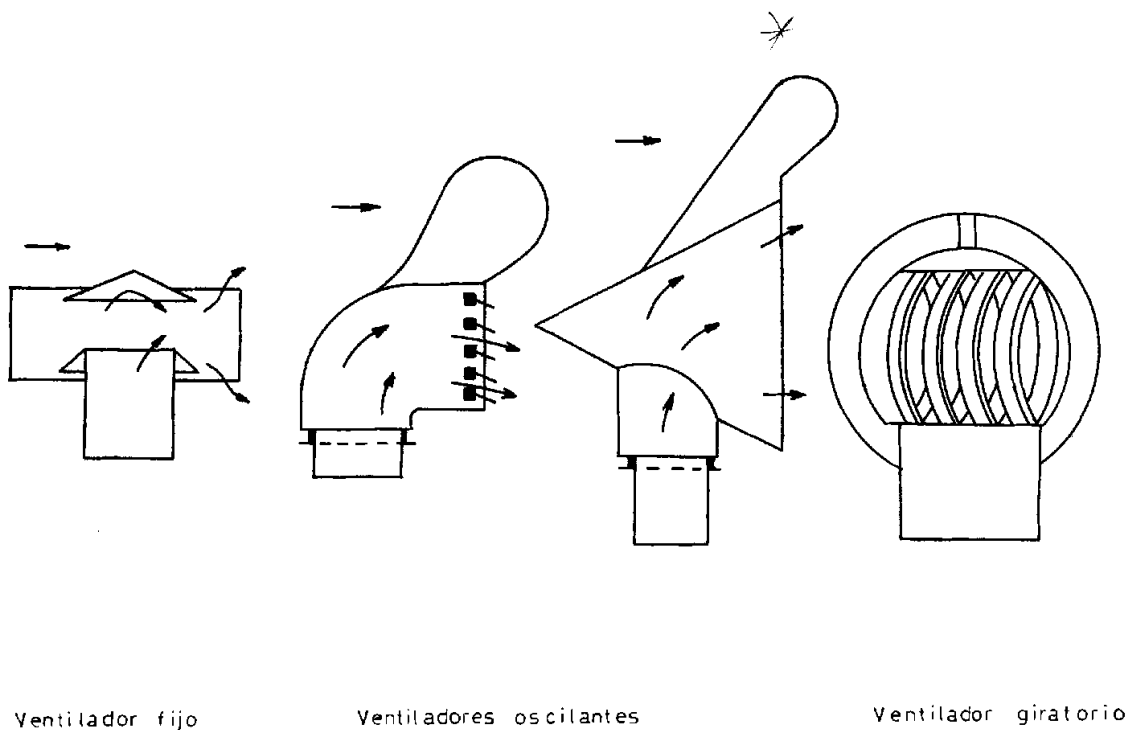


FIGURA 2.12 VENTILADORES PARA CUBIERTAS O TEJADOS

TABLA 2.5

ESCALA BEAUFORT DE LA FUERZA DEL VIENTO

NUMERO BEAUFORT	M/SEG	EFFECTOS DEL VIENTO QUE SE OBSER- VAN SOBRE LA TIERRA.	NOMBRE DEL VIENTO.
0	0 a 0.5	Calma; el humo se eleva vertical- mente.	Calma
1	0.6 a 1.7	La dirección del viento es mos- trada por la desviación de la vertical del humo; pero no lo indican las veletas.	Brisa
2	1.8 a 3.3	Se siente el viento en la cara; hace susurrar las hojas; de ordi- nario, las veletas son movidas por el viento.	Flojito
3	3.4 a 5.2	Pone en constante movimiento las hojas y las ramitas; el vien- to hace flotar extendidas las banderas ligeras.	Flojo
4	5.3 a 7.4	Levanta polvo y papeles sueltos; mueve las pequeñas ramas de los árboles.	Bonancible
5	7.5 a 9.8	Los pequeños árboles con hojas empiezan a cimbrarse; en las aguas del interior se forman olas encrestadas pequeñas.	Fresquito
6	9.9 a 12.4	Mueve las grandes ramas de los árboles; silba en los alambres telegráficos; es difícil utili- zar los paraguas.	Fresco
7	12.5 a 15.2	Mueve árboles enteros; es moles- to marchar contra el viento.	Muy fresco
8	15.3 a 18.2	Arranca ramitas, de los árboles; generalmente impide avanzar con- tra él.	Frescachón

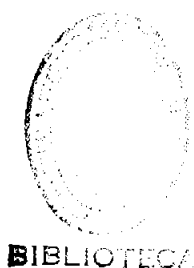
TABLA 2.5

ESCALA BEAUFORT DE LA FUERZA DEL VIENTO

NUMERO BEAUFORT	M/SEG	EFFECTOS DEL VIENTO QUE SE OBSER VAN SOBRE LA TIERRA.	NOMBRE DEL VIENTO.
9	18.3 a 21.5	Produce daños en las construcciones ligeras (arranca las caperuzas de chimeneas, las pizarras y tejas).	Duro
10	21.6 a 25.1	Raras veces se produce en el interior; arranca de raíz los árboles; causa considerables daños a las estructuras o construcciones	Muy duro
11	25.2 a 29	Se produce muy raramente; ocasiona muchos daños.	Huracanado
12	\geq 29	Se produce muy raramente; ocasiona muchos daños.	Huracán



FLUJO DEBIDO AL VIENTO: Al consi
derar el uso de las fuerzas naturales del viento para producir ventilación, debe tomarse en cuenta: el promedio de la velocidad del viento, dirección prevalente del viento, variación diaria y estacional en la velocidad y dirección, e inter
ferencias locales al viento. Si el sistema de ventilación natural es diseñado para velocidades de viento de la mitad del promedio de la velocidad por estación, ésta resultará satisfactoria.



La ecuación (2.25), puede ser usa
da para calcular la cantidad de aire forzado a través de las aber
turas de ventilación por el viento, o para determinar la medida apropiada de tales aberturas para producir los resultados requeridos.

$$C_a = EAV \quad (2.25)$$

La precisión de los resultados obtenidos por el uso de la ecuación (2.25) depende de la colocación de las aberturas, la fórmula asume que las aberturas de ventilación tienen un coeficiente de flujo ligeramente más grande que aquel para un orificio cuadrado, de la Fig. 2.13, podemos aproximar el coeficiente de flujo para coronamiento de chimenea particulares, tomando 0.535 para vientos perpendiculares, 0.50 para vientos diagonales, y 0.35 para vientos paralelos; el gráfico se basa en una velocidad promedio del viento de 1.4 m/seg., diámetro del ducto de chimenea de 15 cm., y altura de chimenea de 60 cm.

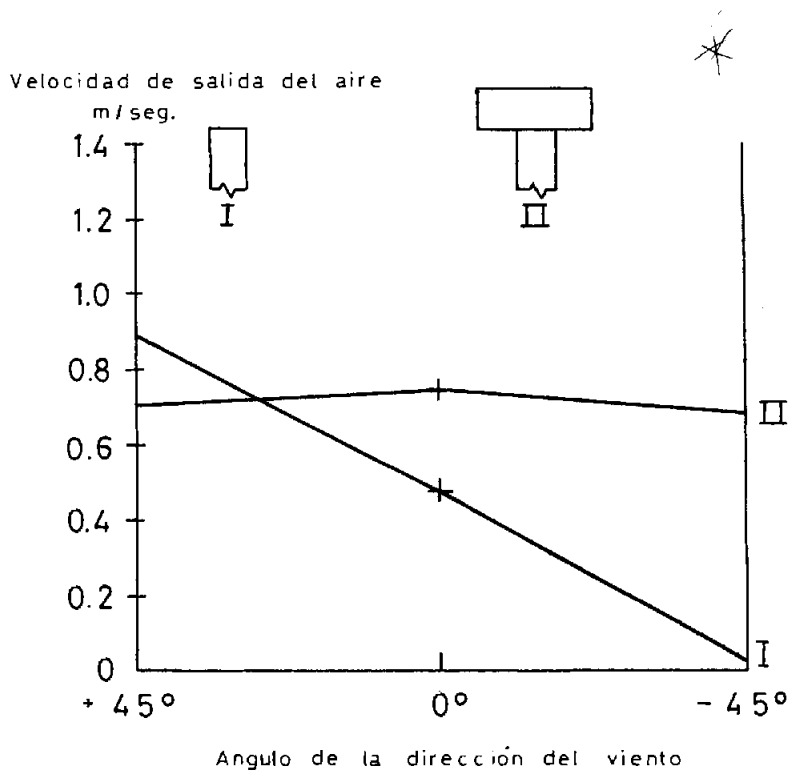


FIGURA 2.13 CURVAS DE RENDIMIENTO DE DOS TIPOS DE CORONAMIENTO DE CHIMENEA AFECTADAS POR LA DIRECCION DEL VIENTO.

Si las aberturas no son ventajosa-
mente colocadas con respecto al
viento, el flujo por unidad de
área de las aberturas será menor
y, si son bien colocadas, el flu-
jo será ligeramente mayor que el
dado por la fórmula. Las entra-
das deben ser colocadas directa-

mente en el viento prevalente, mientras las salidas deben ser colocadas en uno de los cinco lugares listados:

1. En el lado de la construcción directamente opuesto a la dirección del viento prevalente.
2. Sobre el techo en el área de baja presión causada por el salto del viento.
3. En los lados adyacentes a la cara opuesta al viento donde las áreas de baja presión ocurren.
4. En un monitor sobre el lado opuesto al viento.
5. En ventiladores de techo o chimenea.

EFFECTO DE ABERTURAS DESIGUALES.-

El mayor flujo por unidad de área

de abertura es obtenido cuando entradas y salidas son iguales, las ecuaciones (2.22) y (2.25) están basadas en estas condiciones. Incrementando las salidas sobre las entradas o viceversa, incrementará el flujo de aire, pero no en proporción al área añadida. Cuando se resuelven problemas que tengan una distribución desigual de aberturas, úsese el área más pequeña, sea entrada o salida en las ecuaciones, y añádase el incremento determinado de la Fig. 2.14.

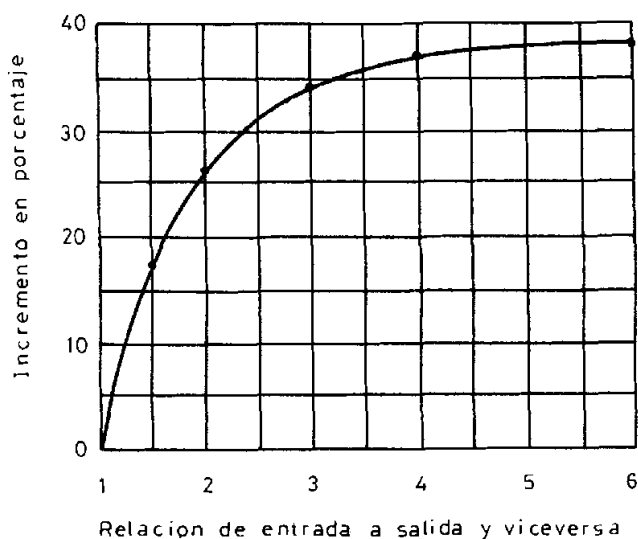


FIGURA 2.14 INCREMENTO EN EL FLUJO CAUSADO POR EXCESO DE UNA ABERTURA SOBRE OTRA.

FLUJO DEBIDO AL VIENTO Y EFECTO DE CHIMENEA COMBINADOS.- Cuando ambas fuerzas actúan juntas, aún sin interferencia, el flujo de ai re resultante no es igual a la su ma de las dos cantidades estimadas. El flujo a través de cualquier abertura es proporcional a la raíz cuadrada de la suma de los dos cabezales actuando sobre esa abertura.

Cuando los dos cabezales son cercanos en valor, y las aberturas de ventilación son operadas para coordinarlas, el flujo total de aire a través de la construcción es cerca del diez por ciento, más grande que ese producido por uno de los dos cabezales actuando independientemente bajo condiciones ideales a él. Este porcentaje de crece tan rápidamente cuando uno de los cabezales se incrementa so bre el otro. El efecto del cabezal mayor predominará.

La velocidad y dirección del viento, la temperatura exterior, la distribución interior, no pueden ser predichas con seguridad, y el refinamiento en los cálculos no es justificado, consecuentemente puede ser usado un método simplificado. Esto podría ser hecho usando la ecuación y calculando los flujos producidos por cada fuerza separadamente, bajo condiciones de aberturas mejor logradas para la coordinación de las fuerzas. Luego determinando la relación del flujo producido por la diferencia de temperatura a la suma de los dos flujos, el flujo actual debido a las fuerzas combinadas puede ser aproximado de la Fig. 2.15.

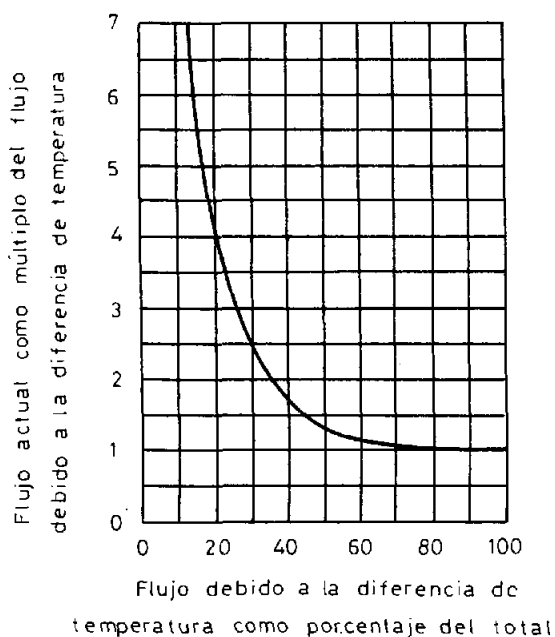


FIGURA 2.15 DETERMINACION DEL FLUJO CAUSADO POR FUERZAS COMBINADAS DE VIENTO Y DIFERENCIA DE TEMPERATURA.

REGLAS GENERALES DE VENTILACION:

Unas pocas consideraciones importantes son:

1. Las construcciones y equipos de ventilación no deben ser orientados para una dirección particular del viento, pero deben ser diseñados para una ventilación efectiva con todas las direcciones del viento,

puesto que hay sólo pocos lugares en el continente donde hay vientos prevalentes. Aún si la dirección del viento prevalece 80 por ciento del tiempo, será necesario proveer ventilación adecuada para el restante 20 por ciento.

2. Las aberturas de entrada, no deben ser obstruídas por edificaciones, árboles, letreros, etc., puertas exteriores ni por particiones interiores.
3. Los más grandes flujos por pie cuadrado de abertura total son obtenidos usando las entradas y salidas con áreas cercanamente iguales.
4. Un cortocircuito directo entre aberturas en dos lados a un nivel elevado, podría desalojar el aire a ese nivel, sin producir ninguna ventilación apreciable al nivel de interés.

5. A fin de que la diferencia de temperatura pueda producir una fuerza de movimiento, debe haber una distancia vertical entre las aberturas. Esto es, si hay un número de aberturas disponibles en una construcción, pero todas están al mismo nivel, no habría cabezal de movimiento producido por la diferencia de temperatura, no importando cuan grande sea la diferencia.

6. Para que la fuerza de la diferencia de temperatura pueda operar con máxima ventaja, la distancia vertical entre las aberturas de entrada y salida debe ser tan grande como sea posible. Aberturas en la vecindad de la zona neutra son menos efectivas para la ventilación.

7. Aberturas mucho más grandes que las calculadas son algunas

veces deseadas, especialmente cuando un incremento en la carga puede ocurrir, o cuando son anticipados días extremadamente calientes.

2.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO.-

2.2.1 Análisis de datos meteorológicos.-

El modelo de sistemas de calentamiento solar requiere del análisis de detallada información meteorológica; es decir, valores horarios de radiación solar, velocidad y dirección preferente del viento, temperatura de bulbo seco, humedad relativa.

Las condiciones meteorológicas y climáticas en un lugar dado, juegan un gran papel en el establecimiento de un proyecto de calentamiento solar, pero, hay el inconveniente de que datos tan detallados como son necesarios, están disponibles sólo para pocas localidades. Del conocimiento de estos datos depende en gran parte la buena marcha tanto del punto de vista económico como higiénico de la instalación.

RADIACION SOLAR Y TEMPERATURA: La temperatura es una consecuencia del calentamiento de la superficie terrestre por el Sol.

Los datos de radiación solar promedio son también disponibles desde mapas que indican tendencias y promedios generales; por ejemplo el mapa del mundo de Löf et al (1966) .

Los datos de radiación son la mejor fuente de información; a falta de éstos, es posible usar relaciones empíricas, o para una localización particular se puede usar datos de otras localidades de similar latitud, topografía y clima.

Es conveniente que se obtenga mayor cantidad de radiación solar durante los meses fríos, y tratar de que sea constante durante el año; el enfriamiento nocturno es más sensible en tiempo claro y seco que con un cielo brumoso.

HUMEDAD: La humedad atmosférica juega un papel importante en el estudio de

un proyecto de calefacción, ya que ésta nos proporciona un límite en las unidades de secado natural.

Cuando más frío es el aire, menos vapor de agua contiene, ya que éste se condensa a medida que la temperatura desciende, y este mismo volumen de aire está más apto para contener mayor cantidad de vapor de agua a medida que la temperatura aumenta.

VIENTO: El viento es una corriente de aire que sopla de una región de alta presión hacia otra de menor presión.

La velocidad y la violencia del viento aumentan cuando choca contra una montaña; sobre la cara opuesta por el contrario, el viento muy debilitado no se manifiesta ya sino bajo forma de remolinos.

Los valles son verdaderos "sopladores", el viento que en ellos se encañona aumenta considerablemente su velocidad en los pasos estrechos.

El mar ejerce una acción importante sobre la dirección del viento; durante el día y especialmente en verano, la tierra se calienta más de prisa que el mar, el aire calentado en contacto con el suelo se eleva, se crea una depresión hacia la cual fluye el aire frío que estaba en contacto con el mar; es la "brisa del mar" refrescante. Lo contrario ocurre durante la noche, sobre todo en invierno; la tierra se enfría más de prisa que el mar, y el viento es invertido; es la "brisa de tierra".

La acción del viento es primordial sobre los intercambios térmicos entre un espacio calentado y el exterior, su acción es doble: por una parte enfriando constantemente las caras externas aumentando las "fugas" de calor; por otra parte activa la infiltración de aire frío a través de intersticios.

En cada mes hay un grupo bien definido de velocidades del viento que predominan, y a dichos vientos puede llamárselos predominantes o frecuentes. Hay también un grupo bien definido de vientos que contienen la

mayor parte de la energía de cada mes y se les llama vientos de energía.

Los vientos de energía o energéticos producen alrededor de 3/4 de la energía total de un mes dado. Aún en un mes de calma veraniega, el 70 por ciento de la energía proviene de los vientos que soplan solamente durante el 42 por ciento del tiempo.

Los vientos energéticos soplan dos de cada siete días; los vientos predominantes cinco de cada siete días.

Es preciso no deducir de lo que antecede que el viento es un enemigo que es preciso combatir. Demasiado viento perjudica, pero una cierta ventilación es necesaria, además puede aprovecharse de alguna manera su energía en nuestro beneficio.

2.2.2 Estimación del tamaño y localización.-

En el transcurso de muchos años han venido experimentándose en distintas partes del mundo, con variadas condiciones meteoroló-

gicas, diversos tipos de secadores que utilizan la energía del Sol como fuente de calor.

Se ha experimentado en secadores de distintos tamaños y formas, localizados en geografías distintas tratando de optimizarlos cada vez más, una dificultad que se ha presentado es la inestabilidad de estos aparatos debido a la variación de la radiación solar incidente, en el transcurso de la prueba, para lo cual se ha dispuesto de sistemas de almacenamiento de energía.

Para la estimación del tamaño de un secador debemos tomar en cuenta que:

El tamaño de un secador depende de la capacidad, de sus características de funcionamiento, lo cual involucra la geometría del aparato, y del costo de construcción.

Si la capacidad es grande, las dimensiones serán mayores; si la capacidad es pequeña, las dimensiones serán menores considerando iguales características de funcionamiento; las dimensiones varían también con las ca-

racterísticas de funcionamiento ligados íntimamente a los conceptos de ingeniería del diseñador, dando como consecuencia variadas geometrías; si el secador va a funcionar mediante circulación natural, su tamaño será un poco o mucho más grande que uno que funcione mediante circulación forzada para igual capacidad, obteniéndose la ventaja de tener menor costo de funcionamiento; el costo de construcción es tal vez uno de los factores más importantes, ya que de manera categórica modifica las dos consideraciones anteriores, y es uno de los parámetros tomados en cuenta en este estudio.

La mejor localización es aquella elegida en un lugar donde la radiación solar incidente sea lo más continua posible, gran heliofanía y poca nubosidad, la humedad relativa del ambiente es preferible que sea baja; de acuerdo a las características de su funcionamiento puede ser beneficioso colocarlo en un lugar con poca o mucha incidencia del viento.

Cuando se está usando la circulación natural será conveniente buscar un lugar en el que pueda aprovecharse la energía del viento, para hallar algún beneficio al combinarse con las fuerzas producidas por la diferencia térmica en el interior del recinto.

La energía del viento nos puede brindar una energía "gratis" que puede ser utilizada para un proceso de circulación de aire caliente por medios mecánicos en el interior del secador, ayudando a conservar de esta manera la energía térmica del local; conocer la dirección prevalente del viento es una necesidad en este caso, ya que se puede aumentar la eficiencia del aprovechamiento de su energía. Si se usa circulación forzada, dependiendo del diseñador puede ser necesario colocarlo en un lugar en el cual el viento incida poco sobre la estructura, para disminuir las pérdidas de calor debido a su efecto refrigerante, y poder efectuar la renovación del aire interior húmedo y caliente con el aire exterior, relativamente seco y frío del secador, sin dificultades; en caso de no ser

posible ésto, es necesario conocer la dirección prevalente del viento y proteger de esta manera las aberturas de entrada y salida del aire para no crear contracorrientes.

El secador debe ser, tomando en cuenta las acotaciones anteriores, localizado lo más cerca al sitio de recolección del producto para evitar inconvenientes en el transporte.

En resumen podemos decir que el tamaño de un secador depende de la capacidad, características de funcionamiento y, costo de construcción; el secador debe ser localizado en un lugar donde pueda usarse eficientemente la radiación solar incidente, gran heliofanía, baja humedad relativa, poca nubosidad y conveniente velocidad y dirección de viento.

2.2.3 Selección de materiales de construcción.-

En el mercado se dispone de una gran variedad de materiales para la construcción de

secadores solares, debemos por lo tanto seleccionar los materiales que más nos con-vienen tanto en resistencia, durabilidad y costo.

Se presentará con la finalidad de elección, algunos materiales que pueden ser utilizados para la construcción de secadores solares.

Las posibilidades de diseño con placas de vidrio son absolutamente inflexibles. Los únicos avances en la tecnología de cubrir con vidrio durante los pasados 100 años es la expansión de datos científicos sobre el efecto del espesor del vidrio, inclinación de la cubierta, materiales sellantes, y transmisividad a través de una cobertura simple y múltiple. La sustitución de plástico por vidrio es, en sí mismo, no básicamente una innovación aún cuando mayores ventajas son obtenidas, tales como la eliminación de juntas por las cuales ocurre fugas, o el infortunio ocurrido cuando se rompe el vidrio.

El futuro del vidrio como cobertor, es basado sobre su uso presente en grandes instalaciones donde los más innovados plásticos no han sido aún provistos para un gran mérito. La aceptación presente del vidrio, no es totalmente compatible con el bajo costo de los componentes hechos de plástico, un secador con cubierta de plástico puede ser empacado en un pequeño volumen, transportado con mínimo peso y embalaje, manejado sin riesgo de rotura, y reparado si es dañado.

Una información adicional podemos encontrar en este capítulo numeral 2.1.5 donde se trata de características de películas plásticas usados en colectores solares.

Los plásticos además pueden venir en forma de tubos, los cuales se pueden obtener en una gran variedad de diámetros y espesores.

El plástico empleado es resistente al ataque de muchos productos químicos, de peso ligero, flexible o rígido, y disponible en tramos rectos o rollos, de modo que se emplea poco tiempo en su instalación. Se uti

liza para varios fines, que comprenden drenajes o desagues, riego, saneamiento y conducción de soluciones o aguas químicas que pudieran atacar las tuberías metálicas. Deberá hacerse con cuidado la elección de la tubería de plástico en lo que se refiere a la temperatura de servicio; por ejemplo, el polietileno conviene para una temperatura máxima de 49 °C. Los tubos plásticos rígidos pueden ser usados para la construcción de estructuras de pequeños secadores solares que no van a estar sometidos a altas temperaturas ni a grandes fuerzas de deformación.

La madera es un material orgánico formado naturalmente que consiste en esencia en elementos tubulares alargados, llamados células, dispuestos en su mayor parte paralelamente; las dimensiones de dichas células y el espesor de sus paredes varían con su posición en el árbol, su edad, las condiciones del crecimiento y la clase de árbol.

Las maderas se clasifican de forma general en duras, que son las producidas por los

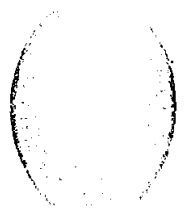
árboles de hoja ancha (angiospermas), como el roble, el arce y el fresno; y en blandas, producto de los árboles coníferos (gimnospermas), como los pinos, alerce, abeto, etc.

Los términos dura y blanda no tienen relación con la dureza real de madera.

La nomenclatura estandar de las maderas se basa en la práctica comercial que las agrupa por cualidades técnicas semejantes, pero separando las entidades botánicas bajo un solo nombre. Para una lista de las maderas domésticas, duras y blandas, véase ASTM D1165 - 52 y el Wood Handbook.

Para la utilización de la madera en la estructura de un secador, ésta debe cumplir ciertos requisitos como son estar previamente seca y protegida contra variados daños físicos.

Una temperatura de 50 a 60 °C matará aún los hongos más resistentes, las condiciones de servicio suelen impedir el control de factores que influyen en el desarrollo de



BIBLIOTECA

Los hongos y éste es inhibido por impregnaciones químicas de la madera.

En el secador podemos utilizar metales ferrosos y no ferrosos como son el hierro dulce o forjado y las aleaciones de aluminio.

El hierro dulce puede trabajarse y soldarse fácilmente a temperaturas cercanas a su punto de fusión, se dice que es superior al acero dulce en resistencia a la corrosión, a la falla y a la fatiga. Tiene muchas aplicaciones prácticas debido a su disposición para tomar y mantener recubrimientos metálicos protectores y capas de pintura.

El hierro dulce se puede obtener en forma de planchas, láminas, tochos de forja, formas estructurales, varillas, tubos, etc., el uso principal del hierro dulce está en la clase de tubo utilizado para condiciones de corrosión moderadas.

El aluminio debe la mayoría de sus aplicaciones a su ligereza y a la resistencia re

lativamente elevada de sus aleaciones, aunque otros usos dependen de su resistencia a la corrosión que es relativamente buena; de sus buenas propiedades para ser trabajado o de sus propiedades eléctricas o térmicas de conductividad y reflectividad.

El aluminio comercial es un material blando y dúctil, y se usa para muchas aplicaciones en las que no se desea una resistencia muy alta.

Como material absorbedor de energía solar podemos usar planchas de hierro dulce o láminas de aluminio previamente pintadas de negro mate, para obtener una gran absorción de radiación solar; las planchas o las láminas pueden ser colocadas de acuerdo al diseño, en el techo o en el piso, y usar como colector de la energía calórica un piso de cemento para lograr estabilizar un poco la inestabilidad en el funcionamiento del secador.

La naturaleza nos ofrece ciertos materiales, de costo bajo o nulo, que pueden ser

utilizados según su disponibilidad en el ambiente en que va a trabajar un secador, esto es, la estructura puede construirse de bambú, y el piso de piedras oscuras de aproximadamente 5 cms., de diámetro, fáciles de conseguir en lugares cercanos a las playas y ríos.

Una unidad de almacenaje por capa empaquetada (capa de guijarros, o pila de rocas), usa la capacidad calorífica de una capa de partículas sueltamente empacadas a través de la cual un fluido, usualmente aire, es circulado para añadir o remover calor desde la unidad. Una variedad de sólidos pueden ser usados, la roca ha sido el material más grandemente usado.

Una unidad bien diseñada, usando rocas, tiene varias características que son deseables para la aplicación de energía solar; el coeficiente de transferencia de calor entre el aire y el sólido es alto, el costo de almacenamiento del material es bajo, la conductividad de la capa es baja cuando el flujo de aire no está presente.

2.2.4 Sistema de alimentación del secador.-

Los secadores solares dependiendo de su tamaño, sus características de funcionamiento y el producto a secar, pueden tener variados medios de alimentación que resultan prácticos para el diseño escogido.

En un secador relativamente grande o mediano, puede construirse puertas laterales, por las cuales puede entrar un carro previamente cargado y ser sacado sin mucho esfuerzo al culminarse la etapa de secado, el carro puede deslizarse por medio de ruedas que, dependiendo del sistema general de trabajo, pueden guiarse sobre rieles para automatizar el proceso y economizar tiempo.

En secadores pequeños que van a tener como materia prima el pescado para ser secado, existen distintas formas de efectuar la alimentación así:

Puede disponerse de bastidores sobre los cuales el pescado debidamente preparado se coloca, los bastidores deben ser de una

mallas preferentemente plásticas, para permitir el contacto del aire caliente con el pescado, los bastidores pueden ir separados por cierta distancia dictada por la experiencia y pueden colocarse uno o varios dependiendo de la capacidad del secador; los bastidores pueden ser fijos al secador o deslizantes en soportes convenientemente dispuestos.

Para mejor uso del secador se ha optado por colgar el pescado, esto se ha hecho colgándolo uno a uno en el secador por medio de ganchos, sobre rieles fijos metálicos, (puede usarse también listones de madera) en número de cuatro formando dos capas que totalizan ocho rieles; los rieles superiores se encuentran perpendiculares a los inferiores, la finalidad de esto es darle estabilidad al secador y usar la superficie del pescado como reflectora de la radiación incidente, siendo conducida ésta hacia las piedras y la placa que se encuentran en la parte inferior del secador, creándose radiación calorífica; el colgado permite un buen contacto del pescado

con el aire, y cuando ocurre el secado a la luz directa del Sol, reduce el ángulo de impacto de los rayos solares, sin embargo el único inconveniente es la manipulación del pescado que consume gran tiempo de operación.

Para este secador se ha dispuesto de una puerta en un costado que no involucra bisagras, es tipo cortina y está constituida de película plástica, fácilmente maniobrable y que necesita pocos soportes debidamente colocados para unir la puerta al secador, formando así un cerramiento que evita las fugas, ya que los soportes hacen las veces de templadores y se puede aprovechar la disposición del plástico a unirse entre sí.

2.2.5 Proceso de limpieza.-

Un secador solar, por estar expuesto al medio ambiente soportando las rigurosidades del clima, resistiendo la impetuosidad del viento como principal factor, tiende en su exterior a coleccionar polvo, el mismo que es

perjudicial, ya que impide el libre paso de la radiación solar incidente sobre el secador; en el interior del secador se acumula polvo muy lentamente. El agua contenida en el pescado y las escamas comienzan a caer sobre el piso; aún cuando gran cantidad de agua ha salido ya debido al efecto osmótico de la sal; reduce de esta manera el poder absorbente de la placa escogida, cambiando también la emisividad de la superficie; esto ocurre en la etapa de rapidez constante de secado, luego de lo cual, este hecho desaparece.

Cuando cae una lluvia, se puede notar que inmediatamente comienza en la superficie interna del secador a formarse escarcha, que desaparecerá en una hora, máximo dos, con exposición del secador al Sol.

Sea que el secador esté construido parcial o totalmente de vidrio o plástico, o de ambos combinados, tendremos presentes los problemas mencionados anteriormente; para obviar estas dificultades o hacer que las dificultades sean minimizadas, podemos:

Con un paño seco limpiar el exterior y el interior, removiendo el polvo acumulado; ésto hay que hacer una o dos veces al día como mínimo para las superficies exteriores, y una vez al día para las superficies interiores, pudiendo hacerse al comenzar el secado cada día; cuando ha llovido, un paño limpio y seco es muy útil para remover la escarcha.

Si la superficie exterior está muy sucia y no puede removerse totalmente el polvo, es necesario pasar primero un paño húmedo con un poco de detergente, luego un paño sólo humedecido, y finalmente un paño seco, tomándose el cuidado de efectuar estas tres operaciones simultáneamente por sectores hasta llegar a la limpieza total de la superficie deseada; en la superficie interior puede llevarse a cabo esta misma operación, pero es necesario con menos frecuencia.

Cuando la placa absorbadora se mancha con agua que cae del pescado, siendo ésta un agua salina y grasienta, es necesario sacar (al término del período de velocidad

constante de secado, es decir cuando la humedad visible en la superficie del pescado ha desaparecido) la placa absorbadora, y lavar las manchas con agua y detergente, para luego de quedar completamente libre de manchas y escamas volver a colocarla en su sitio respectivo.

El interior del ducto de la chimenea debe ser limpiado al finalizar la etapa total de secado o como mínimo una vez cada mes, debe también recibir este trato la estructura del secador, usando agua y detergente.

Las piedras que constituyen el sistema de almacenaje de energía calórica, deben ser conservadas secas y por ningún motivo mojadas, pues constituirían una fuente humidificante del ambiente interno que consumiría parte del calor ganado por el secador para su operación; para librar de escamas las piedras, es útil usar una brocha.

2.3 DISEÑO DEL SECADOR. _

2.3.1 Selección y descripción del secador.-

Para efectos de experimentación, no es necesario tener un secador de grandes dimensiones, basta con un prototipo de dimensiones pequeñas en el cual puedan efectuarse diferentes ensayos que puedan ser utilizados sin dificultades en secadores más grandes.

El principal criterio de selección es encontrar un secador que involucre poco costo de construcción, funcionamiento y mantenimiento, además debe tener una apreciable capacidad de carga de pescado, ya que tiene la finalidad de que sea utilizado por personas que tienen limitados recursos económicos, y que fijan su sustento en el comercio de la pesca diaria.

Por las razones arriba expuestas, se ha seleccionado un secador de dimensiones pequeñas que utilice como fuente de energía la radiación solar y el viento, siendo su principal funcionamiento por circulación natural; la energía del viento es aprove-

chada en muy pocas ocasiones.

El secador de pescado, es un aparato destinado a aprovechar principalmente la energía solar con el propósito de crear un ambiente interno con temperatura superior a la existente en el exterior del aparato. Al ser aumentada la temperatura del aire interno se crea un ambiente de características secantes, el mismo que se aprovecha.

Como materiales de construcción se ha elegido el plástico, una lámina de aluminio corrugada con una de sus caras aisladas térmicamente, varillas y tubos de hierro, además para coleccionar energía calórica se ha colocado piedrecillas de 0.03 m a 0.05 m., de diámetro, recogidas en la playa.

El plástico es el material de uso predominante en el secador, ya que toda la estructura es de tubo plástico, el material cobertor del secador es de película plástica de 0.0001 m., formando las paredes, techo, campana y puerta del secador.

En sí el aparato es esencialmente cúbico, a la altura del piso tiene para la admisión de aire fresco, una abertura que es parte de la puerta y que se halla protegida de insectos por una malla metálica, la abertura es regulable.

Haciendo el papel de absorbedor de radiación solar conjuntamente con las piedras, se halla en el piso una lámina delgada de aluminio corrugado la misma que al calentarse eleva la temperatura del aire de circulación directamente en contacto con ella; la lámina es calentada directamente por la radiación incidente y además por las piedras que actúan de acumulador térmico; la acción conjunta de las piedras y la lámina es utilizada debido a la gran transferencia de calor existente entre el aire y la placa, lo que muy poco ocurre entre el aire y la piedra a bajas velocidades del aire.

Sobre la placa existe una mesa metálica cuya superficie está formada por tela metálica "ojo de pescado" y con una altura de 0.10 m; sobre la malla se colocan las pie-

dras cuidando que no queden una sobre otra sino que es preferible que sean colocadas una junta a la otra hasta formar una capa de piedras, éstas hacen el papel de acumulador y a la vez entregan calor al aire que entra al secador y a la placa, permitiendo estabilizar en algo el funcionamiento irregular del aparato, la optimización de este sistema de acumulación es motivo de un estudio que abarcaría otra Tesis.

Las paredes están constituidas de película plástica, tres paredes son fijas a la estructura del secador, mientras la cuarta hace las veces de puerta. Esta puerta se abre hacia arriba en donde está unida a una de las esquinas de la campana; se fija a la estructura por medio de cáncamos que hacen la función también de templadores y facilitan la operación de la puerta.

Para evitar que los tornillos que sujetan las paredes y los cáncamos desgarran la película plástica, los puntos de fijación están doblados hacia adentro, cubriendo totalmente una placa pequeña de aluminio

la misma que agranda el área de templado y sujeción. La placa es fijada solidaria a la película por medio de un hojalillo que dá normal cabida a los tornillos o cáncamos.

Las esquinas superiores del secador que se hallan formando el techo, están redondeadas con la finalidad de: primero, darle al secador una geometría que permita en circulación natural darle al aire caliente y húmedo, facilidad para que entre en la campana y salga por la chimenea anulando de esta manera zonas inefectivas, y segundo: evitar que cuando el Sol llegue al cenit la intensa radiación penetre en tal cantidad que eleve la temperatura interna del secador a niveles perjudiciales (sobre 50 °C).

Sobre el techo se encuentra una campana rectangular, cuyas dimensiones mayores son las del secador y las menores son un tercio de esta longitud, la estructura y paredes están constituídas de tubo y película plástica respectivamente; la campana tiene la facultad de ejercer una acción aspiran-

te y conducir de una manera uniforme el aire del recinto hacia el ducto de escape.

El ducto de escape o chimenea es un tubo plástico rígido de gran diámetro que cumple con la finalidad de llevar el aire caliente y húmedo hacia el exterior, además beneficia el tiro ejercido por el efecto de chimenea causado por las fuerzas debidas a la diferencia térmica entre el aire exterior e interior.

Un coronamiento de chimena se encuentra en el extremo superior del ducto de escape, este coronamiento cumple con la finalidad de evitar corrientes descendentes en la chimenea, e incrementar la succión sobre el ducto de escape dependiendo de la velocidad del viento y muy poco de su dirección, este dispositivo es una "T" plástica que acopla perfectamente al ducto de escape.

El hecho de que el secador este completamente forrado de plástico se justifica por lo práctico, y además porque de esta manera colecta la radiación directa y la indi-



recta o difusa; es además cómodo y fácil el mantenimiento del secador, si se ha hecho un agujero en el plástico basta poner cinta plástica adhesiva para su corrección, o reemplazar la pared defectuosa, tiene poco peso.

0.2.2.2 Especificaciones para ensamblaje y sujeción.-

La construcción del secador es sencilla, pudiendo ser efectuada por el mismo propietario, siempre que disponga de los materiales y herramientas necesarios. Los materiales están detallados en el Capítulo III (Análisis de Costos), las herramientas son:

- 1 arco con sierra
- 1 ^{terraplaca} ~~terraplaca~~ y dados de 1/2"
- 1 llave de tubo
- 1 taladro de mano
- 1 broca de \emptyset 1/8"
- 1 tijeras para tela
- 1 ojalilladora
- 1 desarmador plano

1 caja con fósforos, y papel

Para la construcción de los tramos curvos, es necesario hacer una plantilla sobre una mesa de trabajo o sobre el piso con las medidas requeridas; para formar la parte curva hay que calentar con papel encendido el tubo plástico; para el aro hay que usar como plantilla un tubo metálico del diámetro deseado, y para la unión se usa un tubo metálico corto que entra a presión.

La secuencia de ensamblaje y sujeción es proporcionada de tal manera que pueda efectuarse sin dificultad:

- 1) Formar el cuadro de la base; para completar el cuarto lado, hay que enroscar en un lado el tramo largo y en otro lado el tramo pequeño que lleva insertado el tubo de sujeción sobresaliente unos 15 mm., que al ensamblarse con el extremo del tramo anterior, dará una unión sujeta a presión.
- 2) Colocar en los extremos libres, los cuatro tramos roscados en ambos extremos.

- 3) Poner las "T" plásticas de \emptyset 1/2" en ca
da extremo, cuidando que las derivacio-
nes a 90° queden frente a frente de dos
en dos.
- 4) Colocar en las derivaciones mencionadas
los tramos largos y cortos, de la misma
forma que en la segunda parte del nume-
ral primero.
- 5) Colocar en las derivaciones libres los
cuatro tramos curvos, cuidando que que-
den frente a frente, de dos en dos de
la misma forma que las derivaciones an-
teriores.
- 6) Poner los acoples especiales en los cu
atro extremos disponibles, quedando en
posición para la formación de la campa-
na.
- 7) Colocar los tramos largos y cortos de
igual forma que en el numeral primero,
hasta formar el rectángulo base de la
campana.

- 8) Colocar los cuatro tramos restantes en las derivaciones libres, estos tramos tienen en el extremo no roscado una concavidad que permite ensamblarse a un aro, y en su interior, unas tuercas que sirven para la sujeción del aro mediante tornillos y que han sido colocadas a presión.
- 9) Acoplar la "T" que forma el coronamiento al ducto de escape o chimenea.
- 10) Ensamblar este conjunto al aro, sujetándolo por medio de tornillos previamente colocados en el ducto.

La estructura tiene practicada agujeros, excepto dos tramos (según diagrama) que sirven para sujetar las paredes del secador, una de las cuales hace de puerta. La mejor manera de preparar las paredes plásticas es: coger éstas y colocarlas en el sitio correspondiente, marcar los sitios donde deben ir los agujeros, para después en otro lugar proceder a colocar las placas y fijarlas con los ojalillos; esto se hace

para evitar que cualquier falla en el momento de practicarse los agujeros de la estructura, vayan a convertirse en sitios de mucha tensión, o impidan obtener una superficie plana.

Para colocar las paredes son necesarios los siguientes pasos:

- 1) Poner la cara Norte de la campana sobre la cara Norte de la cabina, y asegurarlas con los tornillos a la estructura, el dobléz debe quedar siempre hacia adentro.
- 2) Poner la cara Oeste de la campana sobre la cara Oeste de la cabina, y asegurarlas con los tornillos.
- 3) Colocar los extremos de las caras Oeste de la cabina y la campana sobre los respectivos extremos de las caras Norte, y proceder como en el numeral primero.
- 4) Efectuar los numerales dos y tres con las caras Este.

- 5) Proceder con la cara Sur como en el numeral primero.
- 6) De la campana, poner las caras Norte y Este sobre la Sur y asegurarlas.
- 7) Asegurar las caras Este y Oeste de la cabina, dejando la malla metálica templada y sujeta en la cara Sur.
- 8) Templar la cara Sur sobre las caras Este y Oeste usando los cáncamos, y dejando un espacio para la entrada de aire que se halla protegida de insectos por la malla metálica.
- 9) Asegurar con los tornillos las paredes, en el lado inferior de la cabina y superior de la campana.

En este momento el secador está listo para colocarlo sobre la cama de piedras y placa absorbadora, luego de lo cual puede entrar en funcionamiento.

Debido a su forma este secador no tiene problemas con el viento, conservando su es

tabilidad, es más firme aún cuando está cargado, puede ponérsele anclaje o no.

BIBLIOTECA

Los planos y diagramas al final de esta Tesis darán una mejor visión de lo dicho anteriormente.

2.2.3

~~2.3.3~~

Orientación óptima del secador.-

La energía usada para el funcionamiento del secador, es la que se puede obtener de la radiación solar, y es necesario lograr que la mayor fracción de energía radiante sea aprovechada por el secador, cuidando su límite de proceso. Para este efecto es necesario conocer la orientación óptima que debe ser dada al aparato.

La geometría del secador es de mucha importancia y depende en gran medida de la selección. Ya que el aparato es esencialmente cúbico, su techo semi-cilíndrico con una campana longitudinal en la parte superior y un ducto de escape con sistema de absorción incorporado; su orientación óptima, es conservando el eje del semi-cilin-

dro perpendicular a la trayectoria del Sol durante el día; esto permite que en la mañana, la pared Este reciba gran cantidad de radiación directa, y en la tarde sea la pared Oeste la que desempeñe igual función; en la transición de parte de la mañana hacia el medio día, y del medio día a parte de la tarde, la cubierta superior formada por el semi-cilindro y por la campana reciben la mayor cantidad de energía solar, e impiden rebasar el límite de proceso. La pared Norte recibe muy poca cantidad de radiación solar directa, mientras que la pared Sur no tiene este beneficio; las cuatro paredes reciben radiación solar difusa.

La dirección preferente del viento en unas veces Sur-Oeste y otras Nor-Este, presentándose poca superficie del secador contra el viento por medio de la orientación antes mencionada, y beneficiando la función del sistema de absorción, el mismo que usa la velocidad del viento para crear succión, logrando de esta manera en condiciones óptimas, la renovación más rápida de aire en el secador. El coronamiento debe ser dis-

puesto por lo tanto en la dirección Nor-Este y la puerta de acceso debe localizarse en la cara Oeste. Podemos apreciar entonces que mediante la orientación escogida podemos asegurar una mayor eficiencia en el funcionamiento del secador, combinando convenientemente la energía solar con la energía eólica, especialmente al fene- cer la tarde.

2.3.4 Balance Energético.-

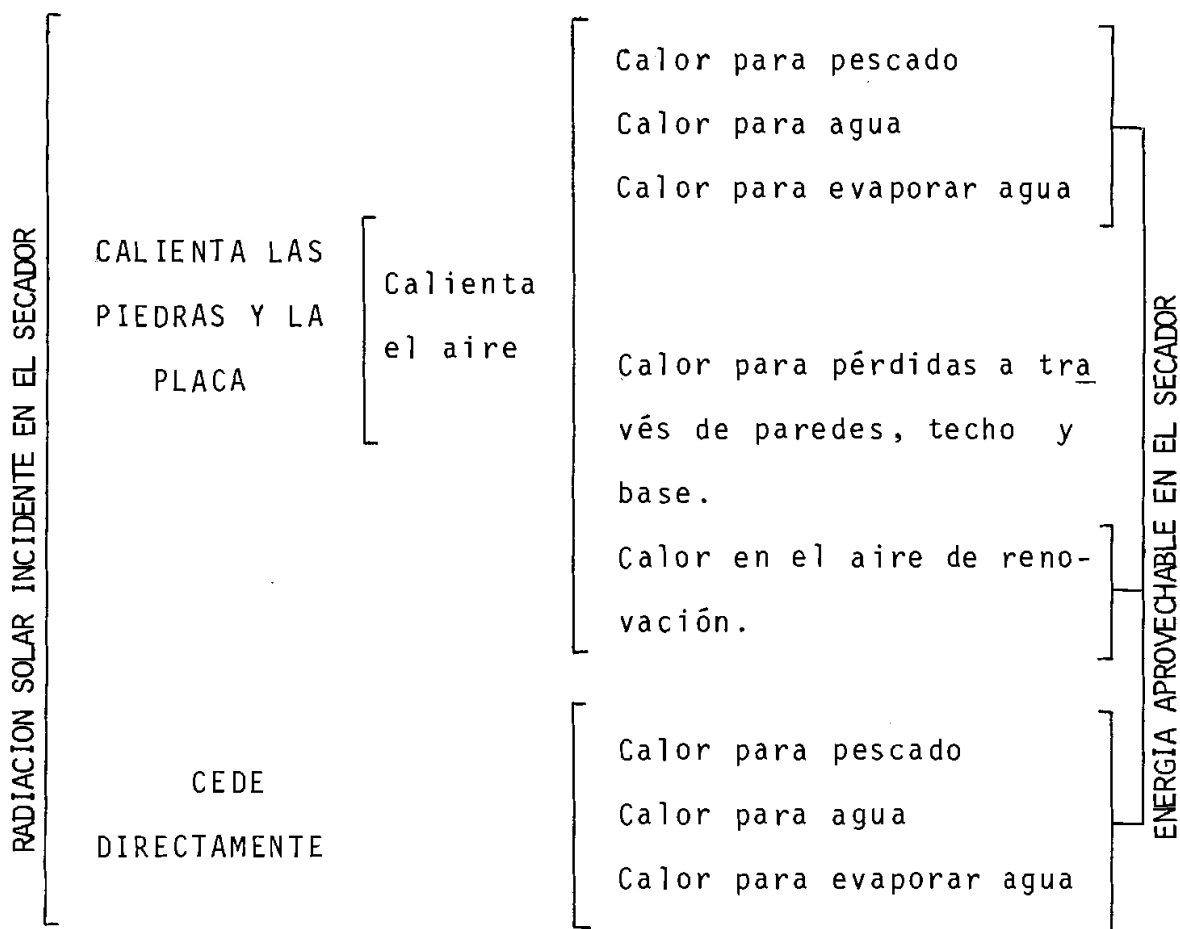
Siempre que tiene lugar una evaporación, el calor latente de vaporización debe sumi nistrarse a la superficie en la cual se produce el vapor. En el caso particular del agua, el calor latente puede estimarse de las tablas de vapor encontradas en cual quier libro de Termodinámica. Las varia- ciones de la presión atmosférica no afectan a la cantidad de calor necesario.

A fin de poder efectuar el balance energé- tico de una unidad de secado, es necesario identificar todos los caminos por donde puedan existir pérdidas y ganancias de ca- lor. Estas incluyen el calor necesario pa

ra mantener la estructura del secador a la temperatura requerida a pesar de las pérdidas por convección y radiación, el calor absorbido en calentar la materia en la instalación, y el calor tomado por el aire de ventilación, encargado de eliminar la humedad evaporada.

En sí, la energía entregada por la radiación solar atravesando las paredes del secador, es usada para calentar las piedras que ejercen la función de estabilizador de la energía calórica, y de acumulador de energía en un segundo plano; en parte para calentar la placa corrugada de aluminio a poca distancia, la que por radiación es calentada también por las piedras; la radiación solar dá también energía para calentar el pescado, calentar el agua, evaporar el agua, calentar la estructura; las piedras y la placa dan energía para calentar el aire, fluido de trabajo, el mismo que dá energía para calentar el pescado, calentar el agua, evaporar el agua, calentar la estructura, y para pérdidas a través de las paredes, techo y aire de renovación.

Para mejor comprensión de lo antes dicho se presenta un cuadro sinóptico de utilidad.



El balance energético en forma de ecuación quedará:

$$\begin{array}{l}
 \text{Radiación solar} \\
 \text{Incidente en el secador}
 \end{array}
 =
 \begin{array}{l}
 \text{Energía aprovechable} \\
 \text{en el Secador}
 \end{array}
 + \text{Pérdidas}$$

(2, 26)

En la ecuación (2.24) conocemos la radiación solar incidente en el secador, calculado según el numeral 2.1, de igual manera para calcular la energía aprovechable en el secador tomando en cuenta lo descrito en el cuadro sinóptico tenemos:

- Calor para el pescado:

$$Q_p = m_p C_{pp} (t_p - t_e) \quad (\underline{2.27})$$

donde: Q_p = calor necesario para calentar el pescado desde la temperatura exterior hasta la alcanzada en el interior del secador.

m_p = masa del pescado a ser secado.

C_{pp} = calor específico del pescado

t_p = temperatura del pescado en el interior del secador.

t_e = temperatura del aire exterior

- Calor para calentar el agua:

$$Q_{ag} = m_{ag} C_{pag} (t - t_e) \quad (\underline{2-28})$$

donde: Q_{ag} = Calor necesario para calentar el agua desalojada en el período escogido.

m_{ag} = Cantidad de agua desalojada en el período escogido.

C_{pag} = Calor específico del agua

- Calor para evaporar el agua:

$$Q_v = m_{ag} h_{fg} \quad (\underline{2-29})$$

donde: Q_v = Calor necesario para evaporar el agua desalojada.

h_{fg} = Calor latente de vaporización a la temperatura del pescado.

- Calor en el aire de renovación:

Es igual al calor calculado de la ecuación (2.31) menos el calor utilizado en

el pescado. La suma de todos estos calores dan como resultado la energía que está siendo realmente útil en el secador, y que está efectuando la operación de secado, también es igual al calor contenido en el aire desde su entrada hasta su salida. Las pérdidas en la ecuación (2.25) son obtenidas por diferencia, ya que siendo éstas mayores que la energía aprovechable, su cálculo involucra una gran acumulación de errores sistemáticos, la fórmula es:

$$\text{Pérdidas} = \text{Radiación solar Incidente en el secador} - \text{Energía aprovechable en el secador.}$$

2.2.5 2.3.5 Cálculo de ventilación natural requerida.-

La ventilación natural requerida para remover la humedad del interior del secador, depende de la diferencia de temperaturas entre el interior y exterior del secador, y de la influencia de la velocidad y dirección del viento.

Las ecuaciones utilizadas son la (2.22) y (2.25); debido a la disponibilidad de la

carta psicrométrica Fig. 2.16, se usa el sistema inglés que es transformado luego al sistema métrico; en la ecuación (2.22) se usa un factor de 5.36 debido a que el secador está funcionando a su máxima capacidad y hay mucha restricción al flujo; se usa un factor de 7.0 cuando el secador funciona sin carga.

Ya que están perfectamente identificadas las condiciones de entrada y salida de aire, podemos calcular, cual es la cantidad de aire seco que circula por el aparato, cual es la cantidad de calor contenida en él y la cantidad de humedad que es desalojada en esa corriente de aire.

La cantidad de aire seco circulante viene dada por:

$$\dot{m}_{as} = C_a / v \quad (2.30)$$

donde: \dot{m}_{as} = flujo de aire seco

v = volumen específico del aire a la salida.

CARTA PSICROMETRICA
Altas Temperaturas
Baromet. 29.92 Pulg Hg

de rechazo o
agua añadida

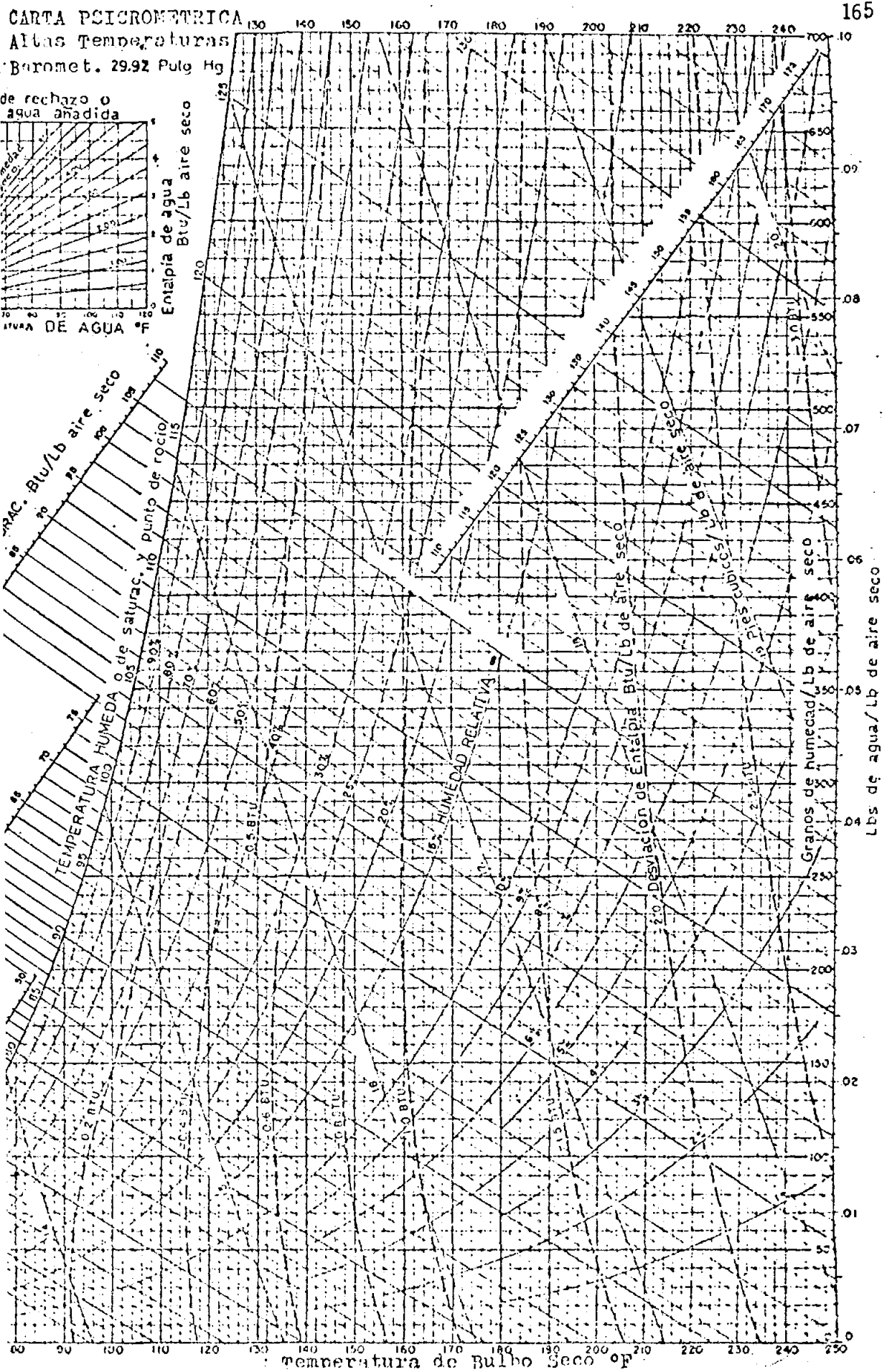
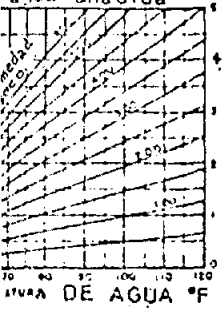


FIGURA 2.16 CARTA PSICROMETRICA

Conociendo el flujo másico de aire seco \dot{m}_{as} podemos calcular:

$$Q_{ac} = (h_s - h_e) \dot{m}_{as} \quad (2.31)$$

donde: Q_{ac} = calor contenido en el aire

h_s = entalpía a la salida del aire

h_e = entalpía a la entrada del aire.

La cantidad de humedad desalojada es:

$$\dot{\omega} = (\omega_s - \omega_e) \dot{m}_{as} \quad (2.32)$$

donde: $\dot{\omega}$ = flujo másico de humedad

ω_s = humedad a la salida

ω_e = humedad a la entrada

Los factores de conversión del sistema inglés al decimal pueden ser encontrados en cualquier libro de Termodinámica.

2.3.6 Cálculo de eficiencia.-

Una medida del rendimiento del secador es

la eficiencia de colección, definida como la relación de la ganancia útil o energía aprovechable sobre cualquier período de tiempo a la energía solar incidente sobre el mismo período de tiempo.

La eficiencia del secador para cada hora de operación puede ser encontrada de:

$$N_{\text{hora}} = \frac{Q_u}{I} \quad (2.33)$$

Donde N_{hora} es la eficiencia horaria; Q_u , es la energía útil ganada por hora, e I es la radiación sobre el secador en una hora. La eficiencia diaria no es el promedio de las eficiencias horarias, pero puede ser calculada de:

$$N_{\text{día}} = \frac{\sum Q_u}{\sum I} \quad (2.34)$$

Donde $N_{\text{día}}$, es la eficiencia diaria: $\sum Q_u$, es el total de la energía útil ganada en el día; y $\sum I$, es la radiación solar total incidente en el día.

Otra medida es el rendimiento de la evapo-

ración, definida como la relación de la cantidad de humedad desalojada en el aire o extraído del producto, a la cantidad de humedad contenida en el aire a la saturación.

$$N_{ev} = \frac{\omega}{\omega_{ss} - \omega_e} \quad (2.35)$$

Donde N_{ev} es el rendimiento de la evaporación; ω es la humedad desalojada; ω_{ss} es la humedad lograda en el punto en el cual la línea de entalpía constante del aire de salida cruza la curva de saturación; ω_e es la humedad a la entrada del aire.

2.4 PROCESO EXPERIMENTAL.-

2.4.1 Especificaciones aproximadas.-

Area de secado : 1 m²

Capacidad : 37 kgs.

Se entiende por área de secado, el total de las áreas de cada uno de los pescados expuestos al aire y a la radiación solar para efectuar su proceso de secado.

La capacidad de 37 kgs es el peso del pescado al inicio del proceso con un contenido de humedad aproximado del 65%.

2.4.2 Recopilación de datos meteorológicos.-

La recopilación de datos meteorológicos es necesaria, ya que nos permite evaluar el funcionamiento del secador; para efecto de nuestro estudio los datos de importancia son: temperatura de bulbo seco y húmedo del aire; radiación solar global diaria; dirección y velocidad del viento.

Durante el período de prueba los datos meteorológicos fueron tomados con ayuda de los siguientes aparatos de medición propios del Laboratorio de Energía Solar: un piranómetro y un anemómetro, que dan respectivamente lecturas de insolación incidente total, y velocidad y dirección del viento; estos instrumentos están acoplados a unidades registradoras que graban en cintas de papel las condiciones meteorológicas para su futura interpretación.

Las temperaturas del bulbo seco y húmedo del aire exterior y las respectivas temperaturas en el interior del secador, fueron tomadas con ayuda de un termómetro digital marca Omega, el cual funcionó con termocuplas tipo T de cobre-constantan, con capacidad para captar variaciones de temperatura del orden de los 0.2 °F y accionado con 110. voltios.

Los equipos del laboratorio están debidamente calibrados, siendo sus lecturas confiables; con el termómetro digital, el calibrado se logra sumergiendo las termocuplas en hielo o en agua hirviendo, temperaturas al nivel del mar que son conocidas. Las termocuplas deben estar unidas preferentemente por soldadura (no afecta la lectura) detectándose cualquier falla de continuidad en el instante en que la lectura no se estabiliza.

Para la medición de la temperatura de bulbo húmedo, luego de haber probado distintos medios, se eligió una fina capa de algodón que cubre totalmente el bulbo y suje

to a él con hilo; el termómetro debe de hu medecerse sin empaparlo y esperar mínimo un minuto para tomar la medición correcta, esta operación debe ser repetida cada vez que se vaya a tomar una medida.

Los datos meteorológicos se encuentran incluidos en el Capítulo IV numeral primero, bajo el título de Graficación y Tabulación de Datos Experimentales.

2.2.6

~~2.4.3~~ Especies y estado del pescado a secarse.

Toda especie de pescado es factible de secar en este aparato, sea magro o algo graso, grande o pequeño, se debe tener en cuenta que mientras más grande o graso el pescado, más aumenta el tiempo de secado, especialmente la segunda etapa.

Dependiendo de la época de captura encontraremos el predominio de una y otra especie de pescado o inclusive la ausencia de pesca; entre las distintas especies podemos citar: roncador, pámpano, cabezón, corvina, sierra, picudo, etc., correspondien

tes a la pesca blanca y de gran aceptabilidad para el consumo humano.

El pescado antes de entrar al proceso general de secado, debe tener buenas cualidades organolépticas si ha sido congelado, o ser fresco; será curado mediante el proceso de salazonado en seco, consistente en una mezcla de sal en grano molida y sin moler, se espera una o dos horas mientras la sal penetra reemplazando el agua contenida en el pescado, cuando éste presenta una superficie aparentemente libre de agua, aproximadamente 65% de contenido de humedad, el pescado puede ser ingresado al secador.

2.4.4 Secado en paralelo con el método tradicional.-

Es necesario para fines de experimentación tener un patrón de comparación, para lo cual, al mismo tiempo que se utiliza el secador, en forma paralela se seca pescado según el método tradicional, el mismo que consiste en secar al ambiente, con el pescado colocado sobre piedras, arena o tierra recibiendo directamente los rayos solares,

y como la velocidad del aire al nivel de la tierra es menor, recibiendo poca incidencia de él; es por lo tanto, necesario virar los pescado de tiempo en tiempo.

Se pretende ir comparando a lo largo del proceso de secado como va evolucionando el pescado del secador, y como va evolucionando el pescado al aire libre para un mismo período de tiempo; nos daremos cuenta entonces cuán mejor es un método sobre el otro; el pescado del secador debe secar más rápido que el del aire libre, por lo tanto, los tiempos empleados en completar cada etapa del secado deben ser menores, de no ocurrir así, el secador no tendría objeto de ser utilizado; en base al secado al aire libre se irá optimizando el secador, ya que al tener este punto como base, las condiciones que conduzcan a disminuir el tiempo en el secado deben ser aprovechadas.

El pescado en el secador es colocado colgado y abierto, con la superficie carnosha hacia la cara Norte para el grupo de la par-

te inferior, mientras que el grupo superior se coloca perpendicular a esta posición con el fin de que los rayos solares pasen hacia la piedra y placa al actuar éstos como reflectores de los rayos del Sol, dirigiéndolos hacia abajo y hacia los demás pescados; al estar colgados los pescados presentan poca restricción al flujo de aire pasando sobre ellos, lo que da una ventaja sobre el pescado al aire libre.

Cuando el pulgar no se hunde en el pescado, éste está bien seco, y su textura es firme.

2.4.5 Control de la ventilación requerida.-

La ventilación juega un papel importante en la evolución del proceso del secado, ya que por medio de ésta, desalojamos la humedad absorbida por el aire caliente circulante, permitiendo que una nueva cantidad de aire caliente más seco desaloje la humedad con mayor rapidez.

La ventilación se lleva a cabo por medio del efecto de chimenea producido por la di

ferencia de temperaturas entre el aire interno y externo, y por la velocidad del aire incidiendo tanto en las aberturas de salida como de entrada. Ha sentado su predominio la ventilación por medio del efecto de chimenea, ya que éste se encuentra presente durante todo el proceso de secado, no así el viento que es muy intermitente y que es realmente importante a partir de las últimas horas de la tarde.

En la primera etapa es preferible dejar toda la chimenea abierta para permitir la libre circulación de aire, esta etapa se caracteriza por un desalojo de gran cantidad de humedad que varía de acuerdo a las condiciones meteorológicas y que generalmente ocurre en el primer día.

Si por una u otra circunstancia se nota que en el secador se está formando escarcha, tenemos una prueba inequívoca que existe falta de ventilación, siendo necesario abrir paulatinamente el control de la chimenea; en caso de estar a plena carga, es necesario abrir más la entrada de aire al

secador, la escarcha desaparecerá en un máximo de cinco minutos; cuando se ha terminado la primera etapa es necesario poner el control de la chimenea en el punto inicial o si estaba a plena carga, volver la puerta de entrada a su estado original.

La segunda etapa de secado es un proceso lento con poco desalojo de humedad que disminuye paulatinamente a medida que el proceso evoluciona, aunque no siempre sucede así, ya que las condiciones meteorológicas dominan el proceso y puede ocurrir que el segundo día de la segunda etapa sea en el que mayor desalojo de humedad se efectúe. En el último día de secado dependiendo de la carga, se desaloja más o menos humedad.

Cuando la carga es baja, en el segundo período de secado, podemos obtener una velocidad muy elevada que tendrá que ser rebajada, para no producir endurecimiento superficial en el pescado y retardar el período de secado; una de las soluciones es disminuir el área de salida del aire caliente y húmedo, y abrir más la entrada de aire

de tal manera que el calor sea expulsado por abajo, y no aumente la temperatura interna.

Las condiciones internas del secador cambian muy poco a plena carga y sin carga, el factor de la fórmula (2.22) puede ser cambiado dependiendo de la carga que altera la restricción al flujo.

El dispositivo de control de flujo de la chimenea sirve principalmente para controlar la ventilación en el secador, permitiendo que en época de poca radiación incidente, el flujo de aire sea restringido y conserve el calor en el interior del secador, no permitiendo que éste sea enfriado; en época de alta radiación y si no facilita el endurecimiento superficial, puede permanecer totalmente abierto.

Para que la ventilación sea satisfactoria debe tomarse en cuenta que los pescados deben tener dimensiones y contenido de grasa similares; además mientras más grande o más grasoso, más cuidado debe existir espe

cialmente en el fileteado y salado, permitiéndose así una mejor transferencia de la humedad.

~~2.4.7~~ ~~2.4.6~~ Control del tiempo de secado.-

Para lograr el menor tiempo de secado, se ha recomendado mantener el secador con un aire del 55% de humedad relativa en su segunda etapa, considerando que la actividad bacteriana cesa cuando el producto tiene menos de aproximadamente el 25% de agua, dependiendo el contenido acuoso final del pescado, del mercado que se desee cubrir. El contenido acuoso final del pescado depende también de la humedad relativa del aire en que se va a almacenar, si se continúa secando luego de este punto de equilibrio, el pescado volverá a absorber humedad, y tan solo representará una pérdida de tiempo y gasto innecesario de energía.

Para conocer el tiempo de secado tomando en cuenta lo expuesto anteriormente, se hace necesario controlar el peso del pescado mediante el pesado cada dos horas de míni-

mo dos muestras, lo que nos permite encontrar una rapidez de secado que variará dependiendo del grosor y grasa del pescado; en cierto momento se nota que se hace lento el proceso de secado, coincidiendo con la aparición de manchas superficiales de secado. Si el proceso presenta estado estacionario y aún hay tiempo antes de que se oculte el Sol, podemos cerrar poco a poco el control de la chimenea hasta activar nuevamente el proceso, lo cual será notado por la presencia de escarcha en la superficie interna del secador o por la pérdida de peso del pescado; este proceso representa la primera etapa de secado, y tiene una duración aproximada de un día.

La segunda etapa de secado tiene una duración de dos o tres días, caracterizándose por poca pérdida de humedad, siendo la mejor manera de medir su duración, por la ausencia de pérdida de peso entre la penúltima y última pesada, esto es ratificado porque el pescado presenta una apariencia completamente seca, e impide que el pulgar haga huella en su superficie, teniendo por

lo tanto, un producto seco listo para el consumo.

En la Tabla 2.6 se muestra el contenido acuoso del bacalao desecado y pescados similares cuando se almacenan en aire a diferentes humedades relativas.

TABLA 2.6
ESTADO DE LA HUMEDAD SOBRE EL CONTENIDO
ACUOSO FINAL DEL PESCADO NO GRASO

HUMEDAD RELATIVA %	CONTENIDO ACUOSO %
20	7
30	8
40	10
50	12
60	15
70	18
80	24

2.4.7 Obtención y análisis periódico de muestras.-

Para seguir en el proceso, el comportamiento del pescado en cada etapa, se tomarán nueve muestras de distintos lugares en el secador y tres muestras puestas al aire libre según el método tradicional. Todas

Las muestras serán continuamente pesadas cada hora y cada dos horas, y las condiciones en el secador cada un cuarto de hora.

Las muestras serán marcadas de distinta manera y colocadas a lo largo y ancho del flujo de aire, las muestras al aire libre serán tratadas de igual forma que las otras.

En el análisis se espera corroborar que la primera etapa es relativamente rápida en comparación con la segunda, y que a medida que termina el proceso va siendo más pequeño el decremento de humedad. La aparición de zonas húmedas caracterizada por la apariencia brillante de la superficie del pescado y la formación de manchas de secado nos mostrarán el fin e inicio de la primera y segunda etapa. La finalización del proceso se nota en la estabilidad del peso del pescado.

En sí las muestras son obtenidas de tal manera que corresponden a distintas líneas de flujo en el interior del secado con el fin de catalogar la calidad del secado de

acuerdo a la ubicación en la cabina.

En el primer día se pesará las muestras ca
da hora, y luego cada dos horas, para obte
ner el tiempo utilizado y las curvas de se
cado.

Con cada pesada se les revisará a los pes-
cados como está secando la carne de la ca-
beza y la cola, especialmente junto a la
espina dorsal y al fondo del fileteado en
las partes más gruesas, buscando superfi-
cies más húmedas que el promedio y huellas
de putrefacción, se comprobará si hay durez
a superficial y la profundidad de secado.

Con poca radiación más difusa que directa,
el pescado en el secador secará lentamen-
te, mientras que los que están al aire li-
bre no podrán avanzar en la segunda etapa
significativamente, tardando así hasta nue
ve días en que el producto aunque seco no
mostrará consistencia, pero presentará me-
jor apariencia que el vendido en el merca-
do con clara apariencia húmeda.

2.4.8 Evaluación física y organoléptica.-

La evaluación física se refiere a la observación más detallada de aquellos pescados que presentan dimensiones relativamente más grandes que los demás, en lo que respecta a su longitud y espesor, además de lo bien efectuado que está el fileteado, el mismo que deberá llegar lo más profundo posible sin romper la piel, ni desprenderse la carne de ésta.

Como se ha considerado que los pescados deben tener dimensiones y contenido graso parecidos, se ha podido constatar que la pequeña diferencia entre tamaño y contenido graso de los pescados no afecta de forma sensible la condición final del producto; además siendo cuidadosamente efectuado el fileteado se ha asegurado un secado uniforme en todos los pescados, la longitud de éste varía entre 22 cm., y 30 cm., con un grosor de la carne aproximado de 0.5 cm., y una separación entre filetes de 1.0 cm., aproximadamente.

La evaluación organoléptica o sea aquella

relacionada con el aspecto, olor y textura del pescado, tendrá por objeto la revisión visual del producto, para establecer si es tá seco, si existe desmembramiento de la carne, su coloración, todo lo cual es parte del aspecto que el pescado presenta al consumidor; el pescado una vez seco debe tener muy poco o carecer de olor, su textu ra debe ser firme y su superficie no debe ceder a la presión de los dedos, la carne deberá estar bien adherida a la piel, su sabor debe ser agradable, característico de la especie según la aceptación en el mercado. Debido al método de salado escogido, su sabor se presenta con un salado algo acentuado.

2.4.9 Control de la calidad del producto.-

En el pescado vivo se hallan presentes millones de bacterias y otros microorganismos, muchos de los cuales contribuyen potencialmente a la alteración del pescado ya muerto, existen indicaciones de que en el bacalao mantenido en hielo, las bacterias penetran la piel al cuarto o quinto día de la captura, los enzimas también in-

tervienen casi con seguridad en el cambio de aroma; la incidencia de oxígeno del ambiente en la grasa de pescados grasos produce un efecto de oxidación, resultando un olor y sabor a rancio. Todos los pescados tienen más o menos el mismo comportamiento.

El control de calidad del producto debe ser llevado desde la etapa de selección del pescado; ya que la finalidad del pescado salado y seco, es la conservación del alimento para su uso posterior en la alimentación humana, es conveniente iniciar el proceso con pescados frescos los mismos que tienen poca o nada de incidencia de infecciones microbiológicas o macrobiológicas, permitiendo que durante el proceso no sean significativos estos factores.

Gran cantidad de producto se pierde como consecuencia de la falta de control de calidad en el proceso y almacenamiento.

La calidad del producto durante el procesado está bien llevada en la evaluación física y organoléptica, lo cual ya ha sido tratada.


BIBLIOTECA

Durante el almacenaje se producen variaciones en la calidad a medida que transcurre el tiempo y principalmente se debe a factores como: infección microbiológica y macrobiológica; y, cambios físico-químicos. En la infección micro y macrobiológica podemos citar:

- bacterias (tipo halofílicas o tolerantes a la sal).
- moho
- insectos
- gusanos

Entre los cambios físico-químicos podemos citar:

- oxidación de la grasa, resultando la rancidez.
- pérdida de color
- excesivo endurecimiento de la textura y fragilidad.
- pérdida o ganancia de humedad

Siguiendo la evolución del proceso se pudo prevenir y conseguir mediante el método de

salado y secado que no se presenten físicamente rasgos de bacterias, mohos, insectos o gusanos. Durante el almacenaje se ha podido constatar la ausencia visual de estos micro y macroorganismos, produciéndose eso sí una cierta fragilidad del producto luego de los tres meses, que tiene poca incidencia en el carácter organoléptico del pescado. Nuestro ambiente es muy adecuado para la conservación del pescado salado y seco, ya que no se ha detectado pérdida o ganancia de humedad en forma perceptible.

2.4.10 Estimación de la eficiencia del secador.-

Para la estimación de la eficiencia, necesitamos calcular tanto la energía aprovechable, como la radiación solar incidente, para lo cual de los datos experimentales y con ayuda de la carta psicrométrica, Fig. 2.16, tomando como referencia el día 29 de Setiembre de 1983, con el secador a plena carga, obtenemos:

Entre las 10 y 11 horas, tiempo solar, las temperaturas de bulbo seco y húmedo en el

interior del secador son $37.30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (o $99.14\text{ }^{\circ}\text{F}$) y $29.48\text{ }^{\circ}\text{C}$ (o $85.00\text{ }^{\circ}\text{F}$) respectivamente; las temperaturas de bulbo seco y húmedo del aire externo son $29.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ (o $84.29\text{ }^{\circ}\text{F}$) y $25.60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (o $78.00\text{ }^{\circ}\text{F}$) respectivamente, con estos puntos en la carta psicrométrica encontramos para la salida y entrada de aire: entalpía igual a 88.58 y $74.84\text{ kcal/kg}_{as}$; contenido de humedad igual a 0.0231 y $0.0194\text{ kg}_{ag}/\text{kg}_{as}$; en la saturación el contenido de humedad es $0.0263\text{ kg}_{ag}/\text{kg}_{as}$, y volumen específico de $0.9123\text{ m}^3/\text{kg}_{as}$.

De la ecuación (2.22) con un factor de 5.36 , área de salida del aire 0.01824 m^2 y distancia entre entrada y salida 2.44 m ., encontramos un caudal de $0.4361\text{ m}^3/\text{min}$., corrigiendo debido al efecto de aberturas desiguales para lo cual es multiplicado por un factor de 1.38 obtenido de la Fig. 2.14, considerando el área mayor de 0.1 m^2 , se convierte en $0.6018\text{ m}^3/\text{min}$, de la ecuación (2.25), con una efectividad de abertura de 0.35 , velocidad del viento 0.8 m/seg ., el viento genera un caudal de $0.4681\text{ m}^3/\text{min}$. El flujo debido al viento y al efecto de

chimenea combinados será entonces la raíz cuadrada de la suma del cuadrado de los caudales, lo que dá $0.7624 \text{ m}^3/\text{min.}$, circulado; los kilogramos de aire seco en una hora se obtienen dividiendo el caudal para el volumen específico, y es igual a $50.1361 \text{ kg}_{\text{as}}/\text{hr}$; en la ecuación (2.31) encontramos que la energía aprovechable o entregada al aire es de 212.60 kcal/hr . El agua desalojada según la ecuación (2.32) es de $0.1990 \text{ kg}_{\text{ag}}/\text{hr}$.

El calor expulsado en el aire saliente puede calcularse de la energía aprovechable, y los calores invertidos en la evaporación de la humedad y calentado de la materia a secarse, para lo cual de la ecuación (2.27) con m_p igual a 37 kg , C_{pp} igual $0.56 \text{ kcal/kg-}^\circ\text{C}$, y temperaturas t_p igual a 37.30°C y t_e igual a 29.00°C , Q_p es 28.66 kcal/hr ; de la ecuación (2.28) con m_{ag} igual a 0.1990 kg/hr , C_{pag} igual a $1.00 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$, y las temperaturas anteriores, Q_{ag} es 1.6517 kcal/hr ; de la ecuación (2.29) con m_{ag} , y h_{fg} igual a $576.1 \text{ kcal/kg}_{\text{ag}}$, Q_v es 114.64 kcal/hr ; el calor para vencer la

tensión superficial del agua es calculado como el 5% de la suma de los calores anteriores y es igual a 7.25 kcal/hr. El calor expulsado en el aire saliente es entonces igual a la energía aprovechable, menos la suma de los calores calculados anteriormente, lo cual nos dá 60.36 kcal/hr. Es necesario calcular también, la radiación solar incidente sobre el secador; de la ecuación (2.21) con $\delta = 0.6267$; $\varnothing = -2.1667$; $\omega = 22.5$ para tiempo solar de 10 a 11 horas; $C = 0.073$; $\rho_g = 0.22$; $A_1 = 1.00 \text{ m}^2$; $A_2 = 0.1396 \text{ m}^2$; $A_3 = 0.75 \text{ m}^2$; $A_4 = 0.2446 \text{ m}^2$; $A_5 = 0.004364 \text{ m}^2$; $A_6 = 0.08 \text{ m}^2$; obtenemos una radiación solar total incidente de 658.75 kcal/hr.

Con los valores de energía aprovechable y radiación solar total incidente podemos encontrar de la ecuación (2.33) que la eficiencia del secador es del 32.27%, otros parámetros de importancia son: el rendimiento de evaporación de 56.32% obtenido de la ecuación (2.35); radiación solar solar directa = 252.15 kcal/hr; radiación solar difusa = 168.09 kcal/hr; radiación solar reflejada = 238.51 kcal/hr, y pérdidas

= 537.15 kcal/hr; datos que están disponibles en el Capítulo IV.

En el período comprendido entre las 10 y 16 horas ha incidido sobre el secador una radiación solar total de 2809.00 kcal; la energía aprovechable ha sido de 1075.17 kcal, y la eficiencia en el día, de 37.41% según la ecuación (2.34).

CAPITULO III

3. ANALISIS DE COSTOS.-

3.1 PRINCIPIOS DEL ANALISIS DE COSTOS.-

Un análisis de costos, es una simulación de una conducta financiera, y se basa en un conocimiento del comportamiento de los factores de costo, en este análisis se pretende determinar el impacto financiero de un sistema de secado solar en la economía de un artesano de la pesca.

La mayoría de las partidas del análisis facilitan capturar el realismo asociado con el financiamiento y construcción del proyecto. El costo de un secador de calentamiento solar sin energía auxiliar, incluye las siguientes partidas: costo de construcción y el costo de operación que incluye costo de mantenimiento.

En el costo de construcción encontramos:

El costo de las materias primas o materiales; se registran a partir de las facturas de las compras.

Cuando dichos materiales se utilizan en la fabricación y forman parte integral del secador terminado, se llaman materiales directos. Para la culminación del secador se necesitan materiales indirectos, su utilización en relación con el producto final es tan pequeño o tan complejo que sería inútil tratarlo como una partida del material directo. Los materiales que entran en esta categoría son por ejemplo: tornillos, pintura, hojalillos, etc., así como suministros como franela para limpieza, brochas, disolvente, necesarios para el mantenimiento del aparato.

La mano de obra se clasifica en dos categorías: la directa y la indirecta, la directa es la que se aplica directamente a los materiales que forman el secador, la mano de obra indirecta es contraste con la directa, no afecta la constitución ni a la composición del secador, la expresión comprende la labor de las personas que dirigen la obra, y aquellas ocupadas en labores de mantenimiento.

Los materiales indirectos o suministros y la mano de obra indirecta, constituyen una parte importante de los gastos generales de fabricación o cons

trucción, además caen en esta categoría los gastos por herramientas pequeñas, la depreciación y otros diversos.

El costo de operación se refiere a: la depreciación del secador, depreciación de la película plástica y su reemplazo, costos de mantenimiento anual, interés sobre el capital invertido, y un porcentaje para contingencias. El costo de mantenimiento incluye reparaciones en el secador, o cualquier otro costo que mantenga el aparato en condiciones de operación. Las consideraciones de estos costos conducen a la conclusión de que el mantenimiento debe ser minimizado si el calentamiento solar va a ser económicamente disponible, particularmente donde el costo de labor va a ser cargado como parte del mantenimiento. Los costos anuales asociados con la inversión inicial se denominan costos anuales de propiedad, eso es, interés sobre la inversión y su devolución sobre un número específico de años, referido a su tiempo de vida. La suma de esto es usualmente tomado como un porcentaje fijo de inversión cada año.

3.2 COSTO DE CONSTRUCCION.-

Con la finalidad de minimizar costos y facilitar

la adquisición, todos los materiales adquiridos fueron nuevos y disponibles en el mercado local. Construcciones especiales se han colocado en las esquinas inferiores del secador y su campana.

Todos los materiales han sido comprados al contado, y sus costos actuales están listados. Todo material no usado podría siempre ser incorporado en otras aplicaciones.

Los costos de los materiales indirectos son calculados como el 10% del costo del material utilizado.

El costo de la mano de obra indirecta es cargado como parte del costo del material, si es que el dueño del secador, o el maestro constructor no toma a su cargo la responsabilidad de dirección y cuidados de la obra.

El costo de mano de obra directa es fijado tomando en cuenta el precio más probable que el pequeño pescador, podría tener para pagar a un artesano local para la ejecución del proyecto.

Ya que la construcción del secador es completamente simple, podría ser fácilmente realizada por el

propio interesado utilizando herramientas simples de mano, lo cual reduciría el costo de construcción.

Para encontrar el costo de construcción, se exponen los precios de las distintas partes constitutivas del secador solar.

TABLA 3.1
COSTO DE MATERIALES DIRECTOS



CANT.		COSTO S/.)
1	T, plástica blanca, \emptyset 0.1524 m- \emptyset 6"	250,00
1	Tubo plástico blanco, 1 mx \emptyset 0.1524 m- \emptyset 6" ...	350,00
-	Película plástica transparente, 6.5 mx0.00015m	292,50
4	Codos de \emptyset 0.0762 m- \emptyset 3"	160,00
4	Codos de \emptyset 0.0127 m- \emptyset 1/2"	60,00
3	Tubos plásticos de alta densidad, 4 mx \emptyset 0.0127 m- \emptyset 1/2".	900,00
2	Tubos metálicos, 4 mx \emptyset 0.0127 m- \emptyset 1/2"	700,00
4	Tubos plásticos, \emptyset 0.0127 m- \emptyset 1/2"	80,00
4	 metálicas, \emptyset 0.0127 m- \emptyset 1/2"	100,00
4	 metálicas, \emptyset 0.0127 m- \emptyset 1/2"	120,00
1	Malla metálica ojo de pescado, 1 m.	30,00
		3.042,50

TABLA 3.2
COSTO DE CONSTRUCCION

	COSTO S/.)
Materiales directos	3.042,50
Materiales indirectos	304,25
Mano de obra directa	4.000,00
Costo de construcción	7.346,75

El costo total de construcción del secador de S/.7.346,75, puede ser minimizado prescindiendo del costo de mano de obra directa, la cual puede ser efectuada por el artesano, si esta fuera su decisión; quedando en S/.3.346,75 el costo de construcción.

3.3 COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL.-

Los requerimientos medios de labor durante el uso del secador son para la limpieza de la película plástica transparente, la chimenea, la estructura; esto permite una máxima cantidad de radiación solar transmitida, y facilidad para la circulación de aire, manteniendo al secador en su máximo nivel de eficiencia de operación.

El interior del secador debe ser continuamente librado de materia seca, excesiva grasa en las piedras y otras partículas no deseables, de tal forma que el nuevo producto entrante no sufra contaminación, las piedras deben ser mantenidas negras con el uso de un paño húmedo o pintura negro-mate.

Los requerimientos anteriores pueden ser fácilmente asumidos por el propietario del secador, lo cual reducirá el costo de mantenimiento.

La película plástica transparente de 0.15 mm., de espesor, tiene un tiempo de vida promedio de dos años bajo exposición a la luz solar y a la lluvia; este tiempo puede ser extendido si la película plástica se retira en el período de lluvia, aunque incrementa el costo de labor. Por lo tanto, asumiremos que la cobertura será reemplazada cada dos años a un costo de S/.292,50.

La estructura plástica hecha de tubos de alta densidad de \varnothing 0.0127 mm., permanece casi inalterable a las condiciones climáticas, igual sucede con el ducto de la chimenea y su T de aspiración, bajo condiciones de operación alrededor de 45 °C, la estructura se endurece y adquiere una gran rigidez.

Los valores aproximados que permiten hallar un costo de mantenimiento anual son expuestos en la Tabla 3.3.

TABLA 3.3
COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL

	CANT.	COSTO S/.)
<u>Reparaciones de la película plástica:</u>		
Rollo pequeño de cinta aislante	1	30,00
<u>Para limpieza:</u>		
Franela, 4m.	1	320,00
Brochas	6	160,00
<u>Para mantención de condiciones de operación:</u>		
Pintura negro-mate	8Lts.	700,00
Disolvente	8 "	100,00
COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL		1.310,00

El costo de mano de obra es dado como nulo, ya que estas operaciones pueden ser realizadas por el propietario del secador, impidiendo la carga de un nuevo costo.

La cinta aislante tiene un gran poder de adhesión y es usada en los lugares donde la película plástica presenta fisuras, lo cual muy rara vez ocurrirá y será debido más bien al descuido en el trato del aparato. Puede ser usada cualquier cinta de alto poder adhesivo.

Dos de las brochas son usadas para la limpieza del polvo en lugares un poco difíciles, mientras las otras cuatro se utilizan para pintar las piedras cada vez que sea necesario. El disolvente sirve para acondicionar la pintura, pero sobre todo para limpiar las brochas e impedir su daño.

3.4 ESTIMACION DE LA INVERSION TOTAL.-

Estimando en seis años el período de vida del secador; podemos observar que la inversión total debe tomar en cuenta que en el primer año existen costos de construcción y operación en el que están incluidos los costos de mantenimiento. Durante los cinco años subsiguientes, completando el período de seis años, existen sólo costos de operación.

El costo de operación anual del secador incluye: depreciación del secador, depreciación de la película plástica transparente, costos de mantenimiento anual, interés sobre el capital invertido, y un 5% de este total para contingencias.

La depreciación del secador es calculada dividiendo el costo total de construcción para seis años de vida. En el caso de la película plástica trans

parente, el costo por el primer período de dos años es cubierto por el costo de depreciación del secador, por lo tanto los otros dos cambios son también calculados anualmente, pero sobre un total de seis años que es el período de operación del secador, formando la depreciación de la película plástica.

Sobre el capital invertido se ha cargado un 12% de interés anual.

El costo de operación anual está descrito en la Tabla 3.4.

TABLA 3,4
COSTO ANUAL DE OPERACION DEL SECADOR

	COSTO S/.)
Depreciación del secador	1.224,46
Depreciación de la película transparente .	97,50
Costo de mantenimiento anual	1.310,00
Interés sobre la inversión del capital (12%)	882,00
Costo anual total	3.513,96
Adición para contingencias (5%)	175,10
COSTO ANUAL DE OPERACION	3.689,66

La inversión total neta en el período de seis años es descrita en la Tabla 3.5. La inversión en el primer año es calculada sumando el costo de construcción y el costo de operación, a partir del segundo año sólo existen costos de operación; todo esto nos dá una inversión total neta de S/.29.484,71, al finalizar el sexto año de vida estimada del secador.

TABLA 3.5
INVERSION TOTAL NETA DEL SECADOR EN 6 ANOS

	COSTO S/.)
Inversión en el primer año	11.036,41
Inversión en cinco años	18.448,30
INVERSION TOTAL	29.484,71

CAPITULO IV

4. ANALISIS DE RESULTADOS EXPERIMENTALES.-

4.1 TABULACION Y GRAFICACION DE DATOS EXPERIMENTALES.

La obtención de datos en una experiencia son de principal importancia, ya que ellos permiten evaluar el comportamiento del aparato en estudio e inclusive establecer mejoras.

Los datos tabulados y graficados, nos dan una idea rápida de como el secador está funcionando en relación con los parámetros externos de que depende.

El primer día de secado fue efectuado el 29 de Setiembre, el segundo día de secado el 30 de Setiembre; y, el tercer día de secado el 1° de Octubre de 1983. En estos tres días el secador fue probado a plena carga.

Para catalogar el comportamiento del secador libre de restricciones fue probado un cuarto día correspondiente al 3 de Octubre de 1983 y se lo hizo sin cargas.

Los mejores datos obtenidos corresponden al segundo día de secado, en el cual la radiación global se comporta normal, y permite darnos cuenta de cómo se comportaría el secador idealmente. Aproximadamente a las 12h30 se encuentra la máxima radiación, en los otros días esto no ocurre, llegándose a experimentar inclusive un descenso en la hora meridiana, lo que no ha perturbado en forma significativa el comportamiento de las curvas de temperatura del secador.

En los tres primeros días de secado, la máxima radiación global obtenida fue de 537.12 kcal/hr-m². Los máximos han oscilado en aproximadamente tres horas antes y después del mediodía.

El rango de temperaturas encontradas dentro del secador ha oscilado entre 28 °C y 48 °C; dentro de los cuatro días de prueba los valores mínimos se encuentran al iniciar y finalizar el día, mientras que las temperaturas máximas se obtienen alrededor del medio día.

La piedra que desempeña el principal papel de colector de energía calórica, ha alcanzado temperaturas máximas tan grandes como 54 °C, mientras

que la placa ha alcanzado hasta 41.5 °C de temperatura.

En las tablas y gráficos se incluyen sólo medidas promediadas, no presentándose por lo tanto las medidas aludidas arriba.

Durante los cuatro días de prueba, la temperatura ambiente se mantiene casi constante, mientras que las del secador, piedra y placa, aumentan hacia el mediodía, excepto el cuarto día en que las temperaturas siguieron muy de cerca el comportamiento de la radiación global, manifestándose se ésta más pronunciada que los días anteriores, con dos picos máximos antes y después del mediodía, y con una gran depresión en este punto.

El viento presenta velocidades más altas y dirección estable durante la noche, mientras que en el tiempo de prueba la velocidad y dirección son muy variables, se ha estimado que la velocidad promedio obtenida en el período de prueba es de 1.83 m/seg.

Un cómputo del mes de Setiembre para las direcciones del viento entre 08h00 y 18h00, nos mues-

TABLA 4.1

TABULACION DE DATOS EXPERIMENTALES PARA EL PRIMER DIA DE PRUEBA

HS. (hr)	AMBIENTE		SECADOR			
	t_d (°C)	t_w (°C)	t_d (°C)	t_w (°C)	t_{pi} (°C)	t_{pl} (°C)
10-11	29.00	25.60	37.30	29.48	39.13	36.13
11-12	28.20	25.00	35.40	28.67	37.38	34.55
12-13	30.90	24.93	37.65	29.58	39.13	36.75
13-14	31.48	24.55	36.88	29.10	39.50	36.75
14-15	30.13	24.55	34.15	27.40	37.00	34.93
15-16	29.10	24.28	31.95	26.47	33.75	33.00

HS. (hr)	h_s (kcal/kg _{as})	w_s (kg _{ag} /kg _{as})	w_{ss} (kg _{ag} /kg _{as})	v (m ³ /kg _{as})	HR. (%)
10-11	88.578	0.0232	0.0263	0.9123	57.78
11-12	26.274	0.0222	0.0249	0.9055	60.00
12-13	89.046	0.0232	0.0265	0.9142	55.41
13-14	87.156	0.0222	0.0257	0.9123	52.95
14-15	81.000	0.0206	0.0231	0.9000	60.00
15-16	77.922	0.0198	0.0219	0.8923	65.71

HS (hr)	h_e (kcal/kg _{as})	w_e (kg _{ag} /kg _{as})	C_a (m ³ /min)	m_{ac} (kg _{as} /hr)	m_{ag} (kg _{ag} /hr)
10-11	74.8440	0.0192	0.7624	50.136	0.1985
11-12	74.7900	0.0192	1.0428	69.098	0.2031
12-13	72.9540	0.0176	0.7338	48.159	0.2717
13-14	71.5500	0.0166	0.6924	45.537	0.2547
14-15	71.0820	0.0170	0.5438	35.254	0.1287
15-16	70.680	0.0173	0.4466	30.027	0.0760

TABLA 4.2

TABULACION DE DATOS EXPERIMENTALES PARA EL SEGUNDO DIA DE PRUEBA

HS. (hr)	AMBIENTE		SECADOR			
	t_d (°C)	t_w (°C)	t_d (°C)	t_w (°C)	t_{pi} (°C)	t_{pl} (°C)
9-10	25.72	22.72	32.37	27.43	32.60	30.90
10-11	26.40	23.10	36.22	28.98	37.05	34.10
11-12	27.45	23.90	39.20	30.65	42.20	36.10
12-13	28.40	24.20	42.58	31.73	47.00	39.45
13-14	28.25	24.50	38.47	32.02	46.60	39.40
14-15	28.45	25.15	38.87	29.90	42.75	37.45
15-16	28.50	25.25	37.24	29.03	41.70	37.00
16-17	28.00	25.35	32.92	27.05	36.45	33.35
17-18	27.60	25.30	30.67	26.20	33.00	31.90

HS (hr)	h_s (kcal/kg _{as})	ω_s (kg _{ag} /kg _{as})	ω_{ss} (kg _{ag} /kg _{as})	v (m ³ /kg _{as})	HR (%)
9-10	81.360	0.0215	0.0233	0.8955	70.00
10-11	86.688	0.0227	0.0257	0.9080	58.95
11-12	93.024	0.0248	0.0281	0.9198	55.00
12-13	97.578	0.0256	0.0298	0.9311	46.67
13-14	99.306	0.0284	0.308	0.9223	66.25
14-15	90.954	0.028	0.271	0.9173	53.50
15-16	87.156	0.0227	0.259	0.9111	55.26
16-17	79.812	0.0204	0.229	0.8967	62.14
17-18	76.752	0.0199	0.0214	0.8880	71.43

HS (hr)	h_e (kcal/kg _{as})	ω_e (kg _{ag} /kg _{as})	C_a (m ³ /min)	m_{ac} (kg _{as} /hr)	m_{ag} (kg _{ag} /hr)
9-10	66.006	0.0160	0.7545	50.549	0.2796
10-11	67.158	0.0164	0.8417	55.619	0.3487
11-12	69.462	0.0171	1.0045	65.524	0.5000
12-13	70.272	0.0172	1.0566	68.091	0.5711
13-14	71.190	0.0177	0.8176	53.188	0.5699
14-15	73.458	0.0188	1.2521	81.891	0.4095
15-16	73.944	0.0191	0.8524	56.136	0.2045
16-17	74.196	0.0193	0.8423	56.354	0.0644
17-18	73.944	0.0192	0.9516	64.295	0.0440

TABLA 4,3

TABULACION DE DATOS EXPERIMENTALES PARA EL TERCER DIA DE PRUEBA

HS. (hr)	AMBIENTE		SECADOR			
	t_d (°C)	t_w (°C)	t_d (°C)	t_w (°C)	t_{pi} (°C)	t_{pl} (°C)
10-11	25.70	23.40	33.08	26.27	35.10	31.50
11-12	27.30	24.60	34.87	27.34	36.80	33.55
12-13	27.45	24.60	34.45	27.27	37.05	32.90
13-14	27.70	24.55	34.53	27.26	36.45	33.25
14-15	27.85	23.55	34.78	27.46	37.85	34.15
15-16	27.00	23.25	33.03	26.81	36.65	32.70
16-17	26.95	23.20	30.28	25.31	33.15	30.20
17-18	26.50	23.00	28.40	24.49	30.60	29.00

HS. (hr)	h_s (kcal/kg _{as})	ω_s (kg _{ag} /kg _{as})	ω_{ss} (kg _{ag} /kg _{as})	v (m ³ /kg _{as})	HR (%)
10-11	77.040	0.0191	0.0216	0.8936	59.17
11-12	81.000	0.0201	0.0232	0.9017	56.11
12-13	80.514	0.0202	0.0229	0.8998	57.78
13-14	80.514	0.0202	0.0229	0.8998	57.78
14-15	81.360	0.0204	0.0234	0.9017	57.50
15-16	79.056	0.0200	0.0223	0.8955	61.43
16-17	75.654	0.0194	0.0211	0.8867	70.74
17-18	71.298	0.0180	0.0195	0.8786	73.85

HS. (hr)	h_e (kcal/kg _{as})	ω_e (kg _{ag} /kg _{as})	C_a (m ³ /min)	m_{ac} (kg _{as} /hr)	m_{ag} (kg _{ag} /hr)
10-11	65.880	0.0158	1.5704	105.442	0.3488
11-12	67.032	0.0159	1.0028	66.726	0.3488
12-13	69.300	0.0166	0.7984	53.234	0.1929
13-14	71.100	0.0174	0.9417	62.789	0.1794
14-15	71.154	0.0174	1.1051	73.598	0.2273
15-16	72.486	0.0178	1.4959	100.227	0.2231
16-17	70.812	0.0173	1.3432	90.889	0.1929
17-18	70.704	0.0174	1.3198	90.122	0.0515

TABLA 4.4

TABULACION DE DATOS EXPERIMENTALES PARA EL CUARTO DIA DE PRUEBA

HS (hr)	AMBIENTE		SECADOR			
	t_d . (°C)	t_w . (°C)	t_d . (°C)	t_w . (°C)	t_{pi} . (°C)	t_{pl} . (°C)
8-9	26.50	22.70	38.70	27.43	43.90	33.60
9-10	27.45	23.25	43.70	29.67	49.25	36.75
10-11	28.10	23.70	41.71	28.95	50.00	37.00
11-12	28.15	23.85	34.85	26.42	40.35	33.15
12-13	28.20	23.90	33.98	26.13	37.90	33.20
13-14	29.05	24.30	38.23	28.70	43.20	36.35
14-15	29.85	24.55	41.82	29.45	50.05	39.35
15-16	29.60	24.70	37.92	27.88	45.75	36.45
16-17	28.85	24.95	33.47	26.33	38.80	33.55
17-18	28.13	24.60	30.56	25.58	34.20	31.33

HS. (hr)	h_s . (kcal/kg _{as})	v. (m ³ /kg _{as})	HR. (%)
8-9	81.000	0.9098	41.82
9-10	85.140	0.9261	38.00
10-11	86.526	0.9214	38.67
11-12	77.454	0.8992	51.18
12-13	76.500	0.8955	55.00
13-14	85.734	0.9130	48.18
14-15	88.488	0.9223	41.42
15-16	82.422	0.9098	47.27
16-17	79.812	0.8967	58.33
17-18	74.682	0.8867	68.29

HS. (hr)	h_e . (kcal/kg _{as})	C_a . (m ³ /min)	m_{ac} . (kg _{as} /hr)
8-9	66.222	1.7969	118.499
9-10	69.462	1.1640	75.410
10-11	70.614	1.0901	71.057
11-12	69.372	0.8185	54.612
12-13	71.190	1.2767	85.542
13-14	70.614	1.3727	90.213
14-15	71.190	1.2892	83.864
15-16	72.000	1.3492	88.971
16-17	74.682	1.2419	83.093
17-18	71.532	1.4325	96.925

TABLA 4.5
VELOCIDAD Y DIRECCION PROMEDIADAS DEL VIENTO

hr.	día		29-09-83	30-09-83	1-10-83	2-10-83	3-10-83
	m	seg.					
8-9			0.8	1.5	3.6	1.5	2.6
9-10			1.0	0.9	2.5	1.5	0.75
10-11			0.8	0.9	2.5	2.0	0.75
11-12			1.5	1.2	1.5	2.0	0.75
12-13			0.9	1.2	1.5	3.0	2.0
13-14			0.9	0.8	2.0	3.5	2.0
14-15			0.9	1.8	2.5	3.0	1.6
15-16			0.5	1.0	2.4	3.4	2.0
16-17			0.5	1.2	2.2	3.0	2.0
17-18			2.8	1.5	2.2	3.0	2.5

día	hr.	dirección
29-09-83	00h00 - 06h30	NE.
	06h30 - 08h00	E.
	08h00 - 09h00	N.
	09h00 - 10h00	E.
	10h00 - 12h00	SO.
	12h00 - 14h00	O.
	14h00 - 15h00	NO.
	15h00 - 17h00	O.
	17h00 - 24h00	NE.
30-09-83	00h00 - 08h00	NE.
	08h00 - 17h00	SO.
	17h00 - 24h00	NE.
1-10-83	00h00 - 11h30	NE.
	11h30 - 15h00	NO.
	15h00 - 24h00	NE.
2-10-83	00h00 - 10h00	NE.
	10h00 - 18h00	NO.
	18h00 - 24h00	NE.
3-10-83	00h00 - 09h00	NE.
	09h00 - 18h00	O.
	18h00 - 24h00	NE.

TABLA 4.6

TABULACION DE DATOS DE RADIACION SOLAR GLOBAL

Día	HS. hr.	I_{TH} . kcal/hr-m ²
1º	10-11	282.12
	11-12	252.31
	12-13	233.25
	13-14	241.43
	14-15	130.24
	15-16	73.19
2º	9-10	211.62
	10-11	287.50
	11-12	406.88
	12-13	537.12
	13-14	434.00
	14-15	255.00
	15-16	200.75
	16-17	103.12
17-18	32.51	
3º	10-11	241.43
	11-12	346.82
	12-13	230.56
	13-14	189.88
	14-15	227.87
	15-16	176.31
	16-17	82.38
	17-18	18.94
4º	8-9	290.20
	9-10	428.62
	10-11	374.37
	11-12	127.44
	12-13	113.88
	13-14	249.51
	14-15	344.45
	15-16	206.13
	16-17	94.94
	17-18	32.51

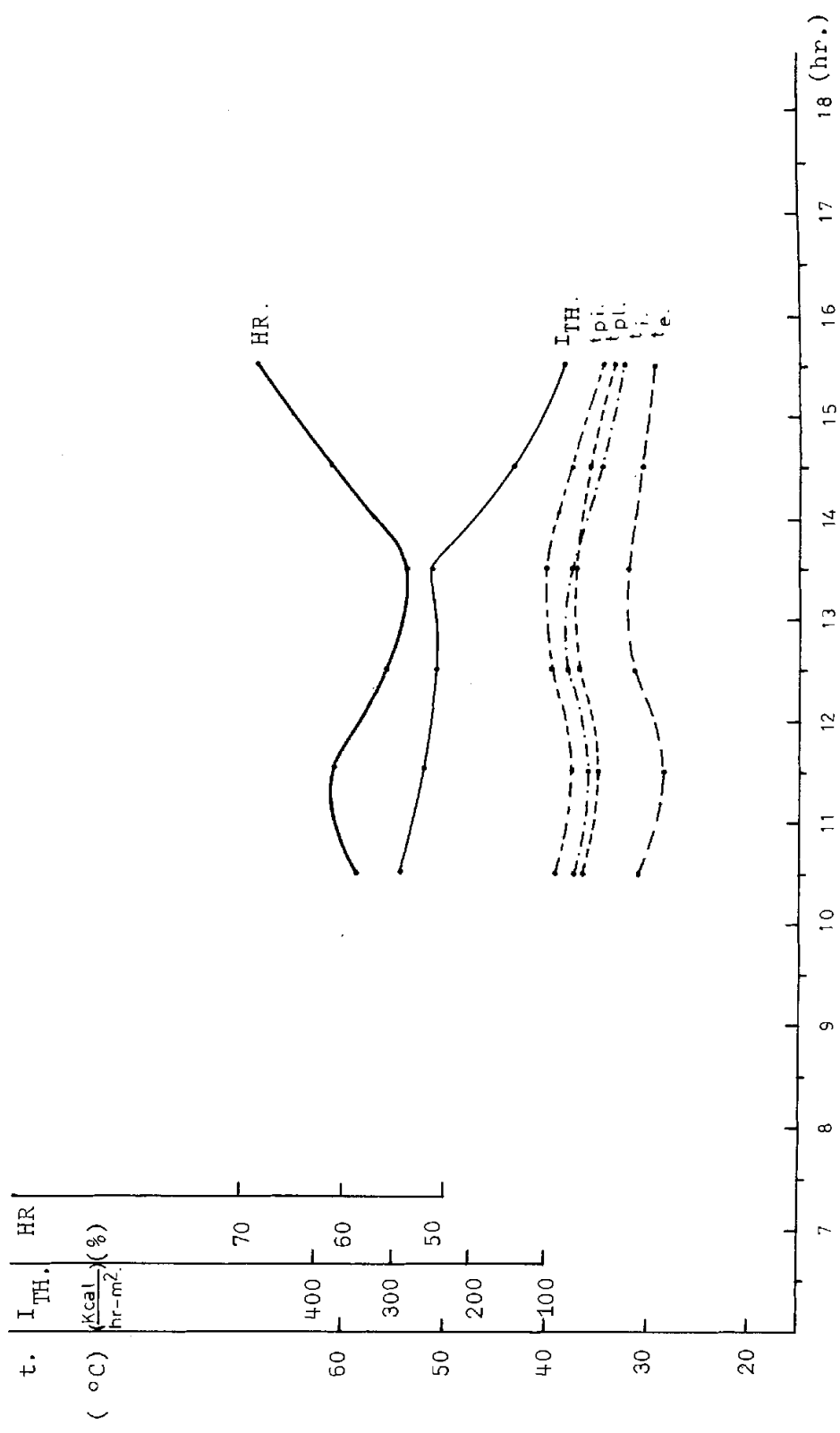


FIGURA 4.1.1 TEMPERATURAS, RADIACION SOLAR GLOBAL Y HUMEDAD RELATIVA VS. TIEMPO, EN EL PRIMER DIA DE PRUEBA.

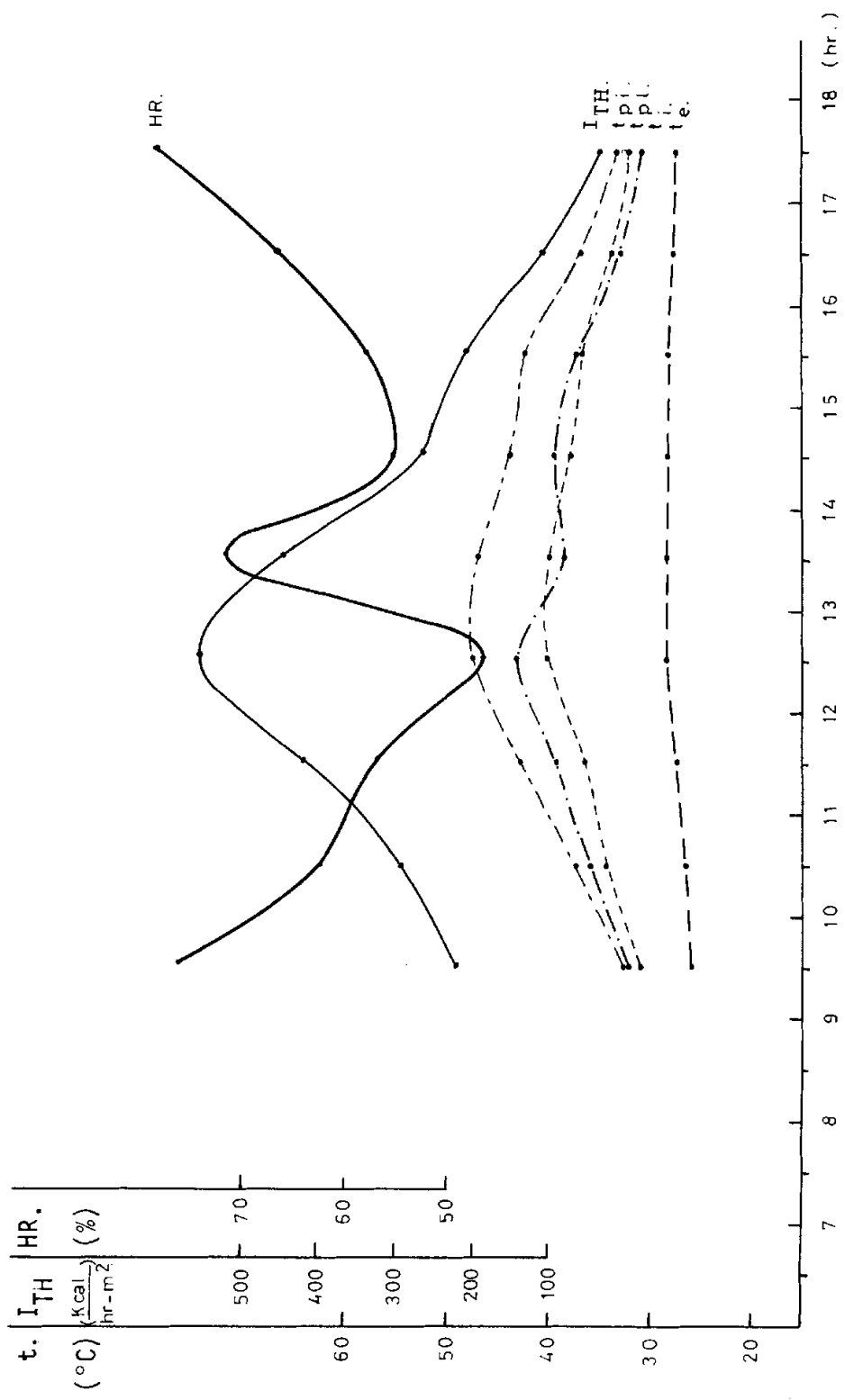


FIGURA 4.2 TEMPERATURAS, RADIACION SOLAR GLOBAL Y HUMEDAD RELATIVA VS. TIEMPO EN EL SEGUNDO DIA DE PRUEBA

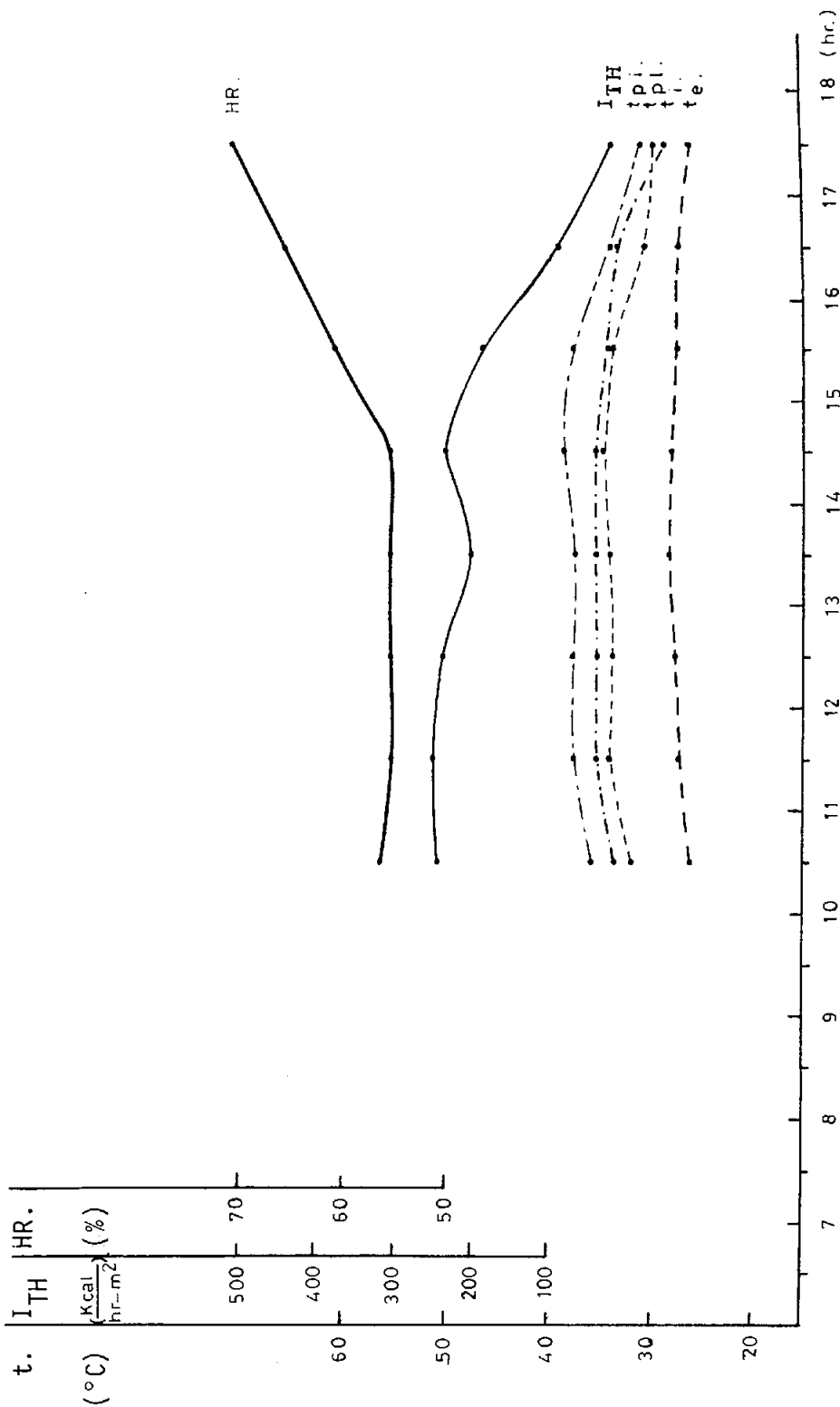


FIGURA 4.3 TEMPERATURAS, RADIACION SOLAR GLOBAL Y HUMEDAD RELATIVA VS. TIEMPO, EN EL TERCER DIA DE PRUEBA,

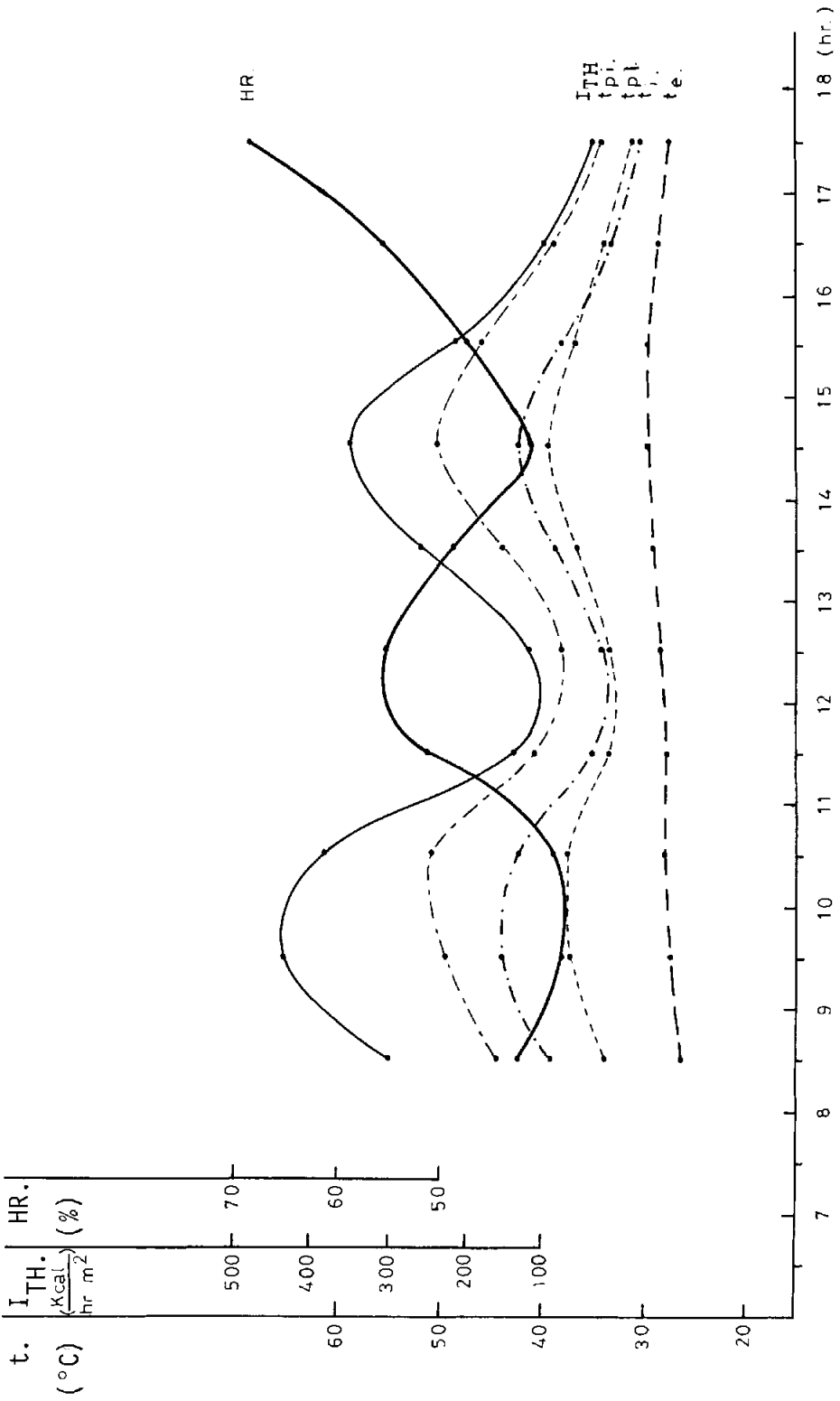


FIGURA 4.4 TEMPERATURA, RADIACION SOLAR GLOBAL Y HUMEDAD RELATIVA VS. TIEMPO, EN EL CUARTO DÍA, DE PRUEBA.

tra que la dirección de la chimenea debe ser Sur-Oeste o Nor-Este, y la puerta de acceso debe localizarse en la cara Oeste, para obtener facilidad en la evacuación de la humedad, y mejor aprovechamiento del efecto combinado de temperatura y viento.

4.2 RENDIMIENTO DEL SECADOR.-

El rendimiento del secador puede ser tratado en base a la eficiencia de colección que corresponde estrictamente al aparato secador, y el rendimiento de evaporación que toma en cuenta a la materia a secarse, en este caso el pescado. Para mejor evaluación de las radiaciones involucradas se ha procedido a graficar las radiaciones directa, difusa, reflejada y total, llegando al secador, en las Fig. 4.5 a 4.8.

En el cuarto día de prueba la radiación llegando al secador fue mayor que en los dos días anteriores, se detectaron máximos alrededor de las 09h30 y 14h30, y un mínimo a las 12h00, las máximas radiaciones encontradas fueron de 428.62 kcal/hr-m², y 344.45 kcal/hr-m², mientras que la mínima fue de 113.88 kcal/hr-m², se descartan las radiaci

ciones mínimas ocurridas al inicio y fin del día, por estar éstas en un lapso de tiempo que no son de utilidad para el secado.

La radiación solar directa experimenta un descenso apreciable alrededor del medio día, situación que fue intencionalmente provocada por la forma del secador, ya que podría causarse daño de endurecimiento superficial en el pescado, y deformación en el material plástico, en el momento que la temperatura en el interior del secador suba a niveles no deseados. Tanto en la mañana como en la tarde la radiación solar directa tiene un máximo que beneficia la colección de calor y por lo tanto el funcionamiento del secador.

La radiación solar difusa se mantiene con pocas variaciones a lo largo de la experiencia, sigue un comportamiento similar al de la radiación solar global, pero más atenuada. La máxima radiación difusa computada es de 299.69 kcal/hr., y ocurre alrededor de las 13h00.

La radiación solar reflejada sigue íntimamente el comportamiento de la radiación solar global, adquiriendo valores importantes y valores insig-

nificantes mucho más rápido que la radiación difusa, en general su valor es mayor que el de la radiación difusa y menor que el de la radiación directa.

En la Figura 4.9, se ha graficado la radiación solar global, la energía aprovechable, las pérdidas, la eficiencia de colección y el rendimiento de evaporación, versus el incremento de temperatura, pudiendo evaluarse de esta manera el comportamiento del secador.

Con el secador se ha logrado elevar la temperatura ambiente hasta 15.85 °C, hecho que no asegura un mejor funcionamiento del aparato.

Podemos notar que la radiación solar global tiene un comportamiento rectilíneo aumentando proporcionalmente con el incremento de temperatura.

La energía aprovechable aumenta paulatinamente con poco incremento de temperatura, pero alrededor de los 7 °C, acelera su incremento para luego perderlo e incrementarse paulatinamente hasta lograr una aparente estabilidad alrededor de los 12 °C.

Con poca diferencia de temperatura, las pérdidas se incrementan rápidamente, decreciendo alrededor de los 7 °C, luego de lo cual el incremento recobra su rapidez, siendo casi proporcional al incremento de temperatura.

Entre los 7.6 °C y 13 °C, se ha logrado que la energía aprovechable sea mayor que las pérdidas, encontrándose en este rango la máxima eficiencia de colección y rendimiento de evaporación, lo cual no implica que tendremos la mayor energía aprovechable ni la menor cantidad de pérdidas.

La eficiencia de colección tiene un comportamiento regular, y aumenta con el incremento de la temperatura, pero tan solo hasta cierto límite, estimado alrededor de los 10 °C, luego de lo cual comienza a decrecer; la eficiencia de colección es altamente afectada por el comportamiento de las pérdidas, ya que éstas se incrementan mucho más rápido que la energía aprovechable y provoca el descenso.

El rendimiento de evaporación tiene un comportamiento similar a su homóloga, llegando a su máximo alrededor de los 11.6 °C, experimentando decremento antes y después de este punto.

Se ha llegado a establecer según la Figura 4.9 que las mejores condiciones para el secador están alrededor del 56.00% para la eficiencia de colección y 68% para el rendimiento de evaporación.

De las Figuras 4.5 a 4.8 podemos notar que la eficiencia de colección es máxima en un rango aproximado de, una hora antes y tres después del día meridiano.

Durante los días de prueba se encontró un pico de eficiencia de colección igual a 72.28%, correspondiente a una hora específica del cuarto día. El promedio de eficiencias en los cuatro días es de 41.21%, representando las pérdidas el 58.79% de la energía disponible llegando al secador.

El rendimiento de evaporación obtiene sus mejores valores generalmente en la tarde, manteniéndose casi estable en aproximadamente seis horas; el máximo rendimiento de evaporación encontrado es 81.52%. El promedio en los tres días de prueba es de 56.14%, lo que es considerado un buen resultado.

TABLA 4.7

TABULACION DE RESULTADOS EXPERIMENTALES PARA EL PRIMER DIA DE PRUEBA.

HS. (hr)	ω (grados)	I_b (kcal/hr)	I_d (kcal/hr)	I_r (kcal/hr)	I_T (kcal/hr)
10-11	22.50	252.15	168.09	238.51	658.75
11-12	7.50	144.29	140.78	213.30	498.37
12-13	-7.50	133.40	130.15	197.20	460.74
13-14	-22.50	215.78	143.84	204.11	563.74
14-15	-37.50	167.25	89.29	110.11	366.65
15-16	-52.50	135.10	63.78	61.88	260.75

HS. (hr.)	$\Delta t.$ (°C.)	Perd. (kcal/hr)	$Q_u.$ (kcal/hr)	$N_{ev.}$ (%)	N_{hora} (%)
10-11	8.30	537.15	121.60	53.34	18.46
11-12	7.20	410.14	88.23	48.16	17.70
12-13	6.75	332.12	128.62	60.70	27.92
13-14	5.40	451.94	111.80	59.10	19.83
14-15	4.02	304.44	62.21	54.70	16.97
15-16	2.85	222.16	38.59	50.02	14.80

TABLA 4.8

TABULACION DE RESULTADOS EXPERIMENTALES PARA EL SEGUNDO DIA DE PRUEBA

HS. (hr)	ω (grados)	I_b (kcal/hr)	I_d (kcal/hr)	I_r (kcal/hr)	I_T (kcal/hr)
9-10	37.50	271.75	145.08	178.91	595.74
10-11	22.50	256.96	171.29	243.06	671.31
11-12	7.50	232.69	227.02	343.98	803.69
12-13	-7.50	307.18	299.69	454.09	1060.96
13-14	-22.50	387.89	258.57	366.91	1013.38
14-15	-37.50	327.45	174.82	215.58	717.85
15-16	-52.50	370.53	174.92	169.72	715.16
16-17	-67.50	298.41	134.47	87.18	520.06
17-18	-82.50	206.07	95.01	27.48	328.57

HS (hr)	Δt (°C)	Perd. (kcal/hr)	Q_u (kcal/hr)	N_{ev} (%)	N_{hora} (%)
9-10	6.65	356.15	239.59	76.24	40.22
10-11	9.82	336.00	335.32	67.44	56.29
11-12	11.75	327.10	476.59	69.83	59.30
12-13	14.18	487.00	573.96	66.43	54.10
13-14	10.22	551.74	461.64	81.52	45.56
14-15	10.42	275.55	442.30	59.83	61.61
15-16	8.74	486.21	228.95	53.61	32.01
16-17	4.92	422.36	97.70	31.91	18.79
17-18	3.07	272.84	55.73	31.04	16.96

TABLA 4.9

TABULACION DE RESULTADOS EXPERIMENTALES PARA EL TERCER DIA DE PRUEBA

HS. (hr)	ω (grados)	I_b (kcal/hr)	I_d (kcal/hr)	I_r (kcal/hr)	I_T (kcal/hr)
10-11	22.50	215.78	143.84	204.11	563.74
11-12	7.50	141.16	137.71	208.66	487.53
12-13	-7.50	131.86	128.64	194.92	455.43
13-14	-22.50	169.70	113.13	160.52	443.35
14-15	-37.50	292.62	156.23	192.65	641.49
15-16	-52.50	325.43	153.23	149.06	628.11
16-17	-67.50	235.49	106.11	68.80	410.40
17-18	-82.50	120.09	55.37	16.02	191.48

HS. (hr)	$\Delta t.$ ($^{\circ}C$)	Perd. (kcal/hr)	Q_u (kcal/hr)	$N_{ev.}$ (%)	N_{hora} (%)
10-11	7.38	200.48	363.26	56.86	64.44
11-12	7.57	199.81	287.72	58.55	59.02
12-13	7.00	271.15	184.28	57.82	40.46
13-14	6.83	260.85	182.47	51.95	41.16
14-15	6.93	409.83	231.66	51.44	36.11
15-16	6.03	424.83	203.28	49.12	32.36
16-17	3.33	274.55	135.85	55.61	33.10
17-18	1.90	174.95	16.53	27.72	8.63

TABLA 4.10

TABULACION DE RESULTADOS EXPERIMENTALES PARA EL CUARTO DIA DE PRUEBA

(HS (hr.))	ω grados	I_b . kcal/hr.	I_d . kcal/hr.	I_r . kcal/hr.	I_T . kcal/hr.
8-9	52.50	535.62	252.86	245.34	1.033.82
9-10	37.50	550.40	293.86	362.36	1.206.63
10-11	22.50	334.60	223.04	316.50	874.14
11-12	7.50	72.89	71.11	107.74	251.74
12-13	-7.50	65.13	63.54	96.28	224.95
13-14	-22.50	223.00	148.65	210.94	582.59
14-15	-37.50	442.31	236.15	291.20	969.66
15-16	-52.50	380.46	179.61	174.27	734.33
16-17	-67.50	274.74	123.80	80.26	478.80
17-18	-82.50	206.07	95.01	27.48	328.56

HS (hr)	Δt . °C	Perd. kcal/hr.	Q_u . kcal/hr	N_{hora} . %
8-9	12.20	493.23	540.59	52.29
9-10	15.85	841.66	364.97	39.25
10-11	13.62	525.11	349.03	39.93
11-12	6.68	115.49	136.25	54.12
12-13	5.78	84.73	140.22	62.33
13-14	9.18	161.52	421.07	72.28
14-15	11.97	521.84	447.82	46.18
15-16	8.32	448.09	286.24	38.98
16-17	4.62	347.21	131.59	27.48
17-18	2.43	234.31	94.25	28.69

TABLA 4.11

RESULTADOS DE ENERGIA Y EFICIENCIA EN FUNCION DEL INCREMENTO DE TEMPERATURA.

$\Delta t.$ (°C)	I_{TH} (kcal/hr.)	Q_u (kcal/hr.)	Perd. Kcal/hr.)	$N_{ev.}$ (%)	N_{hora} (%)
1.90	18.94	16.53	174.95	27.72	8.63
2.43	32.51	94.25	234.31	-	28.69
2.85	73.19	67.24	193.51	54.64	25.79
3.07	32.51	55.73	272.84	31.04	16.96
3.33	81.38	135.85	274.55	55.61	33.10
4.02	130.24	111.00	255.65	58.10	30.27
4.62	94.94	131.59	347.21	-	27.48
4.92	103.12	97.70	422.36	31.91	18.79
5.40	241.43	219.38	344.36	61.31	38.92
5.78	113.88	140.22	84.74	-	62.33
6.03	176.31	203.28	424.83	49.12	32.36
6.65	211.62	239.59	356.15	76.24	40.22
6.68	127.44	136.25	115.49	-	54.12
6.75	233.25	239.23	221.51	62.92	51.92
6.83	189.88	182.47	260.88	51.95	41.16
6.93	227.87	231.66	409.83	51.44	36.11
7.00	230.56	184.28	271.15	57.82	40.46
7.20	252.31	225.76	272.61	52.00	45.30
7.38	241.43	363.26	200.48	56.86	64.44
7.57	246.82	287.72	199.81	58.55	59.02
8.30	282.12	212.56	446.19	56.32	32.27
8.32	206.13	286.24	448.09	-	38.98
8.74	200.75	228.95	486.21	53.61	32.01
9.18	249.51	421.07	161.52	-	72.28
9.82	287.50	335.32	336.00	67.44	56.29
10.22	434.00	461.64	551.74	81.52	45.56
10.42	255.00	442.30	275.55	59.83	61.61
11.75	406.88	476.59	327.10	69.83	59.30
11.97	344.45	447.82	521.84	-	46.18
12.20	290.20	540.59	493.23	-	52.29
13.62	374.37	349.03	525.11	-	39.93
14.18	537.12	573.96	487.00	66.43	54.10
15.85	428.62	364.97	841.66	-	30.25

El rendimiento de evaporación no tiene valor en el cuarto día de prueba, está representado en esta tabla por (-).

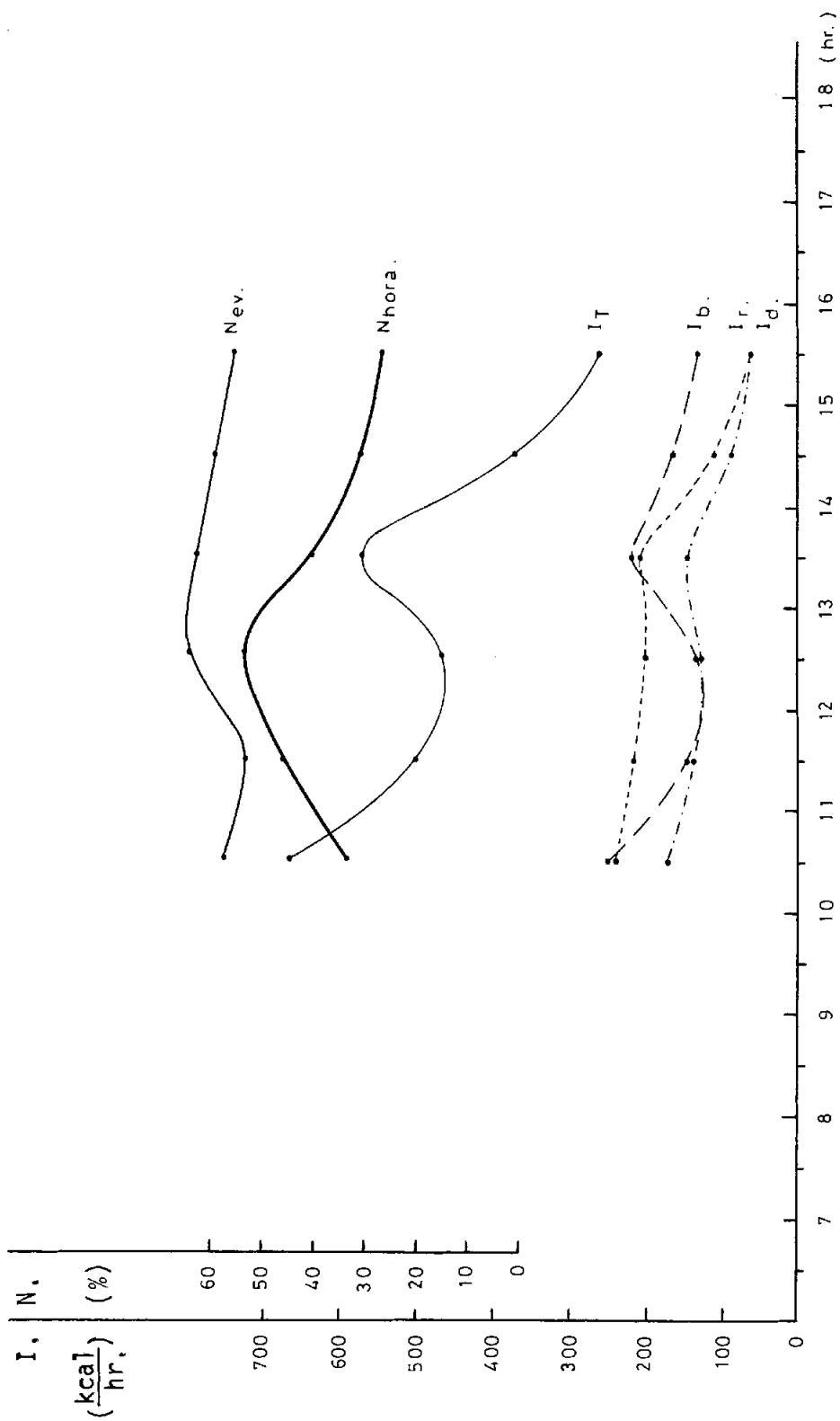


FIGURA 4.5 RENDIMIENTO Y RADIACION VS. TIEMPO EN EL PRIMER DIA DE PRUEBA

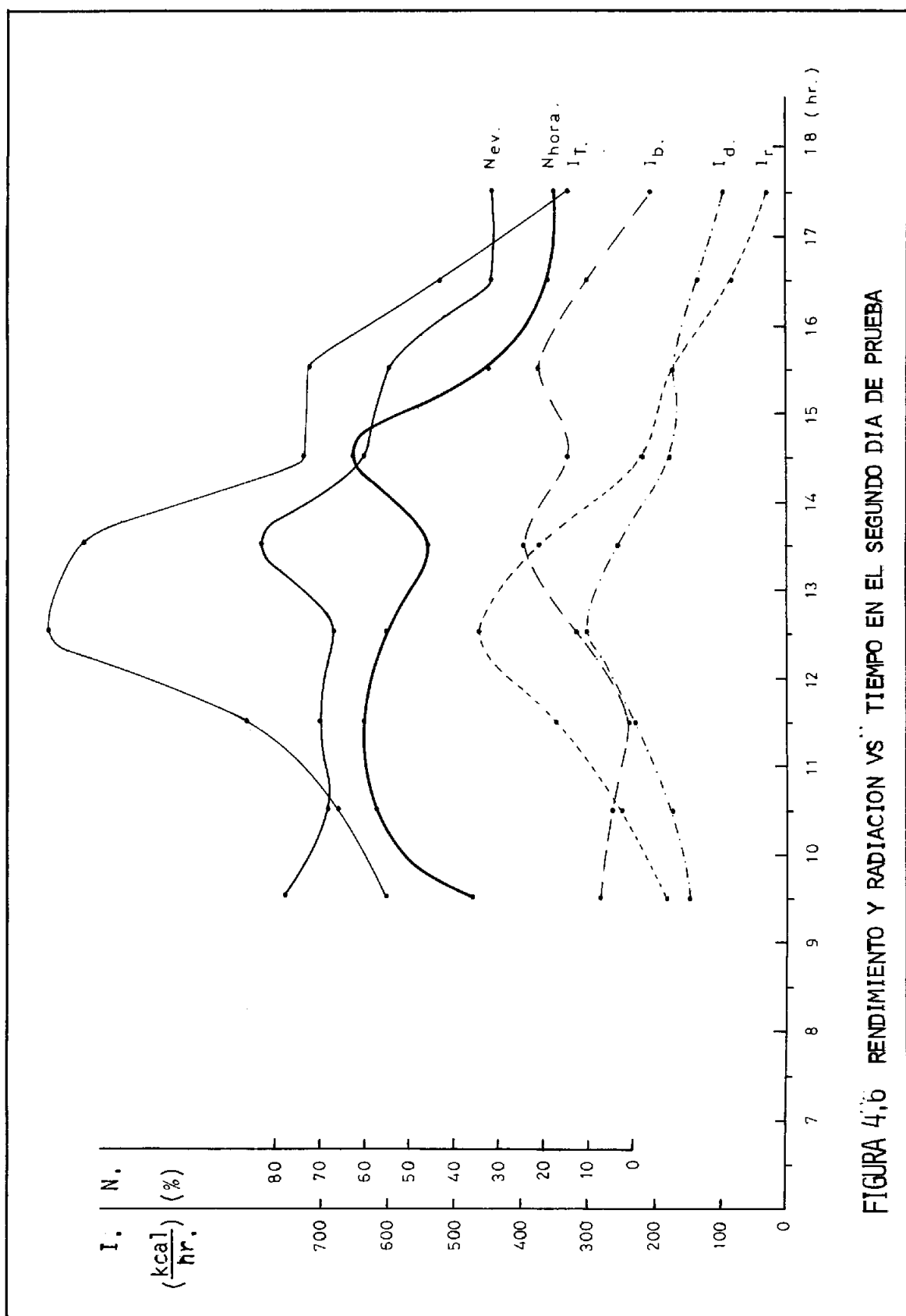


FIGURA 4.6 RENDIMIENTO Y RADIACION VS TIEMPO EN EL SEGUNDO DIA DE PRUEBA

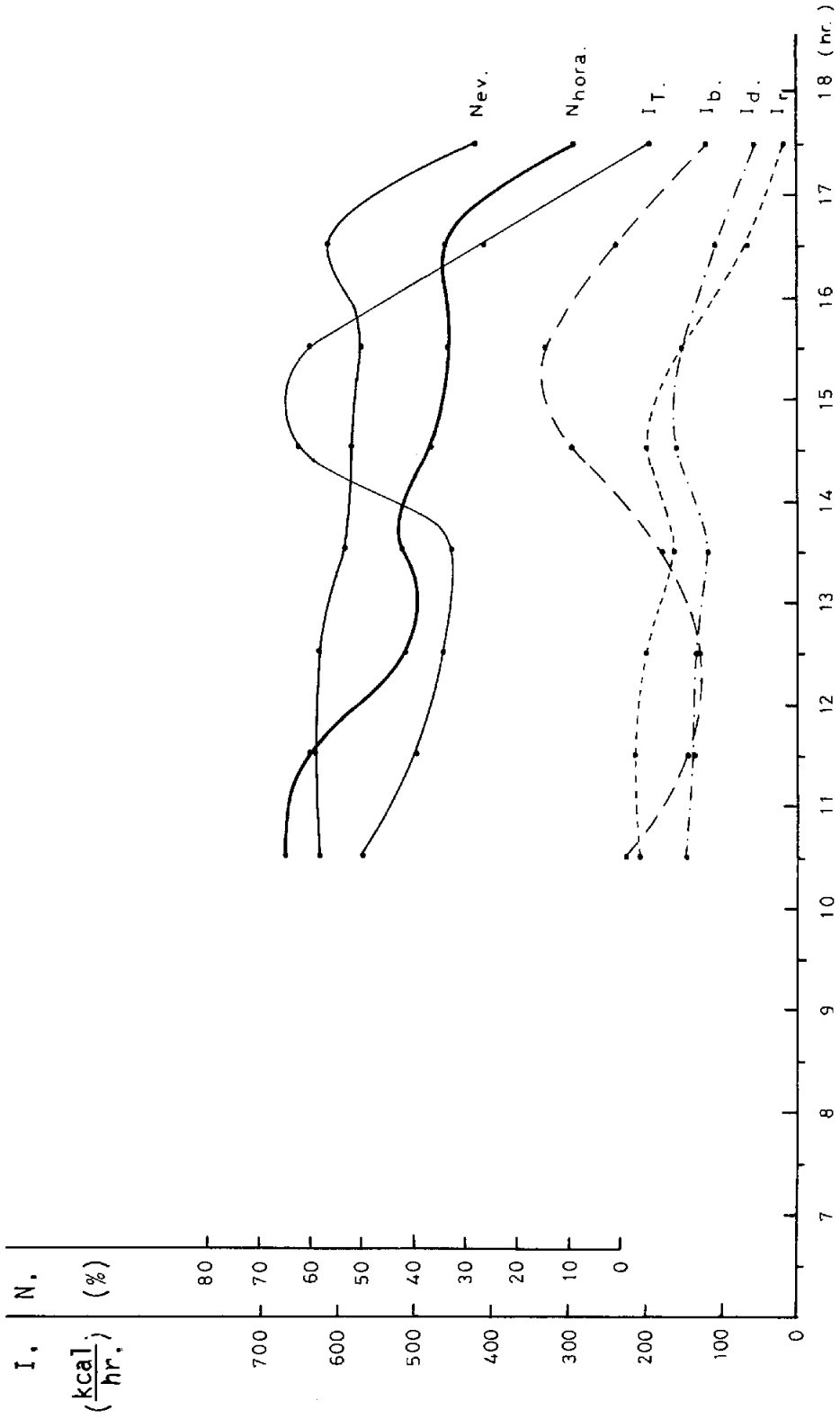


FIGURA 4,7 RENDIMIENTO Y RADIACION VS. TIEMPO EN EL TERCER DIA DE PRUEBA

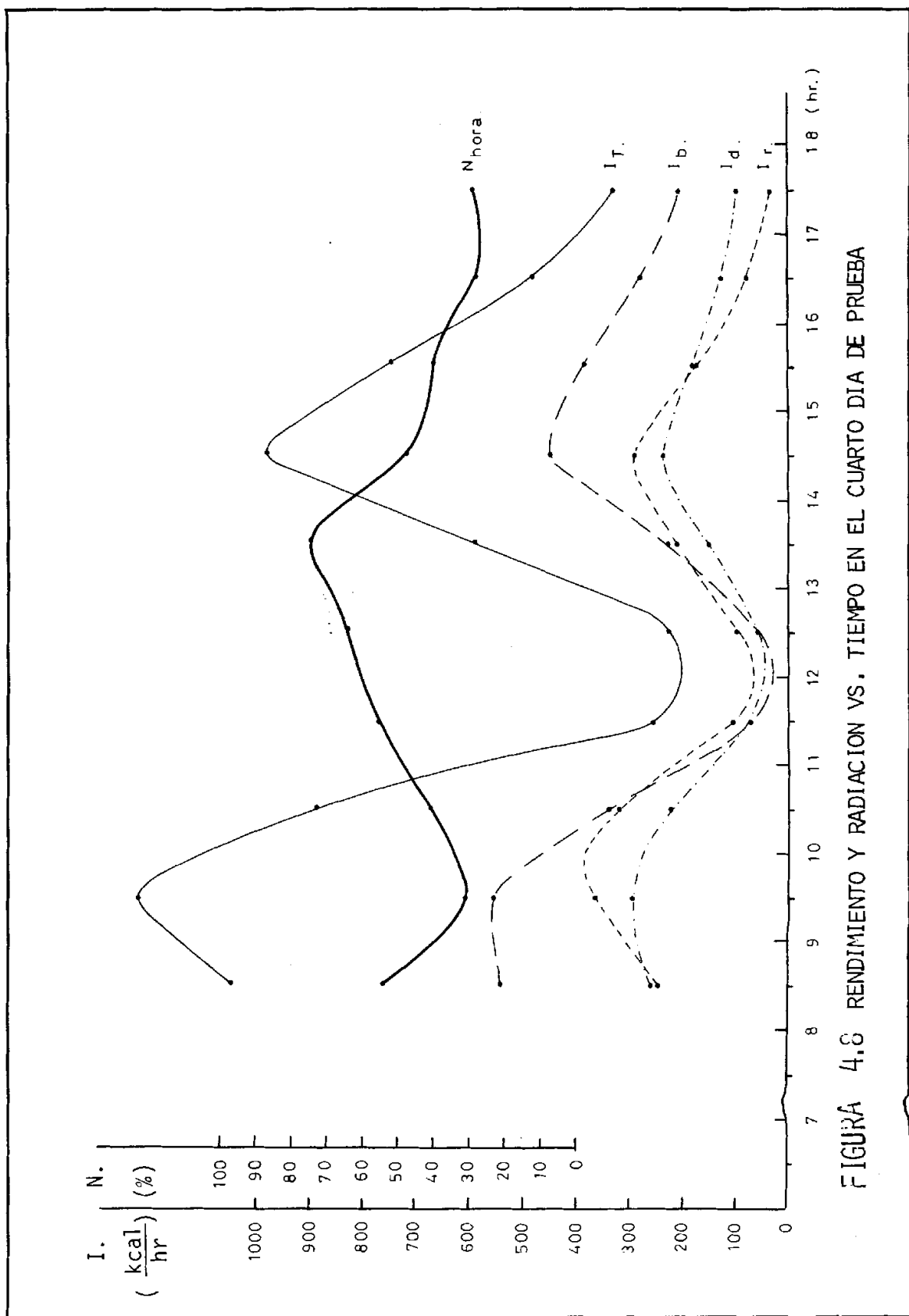


FIGURA 4.8 RENDIMIENTO Y RADIACION VS. TIEMPO EN EL CUARTO DIA DE PRUEBA

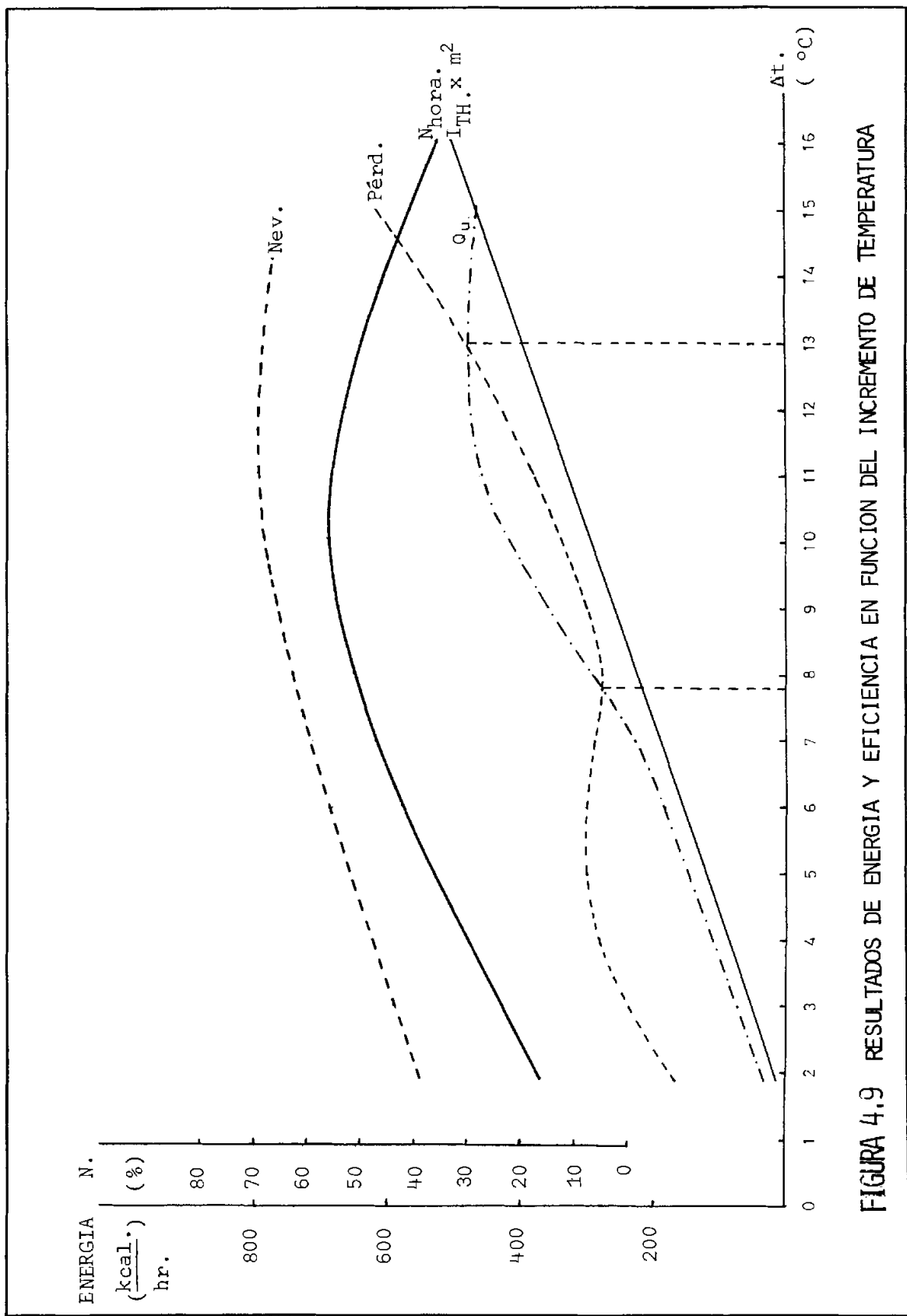


FIGURA 4.9 RESULTADOS DE ENERGIA Y EFICIENCIA EN FUNCION DEL INCREMENTO DE TEMPERATURA

4.3 CALIDAD DEL PRODUCTO.-

Para preservar la calidad final del pescado, se ha tomado precauciones sobre factores micro y macrobiológicos mediante la selección de pescados frescos, el salado y el secado, además se ha aislado la cabina del secador por una malla metálica.

El pescado presenta un secado uniforme, las zonas cerca de la cabeza y la cola, junto a la espina dorsal y el fondo del fileteado en las partes más gruesas, están completamente secas; el producto obtenido presentó un aspecto agradable a la vista, sin huellas de desmembramiento, de coloración café claro; a muy corta distancia de él, el pescado carece de olor, sólo acercándose mucho puede descubrirse un ligero olor característico, por lo que almacenado en fundas de papel, no perturba el olor ambiental; la textura, impide en su superficie ser presionada por los dedos, la carne no se separa muy fácilmente de la piel, el sabor es agradable con un salado algo acentuado que no impide la aceptación en el mercado.

El 19% de la carga estuvo constituida por pámpa-

nos, de mayor peso y contenido graso; y el 81% por roncadores de menor peso en promedio y magros; estos dos tipos de pescados tuvieron un comportamiento diferente en el lapso de prueba, también fueron ensayados cabezones y corbinas, pero de éstas no se pudo saber su contenido de humedad por existir dificultades en la toma de los análisis, más sus comportamientos fueron parecidos a los obtenidos en el Laboratorio de Energía Solar de la ESPOL., por lo cual se ha asumido un contenido final de humedad del 14% para los pescados del secador y 15% para los pescados al aire libre.

El contenido final de humedad en base seca para los pescados en el secador, fue aproximadamente del 13%, logrando los pescados magros más bajos porcentajes que los grasos, así, 11.88% y 13.57% fueron encontrados respectivamente como promedio. Los pescados al ambiente obtuvieron promedios de 12.90% para los magros y 15.84% para los grasos.

La ubicación de los pescados en el secador creó diferencias en el tiempo de secado, inclusive para pescados de dimensiones y pesos aproximados; los pescados ubicados en el centro del secador y

los ubicados junto a la puerta de acceso, secan más rápido; mientras los localizados en las esquinas y los localizados en el lado opuesto de la puerta de acceso, tardaron más y presentaron un porcentaje de humedad final algo mayor que los otros.

El pescado obtenido del secador, en general presenta buena calidad, eventualmente se introdujeron insectos, debido a que éste se abrió para cargarlo y para permitir sacar muestras; pero la temperatura interna alcanzada mató los insectos, los que no se depositaron sobre el pescado, por estar éstos colgados; el pescado al aire libre tiene una pobre calidad, ya que diversos insectos voladores y en su mayoría las moscas, pudieron posarse sobre su superficie, además el polvo también se depositó en la superficie del pescado.

En la tabla 4.12 tenemos el tiempo de secado de algunas clases de pescado, tanto en el secador como al aire libre; la temperatura es promediada en el tiempo de duración del secado, así como la humedad relativa, y el flujo de aire, se encuentran tabulados también peso y contenido de humedad inicial y final del pescado.

TABLA 4.12

PARAMETROS IMPORTANTES RELACIONADOS CON EL PESCADO

CLASE	m_i (gr)	m_f (gr)	ω_i (%)	ω_f (%)
<u>Secador</u>				
Roncador	227.27	85.23	197.01	11.38
Roncador	198.86	71.02	211.53	11.26
Roncador	170.45	71.02	167.19	11.33
Roncador	255.68	113.64	156.46	13.98
Roncador	227.27	85.23	194.48	10.43
Roncador	184.66	71.02	193.54	12.90
Pámpano	255.68	85.23	247.52	15.84
Pámpano	255.68	99.43	191.57	13.39
Pámpano*	227.27	113.64	124.74	12.37
Cabezón	383.52	198.86	119.86	14.00
Corvina	312.50	127.84	178.67	14.00
<u>Aire Libre</u>				
Roncador	198.86	71.02	219.65	14.16
Roncador	184.66	71.02	190.29	11.65
Pámpano	312.50	127.84	180.96	14.94
Cabezón	355.12	170.45	137.50	15.00
Corvina	284.10	127.84	153.33	15.00

	CLASE	T (días)	t_i (°C)	t_e (°C)	HR _i (%)	HR _e (%)	C _a m ³ /hr
Secador	Roncador	2.0	36.12	28.50	59.40	-	48.97
	Pámpano	3.0	35.00	28.00	59.12	-	56.62
	Pámpano*	2.0	35.73	28.20	58.49	-	48.97
	Cabezón	2.0	34.47	26.23	43.00	-	37.39
	Corvina	2.5	41.00	27.33	40.00	-	51.54
Aire Libre	Roncador	3.0	-	28.00	-	74.23	-
	Pámpano	4.0	-	28.13	-	74.23	-
	Cabezón	3.0	-	25.43	-	72.08	-
	Corvina	4.5	-	27.00	-	72.31	-

4,4 COMPARACION CON EL METODO TRADICIONAL.-

Secar los productos mediante la incidencia directa de los rayos solares, ha sido práctica tradicional en muchos países del mundo, más la necesidad de disminuir los tiempos de secado, mejorar la calidad y prescindir de combustibles, ha llevado a probar nuevos métodos, el secador de pescado por medio de energía solar que utiliza ventilación natural es una alternativa; por lo tanto, basado en varias experiencias, se hace una comparación del secador con el método tradicional.

El tiempo de secado tanto para el pescado en el secador como en el ambiente, está fuertemente influenciado por los factores climatológicos, llegando a existir días en que se extrae poca o nada de humedad.

La primera etapa de secado tanto por el método tradicional como en el secador, tienen aproximadamente el mismo tiempo de duración, presentándose en algunas ocasiones primero en el secador, y en otras primero en el ambiente.

Se puede notar que el pescado del secador en treinta minutos aproximadamente luego de haber sido co

locado, comienza a presentar una superficie brillante consistente en gran cantidad de agua, que en condiciones óptimas de radiación irá al cabo de 6 a 8 horas, dejando paso a superficies secas que cubren la totalidad del pescado; en condiciones no óptimas este proceso puede durar hasta día y medio, bajo pésimas condiciones es preferible abrir totalmente la puerta de entrada del secador o sacar el pescado al aire libre.

Al terminar la primera etapa, la superficie del pescado se presenta blanca por efecto de la sal, ya que generalmente ésto sucede al finalizar el día, es aconsejable sacudir el pescado, tratando de quitar lo más posible la sal en exceso.

Al presentar el pescado una superficie seca, podemos estar seguros que se ha ingresado a la segunda etapa de secado, la que sólo depende de la velocidad de difusión del agua hacia el exterior del pescado, esta etapa es más lenta, necesitando de uno o más días en el secador para conseguir su finalización, el último día se pierde en peso aproximadamente de siete a catorce gramos, no siendo de provecho secar más allá de este límite, puesto que al día siguiente el pescado habrá absorbido igual cantidad de humedad.

En el secado por el método tradicional, la primera etapa se diferencia por presentar siempre una superficie de apariencia húmeda, sin adquirir el carácter brillante que denota gran presencia de agua, las zonas secas comienzan a aparecer casi al mismo tiempo que en el secador, y va apareciendo una superficie endurecida que impide la migración de la humedad; se nota que al término del primer día de la segunda etapa, bajo buenas condiciones, el pescado al aire libre tiene una apariencia más seca que el del secador, pero un examen más íntimo demuestra que en el interior aún conserva mucha humedad (apariencia húmeda), mientras que en el secador tiene un secado más uniforme; el pescado al aire libre presenta una sensación relativamente fuerte al tacto mientras que el del secador está suave.

Al tercer día, el pescado al aire libre ha comenzado ya a secar en su interior muy lentamente, mientras que el pescado del secador comienza a endurecerse y puede terminar el día completamente seco, el pescado al aire libre puede aún durar un día o dos en obtener una contextura parecida al del secador, y más días hasta obtener un contenido de humedad próximo al del secador. Es en la segunda etapa de secado en la cual el secador

presenta una marcada ventaja sobre el método tradicional .

Comparando los tiempos empleados tanto en el secador como en el ambiente, podemos darnos cuenta que en el secador se seca entre el 30% y 50% más rápido que en el ambiente; así, se ha tardado de dos a tres días en secar el pescado magro, y de tres a cuatro para el graso, de pesos comprendidos entre 170 y 370 gramos aproximadamente; en el ambiente se han empleado de tres a seis días, y el contenido acuoso final ha sido mayor.

El pescado graso de mayor tamaño, a menudo presenta problemas y llega incluso a dañarse, mientras que los magros aumentan el tiempo de secado con el aumento de peso.

En igual tiempo de secado, el pescado del secador dura el doble de tiempo o más en almacenamiento que el pescado al aire libre de venta al público, el que tiene un día o dos de secado y presenta apariencia muy húmeda, tomando de uno a tres meses en presentar signos de deterioro, siendo el más significativo el cambio de olor.

En la tabla 4.13 y los gráficos se puede apreciar la evolución del secado tanto en el secador como al aire libre.

TABLA 4.13

VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE SECA PARA
ALGUNAS VARIEDADES DE PESCADO.

T. (días)	HS. (hr.)	ω (%)	
		SECADOR	AIRE LIBRE
CORVINA			
1	12h00	178.66	155.56
	15h00	128.00	104.44
	18h00	90.00	91.67
2	11h00	64.66	66.11
	14h00	52.00	66.11
	18h00	52.00	66.11
3	09h00	39.33	66.11
	11h00	26.66	34.17
	15h00	17.80	34.17
	18h00	14.00	34.17
4	11h00	-	34.17
	14h00	-	34.17
	18h00	-	15h00
5	11h00	-	27.78
	13h00	-	18.83
	18h00	-	15h00
CABEZON			
1	10h00	119.86	139.58
	12h00	95.43	95.50
	14h00	71.00	77.29
	15h00	62.86	72.50
	16h00	54.71	72.50
	18h00	54.71	72.50
	2	09h00	50.64
10h00		46.57	62.92
12h00		38.43	43.75
13h00		30.28	43.75
15h00		22.14	34.17
18h00		14.00	34.17
3		09h00	-
	14h00	-	24.58
	18h00	-	15.00

TABLA 4.13

VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE SECA PARA
ALGUNAS VARIEDADES DE PESCADO,

T. (días)	HS. (hr)	ω (%)	
		SECADOR	AIRE LIBRE
PAMPANO			
1	08h00	124.74	180.96
	11h00	88.60	128.50
	12h00	82.58	104.34
	13h00	68.54	104.34
	14h00	54.49	104.34
	15h00	40.45	91.33
	18h00	40.45	78.57
	2	10h00	40.45
11h00		26.40	65.82
12h00		26.40	53.06
14h00		26.40	53.06
18h00		12.37	40.31
3	10h00	-	40.31
	12h00	-	40.31
	15h00	-	40.31
	18h00	-	40.31
4	13h00	-	27.55
	15h00	-	14.94
	18h00	-	14.94
RONCADOR			
1	08h00	211.53	190.29
	11h00	146.10	145.63
	12h00	122.52	123.30
	13h00	122.52	123.30
	14h00	100.27	100.97
	15h00	78.01	100.97
	18h00	66.89	78.64
	2	10h00	55.76
11h00		55.76	56.31
12h00		32.50	56.31
13h00		32.50	56.31
16h00		11.26	33.98
18h00		11.26	33.98
3	10h00	-	33.98
	12h00	-	22.82
	15h00	-	11.65
	18h00	-	11.65

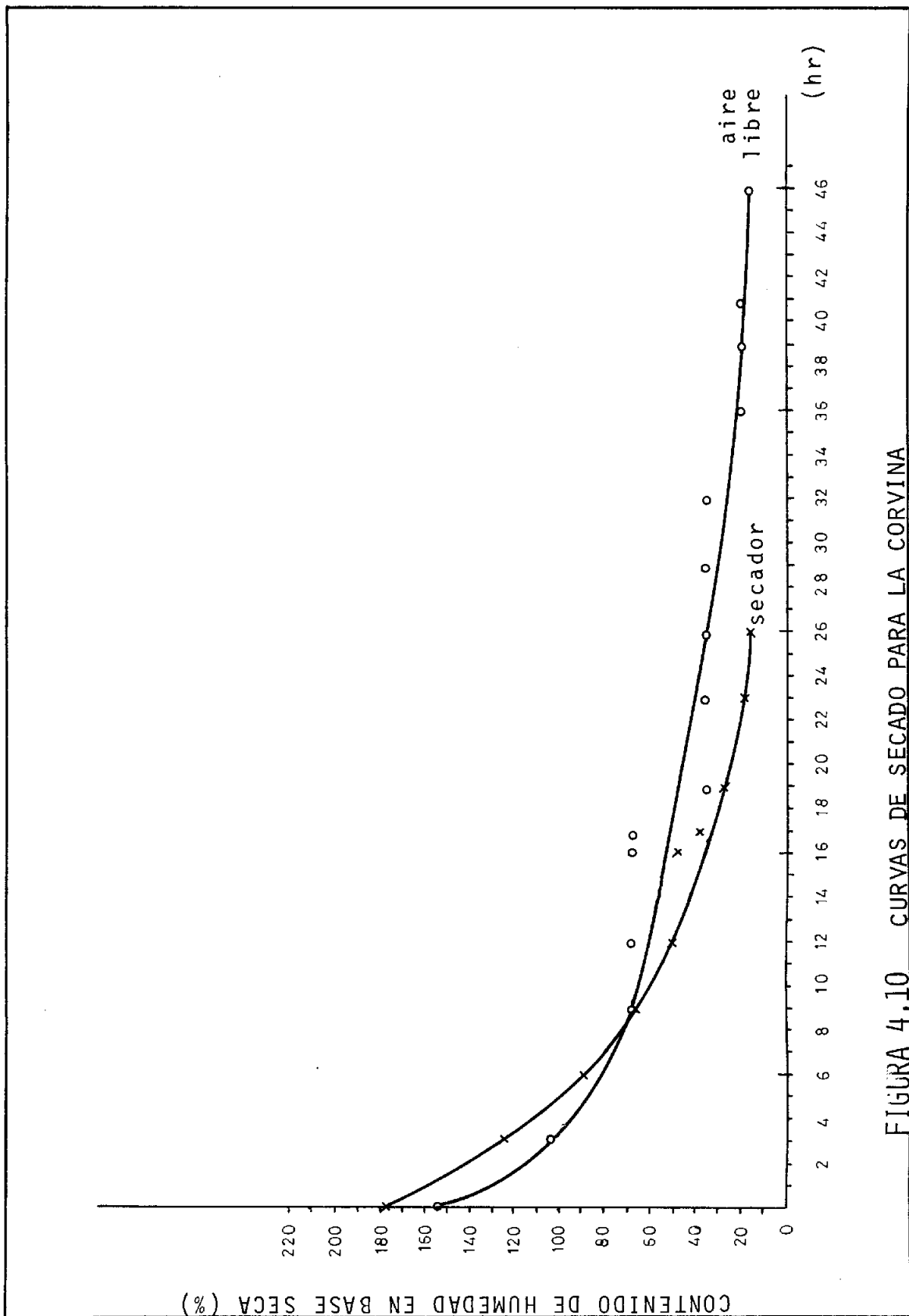


FIGURA 4.10 CURVAS DE SECADO PARA LA CORVINA

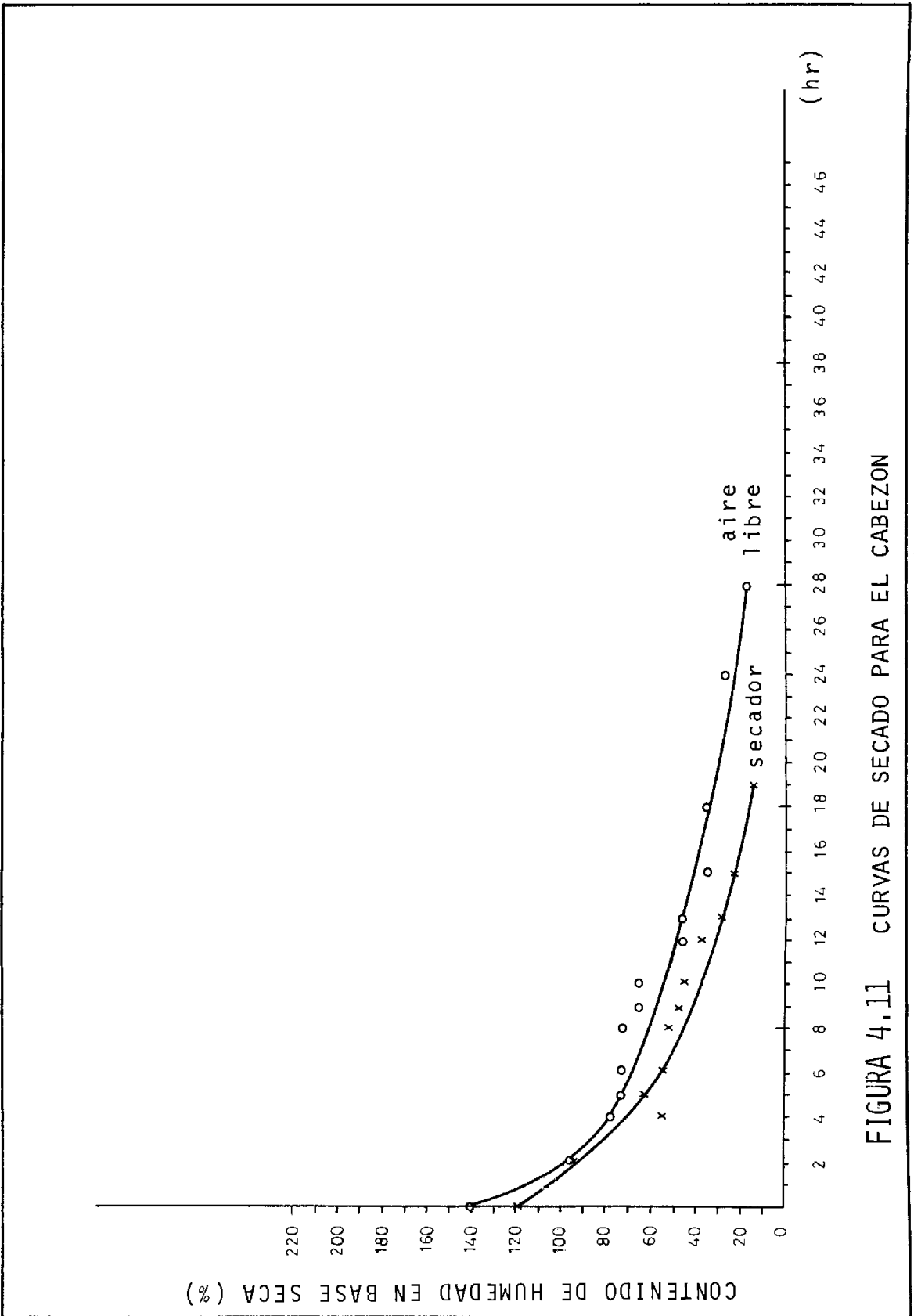


FIGURA 4.11 CURVAS DE SECADO PARA EL CABEZON

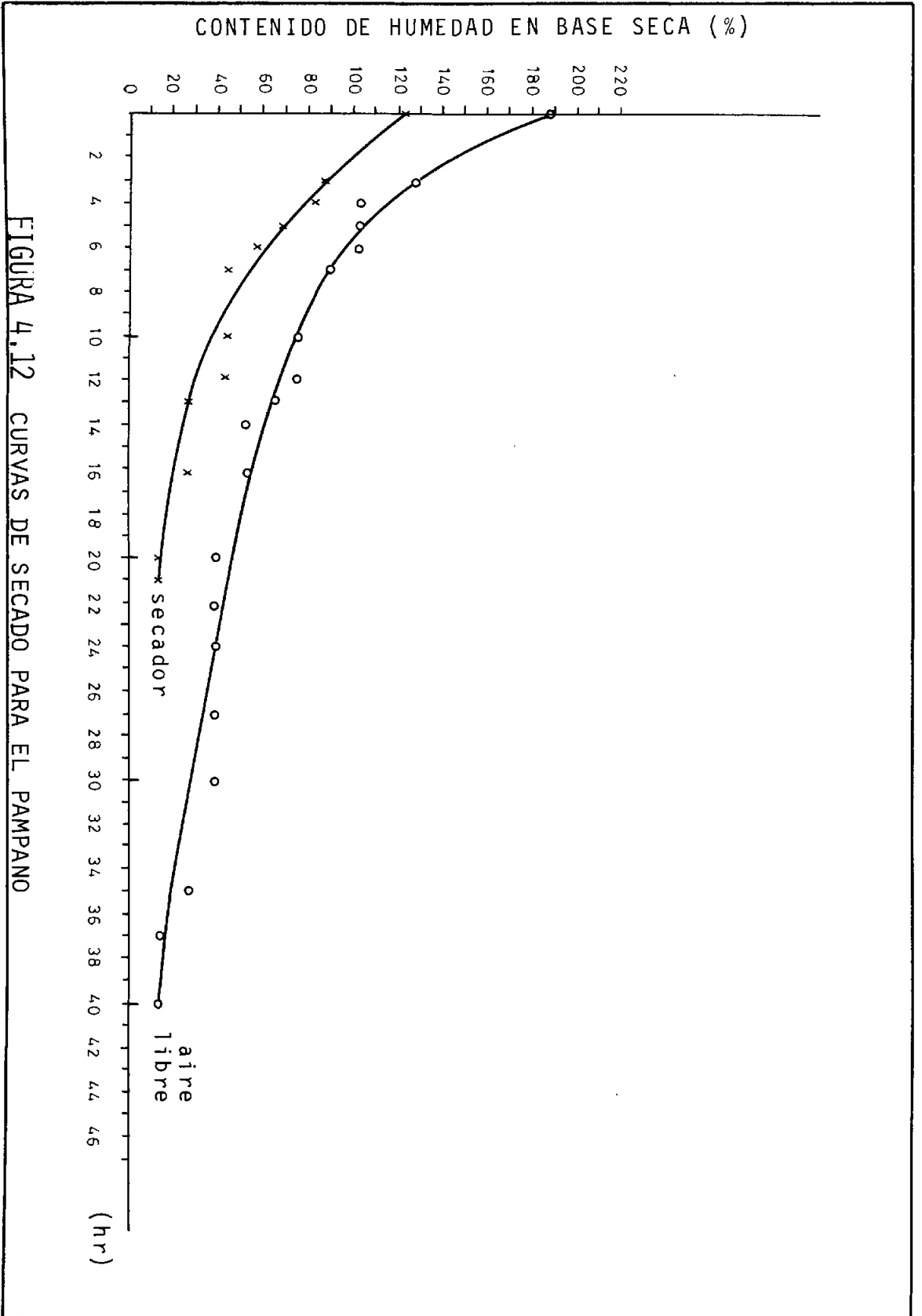


FIGURA 4.12 CURVAS DE SECADO PARA EL PAMPANO

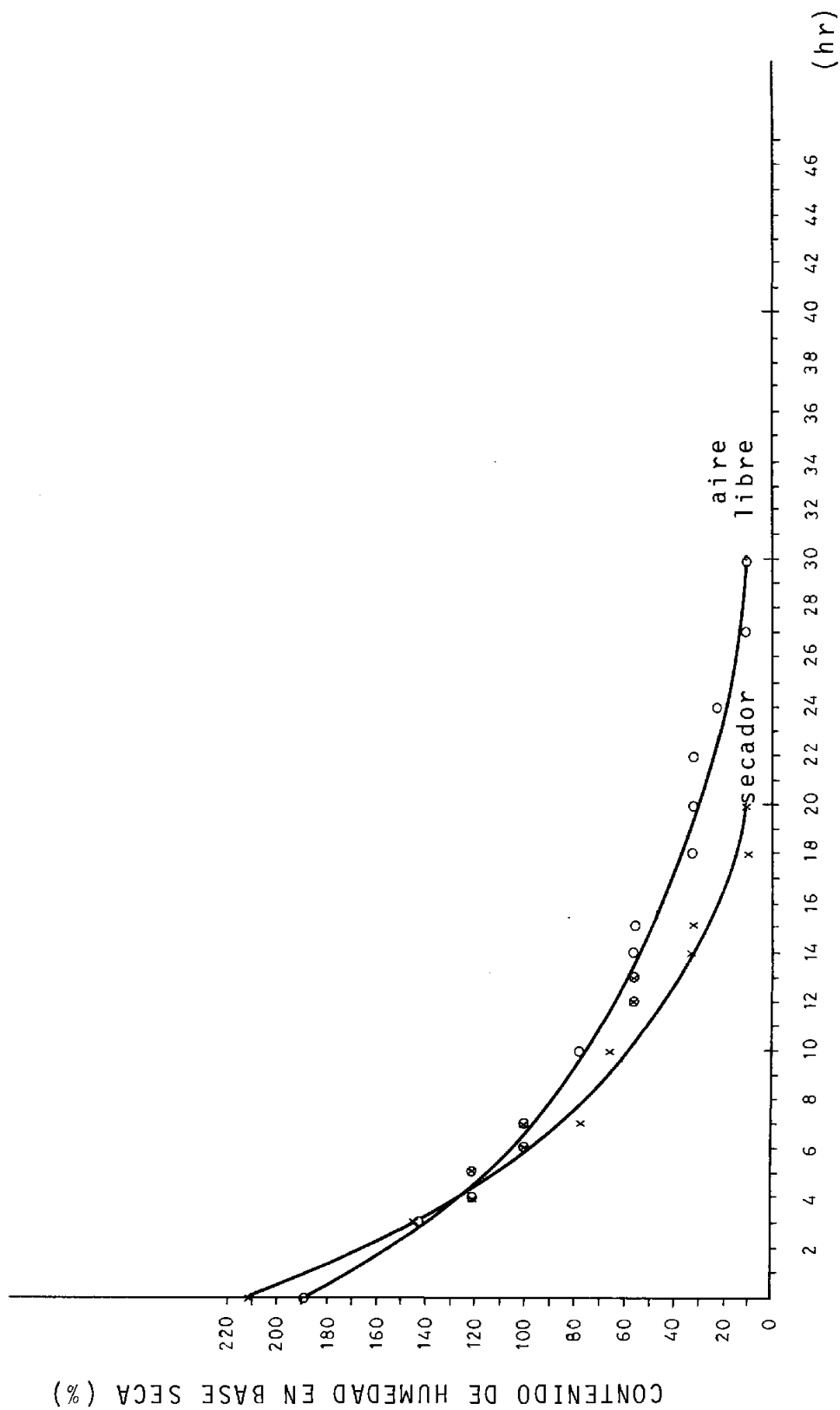


FIGURA 4.13 CURVAS DE SECADO PARA EL RONCADOR

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.-

Se ha diseñado, construido y probado un secador de pescado tipo cabina, el cual ha cambiado a medida que las experiencias han sido efectuadas.

El flujo de aire en el interior del secador se efectúa por las fuerzas naturales producidas por la acción del viento y efecto de chimenea. En pruebas con humo se ha detectado flujo laminar y ausencia de inversión de flujo.

La forma del secador permite regular la radiación solar incidente, impidiendo que a la hora meridiana la temperatura interna dañe el producto, y a la vez facilita la circulación de aire, presentando escasas zonas de estancamiento.

La eficiencia térmica promedio y el rendimiento de evaporación promedio, son 41.21% y 56.14% respectivamente. El mejor funcionamiento del secador ocurre, cuando la temperatura interna oscila de 8 °C a 13 °C sobre la temperatura ambiente. La humedad relativa del aire en contacto con el pescado se mantiene alrededor del 60%.

El contenido final de humedad del pescado en el secador, es menor que el obtenido al aire ambiente, detectándose que se can mejor los pescados magros que los grasos. El producto obtenido en el secador es más higiénico, y su tiempo de secado es menor, comparado con el método tradicional, además se conserva más tiempo en almacenamiento.

El costo inicial del secador, aunque pequeño, es significativo para los pescadores artesanales, más serán recompensados con la rentabilidad del producto, llegándose a construir secadores de mayor capacidad, que admitan mejoras en su diseño, con el inconveniente del incremento de su costo.

Recomendaciones.-

El mayor inconveniente en el secador de pescado tipo cabina, es la gran pérdida de calor por las paredes, siendo necesario investigar un método para aislar el secador, el mismo que puede ser, el uso de doble pared de plástico.

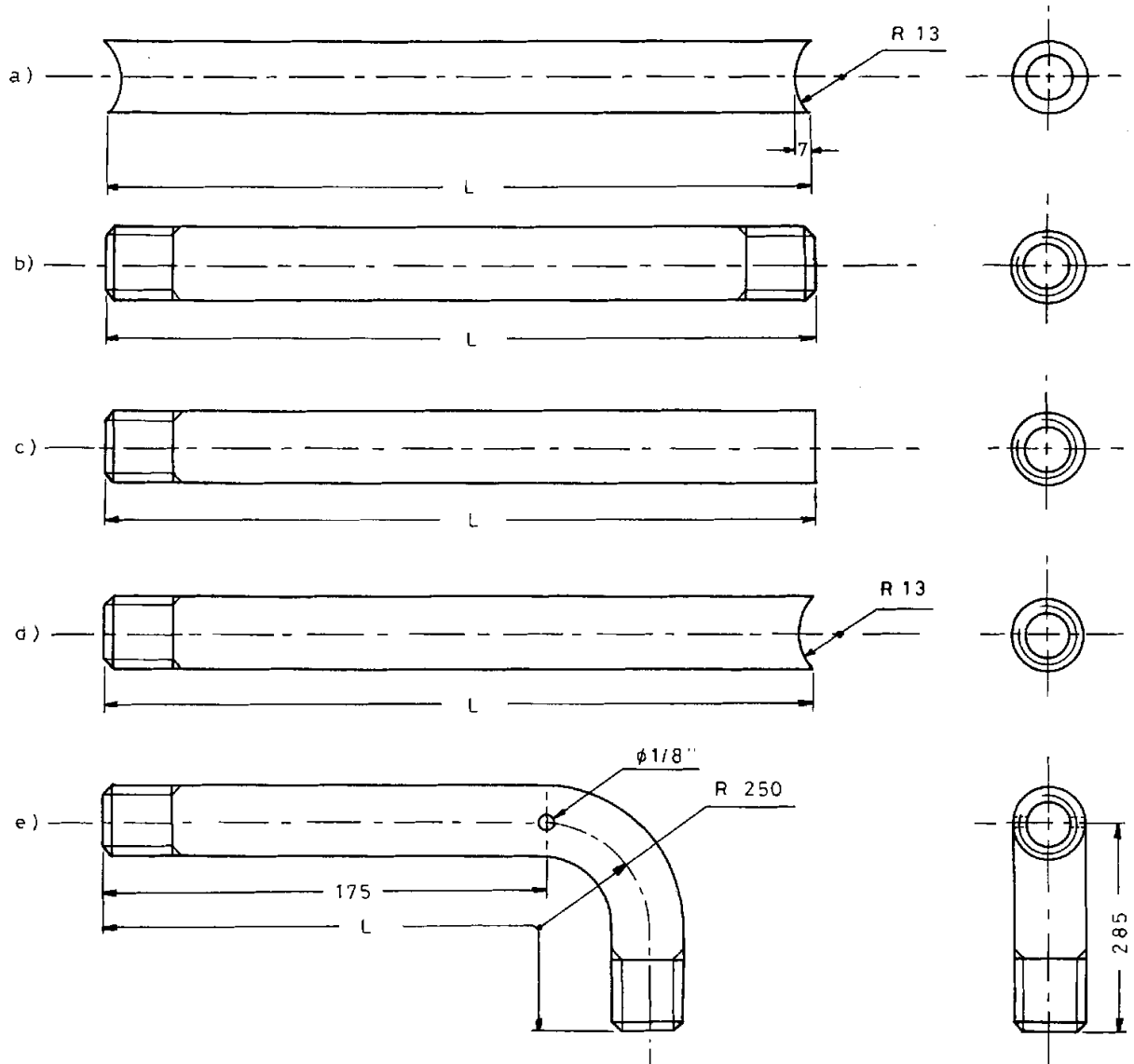
Para que el secador pueda funcionar inclusive en las noches, hay que efectuar un estudio del poder de almacenamiento de calor de las piedras, que tome en cuenta todos los parámetros involucrados.

Con el fin de no desperdiciar energía, un mecanismo de circulación del aire en el interior del secador puede ser esta-

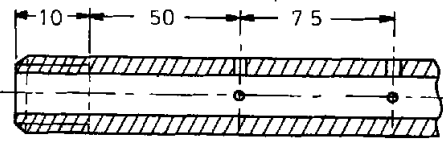
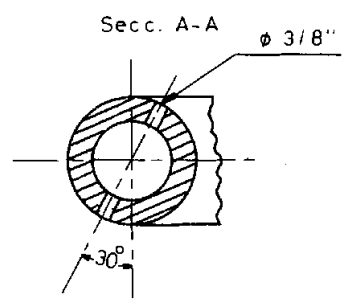
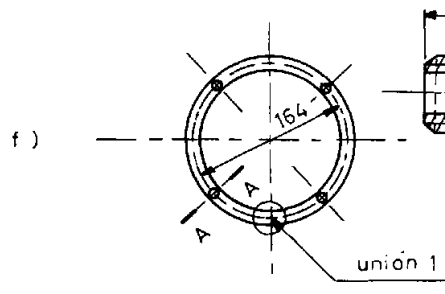
blecido. Para ésto se debe encontrar un medio por el cual se usen ventiladores debidamente diseñados, que obtengan su energía del viento que circula en el exterior del secador.

Deben ensayarse medios de preparación del pescado graso anterior a su desecación, e incentivar y proporcionar asesoría a los pescadores artesanales para el uso de secadores solares.

PLANOS Y DIAGRAMAS DEL PROYECTO

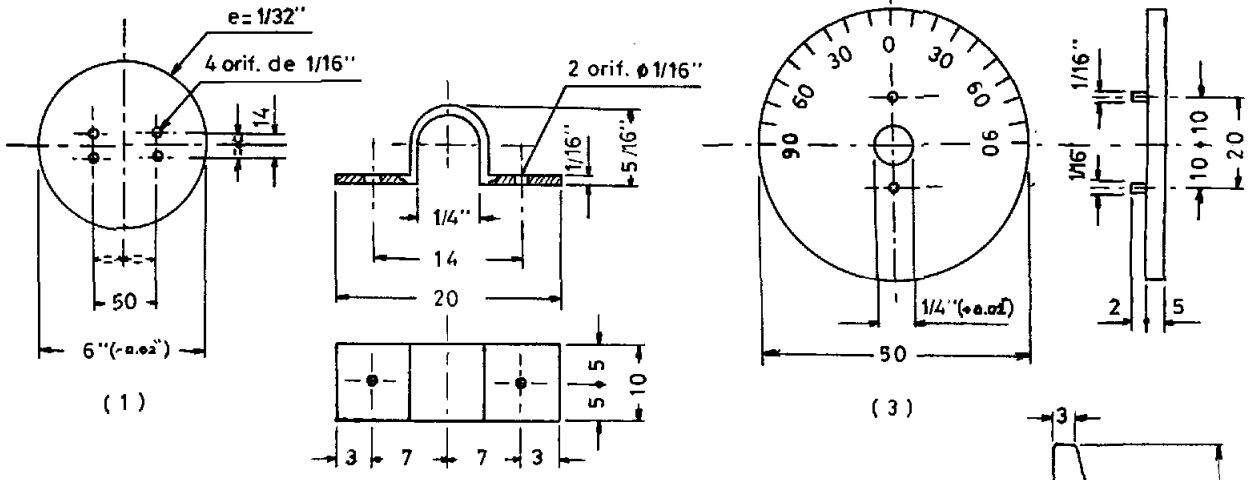


Tipo A. una fila de agujeros
 Tipo B. doble fila de agujeros a 90°
 Tipo C. sin agujeros



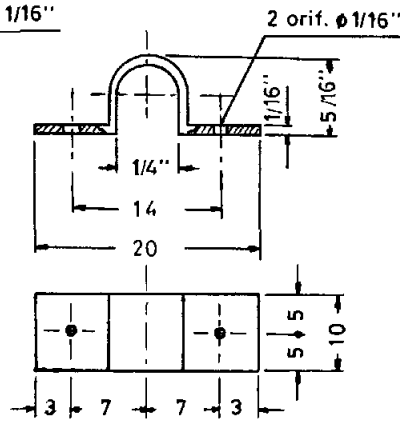
13	1	f)	-	515
12	2	e)	B	583
11	2	e)	A	583
10	4	d)	A	610
9	2	c)	C	85
8	5	c)	A	85
7	2	c)	A	275
6	2	c)	C	885
5	3	c)	A	885
4	2	b)	B	505
3	2	b)	A	505
2	3	b)	A	970
1	2	a)	C	990
Nº	Cant.	Ident.	Tipo	L.

SECADOR DE PESCADO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR		
Dib.: C. Aguirre O.	Mat.: tubo plástico de 1/2"	No a escala
Rev.: Ing. F. Santelli	Secc.: ESTRUCTURA	Dim.: mm.

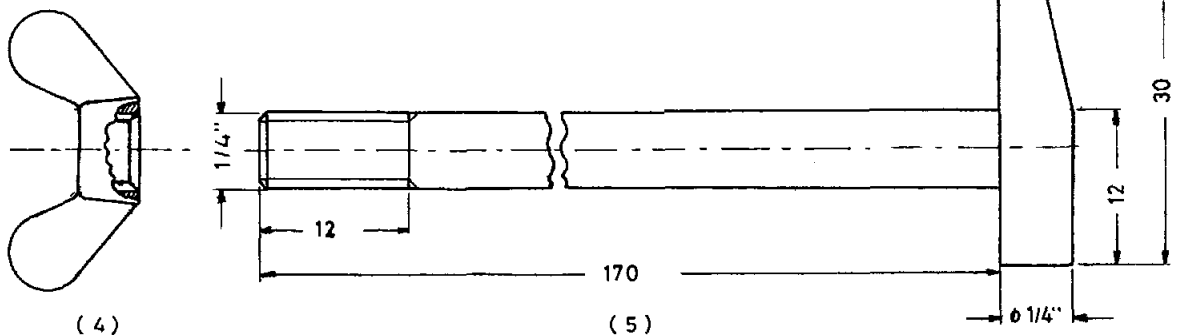


(1)

(3)

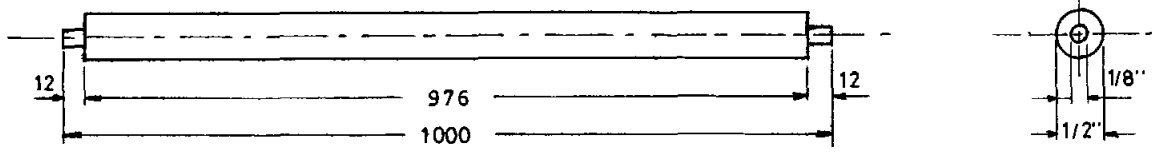


(2)

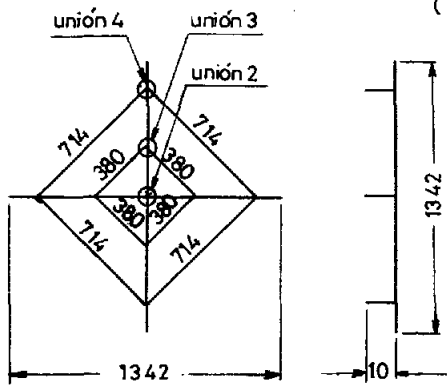


(4)

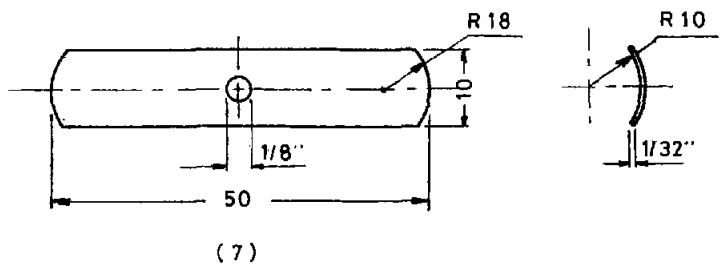
(5)



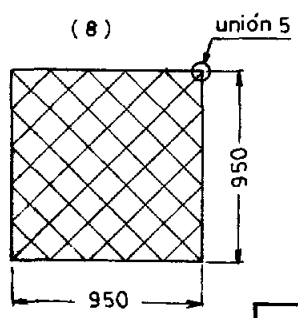
(6)



(8)



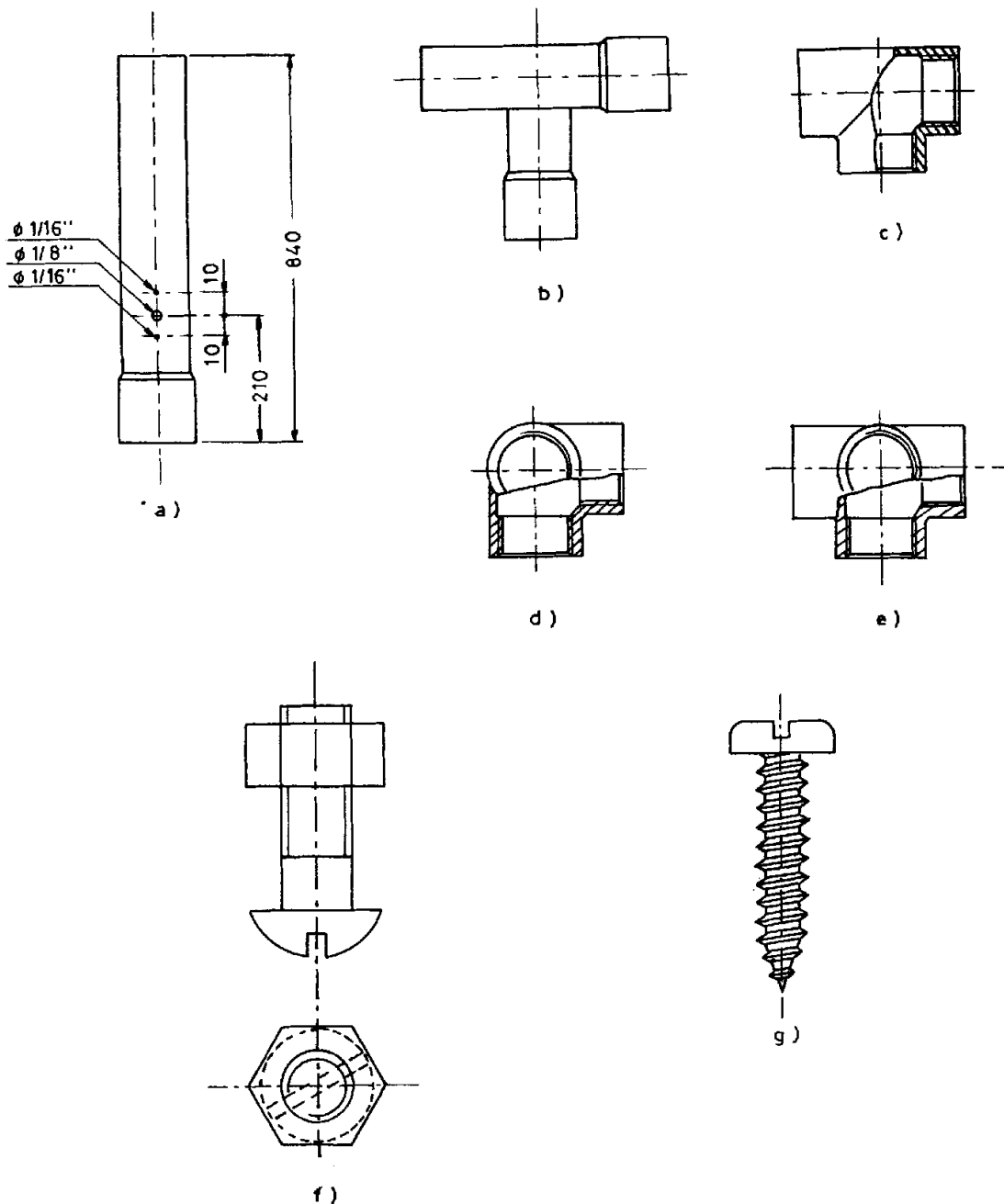
(7)



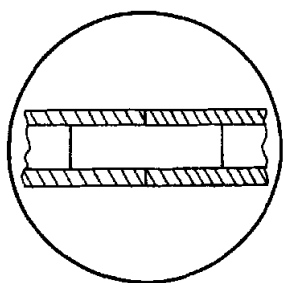
(9)

Nº	Cant.	Material	Designación
9	1	hierro	marco y malla
8	1	hierro	mesa para piedras
7	174	aluminio	placa de sujecion
6	2	hierro	alma para soporte
5	1	hierro	eje e indicador
4	1	fundición	tuerca de mariposa
3	1	bronce	carátula de control
2	2	hierro	placa de sujeción
1	1	hierro	placa reguladora de flujo

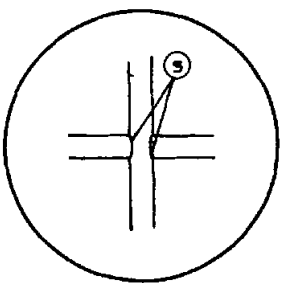
SECADOR DE PESCADO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR		
Dib.: C. Aguirre O.	Mat.: metal	No a escala
Rev.: Ing. F. Santelli	Secc.: ACCESORIOS	Dim.: mm.



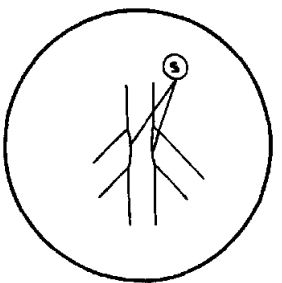
9	174	g)	tornillos autoterrajantes de $\phi 5/32'' \times 1/2''$ de aluminio
8	4	f)	pernos de $\phi 1/4'' \times 3/4''$ con tuercas
7	4	f)	pernos de $\phi 1/16'' \times 1/4''$ con tuercas
6	2	e)	"T" de 90° con vía superior, 48° adelante, 77° izquierda
5	2	e)	"T" de 90° con vía superior, 48° adelante, 77° derecha
4	4	d)	distribución en codo a 90° de tres vías metálica
3	4	c)	"T" plástica 1/2"
2	1	b)	"T" plástica 6", coronamiento de chimenea
1	1	a)	tubo plástico 6", chimenea
Nº	Cant.	Ident.	Designación
SECADOR DE PESCADO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR			
Dib.: C. Aguirre O.		Mat.: plástico - metal	No a escala
Rev.: Ing. F. Santelli		Secc.: ACCESORIOS	Dim.: mm.



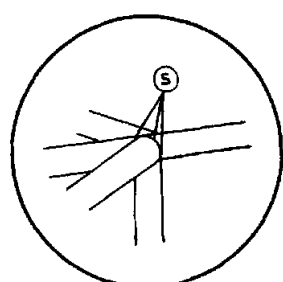
(1)



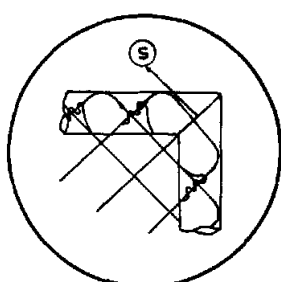
(2)



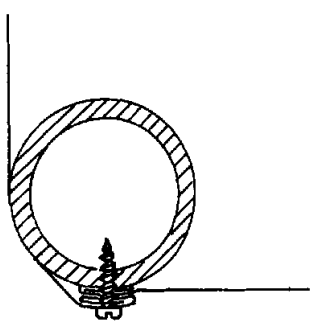
(3)



(4)



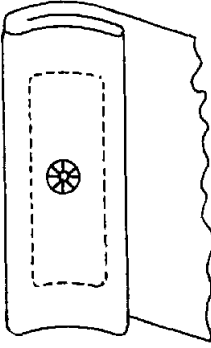
(5)



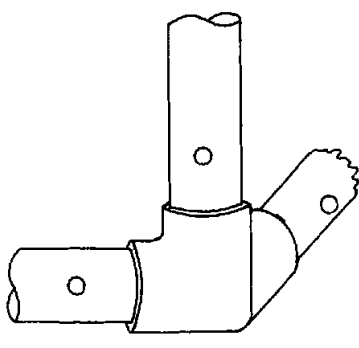
(6)



(7)

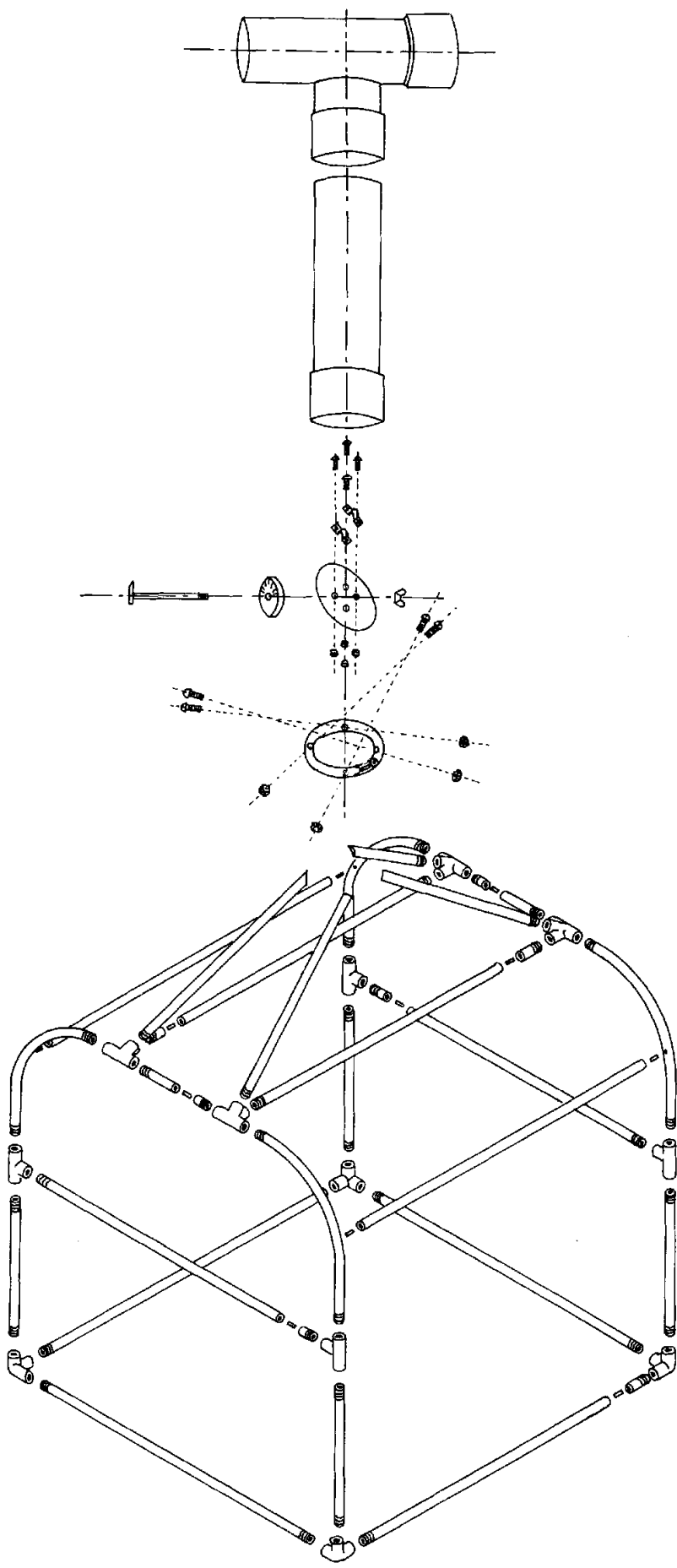


(8)

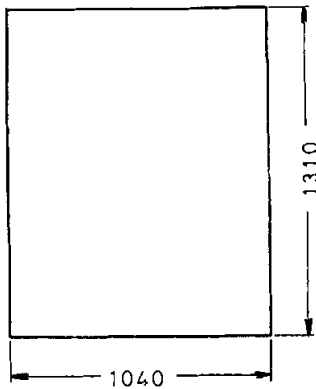


(9)

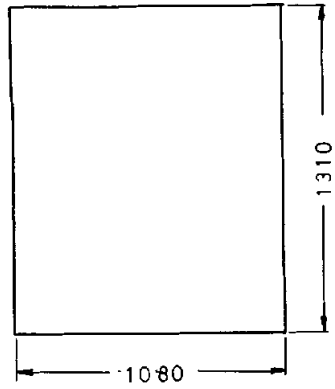
9	Disposición de los agujeros en la estructura del secador
8	Forma de fijación del plástico a la placa por medio de un hojalillo
7	Piedras de 1-5 cm. de diámetro
6	Método de unión de las películas plásticas al tubo
5	Unión 5, y, forma de sujeción de la malla "ojo de pescado"
4	Unión 4
3	Unión 3
2	Unión 2
1	Unión 1, con varilla de acople de $\phi 3/8'' \times 25.4$ mm.
Nº	Descripción
SECADOR DE PESCADO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR	
Dib: C. Aguirre O.	No a escala
Rev: Ing. F. Santelli	Secc.: DETALLES
	s = soldadura por puntos



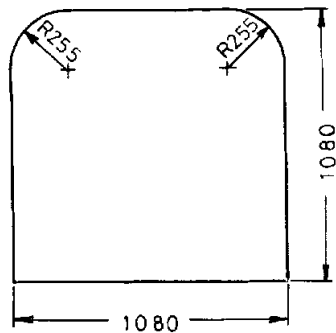
SECADOR DE PESCADO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR		
Dib: C. Aguirre O.		No a escala
Rev: Ing. F. Santelli	Secc: ENSAMBLAJE	



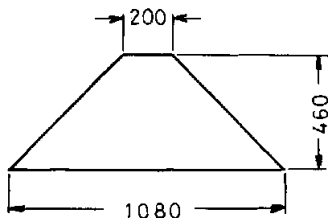
(1)



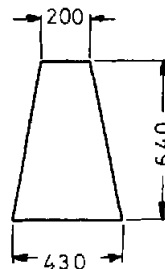
(2)



(3)



(4)

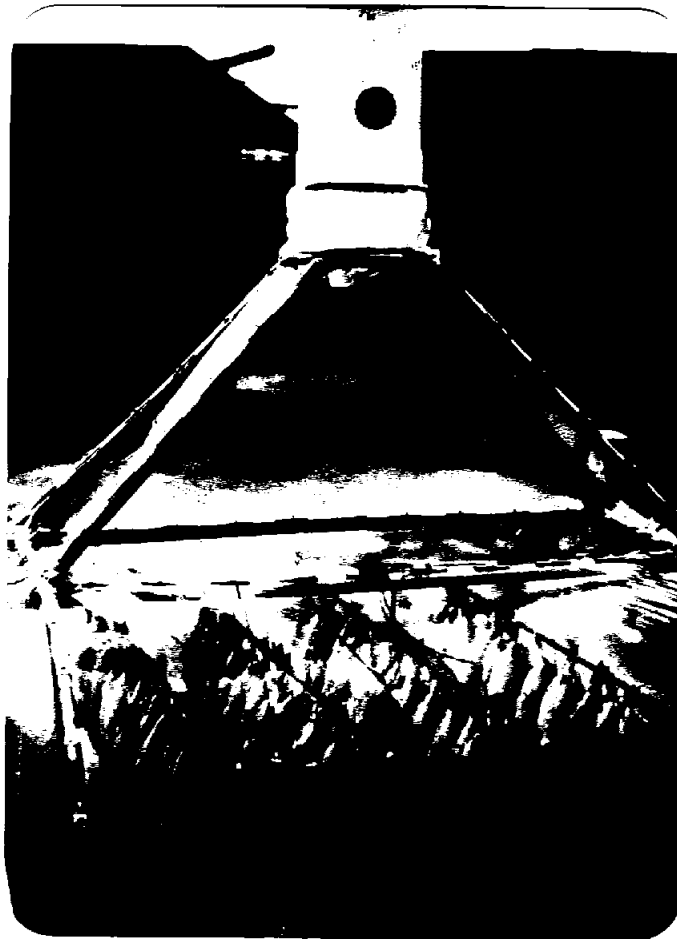


(5)

5	2	Paredes de la campana
4	2	Paredes de la campana
3	2	Paredes de la cabina
2	1	Puerta del secador
1	1	Pared de la cabina
Nº	Cant.	Descripción
SECADOR DE PESCAO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR		
Dib: C. Aguirre O.		Mat.: película plástica /01mm. Escala: 1:30
Rev: Ing. F. Santelli		Secc.: Paredes del secador Dim.: mm.



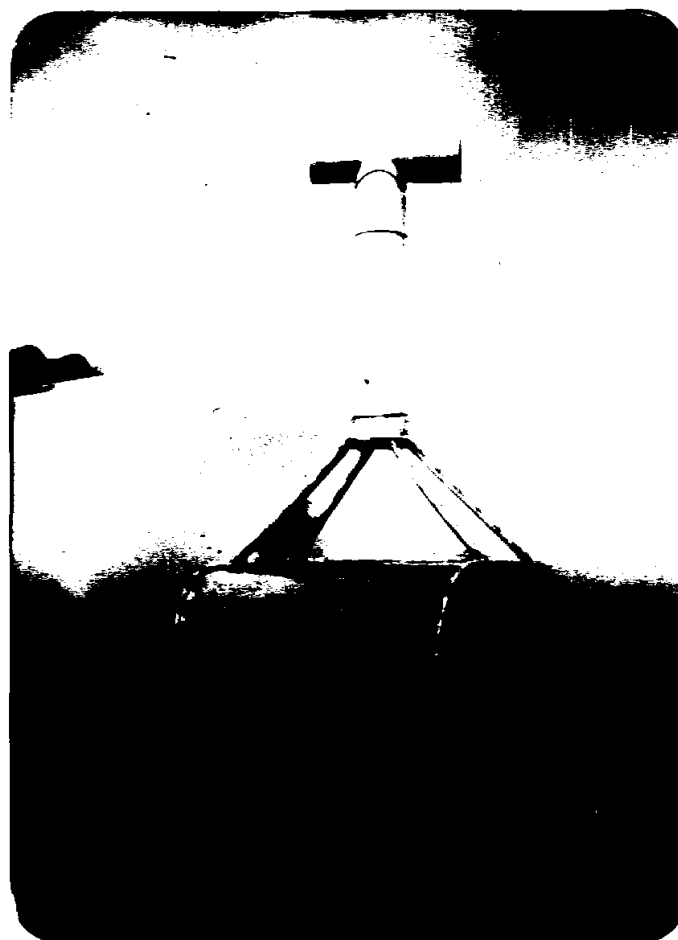
LAMINA 1 CHIMENEA DEL SECADOR



LAMINA 2 CAMPANA DE ASPIRACION Y CONTROL DE FLUJO



LAMINA 3 SECADOR SIN PRODUCTO



LAMINA 4 SECADOR CON PRODUCTO A SECAR



LAMINA 5 DISPOSICION DE LA CARGA DE PESCADOS



LAMINA 6 PESCADOS AL AIRE LIBRE



LAMINA 7 DISPOSICION DE LA PUERTA DE ACCESO



LAMINA 8 PLACA Y CAMA DE PIEDRAS

RESULTADOS EXPERIMENTALES

DIA	1º	2º	3º	4º
t_i (°C)	35.56	36.50	32.93	37.45
t_e (°C)	29.80	27.64	27.06	28.39
t_{pi} (°C)	37.65	39.93	35.46	43.34
t_{pl} (°C)	35.35	35.52	32.16	35.07
t (°C)	5.76	8.86	5.87	9.06
Perd. (kcal)	1.733 83	3.514 95	2.216.48	3.773.19
Q_u (kcal)	1.075.17	2.911.78	1.605.05	2.912.03
Nev (%)	57.55	59.76	51.13	-
Ndía (%)	37.41	42.76	39.41	45.25
I_{TH} (kcal/m ²)	1.212.54	2.468.50	1.413.19	2.262.05
I_b (kcal)	1.047.97	2.658.93	1.632.13	3.085.22
I_d (kcal)	735.93	1.680.87	994.66	1.687.63
I_r (kcal)	1.025.11	2.086.91	1.194.74	1.912.37
I_T (kcal)	2.809.00	6.426.72	3.821.53	6.685.22
HR (%)	58.64	59.91	61.80	-

NOMENCLATURA

A	=	área (m^2)
C	=	constante para cada mes del año
C_a	=	flujo de aire (m^3/min)
C_p	=	calor específico ($kcal/kg - ^\circ C$)
d	=	densidad del aire (M^3/kg_{as})
E	=	ecuación de tiempo; coeficiente de flujo ($min;$ -).
h	=	altura desde entrada a salida de flujo; ental- pía ($m; kcal/kg_{as}$).
HE	=	hora standard o local (hr)
h_{fg}	=	calor latente de vaporización a la temperatura del pescado ($kcal/kg_{ag}$).
HR	=	humedad relativa (%)
HS	=	hora solar (hr)
I	=	radiación solar ($kcal/hr$)
K	=	coeficiente de extinsión del material
L_E	=	meridiano standard para el tiempo local de la zona (grados).
L_{loc}	=	longitud de la localización en cuestión (gra- dos Oeste).
m	=	masa (kg)
\dot{m}	=	flujo másico (kg/hr)

N	=	factor dependiente del ángulo; eficiencia o rendimiento (- ; %).
n	=	día del año; índice de refracción
Perd.	=	pérdidas (kcal/hr)
Q	=	calor (kcal/hr)
T	=	tiempo de duración de la prueba (días)
t	=	temperatura (°F, °C)
v	=	volumen específico (m^3/kg_{as})
V	=	velocidad del viento (m/seg)

SIMBOLOS GRIEGOS

α	=	ángulo de altitud solar
χ_s	=	ángulo azimut superficial
Δ	=	diferencia o incremento
δ	=	declinación
θ	=	ángulo de incidencia
λ	=	longitud de onda
ρ_g	=	reflectancia de los alrededores a la radiación solar.
s	=	ángulo entre la horizontal y el plano inclinado
Σ	=	sumatorio en el día
\emptyset	=	diámetro, latitud
ω	=	ángulo horario, contenido de humedad, humedad desalojada.
$\dot{\omega}$	=	flujo másico de humedad

ABREVIATURAS

SUBESCRITOS

ac	=	aire circulante
ag	=	agua
as	=	aire seco
b	=	directa
d	=	difusa, seca
DN	=	directa normal a los rayos del Sol
e	=	exterior
ev	=	evaporación
f	=	final
hora	=	en una hora
I	=	sobre una superficie inclinada, el ángulo se toma con respecto a la radiación directa normal.
i	=	interna, inicial
p	=	pescado
pi	=	piedra
pl	=	placa
r	=	reflejada por los alrededores
s	=	salida
ss	=	salida saturada
T	=	total entrando al secador
TH	=	total medida por los instrumentos sobre una superficie horizontal, global.

- u = útil
- v = para evaporar el agua
- w = húmeda
- z = zenit, medido entre el rayo desde el Sol y la vertical.

B I B L I O G R A F I A

1. ASHRAE, "Ashrae Handbook of Fundamentals"
2. BELAKHOWSKY S., "Calefacción y Climatización", Paraninfo, Madrid (España), pág. 46-54, 149-161, 316-320, 379-428, 1969.
3. BOCKHOP C.W., JEON Y W. HALOS L.S., "Furnace and Vortex wind machine: A non-conventional approach to drying and storing technology", The International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines, 30 pág. April, 1982.
4. BURGESS G.H.O., CUTTING C.L. (en parte), LOVERN J.A. Y WATERMAN J.J., "El Pescado y las Industrias derivadas de la Pesca", Editorial Acribia, Zaragoza (España) pág. 84-141, 354-364, 1971.
5. DUFFIE J. Y BECKMAN W., "Solar Energy Thermal Processes", John Wiley & Sons, New York (USA), pág. 1-118, 227, 1980.
6. GIBLIN R. Y MISSENARD A., "Curso Superior de Calefacción, Ventilación y Acondicionamiento del Aire", Libro II, Estudio teórico general, Paraninfo, Madrid (España), pág. 239-249, 1965.
7. FAIRES V., "Termodinámica", UTEHA, México (México), pág. 549-576, 683-703, 1973.
8. KAYS W.M. Y CRAWFORD M.E., "Convective Heat and Mass

- Transfer*", McGraw-Hill Book Company, New York (USA), 420 pág. 1980.
9. KEENER H., SABBAH M., MEYER G. Y ROLLER W., "*Plastic film solar Collectors for grain drying*", Journal Article N° 14-77 of the Ohio Agricultural Research and Debelopment Center, Ohio (USA), 19 pág.
 10. KREITH F., "*Principios de Transferencia de Calor*", HHS S.A. México (México), 672 pág., 1968
 11. LAWAND T.A., "*A Solar-Cabinet Dryer*", Conference paper presented at the Solar Energy Conference, Boston, Massachusetts, 7 pág., March, 1966.
 12. MARKS LLONEL S., "*Manual del Ingeniero Mecánico de Marks*", McGraw-Hill Book Company, Inc., de Nueva York E.U.A. pág. 322-347, 379-389, 1213-1226, 1746-1880, 1951.
 13. PAZ R., "*Apuntes de Clases de Energía Solar*", Curso de ESPOL, 1981.
 14. PINELA F., "*Diseño y Construcción de un Secador Experimental de Granos utilizando Energía Solar*", Tesis de la ESPOL, Guayaquil (Ecuador), 94 pág., 1981.
 15. STANSABY MAURICE E., "*Tecnología de la Industria Pesquera*", Editorial Acribia, Zaragoza (España), pág. 321-424, 1968.
 16. STOECKER W.F., "*Refrigeración y Acondicionamiento de Aire*", McGraw-Hill de México, S.A. de C.V., pág. 280-291, 1965.

17. THRELKELD J., "*Ingeniería del ámbito térmico*", Prentice Hall-Internacional, España, 501 pág., 1973.
18. TRIM D.S. AND CURRAM C.A., "*Interim report on fish drying Ecuador*", Tropical Products Institute, London, 9 pág. June, 1981.
19. VAN ARSDEL, WALLACE B., "*Food deshydration*", vol. 2, Avi Publishing Co., pág. 268-287, 1973.
20. WOODS, "*Guía Práctica de la Ventilación*", Blume, Madrid (España), pág. 28-64, 77-97, 1970.

