

7
621.478
M.462



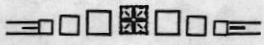
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

**"Diseño y Construcción de un Secador
Solar para Residuos de Camarón"**

TESIS DE GRADO
Previa a la Obtención del Título de
INGENIERO MECANICO

Presentada por:

CARLOS ALFREDO MAWYIN IÑIGUEZ



Guayaquil - Ecuador
1987





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA

AGRADECIMIENTO

- Al Cicyt por el apoyo económico.
- Al Ing. Rodolfo Paz por su ayuda como Director de Tesis.
- A mis amigos Jaime Bernal y Oscar Chávez por su constante apoyo.

Presentada para optar al Título de
INGENIERO MECANICO

Presentada por

CARLOS ALFREDO MARVIN INIGUEZ



Guayaquil - Ecuador

1987

DEDICATORIA

- A Dios.
- A mis Padres.
- A mis Hermanos.
- A mi Esposa.
- Al Sr. José Ricaurte y Sra.



BIBLIOTECA

Eduardo Orces

ING. EDUARDO ORCES P.

DECANO
FACULTAD INGENIERIA MECANICA

Rodolfo Paz

ING. RODOLFO PAZ M.

DIRECTOR DE TESIS

Marco Pazmiño

ING. MARCO PAZMIÑO B.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Edmundo Villacis

ING. EDMUNDO VILLACIS M.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



BIBLIOTECA

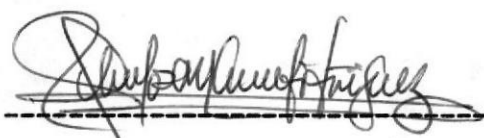
ING. RODOLFO PAZ M.

DIRECTOR DE TESIS.

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 ECUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de -
la ESPOL).

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Carlos Alfredo Mawyn Iñiguez', is written over a horizontal dashed line.

CARLOS ALFREDO MAWYIN IÑIGUEZ.

R E S U M E N

El presente trabajo tiene por objeto lo siguiente:

- 1.- Incentivar el uso de la energía solar.
- 2.- Utilizar el desperdicio de un producto que esta en auge en nuestro medio.

Estos dos puntos si bien es cierto no presentan relación alguna, pero lo que se ha tratado es de estudiar un proceso el cual permite el uso de estos desperdicios, y la energía para transformarlos será en base a energía solar.

Como primera etapa de este trabajo se presenta la rentabilidad del proceso, y, como se va a realizar, además de un análisis de las especies y el problema que originan. Se ha creído conveniente presentar la rentabilidad del proceso ya que en nuestro medio no se lo procesa en la misma cantidad que se debería producir, ya que muchas empresas desechan los residuos.

En una segunda etapa, se toca la parte teórica, tanto del proceso del secado como la teórica de la energía solar, con el fin de presentar un pro

totipo experimental de acuerdo a las necesidades de este trabajo.

En una tercera etapa se entra de lleno a la parte del diseño del prototipo y su construcción para seguidamente terminar con la etapa que corresponde a la parte experimental, y el análisis de los resultados.

En la parte experimental se realizan ensayos de secado a diferentes temperaturas con el fin de analizar el efecto de ésta sobre el producto final, llegando a la conclusión en base a los datos obtenidos que el rango de temperatura presenta condiciones óptimas para su comercialización, dejando a consideración el utilizar los datos con el propósito de industrializar el proceso.

INDICE GENERAL

	PAG.
RESUMEN -----	VII
INDICE GENERAL -----	IX
INDICE DE FIGURAS -----	XII
INDICE DE TABLAS -----	XV
INTRODUCCION -----	1
CAPITULO I	
1. FACTIBILIDAD DEL EMPLEO DE LOS RESIDUOS DEL CAMARON -----	7
1.1. CLASIFICACION DE LAS ESPECIES DE LOS RESIDUOS DE CAMARON -----	7
1.2. DEMANDA Y OFERTA DEL CAMARON Y SUS RESIDUOS -----	10
1.3. PROCESAMIENTO PARA EL EMPLEO DE LOS RESIDUOS DEL CAMARON -----	12
CAPITULO II	
2. DESCRIPCION DEL SECADO -----	19
2.1. FUNDAMENTOS TEORICOS -----	20
2.1.1. EQUILIBRIO -----	21
2.1.2. TEMPERATURA -----	23
2.1.3. VELOCIDAD DE SECADO -----	24
2.2. ANALISIS DE LAS CURVAS DE REGIMEN DE SECADO -----	24
2.3. HUMEDAD Y SUS CLASES -----	27

	PAG.
2.4. ECUACIONES TEORICAS PARA EL CALCULO DEL TIEMPO DE SECADO -----	29
 CAPITULO III	
3 ENERGIA SOLAR -----	34
3.1. RADIACION SOLAR -----	35
3.1.1. RADIACION DIRECTA -----	43
3.1.2. RADIACION DIFUSA -----	44
3.1.3. RADIACION TOTAL -----	46
3.2. DETERMINACION DE LA RADIACION SOLAR APROVECHABLE --	46
3.2.1. METODO -----	50
3.2.2. APLICACION -----	52
 CAPITULO IV	
4 DISEÑO DEL PROTOTIPO EXPERIMENTAL -----	53
4.1. ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO -----	53
4.1.1. ENERGIA SOLAR APROVECHABLE EN LA COSTA ----	53
4.1.2. ALTERNATIVAS DE DISEÑO -----	53
4.1.3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA -----	59
4.1.4. ENERGIA REQUERIDA PARA EL SECADO -----	63
4.2. PLANOS DE CONSTRUCCION -----	256
 CAPITULO V	
5 CONSTRUCCION DEL SISTEMA -----	79
5.1. CONSTRUCCION DEL COLECTOR -----	79
5.2. CONSTRUCCION DE LA CAMARA -----	82

	PAG.
5.3. CONSTRUCCION DE ACCESORIOS -----	84
5.4. ENSAMBLAJE DEL SISTEMA -----	87
CAPITULO VI	
6 PRUEBAS Y RESULTADOS -----	91
6.1. EQUIPO UTILIZADO -----	91
6.1.1. CALIBRACION Y METODOLOGIA DE EXPERIMENTA- CION -----	92
6.2. TABULACION Y ANALISIS DE DATOS -----	97
6.2.1. DATOS DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y RADIACION -	97
6.2.2. CURVAS DE REGIMEN Y TIEMPO DE SECADO PARA LOS RESIDUOS DEL CAMARON -----	98
6.2.3. EFICIENCIA DEL SISTEMA -----	101
6.3. ANALISIS DE RESULTADOS TEORICOS Y EXPERIMENTALES --	103
CAPITULO VII	
7 ANALISIS ECONOMICO -----	106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	119
APENDICES -----	124
BIBLIOGRAFIA -----	271

INDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PAG.</u>
1.1.1. Anatomía de los Penaeus-----	9
1.3.1 Procesamiento de los residuos del camarón-----	15
2.1.1.1. Relaciones de humedad de equilibrio-----	22
2.2.2. Curvas de régimen de secado-----	25
2.3.1. Tipos de humedad-----	28
3.1.1. Espectro electromagnetico de acuerdo a la longitud de onda-----	36
3.1.2. Radiación de diferentes longitudes de ondas que lle - gan a la atmósfera terrestre-----	37
3.1.3. Radiación de un cuerpo negro a varias temperaturas---	39
3.1.4. Variación de la radiación extraterrestre en el año---	42
3.1.1.1. Angulos solares-----	44
3.1.3.1. Piránometro-----	47
3.2.1. Piránometro de la Espol-----	48
3.2.2. Graficador de la Espol-----	49
4.1.3.1. Diagrama de un colector en corte-----	60
4.1.4.2. Coeficiente de perdidas por cubierta para inclinación de 45"-----	72
4.1.4.1. Diagrama de flujo para el calculo del calor útil-----	67
4.1.4.3. Dependencia del coeficiente de perdidas de cubiertas VS el ángulo de inclinación-----	73

<u>FIGURA</u>	<u>PAG.</u>
4.1.4.4. Energía disponible y requerida para el proceso-----	77
5.1.1. Rehabilitación de colectores-----	81
5.1.2. Colectores solares-----	81
5.2.1. Estructura de la cámara-----	83
5.2.2. Colocación de planchas sobre la estructura de la cámara-----	83
5.3.1. Brida de salida-----	85
5.3.2. Colocación del sistema auxiliar de energía-----	85
5.4.1. Colocación de termocuplas y termómetros en el sistema-----	88
5.4.2. Diagrama del sistema auxiliar-----	89
5.4.3. Cámara de secado acoplada al sistema-----	90
6.1. Vista general del sistema en funcionamiento-----	95
6.2. Equipo para medición de temperatura y radiación-----	95
6.3. Muestra durante el proceso de secado-----	96
6.4. Toma de lecturas de peso de la muestra-----	96
1 Cura de secado prueba 1-----	227
2 Cura de secado prueba 2-----	228
3 Cura de secado prueba 3-----	229
4 Cura de secado prueba 4-----	230
5 Cura de secado prueba 5-----	231
6 Cura de secado prueba 6-----	232
7 Cura de secado prueba 7-----	233
8 Cura de secado prueba 8-----	234
9 Cura de secado prueba 9-----	235
10 Cura de secado prueba 10-----	236

XIV

<u>FIGURA</u>		<u>PAG.</u>
11	Cura de secado prueba 11-----	237
12	Cura de secado prueba 12-----	238
13	Cura de secado prueba 13-----	239
1A	Radiación VS eficiencia para $Q = 2,80 \text{ pies}^3/\text{sg.}$ -----	240
2A	Radiación VS eficiencia para $Q = 2,03 \text{ pies}^3/\text{sg.}$ -----	241
1B	Radiación, eficiencia VS hora del día prueba 1-----	242
2B	Radiación, eficiencia VS hora del día prueba 5-----	243
3B	Radiación, eficiencia VS hora del día prueba 9-----	244
4B	Radiación, eficiencia VS hora del día prueba 11-----	245
5B	Radiación, eficiencia VS hora del día prueba 10-----	246

INDICE DE TABLAS

TABLA		PAG.
1.1.	Requerimientos nutricionales para aves de corral-----	127
1.1.	Exportaciones del camarón-----	128
1.2.	Crecimiento de la exportación de camarones congelados en peso y en valor en términos absolutos con relación al año 1.986.-----	129
1.3.	Producción mundial de harina de camarón por País.-----	130
1.4.	Contenido de nutrientes en la harina de desperdicios de camarón, en función de procesos de secado.-----	131
3.1.1.	Ubicación de algunas localidades en la Región Litoral	132
3.1.2.	Constante solar.-----	133
3.1.3.	n día del año.-----	134
3.2.1.	Valores de b para el Litoral y eb para algunas locali- dades.-----	135
3.2.2.	Valores de RT_1 RT_1 R_{ps} S.-----	136
4.1.4.1.	Tabulación de valores para calcular la energía dispo- nible para una $I = 100\text{BTU/hr pie}^2$.-----	137
4.1.4.2.	Tabulación de valores para calcular la energía dispo- nible para $I = 200\text{ BTU/hr pie}^2$.-----	138
4.1.4.3.	Tabulación de valores para calcular la energía dispo- nible para $I = 300\text{ BTU/hr pie}^2$.-----	139

	PAG.
4.1.4.4. Número de colectores necesarios para las diferentes temperaturas de secado y radiación promedio de 200 BTU/hr pie ² .-----	140
1A Tabulación de datos prueba 1 -----	145
1B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.-----	147
1C Tabulación de eficiencia prueba 1 -----	150
2A Tabulación de datos prueba 2 -----	153
2B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.-----	155
2C Tabulación de eficiencia prueba 2 -----	158
3A Tabulación de datos prueba 3 -----	160
3B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.-----	162
3C Tabulación de eficiencia prueba 3 -----	165
4A Tabulación de datos prueba 4 -----	168
4B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado. -----	169
4C Tabulación de eficiencia prueba 4 -----	171
5A Tabulación de datos prueba 5 -----	174
5B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado. -----	175
5C Tabulación de eficiencia prueba 5 -----	177
6A Tabulación de datos prueba 6 -----	180
6B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado. -----	181

XVII

	PAG.
6C	Tabulación de eficiencia prueba 6 ----- 183
7A	Tabulación de datos prueba 7 ----- 186
7B	Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.----- 187
7C	Tabulación de eficiencia prueba 7 ----- 189
8A	Tabulación de datos prueba 8 ----- 192
8B	Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado. ----- 193
8C	Tabulación de eficiencia prueba 8 ----- 195
9A	Tabulación de datos prueba 9 ----- 198
9B	Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado. ----- 199
9C	Tabulación de eficiencia prueba 9 ----- 201
10A	Tabulación de datos prueba 10 ----- 204
10B	Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado. ----- 205
10C	Tabulación de eficiencia prueba 10 ----- 207
11A	Tabulación de datos prueba 11 ----- 210
11B	Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.----- 211
11C	Tabulación de eficiencia prueba 11 ----- 213
12A	Tabulación de datos prueba 12 ----- 216
12B	Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.----- 217
12C	Tabulación de eficiencia prueba 12 ----- 219
13A	Tabulación de datos prueba 13 ----- 222

XVIII

	PAG.
13B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.-----	223
13C Tabulación de eficiencia prueba 13 -----	225

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

El problema del agotamiento de los combustibles convencionales representa uno de los principales problemas en nuestros días, es por ésto que se da lugar a la explotación de fuentes de energía no convencionales como son la eólica, solar, biomasa, etc., que de una u otra forma alivian un poco la dependencia de los combustibles convencionales.

De estos tipos de energía, la que ha emergido como la más prometedora es la energía solar, ya que por ser natural y abundante abarata los costos de producción y operación.

Siendo éste un gran problema en nuestro medio, ya se trata de incursionar en algunas de las áreas mencionadas, por lo que ya existen algunos proyectos, algunos de gran magnitud y otros de pequeña escala.

Este trabajo si bien es cierto no trata de buscar una solución definitiva, sí trata de realizar un estudio práctico, con el objetivo principal de demostrar que se pueden obtener resultados con costos de operación muy bajos.

Además se plantea otro problema tan serio como es el desperdicio de

ciertos productos marinos, que no son procesados.

Es verdad que todo producto marino no es aprovechable en un 100% ya que siempre queda un remanente que el hombre no utiliza en una forma directa, sino que le da otro destino.

Todo residuo marino que no se aprovecha ocasiona problemas, no sólo a la industria sino también a la comunidad, debido a que son la causa de una serie de microorganismos que contaminan las aguas y el ambiente, - siendo un fenómeno mucho más grande causante de efectos deletorios a - los recursos vivientes, riesgos a la salud humana, obstáculos a las actividades acuáticas, reducción de los medios de recreo y también el grave deterioro de la calidad de agua, lo que hace más costoso el proceso de potabilización para el consumo humano.

De aquí, el aprovechamiento de los residuos cualquiera que sea su fin será beneficioso, evitando de esta manera los riesgos anotados anteriormente. Por ello se ha tratado de obtener la forma más eficiente que nos brinde un procedimiento capaz de aprovechar la gran demanda que posee el camarón.

El presente trabajo experimental tiene como objetivo, además del enunciado anteriormente, estudiar las características del céfalo-torax del camarón procesado, y hacer un análisis de qué tan buen producto se obtendrá.

El producto deseado a obtener es Harina de Camarón, que según el manual

de alimentación animal, al referirse a la harina de camarón, la define como: "El desperdicio del camarón seco y molido con buenas características de conservación; pudiendo utilizar el céfalo-torax, cutículas o el camarón entero"

Pese a que la harina del camarón posee un alto nivel de proteínas existen también ciertos factores que limitan su comercialización, por lo que es importante observarlos:

- 1.- Baja digestibilidad protéica y de nutrientes. Esta situación especialmente con animales monogástricos como las aves de corral, las mismas que asimilan el 60% del contenido protéico y el 30% nutrientes en general.
- 2.- No existe materia prima estandarizada: Las características químicas y nutricionales del camarón varían de una especie a otra, especialmente de dos regiones geográficas. Consecuentemente se tendrá un producto con ciertas variaciones cualitativas.
- 3.- Tiene un alto contenido de calcio: Es el más alto de las de origen animal (alrededor del 7% o más).
- 4.- El sabor característico: Todas las especies marinas, presentan un sabor característico, el mismo que puede ser transferido a la especie que los asigne.

Aún con estas limitaciones se han realizado investigaciones en las que

se ha llegado a la conclusión de que la Harina de la cabeza del camarón se la puede utilizar como un suplemento protéico, por su alto contenido de proteínas.

De lo anotado anteriormente, la utilización más viable está dada en la formulación de dietas para la alimentación de camarones en cautiverio - como ya se lo ha hecho en algunas camaroneras con muy buenos resultados.

Una perspectiva optimista de la situación permite igualmente considerar a la harina de camarón como un posible sustituto de materias primas, en alimentos balanceados, particularmente de aquellos que son de origen animal.

En la avicultura: Esta rama de la zootécnica constituye la de mayor desarrollo en nuestro país, siendo la mayor fuente de consumo de alimento balanceados, llegándose a estimar, que absorbe el 90% de la oferta total.

Las formulaciones en la avicultura son caracterizadas por un alto contenido de calcio, especialmente si se trata de gallinas ponedoras o de crianza.

La harina de camarón tendrá mayor utilización si se emplea en formulaciones en donde los suplementos protéicos estén o sean de origen vegetal en vista de que la contribución mineral es sólo nominal.

En la tabla I.1 se confrontan los requerimientos generales nutriciona--

les de las aves de corral con la composición química de la harina de camarón (Procesado en los EE.UU.).

La baja digestibilidad es lo que hace que se lo suministre, como un suplemento de dietas para pollos.

En la práctica de acuicultura: Se lo viene haciendo en la alimentación artificial de especies marinas en cautiverio, ésto se lo realiza con el propio camarón, pero también con la trucha y el salmón. Una de las ventajas de la alimentación artificial de los camarones en cautiverio es de:

Evitar el canibalismo y favorecer el crecimiento del crustáceo.

En nuestro país, a pesar de encontrarnos en un auge de la acuicultura, aún no se ha implementado esta práctica, siendo la posible causa del bajo rendimiento de las piscinas: (600 lbs. por hectárea).

Otra de las causas de requerir harina de camarón en la alimentación de estos mismos crustáceos, es que sus raciones proteínicas tienen que ser altas (40-60 %).

Resumiendo los objetivos del presente trabajo experimental, tenemos:

- a). Incentivar el uso de la energía solar como una alternativa energética.

b). Realizar un proceso el cual sea capaz de dar un producto de buenas características.

El desarrollo de una tecnología y su posterior difusión dependen de los resultados que se obtengan en la etapa de evaluación de prototipos.

C A P I T U L O I

FACTIBILIDAD DEL EMPLEO DE LOS RESIDUOS DEL CAMARON

El objetivo de este capítulo es enfocar la importancia que tienen los residuos del camarón procesados, así como también hacer un análisis de la cantidad de residuos de camarón que no están siendo procesados y el gran desperdicio económico que acarrea la gran cantidad de productos - que no se llegan a procesar, no sin antes hacer un breve estudio de las diferentes especies del camarón.

1.1. CLASIFICACION DE LAS ESPECIES DEL CAMARON

En el Litoral Ecuatoriano hay varios géneros y especies de interés comercial que son capturados por las flotas pesqueras. La de nominación científica dada cada una de las especies de acuerdo a la clasificación señalada es la siguiente:

- CAMARONES ACANALADOS: Penaeus Californiensis
Penaeus Brevirostris
- CAMARONES BLANCOS : Penaeus Occidentalis
Penaeus Stylirostris
Penaeus Vannamei

- CAMARON TIGRE O CEBRA: *Trachypenaeus Byrdi*
Trachypenaeus Fadea
Trachypenaeus Similis Pacificus

De todas ellas, las que se han adaptado en forma adecuada al sistema de cría de piscina son:

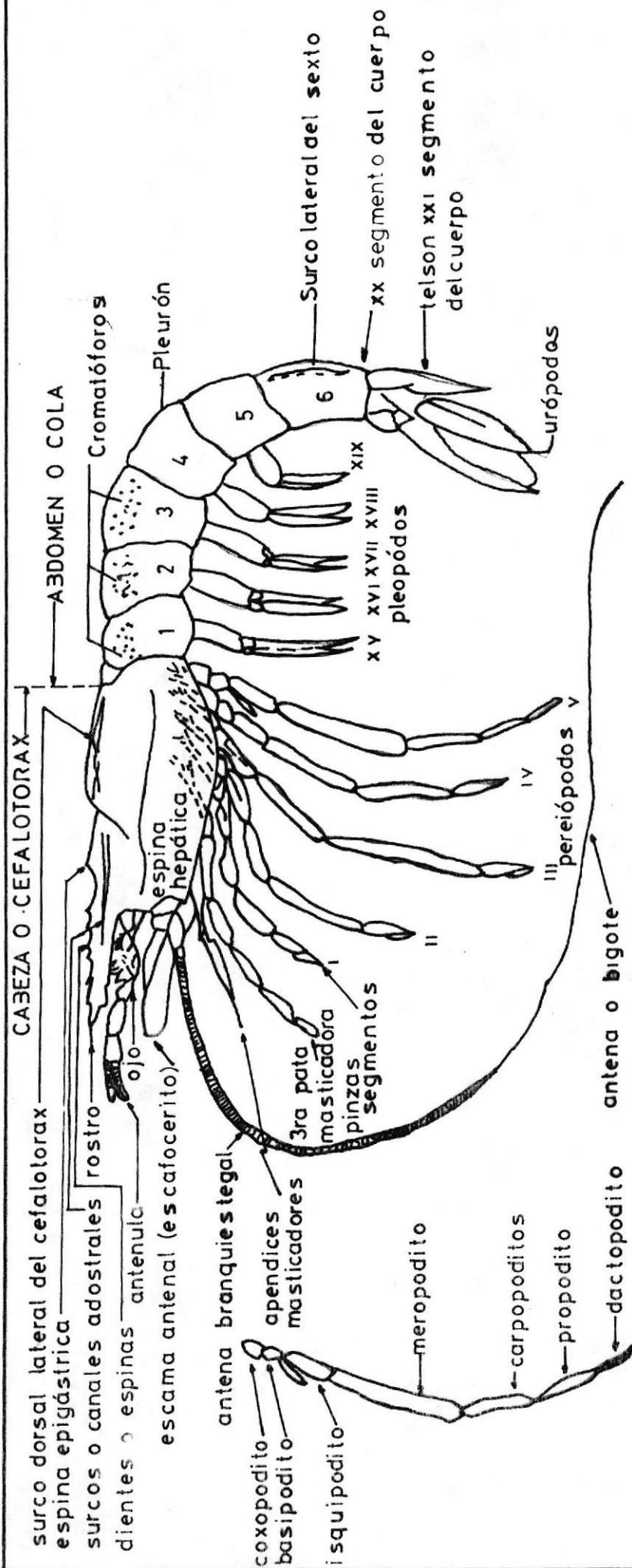
- CAMARONES BLANCOS: *Penaeus Vannamei*
Penaeus Stylirostris

Todos los estudios preliminares, se los realizará exclusivamente en los camarones blancos. El género *Penaeus* presenta la anatomía descrita en la figura 1.1.1, hay que resaltar que estos camarones no tienen ni surcos ni canales adostrales, pero solamente se pueden empezar a diferenciar cuando tienen una longitud de 25 mm. o más, usando para ello el número de dientes o espinas del rostro, la forma del rostro y la coloración del camarón fresco o de los camarones preservados en formolina al 5% por un cierto período de tiempo.

CAMARONES DEL P. STYLIROSTRIS

El rostro tiene de 7 a 8 dientes en su cresta dorsal, 3 a 6 en su cresta ventral y es curvado hacia arriba.

El tercio anterior dorsal del rostro no lleva dientes, los camarones de 25 a 40 mm. tienen numerosos cromatóforos (pigmentos) azu-



5 PARES PATAS AMBULANTES (PEREIOPODOS)

basipoditos
 exopoditos — endopoditos

5 PARES DE PATAS NADADORAS O PLEOPODOS

FIG. 1.1.1: ANATOMIA DE LOS PENAEUS
 FUENTE: Seminario: Estudio de la maricultura del camarón
 ELABORACION: CENDES - INP

les de manera que los especímenes frescos parecen ser de este color. Cuando el camarón ha sido preservado por unas horas, la mayoría de los cromatóforos empiezan a formar un color más oscuro, mientras que otros desaparecen. Las antenas son de color azul-oscuro en ejemplares frescos.

CARACTERISTICAS DEL P. VANNAMEI

El rostro tiene de 8 a 9 dientes sobre su cresta dorsal y 2 dientes en su cresta ventral. El segundo diente de la cresta ventral está al mismo nivel o delante del primer diente de la cresta dorsal.

Los camarones de 25 a 50 mm. de longitud total son dorados con pequeñas manchas rojizas. Los cromatóforos son color rojizo brillante en ejemplares frescos o preservados por menos de dos días. Luego los cromatóforos adquieren un color azul. Las antenas son de color rojo brillante, una característica que permite poder distinguir una especie de otras de camarones blancos. En el presente trabajo al referirse a camarones blancos se estará hablando conjuntamente de los dos tipos, excluyendo al P. Occidentalis a pesar que representa el 70% pero de la captura de las flotas camaroneras, los camarones acanalados son también de mar y los tigres o cebras son de poco valor comercial.

1.2. DEMANDA Y OFERTA DEL CAMARON Y SUS RESIDUOS

La explotación del langostino o camarón del género penaeus, constituye el rubro de mayor importancia del sector pesquero en el Ecuador, y según las estadísticas parece que irá en aumento siempre - que se mantenga un nivel de tecnología y explotación adecuada.

Para tener una mayor visualización del presente subcapítulo, obsérvese desde el punto de vista de la disponibilidad de los residuos del camarón, que es como se lo va a enfocar.

Primeramente vale resaltar que hasta la fecha no se ha iniciado la industrialización de los residuos de las plantas empacadoras en el Ecuador, la mayor parte de las empresas camaroneras localizadas en Guayaquil descargan sus residuos en aguas naturales que circundan la ciudad, provocando su contaminación.

El problema se torna crítico si se considera el gran volumen de afluentes utilizados en las operaciones de pelado y devanado del camarón y que pasa a engrosar al contingente de residuos.

A nivel artesanal se conoce del uso de los desperdicios para la obtención de harina para consumo doméstico. Las amas de casa suelen utilizar el céfalo-tórax para preparar sopas de excelente valor nutritivo, y en el campo de los alimentos se está experimentando, en la formulación de alimentos artificiales de camarón.

Según datos del boletín de estadísticas de exportaciones e importaciones, en el año de 1.983 se obtuvieron 37'397.877 lbs. de colas

congeladas, y en el año de 1.984 hasta el primer semestre se habían exportado un total de 30'577.847 lbs. de colas congeladas, de los datos se puede notar que las exportaciones tienden a duplicarse en ese año. Lo que sucede realmente con esa cantidad de libras exportadas es que solamente corresponden al 69% del peso total, ya que el otro 31% corresponde al céfalo-tórax del camarón, el peso de cabezas en el año de 1.983 sería de 13'737.873 lbs. de donde un total de 3'547.000 lbs. se obtendrían si fuesen procesadas en su totalidad, de harina con un nivel del 50% de proteínas.

Es fácil observar el crecimiento de las exportaciones de camarones congelados en peso y valor en términos absolutos con relación al año de 1.968, en la tabla 1.2 y las exportaciones en la tabla 1.1, en la tabla 1.3 se presenta la producción mundial de harina de camarón en los países donde se procesan los residuos del camarón.

El Ecuador no ha llevado a cabo la producción de harina a gran escala, desperdiciando una gran cantidad de proteínas y acarreando considerables problemas que al ser procesados se obtendría un gran ahorro económico, y se lograría adelantar la industria de los alimentos.

1.3. PROCESAMIENTO PARA EL EMPLEO DE LOS RESIDUOS DEL CAMARON

Los métodos de producción realizados en nuestro medio no han sido autogenerados sino que han sido orientados a satisfacer el grado de elaboración de las empresas extranjeras. Luego que llegan los

camarones a las empacadoras, se colocan en tanques galvanizados - que contienen agua clorinada, la misma que sirve para lavar, pre--servar y mantener los camarones, después se clasifican y son descabezados, pelados y devanados. Hecho este proceso, lo que queda - son los residuos sólidos y líquidos.

En los residuos sólidos se tienen: Céfalotórax, cutícula o carapazón, vísceras y fragmentos de carne que no han sido removidos en la operación de pelado, mientras que los desperdicios líquidos o efluentes están representados por el agua de blanqueo.

El obtener harina a partir de los desperdicios no implica mayores dificultades desde el punto de vista de la tecnología. El mayor o menor desarrollo ha sido logrado por la demanda del producto. En recientes descubrimientos sobre las propiedades nutritivas del producto en prácticas de acuicultura, han provocado innovaciones en - el proceso productivo de harina entre las que se pueden citar el - uso de aglomerantes y del procedimiento de peletización entre - otros.

Debido a que dichos procedimientos son recientes, no se dispone de la tecnología apropiada.

Volviendo al procesamiento de la harina, se ha mencionado que no - requieren de una tecnología muy complicada y el procesamiento es - descrito de la siguiente forma.

- COCCION

- SECADO
- MOLIENDA

La obtención de la harina tiene la limitación de que la cocción se hace indispensable, ya que de experiencias realizadas por el Instituto Nacional de Higiene, se nota una rápida descomposición del producto secado y molido. Tampoco en el secado se pueden utilizar altas temperaturas por la degradación del producto y el aumento del contenido de cenizas.

El proceso tradicional se resume gráficamente en la figura 1.3.1.

COCCION

Los residuos del camarón son recogidos para la cocción. Esta se la realiza ya sea a vapor o fuego directo. Una vez que el agua de cocción alcance el punto de ebullición, o sea 100°C.; el tiempo de cocción será de aproximadamente 10 minutos.

Al agua se le añade sal del 2 al 12% del peso del desperdicio, aunque de experiencias realizadas, el mejor valor es del 10% de sal. Este contenido de sal permitirá obtener un producto más aceptable y que no se descompondrá rápidamente.

En ciertos casos se agrega a la solución salina, ácido sulfúrico comercial, en una proporción de 5 lbs. por cada 100 lbs. de material. El ácido deberá añadirse cuando el agua está a punto de

HARINA DE CAMARON

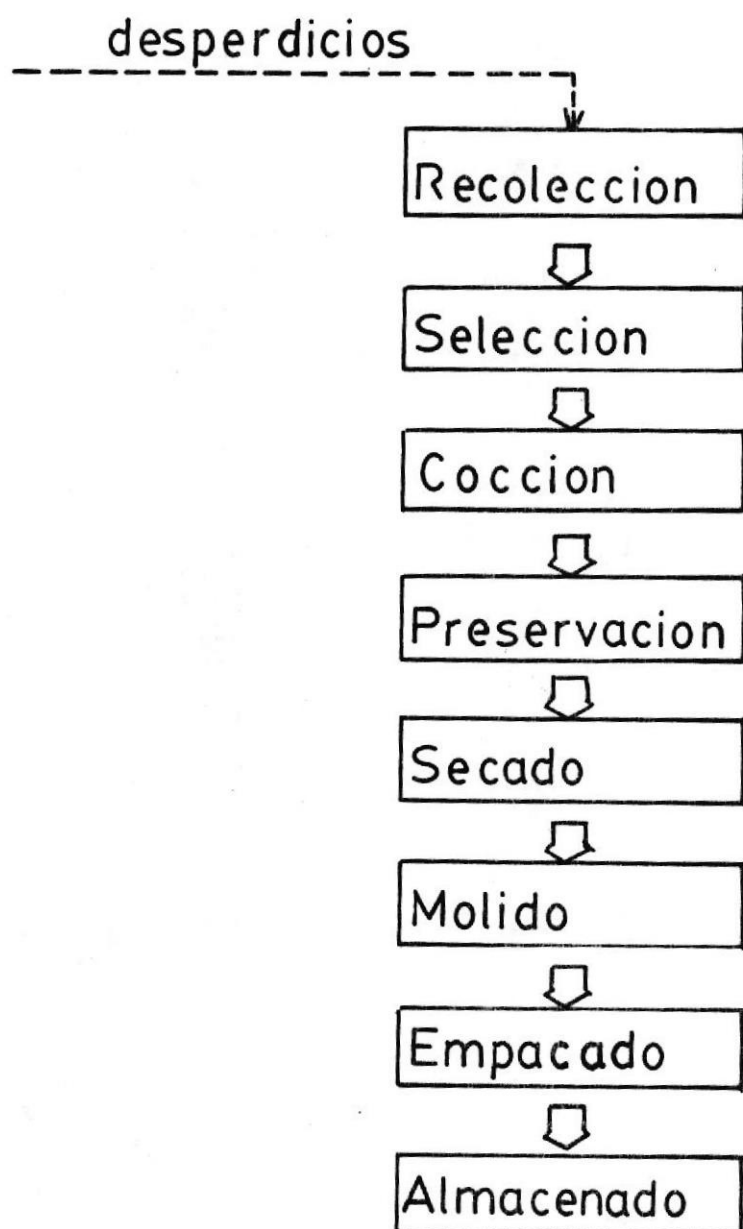


FIG.-1.31.- PROCESAMIENTO DE
LOS RESIDUOS DE
CAMARON

ebullición. Al cabo de pocos minutos la masa se neutralizará, -
pues el ácido ha reaccionado con el carbonato de calcio que se en-
cuentra en los caparazones del animal.

La ventaja del sistema, radica en la protección que el ácido pro--
porciona al material, permitiendo que éste sea almacenado por espa-
cio de hasta dos días en el caso de que el secado no se lo realice
inmediatamente.

El porcentaje de ácido debe mantenerse bajo para evitar la pérdida
de constitutivos valiosos provocados por la conversión del carbo-
nato de calcio en sulfato de calcio. El uso de aditivos y antioxi-
dantes que facilitan la preservación del material, puede tener lu-
gar durante o después de la cocción.

SECADO

Consiste básicamente en deshidratar los desperdicios, hasta que el
contenido de humedad se reduzca a un 6% o 7%, punto en que se faci-
lita su trituración.

La cantidad de humedad existente está representada en el agua re--
partida entre los espacios interfibrosos y por la forma parte de -
la fibra misma. En el primer caso se tiene lo que se denomina -
agua libre y en segundo, agua combinada, que en razón de la natura-
leza física-química de la unión, constituye la porción más difícil
de desalojar sin dañar el producto. Los fenómenos del secado se

analizarán más adelante.

En el cuadro 1.4 se puede observar un análisis comparativo de la harina obtenida a partir de dos procedimientos generales:

- Secado natural al sol
- Secado provocado artificialmente

Se puede observar la degradación que sufre al secarse artificialmente por lo que es muy importante mantener un control sobre la temperatura durante el proceso.

MOLIENDA DEL MATERIAL

Una vez que el producto ha sido secado, se encuentran listos para la operación de molienda. Se puede triturar el material con un 20% de humedad, pero lo ideal es operar con un material del 5% al 8% con lo que se consigue un mayor rendimiento aparte de su mejor calidad.

Una vez molido se obtiene un polvo color marrón claro y con su olor característico.

Aparte de las propiedades alimenticias, los desperdicios del camarón poseen otras propiedades entre las que se pueden citar:

- Poliméricas.

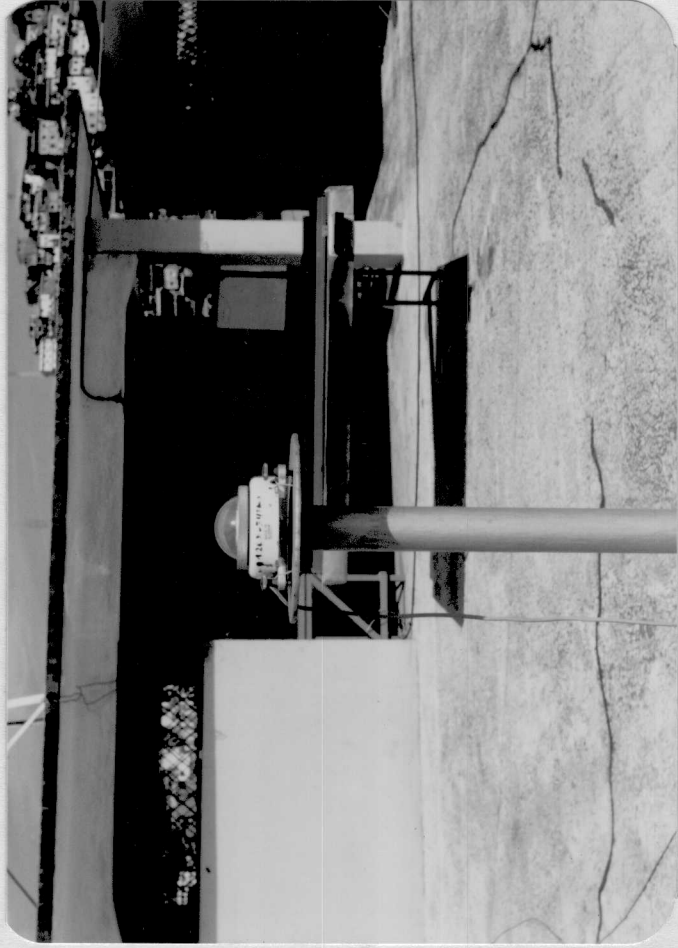


Fig. 3.1.3.1. Piránometro.

En general existen dos tipos principales para medir la radiación:

- a) Pirheliómetro: Es un instrumento que usa un detector colimado para medir la radiación solar de una pequeña - sección del cielo incluyendo el sol, es decir un haz de radiación directa, incidiendo sobre una superficie normal o perpendicular a esta - radiación.

b) Piranómetro: Este instrumento mide radiación solar hemisférica total (directa + difusa) incidiendo sobre una superficie generalmente horizontal. Si bloquea la radiación directa por medio de la sombra de un círculo, mide la radiación difusa.

En la ESPOL, la estación metereológica consta de un Piranómetro Star, Blanco y Negro "Modelo R413", con un elemento sensor circular plano compuesto de 12 segmentos de cobre, presentando alternadamente de blanco y negro montado en el interior de una cúpula semiesférica como lo muestra la figura 3.2.1. el diámetro de la cúpula es de 70 mm.



Fig. 3.2.1. Piranómetro star, modelo R413 de la Espol.

Una termopila de 72 termocuplas Gr-Ni constantes, esta en contacto térmico con los segmentos blancos y negros, la radiación entre los 0,3 y 3,0 μm , que percibe en el piranómetro crea una diferencia de potencial y es recibida por el potenciómetro, ésta la transforma y es registrada en un graficador modelo RI2V-1, lo hace sobre una cinta de papel.

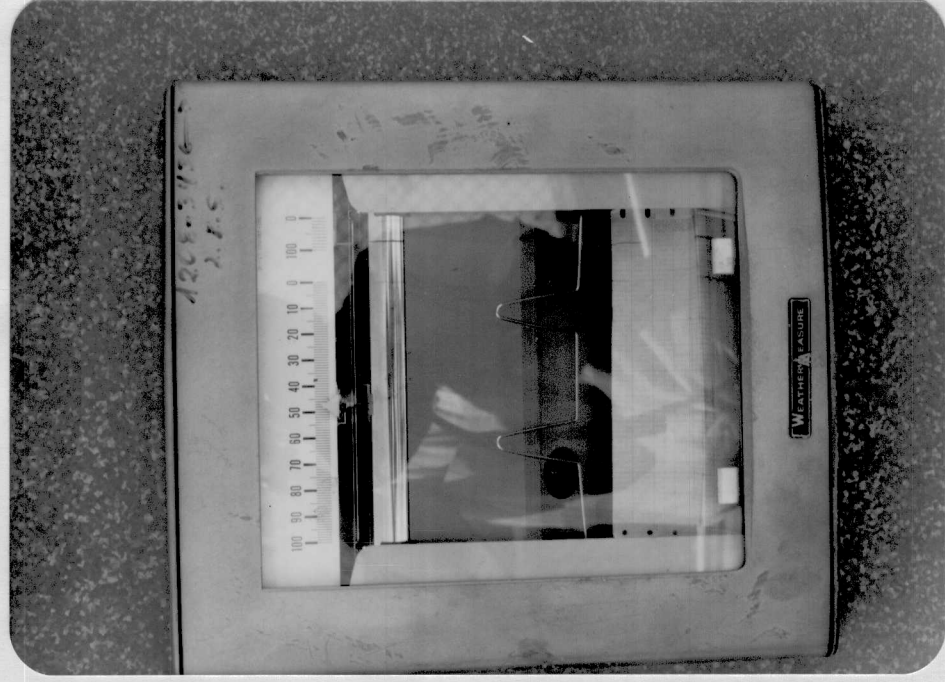


Fig. 3.2.2. Graficador modelo RI2 V-1 de la Espol.

- Medicinales
- Coagulante
- Aditivas

Ejemplo de éstos son:

- Cosméticos para el cutis a partir de la quitina.
- Revestimiento para fibras de vidrio utilizando quitina deacitilizada como componente.
- Producción de glucosamina.

Desafortunadamente éstos y otros procesos se ven afectados en su aplicación por factores como la disponibilidad y la estandarización de materias primas, recolección y preservación de los desperdicios, los mismos que deberán ser cuidadosamente evaluados antes de lanzarse a la implementación de cualquier proyecto.

C A P I T U L O I I

DESCRIPCION DEL SECADO

El secado es un proceso de transferencia de masa y de calor. Se dice que es un proceso de transferencia de masa porque implica un cambio en la composición de las sustancias o soluciones sin utilizar ningún tipo de reacciones químicas, ya que lo más importante en este tipo de operaciones es que el cambio se lo realiza por transferencia en escala molecular de una sustancia a través de otra, entonces lo que refiere a la transferencia de masa, se realiza por una diferencia en la concentración, desde uno de alta concentración a uno de baja concentración.

Es característica de cualquier proceso en general poseer un punto o estado de equilibrio bajo ciertas condiciones, en el secado es parte muy importante conocer las características del equilibrio, porque estas presentan las condiciones finales.

Conociendo las condiciones finales de un sólido a secar, se debe tomar en cuenta las concentraciones de los componentes en las fases, velocidad de transferencia de los componentes de una fase a la otra.

La velocidad de transferencia debe ser tomada en cuenta para el diseño

de equipos en donde las dos fases van a estar en contacto continuo y donde va a existir un intercambio continuo de masa entre las fases.

Aclarando las ideas anteriores, en el secado, el agua en estado líquido presente en una sustancia es removida de esta mediante el paso de un flujo de aire caliente con bajo porcentaje de humedad, el cual cede calor al agua para producir la evaporación. Las moléculas de agua son removidas por el flujo de aire caliente.

A manera de subdivisión se puede definir dos grupos de tipos de secados:

A) El secado discontinuo

B) el secado continuo

El secado discontinuo, se realiza mediante una corriente de gas caliente que pasa sobre el sólido a secar y este evapora la humedad. Este secado es una operación relativamente costosa y se limita a operaciones - de desarrollo, plantas pilotos y si las condiciones lo requieren. En - el secado continuo, tanto la sustancia como el gas pasan por el equipo.

2.1 FUNDAMENTOS TEORICOS

El secado generalmente se lo consigue mediante la aplicación de calor a una sustancia con un determinado porcentaje de humedad.

Es muy importante conocer el comportamiento en el secado, así como también las condiciones y propiedades del sólido, pues en base a

esto se podrá diseñar el secador según las necesidades. También el estudio del secado comprende un cúmulo de problemas como son los de áreas, mecánica de fluidos, de transferencia de calor, estructuras de masa, etc. fenómeno que llegan a ser tan complicados y lo que hace que el diseño de secadores no sea una tarea tan sencilla.

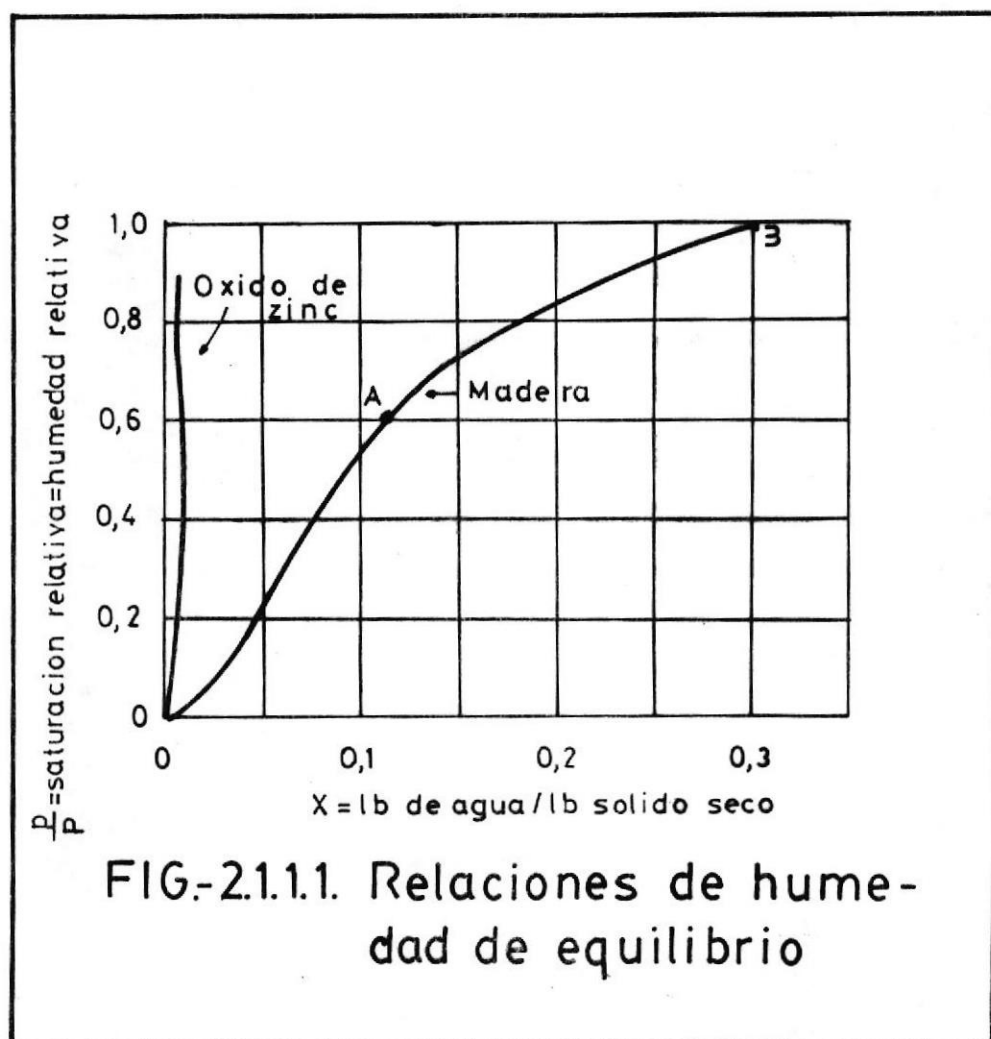
Tomando en cuenta la complicación presentada se ha establecido un comportamiento general para el secado, es por eso que es muy importante analizar y definir los parámetros que se toman en cuenta para el diseño.

2.1.1 Equilibrio

Se ha mencionado anteriormente que en el equilibrio es importante conocer la concentración de las fases, además, las temperaturas se ajustan, tanto la del sólido como la del gas, entonces la concentración y la temperatura son factores que influyen en un sólido húmedo en el grado de presión de vapor que ejerce el líquido en el sólido. Esta presión de vapor que se llamará p , al pasar el gas con otra presión parcial de vapor, la presión p del sólido tenderá a igualar a la del vapor, esto se consigue mediante la pérdida de humedad en la evaporación.

Aún así lo mencionado es muy conceptual, y en realidad hay que aclarar que ocurre en el equilibrio.

Existen relaciones típicas de humedad de equilibrio, en donde la ordenada es la humedad relativa, que es la relación entre la presión parcial de equilibrio para la presión de vapor del agua pura p , se usa la relación para trabajar en un intervalo de temperatura y no en un punto. La abscisa será la relación entre el contenido de agua para el peso del sólido seco. Estas relaciones se muestran en la figura 2.1.1.1



Considérese tan solo el caso de la madera y el óxido de zinc. Para el caso de la madera en el punto B tiene una humedad del 0,3 lbs. de agua/lb de sólido seco, y se lo expone a una corriente continua de gas con humedad del 0,6, la madera perderá humedad por evaporación hasta alcanzar su concentración del equilibrio en el punto A, una posterior exposición aún sea por un tiempo indefinido, la madera no perderá mayor humedad.

La única manera de lograr bajar más su humedad es exponerlo a un aire más seco.

El óxido de zinc que es una sustancia inorgánica muestran bajos contenidos de humedad, mientras que los porosos como la madera tienen capacidad de absorber mayor humedad.

2.1.2 Temperatura

Es conocido por principio que a mayor diferencia de temperatura entre el gas y el sólido el proceso de transferencia de calor será mayor, de esto depende la eliminación de la humedad.

Para el gas la temperatura también tiene la función de alejar el vapor de agua que se está eliminando del sólido, de lo contrario se crearía un ambiente muy húmedo y se anularía todo proceso de eliminación, esto tienen su aplicación

ya que mientras más caliente está el gas su capacidad para absorber humedad es mayor.

En el proceso de secado la temperatura de secado también - tiene su valor óptimo y no siempre se tratará de elevar la temperatura a un valor mayor por cuanto esto acarrearía problemas en el sólido tales como la pérdida de apariencia por resquebrajamiento, calidad, etc.

2.1.3 Velocidad de secado

Esta depende de la velocidad y temperatura del aire, ya que es el medio con el que se va a secar, y mientras más seco mayor será la velocidad de secado.

2.2 ANALISIS DE LA CURVA DE SECADO

Una curva de secado proporciona el comportamiento de un sólido a secar, estas muestran el porcentaje de humedad VS el tiempo.

Una curva de secado es una curva característica de cada producto y proporciona el tiempo de secado y son muy útiles para el diseño y construcción de los secadores.

Para construir una curva de secado se tomará una muestra y se la suspende en una balanza que se encuentra en una corriente de aire y se mide el peso cada cierto período de tiempo, y se graficará

Estos datos. Es preferible realizar varios ensayos. Los ensayos de secado se deben realizar bajo condiciones constantes de secado.

Al graficar los datos se van a obtener curvas similares a las mostradas en la figura 2.2.1 y figura 2.2.2.

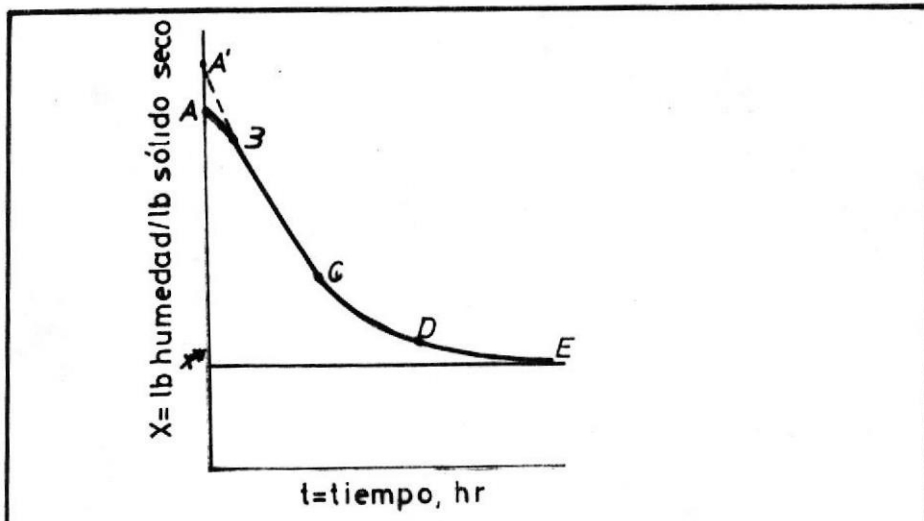


FIG.- 2.2.1.

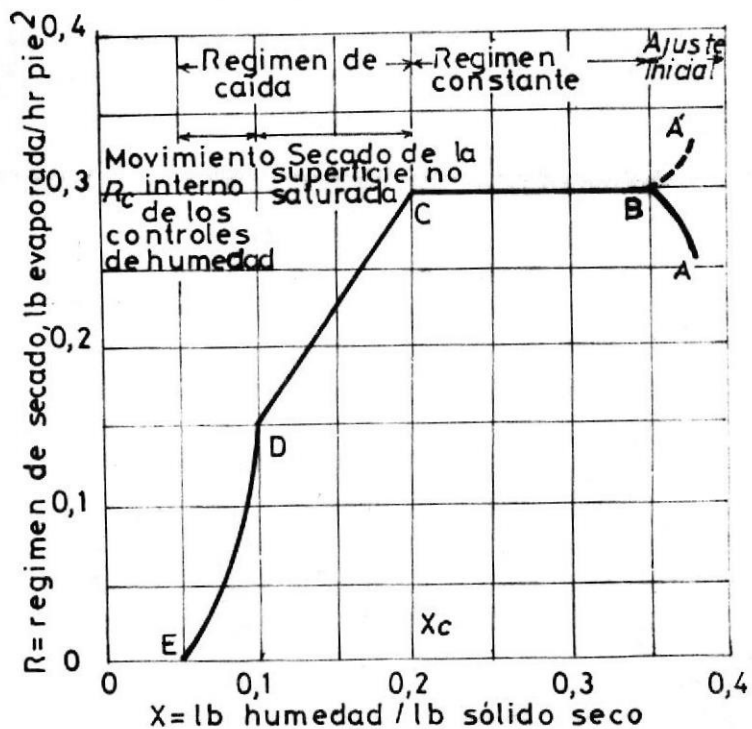


FIG.- 2.2.2. Curvas de regimen secado

Inmediatamente se pone en contacto un gas con el sólido, tenderán a ajustarse las condiciones hasta que alcanza un estado estable. Pero hasta alcanzar este estado la curva se puede dividir en varios segmentos para su análisis.

En el segmento AB se lo denomina período de estado inestable; es tan corto y precede sólo al calentamiento. En el segmento BC la superficie está saturada de líquido, el secado prosigue sin que el sólido ejerza influencia sobre la velocidad de secado por lo que se denomina período de velocidad constante. La temperatura en las superficies alcanza la temperatura de bulbo húmedo. Al punto C se lo llama crítico ya que la humedad del interior apenas suministra a la superficie completa.

En el segmento CD llamado primer período de velocidad decreciente, la superficie está más desprovista de líquido en virtud de la suspensión del movimiento del líquido hacia la superficie, y van apareciendo zonas secas que se van agrandando.

A partir del punto D la evaporación tiene lugar procedente del interior del sólido. Mientras el contenido de humedad sigue disminuyendo la trayectoria para la difusión de calor y de masa se hace cada vez más larga y el potencial de contracción disminuye hasta que en X_e el contenido de humedad está en equilibrio posterior a este punto ya no hay más secado. Este período se llama segundo período de velocidad decreciente.

De estas curvas podemos obtener la siguiente relación:

$$R = \frac{P_{ss}}{A} \frac{dx}{dt}$$

También vale notar que a más de los segmentos en que se subdividió la curva de la figura 2.2.1 y la figura 2.2.2, la figura 2.2.2. tiene dos zonas muy notorias: la de régimen constante y la de régimen de caída.

2.3. HUMEDAD

La humedad es la presencia de líquido en una medio diferente a éste. En el período de secado la humedad va disminuyendo, y según su porcentaje toma diversas denominaciones.

Humedad límite

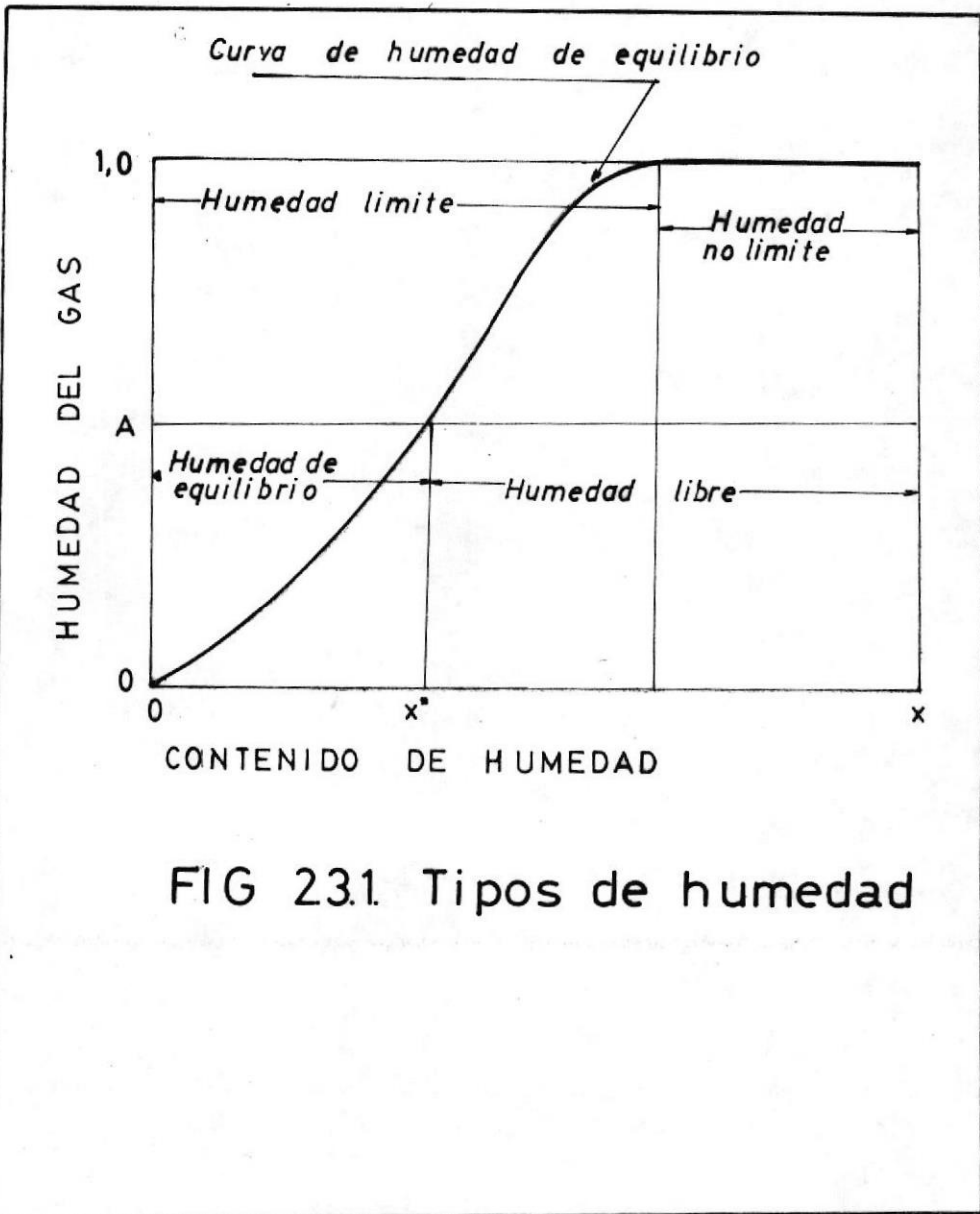
Se refiere a la humedad que contiene una substancia y que ejerce una presión de vapor de equilibrio menor a aquella del líquido puro a la misma temperatura.

Humedad no límite

Se refiere a la humedad que contiene una substancia y que ejerce una presión de vapor igual a la del líquido puro a la misma temperatura.

Humedad libre

Es la humedad que contiene una substancia y que se halla en exceso sobre la mezcla de equilibrio. La humedad libre es la que se puede evaporar según la concentración del gas que lo seca.



Humedad Crítica

Es la humedad que se encuentra al final del período de velocidad constante. En este punto el movimiento del líquido a la superficie del sólido se hace insuficiente para reemplazar el líquido - que está siendo evaporado.

2.4. ECUACIONES Y CALCULOS PARA EL TIEMPO DE SECADO

Para determinar el tiempo de secado de una sustancia, en particular es necesario conocer su curva característica de secado, en la que se gráfica HUMEDAD vs. TIEMPO, y lo que necesita conocer es - la diferencia de los tiempos de humedad final menos la humedad - inicial.

Para determinar el período de secado para condiciones diferentes a las experimentales se puede proceder de la siguiente manera:

El régimen de secado R es por definición:

$$R = \frac{-P_{ss}}{A} \frac{dx}{dt}$$

de donde:

P_{ss} Peso del sólido seco.

R Velocidad de secado, lbs. de líquido evaporado, por horas y por pies cuadrados de superficie sólida.

dt Diferencia de tiempo.

dx Diferencia de humedad.

Despejando el tiempo e integrando desde que cambia de humedad inicial a la final:

$$dt = \frac{-P_{ss}}{R} \frac{dx}{A}$$

$$t = \int_0^t dt = \frac{P_{ss}}{A} \int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{R} \quad \text{ec. 2.4.1.}$$

Como se estableció en el capítulo anterior en el régimen de secado se diferencia dos zonas muy marcadas, las que se van a analizar:

A) En el período de régimen constante el valor de R se mantiene y los valores de humedad x_i y x_f son mayores que los de humedad constante, x_c

$$t = \frac{P_{ss}}{A R} \int_{x_i}^{x_f} dx$$

$$t = \frac{P_{ss}}{A R_c} (x_f - x_i) \quad \text{ec. 2.4.2.}$$

Se utiliza R_c ya que la velocidad es constante.

El valor de R_c dependerá de los coeficientes de transferencia

de calor y de masa del medio secante a la superficie del sólido ;

$$R_c = R_y (X_i - X_v) \quad \text{ec. 2.4.3.}$$

de donde:

K_y = Coeficiente de transferencia de masa gaseosa.

X_i = Humedad del gas en la superficie del líquido.

X_v = Humedad del gas en la corriente principal.

Cabe esperar que el coeficiente K_y , permanezca constante mientras no cambie la velocidad y la dirección del flujo gaseoso que pasa por la superficie.

La humedad X_i es la humedad de saturación a la temperatura t_i , en la superficie líquida y dependerá por tanto de esta temperatura. La humedad del gas permanece constante durante todo el período de secado.

B) En el período de caída de régimen tanto x_i como x_f son menores a x_c de modo que las condiciones de R varían.

La forma de la curva durante este período de velocidad decreciente es difícil de predecir así como el contenido crítico de humedad.

La forma de la curva dependerá de:

a.- La estructura del sólido.

- b.- Proporción de secado durante el período de régimen constante.
- c.- Contenido crítico de humedad.

La proporción de flujo gaseoso que se vuelve muy importante en el régimen constante se hace cada vez menos importante conforme la velocidad va decreciendo.

La disminución en la importancia se debe a que la velocidad de secado se controla más completamente por difusión de calor y de masa a través del sólido poroso. Observemos dos casos:

a.- CASO GENERAL: Cualquiera que sea la forma de la curva de régimen decreciente, se puede integrar gráficamente de la ecuación 2.4.1. determinando el área bajo la curva resultando de llevar $1/R$ como ordenada y, x como abscisa.

b.- CASO ESPECIAL: En muchos casos la curva de secado durante este período se aproxima a una línea recta que se va desde el contenido crítico de humedad, hasta la humedad de equilibrio, entonces:

$$R = mX + b$$

de donde:

m es la pendiente de la curva.

b es una constante.

Sustituyéndose en la ecuación 2.4.1.

$$t = \frac{Pss}{A} \int_{x_f}^{x_i} \frac{dx}{mX + b} = \frac{Pss}{mA} \ln \frac{mX_i + b}{mX_f + b} \quad \text{ec. 2.4.4.}$$

A partir de la definición:

$$R_i = mX_i + b$$

$$R_f = mX_f + b$$

Despejando b, e igualando

$$m = \frac{R_i - R_f}{X_i - X_f}$$

Reemplazando:

$$t = \frac{Pss}{A} \frac{(X_i - X_f)}{(R_i - R_f)} \ln \frac{R_i}{R_f} \quad \text{ec. 2.4.5.}$$

Frecuentemente la curva entre los puntos CE, se toma como una recta por la falta de datos y:

$$R = m(x - x^*) = \frac{R_c (x - x^*)}{x_c - x^*}$$

y la ecuación queda:

$$t = \frac{Pss}{R_c A} \ln \frac{(x_i - x^*)}{(x_f - x^*)} \quad \text{ec. 2.4.6.}$$

C A P I T U L O III

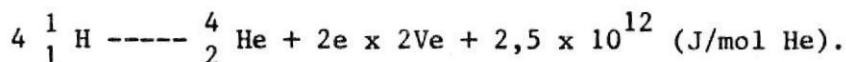
ENERGIA SOLAR

El término energía en una definición más sencilla es: "La capacidad para realizar un trabajo". Esto a su vez tiene muchos significados y se manifiesta de muchas maneras. A cualquiera de sus manifestaciones, en el tiempo o en el espacio, se le da el nombre de trabajo.

Después de millones de años, el hombre ha logrado saber o conocer que la materia cualquiera que ella sea y la energía son una misma cosa, que la materia no es más que la condensación de la segunda; que la transformación de la primera en la segunda es posible. Esto se aprecia con gran facilidad en el sol, ya que sucede la siguiente reacción:

4 Hidrógeno ----- 1 helio + energía

según



Ve = Neutrino electrónico según ciclo de Bethe.

Ocurre la transformación del Hidrógeno de Helio mediante la fusión nuclear.

clear, y hay gran desprendimiento de energía, con gran cantidad de calor y luz, que es lo que llega a la tierra en forma de radiación.

Al sol se lo considera como una perfecta central nuclear, además es una fuente de energía continua y ésta es extraordinariamente pura y casi inagotable.

3.1 RADIACION SOLAR

Ya se ha mencionado que el sol es una perfecta central nuclear, donde ocurre la transformación del Hidrógeno en Helio con gran desprendimiento de luz y calor; esta energía llega a la tierra en forma de radiación.

La radiación se la ha llamado como una forma de transmisión de calor, pero generalizado se va definir como: "Una forma de transmisión de energía mediante ondas electromagnéticas".

El sol emite ondas electromagnéticas en un rango de longitudes de ondas y una frecuencia, esto da lugar al espectro electromagnético, mostrado en la figura 3.1.1.

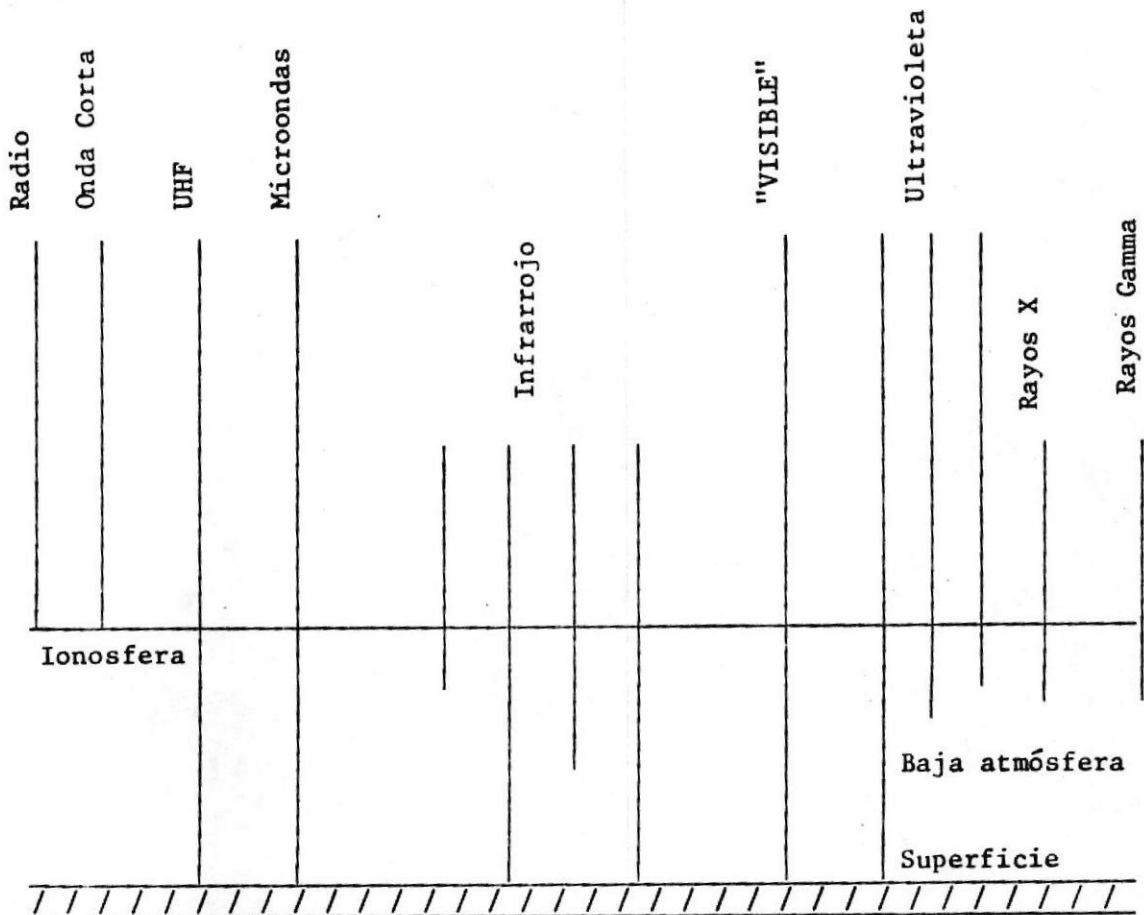
De acuerdo a la longitud de ondas, penetra hasta diferentes niveles de la atmósfera y, solamente unos pocos rangos llegan hasta la superficie de nuestro planeta, según se puede apreciar en la figura 3.1.2.

100 mt. -----	Radio
10 mt. -----	Onda corta.
1 mt. -----	UMF
100 cm. -----	Microondas.
1 cm. -----	
100 micrones -----	
10 micrones -----	Infrarrojo.
1 micrón -----	"VISIBLE"
100 nanómetros -----	Ultravioleta.
10 nanómetros -----	
1 nanómetro -----	
0,1 nanómetro -----	Rayos X.
0,01 nanómetro -----	
10^{-3} nanómetro -----	
10^{-4} nanómetro -----	Rayos Gamma.
10^{-5} nanómetro -----	
10^{-6} nanómetro -----	Rayos Cosmicos.

*

Figura 3.1.1. Espectro Electromagnético de acuerdo a la longitud de onda.

* Tomado de: Energía Solar.
Por Ing. Marco Pazmiño.



*
 Figura 3.1.2. Radiación de diferentes longitudes de onda que llegan a la atmósfera terrestre.

* Tomado de: Energía Solar.

Por Ing. Marco Pazmiño.

El sol emite radiación en todo el espectro electromagnético, pero nuestros sentidos sólo captan las radiaciones comprendidas entre los 0,1 micrones y los 100 micrones, además en este rango se produce un marcado efecto de elevación de temperatura del cuerpo que recibe la radiación, siendo ésta la razón por la cual, se la llama región de "radiación térmica". En este rango hay una banda entre los 0,38 y 0,76 micrones que afectan al sentido de la vista en forma de luz.

En cantidad de radiación, ésta dependerá de la temperatura a que se encuentre el cuerpo. A mayor temperatura, mayor radiación; es decir, existe una proporcionalidad. Hay que considerar que los efectos de la superficie y la longitud de onda a la que emiten radiaciones son muy importantes y en base a estas consideraciones se puede lograr trazar las curvas "espectroradiométricas", fig.3.1.3.

Es importante definir un cuerpo negro. "Un cuerpo negro es aquél que capta toda la radiación que llega a él y a la vez es el radiador ideal", es decir que emite la máxima radiación posible a una temperatura determinada. Es por esto que al sol se lo considera como un cuerpo negro emitiendo a una temperatura de 5800°K aproximadamente.

Es importante definir ciertos parámetros y conceptos, con el fin de tener una idea más clara y precisa de la radiación solar y como medirla con más exactitud.

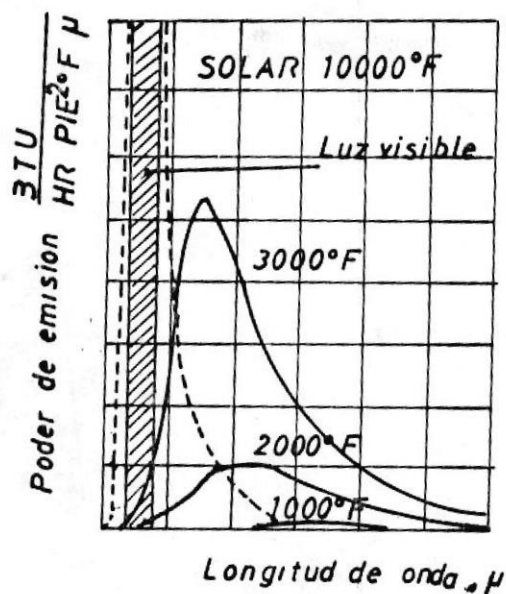


FIG. 3.1.3 RADIACION DE UN CUERPO NEGRO A VARIAS TEMPERATURAS

LA CONSTANTE SOLAR

Es la radiación recibida por una superficie de 1 mt² colocado en el límite exterior de la atmósfera, y en un plano perpendicular a los rayos de incidencia del sol y a la distancia media Tierra-Sol.

Es por tanto independiente de las condiciones metereológicas, pero varía con la distancia del sol a la tierra, siendo mayor en el Perigeo, cuando la distancia es menor:

D mínima = 149 millones de km x 0,98

y es menor cuando su distancia es mayor:

$$D_{\max} = 149 \text{ millones de km} \times 1,017$$

Los valores de la constante solar se tabulan en la tabla 3.1.1.

Hay que considerar en todas las partes del globo, la radiación no incide perpendicularmente, y a medida que el ángulo aumenta su coseno disminuye y la radiación es menor ya que se rige por la siguiente ecuación:

$$E_H = E_o \cdot \cos \theta \quad (\text{Ec. 3.1.1.})$$

E_o = Constante solar

E_H = Constante solar sobre un plano

θ = El ángulo de incidencia.

De los valores de la constante solar a los valores de radiación solar a nivel del mar hay mucha diferencia, y ésto se explica a la absorción que sufre la radiación al pasar por la atmósfera.

La atmósfera está constituida por la tropósfera que llega hasta los 10 o 12 km. de altura, en la que la temperatura decrece del orden de 65°C cada km hasta alcanzar los -90°C en la estratósfera.

La radiación antes de alcanzar el suelo ha sido difundida, absorbida y refractada por los gases de la atmósfera a temperatura y den-

sidades crecientes.

Entre los 10 y 11 km, existe una capa de ozono que proviene de las reacciones de oxígeno ($O^2 \longrightarrow O + O$, $O + O_2 \longrightarrow O_3$) bajo la acción de rayos ultravioletas de longitud de ondas $\lambda < 0,24 \text{ um}$, 0 de la radiactividad, y las descargas eléctricas.

La capa de ozono se comporta como una pantalla filtrante de todas las radiaciones solares inferiores a los 0,3 um, que ejerce una acción nociva sobre los vegetales y los organismos.

Los rayos X y UV ($\lambda < 0,18 \text{ um}$) son totalmente absorbidos por debajo de los 60 km, el ultravioleta medio ($0,18 < \lambda < 0,29 \text{ um}$) por el O_2 ó O_3 y el ultravioleta cercano ($0,29 < \lambda < 0,40$), parcialmente entre los 10 y 15 km la radiación visible ($0,4 < \lambda < 0,78$) en cambio pasa muy atenuada.

A pesar que el sol emite la radiación idealmente en forma constante no siempre llega así, a la tierra, ya que existen variación en la distancia tierra sol debido a que la órbita es elíptica, la variación se muestra en el siguiente gráfico (figura 3.1.4.) y depende de los meses.

La radiación extraterrestre puede también calcularse mediante las siguientes fórmulas.

$$EE = E_0 \left(1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365} \right) \quad (\text{EC. 3.1.2.})$$

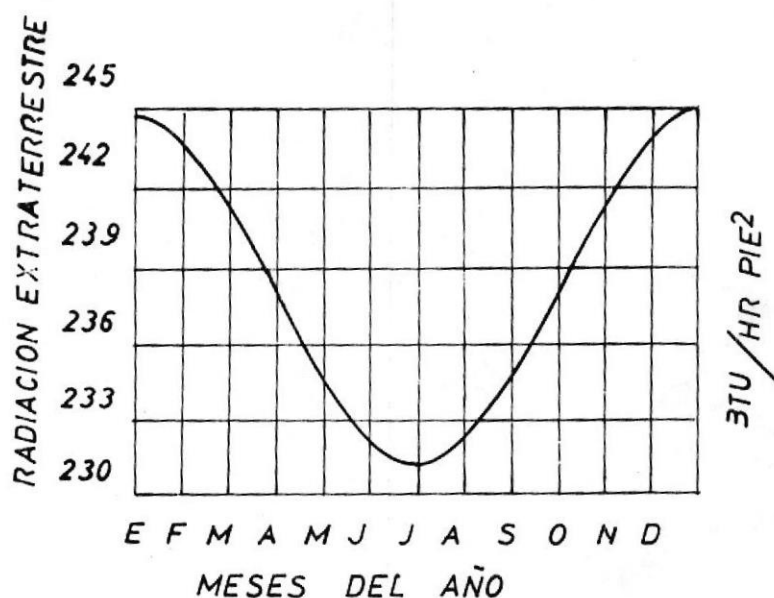


FIG. 3.1.4 VARIACION DE LA RADIACION EXTRATERRESTRE EN EL AÑO

E_o = Constante solar.

EE = Radiación extraterrestre.

n = El enésimo día del año.

La radiación extraterrestre, EE es medida sobre una superficie normal a la radiación.

De la tabla 3.1.2. se puede obtener el n día del año.

3.1.1. RADIACION DIRECTA

La radiación directa se la define como la radiación recibida del sol sin que ella haya sido desviada por la atmósfera.

Por lo tanto la radiación directa tiene descomposición vectorial, ya que es unidireccional, y al atravesar la atmósfera se comporta según la ley siguiente:

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \operatorname{sen} S \operatorname{sn} \phi \cos B - \operatorname{SEN} S \cos \phi \operatorname{SEN} B \cos p \\ & + \cos S \cos \phi \phi \cos B \cos W \\ & + \cos S \operatorname{SEN} \phi \operatorname{SEN} B \cos p \cos W \\ & + \cos S \operatorname{SEN} B \operatorname{SEN} p \operatorname{SEN} W \end{aligned} \quad (\text{EC. 3.1.3})$$

De donde:

$\cos \theta$ = Es el coseno de la dirección de la radiación directa.

ϕ = Latitud ($-90^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$)

S = Declinación.

$$S = 23.45 \operatorname{SEN} \left(360 \frac{284}{365} + n \right) \quad (\text{EC. 3.1.4.})$$

B = Inclinación de la superficie con respecto a la horizontal.

p = Angulo Aximuth.

W = Angulo Horario.

Los ángulos se definen gráficamente en la figura 3.1.1.1.

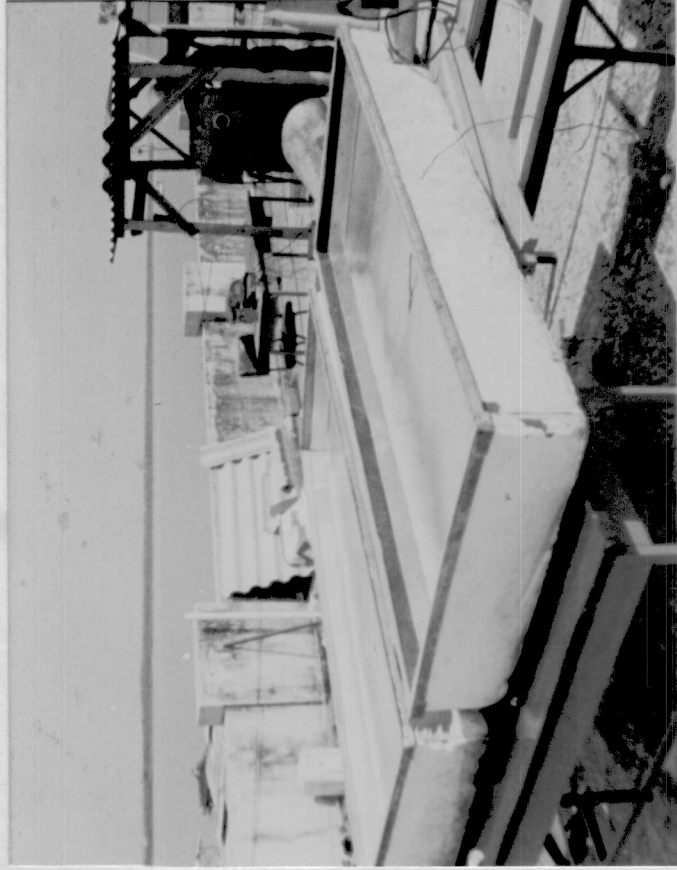


Fig. 5.1.1. Rehabilitación de los colectores.



Fig. 5.1.2. Colectores solares.

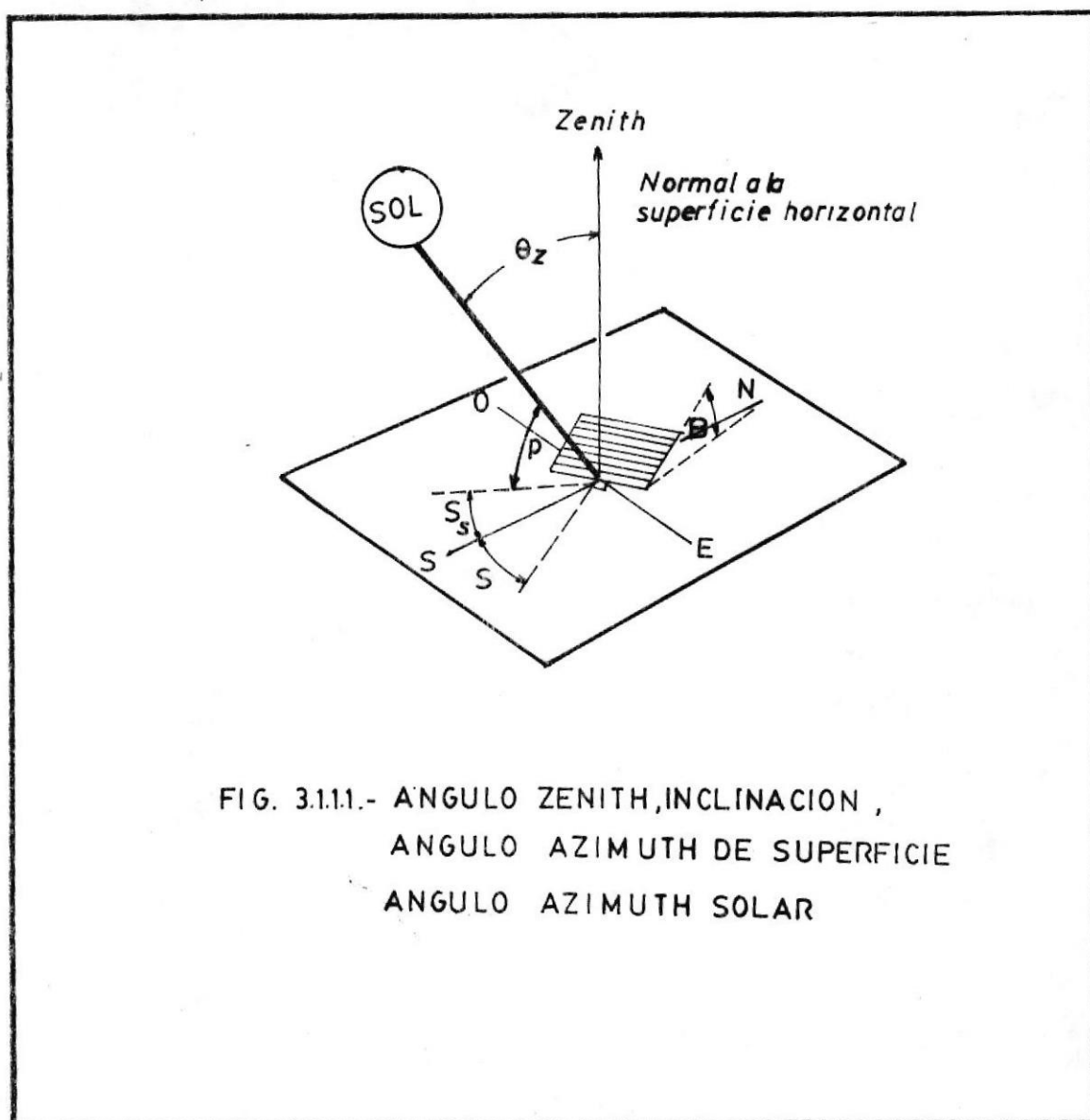


FIG. 3.1.1.1.- ANGULO ZENITH, INCLINACION ,
ANGULO AZIMUTH DE SUPERFICIE
ANGULO AZIMUTH SOLAR

3.1.2. RADIACION DIFUSA

En la radiación recibida del sol después de que su dirección ha sido cambiada y disipada por la atmósfera.

Este fenómeno se explica de la siguiente manera:

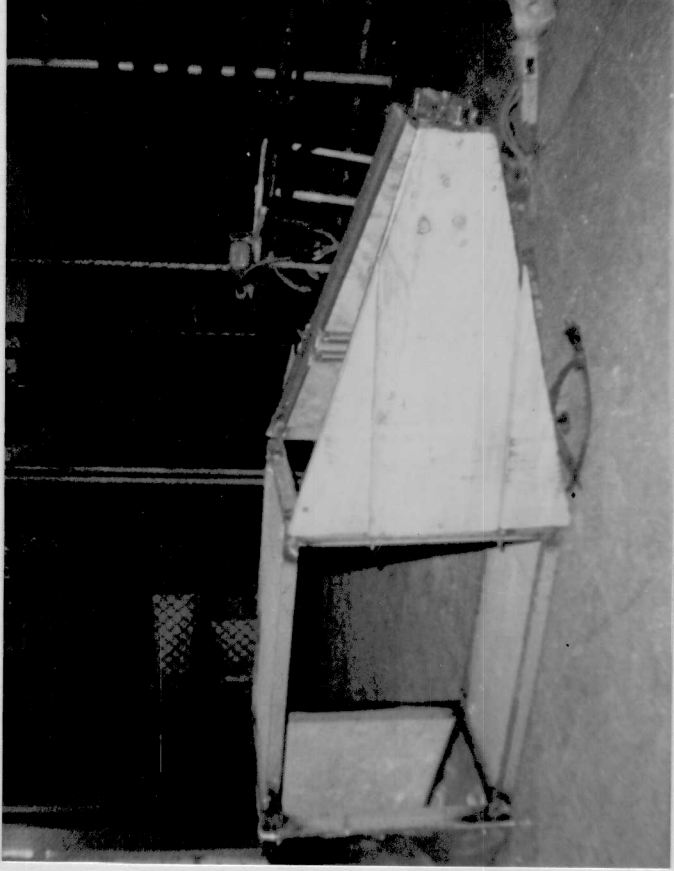


Fig. 5.2.1. Estructura de la cámara.



Fig. 5.2.2. Colocación de planchas sobre la estructura de la cámara.

Cuando la radiación llega de la zona extratmosférica y penetra en nuestra atmósfera, se origina una desviación de los rayos luminosos que puede convertirse en refracción si el ángulo de incidencia es muy pequeño y la variación del índice de refracción muy brusca, se dice que hay reflexión cuando la radiación pasa a través de agujeros, cuyas dimensiones son mayores que la longitud de ondas de los rayos.

En el caso de que el diámetro de estos orificios sea igual a la longitud de ondas, entonces se produce una desviación múltiple en varias direcciones denominándose a este fenómeno difracción, y en el caso de que los agujeros se encuentren después en forma irregular y de diámetro más pequeños que la longitud de ondas se produce la difusión y que se rige por la ley de rayleigh que dice:

- 1) La intensidad de difusión es inversamente proporcional a λ^4 .
- 2) El coeficiente de extinción se mide por:

$$K = \frac{32}{3} \frac{\pi^3}{N} (n'-1)^2 \cdot \frac{1}{\lambda^4} \quad (\text{EC. 3.1.5.})$$

Siendo:

n' = índice de refracción de la atmósfera.

N = Número de moléculas por unidad de volumen.

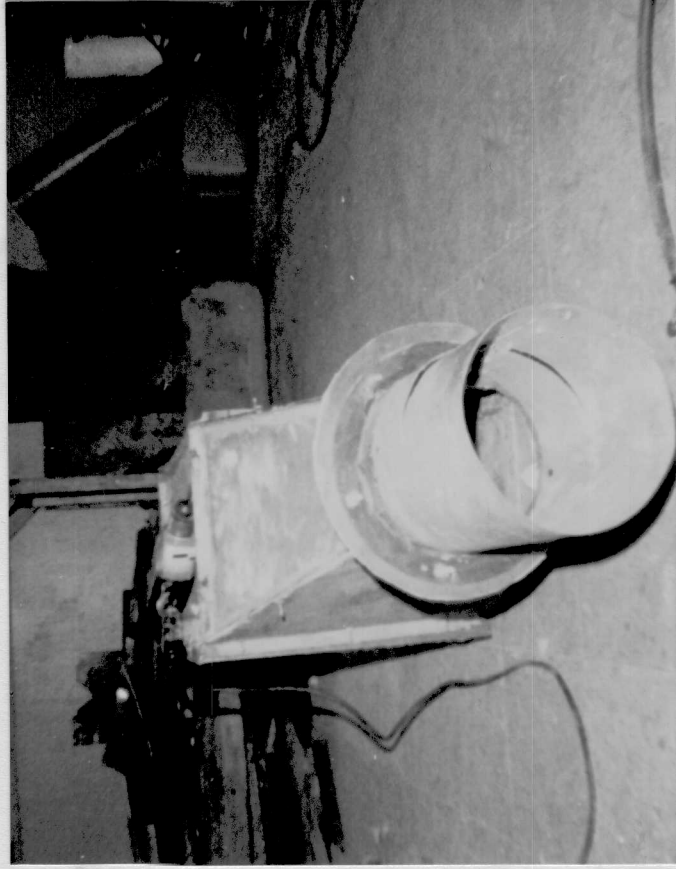


Fig. 5.3.1. Brida de salida.



Fig. 5.3.2. Colocación de sistema auxiliar, de energía.

2,30 pies de alto. El soporte tiene una altura de 1,72 pies para tener el mismo nivel de altura del colector y la entrada de la cámara.

La conexión entre el extractor y la cámara se la realiza mediante la colocación de un ducto circular flexible, el cual coincide sobre la brida de salida de la cámara. El extractor se monta sobre una pequeña mesa de 1,72 pies de alto.

En la figura 5.4.1. se detalla gráficamente la colocación de las termocuplas y termómetros. Las termocuplas que se usan son del tipo T, esto es cobre (+) y constantan (-). Los termómetros son usados para tomar lecturas de bulbo humedo.

En la figura 5.4.2. se presenta el diagrama del sistema auxiliar de energía.



Fig. 5.4.3. Cámara de secado acoplado al sistema

λ = Longitud de ondas de los rayos solares en (μ m)

La difusión es menor cuando el sol se encuentra a punto de ocultarse de allí el color rojo del horizonte, donde se observe por el aire la mayor cantidad de radiación de ondas cortas debido al gran espesor de la atmósfera, quedando sólo visibles las radiaciones amarillas y rojas.

En cambio, en el cénit, la luz es más rica en radiación de longitud de ondas propias de los colores azul y violeta y el ojo es mucho más sensible al azul, vé el cielo con tonos claramente azulados.

3.1.3. RADIACION TOTAL

La radiación total es la suma de la radiación directa más la difusa para medirla se utiliza un instrumento llamado - piranómetro, mostrado en la figura 3.1.3.1.

3.2. DETERMINACION DE LA RADIACIÓN SOLAR APROVECHABLE

La radiación solar que llega a la superficie de la tierra puede - ser aprovechada para convertirse en otro tipo de energía; el poder determinar que cantidad de energía nos llega, ha sido la base para que se desarrollen una serie de instrumentos capaces de determinarlas.

3.2.1. METODO

Descripción:

La radiación promedio (E_{pr}) sobre una superficie horizontal puede ser estimada por la fórmula de PAGE:

$$E_{pr} = E'_{o} \left(a + b \frac{s}{S'} \right) \quad (\text{EC. 3.1.6.})$$

De donde:

E'_{o} = Radiación total en una superficie horizontal fuera de la atmósfera.

a, b = Constantes de Page, depende de la localidad.

S' = Máximo número de horas de brillo solar durante el día.

s = Promedio diario de horas de brillo solar.

La radiación fuera de la atmósfera sobre una superficie horizontal o inclinada (E'_{o}) es:

$$E'_{o} = E_{o} \cos \theta \quad (\text{EC. 3.1.7.})$$

De donde:

E_{o} = Constante solar.

Luego:

$$E'_{o} = E_{o} (\cos \phi \cos S \cos W + \sin \phi \sin S) \quad (\text{EC.3.1.8.})$$

La radiación total diaria fuera de la atmósfera se determina integrando la ecuación anterior sobre un día solar.

$$E_{ext_t} = \frac{24 E_0}{\pi} (\cos \phi \cos S \text{ Sen } W_s + \frac{2 \pi W_s}{360} \text{ Sen } \phi \text{ Sen } S)$$

(EC. 3.1.9.)

W_s es negativo al amanecer

W_s es positivo en el ocaso

$\cos \theta_z$ se encuentra de:

$$\text{Si } \theta_z = \theta$$

$$\cos \theta_z = \text{Sen } P = \cos \phi \cos S \cos W + \text{Sen } \phi \text{ Sen } S$$

(EC. 3.1.10.)

Cuando $P = 0$ entonces

$$\cos W_s = \frac{-\text{Sen } \phi \text{ Sen } S}{\cos \phi \cos S} = -\text{Tg } \phi \text{ Tg } S.$$

$$\cos W_s = -\text{Tg } \phi \text{ tg } S. \quad \text{(EC. 3.1.11.)}$$

La duración teórica del día S' en horas en función de W_s .

$$S' = 2 \times \frac{24}{360} \times \cos^{-1} (-\text{Tg } \phi \text{ Tg } S) \quad \text{(EC. 3.1.12.)}$$

ϕ ; Se Determina de la latitud que depende del sitio.

S' ; Se Determina de la ecuación 3.1.4.

Los valores de a y b se encuentran en la tabla (3.2.1.) del apéndice, y son datos desarrollados por Ing. Marco

Pazmiño durante 13 años de pruebas.

3.2.2. APLICACION

En la fórmula de PAGE se utilizarán los datos de a y b desarrollados por Ing. Marco Pazmiño.

También se determina la latitud de la tabla (3.1.1.) del apéndice y el número del día de la tabla (3.1.2.).

En base a las fórmulas anteriores se tabulan algunos datos del Et y Epr en la tabla (3.2.2.) del apéndice.

C A P Í T U L O I V

DISEÑO DEL PROTOTIPO EXPERIMENTAL

El objetivo del presente capítulo es hacer un análisis de la cantidad de energía requerida para el proceso, así como también en calcular la cantidad de energía que se puede disponer.

4.1. ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO.

4.1.1. ENERGIA SOLAR APROVECHABLE EN LA COSTA.

De datos estadísticos, para la Región Litoral se puede utilizar como valor promedio de radiación diaria el de 200 - BTU/hr pie².

4.1.2. ALTERNATIVA DE DISEÑO.

Debido a que el secado constituye la operación crítica del procesamiento de los desperdicios del camarón, se ha creído

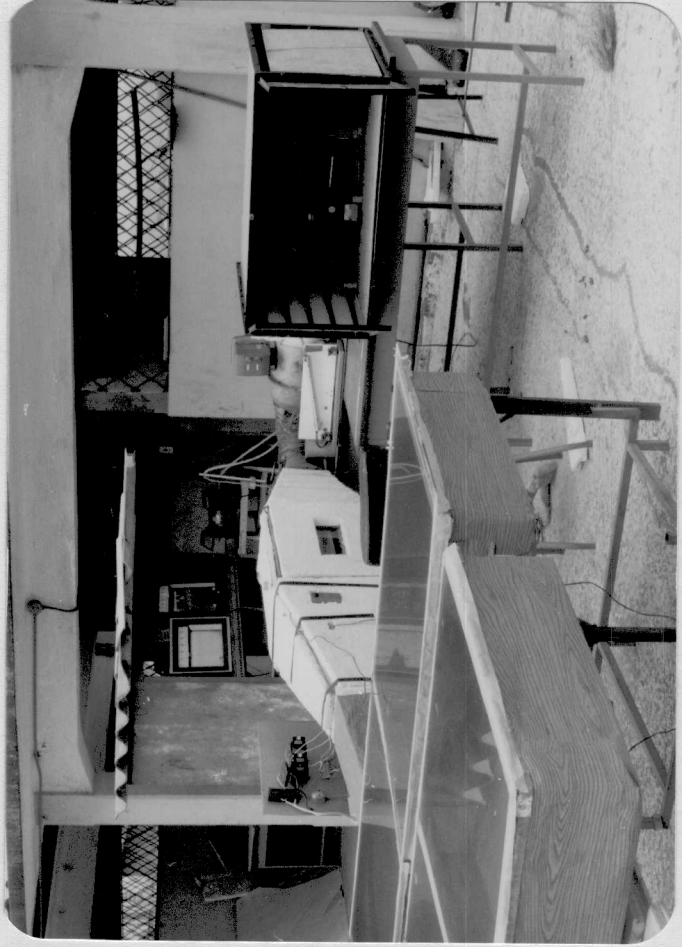


Fig. 6.1. Vista general del sistema en funcionamiento.

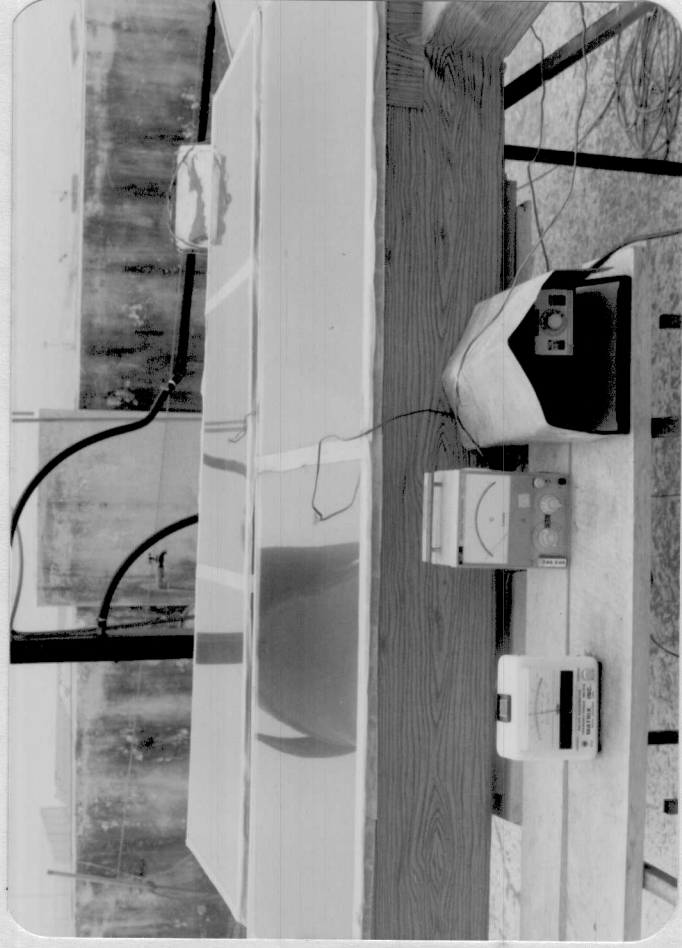


Fig. 6.2. Equipo para medición de temperatura y radiación.

necesario evaluar las características de la maquinaria y - las condiciones del secado.

Dentro de la heterogenidad de secadores existentes, se mencionan aquellos que tendrían mayor aplicabilidad al uso comercial, además de presentar sus características, para así seleccionar el tipo de secador que satisfaga los objetivos del presente trabajo.

Cinta transportadora:

Tipo de secador continuo. El secado se lo realiza por convección con aire calentado previamente.

El material debe ser desmenuzado previamente para facilitar el proceso.

Es muy importante mencionar que previo al diseño de un secador de este tipo se requieren pruebas de desecamiento.

Secado rotativo:

Puede ser del tipo directo o indirecto, pero es muy conveniente utilizar el tipo directo para el caso de residuos de camarón.

Básicamente es de tipo continuo, de forma cilíndrica, cuyo



Fig. 6.3. Muestras durante el proceso de secado.



Fig. 6.4. Toma de lecturas de peso de la muestra.

largo excede de 4 a 12 veces el diámetro, el mismo que oscila entre 0,9 y 3 mts; la superficie interior del cilindro - está provista de aletas metálicas de diversas formas, cuya acción permite que el material reciba una mayor transferencia de calor, ya que la carga es elevada y se encuentra esparcida en el interior. El principio de funcionamiento se basa en el uso de aire o gases de secado.

El volumen de material no debe exceder del 12% de la capacidad total del cilindro.

Este tipo de secador es utilizado en Chesapeake Bay, EE. UU. en producción a gran escala.

Secado por spray:

Constituye un secador sofisticado, utilizado con materias primas de valor o en productos cuya rentabilidad comercial justifique su empleo.

En el secado de desperdicios del camarón ha sido utilizado sólo para producir un material saborizante.

En este tipo de secadores se requieren por tiempo una serie de operaciones complementarias; alternándose la clásica secuencia de operaciones: cocción-secado y molienda.

El principio de secado implica tres etapas:

- 1.- Atomización.
- 2.- Mezcla de gas y líquido.
- 3.- Deseccación de las gotas del líquido.

En este tipo de secadores se requiere una trituración previa al secado.

Secador de cabina:

Este tipo denominado también de bandeja y compartimientos, consiste en un recinto aislado, con ventiladores y fuente de calor.

El sistema de transmisión de calor clásicamente utilizado es el de convección natural del aire sobre el material.

Las bandejas son introducidas en el interior del secador y su superficie varia de 0,37 a 0,74 m² cada una, siendo la capacidad total del secador de 3 y 6 m³.

Tiene la desventaja que el costo de operación es alto si se utiliza vapor; además que la cantidad de mano de obra se hace mas necesaria.

El tiempo de secado dependerá de la humedad inicial de los

desperdicios y del contenido final deseado, igualmente que la máxima temperatura admisible no desnaturalice la calidad de la harina.

Es muy importante mencionar que este tipo de secador es válido para producciones menores y se utiliza también para de terminar características de un producto previa a una produc ción a gran escala.

Secador de lecho fluidizado:

Las características de este secador reúne dos condiciones - muy importantes: opera a bajas temperaturas (30 y 80°C) y puede secar materiales con alto contenido de humedad. La capacidad de alimentación es de 60 a 80 kg por carga.

El tiempo de secado varía entre 15 y 90 minutos de acuerdo al grado de humedad del material y a la máxima temperatura permisible.

Un soplador de alta presión succiona aire a través del elemento de calefacción y del recipiente del material el vapor del aire levanta el material y lo hace girar, por lo que el tipo de secado es uniforme. Un filtro receptor localizado en la parte superior del secador previene cualquier escape de materias primas.

Túnel de secado con lámparas de rayos infrarrojos:

Funciona en forma continua y está construido de un ducto de sección rectangular aislado exteriormente. Una corriente de aire elimina la humedad por medio de un ventilador colocado a la entrada. Se alimenta a través de un transportador, que lleva placas de acero inoxidable sobre las cuales van colocadas bateas de hojalata conteniendo el producto:

En la parte superior de la cabina se colocan lámparas tubulares de rayos infrarrojo de 700 vatios cada una, si el túnel es de 6 a 8 mts. de largo con una sección de 0.4 x 0.6 mts., es conveniente colocar 2 de 1.10 mts. de largo cada una.

Secadores de vacío:

Debido al contenido de pigmentos de los desperdicios del camarón; se ha experimentado con éxito el uso de secadores al vacío. Presenta teóricamente dos ventajas:

- 1.- No hay oxígeno que origine la oxidación del producto durante el secado.
- 2.- La evaporación de la humedad tiene lugar rápidamente, por lo que el producto permanece fresco, disminuyendo la deterioración bacteriana y enzimática.

El calentamiento se lo puede realizar directa o indirectamente. El costo de producción en este tipo de secadores aumenta.

Habiendo presentado siete alternativas de diseño y para los propósitos de este trabajo el único tipo de secador conveniente es el secador de cabina ya que es el único que permite realizar pruebas preliminares para una producción a gran escala no sin antes dejar bien sentado que comercialmente no es el mejor.

4.1.3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

El dimensionamiento del prototipo experimental se lo hace en base a las siguientes razones:

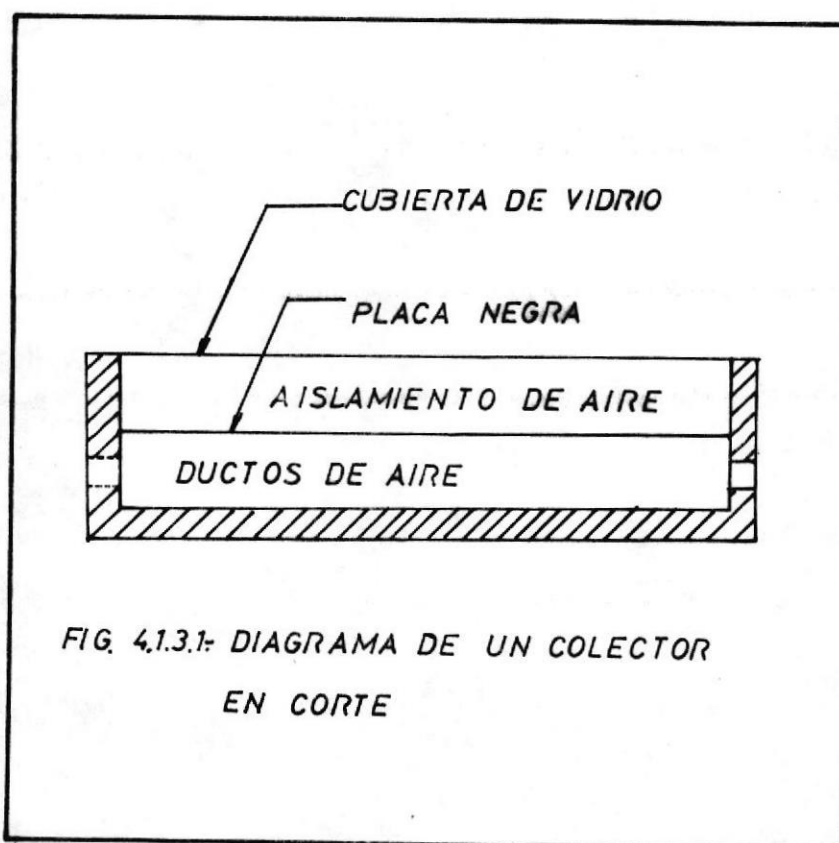
- 1.- Los materiales a utilizar son de medidas normalizadas.
- 2.- Por no existir datos sobre las condiciones de secado se va a dimensionar en base al caudal y velocidad de aire a manejar.

Basicamente un secador consta de tres partes principales:

- Una fuente de calor.
- Un recinto de secado.
- Un ventilador.

En este caso la fuente de calor consta de dos unidades receptoras de radiación solar conectadas en serie.

Estas unidades denominadas paneles ó colectores solares consisten de una o varias cubiertas transparentes, una plancha negra y un espacio entre la plancha y el fondo para que el aire fluya. (fig. 4.1.3.1.)



Debido a las dimensiones normalizadas, los colectores tendrán las siguientes medidas:

Largo: 6.56 pies (200 cm)

Ancho: 2.62 pies (80 cm)

Alto : 0.66 pies (20 cm)

En los colectores se colocan desviadores de aire cada 1.31 pies (40 cm), con una longitud de 2.13 pies (65 cm), la altura será de 0.33 pies (10 cm) sobre los cuales se acentará la plancha, entonces se formaran canales rectangulares por los cuales fluirá el aire.

Por estos espacios rectangulares el aire entrará en contacto por la parte superior, con la parte inferior de la plancha, la cual estará recibiendo la radiación y constantemente cediendole energía térmica al aire, si se consigue tener un flujo turbulento, el coeficiente convectivo irá en aumento. En base a lo mencionado se deberá tener un Reynolds mayor a 10.000, conociendo los datos se podrá obtener la velocidad en los colectores.

$$Re = \frac{\rho v \cdot Dh}{\mu}$$

EC. 4.1.3.1.

De donde:

Re = Número de reynolds.

ρ = Densidad del aire.

v = Velocidad del aire.

Dh = Diámetro hidráulico.

μ = Viscosidad absoluta.

Haciendo un cálculo muy superficial se obtienen los siguientes valores:

$$1.- Dh = \frac{2 Bh}{B + h} \quad \text{EC. 4.1.3.2.}$$

$$Dh = \frac{2 (1,31 \times 0,33)}{1,31 + 0,23} \text{ pie}$$

$$Dh = 0,53 \text{ pie}$$

$$2.- v = \frac{\mu Re}{\rho Dh}$$

$$v = \frac{1,285 \times 10^5 \times 10.000}{0,071 \times 0,53} \frac{\text{Lbm}}{\text{pie-sg}} \times \frac{\text{pie}^3}{\text{Lbm}} \times \frac{1}{\text{pie}}$$

$$v = 3,43 \frac{\text{pies}}{\text{sg}}$$

3.- CAUDAL A MANEJAR

$$\dot{Q} = AV \quad \text{EC. 4.1.3.3.}$$

$$\dot{Q} = (0,43) (3,43) \text{ pie}^2 \times \frac{\text{pie}}{\text{sg}}$$

$$\dot{Q} = 1,48 \frac{\text{pies}^3}{\text{sg}}$$

La velocidad encontrada es la mínima velocidad a la que se hará pasar el aire por los colectores.

En cuanto a la velocidad en la cámara se probará con las siguientes medidas:

Medidas a ensayarse

Ancho: 0.98 pies (30 cm)

Alto : 1.31 pies (40 cm)

Largo : 1.97 pies (60 cm)

4.1.4. ENERGIA REQUERIDA PARA EL SECADO.

La energía requerida para el proceso va a provenir de los colectores solares. La cantidad de calor que cedan los colectores al aire va a depender de los siguientes factores:

1.- Que exista una buena transferencia de calor por parte de la plancha negra al aire.

2.- Evitar las pérdidas térmicas.

En base a lo mencionado se va a presentar un balance entre la cantidad de energía que se necesita y de cuánto se puede disponer.

Como primer paso vale mencionar que se realizará pruebas a las siguientes temperaturas:

- 122°F (50°C)

- 140°F (60°C)

- 158°F (70°C)

En la sección anterior se mencionó de un caudal mínimo a manejar que es de: $\dot{Q} = 1.48 \text{ pies}^3/\text{sg.}$

Por efecto de aumentar el coeficiente convectivo entre el aire y las muestras a secar se va asumir para efectos de cálculos que el caudal a manejar será de:

$$\dot{Q} = 2,00 \text{ pies}^3/\text{sg.}$$

Es muy fácil encontrar la cantidad de energía que se necesi-
tará.

El calor que necesita ganar el aire se puede calcular por la
siguiente fórmula:

$$Q = C m \Delta T \qquad \text{EC. 4.1.4.1.}$$

De donde:

Q = Calor que gana el aire.

C = Calor específico del aire.

m = Flujo másico del aire.

ΔT = Diferencial de temperatura.

Entonces:

Si se requiere secar a 122°F , se tiene los siguientes valo-
res para una $T_m = 104^\circ\text{F}$.

$T_a = 86^\circ\text{F}$ (Temperatura ambiente promedio)

$T_s = 122^\circ\text{F}$

$C = 0,24 \text{ BTU/lbm}^\circ\text{F}$

$$\rho = 0,071 \text{ Lbm/pie}^3$$

$$\dot{Q} = 2 \text{ pies}^3/\text{sg}$$

$$Q = (0,24)(0,071)(2)(3600)(122-86) \quad \text{BTU/hr.}$$

$$Q = 4416,77 \quad \text{BTU/hr.}$$

Para una $T_s = 140^\circ\text{F}$ se tienen los siguientes valores para una
 $T_m = 113^\circ\text{F}$.

$$T_a = 86^\circ\text{F}$$

$$T_s = 140^\circ\text{F}$$

$$C = 0,24 \text{ BTU/Lbm}^\circ\text{F}$$

$$\rho = 0,070 \text{ Lbm/ pie}^3$$

$$\dot{Q} = 2 \text{ pies}^3/\text{sg.}$$

$$Q = (0,24)(0,070)(2)(3600)(140-86) \quad \text{BTU/hr.}$$

$$Q = 6491,72 \quad \text{BTU/hr.}$$

Para una $T_s = 158^\circ\text{F}$ se tienen los siguientes valores para una
 $T_m = 122^\circ\text{F}$.

$$T_a = 86^\circ\text{F.}$$

$$T_s = 158^\circ\text{F.}$$

$$C = 0,24 \text{ BTU/Lbm}^\circ\text{F}$$

$$\rho = 0,069 \text{ Lbm/pie}^3$$

$$\dot{Q} = 2 \text{ pies}^3/\text{sg.}$$

$$Q = (0,24)(0,069)(2)(3600)(158-86) \quad \text{BTU/hr.}$$

$$Q = 8532,45 \quad \text{BTU/hr.}$$

Habiendo encontrado la cantidad aproximada de calor que se necesitará, se procederá a calcular de qué cantidad aproximada se puede disponer.

Para realizar los calculos se seguirá el diagrama de flujo que se muestra en la figura 4.1.4.1., no si antes mencionar que el método descrito es un método iterativo, y que como primera instancia se asume que no existen pérdidas.

Para realizar un primer cálculo, se sigue el diagrama de flujo descrito:

$$S = \epsilon \tau I \quad \text{EC. 4.1.4.2.}$$

De donde:

S = Radiación que llega a la placa.

ϵ = Emisividad de la placa = 0,925 *

τ = Transmitancia del vidrio = 0,83 **

I = Intensidad de radiación solar.

Para una I = 100 BTU/hr pie²

* Medida experimentalmente en el Laboratorio de Energía y Fluidos.

** Se toma una sola cubierta: Tabla 7-1 Guia para selección del número de cubiertas (REF.-10)

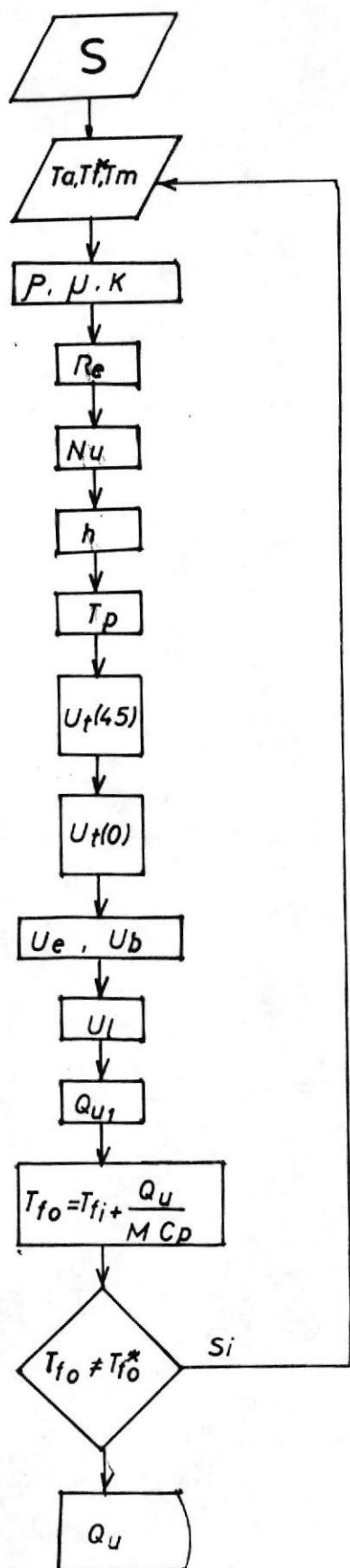


FIG 4,14,1.- DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL CALCULO
DEL CALOR UTIL

$$S = (0,925)(0,83)(100) \text{ BTU/hr pie}^2$$

$$S = 76,775 \text{ BTU/hr pie}^2$$

Para el nivel de radiación estimada se tiene una temperatura ambiente de:

$$T_a = 82,4 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Se asume una temperatura de salida de:

$$T_{fo} = 100^\circ\text{F}$$

Entonces:

$$T_m = \frac{T_a + T_f}{2}$$

$$T_m = \frac{82,4 + 100}{2} \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_m = 91,2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Se toman las propiedades del aire para la T_m :

$$\rho = 0,072 \text{ Lbm/pie}^3$$

$$\mu = 1,269 \times 10^5 \text{ Lbm/pie sg.}$$

$$K = 0,0152 \text{ BTU/hr pie } ^\circ\text{F}$$

Se calcula el Reynolds de la Ec. 4.1.3.1.

$$Re = \frac{\rho V D_h}{\mu}$$

Para el caudal de 2 pies³/sg se tiene una velocidad del aire en los colectores de:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{2}{0,43} \quad \text{pies/sg.}$$

$$V = 4,65 \text{ pies/sg.}$$

$$Re = \frac{(0,072)(4,65)(0,53)}{1,269 \times 10^{-5}}$$

$$Re = 13.968,4$$

Para calcular el Nusselt se usa la correlación derivada de Sparrow Et Al (1.979) para flujos de aire turbulentos totalmente desarrollados, a través de ductos rectangulares:

$$Nu = 0,86 Pr^{1/3} Re^{1/2} \quad \text{Ec. 4.1.4.3.}$$

$$Nu = 0,86 (0,72)^{0,33} (13968,4)^{0,5}$$

$$Nu = 91,20$$

El coeficiente convectivo se calcula con la siguiente ecuación:

$$h = Nu \frac{K}{D_h} \quad \text{Ec. 4.1.4.4.}$$

$$h = 91,20 \frac{(0,0152)}{0,53}$$

$$h = 2,62 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Para calcular la temperatura de placa (T_p) se hace uso de la siguiente ecuación:

$$S = Q_{\text{Rad}} + Q_{\text{con}} \quad \text{Ec. 4.1.4.5.}$$

De donde:

S = Radiación neta que le llega a la placa.

Q_{Rad} = Calor que se lleva el aire del colector por radiación

Q_{con} = Calor que se lleva el aire del colector por convección.

Esta ecuación se interpreta de la siguiente manera:

El calor que llega a la placa se transmite en primera instancia como calor de radiación y de convección al aire, esto es que se asume que no existen pérdidas térmicas, pero al calcular la T_p se encontrarán los valores de las pérdidas.

$$Q_{\text{rad}} = \sigma \epsilon (T_p^4 - T_{\text{fm}}^4) \quad \text{Ec. 4.1.4.6.}$$

$$Q_{\text{con}} = h (T_p - T_{\text{fm}}) \quad \text{Ec. 4.1.4.7.}$$

$$S = \sigma \epsilon (T_p^4 - T_{\text{fm}}^4) + h (T_p - T_{\text{fm}})$$

La emitancia del aluminio se toma por el fondo, y no está pintada, entonces:

$$\epsilon = 0,20$$

$$\sigma = 0,1714 \times 10^{-8} \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{R}$$

$$\begin{aligned} T_{fm} &= 551,2 \text{ } ^\circ\text{R} \\ h &= 0,94 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \\ S &= 76,7750 \text{ BTU/hr pie}^2 \end{aligned}$$

Con los datos se resuelve la ecuación*.

$$T_p = 577,93 \text{ } ^\circ\text{R} = 117,93 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Para calcular las pérdidas en la cubierta se estima un coeficiente convectivo debido al viento (hw).

$$hw = 1 + 0,3 V \quad \text{Ec. 4.1.4.8.}$$

De donde:

V = Velocidad del viento millas/hora.

V' = 0,5mt/sg (Velocidad promedio para la Ciudad de Guayaquil).

$$V = 2,24 V'$$

$$V = 1,12 \text{ millas/hora.}$$

$$hw = 1,34 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

De la figura 4.1.4.2. se obtiene:

$$U_t = 0,93 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

* El programa para resolverla se describe en el apéndice.

$h_w = 1.36 \text{ BTU/HR}^\circ\text{FPIE}^2$

$\epsilon_p = 0.95$

1 CUBIERTA

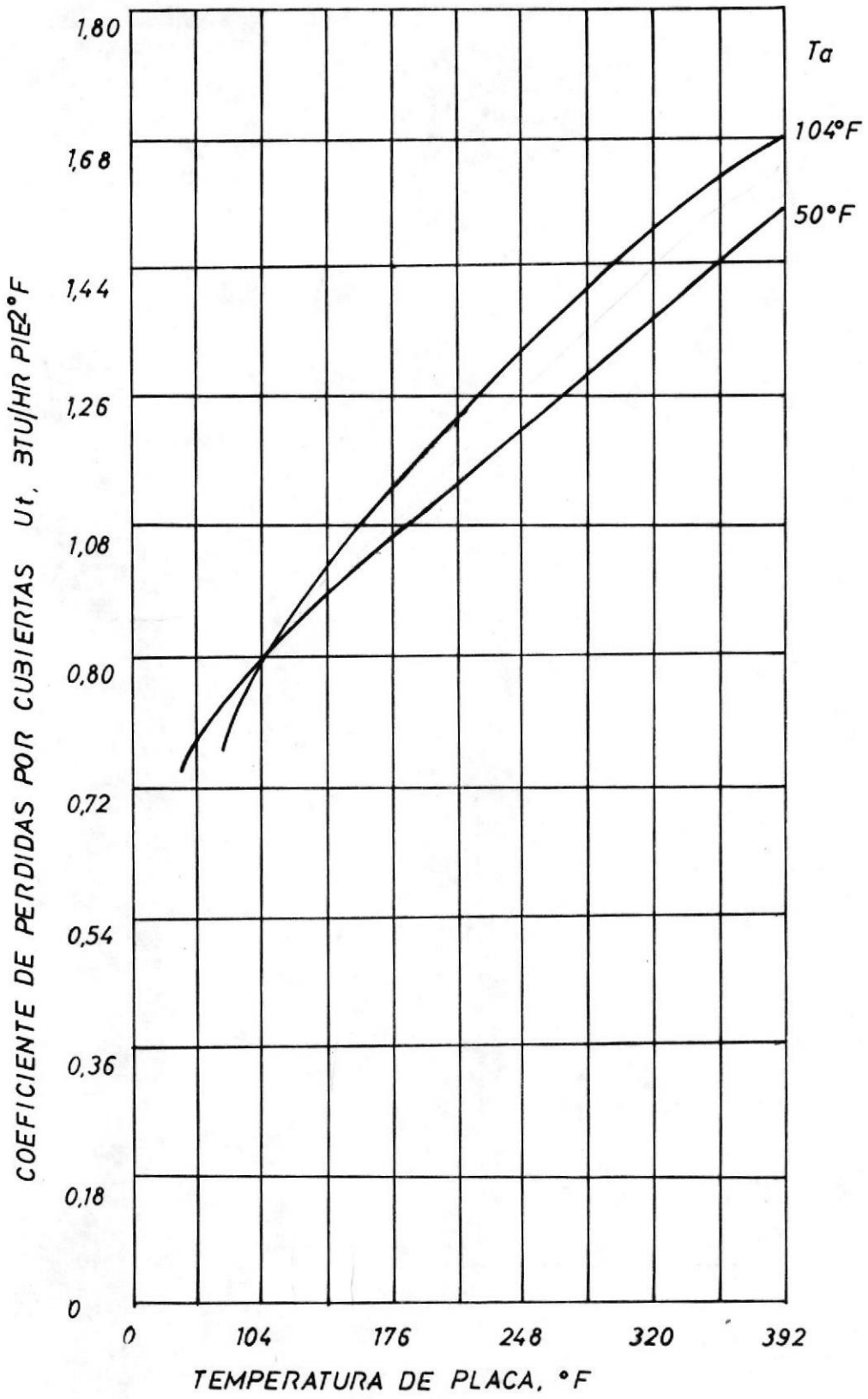


FIG 414.2: COEFICIENTE DE PERDIDAS POR CUBIERTA PARA INCLINACION DE 45°

El coeficiente encontrado tiene aplicación para colectores - inclinados a 45° por lo que de la figura 4.1.4.3. se encuentra el U_t para colectores a 0°.

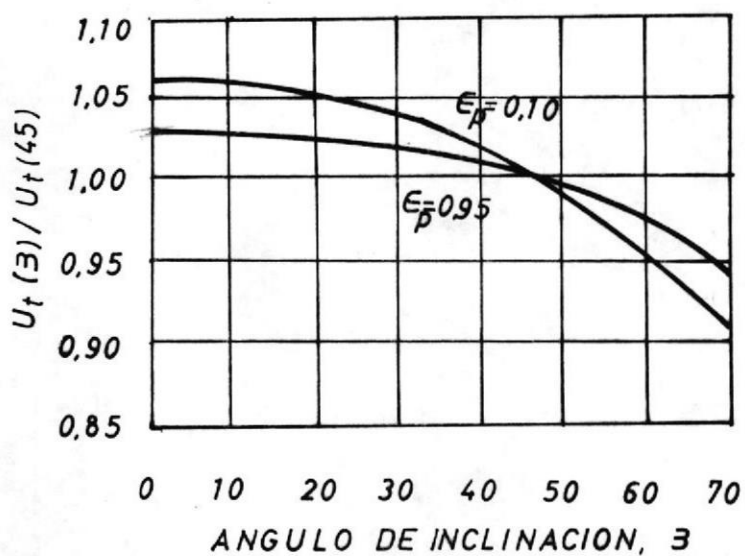


FIG. 4.1.4.3: DEPENDENCIA DEL COEFICIENTE DE PERDIDAS DE CUBIERTAS VS. EL ÁNGULO DE INCLINACION.

Para $B = 0^\circ$

$$\frac{U_t(B)}{U_t(45)} = 1,032$$

$$U_t (0) = 1,032 U_t (45)$$

$$U_t (0) = 1,032 (0,93)$$

$$U_t (0) = 0,96 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Siguiendo el diagrama de la figura 4.1.4.1. se requiere conocer el coeficiente de pérdidas laterales y de fondo.

$$U_b = \frac{K_i}{E} \quad \text{Ec. 4.1.4.9.}$$

De donde:

U_b = Coeficiente de pérdidas de fondo.

K_i = Conductividad térmica del aislamiento.

E = Espesor del aislamiento.

El aislamiento a usar es Plumavit.

$$K_i = 0,0245 \text{ BTU/hr pie } ^\circ\text{F}$$

$$E = 0,1667 \text{ Pie}$$

Reemplazando

$$U_b = \frac{0,0245}{0,1667} \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$U_b = 0,1470 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

El coeficiente de pérdidas laterales:

$$U_e = \frac{K_i}{E} \frac{P_c}{A_c} \frac{H_c}{A_c} \quad \text{Ec. 4.1.4.10.}$$

De donde:

U_e = Coeficiente de pérdidas laterales.

P_c = Perímetro del colector.

A_c = Area del colector.

H_c = Altura del colector.

Se tiene:

$P_c = 18,36$ Pies.

$A_c = 17,19$ Pies².

$H_c = 0,33$ Pies.

Reemplazando los valores en la Ec. 4.1.4.10.

$$U_e = \frac{(0,0245) (18,36) (0,33)}{(0,1667) (17,19)} \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$U_e = 0,0518 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F.}$$

Los coeficientes U_e y U_b se mantienen constantes ya que no dependen de la temperatura sino, de los materiales a usarse.

$$U_e + U_b = (0,0518 + 0,1470) \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F.}$$

$$U_e + U_b = 0,1988 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

El coeficiente de pérdidas totales (U_L):

$$U_L = U_t + U_e + U_b$$

Ec. 4.1.4.11.

$$U_L = 0,96 + 0,20 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Se procede a calcular el calor útil (Qu):

$$Qu = Ac [S - UL (Tp - Ta)] \quad \text{Ec. 4.1.4.12.}$$

De donde:

Qu = Calor útil.

Tp = Temperatura de la placa.

Ta = Temperatura ambiente.

Reemplazando.

$$Qu = 17,19 / 76,775 - 1,16 (117,93 - 82,40) \quad \text{BTU/hr.}$$

$$Qu = 611,28 \quad \text{BTU/hr.}$$

Con el calor útil encontrado se calcula una temperatura de salida Tfo:

$$Tfo = Tfi + \frac{Qu}{m Cp} \quad \text{Ec. 4.1.4.13.}$$

$$Tfo = 82,40 + \frac{611,28}{(511,20)(0,24)} \quad ^\circ\text{F}$$

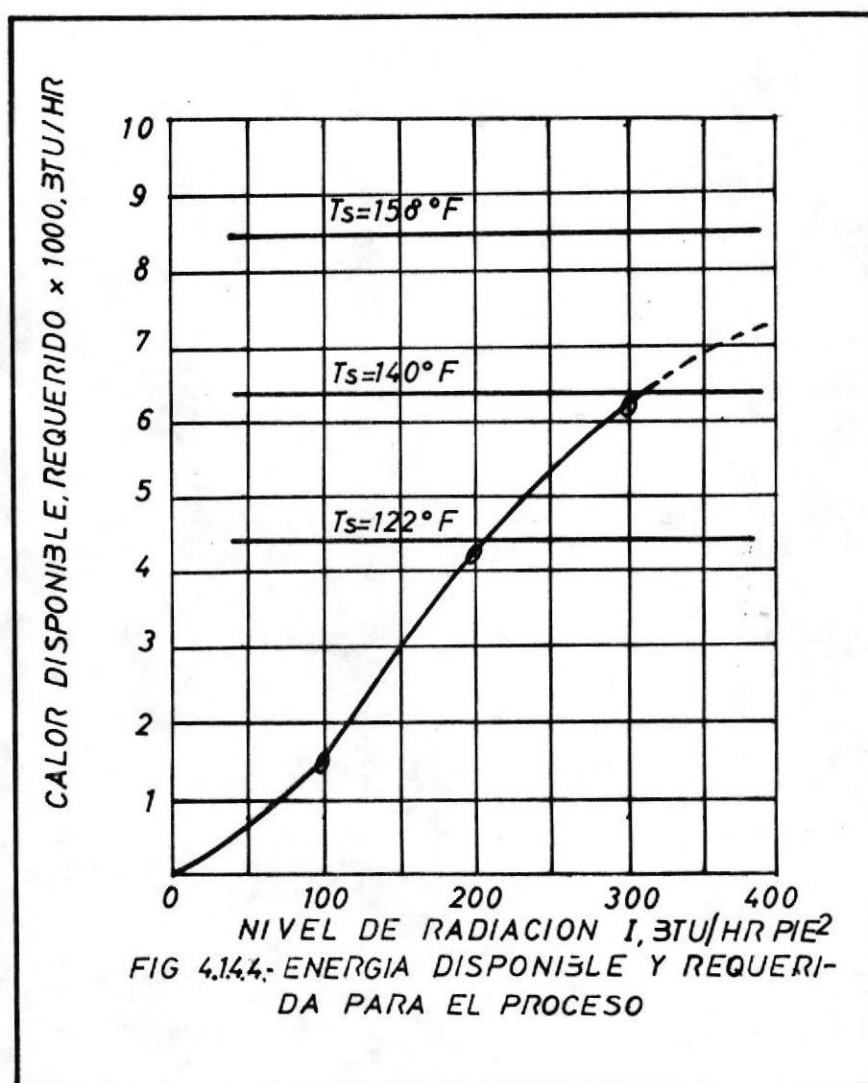
$$Tfo = 87,38 \quad ^\circ\text{F}$$

Como Tfo es diferente de Tfo° se recalcula hasta obtener dos valores similares, los valores se muestran en la tabla 4.1.4 l.

En la tabla 4.1.4.2. y 4.1.4.3. se presentan los valores tabulados para radiación de 200 y 300 BTU/hr pie² respectiva -

mente.

En la figura 4.1.4.4. se muestra graficamente la energía que se puede disponer y la que se requiere.



En la sección 4.1.1. se mencionó como radiación promedio la

de 200 BTU/hr pie². En la tabla 4.1.4.4. se muestra el número de colectores que se necesitarían para diferentes temperaturas de secado.

Se aprecia que se necesitará hasta un máximo de 4 colectores pero debido a la limitación de espacio, disponibilidad, costos, solamente se probarán 2 colectores de similares características conectados en serie.

C A P I T U L O V

CONSTRUCCION DEL SISTEMA

5.1. CONSTRUCCION DEL COLECTOR.

Una vez concluido el diseño del colector su fase de construcción - se ha dividido en las siguientes etapas:

- Adquisición de materiales.
- Dimensionamiento y preparación de materiales.
- Ensamblaje.
- Acabado.

Para el presente trabajo experimental, se han reconstruido total - mente dos colectores en desuso que se encontraban en el Laboratorio de Energía Solar.

Habiendo revisado los colectores se procedió a hacer una lista de materiales que se necesitaban para reconstruirlos.

A continuación se detallan:

<u>CANTIDAD</u>	<u>DENOMINACION</u>	<u>DIMENSIONES (SEGUN EL MERCADO)</u>
4	vidrios	1 x 1 mt ² 3 mm de espesor
2 1/2	planchas de plumavit	2 x 1 mt ² 4 cm de espesor
1	plancha de corcho	0,9x0,6 mt ² 1/8" de espesor
2	planchas de aluminio	2 x 1 mt 0,4mm de espesor
1	litro de pintura negro mate.	
1	rollo de forro exterior	
1	litro de masilla	
1	litro de blancola	

La fase de rehabilitación comienza desde la reconstrucción del aislamiento en el armazón de los colectores. El aislamiento es de 4 cm de espesor y su colocación se la realiza con pegamento blancola ya que este pegamento no deteriora el plumavit.

Una vez colocado el aislamiento se procedio a formar los desviadores y colocarlos sobre el armazón, estos se colocan con masilla.

Las planchas de aluminio se dimensionaron según el armazón y del excedente de la plancha se tomo cinco centímetros mas a cada lado y doblarlos hacia arriba formando una especie de cajón, con esto se logro aumentar la rigidez de la plancha, y hacer mucho más fácil el manipuleo de esta. La plancha es colocada sobre los desviadores y practicamente se ha formado el colector.

De los laterales de la plancha que fueron doblados hacia arriba se la sujeta al armazón con tornillos y los bordes son masillados para formar un sello.

La colocación de Termocuplas se la realiza con una resina especial la cual asigna un buen sello entre la Termocupla y la plancha. Se esperó que la masilla y la resina sequen, y se aplicó una fina capa de pintura negra mate con el fin de que la primera pasada seque rápidamente para aplicar otra capa de pintura negra y esperar hasta el día siguiente para aplicar otra capa.

Fue necesario un tiempo de cinco días para que la pintura seque al sol para que desprenda cualquier tipo de gases volátiles. En el lapso de tiempo se colocó en los bordes del colector empaques de corcho con el objeto de que los vidrios asienten suavemente y pueda formar una especie de sello.

Antes de la colocación de los vidrios fue necesario unir los dos colectores y colocar una Termocupla en el ducto de unión; ésta fue sellada herméticamente con masilla concluida esta operación sólo resta dar el acabado a los colectores para proteger el aislamiento exterior.

5.2. CONSTRUCCION DE LA CAMARA

La cámara básicamente se ha formado de una estructura de ángulos -

según las dimensiones de los planos que constan en el apéndice. Esta estructura ha sido soldada, y se ha construido en tres partes de sarmables, que son:

- El cono de entrada.
- La cámara.
- El cono de salida.

Estas tres partes se empernan para formar un solo conjunto, y sus uniones son selladas con empaques de asbestos.

La cámara fue forrada con planchas de hojalata y masillado en los filos para evitar las entradas de aire y evitar las caídas de temperatura y la entrada de aire humedo del ambiente. Este conjunto fue forrado con plumavit para evitar las pérdidas termicas hacia el exterior.

La compuerta de la cámara ha sido construida en base de ángulos y para que selle se ha colocado caucho e iman del que se usa muy comúnmente en las compuertas de las refrigeradoras.

5.3. CONSTRUCCION DE LOS ACCESORIOS

Dentro del grupo de los accesorios se tiene:

- Bandejas para las muestras.
- Soporte para la cámara.

- Ductos de aire.
- Bridas de unión.
- Sistema auxiliar de energía.

Las bandejas son construídas con un marco de madera y forradas con tela metálica. Las dimensiones se detallan en los planos de construcción del apéndice.

El soporte para la cámara esta construído de estructuras de ángulos que son soldados entre si.

Los ductos de aire que se necesitaron fueron dos.

El uno conectaba la salida de los colectores con la entrada de la cámara. Este ducto fue construido de hierro galvanizado dándole una forma rectangular. Una vez conectado mediante bridas de unión fue totalmente aislado con el fin de evitar las perdidas a través de éste. Fue necesario hacer un pequeño orificio en el ducto a la salida de los colectores para colocar una termocupla.

El otro ducto, que une la salida de la cámara con el extractor, es de un material flexible que se adquirió del mismo Laboratorio de Energía Solar.

Las bridas de unión que se construyeron fueron cinco, cuatro de -

ellas de forma rectangular y otra de forma cilíndrica.

De las bridas rectangulares se colocaron a la salida de los colectores y a la entrada de la cámara, estas bridas son construídas de ángulos y soldadas, dejando sus respectivos agujeros para empernar se.

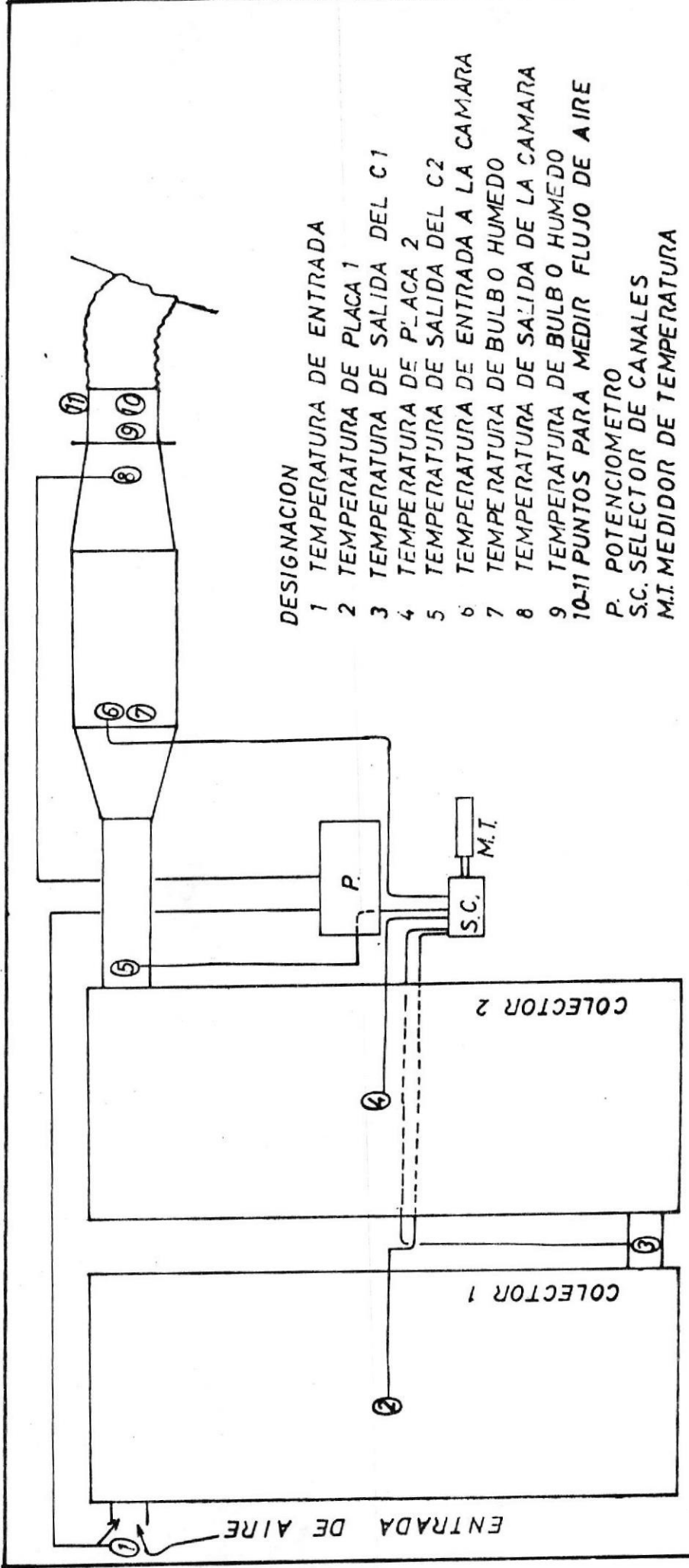
La brida circular se construyó de una plancha de acero de un espesor de 1/8". Esta brida se soldó a la salida de la cámara y se empernó a un ducto circular, que es el que conecta el extractor con la salida de la cámara mediante el ducto flexible.

El sistema auxiliar de energía esta formado por dos pequeños bancos de niquelinas de 1.200 WT cada uno. Estos se construyeron en marcos de asbestos para que soporte el efecto de la temperatura sin deteriorarse.

5.4. ENSAMBLAJE DEL SISTEMA

Dentro del ensamblaje del sistema se toca como parte importante a más de formar el conjunto, la colocación de los equipos para instrumentación.

El ensamblaje del sistema no presenta mayores problemas ya que la unión del colector con la cámara se consigue mediante la colocación del ducto que es empernado tanto al colector, como a la entrada de la cámara. Los colectores son colocados sobre una base a



DESIGNACION

- 1 TEMPERATURA DE ENTRADA
- 2 TEMPERATURA DE PLACA 1
- 3 TEMPERATURA DE SALIDA DEL C1
- 4 TEMPERATURA DE PLACA 2
- 5 TEMPERATURA DE SALIDA DEL C2
- 6 TEMPERATURA DE ENTRADA A LA CAMARA
- 7 TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO
- 8 TEMPERATURA DE SALIDA DE LA CAMARA
- 9 TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO
- 10-11 PUNTOS PARA MEDIR FLUJO DE AIRE

- P. POTENCIOMETRO
- S.C. SELECTOR DE CANALES
- M.I. MEDIDOR DE TEMPERATURA

FIG- 5.41. COLOCACION DE TERMOCUPLAS Y TERMOMETROS EN EL SISTEMA

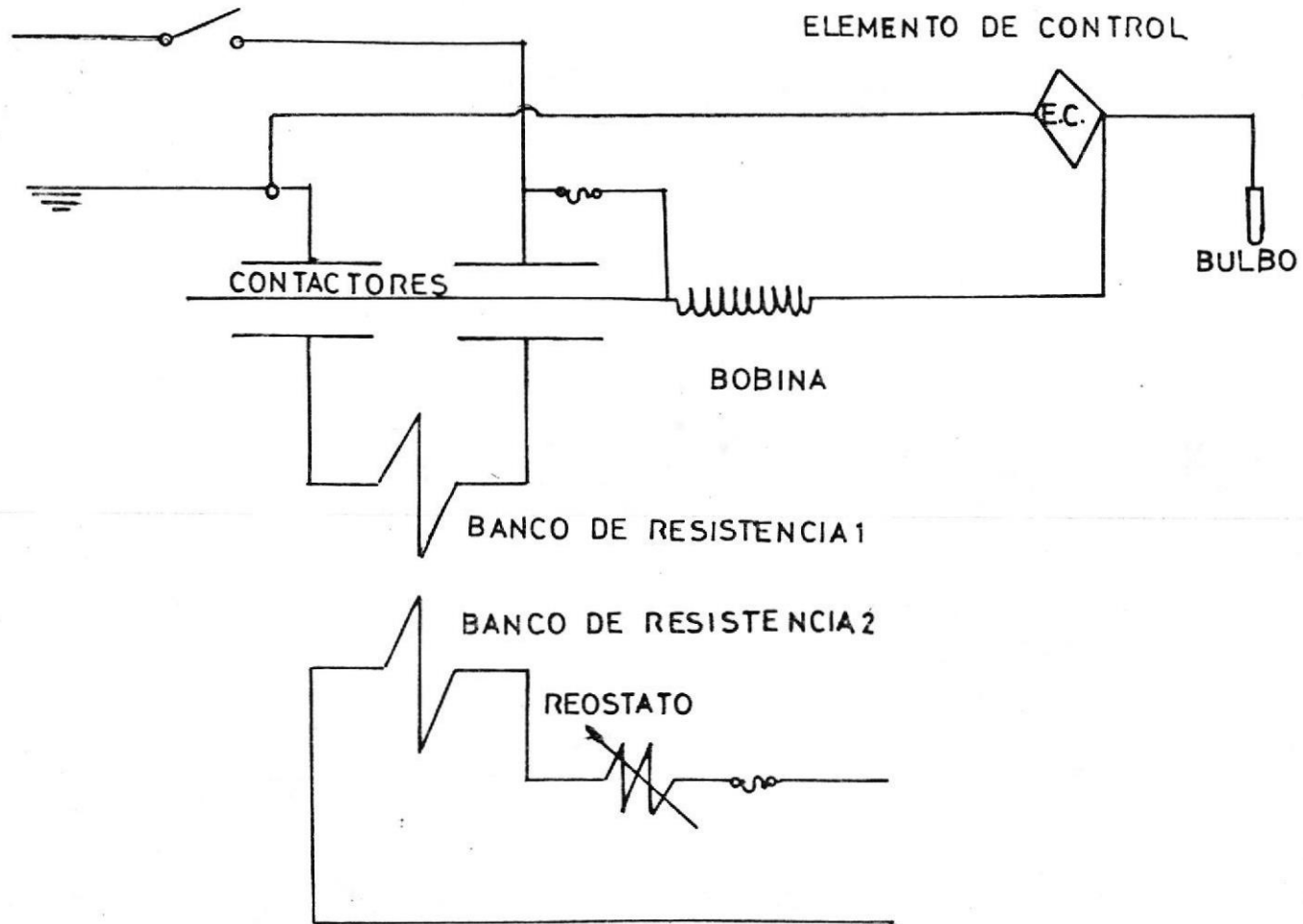


FIG 5.4:2.- DIAGRAMA DEL SISTEMA AUXILIAR

C A P I T U L O VI

PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1. EQUIPO UTILIZADO

A continuación se detallan todos los equipos que se utilizaron para las pruebas:

	<u>DENOMINACION</u>	<u>CANTIDAD</u>
1.-	- Colectores solares	2
	- Cámara de secado	1
	- Extractor de aire	1
	- Bandejas para muestras	2
2.-	- Potenciometro (escala 0-50°C)	1
	- Reostato	1
	- Banco de resistencia	2
	- Balanza	1
	- Horno para determinar humedad inicial	1
	- Medidor de temperatura	1
	- Control de temperatura	1

- Contactor eléctrico	1
- Termómetros bulbo húmedo	2
- Anemómetro digital	1
- Compuerta reguladora del flujo de aire	1
- Radiómetro portátil	1
- Molino casero	1

Los equipos listados bajo el numeral 1 corresponden al sistema en si, los equipos listados bajo el numeral 2 corresponden a los equipos utilizados para lectura de datos y todas aquellas operaciones - propias del proceso.

6.1.1. CALIBRACION Y METODOLOGIA DE EXPERIMENTACION

En cuanto a la calibración se puede mencionar que es uno de los pasos importantes, ya que de esto depende la veracidad y exactitud de los datos.

Como primer paso lo que se realizó fue construir una compuerta de una plancha de hierro galvanizada la cual se adecuó de tal forma que lograra entrar en el ducto de salida de la cámara y a su vez permitiendo que esta compuerta pueda tener - juego para poder regular el flujo.

Con el anemómetro digital perteneciente al Laboratorio de E - nergía y Fluídos se realizaron previamente pruebas para deter^uminar la velocidad del flujo y proceder a marcar la abertura

para su respectiva velocidad. Previo a marcar se tomaron -
10 lecturas a 0°, y 10 a 90° con respecto a la primera.

En la primera lectura se marcó con una ligera raya, luego se sacó la compuerta, se colocó la compuerta en donde estaba la marca se esperó un tiempo de 10 segundos y se midió nuevamente, hasta comprobar la lectura diez veces, luego se repitió la operación a 90° con respecto a la primera.

La compuerta se reguló a:

400 pies/mim

700 pies/min

El ducto tiene un diámetro de:

$D = 0,6234$ pies (19 cm)

Calibrado el damper ó compuerta, se procedió a calibrar los termómetros, primeramente se calibraron los termómetros de carátula con el medidor de temperatura digital, colocando en varios puntos del sistema y conectando el extractor se tomó con el termómetro de carátula lecturas de temperatura, luego en el mismo punto se tomó con el termómetro

digital. La misma operación se repitió con el potenciómetro quedando así garantizado que los termómetros han sido calibrados.

En cuanto al control de temperatura se lo reguló antes de cada prueba a la temperatura deseada de secado.

Ya con los equipos calibrados la metodología para cada prueba es la siguiente:

- Conseguir muestras frescas.
- Seleccionar la temperatura y flujo de secado.
- Poner en marcha el sistema para que se estabilice a la temperatura deseada.
- Cocer las muestras en solución salina durante 10 minutos.
- Moler las muestras en un molino casero.
- Tomar una pequeña muestra.
- Calibrar la balanza y proceder a pesar la muestra.
- Colocar la pequeña muestra en el horno y tomar lecturas hasta que el peso se repita.
- Determinar la humedad inicial.
- Calibrar nuevamente la balanza.
- Pesar las bandejas sin la muestra.
- Colocar muestra sobre las bandejas.
- Pesar las muestras.
- Con el sistema puesto en marcha y ya estabilizado se colocan las bandejas en la cámara.

- Cada 15 minutos se toman los datos de temperatura, radiación y peso de las muestras, teniendo el cuidado de calibrarse siempre la balanza ya que ésta es muy sensible.

6.2. TABULACIÓN Y ANALISIS DE DATOS

6.2.1. DATOS DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y RADIACION.

Los siguientes datos muestran los valores obtenidos durante las pruebas.

Las tablas de datos se muestran en el apéndice B. Es conveniente definir las siguientes abreviaturas y las unidades que dan los equipos:

<u>ABREVIATURA</u>	<u>DESIGNACION</u>	<u>UNIDAD</u>
t	Tiempo.	horas
Te	Temperatura de entrada al primer colector.	°F
Tp1	Temperatura de placa del primer colector.	°F
Ts1	Temperatura de salida del primer colector.	°F
Tp2	Temperatura de placa del segundo colector.	°F
Ts2	Temperatura de salida del segundo colector.	°F

Tec	Temperatura de entrada a la cámara.	°F
Tsc	Temperatura de salida de la cámara.	°F
Peso	Peso de la muestra en ese instante.	Gramos
I	Radiación solar.	BTU/hr pie ²

6.2.2. CURVAS DE REGIMEN Y TIEMPO DE SECADO PARA LOS RESIDUOS DEL CAMARON.

Con los datos tabulados en la sección 6.2.1. las curvas de régimen para los residuos del camarón se construyen en base a datos de:

- a.- Humedad inicial.
- b.- Peso de la muestra para cada período de tiempo.
- c.- Tiempo entre cada lectura (0,25 hr)
- d.- Area de secado.

La curva a obtenerse es de contenido medio de humedad VS velocidad de secado.

Como primer paso se determina la humedad inicial, tomando una pequeña muestra y pesándola. Luego se la introduce en un horno a una elevada temperatura y pesándola cada cierto tiempo, (aproximadamente de 5 a 10 minutos), hasta que el

peso se repita, por diferencia de pesos se determina la humedad inicial, la relación a usarse es la siguiente:

$$H.I. = \frac{P.I. - P.F.}{P.I.} \times 100 \quad \text{EC. 6.2.2.1.}$$

de donde.

H.I. = Humedad inicial.

P.I. = Peso inicial.

P.F. = Peso final.

Después de calcular la humedad inicial, se colocaron las muestras en las bandejas formando espesores de cama de 0,0328 pies (1 cm) por 0,6562 pies (20 cm) de ancho lo que da un área de secado de 0,0215 pies² (20 cm²), luego se procedía a pesar las muestras.

Una vez introducida las muestras en la cámara se tomaron lecturas del peso cada 15 minutos (0,25 horas) hasta que los pesos se repitieran.

Con los datos obtenidos se construyen las tablas de resultados con los siguientes datos:

C.H. = Contenido de humedad.

C.M.H. = Contenido medio de humedad. lb sólido húmedo/lb sólido seco.

$R = \text{Velocidad de secado lb/pie}^2 \text{ hr.}$

El contenido de humedad, se lo obtiene de:

$$C.H. = \frac{\text{Humedad en ese instante}}{\text{Peso de la muestra seca}} \frac{\text{lb sólido humedo}}{\text{lb sólido seco}}$$

EC. 6.2.2.2.

La humedad en el instante se calcula tomando el peso desde el inicio de la prueba y multiplicando por la humedad inicial, para el resto de valores sólo se resta el peso perdido. El peso de la muestra seca es el peso de la muestra si estuviese desprovista totalmente de agua, entonces el peso de la muestra seca será:

$$PI \times \frac{I - H.I.}{100}$$

El contenido medio de humedad es el promedio de dos contenidos de humedad consecutivos.

La velocidad de secado se calcula en base a la siguiente relación.

$$R = \frac{Pt - Pt+At}{As \quad At} \text{ lb/hr pie}^2 \quad \text{EC. 6.2.2.3.}$$

de donde.

$R = \text{Velocidad de secado.}$

$Pt = \text{Peso del sólido en el instante } t.$

P_{t+At} = Peso del sólido en el instante $t+At$.

A_s = Area de secado.

A_t = Lapso de tiempo entre cada lectura.

Los valores obtenidos se tabulan en las tablas de resultados en el apéndice B, y sus respectivos gráficos seguidamente.

La importancia dentro de la evaluación de los prototipos radica en que al construir las curvas de secado se puede contar con relaciones que permitan evaluar el comportamiento del producto durante el proceso, además de poder seleccionar el tiempo de secado de acuerdo a las necesidades y además de poder programar una producción a gran escala.

El programar una producción a gran escala toma como parámetros el tiempo de secado, el área de secado, la capacidad total del secado y la temperatura de secado. Un cálculo de ejemplo para el tiempo de secado se muestra en el apéndice en donde se aprecia como se puede manejar estos parámetros.

6.2.3. EFICIENCIA DEL SISTEMA.

Dentro del estudio del funcionamiento de los sistemas solares, la eficiencia de estos depende en gran parte del funcionamiento de los colectores solares.

Los resultados obtenidos en las experiencias realizadas son presentadas en gráficos donde se muestra la eficiencia de los colectores con relación a la radiación recibida.

El contar con una serie de datos permite además mostrar una comparación entre los valores teóricos y los valores obtenidos, con el fin de poder utilizar un método que permita el diseño de sistema similares, a mayor escala.

Dentro del estudio de la eficiencia del sistema se hacen comparaciones gráficas entre influencia de las temperaturas de placa con la eficiencia, además de visualizar el efecto de colocar colectores en serie y como afecta en su eficiencia.

Para el análisis de la eficiencia se utiliza el procedimiento instantáneo, en donde se necesita conocer el nivel de radiación y el calor ganado por el fluido de trabajo. Entonces la eficiencia se encuentra en base a la siguiente relación:

$$\eta_c = \frac{Q_u}{I A_c} \quad \text{EC. 6.2.3.1.}$$

de donde.

η_c = Eficiencia del colector.

Q_u = Calor útil ganado por el aire.

I = Radiación incidente.

Ac = Area del colector.

Se han tomado periodos de 0,25 horas en donde se asume que las condiciones son estables.

Los resultados se muestran en las tablas de eficiencia en el apéndice B.

6.3. ANALISIS DE RESULTADOS TEORICOS Y EXPERIMENTALES.

De los resultados experimentales presentados en la sección 6.2. se tiene:

- Haciendo comparaciones para el sistema solar entre las eficiencias teóricas calculadas y las eficiencias experimentales, se presenta un margen de error de hasta un 5%, lo cual es bastante bueno para los propósitos de diseño.

- Se nota claramente que existe un margen de diferencia mucho más alto en lo que respecta a las temperaturas de placa esperadas. Esto llega a justificarse ya que dentro del análisis para el cálculo de la temperatura de placa se han despreciado ciertos parámetros como son:
 - La capacidad térmica de la placa.
 - Los efectos de radiación de los costados.
 - No se toma en cuenta el efecto de la convección por la parte superior de la placa.

- Vale notar que al haber obtenido teóricamente una temperatura de placa, ha servido para poder calcular los coeficientes de pérdidas por la parte superior y a su vez encontrar temperatura de salida las cuales han sido bastante aproximadas, por lo que se puede predecir que el gráfico que se ha utilizado para encontrar el coeficiente de pérdidas U_t se encuentra bastante aproximado a los valores que se deberían tener si se los calculase en base a resultados experimentales.

- De los gráficos de eficiencia se puede notar:
 - Que al aumentar la radiación de los colectores su eficiencia llega a aumentar hasta una eficiencia máxima en donde por más que aumenta el nivel de radiación esta se vuelve asintótica de lo que se puede asegurar que los efectos de pérdidas superiores llegan a ser constantes en porcentaje.

 - Que en la forma en que se coloquen colectores en serie la eficiencia del sistema va decreciendo, ya que los efectos por pérdidas por la cubierta tienden a ser mayores por los efectos de temperatura de entrada y condiciones ambientales constantes.

 - De los gráficos de radiación VS eficiencia se aprecia una ligera caída de eficiencia al disminuir el caudal del flujo de aire, pero temperaturas de salidas más altas. Esto da la pauta de que los sistemas de calentamiento solar deben tener un punto óptimo de trabajo en donde al obtener funciones matemáticas

que relacionen al caudal y la eficiencia y poderse derivar, se obtenga un punto óptimo de trabajo.

- De lo mencionado anteriormente el tener más bajos caudales permite aumentar la temperatura de salida pero disminuir la eficiencia del colector, ya que en cuanto aumente el caudal permitirá aumentar los fenómenos convectivos por debajo de la plancha y permitirle estar en niveles de temperaturas menores a la que debería estar si estuviese trabajando a caudales más bajos de lo que se nota que si fuese posible mantener los niveles térmicos de la placa más bajos, el rendimiento esperado de los sistemas fuesen más altos.

- De los datos de Laboratorio de Química se obtuvo:

Temperatura de secado	122°F	140°F	158°F
% de cenizas	15,8	21,5	23,0
% de grasa	12,0	11,0	17,2

Los % de cenizas tienden a aumentar como se esperaba por efectos de mayor temperatura, pero el % de grasa no ha sufrido degradación por lo que se puede notar el rango de temperatura es óptimo.

C A P I T U L O VII

ANALISIS ECONOMICO.

Aunque la energía solar es gratis, los equipos requeridos para convertirla en forma útil de energía, no lo son.

Es por esto que los costos asignados a la energía termica o eléctrica solar deben reflejar los costos de los equipos prorrateados sobre el número de kw-hora ó BTU desarrollados por el sistema.

Es difícil que el costo efectivo para proporcionar la energía sea por medio de energía solar. Si esto fuese posible, un sistema solar debería - ser capaz de proporcionar el 100% de la energía requerida aun en las - peores condiciones de operación (inclemencias del tiempo, máxima demanda y bajas radiaciones).

Un sistema solar capaz de proporcionar las demandas picos para grandes - períodos de tiempo puede ser sobredimensionado para condiciones menos severas de operación, y sería sobredimensionado para la mayoría de los ca- sos.

El mejor uso de la energía solar es en conjunción con los combustibles

convencionales los cuales son usados como sistemas auxiliares, para las situaciones de alta demanda.

En base a lo mencionado vale introducir las siguientes generalidades.

Costo:

La contabilidad del costo se encarga de determinar, analizar y controlar el costo. Bajo este principio se determinará el costo de producción unitaria, su condición actual y sus posibilidades de reducción.

Los elementos del costo son:

- Materiales.
- Mano de obra.
- Gastos de fabricación.
- Maquinaria e instalaciones.

Materiales:

Son elementos que constituyen o conforman el producto y se clasifica en directo e indirectos.

Los materiales directos son aquellos que intervienen en la elaboración del producto, para el presente caso tenemos: Los residuos del camarón.

Los materiales indirectos son aquellos que intervienen en el proceso pe

ro como un factor secundario. En este caso se tiene el cloruro de sodio (ClNa); que se utiliza para la cocción antes del proceso con el fin de - que el producto se preserve.

A continuación se presenta una comparación de los costos unitarios por - materiales de elaboración:

Costo de residuo de camarón	0,00 sucres/lb.
Costo de sal cruda	5,01 sucres/lb.

Otro punto importante es:

Mano de obra:

Se conoce como mano de obra a los valores pagados a las personas que intervienen en el proceso, se clasifican en:

Mano de obra directa y mano de obra indirecta.

La mano de obra directa es el trabajo desarrollado por las personas que se encuentran participando de la producción en forma cercana o directa , estos valores pueden ser calculados en forma unitaria.

La mano de obra indirecta lo constituyen las personas que se encuentran laborando en el segundo anillo de producción, controlando el trabajo, pero no tienen participación directa, esto es: Supervisor, Superintendente, etc.

La mano indirecta no se puede medir en forma unitaria.

El costo de mano de obra directa se calcula a continuación.

- a) Se labora ocho horas diarias, con un sueldo nominal de trece mil sucres/mes para operadores y diez y seis mil sucres/mes para el mayordomo.
- b) Se produce veinte y dos días al mes, a un promedio de mil trescientos veinte lb/día.
- c) Se requieren dos operadores y el mayordomo.
- d) La productividad efectiva es de siete horas-día, considerando el periodo de cocción al inicio del día.
- e) El mayordomo debe dedicar el 90% del tiempo, ya que su labor es control en la operación.

Producción mensual.

1.320 lb/día x 22 días/mes

29.040 lb/mes.

Los costos de mano de obra directa se calculan de la siguiente forma:

(Prorratedo/mes)

<u>Sueldo nominal (sucres)</u>	<u>decimotercer (prorratedo/mes) (sucres)</u>	<u>decimocuarto (prorratedo/mes) (sucres)</u>	<u>decimoquinto (prorratedo/mes) (sucres)</u>	<u>Sueldo real (sucres)</u>
13.000,00	1.083,33	2.166,67	1.083,33	19.433,34
16.000,00	1.333,33	2.666,67	1.333,33	23.433,33

Los sueldos reales son calculados en base a los beneficios de ley, según las leyes vigentes.

Luego el costo de mano de obra directa es:

2 personas * 19.433,34 sucres/mes	38.866,68	<u>sucres</u> mes
1 persona * 23.433,33 sucres/mes (0,9)	21.089,99	<u>sucres</u> mes
Mano de obra directa	59.956,67	<u>sucres</u> mes
Costo unitario por mano de obra directa.	59.956,67	<u>sucres/mes</u>
	29.040,00	lb/mes
Costo unitario por mano de obra directa.	2,06	sucres/lb

La mano de obra indirecta esta considerado por las personas que laboran en Supervisión, ventas, etc que no participan en forma directa del proceso.

Al instalar una procesadora la mano de obra indirecta sería muy escasa , y solamente estaría conformada por las personas o persona que son poseedoras del capital invertido y no participan de los costos sino de utilidades.

Gastos de fabricación:

Para la obtención de harina de residuos de camarón, a mas de los materiales de mano de obra, se requiere energía eléctrica como un sistema auxiliar, agua para la cocción, sacos para envase, mantenimiento, etc., de los rubros mencionados es recomendable calcular los mas importantes:

- Energía eléctrica.

- Agua
- Envase

a) Energía eléctrica:

El consumo de energía eléctrica va a depender de las condiciones climáticas.

Como una buena aproximación los sistemas auxiliares cubren un 30% de la energía total. Del apéndice en donde se toca el cálculo para una producción a gran escala se tiene el siguiente requerimiento energético.

$Q_{aux} = 24,07 \text{ KW por carga}$

Cada carga dura 45 minutos

$Q_{aux-DIA} = 7 \times 0,75 \times 24,07 \text{ KW}$

$Q_{aux-DIA} = 126,36 \text{ KW-DIA}$

Se producen 22 días al mes

$Q_{aux-mes} = 22 \times 126,37 \text{ KW-mes}$

$Q_{aux-mes} = 2780,09 \text{ KW-mes}$

El costo actual del KW-hr oscila, para el parque industrial en:

5,41 sucres/KW-hr

El costo mensual:

$$2780,09 \frac{\text{KW-hr}}{\text{mes}} \times 5,41 \frac{\text{suces}}{\text{KW-hr}} = 15.040,26$$

Costo unitario de energía eléctrica:

$$\frac{15.040,26 \text{ suces/mes}}{29.040,00 \text{ lb/mes}} = 0,52 \frac{\text{suces}}{\text{lbs}}$$

Agua:

Se toma un costo de 2.500 suces/mes (Aprox = 5 mt³ por día)

$$\text{Costo unitario de agua } \frac{2.500 \text{ suces/mes}}{29.040 \text{ lb/mes}} = 0,086 \frac{\text{suces}}{\text{lb}}$$

Envase:

Sacos de 110 lb. se pueden llegar a adquirir en el mercado a 35 suces.

$$\text{Costo unitario } \frac{9.240 \text{ suces/mes}}{29.040 \text{ lb/mes}} = 0,32 \text{ suces/lb.}$$

Se tiene:

a) Energía eléctrica	0,52	suces/lb.
b) Agua	0,086	suces/lb.
c) Envase	0,32	suces/lb.

d) Mantenimiento (10%)	0,09	suces/lb.
Gastos de fabricación unitario-total.	1,01	suces/lb.

Definiendo los gastos es conveniente tratar sobre la clasificación de - costos.

Costos fijos:

Estos costos son aquellos que necesariamente debe realizar el sistema - empresarial, y son independientes de la producción; estos son: arriendo depreciaciones de maquinaria y edificios, seguros, etc.

Los costos fijos se mantiene constante, independiente si la producción es nula ó máxima. Si se analizan los costos fijos en forma unitaria se dispersan con la producción, para este caso el costo fijo predominante es el asignado por la depreciación de equipos e instalaciones.

Costos variables:

Son aquellos que varían directamente con el incremento de la producción esto es mano de obra, gastos de materiales, etc.

Costos totales:

Representa la cantidad que debe invertir una empresa para obtener determinado producto, y es la suma de los costos fijos más los costos variables.

Depreciaciones:

Existen varios criterios para establecer la depreciación de un bien, entre ellos tenemos: Depreciación acelerada por dígitos invertidos, por unidades de producción, por horas de trabajo, método de línea recta.

El método usado comúnmente es el de línea recta, que consiste en restar un cierto valor conocido como residual del costo del bien a depreciar, luego dividir en dividendos iguales durante el tiempo de vida útil.

El valor residual es el valor estimado del bien después de haber cumplido su período de vida útil.

De acuerdo al reglamento de la Ley de Impuesto a la Renta capítulo XIII Art. 61 anexo D, en el literal b) se dispone aplicar un coeficiente máximo del 5% para edificios industriales exclusivamente sobre el valor de las construcciones.

En el literal d) se dispone aplicar el 10% sobre el costo de la maquinaria.

El cálculo de la depreciación de maquinaria y edificios se efectúa utilizando el método de línea recta, por no estar considerada como depreciación especial, según Art. 63 capítulo XIV de mencionado reglamento. Este método está gobernado por la siguiente relación matemática.

$$D = \frac{C - VR}{TVU}$$

EC. 7.1.

De donde:

- D = Depreciación
 C = Costo del bien a depreciar
 VR = Valor residual
 TVU = Tiempo de vida útil

Para establecer la depreciación de la maquinaria, en este caso el sistema, y del edificio en donde se instala, se toman las siguientes consideraciones:

- a) El valor residual se suprime, esto es $VR = 0$
 b) Tiempo de vida útil es de diez años (maquinaria)
 c) Tiempo de vida útil veinte años (edificio)

El costo de depreciación será:

$$D = \frac{1'461.000}{10} \quad \text{sucres/año}$$

$$D = 146.100 \quad \text{sucres/año}$$

$$\text{Depreciación unitaria: } D = \frac{146.100}{12 \times 29.040} \quad \text{sucres/lb.} \quad 0,42 \text{ sucres/lb.}$$

Costo de producción:

A continuación se detallan el costo unitario por materiales, según los costos establecidos.

Costo de materia prima	0,00 sucres/lb.
Costo de sal	5,01 sucres/lb.

Si para la cocción se requiere el 5% del peso total, tomando la producción día, ya que se puede utilizar la misma solución, por carga diaria.

Peso de sal diaria	5.280 lb x 0,05	264 lb/día
Peso de sal mensual	$264 \frac{\text{lb}}{\text{mes}} \times 22 \frac{\text{días}}{\text{mes}}$	5808 lb/mes
Costo total de sal	$5080 \frac{\text{lb}}{\text{mes}} \times 5,01 \frac{\text{sucres}}{\text{lb}}$	29092,8 $\frac{\text{sucres}}{\text{mes}}$
Costo unitario de sal	$\frac{29092,8 \text{ sucres}}{29.040 \frac{\text{lb}}{\text{mes}}}$	1 sucre/lb.

En base a los costos encontrados:

Costo de producción	1,0	sucres/lb.
Costo de mano de obra	2,06	sucres/lb.
Costo de fabricación	1,01	sucres/lb.
Depreciación	0,42	sucres/lb.
De donde se obtiene:	4,49	sucres/lb.

Que comparando los precios del mercado actual, el saco de 100 lb llega a sobrepasar los 1.200 sucres, esto es, que con el margen de utilidad al costo unitario llega.

Costo unitario en el mercado:	12,02	sucres/lb.
-------------------------------	-------	------------

y comparando se obtiene que el costo, llega a ser el 37,39% del costo - unitario utilizando otros sistemas de energía.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente estudio ha tenido como objetivo enfocar la importancia del efecto de la temperatura sobre el proceso del secado, a más de poder de mostrar que los costos de producción son mucho más rentables. Llegando a la terminación de este trabajo se han llegado a las siguientes conclusiones:

Conclusiones:

- a) Los efectos de temperatura dentro de los rangos establecidos se los puede considerar como rangos bajos de temperatura, presentado sobre el producto final condiciones muy favorables para su comercialización.
- b) Los riesgos de contaminación del producto son reducidos totalmente.
- c) Los efectos de espesores de cama del producto durante el proceso, - son muy marcados en lo que respecta al tiempo de secado, de lo que se puede asegurar que al mantener los mismos pesos de muestras pero aumentando el área de exposición, los tiempos son reducidos considerablemente.
- d) Las pérdidas térmicas en el colector por cubierta se han disminuído

- al usar espesores de aire mayores a los 0,141 pies, ya que los valores de eficiencia del sistema son altos en comparación con otros sistemas.
- e) El usar planchas de mayor conductividad como en este caso, permite aumentar el coeficiente de transferencia entre la plancha y el aire, mejorando aún más si su espesor es lo menor posible.
 - f) La pintura a usarse en los colectores, juega un papel muy importante ya que la cantidad de radiación aprovechable por la plancha será directamente proporcional a la absorptividad de la pintura. Los efectos de utilizar pintura con menor absorción, se reflejan en bajos valores de eficiencia.
 - g) Dentro de los sistemas solares no es conveniente tratar de colocar el mayor número de colectores en serie, ya que al aumentar el número de estos, la eficiencia va decreciendo, de lo cual es importante considerar lo mencionado en el inciso a) de las recomendaciones, para tratar de encontrar el número óptimo de colectores.
 - h) La tendencia en el período decreciente es similar en todos los casos, de donde se puede notar que los factores variables tienen poca importancia sobre este período así como también el sólido a secar ejerce influencia sobre este período, y no las condiciones de secado.
 - i) El producto por ser de una elevada humedad, sufre contracciones du-

rante el proceso, y de aquí se han podido notar tres efectos.

- 1). La superficie de secado varía por unidad de peso y esto es muy importante cuando los efectos de contracción son bastante notorios, llegando a ser una de las causas de las variaciones en las curvas.
- 2). Se desarrolla una capa endurecida sobre la superficie del producto haciendo bastante dificultosa la extracción de la humedad por lo que se realiza una trituración previa al proceso del secado.
- 3). Se origina el agrietamiento del producto seco, factor que no es tan serio para el caso, ya que una vez seco se produce la trituración para la obtención de la harina.

Recomendaciones:

- a) En lo posible tratar de crear modelos matemáticos para determinar el comportamiento de sistemas solares, sea cual fuese su utilización - con el fin de poder maximizar su rentabilidad.

- b) De los datos obtenidos en las pruebas se puede notar que el efecto - de temperatura dentro de los rangos no afecta mayormente la calidad del producto, por lo que se puede ser menos riguroso en cuanto al - control de temperatura, lo que permitiría abaratar los costos de inversión.

- c) Sería conveniente realizar un estudio más a fondo de la comercializa - ción de producto, ya que se puede aumentar aún mucho la rentabilidad del proceso, tratando de elaborar la harina de camarón y obtener - afrechillos como insumos para comercializar productos balanceados, y entrar en una forma más agresiva al mercado, ya que el proceso sólo consiste en mezclar los diferentes ingredientes y envasarlos. De da - tos de empresas que realizaban este proceso, la harina de cabeza de camarón era utilizada en un 30%, y el 70% restante comprendía a los insumos adquiridos. Los resultados económicos son excelentes según los datos proporcionados por ellos.

- d) En lo que respecta a los sistemas auxiliares, sería recomendable el tratar de utilizar otro tipo de energía que no sea la eléctrica, o - combustibles derivados del petróleo, ya que la energía eléctrica resulta un poco más cara y el utilizar combustible del petróleo produ-

ce problemas de contaminación ambiental, y el costo también es elevado; sería ideal comenzar a realizar experiencias con combustibles como la cascarilla del arroz ya que el costo es mucho menor al utilizar energía eléctrica, y los problemas de contaminación ambiental son mucho menores.

A P E N D I C E S

APENDICE A: TABLAS VARIAS.

- Tabla I.1. Requerimientos nutricionales para aves de corral.
- Tabla 1.1. Exportaciones del camarón.
- Tabla 1.2. Crecimiento de la exportación de camarones congelados en peso y en valor en términos absolutos con relación al año 1.986.
- Tabla 1.3. Producción mundial de harina de camarón por País.
- Tabla 1.4. Contenido de nutrientes en la harina de desperdicios de camarón, en función de procesos de secado.
- Tabla 3.1.1. Ubicación de algunas localidades en la Región Litoral.
- Tabla 3.1.2. Constante solar.
- Tabla 3.1.3. n día del año.
- Tabla 3.2.1. Valores de \bar{a} y \bar{b} para el Litoral y a, b para algunas localidades.
- Tabla 3.2.2. Valores de R_T R_{pR} S.
- Tabla 4.1.4.1. Tabulación de valores para calcular la energía disponible para una $I = 100 \text{ BTU/hr pie}^2$.
- Tabla 4.1.4.2. Tabulación de valores para calcular la energía disponible para $I = 200 \text{ BTU/hr pie}^2$.
- Tabla 4.1.4.3. Tabulación de valores para calcular la energía disponible para $I = 300 \text{ BTU/hr pie}^2$.

Tabla 4.1.4.4. Número de colectores necesarios para las diferentes temperaturas de secado y radiación promedio de 200 BTU/hr - pie².

APENDICE B: TABLAS DE PRUEBAS (1-13)

Tablas A Tabulación de datos.

Tablas B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.

Tablas C Tabulación de eficiencia.

APENDICE C: Reglamento de la Ley de Impuesto a la Renta.

APENDICE D: Cálculo para el diseño de un sistema para producción a mayor escala.

APENDICE A

Tabla I.1 Requerimientos nutricionales para aves de corral.

NUTRIENTES	REQUERIMIENTOS DE FORMULACIONES AVICOLAS	CARACTERISTICAS DE LA HARINA (°) DE CAMARON
Proteínas (%)	15 - 24,5	47,4 %
Energía Metabólica (kcal/kg)	2200 - 3,245	1,523
<u>MINERALES</u>		
Calcio	0,9 - 3,25	7,35
Fósforo	0,6 - 0,7	1,59
Sodio	0,15	----
Potasio	0,16 - 0,2	----
Manganeso	15,0 - 85,0	30,0
<u>VITAMINAS</u>		
Riboflavin	1,8 - 3,8	4,0
Colina	1,300	5,828

El grado de asimilación de los componentes:

<u>COMPONENTES</u>	<u>DIGESTIBILIDAD (%)</u>
Materia seca	54
Proteínas	60
Fibra	17
Grasa	86
Total Nutrientes	37

(°) FUENTE: The Cientific Feeding of Chickens
(Hang W. Titus and James C. Fritz, 1.971)

Tabla 1.1. Exportaciones del Camarón

Miles de Kilos

(AÑO)	<u>1.971</u>	<u>1.972</u>	<u>1.973</u>	<u>1.974</u>	<u>1.975</u>	<u>1.976</u>	<u>1.977</u>	<u>1.978</u>	<u>1.979</u>	<u>1.980</u>	<u>1.981</u>
	2.974	5.118	2.838	3.593	3.751	1.682	4.364	4.288	4.043	9.725	13.609

Fuente: Banco Central del Ecuador.

Tabla 1.2.

Ecuador: Crecimiento de la exportación de camarones congelados en peso y en valor en términos absolutos con relación al año 1.968.

<u>AÑO</u>	<u>T.M.</u>	<u>%</u>	<u>MILES DE DOLARES VALOR FOB</u>	<u>%</u>
1.968	2.783,3	100	2.136,9	100
1.969	3.455,3	124	2.686,9	126
1.970	2.259,2	81	1.697,8	79
1.971	2.904,9	104	4.298,0	201
1.972	5.058,8	182	12.935,5	605
1.973	2.837,6	102	9.170,4	429
1.974	2.894,9	104	9.125,0	427
1.975	3.602,6	129	14.239,6	666
1.976	4.319,7	155	21.773,8	1.019

Elaboración: Centro de Desarrollo Industrial - Cendes.

Tabla 1.3. Producción mundial de harina de camarón por país.

<u>AÑO</u>	<u>ESTADOS UNIDOS</u> (TON)	<u>SINGAPUR</u> (TON)	<u>ISLANDIA</u> (TON)	<u>TOTAL</u>
1.968	400	----	----	400
1.969	700	----	----	700
1.970	900	----	----	900
1.971	900	----	100	1.000
1.972	900	1.000	100	2.000
1.973	---	1.300	100	1.400
1.974	900	500	100	1.500
1.975	1.800	500	100	2.400
1.976	900	1.100	----	2.000

FUENTE: Yearbook of fishery statistics, fao vol. 43.1976

ELABORACION: Centro de Desarrollo Industrial del Ecuador - Cendes.

Tabla 1.4. Contenido de nutrientes en la harina de desperdicios de camarón, en función de procesos de secado.

<u>COMPONENTES</u>	<u>PROCESO SECADO AL SOL</u> (%)	<u>UTILIZADO DESHIDRACION</u> (%)
Proteína Cruda *	48,4	34,1
Grasa	2,9	1,3
Fibra	10,4	21,4
Humedad	9,1	7,5
Cenizas	26,9	38,2
Calcio	7,0	15,0
Fósforo	1,5	5,2

* Incluido el porcentaje de Quitina.

Fuente: Utilization of Economically - Valuableby Products.

from the shrimp Processing Industry.

Elaboración: Centro de Desarrollo Industrial del Ecuador - Cendes.

Tabla 3.1.1. Ubicación de algunas localidades en la Región Litoral.

<u>LOCALIDAD</u> (REGION LITORAL)	<u>LONGITUD</u>	<u>LATITUD</u>	<u>ELEVACION</u>	<u>PROVINCIA</u>
GUAYAQUIL (ESPOL)	79°53'W	02°S	6 MT	GUAYAS
MUTILE	79°37'W	00°12'S	25 MT	ESMERALDAS
PICHILINGUE	79°28'	01°06'S	73 MT	LOS RIOS
PORTOVIEJO	80°27'W	01°02'S	44 MT	MANABI
PTO. BOLIVAR	80°00'W	03°19'S	6 MT	EL ORO

Tabla 3.1.2. Constante solar.

CONSTANTE SOLAR EXTRATERRESTRE	FLUJO DIRECTO NIVEL DEL MAR	MEDIA STANDARD NIVEL DEL MAR
1,353 Kw/m ² /día.....	0,970	0,930
1,940 0,1/cm ² /min.....	1,39	1,33
4,871 MJ/m ² /h.....	3,492	3,348
0,0324 Cal/cm ² /seg.....	0,0232	0,0222
7,16 BTU/pie ² /mi.....	5,13	4,92
429,2 BTU/pie ² /hv.....	307,7	295,0

Tabla 3.1.3. n día del año.

<u>MES</u>	<u>n día</u>
ENERO	i
FEBRERO	31 + i
MARZO	59 + i
ABRIL	90 + i
MAYO	120 + i
JUNIO	151 + i
JULIO	181 + i
AGOSTO	212 + i
SEPTIEMBRE	243 + i
OCTUBRE	273 + i
NOVIEMBRE	304 + i
DICIEMBRE	181 + i

Tabla 3.2.1 Valores de \bar{a} y \bar{b} para el Litoral y a,b para algunas localidades.

		<u>AÑO</u>	<u>INVIERNO</u>	<u>VERANO</u>
\bar{a}	REGION	0,23966	0,25951	0,23268
\bar{b}	LITORAL	0,37866	0,34601	0,38389
a	PORTOVIEJO	0,25543	0,26519	0,25108
b		0,39428	0,37066	0,40442
a	PICHILINGUE	0,23732	0,26432	0,22779
b		0,38025	0,33466	0,38546
a	MILAGRO	0,21075	0,23680	0,20340
b		0,34138	0,31720	0,33070

Tabla 3.2.2. Valores de RT R_{pR} S.

PARA GUAYAQUIL

Año 1.980

	<u>ENERO</u>	<u>FEB.</u>	<u>MARZO</u>	<u>ABRIL</u>	<u>MAYO</u>	<u>JUNIO</u>	<u>JULIO</u>	<u>AGOSTO</u>	<u>SEPT.</u>	<u>OCT.</u>	<u>NOV.</u>	<u>DIC.</u>
S	---	---	5,2	5,8	5,4	29	63	5,7	6,1	4,1	4,0	3,9
RT	---	283,3	347,6	373,3	300	228,9	305,4	309	347	295,2	339,9	310,3
R _{pR}	---	---	367,5	368,0	327,5	251,4	351,4	354,4	374,3	324,7	315,6	307,6

Tabla 4.1.4.1. Tabulación de valores para calcular la energía disponible para una $I = 100 \text{ BTU/hr pie}^2$.

I BTU/hr pie ²	S BTU/hr pie ²	Ta = Tfi °F	Tfo° °F	Tfm °F	Re	Nu	h BTU/hrpie ² °F	Tp °F	UL BTU/hrpie ² °F
			100	91,20	13.948,4	91,20	2,62	117,93	1,16
100	76,775	82,40	87,38	84,89	14.336,9	92,39	2,63	111,54	1,10
			88,49	85,44	14.305,8	92,29	2,63	112,12	1,11
			88,36	85,38	14.326,7	92,36	2,63	112,04	1,11

Qu BTU/hr	Tfo °F
661,28	87,38
770,07	88,49
752,75	88,36
754,30	88,36

Tabla 4.1.4.2. Tabulación de valores para calcular la energía disponible para $I = 200 \text{ BTU/hr pie}^2$

I BTU/hr pie ²	S BTU/hr pie ²	Ta = Tfi °F	Tf ° °F	Tfm	Re	Nu	h BTU/hr pie ² °F	Tp °F	UL BTU/hr pie ² °F
			100	93	13.943,4	91,12	2,63	119,57	1,19
			101,7	93,85	13.907,7	91,00	2,63	120,44	1,19
200	153,55	86	101,57	93,79	13.908,4	91,00	2,63	120,38	1,19

Qu BTU/hr	Tfo °F
1.959,81	101,70
1.935,05	101,57
1.936,29	101,58

Tabla 4.1.4.3. Tabulación de valores para calcular la energía disponible para $I = 300 \text{ BTU/hr pie}^2$

I BTU/hr pie ²	S BTU/hr pie ²	Ta = Tfi	Tf °	Tfm	Re	Nu	h BTU/hr pie ² °F	Tp °F	UL BTU/hr pie ² °F
300	230,33	89,60	100	94,80	13.869,8	90,88	2,62	121,44	1,20
			116,22	102,91	13.512,23	89,70	2,62	129,42	1,22
			115,17	102,38	13.520,61	89,73	2,61	129,05	1,22
			115,24	102,42	13.519,56	89,72	2,61	129,08	1,22
			Qu BTU/hr	Tfo °F					
			3.303,17	116,22					
			3.123,80	115,17					
			3.132,07	115,24					
			3.131,35	115,23					

Tabla 4.1.4.4. Número de colectores necesarios para las diferentes temperaturas de secado y radiación promedio de 200 BTU/hr pie².

Qu/Ac BTU/hr pie ²	Ts °F	Q BTU/hr	Ac Pies ²	Nº colectores (colectores)
112,64	122	4.416,77	39,21	2,28
	140	6.491,72	57,63	3,35
	158	8.532,45	75,75	4,41

PROGRAMA PARA CALCULAR TEMPERATURA DE PLACA EN HP-15C

```
F LBL A
ENTER
3
yx
R CL O
X
RCL 1
+
X
RCL 2
3
yx
RCL
O
X
RCL 1
+
RCL 2 X
-
RCL 3
-
GRTN
GP/R
```

de donde los registros de memorias almacenan los siguientes datos:

STO 0 = TE

STO 1 = h

STO 2 = Tfm

STO 3 = S

TE = Producto de la constante de Stefan Boltzmann.

h = Coeficiente de convección.

Tfm = Temperatura media del fluido.

S = Radiación neta que llega al colector.

APENDICE B

PRUEBA N° 1

Fecha: 3 de Octubre de 1.986

Hora de inicio de la prueba: 10:00 AM.

DATOS:

Humedad inicial de la muestra:	73,25%
Temperatura de secado:	122°F (50°C)
Caudal de aire:	2,80 pies ³ /sg.
Area de secado:	0,0215 pies ² .
peso de bandeja:	271,5 gramos (0,60 lb)
peso total:	757,1 gramos (1,67 lb)
peso de la muestra:	485,6 gramos (1,07 lb)
Humedad relativa ambiente:	69%
Temperatura de bulbo húmedo a la entrada:	86,49°F (30,27°C)
Humedad relativa del aire a la entrada:	22%
Temperatura media de salida del aire:	104,63°F
Temperatura de bulbo húmedo a la salida:	78,59°F (25,88°C)
Humedad relativa del aire a la salida:	31%

Tabla 1A Tabulación de datos prueba 1.

<u>t</u>	<u>TE</u>	<u>Tp1</u>	<u>Ts1</u>	<u>Tp2</u>	<u>Ts2</u>	<u>I</u>	<u>Peso</u>
0,00	85,1	129	100	136	111,2	250	485,6
0,25	85,1	131	101,3	138	113	264	454,4
0,50	85,1	131	101,3	138	113	264	429,4
0,75	85,1	134	104	143	117,5	292	405,1
1,00	85,1	136	104	144	117,5	296	385,6
1,25	86	139	104,9	147	118,8	306	364,3
1,50	86	139	104,9	147	118,8	310	343,8
1,75	86	138	104,5	146	118	300	325,2
2,00	86	140	105	147	119	310	302,2
2,25	87,8	141	108	152	122	320	281,8
2,50	87,8	140	108	151	121	310	262,0
2,75	87,8	140	107	151	121	310	242,5
3,00	86,9	137	107	148	120	300	225,3
3,25	86,9	136	106	145	119	290	211,0
3,50	86,9	136	105	144	118	288	200,8
3,75	86	135	104	142	117,5	284	192,6
4,00	86	135	103	142	116	284	184,8
4,25	86	135	102	142	114,5	278	178,5
4,50	85,1	130	102	138	114	264	174,3
4,75	84,2	126	99	132	110	240	170,5
5,00	84,2	123	97	129	106	220	167,3
5,25	84,2	120	95	126	102	200	165,3
5,50	83,3	116	93	121	100	180	163,5
5,75	83,3	117	93	123	100	190	162,5

<u>t</u>	<u>TE</u>	<u>Tp1</u>	<u>Ts1</u>	<u>Tp2</u>	<u>Ts2</u>	<u>I</u>	<u>Peso</u>
6,00	82,4	113	91	118	97	170	161,5
6,25	82,4	110	89,5	114	94,6	150	160,7
6,50	82,4	106	88,5	110	93	130	160,1
6,75	81,5	100	86	103	89	100	158,9
7,00	81	96	84,8	98	87	80	158,2
7,25	79,8	93	83	95	84,8	70	158,1

Tabla 1B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
2,7383	2,6503	12,75
2,5624	2,4919	10,22
2,4214	2,3529	9,93
2,2844	2,2294	7,97
2,1744	2,1144	8,71
2,0543	1,9965	8,38
1,9387	1,8863	7,60
1,8338	1,7690	9,40
1,7041	1,6466	8,34
1,5891	1,5333	8,09
1,4774	1,4224	7,97
1,3675	1,3190	7,03

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
1,2705		
	1,2302	5,85
1,1898		
	1,1611	4,17
1,1323		
	1,1092	3,35
1,0861		
	1,0641	3,19
1,0421		
	1,0243	2,58
1,0066		
	0,9947	1,72
0,9829		
	0,9722	1,55
0,9615		
	0,9524	1,31
0,9434		
	0,9378	0,82
0,9321		
	0,9271	0,74
0,9220		
	0,9197	0,33
0,9175		
	0,9141	0,49
0,9107		
	0,9084	0,33

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
0,9062		
	0,9045	0,25
0,9028		
	0,8994	0,49
0,8960		
	0,8941	0,29
0,8921		
	0,8918	0,04
0,8915		

Tabla 1C Tabulación de eficiencia prueba 1.

<u>I</u>	<u>Qu1</u>	<u>η_{c1}</u>	<u>Qu2</u>	<u>η_{c2}</u>
250,2	2559,27	62,04	1889,40	45,80
264	2782,56	63,88	2009,63	46,13
264	2782,56	63,88	2009,63	46,13
292	3246,32	67,38	2318,80	48,13
296	3246,32	66,47	2318,80	47,48
306	3246,32	64,30	2380,64	47,15
310	3246,32	63,47	2473,39	48,36
300	3184,49	64,33	2303,78	46,54
310	3263,50	63,80	2404,68	47,01
320	3469,62	65,71	2404,68	45,54
310	3469,62	67,83	2232,92	43,65
310	3297,85	64,47	2404,68	47,01
300	3452,44	69,75	2232,92	45,11
290	3280,68	68,56	2232,92	46,67
288	3108,91	65,42	2232,92	46,99
284	3091,74	65,98	2318,80	49,48
284	2919,97	62,31	2232,92	47,65
278	2748,21	59,91	2147,04	46,81
264	2902,80	66,64	2061,16	47,32
240	2542,10	64,19	1889,40	47,71
220	2198,57	60,57	1545,87	42,59
200	1855,04	56,21	1202,34	36,43
180	1666,10	56,10	1202,34	40,48
190	1666,10	53,15	1202,34	38,35

<u>I</u>	<u>Qu1</u>	<u>c1</u>	<u>Qu2</u>	<u>c2</u>
170	1477,16	52,66	1030,58	36,74
150	1219,52	49,27	875,99	35,39
130	1047,76	48,85	669,80	31,23
100	772,93	46,84	515,29	31,23
80	566,82	42,94	377,88	28,63
70	412,23	35,69	309,17	26,77

$$\Sigma I = 7250,2 \quad \Sigma Qu1 = 74792,53 \quad \Sigma Qu2 = 53396,35$$

$$\eta_{\text{día}} = \frac{Qu}{Ac \cdot I}$$

$$\eta_{c1 \text{ día}} = \frac{74792,53}{16,5 \times 7250,2} = 62,52\%$$

$$\eta_{c2 \text{ día}} = \frac{53396,35}{16,5 \times 7250,2} = 44,64\%$$

$$\eta_{ST \text{ día}} = \frac{Qu1 + Qu2}{Ac \cdot I}$$

$$\eta_{ST \text{ día}} = \frac{128188,88}{16,5 \times 7250,2} = 53,58\%$$

$$\bar{I} = 241,67 \text{ BTU/hr pie}^2 \quad \eta_{ST \text{ día}} = 53,58\%$$

PRUEBA N° 2

Fecha: 4 de Octubre de 1.986

Hora de inicio de la prueba: 12:45 PM.

DATOS:

Humedad inicial de la muestra:	77,45%
Temperatura de secado:	122°F (50°C)
Caudal de aire:	2,80 pies ³ /sg.
Area de secado:	0,0215 pies ² .
peso de bandeja:	271,6 gramos (0,60 lb)
Peso total:	725,0 gramos (1,60 lb)
peso de la muestra:	453,4 gramos (1,00 lb)
Humedad relativa ambiente:	70%
Temperatura de bulbo húmedo a la entrada:	86,64°F (30,35°C)
Humedad relativa del aire a la entrada:	22%
Temperatura media de salida del aire:	106,24°F (41,24°C)
Temperatura de bulbo húmedo a la salida:	79,44°F (26,35°C)
Humedad relativa del aire a la salida:	33%

Tabla 2A Tabulación de datos prueba 2.

<u>t</u>	<u>TE</u>	<u>Tp1</u>	<u>Ts1</u>	<u>Tp2</u>	<u>Ts2</u>	<u>I</u>	<u>Peso</u>
0,00	83,3	113	93	118	100	170	453,4
0,25	83,3	113	93	118	100	170	427
0,50	83,3	110	91	114	97	150	402,8
0,75	82,4	110	91	114	97	154	381,2
1,00	82,4	102	88	105	92	110	360,8
1,25	82,4	103	88	106	92	114	337
1,50	82,4	103	89	107	93	118	316,2
1,75	83,3	103	89	106	93	110	296,7
2,00	82,4	104	89	108	93	122	275,1
2,25	83,3	109	91	113	96	144	252,8
2,50	84,2	113	94	118	101	167	228,3
2,75	84,2	125	98	130	108	228	207,1
3,00	86	124	99	130	108	222	191,8
3,25	84,2	109	92	113	97	140	179,5
3,50	81	91	83	93	84	56	170,3
3,75	80,6	89	82	90	83	48	163,9
4,00	79,7	84	80	85	80	22	158,8
4,25	80,6	/	/	/	/	6	154,6
4,50	78,8	/	/	/	/	/	151,4
4,75	77,9	/	/	/	/	/	149,0
5,00	77	/	/	/	/	/	145,8
5,25	77	/	/	/	/	/	144,6
5,50	77	/	/	/	/	/	143,5
5,75	77	/	/	/	/	/	142,5

<u>t</u>	<u>TE</u>	<u>Tp1</u>	<u>Ts1</u>	<u>Tp2</u>	<u>Ts2</u>	<u>I</u>	<u>Peso</u>
6,00	77	/	/	/	/	/	141,7
6,25	77	/	/	/	/	/	140,8
6,50	77	/	/	/	/	/	140
6,75	76,1	/	/	/	/	/	139,4
7,00	75,2	/	/	/	/	/	139,3
7,25	75,2	/	/	/	/	/	139,1
7,50	75,2	/	/	/	/	/	139,1

Tabla 2B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
3,4346	3,3346	10,79
3,2346	3,1429	9,89
3,0513	2,9695	8,83
2,8877	2,8104	8,34
2,7331	2,6430	9,73
2,5528	2,4741	8,50
2,3953	2,3214	7,97
2,2476	2,1657	8,83
2,0839	1,9995	9,12
1,9150	1,8222	10,01
1,7294	1,6491	8,67
1,5688	1,5109	6,25

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
1,4529		
	1,4063	5,03
1,3597		
	1,3249	3,76
1,2901		
	1,2658	2,62
1,2416		
	1,2223	2,08
1,2029		
	1,1870	1,72
1,1711		
	1,1590	1,31
1,1469		
	1,1378	0,98
1,1287		
	1,1166	1,31
1,1045		
	1,0999	0,49
1,0954		
	1,0912	0,45
1,0870		
	1,0833	0,41
1,0795		
	1,0764	0,33
1,0734		
	1,0700	0,37

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
1,0666		
	1,0636	0,33
1,0605		
	1,0583	0,25
1,0560		
	1,0556	0,04
1,0552		
	1,0545	0,08
1,0537		
	1,0537	0,0000
1,0537		

Tabla 2C Tabulación de eficiencia prueba 2.

<u>I</u>	<u>Qu1</u>	<u>η_{c1}</u>	<u>Qu2</u>	<u>η_{c2}</u>
170	1666,10	59,40	1202,34	42,86
170	1666,10	59,40	1202,34	42,86
150	1352,58	53,43	1030,58	41,63
154	1477,16	58,13	1030,58	40,56
110	961,87	53,00	687,05	37,85
114	961,87	51,14	687,05	36,53
118	1133,64	58,23	687,05	35,29
110	979,05	53,94	687,05	37,85
122	1133,64	56,31	687,05	34,13
144	1322,58	55,66	858,82	36,14
167	1638,28	61,09	1202,34	43,63
228	2370,33	63,01	1717,63	45,66
222	2232,92	60,96	1545,87	42,20
140	1339,75	58,00	858,82	37,18
56	343,53	37,178	171,76	18,58
48	240,47	30,36	171,73	21,69
22	51,53	14,20	/	/
6	/	/	/	/

$$\sum I = 2251,00 \quad \sum Qu1 = 20871,4 \quad \sum Qu2 = 14428,03$$

$$\eta_{c1} \text{ día} = \frac{20871,4}{2251,00 \times 16,5} = 56,19\%$$

$$\eta_{c2} \text{ día} = \frac{14428,03}{2251,00 \times 16,5} = 38,85\%$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = \frac{35299,43}{2251,00 \times 16,5 \times 2} = 47,52\%$$

$$\bar{I} = 125,06 \text{ BTU/hr pie}^2 \quad \eta_{ST} \text{ día} = 47,52$$

PRUEBA N° 3

Fecha: 5 de Octubre de 1.986

Hora de inicio de la prueba: 10:30 AM.

DATOS:

Humedad inicial de la muestra:	75,67%
Temperatura de secado:	122°F (50°C)
Caudal de aire:	2,80 pies ³ /sg.
Area de secado:	0,0215 pies ² .
Peso de bandeja:	273,6 gramos (0,12 lb)
Peso total:	713,55 gramos (0,32 lb)
Peso de la muestra:	439,95 gramos (0,30 lb)
Humedad relativa del ambiente:	68%
Temperatura de bulbo húmedo a la entrada:	86°F (30°C)
Humedad relativa del aire a la entrada:	23%
Temperatura media de salida del aire:	105,53°F (40,85°C)
Temperatura de bulbo húmedo a la salida:	79,22°F (26,23°C)
Humedad relativa del aire a la salida:	31%

Tabla 3A Tabulación de datos prueba 3.

<u>t</u>	<u>TE</u>	<u>Tp1</u>	<u>Ts1</u>	<u>Tp2</u>	<u>Ts2</u>	<u>I</u>	<u>Peso</u>
0,00	81,5	113	92	119	99	180	439,95
0,25	81,5	117	93	122	102	200	405,15
0,50	82,4	121	96	127	106	222	378,85
0,75	82,4	112	92	118	99	172	357,55
1,00	82,4	117	93	120	102	194	331,45
1,25	82,4	112	91	116	97	164	315,1
1,50	82,4	117	93	122	101	194	294,8
1,75	83,3	118	94	123	102	194	274,4
2,00	84,2	127	99	133	110	244	254,8
2,25	85,1	130	101	136	113	260	234,7
2,50	86	146	109	157	126	361	209,4
2,75	83,3	113	92	118	98	166	193,2
3,00	82,4	110	91	114	97	155	177,9
3,25	82,4	104	88	107	91	116	165,3
3,50	81,5	111	90	116	96	166	155,8
3,75	82,4	124	96	131	106	239	150,7
4,00	83,3	113	92	118	98	166	145,8
4,25	83,3	101	87	103	90	94	142,4
4,50	83,3	101	87	103	90	94	140
4,75	83,3	102	88	105	91	100	138,4
5,00	82,4	101	86	103	88	92	136,1
5,25	81,5	95	84	97	86	72	134,7
5,50	80,6	89	81	89	81	40	133,4
5,75	80,6	/	/	/	/	35	132,5

<u>t</u>	<u>TE</u>	<u>Tp1</u>	<u>Ts1</u>	<u>Tp2</u>	<u>Ts2</u>	<u>I</u>	<u>Peso</u>
6,00	80,6	/	/	/	/	30	131,8
6,25	80,6	/	/	/	/	20	131,2
6,50	80,6	/	/	/	/	22	130,7
6,75	80,6	/	/	/	/	10	130,4
7,00	80,6	/	/	/	/	10	130,3
7,25	80,6	/	/	/	/	10	130,3

Tabla 3B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
3,1102	2,9871	20,16
2,8641	2,7712	10,76
2,6782	2,6029	8,72
2,5276	2,4354	10,68
2,3431	2,2853	6,69
2,2275	2,1558	8,31
2,0840	2,0119	8,35
1,9398	1,8705	8,02
1,8013	1,7302	8,23
1,6592	1,5697	10,36
1,4803	1,4231	6,63
1,3658	1,3117	6,26

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
1,2576		
	1,2131	5,16
1,1686		
	1,1350	3,89
1,1014		
	1,0834	2,09
1,0653		
	1,0480	2,01
1,0307		
	1,0187	1,39
1,0067		
	0,9982	0,98
0,9897		
	0,9841	0,65
0,9784		
	0,9703	0,94
0,9621		
	0,9572	0,57
0,9522		
	0,9476	0,53
0,9430		
	0,9399	0,37
0,9367		
	0,9342	0,29
0,9317		
	0,9296	0,25

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
0,9275		
	0,9257	0,20
0,9240		
	0,9229	0,12
0,9218		
	0,9215	0,04
0,9211		
	0,9211	0,0000
0,9211		

Tabla 3C Tabulación de eficiencia prueba 3.

<u>I</u>	<u>Qu1</u>	<u>η_{c1}</u>	<u>Qu2</u>	<u>η_{c2}</u>
180	1803,51	60,72	1202,34	40,48
200	1975,28	59,86	1545,87	46,84
222	2335,98	63,77	1717,63	46,89
172	1648,93	58,10	1202,34	42,37
194	1820,69	56,88	1545,87	48,29
164	1477,16	54,59	1030,58	38,08
194	1820,69	56,88	1374,11	42,93
194	1837,87	57,42	1374,11	42,93
244	2542,10	63,14	1889,40	46,93
260	2731,03	63,66	2061,16	48,05
361	3950,55	66,51	2919,97	49,16
166	1494,34	54,56	1030,58	37,63
155	1477,16	57,76	1030,58	40,30
116	961,87	50,25	687,05	35,90
166	1459,99	53,30	1030,58	37,63
239	2335,98	59,24	1717,63	43,56
166	1494,34	54,56	1030,58	37,63
94	635,52	40,98	515,29	33,22
94	635,52	40,98	515,29	33,22
100	807,29	48,93	515,29	31,25
92	618,35	40,73	343,53	22,63
72	429,41	36,15	343,53	28,92
40	68,71	10,41	/	/

$\Sigma I = 3846$ $\Sigma Qu1 = 36362,67$ $\Sigma Qu2 = 26623,31$

$$\eta_{c1} \text{ día} = \frac{36362,67}{3846,00 \times 16,5} = 57,30\%$$

$$\eta_{c2} \text{ día} = \frac{26623,31}{3846,00 \times 16,5} = 41,95\%$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = \frac{62985,98}{3846,00 \times 16,5 \times 2} = 49,63\%$$

$$\bar{I} = 183,13 \text{ BTU/hr pie}^2 \quad \eta_{ST} \text{ día} = 49,63\%$$

PRUEBA N° 4

Fecha: 12 de Octubre de 1.986

Hora de inicio de la prueba:

DATOS:

Humedad inicial de la muestra:	75,13%
Temperatura de secado:	140°F (60°C)
Caudal de aire:	2,03 pies ³ /sg.
Area de secado:	0,0215 pies ² .
Peso de bandeja:	273,6 gramos (0,60 lb)
Peso total:	769,2 gramos (1,69 lb)
Peso de la muestra:	495,6 gramos (1,09 lb)
Humedad relativa ambiente:	72%
Temperatura de bulbo húmedo a la entrada:	93,20 (34°C)
Humedad relativa del aire a la entrada:	12%
Temperatura media de salida del aire:	128,08°F (53,38°C)
Temperatura de bulbo húmedo a la salida:	86,27 (30,15°C)
Humedad relativa del aire a la salida:	18%

Tabla 4A Tabulación de datos prueba 4.

<u>t</u>	<u>TE</u>	<u>Tp1</u>	<u>Ts1</u>	<u>Tp2</u>	<u>Ts2</u>	<u>I</u>	<u>Peso</u>
0,00	83,3	95,5	86,5	110	88,5	66	495,6
0,25	82,4	93	85,5	95	87,5	56	450,3
0,50	83,3	97	87	100	89	74	410,9
0,75	82,4	98	87	100	90,5	84	382,2
1,00	82,4	100	87	102	91	95	352,6
1,25	82	89	84	92	85	44	327,0
1,50	81,5	93	84,5	95	86,5	60	299,4
1,75	81,5	92	84,5	94	86,5	56	277,8
2,00	83,3	96	86,5	97	89	67	249,1
2,25	84,2	105	91	108	95,5	112	230,5
2,50	84,2	92	93,5	93	94	40	214,9
2,75	84,2	117	98,5	123	107,5	184	199,6
3,00	84,2	110	93,5	114	100	144	186,4
3,25	84,2	108	93	112	98,5	134	176,2
3,50	84,2	110	93,5	114	100	144	167,9
3,75	84,2	106	92	110	97,5	122	161,5
4,00	84,2	102	90	106	93,5	100	158
4,25	82,4	100	87,5	102	91	94	155,6
4,50	82,4	98	87	100	90	83	154,2
4,75	82,4	132	103	139	119	280	150,7
5,00	82,4	128	101,5	135	115	256	149,1
5,25	82,4	116	94	120	103	184	148,2
5,50	81,5	96	86	98	89	78	147,5
5,75	80,6	85	81	87	81	22	146,8
6,00	81,5	108	89,5	112	95	144	146,3

Tabla 4B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
3,0209	2,8822	18,54
2,7448	2,6247	16,13
2,5046	2,4172	11,75
2,3297	2,2395	12,75
2,1493	2,0712	10,48
1,9932	1,9091	11,30
1,8250	1,7591	8,84
1,6933	1,6058	11,75
1,5184	1,4617	7,61
1,4050	1,3575	6,39
1,3099	1,2633	6,26
1,2167	1,1764	5,40

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
1,1362		
	1,1051	4,17
1,0740		
	1,0487	3,40
1,0234		
	1,0039	2,62
0,9844		
	0,9737	1,43
0,9631		
	0,9558	0,98
0,9485		
	0,9442	0,57
0,9399		
	0,9293	1,43
0,9186		
	0,9137	0,65
0,9088		
	0,9061	0,37
0,9033		
	0,9012	0,29
0,8991		
	0,8969	0,29
0,8948		
	0,8933	0,20
0,8918		

Tabla 4C Tabulación de eficiencia prueba 4.

<u>I</u>	<u>Qu1</u>	<u>η_{c1}</u>	<u>Qu2</u>	<u>η_{c2}</u>
66	398,49	36,59	249,06	22,87
56	386,04	41,78	249,06	26,97
74	460,75	37,74	249,06	20,40
84	572,83	41,33	435,85	31,45
95	572,83	36,54	498,11	31,78
44	249,06	34,41	124,53	17,15
60	373,58	37,74	249,06	25,16
56	373,58	40,43	249,06	26,95
67	398,49	36,05	311,32	28,16
112	846,79	45,82	560,38	30,32
40	186,79	28,30	124,53	18,87
184	1780,75	58,65	1120,75	36,92
144	1158,11	48,74	809,43	34,07
134	1095,85	49,56	685,41	31,00
144	1158,11	48,74	809,43	34,07
122	971,32	48,25	684,91	34,02
100	722,26	43,77	435,85	26,42
94	635,09	40,95	435,85	28,10
83	572,83	41,83	373,58	27,28
280	2565,28	55,53	1992,45	43,13
256	2378,49	56,31	1681,15	39,80
184	1444,53	47,58	1120,89	36,92
78	560,38	43,54	373,58	29,03
22	49,81	13,72	/	/

<u>I</u>	<u>Qu1</u>	<u>c1</u>	<u>Qu2</u>	<u>c2</u>
144	996,23	41,93	622,64	26,21

$$\sum I = 2723,00 \quad \sum Qu1 = 20908,35 \quad \sum Qu2 = 14445,94$$

$$\eta_{c1} \text{ día} = \frac{20908,35}{2723,00 \times 16,5} = 46,54\%$$

$$\eta_{c2} \text{ día} = \frac{14445,94}{2723,00 \times 16,5} = 32,15\%$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = \frac{35354,29}{2723,00 \times 15,5 \times 2} = 39,34\%$$

$$\bar{I} = 108,92 \text{ BTU/hr pie}^2 \quad \eta_{ST} \text{ día} = 39,34\%$$

PRUEBA N° 5

Fecha: 16 de Octubre de 1.986

Hora de inicio de la prueba: 12:00

DATOS:

Humedad inicial de la muestra:	73,15%
Temperatura de secado:	140°F (10°C)
Caudal de aire:	2,03 pies ³ /sg.
Area de secado:	0,0215 pies ² .
peso de bandeja:	278,5 gramos (0,62 lb)
Peso total:	914,2 gramos (2,01 lb)
Peso de la muestra:	635,7 gramos (1,39 lb)
Humedad relativa ambiente:	72%
Temperatura de bulbo húmedo a la entrada:	93,5 °F (34,17°C)
Humedad relativa del aire a la entrada:	13%
Temperatura media de salida del aire:	128,6°F (53,67°C)
Temperatura de bulbo húmedo a la salida:	84,69°F (29,27°C)
Humedad relativa del aire a la salida:	17%

Tabla 5A Tabulación de datos prueba 5.

<u>t</u>	<u>TE</u>	<u>Tp1</u>	<u>Ts1</u>	<u>Tp2</u>	<u>Ts2</u>	<u>I</u>	<u>Peso</u>
0,00	86	143	113	151	133	330	635,7
0,25	85,1	142	113	149	134	335	598,7
0,50	85,1	144	112	150	132	330	560,5
0,75	86	145	113	151	133	330	518,6
1,00	86	145	113	151	133	330	492,1
1,25	86	141	113	149	133	320	462,3
1,50	86,9	140	113	148	132	310	430,1
1,75	86	138	110	145	128	300	405,2
2,00	86	137	110	143	127	290	375,1
2,25	84,2	129	107	139	123	275	355,5
2,50	85,1	129	105	137	119,5	255	340
2,75	85,1	127	104	134	117,5	240	325
3,00	86,9	126	104	132	116,5	225	311,5
3,25	86,9	123	103	130	115	210	299,5
3,50	86,9	121	99,5	126	108,5	190	288,2
3,75	86	114	98,5	120	105,5	160	277,8
4,00	86	112	96	116	102,5	145	268,3
4,25	86	108	93	111	97,5	120	258,6
4,50	85,1	104	90,5	106	94	100	249,5
4,75	84,2	101	89	103	92,5	90	241,7
5,00	82,4	95	86	97	89	70	237,2
5,25	82,4	88	83,5	89	84	30	232,9
5,50	80,6	85	81	86	81	20	231,1
5,75	80,6	85	81	86	81	20	230,2

Tabla 5B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
2,7244		
	2,6451	15,14
2,5658		
	2,4840	15,64
2,4021		
	2,3123	17,15
2,2225		
	2,1658	10,87
2,1090		
	2,0451	12,20
1,9813		
	1,9123	13,18
1,8433		
	1,7899	10,19
1,7365		
	1,6721	12,32
1,6076		
	1,5656	8,02
1,5236		
	1,4903	6,34
1,4571		
	1,4250	6,14
1,3928		
	1,3639	5,53

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
1,3350		
	1,3093	4,91
1,2836		
	1,2593	4,63
1,2351		
	1,2128	4,26
1,1906		
	1,1702	3,89
1,1498		
	1,1291	3,97
1,1083		
	1,0888	3,72
1,0693		
	1,0526	3,19
1,0358		
	1,0262	1,84
1,0166		
	1,0073	1,76
0,9981		
	0,9941	0,78
0,9900		
	0,9883	0,33
0,9866		

Tabla 5C Tabulación de eficiencia prueba 5.

<u>I</u>	<u>Qu1</u>	<u>η_{c1}</u>	<u>Qu2</u>	<u>η_{c2}</u>
330	3362,29	61,75	2490,57	45,74
335	3474,33	62,86	2615,09	47,31
330	3341,81	61,52	2490,57	45,74
330	3362,29	61,75	2490,57	45,74
330	3362,29	61,75	2490,57	45,74
320	3362,26	63,68	2490,57	47,17
310	3250,19	63,54	2366,04	46,26
300	2988,68	60,38	2241,36	45,28
290	2988,68	62,46	2116,98	44,24
275	2839,25	62,57	1992,45	43,91
255	2478,11	58,90	1805,66	42,92
240	2353,59	59,43	1681,02	42,45
225	2129,43	57,36	1556,60	41,93
210	2004,91	57,86	1494,34	43,13
190	1569,06	50,05	1120,75	35,75
160	1556,60	58,96	871,70	33,02
145	1245,28	52,05	809,43	33,83
120	871,70	44,03	560,34	28,30
100	672,45	40,75	435,85	26,49
90	597,74	40,25	435,85	29,35
70	448,30	38,81	373,58	32,35
30	136,98	27,67	62,26	12,58
20	49,81	15,09	/	/
20	49,81	15,09	/	/

$$\Sigma I = 5025,00 \quad \Sigma Q_{ul} = 48752,85 \quad \Sigma Q_{ul} = 34992,15$$

$$\eta_{c1} \text{ día} = \frac{48752,85}{5025,00 \times 16,5} = 54,49\%$$

$$\eta_{c2} \text{ día} = \frac{34992,15}{5025,00 \times 16,5} = 42,20\%$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = \frac{83488,02}{5025,00 \times 16,5 \times 2} = 50,35\%$$

$$\bar{I} = 209,38 \text{ BTU/hr pie}^2$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = 50,35\%$$

PRUEBA N° 6

Fecha: 18 de Octubre de 1.986

Hora de inicio de la prueba: 11:00 AM.

DATOS:

Humedad inicial de la muestra:	74,32%
Temperatura de secado:	140°F (60°C)
Caudal de aire:	2,03 pies ³ /sg.
Area de secado:	0,0215 pies ² .
Peso de bandeja:	266 gramos (0,59 lb)
Peso total:	733,7 gramos (1,61 lb)
Peso de muestra:	466,7 gramos (1.02 lb)
Humedad relativa ambiente:	72%
Temperatura de bulbo húmedo a la entrada:	91,48°F (33,05°C)
Humedad relativa del aire a la entrada:	13%
Temperatura media de salida del aire:	130,18 (54,55°C)
Temperatura de bulbo húmedo a la salida:	86,82°F (30,45°C)
Humedad relativa del aire a la salida:	17%

Tabla 6A Tabulación de datos prueba 6.

<u>t</u>	<u>TE</u>	<u>Tp1</u>	<u>Ts1</u>	<u>Tp2</u>	<u>Ts2</u>	<u>I</u>	<u>Peso</u>
0,00	78,8	98	84,5	101	88	105	467,7
0,25	79,7	97	84	99	87,5	90	412,8
0,50	79,7	98	85,5	101	89	100	371,2
0,75	79,7	100	86,5	103	91	110	334,9
1,00	79,7	96	84,5	99	88	90	304,5
1,25	80,6	102	88,5	106	93	120	279
1,50	80,6	101	86,5	104	90	110	251,3
1,75	80,6	101	87,5	104	91	110	228,7
2,00	78,8	95	84,5	98	88	90	209,5
2,25	78,8	94	83	96	85,5	80	196,2
2,50	78,8	92	82,5	94	83,5	70	185,1
2,75	78,8	93	83,5	96	86	80	173,9
3,00	79,7	94	84,5	96	87	80	165,1
3,25	79,7	95	84,5	98	87,5	85	158,3
3,50	80,6	97	85	100	89,5	90	151
3,75	80,6	101	87,5	104	82	110	145,8
4,00	80,6	102	88,5	106	94	120	141,3
4,25	81,5	100	88	103	81,5	100	137,6
4,50	81,5	99	87	102	90	95	134
4,75	81,5	102	88	105	92,5	110	132,5
5,00	80,6	96	85	99	88	84	131,8
5,25	80,6	93	83,5	95	85,5	66	131,3

Tabla 6B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
2,8941		
	2,7242	22,47
2,5544		
	2,4257	17,03
2,2969		
	2,1846	14,86
2,0723		
	1,9783	12,44
1,8842		
	1,8053	10,44
1,7264		
	1,6407	11,34
1,5550		
	1,4851	9,25
1,4152		
	1,3558	7,86
1,2964		
	1,2552	5,44
1,2141		
	1,1797	4,54
1,1454		
	1,1107	4,58
1,0761		
	1,0488	3,60

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
1,0216	1,0006	2,78
0,9795	0,9570	2,99
0,9344	0,9183	2,13
0,9022	0,8883	1,84
0,8744	0,8629	1,51
0,8515	0,8403	1,47
0,8292	0,8245	0,61
0,8199	0,8177	0,29
0,8156	0,8140	0,20
0,8125		

Tabla 6C Tabulación de eficiencia prueba 6.

<u>I</u>	<u>Qu1</u>	<u>ηc1</u>	<u>Qu2</u>	<u>ηc2</u>
105	709,81	40,97	435,85	25,16
90	535,47	36,06	435,85	29,35
100	722,26	43,77	435,85	26,42
110	846,79	46,66	560,29	30,87
90	597,74	40,25	435,85	29,36
120	983,77	49,69	560,38	28,30
110	734,72	40,48	435,85	24,01
110	859,25	47,74	435,85	24,01
90	709,81	47,80	435,85	29,35
80	523,02	39,62	311,32	23,85
70	460,75	34,91	249,05	21,56
80	585,28	44,35	311,32	23,58
80	597,74	45,28	311,32	23,58
85	597,74	42,62	373,58	26,64
90	672,45	45,28	435,85	29,35
110	859,25	47,34	560,29	30,87
120	937,77	49,69	684,91	34,59
100	809,43	59,06	435,85	26,42
95	684,91	43,69	373,58	23,83
110	809,43	44,60	560,38	30,87
84	547,92	39,53	373,58	26,95
66	361,13	33,16	249,06	22,87

$$\sum I = 2095,00 \quad \sum Qu1 = 15146,44$$

$$\eta_{c1} \text{ día} = \frac{15146,44}{2095,00 \times 16,5} = 43,82\%$$

$$\eta_{c2} \text{ día} = \frac{9401,71}{2095,00 \times 16,5} = 27,20\%$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = \frac{24584,15}{2095,00 \times 16,5 \times 2} = 35,51\%$$

$$\bar{I} = 95,22 \text{ BTU/hr pie}^2$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = 35,51\%$$

PRUEBA N° 7

Fecha: 21 de Octubre de 1.986

Hora de inicio de la prueba: 10:00 AM.

DATOS:

Humedad inicial de la muestra:	73,43%
Temperatura de secado:	140°F (60°C)
Caudal de aire:	2,03 pies ³ /sg.
Area de secado:	0,0215 pies ² .
Peso de bandeja:	276 gramos (0,61 lb)
Peso total:	857 gramos (1,89 lb)
Peso de la muestra:	581 gramos (1,28 lb)
Humedad relativa ambiente:	74%
Temperatura de bulbo húmedo a la entrada:	90,11°F (32,28°C)
Humedad relativa del aire a la entrada:	13%
Temperatura media de salida del aire:	125,99°F (52,22°C)
Temperatura de bulbo húmedo a la salida:	84,16°F (28,98°C)
Humedad relativa del aire a la salida:	18%

Tabla 7A Tabulación de datos prueba 7.

<u>t</u>	<u>TE</u>	<u>Tp1</u>	<u>Ts1</u>	<u>Tp2</u>	<u>Ts2</u>	<u>I</u>	<u>Peso</u>
0,00	79,7	104	87,5	107	93	130	581
0,25	79,7	104	87,5	107	93	130	522,7
0,50	78,8	97	84,5	100	88	100	481
0,75	79,7	99	85,5	102	89	105	441,5
1,00	79,7	101	87,5	105	93	120	407,2
1,25	80,6	104	89,5	107	96	130	378,7
1,50	80,6	104	89,5	107	96	130	354,6
1,75	81,5	103	88,5	107	84	120	327,1
2,00	82,4	108	91,5	111	98	140	310,2
2,25	82,4	103	89	106	93,5	110	294
2,50	82,4	103	89	106	93,5	110	283,9
2,75	82,4	103	89	106	93,5	110	265,1
3,00	83,3	104	89,5	107	94	110	249,8
3,25	83,3	107	92	111	97,5	130	236
3,50	83,3	107	92	110	97,5	130	224,4
3,75	84,2	108	93	113	98,5	135	216
4,00	84,2	109	94	114	100,5	140	204,3
4,25	83,3	105	91	109	95,5	120	196,3
4,50	83,3	107	92	111	97,5	130	189,6
4,75	83,3	100	88	102	91,5	90	183,7
5,00	82,4	99	87,5	101	91	90	177,9
5,25	82,4	98	87	100	90	85	174
5,50	81,5	95	85	97	87,5	70	173,5

Tabla 7B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
2,7636	2,6250	23,86
2,4863	2,3872	17,07
2,2880	2,1940	16,17
2,1001	2,0185	14,04
1,9369	1,8691	11,67
1,8014	1,7440	9,86
1,6867	1,6213	11,26
1,5559	1,5157	6,92
1,4755	1,4370	6,63
1,3985	1,3744	4,13
1,3504	1,3057	7,69
1,2610	1,2246	6,26

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
1,1882	1,1554	5,65
1,1226	1,0950	4,75
1,0674	1,0474	3,44
1,0274	0,9996	4,79
0,9718	0,9528	3,27
0,9337	0,9178	2,74
0,9019	0,8878	2,41
0,8738	0,8600	2,37
0,8462	0,8369	1,60
0,8277	0,8265	0,20
0,8253		

Tabla 7C Tabulación de eficiencia prueba 7.

<u>I</u>	<u>Qu1</u>	<u>η_{c1}</u>	<u>Qu2</u>	<u>η_{c2}</u>
130	971,32	45,28	684,91	31,93
130	971,32	45,28	684,91	31,93
100	709,81	43,02	435,85	26,48
105	722,26	41,69	435,85	25,16
120	971,32	49,06	684,91	34,59
130	1108,30	51,67	809,43	37,74
130	1108,30	51,67	809,43	37,74
120	871,70	44,03	684,91	34,59
140	1133,21	49,06	809,43	35,04
110	821,89	45,28	560,29	30,87
110	821,89	45,28	560,29	30,87
110	821,89	45,28	560,29	30,87
110	772,08	42,54	560,29	30,87
130	1083,40	50,51	684,91	31,93
130	1083,40	50,51	684,91	31,93
135	1095,85	49,20	684,91	30,75
140	1220,38	52,83	809,43	35,04
120	958,87	48,43	560,34	28,30
130	1083,40	50,51	684,91	31,93
90	585,28	39,41	435,85	29,35
90	635,09	42,77	435,85	29,35
85	572,83	40,84	373,58	26,64
70	435,85	37,74	288,75	25,00

 $\sum I = 2665,00$ $\sum Qu1 = 20559,64$ $\sum Qu2 = 13924,23$

$$\eta_{c1} \text{ día} = \frac{20559,64}{2665,00 \times 16,5} = 46,76\%$$

$$\eta_{c2} \text{ día} = \frac{13924,23}{2665,00 \times 16,5} = 31,67\%$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = \frac{34483,87}{2665,00 \times 16,5 \times 2} = 39,21\%$$

$$\bar{I} = 115,87 \text{ BTU/hr pie}^2$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = 39,21\%$$

PRUEBA N° 8

Fecha: 22 de Octubre de 1.986

Hora de inicio de la prueba:

DATOS:

Humedad inicial de la muestra:	75,63%
Temperatura de secado:	140°F (60°C)
Caudal de aire:	2,03 pies ³ /sg.
Area de secado:	0,0215 pies ² .
Peso de bandeja:	273,9 gramos (0,60 lb)
Peso total:	913,9 gramos (2,01 lb)
Peso de muestra:	640 gramos (1,41 lb)
Humedad relativa ambiente:	74%
Temperatura de bulbo húmedo a la entrada:	90,38°F (32,43°C)
Humedad relativa del aire a la entrada:	13%
Temperatura media de salida del aire:	127,56°F (53,09°C)
Temperatura de bulbo húmedo a la salida:	87,45°F (30,80°C)
Humedad relativa del aire a la salida:	18%

Tabla 8A Tabulación de datos prueba 8.

<u>t</u>	<u>TE</u>	<u>Tp1</u>	<u>Ts1</u>	<u>Tp2</u>	<u>Ts2</u>	<u>I</u>	<u>Peso</u>
0,00	77	92	81,5	94	84,5	80	640
0,25	77,9	96	83,5	99	87	100	580
0,50	78,8	101	86,5	104	86	120	532,6
0,75	77,9	94	83,5	97	87	90	492,8
1,00	77	88	80	90	82	60	455,7
1,25	77	89	80,5	91	82,5	65	425,1
1,50	77,9	94	83,5	97	87	90	386,9
1,75	77,9	95	83,5	98	87	95	354,4
2,00	78,8	99	85,5	102	90	110	321,3
2,25	78,8	94	83,5	99	86,5	85	296,2
2,50	78,8	93	83,5	97	86	80	276,4
2,75	78,8	95	84,5	98	88	90	254,9
3,00	81,5	103	89	107	94,5	120	237,7
3,25	82,4	111	93,5	115	101,50	160	222,9
3,50	82,4	106	90,5	110	96	130	209,6
3,75	82,4	109	92,5	114	99,5	150	199,3
4,00	83,3	110	93,5	114	100,5	150	191,2
4,25	84,2	109	94	114	100	140	183,3
4,50	83,3	105	91	109	95,5	120	177,3
4,75	83,3	98	87,5	100	80,5	80	172,1
5,00	83,5	100	88	103	91,5	90	169,9
5,25	83,3	115	96,5	120	105,5	178	168,6
5,50	83,3	102	89	105	108,5	100	168,00

Tabla 8B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
3,1034	2,9579	24,56
2,8125	2,6969	19,50
2,5814	2,4861	16,29
2,3896	2,2994	15,19
2,2097	2,1355	12,52
2,0613	1,9687	15,64
1,8761	1,7973	13,30
1,7185	1,6383	13,55
1,5580	1,4972	10,27
1,4363	1,3883	8,10
1,3403	1,2882	8,80
1,2360	1,1943	7,04

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
1,1526		
	1,1167	6,06
1,0809		
	1,0486	5,44
1,0164		
	0,9914	4,22
0,9664		
	0,9468	3,32
0,9271		
	0,9080	3,23
0,8888		
	0,8743	2,46
0,8597		
	0,8471	2,13
0,8345		
	0,8292	0,90
0,8239		
	0,8207	0,53
0,8176		
	0,8161	0,25
0,8146		

Tabla 8C Tabulación de eficiencia prueba 8.

<u>I</u>	<u>Qu1</u>	<u>f_{c1}</u>	<u>Qu2</u>	<u>f_{c2}</u>
80	560,34	42,45	373,58	28,30
100	697,36	42,26	435,85	26,42
120	958,87	48,43	684,91	34,59
90	697,36	46,96	435,85	29,35
60	373,58	37,74	249,06	25,16
65	435,85	40,64	249,06	23,22
90	697,36	46,96	435,85	29,35
95	697,36	44,49	435,85	27,81
110	834,34	45,97	360,29	30,87
85	585,28	41,73	373,58	26,64
80	585,28	44,34	311,32	23,58
90	709,81	47,80	435,85	29,35
120	933,96	47,17	684,91	34,59
160	1382,26	52,36	996,29	37,74
130	1008,68	47,02	684,91	31,93
150	1257,81	50,82	871,70	35,22
150	1270,19	51,32	871,70	35,22
140	1220,38	52,83	747,17	32,35
120	958,87	48,43	560,34	28,30
80	523,02	39,62	373,58	28,30
90	585,28	40,75	435,85	29,35
178	1643,77	55,97	1120,75	38,16
100	709,81	43,02	435,85	26,42

 $\Sigma I = 2483,00$ $\Sigma Qu1 = 19326,82$ $\Sigma Qu2 = 12564,10$

$$\eta_{c1} \text{ día} = \frac{19326,82}{2483,00 \times 16,5} = 47,17\%$$

$$\eta_{c2} \text{ día} = \frac{12564,10}{2483,00 \times 16,5} = 30,67\%$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = \frac{31890,92}{2483,00 \times 16,5 \times 2} = 38,92\%$$

$$\bar{I} = 107,96 \text{ BTU/hr pie}^2$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = 38,92\%$$

PRUEBA N° 9

Fecha: 7 de Octubre de 1.986

Hora de inicio de la prueba: 10:15 AM.

DATOS:

Humedad inicial de la muestra:	77,27%
Temperatura de secado:	158°F (70°C)
Caudal de aire:	2,03 pies ³ /sg.
Area de secado:	0,0215 pies ² .
Peso de bandeja:	275,3 gramos (0,61 lb)
Peso total:	802,6 gramos (1,77 lb)
Peso de muestra:	527,3 gramos (1,16 lb)
Humedad relativa ambiente:	74%
Temperatura de bulbo húmedo a la entrada:	96,88°F (36,04°C)
Humedad relativa del aire a la entrada:	8%
Temperatura media de salida del aire:	142,19°F (61,22°C)
Temperatura de bulbo húmedo a la salida:	87,72°F (30,96°C)
Humedad relativa del aire a la salida:	12%

Tabla 9A Tabulación de datos prueba 9.

<u>t</u>	<u>TE</u>	<u>Tp1</u>	<u>Ts1</u>	<u>Tp2</u>	<u>Ts2</u>	<u>I</u>	<u>Peso</u>
0,00	84,2	131	106,5	139	122	270	527,3
0,25	83,3	115	97	120	106	180	484,2
0,50	86	130	107	137	121,5	250	441,2
0,75	82,4	113	94,5	117	103,5	170	407,2
1,00	86	137	111	145	129	300	375,5
1,25	86	137	111	145	129	300	345,5
1,50	86,9	144	116	154	136	340	317,4
1,75	88,7	148	120	160	141,5	360	290,4
2,00	88,7	148	118	158	139	350	268,8
2,25	88,7	147	117	157	138,5	340	239,1
2,50	86,9	142	115	152	135	330	228,2
2,75	89,6	141	114,5	149	132,5	300	212,7
3,00	89,6	144	115,5	152	133,5	310	200,8
3,25	89,6	142	114,5	149	132,5	300	190,0
3,50	89,6	141	113,5	147	130,5	290	183,2
3,75	89,6	141	113,5	147	130,5	290	176,4
4,00	90,5	137	112	144	128	270	171,0
4,25	87,8	131	108	138	122,5	250	166,7
4,50	90,5	132	109,5	140	123	240	163,2
4,75	90,5	129	107,5	135	119	220	160,3
5,00	89,6	124	104	129	114	195	156,3
5,25	89,6	121	103	127	112	180	155,7
5,50	88,7	112	96,5	116	102	130	155,4

Tabla 9B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R.</u>
3,4000		
	3,2610	17,62
3,1221		
	2,9835	17,58
2,8448		
	2,7352	13,90
2,6256		
	2,5234	12,96
2,4212		
	2,3243	12,28
2,2274		
	2,1370	11,47
2,0466		
	1,9595	11,04
1,8725		
	1,8028	8,83
1,7332		
	1,6375	12,14
1,5417		
	1,5066	4,46
1,4714		
	1,4214	6,34
1,3715		
	1,3331	4,86

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
1,2947		
	1,2599	4,41
1,2251		
	1,2025	2,86
1,1800		
	1,1587	2,70
1,1374		
	1,1200	2,21
1,1026		
	1,0887	1,76
1,0749		
	1,0636	1,43
1,0523		
	1,0430	1,19
1,0336		
	1,0207	1,64
1,0078		
	1,0059	0,25
1,0039		
	1,0030	0,12
1,0020		

Tabla 9C Tabulación de eficiencia prueba 9.

<u>I</u>	<u>Qu1</u>	<u>η_{c1}</u>	<u>Qu2</u>	<u>η_{c2}</u>
270	2776,98	62,33	1967,55	44,16
180	1706,04	57,44	1120,75	37,74
250	2615,09	63,40	1805,66	43,77
170	1506,79	53,72	1120,88	39,96
300	3113,21	62,89	2241,36	45,28
300	3113,21	63,40	2241,36	45,28
340	3623,77	64,59	2490,57	44,40
360	3897,74	65,62	2677,36	45,07
350	3648,68	63,18	2615,09	45,28
340	352,15	62,82	2677,36	47,72
330	3499,25	64,27	2490,57	45,74
300	3100,76	62,64	2241,36	45,28
310	3225,28	63,06	3241,36	43,82
300	3100,76	62,64	2241,36	45,28
290	2976,23	62,20	2116,98	44,24
290	2976,23	62,20	2116,98	44,24
270	2677,36	60,10	1992,45	44,72
250	2515,47	60,98	1805,66	43,77
240	2366,04	59,75	1681,02	42,45
220	2116,98	58,32	1432,08	39,45
195	1793,21	55,73	1245,28	38,70
180	1668,68	56,18	1120,88	37,74
130	971,32	45,28	684,91	31,93

$$\sum I = 6165,00 \quad \sum Qu1 = 62513,23 \quad \sum Qu2 = 44368,13$$

$$\eta_{c1} \text{ día} = \frac{62513,22}{6165,00 \times 16,5} = 61,45\%$$

$$\eta_{c2} \text{ día} = \frac{44368,13}{6165,00 \times 16,5} = 43,62\%$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = \frac{106881,36}{6165,00 \times 16,5 \times 2} = 52,45\%$$

$$\bar{I} = 268,04 \text{ BTU/hr pie}^2$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = 52,45\%$$

PRUEBA N° 10

Fecha: 8 de Octubre de 1.986

Hora de inicio de la prueba: 12:15 PM.

DATOS:

Humedad inicial de la muestra:	75,63%
Temperatura de secado:	158°F (70°C)
Caudal de aire:	2,03 pies ³ /sg.
Area de secado:	0,0215 pies ² .
Peso de bandeja:	270,4 gramos (0,59 lb)
Peso total:	759,2 gramos (1,67 lb)
Peso de la muestra:	488,8 gramos (1,08 lb)
Humedad relativa ambiente:	74%
Temperatura de bulbo húmedo a la entrada:	95,86°F (35,48°C)
Humedad relativa del aire a la entrada:	8%
Temperatura de salida del aire:	142,74°F (61,52°C)
Temperatura de bulbo húmedo a la salida:	87,71 (30,95°C)
Humedad relativa del aire a la salida:	11%

Tabla 10A Tabulación de datos prueba 10.

<u>t</u>	<u>TE</u>	<u>Tp1</u>	<u>Ts1</u>	<u>Tp2</u>	<u>Ts2</u>	<u>I</u>	<u>Peso</u>
0,00	87,8	145	115	153	135	330	488,8
0,25	86,9	144	114	152	134	330	440,2
0,50	86,9	144	114	152	134	330	394,9
0,75	86,9	140	112	150	130	310	365,8
1,00	87,8	138	113	147	131	300	337,4
1,25	87,8	136	111,5	145	128	285	309,8
1,50	87,8	138	112,5	147	129	295	283,5
1,75	86,9	134	108,5	141	124	270	253,4
2,00	86,9	132	108	140	122,5	260	231,8
2,25	86,9	130	107	137	121	250	215,6
2,50	87,8	128	105	132	118,5	230	203,2
2,75	86,9	126	103,5	131	116	220	192,9
3,00	86,9	122	102,5	128	112,5	200	183,5
3,25	86,9	118	99,5	122	107,5	170	177,4
3,50	86	113	96	117	103,5	150	173,3
3,75	86	111	95	115	102	140	170,7
4,00	84,2	108	93	112	98,5	130	169,6
4,25	85,1	105	92,5	108	97	110	169
4,50	83,3	100	88	102	91,5	90	168,4
4,75	83,3	96	87	98	90	70	168,2
5,00	81,5	91	83,5	92	85	50	168,1

Tabla 10B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
3,1034	2,9491	19,89
2,7948	2,6510	18,54
2,5072	2,4149	11,91
2,3225	2,2323	11,62
2,1422	2,0545	11,30
1,9669	1,8834	10,76
1,7999	1,7044	12,32
1,6088	1,5403	8,84
1,4717	1,4203	6,63
1,3689	1,3295	5,08
1,2901	1,2574	4,22
1,2247	1,1949	3,85

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
1,1650		
	1,1457	2,50
1,1263		
	1,1133	1,68
1,1003		
	1,0920	1,06
1,0838		
	1,0803	0,45
1,0768		
	1,0749	0,25
1,0730		
	1,0711	0,25
1,0692		
	1,0685	0,08
1,0679		
	1,0676	0,04
1,0673		

Tabla 10C Tabulación de eficiencia prueba 10.

<u>I</u>	<u>Qu1</u>	<u>η_{c1}</u>	<u>Qu2</u>	<u>η_{c2}</u>
330	3387,17	62,21	2490,57	45,74
330	3374,72	61,98	2490,57	45,74
330	3374,72	61,98	2490,57	45,74
310	3125,66	61,11	2241,51	43,84
300	3138,11	63,40	2241,36	45,28
285	2951,32	62,76	2054,72	43,69
295	3075,85	63,19	2116,98	43,49
270	2689,81	60,38	1930,19	43,33
260	2627,55	61,25	1805,17	42,09
250	2503,02	60,68	1743,40	42,26
230	2141,89	56,44	1681,18	44,30
220	2067,17	56,95	1556,60	42,88
200	1942,64	58,87	1245,28	37,74
170	1569,06	56,94	996,23	35,52
150	1245,28	50,31	933,96	37,74
140	1120,81	48,52	871,70	37,74
130	1095,85	51,09	684,91	31,93
110	921,51	50,77	560,29	30,87
90	585,28	39,41	435,85	29,35
70	460,75	39,89	373,58	32,35
50	249,06	30,19	186,79	22,64

$$\leq I = 4520,00 \quad \leq Qu1 = 43647,23 \quad \leq Qu2 = 31131,45$$

$$\eta_{c1} \text{ día} = \frac{43647,23}{4520,00 \times 16,5} = 58,52\%$$

$$\eta_{c2} \text{ día} = \frac{31131,45}{4520,00 \times 16,5} = 41,79\%$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = \frac{74778,68}{4520,00 \times 16,5 \times 2} = 50,13\%$$

$$\bar{I} = 215,24 \text{ BTU/hr pie}^2 \quad \eta_{ST} \text{ día} = 50,13\%$$

PRUEBA N° 11

Fecha: 14 de Octubre de 1.986

Hora de inicio de la prueba: 10:00 AM.

DATOS:

Humedad inicial de la muestra:	73,62%
Temperatura de secado:	158°F (70°C)
Caudal de aire:	2,03 pies ³ /sg.
Area de secado:	0,0215 pies ² .
Peso de bandeja:	273,5 gramos (0,60 lb)
Peso total:	741,4 gramos (1,57 lb)
Peso de la muestra:	467,9 gramos (0,97 lb)
Humedad relativa ambiente:	75%
Temperatura de bulbo húmedo a la entrada:	97,23°F (36,24°C)
Humedad relativa del aire a la entrada:	8%
Temperatura media de salida del aire:	142,58°F (61,43°C)
Temperatura de bulbo húmedo a la salida:	87,57°F (30,87°C)
Humedad relativa del aire a la salida:	10%

Tabla 11A Tabulación de datos prueba 11.

<u>t</u>	<u>TE</u>	<u>Tp1</u>	<u>Ts1</u>	<u>Tp2</u>	<u>Ts2</u>	<u>I</u>	<u>Peso</u>
0,00	85,1	117	98,5	122	107,5	180	467,9
0,25	86	119	104,5	123	114	190	432,3
0,50	86	119	104,5	123	114	190	406,5
0,75	86	122	102	129	113	210	377,9
1,00	86	122	102	129	113	210	352,7
1,25	86	124	103	130	115,5	220	329,6
1,50	86	124	103	129	116	220	301,3
1,75	86	124	102	128	114,5	215	277,9
2,00	86	125	103	130	116	220	249,6
2,25	86,9	127	105	134	117,5	230	228,3
2,50	86	125	103,5	130	116	220	208,8
2,75	86	124	103	131	115	220	193,5
3,00	86	122	102	129	113	210	181,0
3,25	86	123	101,5	128	112,3	208	169,7
3,50	86	122	101,5	128	112	204	159,0
3,75	86	122	101,5	127	112	204	148,4
4,00	86	121	100,5	127	111	200	140,6
4,25	86	120	99,5	125	108,5	190	134,7
4,50	85,1	117	98,5	123	106,5	180	130,8
4,75	84,2	113	95,5	117	103,5	160	128,7
5,00	83,3	109	92,5	113	99	140	127,8
5,25	82,4	107	90,5	111	96	134	127,3
5,50	82,4	104	90	107	95	120	127,2

Tabla 11B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
2,7908	2,6846	14,57
2,5784	2,5015	10,56
2,4245	2,3392	11,71
2,2540	2,1788	10,31
2,1036	2,0348	9,45
1,9659	1,8815	11,58
1,7971	1,7273	9,58
1,6575	1,5731	11,58
1,4887	1,4252	8,72
1,3617	1,3035	7,98
1,2452	1,1997	6,26
1,1541	1,1168	5,12

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
1,0796		
	1,0459	4,63
1,0122		
	0,9803	4,38
0,9483		
	0,9167	4,34
0,8851		
	0,8619	3,19
0,8386		
	0,8210	2,41
0,8034		
	0,7918	0,28
0,7801		
	0,7739	0,86
0,7676		
	0,7649	0,37
0,7623		
	0,7608	0,20
0,7593		
	0,7590	0,04
0,7587		

Tabla 11C Tabulación de eficiencia prueba 11.

<u>I</u>	<u>Qu1</u>	<u>η_{c1}</u>	<u>Qu2</u>	<u>η_{c2}</u>
180	1668,68	56,18	1120,88	37,74
190	1805,67	57,60	1183,02	37,74
190	1805,67	57,60	1183,02	37,74
210	1992,45	57,50	1369,81	39,53
210	1992,45	57,50	1369,81	39,53
220	2116,98	58,32	1556,60	42,88
220	2116,98	58,32	1618,87	44,60
215	1992,45	56,87	1536,60	43,88
220	2116,98	58,32	1618,87	44,60
230	2253,96	59,39	1556,60	41,02
220	2179,25	60,03	1556,60	42,88
220	2116,98	58,32	1494,34	41,17
210	1992,45	57,50	1369,81	39,53
208	1930,19	56,24	1369,81	39,92
204	1930,19	57,34	1307,55	38,85
204	1930,19	57,34	1307,55	38,85
200	1805,66	54,72	1307,55	39,62
190	1680,99	53,62	1120,75	35,75
180	1668,68	56,18	996,23	33,54
160	1407,17	53,30	996,23	37,74
140	1145,66	49,60	809,43	35,04
134	1008,68	45,62	684,91	30,98
120	946,42	47,80	622,64	31,45
$\Sigma I = 4475,00$	$\Sigma Qu1 = 41604,78$		$\Sigma Qu2 = 29077,48$	

$$\eta_{c1} \text{ día} = \frac{41604,78}{4475,00 \times 16,5} = 56,35\%$$

$$\eta_{c2} \text{ día} = \frac{29077,48}{4475,00 \times 16,5} = 39,38\%$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = \frac{70682,26}{4475,00 \times 16,5 \times 2} = 47,86\%$$

$$\bar{I} = 194,57 \text{ BTU/hr pie}^2$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = 47,86\%$$

PRUEBA N° 12

Fecha: 15 de Octubre de 1.986

Hora de inicio de la prueba: 10:15 AM.

DATOS:

Humedad inicial de la muestra:	74,17%
Temperatura de secado:	158°F (70°C)
Caudal de aire:	2,03 pies ³ /sg.
Area de secado:	0,0215 pies ² .
Peso de bandeja:	271 gramos (0,60 lb)
Peso total:	813 gramos (1,79 lb)
Peso de la muestra:	542 gramos (1,19 lb)
Humedad relativa ambiente:	70%
Temperatura de bulbo húmedo a la entrada:	94,57% (34,76°C)
Humedad relativa del aire a la entrada:	7%
Temperatura media de salida del aire:	141,29°F (60,71°C)
Temperatura de bulbo húmedo a la salida:	87,86°F (30,93°C)
Humedad relativa del aire a la salida:	10%

Tabla 12A Tabulación de datos prueba 12.

<u>t</u>	<u>TE</u>	<u>Tp1</u>	<u>Ts1</u>	<u>Tp2</u>	<u>Ts2</u>	<u>I</u>	<u>Peso</u>
0,00	82,4	108	91,5	112	97,5	140	542
0,25	82,4	119	98,5	125	110	210	482,7
0,50	83,3	119	98,5	124	109	200	341,9
0,75	85,1	119	99	124	108,5	190	389,6
1,00	86	142	114	151	133,5	330	355,2
1,25	87,8	145	117,5	157	139	350	324,5
1,50	87,8	145	117,5	157	139	360	297,3
1,75	90,5	156	124,5	166	149	400	257,8
2,00	85,1	107	92,5	110	97,5	120	235,5
2,25	83,3	103	90	107	94,5	110	218,8
2,50	82,4	102	89,5	106	94	110	204,5
2,75	82,4	104	90	107	95,5	120	195,8
3,00	82,4	103	89,5	105	94	110	188,7
3,25	82,4	103	89,5	106	94	110	181,5
3,50	83,3	107	91,5	111	97,5	130	173,5
3,75	83,3	110	93,5	115	100,5	150	167,7
4,00	84,2	114	96,5	119	105	170	162,5
4,25	84,2	111	94,5	115	101,5	150	159,5
4,50	84,2	111	94,5	115	101,5	150	156,8
4,75	84,2	108	92,5	112	98	130	155,5
5,00	83,3	103	90	106	94,5	110	154,9

Tabla 12B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
2,8715	2,7144	24,27
2,5573	2,4227	20,79
2,2882	2,1761	17,31
2,0641	1,9729	14,08
1,8818	1,8005	12,57
1,7192	1,6471	11,13
1,5751	1,4704	16,17
1,3658	1,3067	9,13
1,2477	1,2034	6,84
1,1592	1,1213	5,85
1,0834	1,0604	3,56
1,0373	1,0185	2,91

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
0,9997		
	0,9806	2,95
0,9616		
	0,9404	3,27
0,9192		
	0,9038	2,37
0,8885		
	0,8747	2,13
0,8609		
	0,8530	1,23
0,8450		
	0,8379	1,11
0,8370		
	0,8273	0,53
0,8238		
	0,8222	0,25
0,8206		

Tabla 12C Tabulación de eficiencia prueba 12.

<u>I</u>	<u>Qu1</u>	<u>ηc1</u>	<u>Qu2</u>	<u>ηc2</u>
140	1133,21	49,06	747,17	32,35
210	2004,91	57,86	1432,08	41,33
200	1892,83	57,36	1307,55	39,62
190	1730,94	55,21	1183,02	37,74
330	3486,79	64,04	2428,30	44,60
350	3698,49	64,04	2677,36	46,36
350	3698,49	64,04	2677,36	46,36
400	4233,96	64,15	3050,94	46,23
120	921,51	46,54	622,64	31,45
110	834,90	46,00	560,38	30,87
110	8841,15	48,71	560,38	30,87
120	946,42	47,80	684,91	34,59
110	884,15	48,71	560,38	30,87
110	884,15	48,71	560,38	30,87
130	1021,13	47,61	747,17	34,83
150	1270,19	51,32	871,70	35,22
170	1531,70	54,61	1058,49	37,74
150	1286,64	51,82	871,70	35,22
150	1286,64	51,82	871,70	35,22
130	1033,59	48,19	684,91	31,93
110	834,90	46,00	560,38	30,87

$$\sum I = 3840,00$$

$$\sum Qu1 = 35499,69$$

$$\sum Qu2 = 24718,92$$

$$\eta_{c1} \text{ día} = \frac{35499,69}{3840,00 \times 16,5} = 56,09\%$$

$$\eta_{c2} \text{ día} = \frac{24718,92}{3840,00 \times 16,5} = 39,01\%$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = \frac{60218,61}{3840,00 \times 16,5 \times 2} = 47,52\%$$

$$\bar{I} = 182,86 \text{ BTU/hr pie}^2$$

$$\eta_{ST} \text{ día} = 47,52\%$$

PRUEBA N° 13

Fecha: 17 de Octubre de 1.986

Hora de inicio de la prueba: 09:45 AM.

DATOS:

Humedad inicial de la muestra: 74,56%

Temperatura de secado: 158°F (70°C)

Caudal de aire: 2,03 pies³/sg.

Area de secado: 0,0215 pies².

Peso de bandeja: 270,5 gramos (0,60 lb)

Peso total: 839,1 gramos (1,85 lb)

Peso de la muestra: 508,6 gramos (1,25 lb)

Humedad relativa ambiente:

Temperatura de bulbo húmedo a la entrada: 96,76°F (35,98°C)

Humedad relativa del aire a la entrada:

Temperatura media de salida del aire: 142,03°F (61,13°C)

Temperatura de bulbo húmedo a la salida: 87,31°F (30,73°C)

Humedad relativa del aire a la salida:

Tabla 13A Tabulación de datos prueba 13.

<u>t</u>	<u>TE</u>	<u>Tp1</u>	<u>Ts1</u>	<u>Tp2</u>	<u>Ts2</u>	<u>I</u>	<u>Peso</u>
0,00	83,3	111	94	116	101	155	568,6
0,25	82,4	101	88,5	104	92,5	100	511,1
0,50	82,4	106	90,5	110	96	130	464,8
0,75	86	146	116	157	137,5	360	421,2
1,00	86	112	96,5	117	103,5	150	378,7
1,25	84,2	111	93,5	113	99,5	140	347,3
1,50	84,2	114	96,5	119	105	170	309,2
1,75	84,2	104	91	107	95,5	110	275,6
2,00	84,2	102	90	105	94	100	268,1
2,25	83,3	100	88,5	102	92	90	249,6
2,50	84,2	106	91,5	109	96,5	120	229,7
2,75	84,2	108	92,5	111	98	130	213,2
3,00	86	114	97	119	104,5	160	200,9
3,25	86	114	97	119	104,5	160	188,3
3,50	86	113	96,5	117	103,5	150	177,9
3,75	86	110	95	114	101	135	169,7
4,00	86	111	95	115	101	140	162,9
4,25	86	116	98,5	121	107	170	158,3
4,50	86	113	96,5	117	103,5	150	154,5
4,75	86	108	93,5	111	98,5	120	155,4

Tabla 13B Datos de contenido medio de humedad y velocidad de secado.

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
2,9308	2,7826	23,53
2,6344	2,5151	18,95
2,3958	2,2834	17,85
2,1711	2,0615	17,40
1,9520	1,8711	12,85
1,7901	1,6919	15,59
1,5938	1,5072	13,75
1,4206	2,4012	3,07
1,3819	1,3342	7,57
1,2865	1,2353	8,15
1,1840	1,1415	6,75
1,0989	1,0672	5,03

<u>C.H.</u>	<u>C.M.H.</u>	<u>R</u>
1,0355	1,0031	5,16
0,9706	0,9478	4,26
0,9170	0,8958	3,36
0,8747	0,8572	2,78
0,8397	0,8278	1,88
0,8159	0,8062	1,56
0,7964	0,7935	0,47
0,7907		

Tabla 13C Tabulación de eficiencia prueba 13.

<u>I</u>	<u>Qu1</u>	<u>η_{c1}</u>	<u>Qu2</u>	<u>η_{c2}</u>
155	1332,45	52,10	871,70	34,08
100	759,62	46,04	498,11	30,19
130	1008,68	47,02	684,91	31,93
360	3735,85	62,89	2677,36	45,07
150	1307,55	52,83	871,70	35,22
140	1158,11	50,13	747,17	32,35
170	1531,70	54,61	1058,49	37,74
110	846,79	46,66	560,38	30,87
100	722,26	43,77	498,11	30,19
90	647,55	48,61	435,85	29,35
120	909,06	45,91	622,64	31,45
130	1033,59	48,19	684,91	31,93
160	1369,81	51,89	933,96	35,38
160	1369,81	51,89	933,96	35,38
150	1303,55	52,83	871,70	35,22
135	1120,75	50,31	747,17	33,54
140	1120,75	48,52	747,17	32,35
170	1556,60	55,49	1058,49	37,74
150	1307,55	52,83	871,70	35,22
120	933,96	47,17	622,64	31,45

$$\sum I = 2940,00$$

$$\sum Qu1 = 2507,99$$

$$\sum Qu2 = 17028,12$$

$$\eta_{c1} \text{ día} = \frac{2507,99}{2940,00 \times 16,5} = 51,69\%$$

$$\eta_{c2} \text{ día} = \frac{17028,12}{2940,00 \times 16,5} = 35,10\%$$

$$\eta_{ST\ dfa} = \frac{42104,11}{2940,00 \times 16,5 \times 2} = 43,40\%$$

$$\bar{I} = 147,00 \text{ BTU/hr pie}^2$$

$$\eta_{ST\ dfa} = 43,40\%$$

GRAFICO 1

TEMPERATURA DE SECADO 122°F

RADIACION PROMEDIO 241,67 BTUI HR PIE²

HUMEDAD INICIAL DE: 73,25 %

LA MUESTRA

CAUDAL DE AIRE 2,80 PIES³/SG

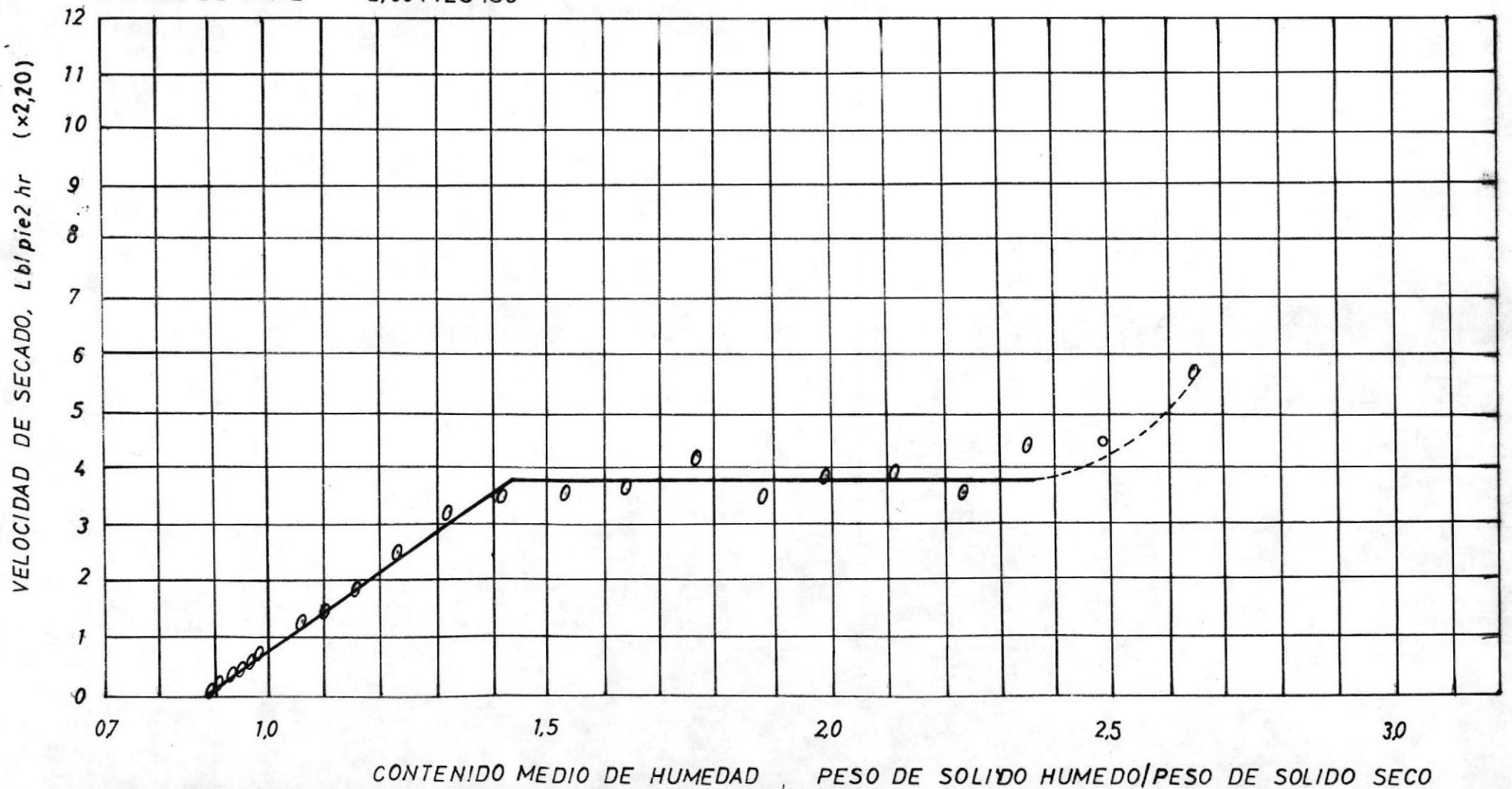


GRAFICO 2

TEMPERATURA DE SECADO 122°F

CAUDAL DE AIRE 2,80PIES³ISG

RADIACION PROMEDIO 125,06 BTUIHR PIE²

HUMEDAD INICIAL DE 77,45 ol°

LA MUESTRA

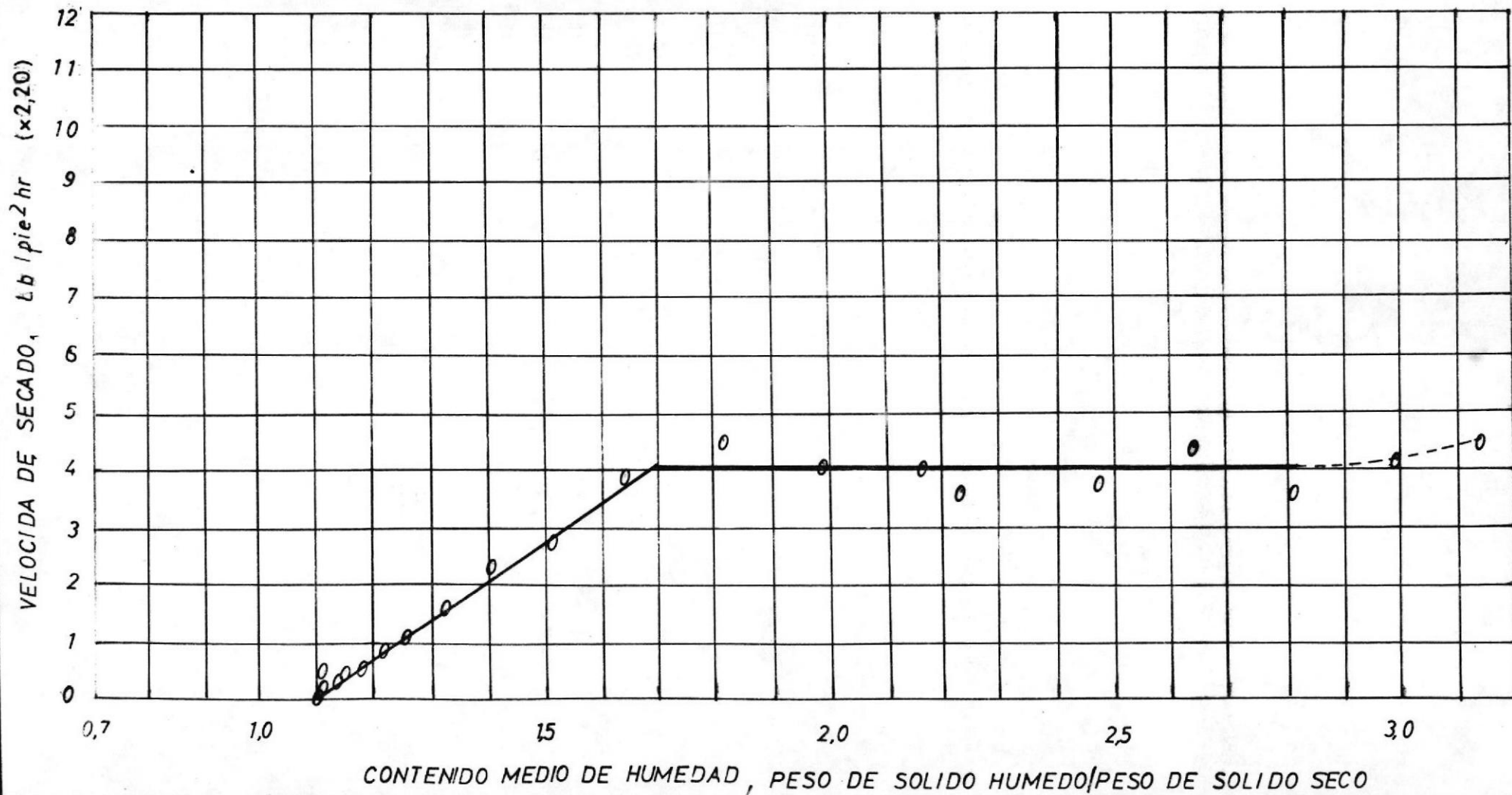


GRAFICO 3

RADIACION PROMEDIO 18313 BTU/HR PIE²

TEMPERATURA DE SECADO 122°F

HUMEDAD INICIAL DE 75,67 %

LA MUESTRA

CAUDAL DE AIRE 2,80 PIES³/SG

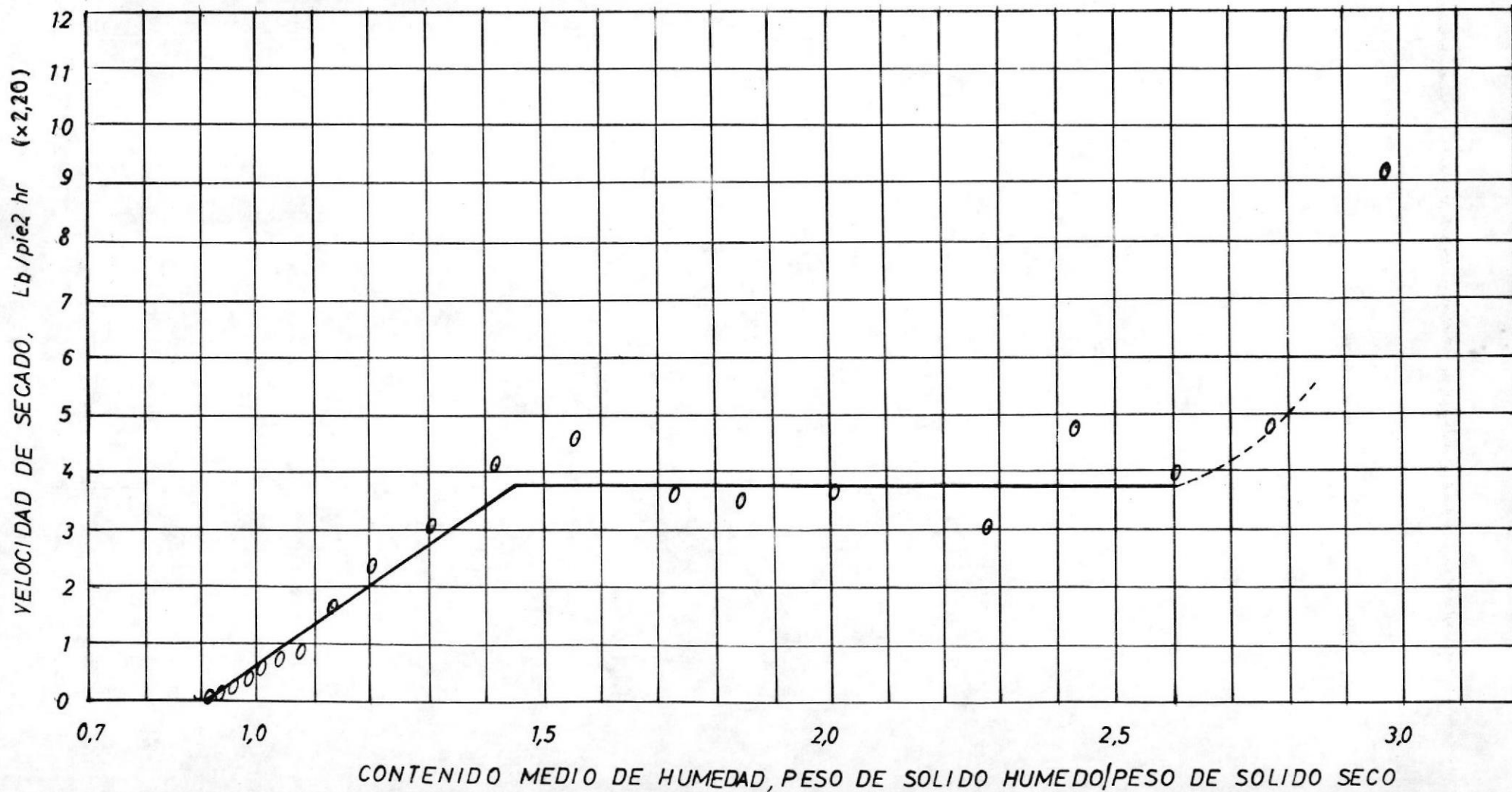


GRAFICO 4

TEMPERATURA DE SECADO 140°F

CAUDAL DE AIRE 2,03PIE³/SG

RADIACION PROMEDIO 108,92 BTU/HR PIE²

HUMEDAD INICIAL DE 75,13 %

LA MUESTRA

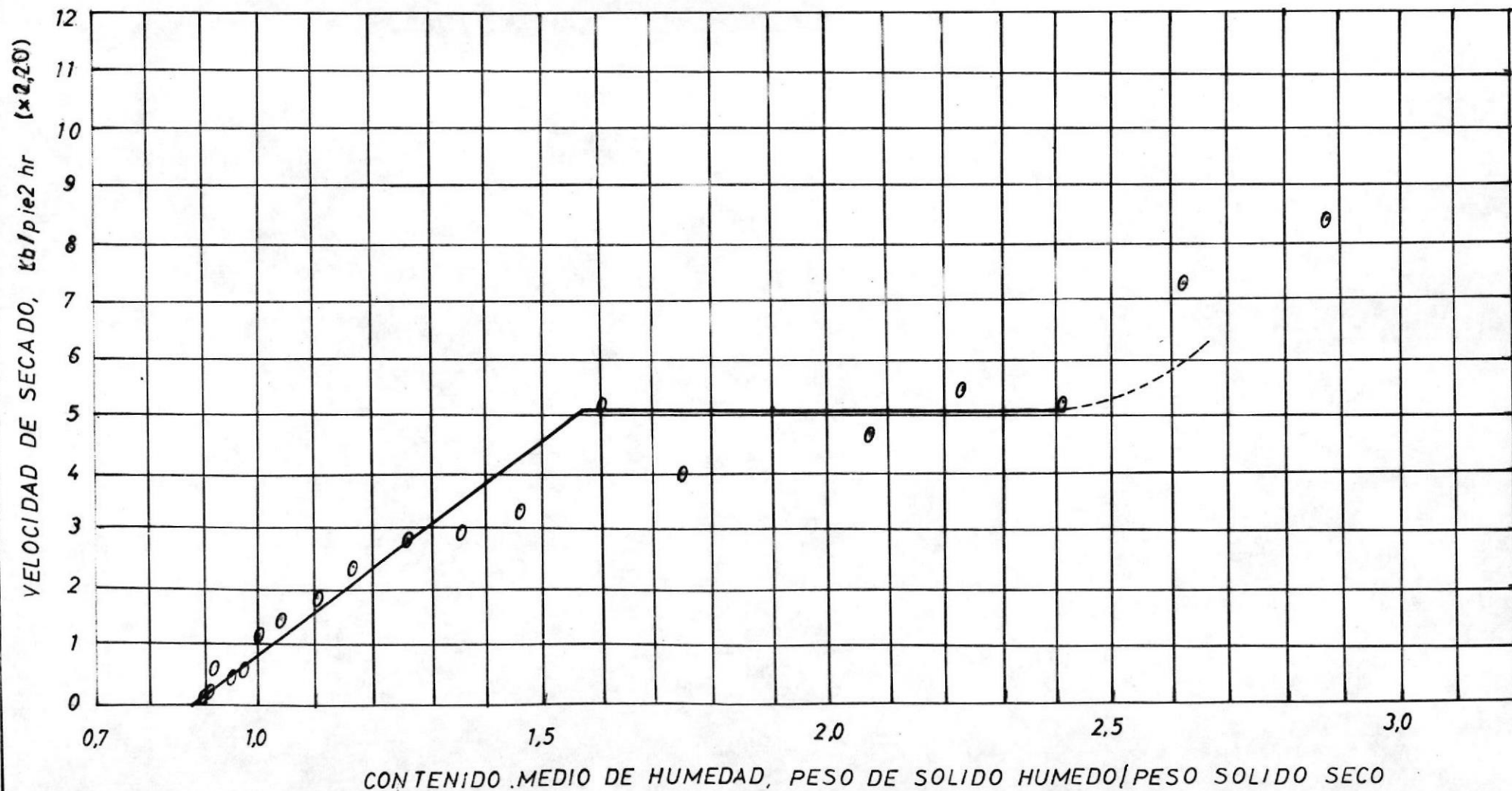


GRAFICO 5

TEMPERATURA DE SECADO 140°F

RADIACION PROMEDIO 252.37 BTU/HR PIE²

HUMEDAD INICIAL DE 73,15%

LA MUESTRA

CAUDAL DE AIRE 2.03 PIES³/SG

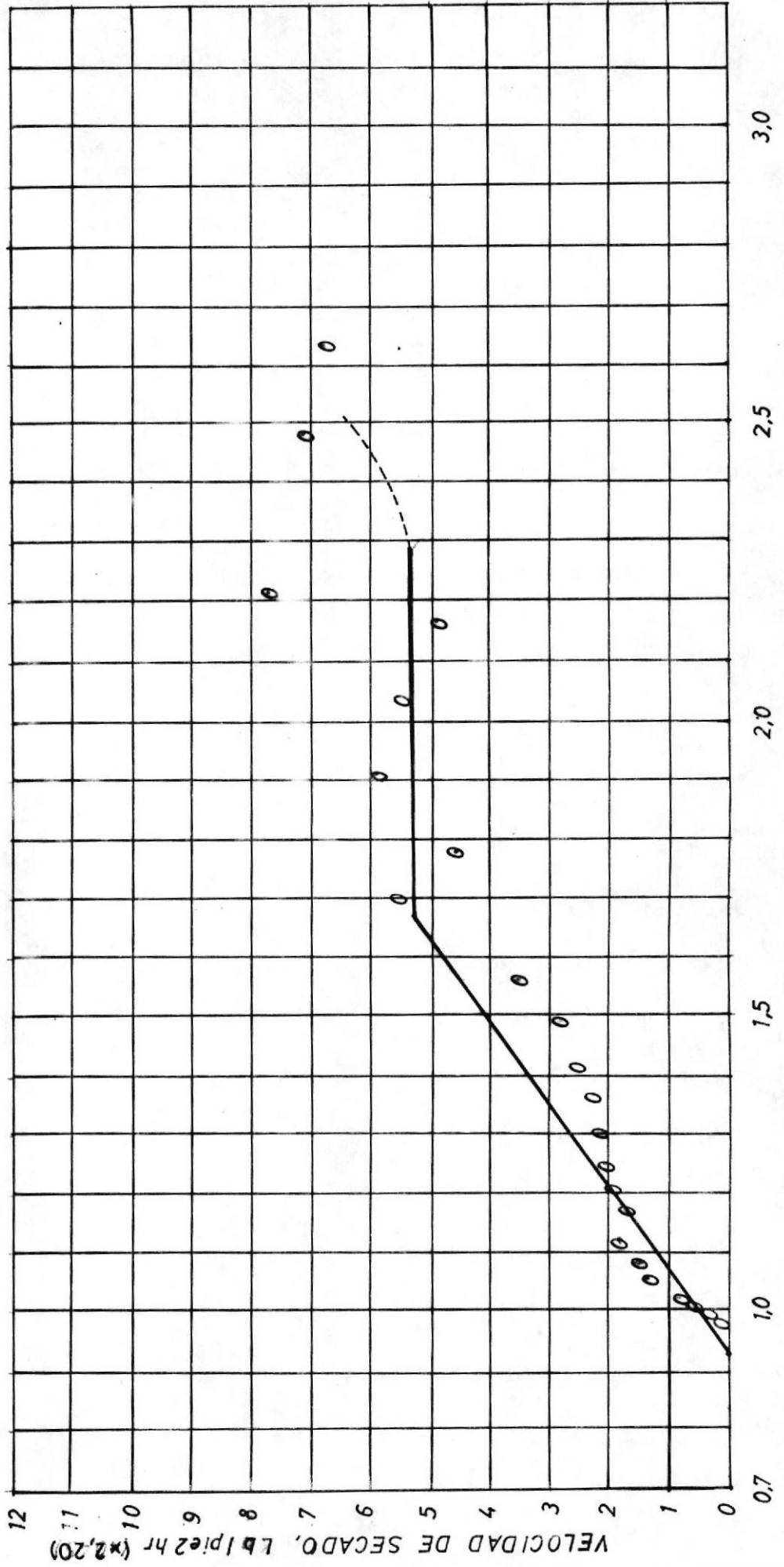


GRAFICO 6

TEMPERATURA DE SECADO 140°F

CAUDAL DE AIRE 2,03 PIES³/SG

RADIACION PROMEDIO 95,22 BTU/HR PIE²

HUMEDAD INICIAL 74,32%

DE LA MUESTRA

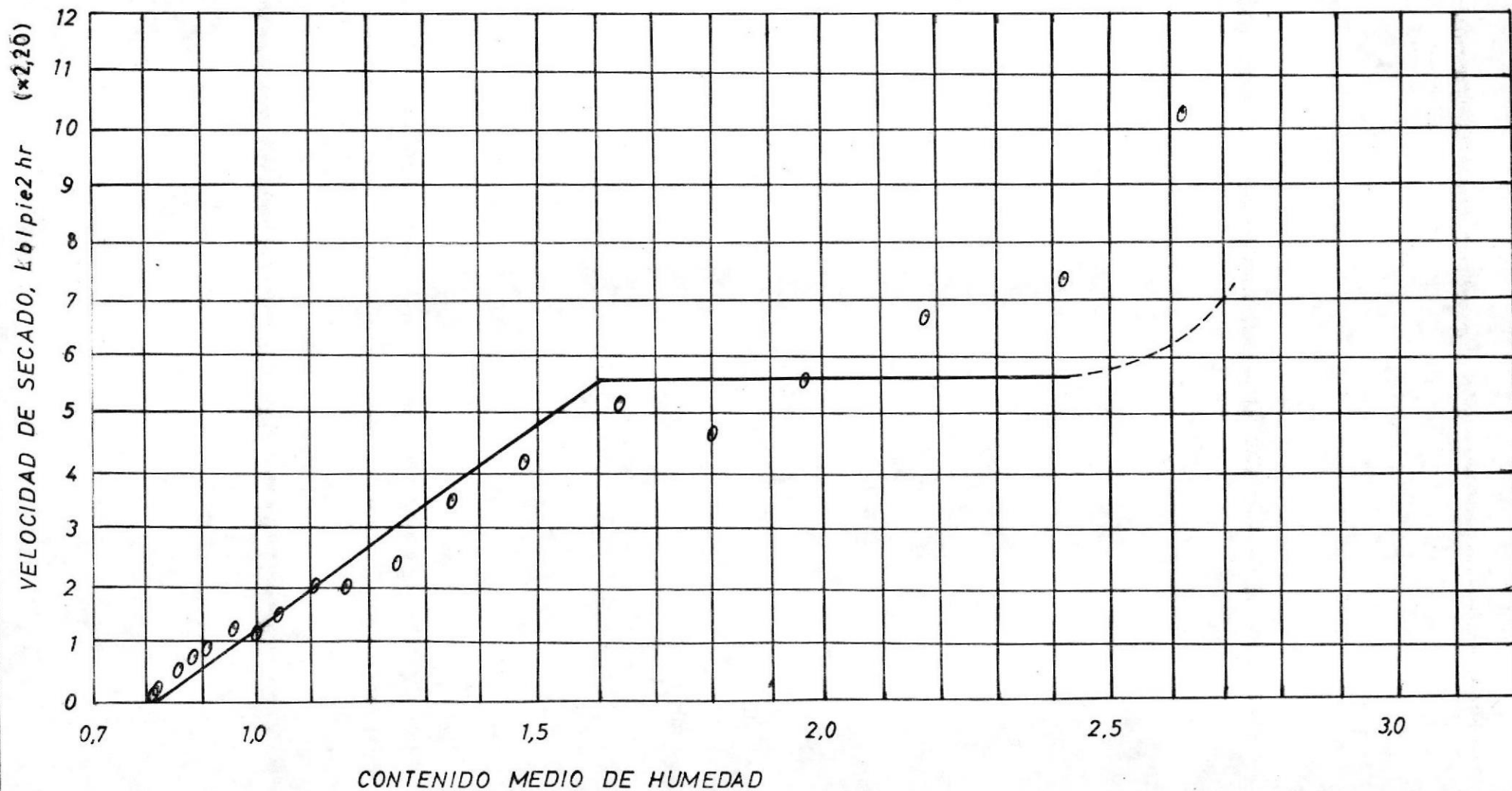


GRAFICO 7

TEMPERATURA DE SECADO 140°F

CAUDAL DE AIRE 2,03 PIES³/SG

RADIACION PROMEDIO 120,00 BTU/HR PIE²

HUMEDAD INICIAL 73,43 %

DE LA MUESTRA

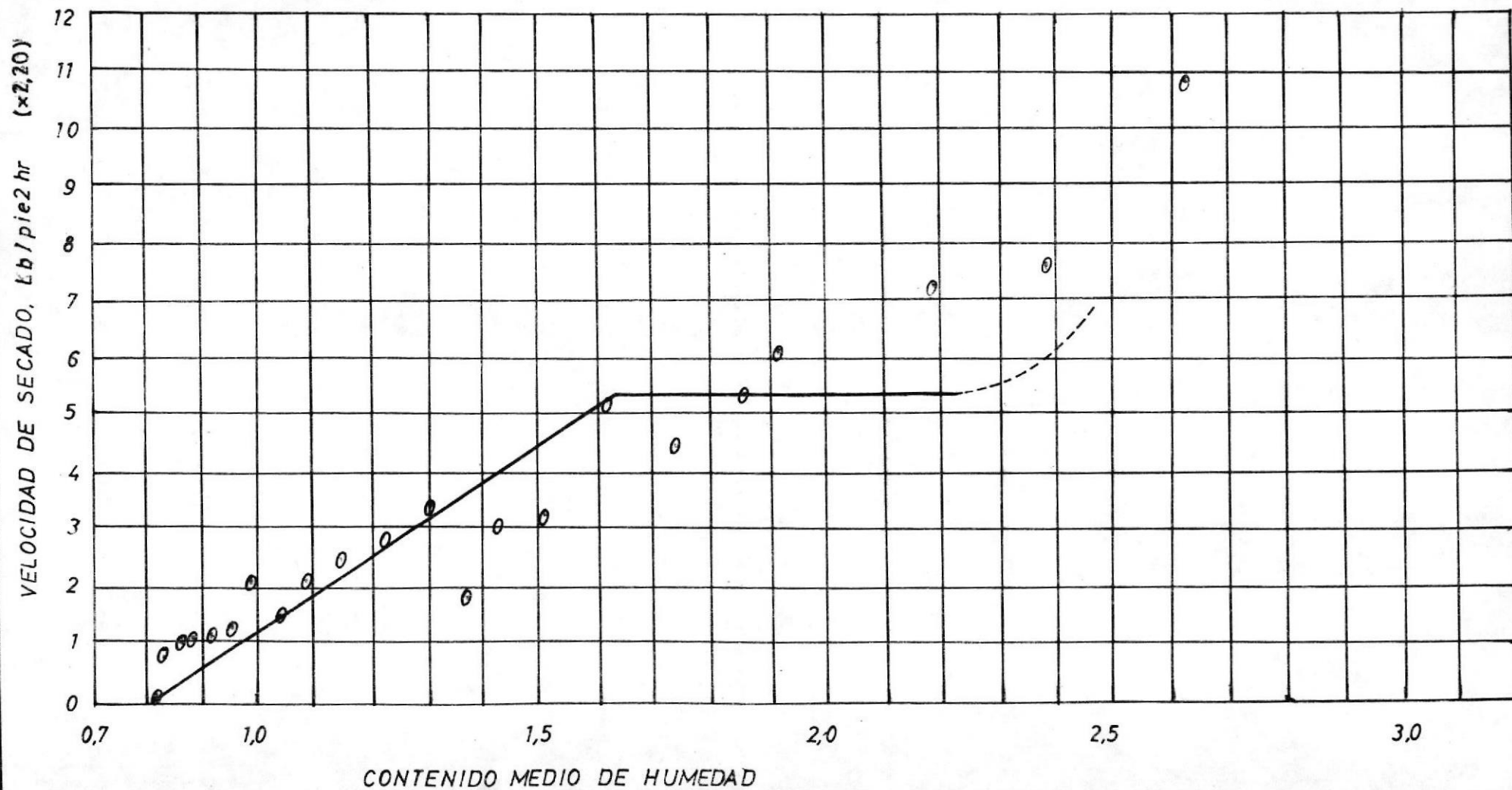
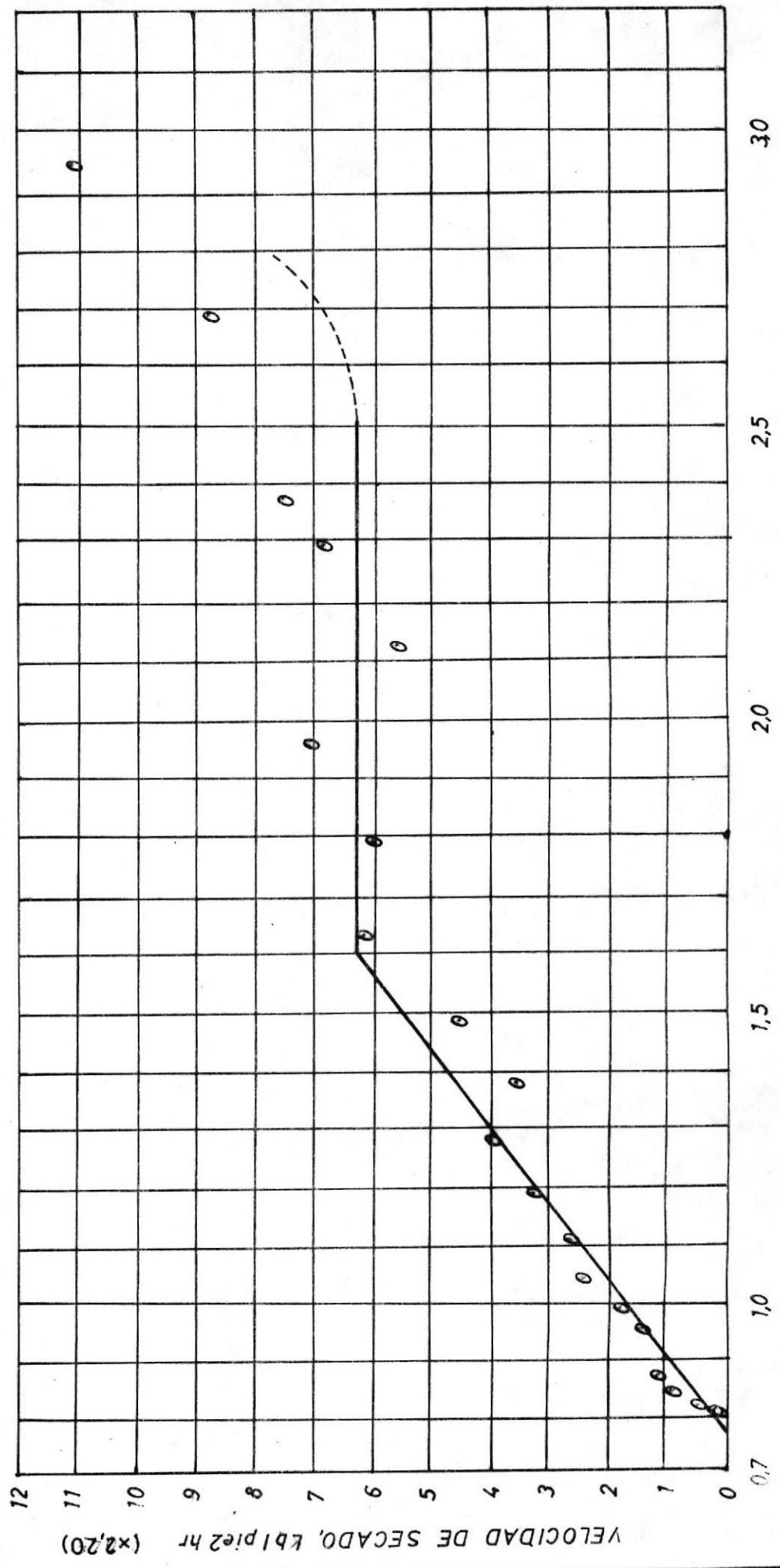


GRAFICO 8
 TEMPERATURA DE SECADO 140°F
 CAUDAL DE AIRE 2,03 PIES³/SG
 RADIACION PROMEDIO 103,61 BTU/HR.PIE²
 HUMEDAD INICIAL 75,63%
 DE LA MUESTRA



CONTENIDO MEDIO DE HUMEDAD

VELOCIDAD DE SECADO, lb/piel2 hr (x2,20)

GRAFICO 9

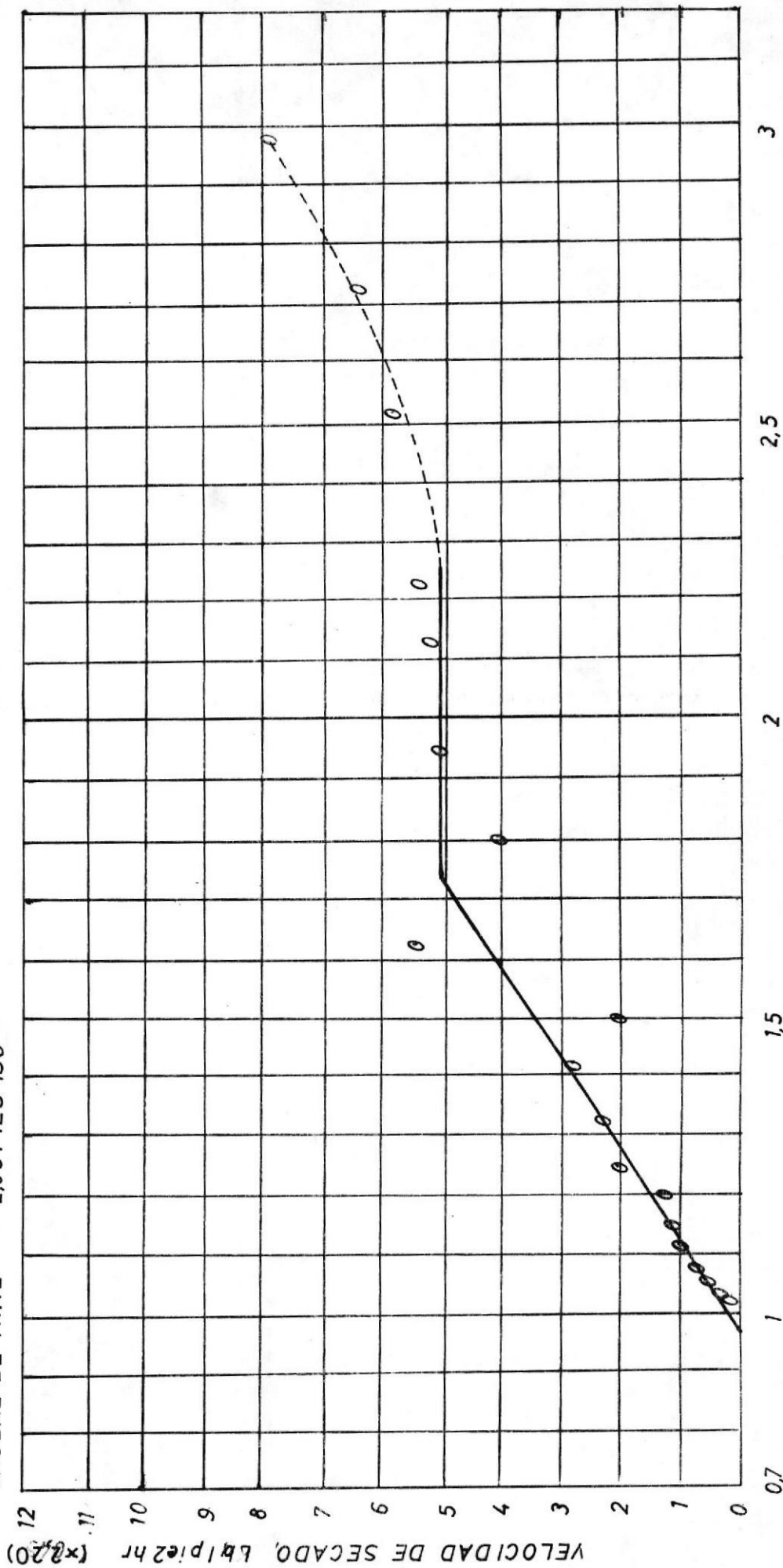
RADIACION PROMEDIO 268,48 BTU / HR PIE²

TEMPERATURA DE SECADO 75,8°F

HUMEDAD INICIAL 77,27 %

DE LA MUESTRA

CAUDAL DE AIRE 2,03 PIES³/SG



CONTENIDO MEDIO DE HUMEDAD

GRAFICO 10

TEMPERATURA DE SECADO 158°F

CAUDAL DE AIRE 2,03PIES³ISG

RADIACION PROMEDIO 215,24 BTU/HR PIE²

HUMEDAD INICIAL 75,63%

DE LA MUESTRA

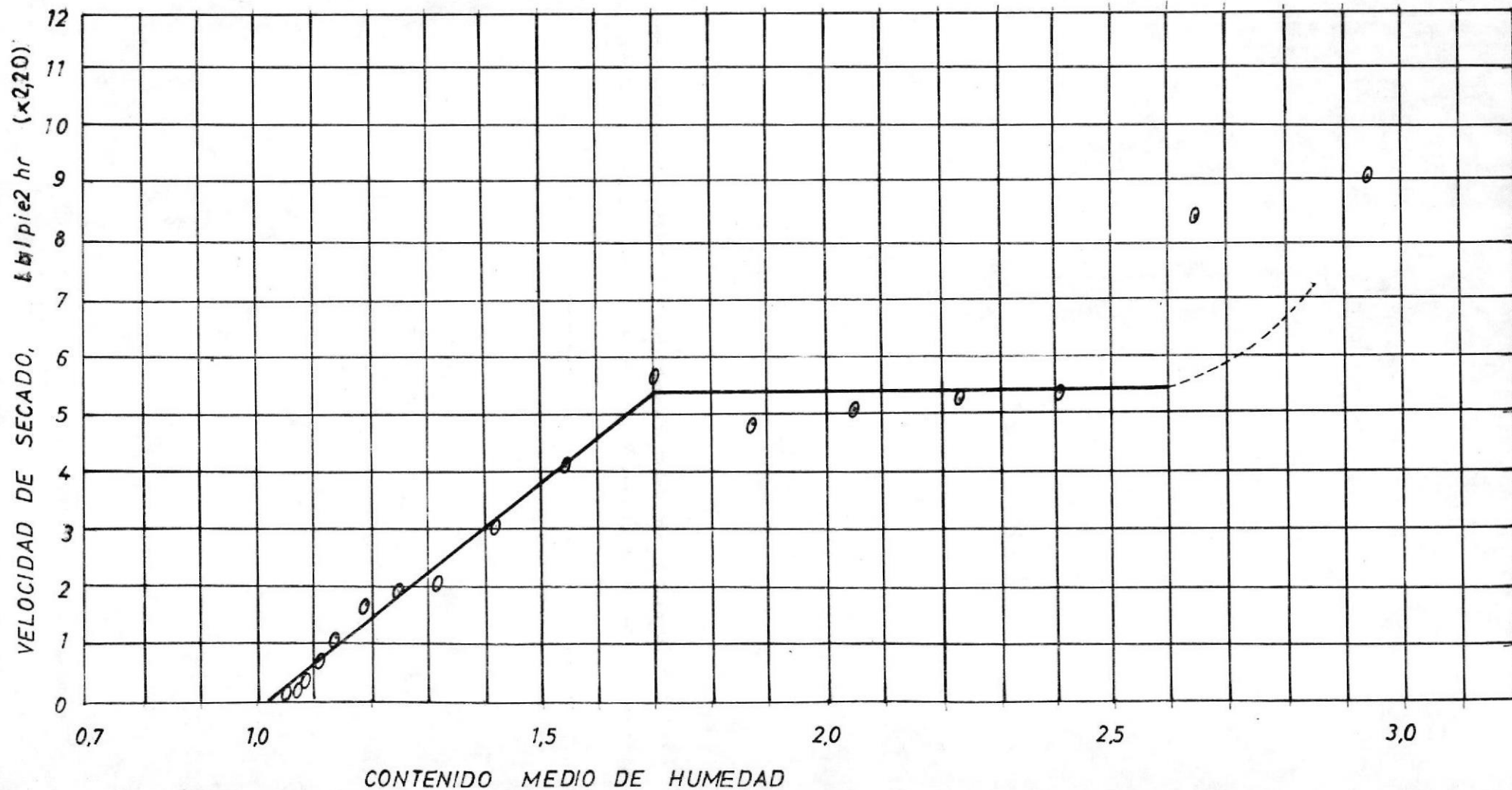


GRAFICO 11

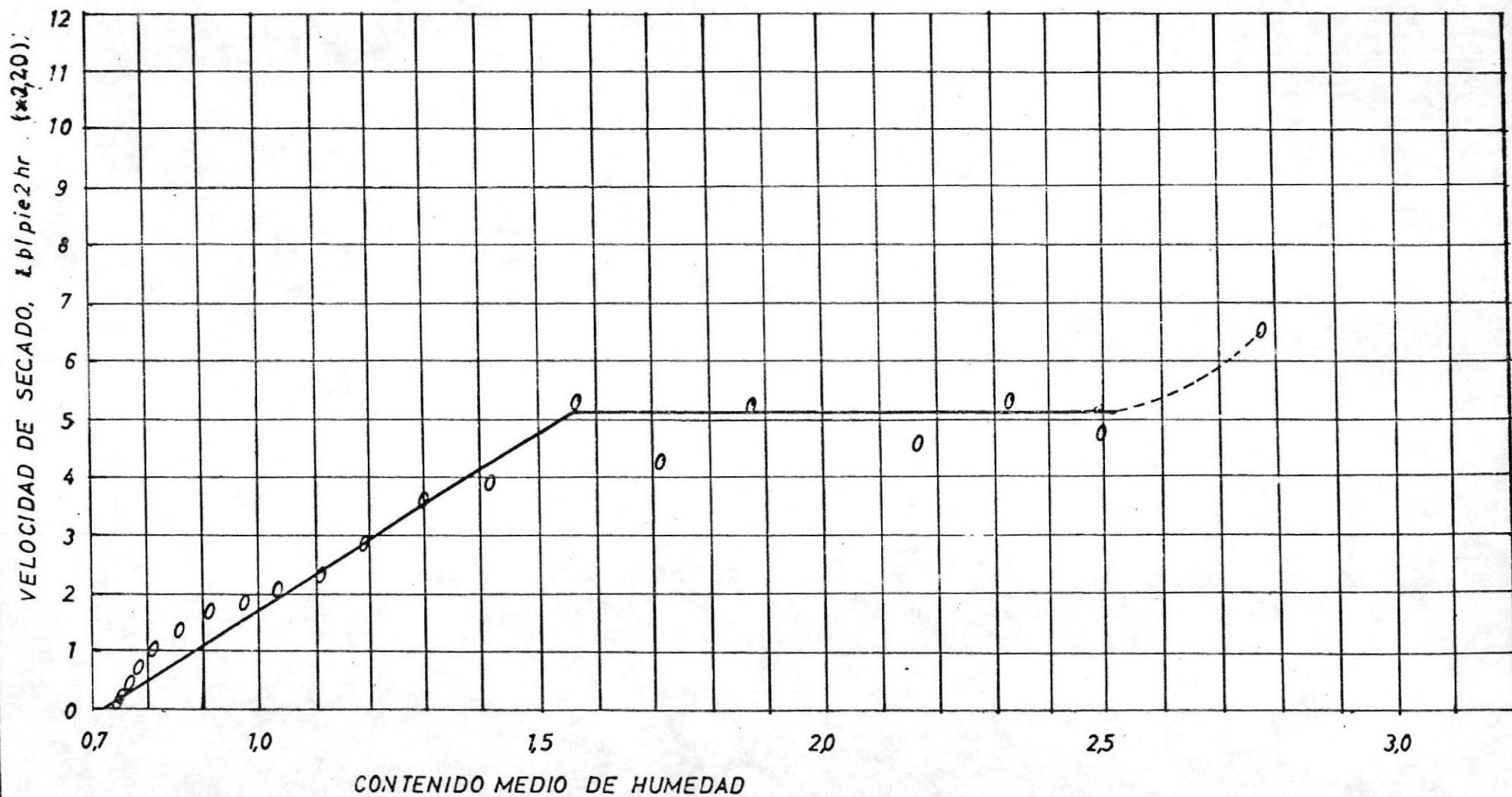
TEMPERATURA DE SECADO 158°F

CAUDAL DE AIRE 2,03 PIES³/SG

RADIACION PROMEDIO 194,57 BTU/HR PIE²

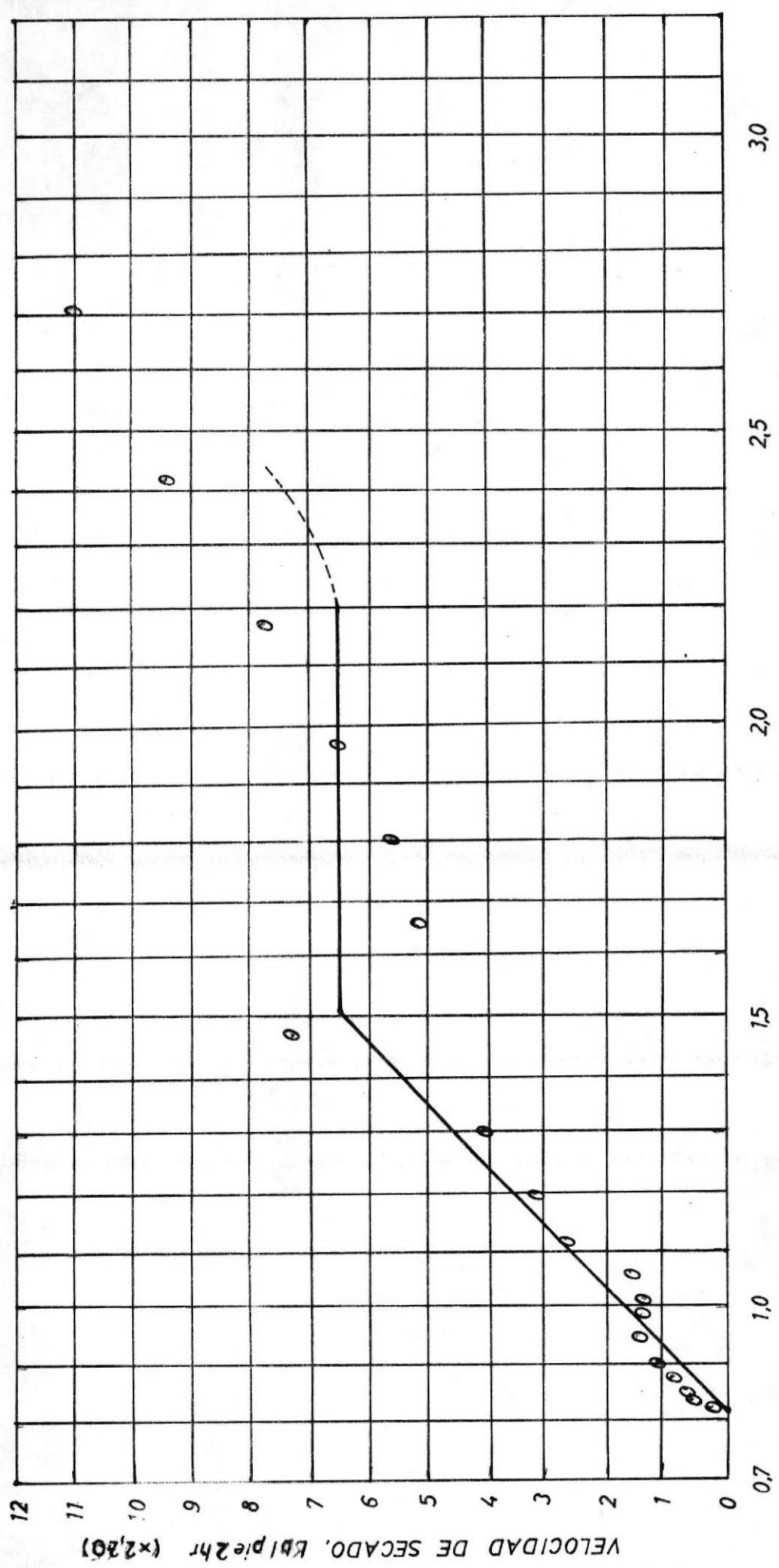
HUMEDAD INICIAL 73,62%

DE LA MUESTRA



RADIACION PROMEDIO 168,38 BTU/HR PIE²
 HUMEDAD INICIAL 74,17%
 DE LA MUESTRA

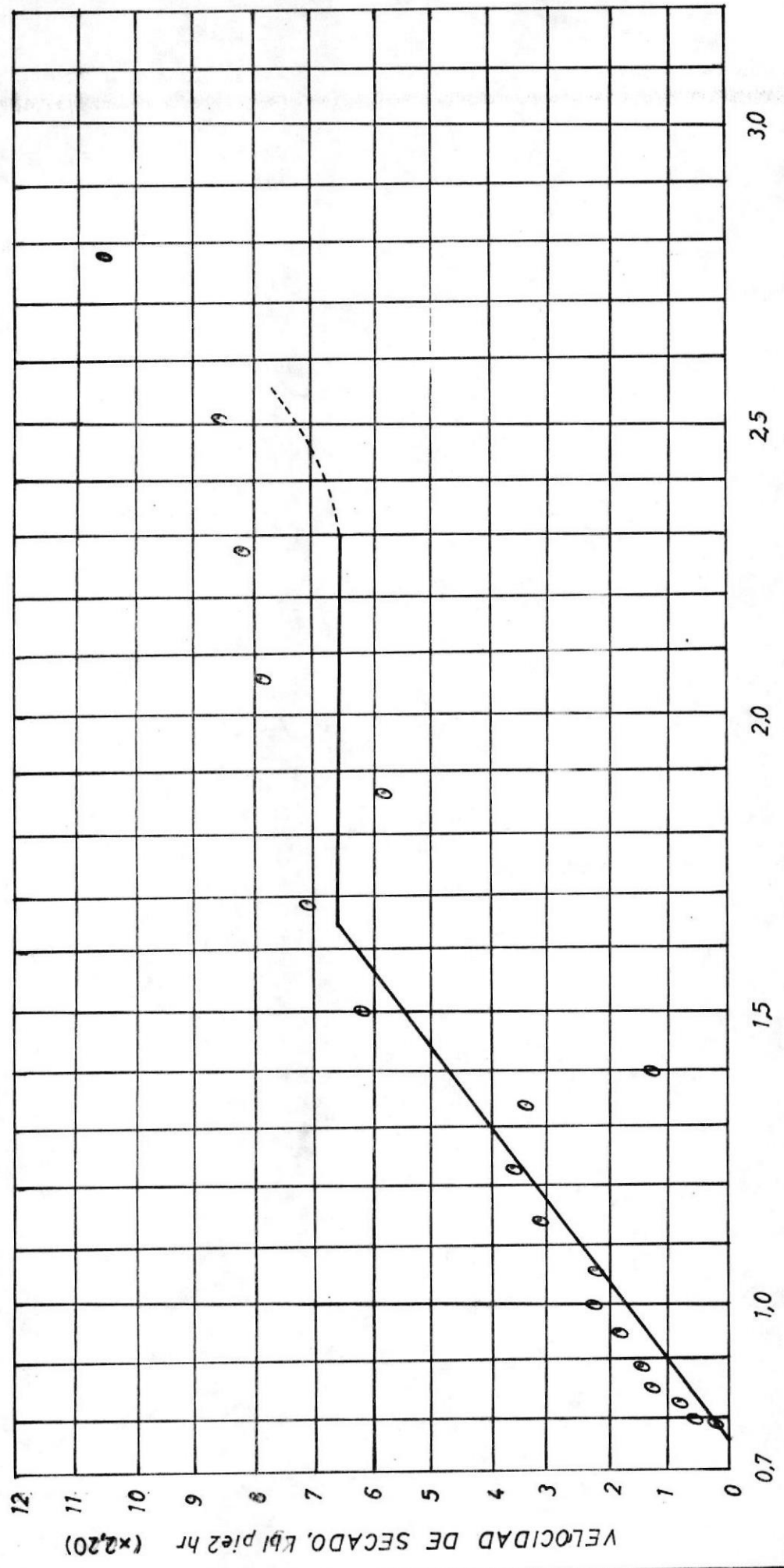
GRAFICO 12
 TEMPERATURA DE SECADO 158°F
 CAUDAL DE AIRE 2.03PIES³/SG



CONTENIDO MEDIO DE HUMEDAD

RADIACION PROMEDIO 147,00 BTU/HR P/IE2
 HUMEDAD INICIAL 74,56%
 DE LA MUESTRA

TEMPERATURA DE SECADO 158°F
 CAUDAL DE AIRE 2,03 PIES³/SG



CONTENIDO MEDIO DE HUMEDAD

VELOCIDAD DE SECADO, Lb/PIEZ HR (x2,20)

GRAFICO 1-A

RADIACION VS EFICIENCIA.

CAUDAL DE AIRE: 2,80 PIES³/SG

SIMBOLOGIA: x Eficiencia del colector 1

o Eficiencia del colector 2

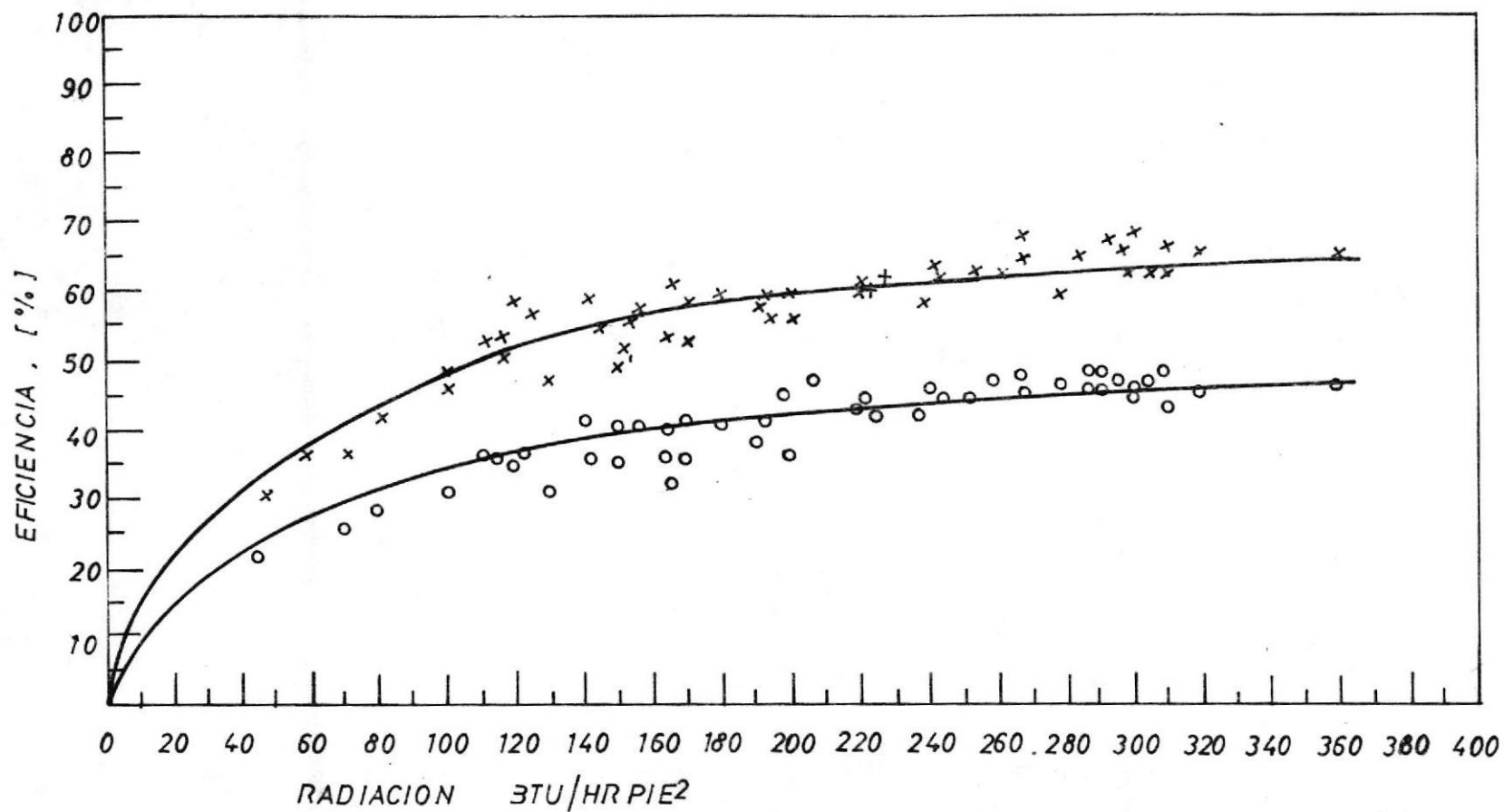


GRAFICO 2-A
RADIACION VS EFICIENCIA
CAUDAL DE AIRE: 2.03 PIES³/SG

SIMBOLOGIA: x Eficiencia del colector 1
o Eficiencia del colector 2

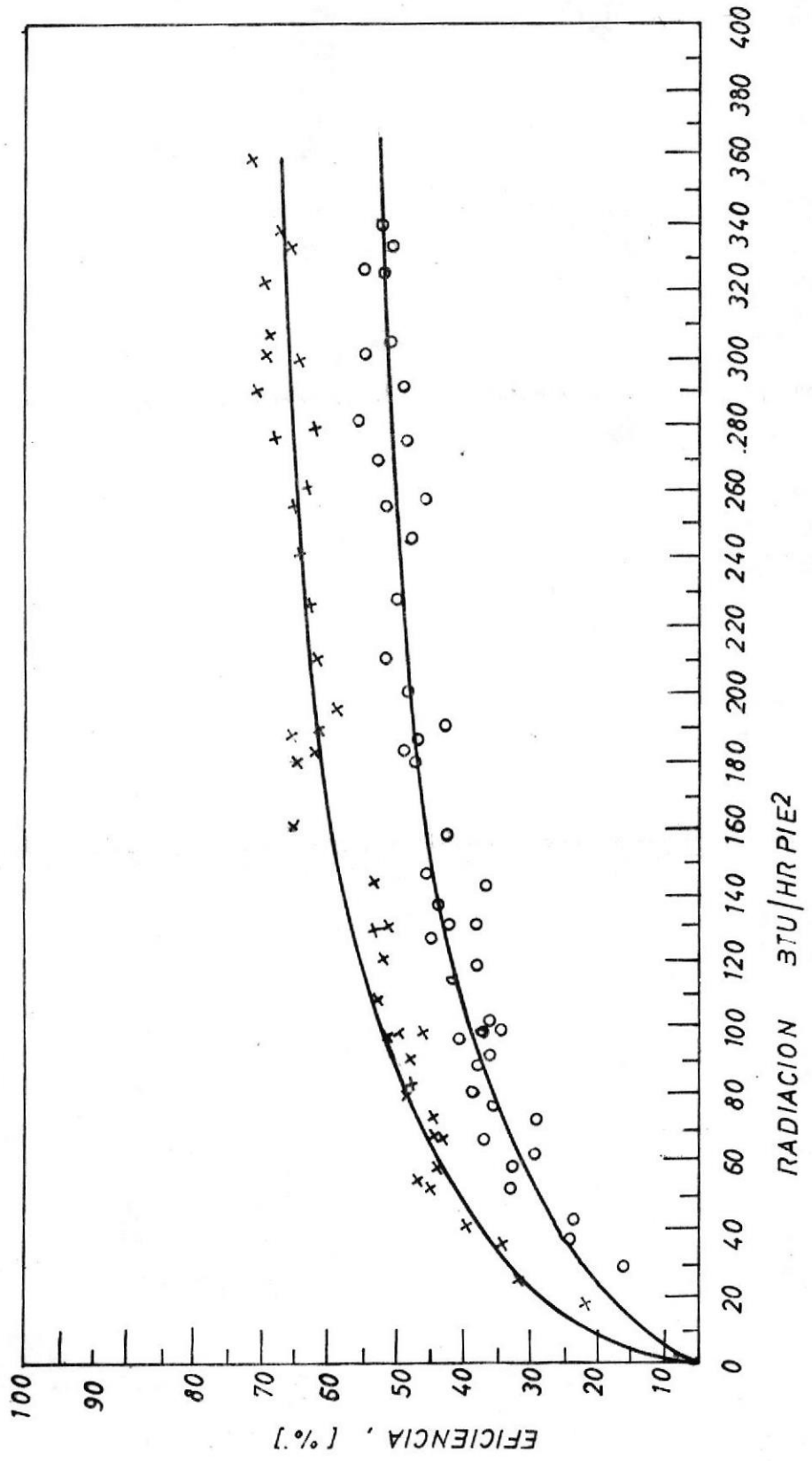


GRAFICO 1 B RADIACION, EFICIENCIA VS HORA DEL DIA, PRUEBA 1

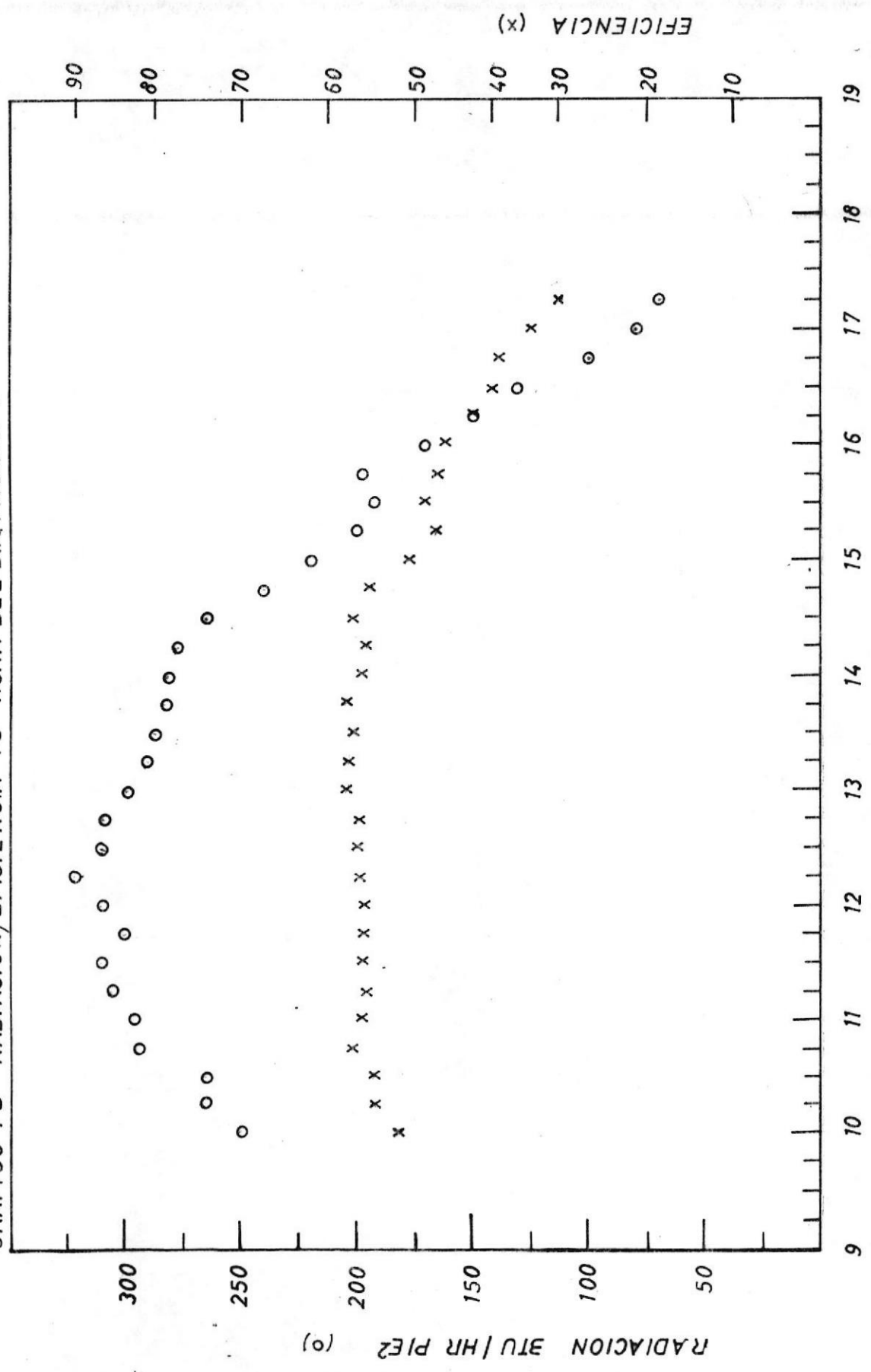


GRAFICO 2B RADIACION EFICIENCIA VS HORA DEL DIA PRUEBA 5

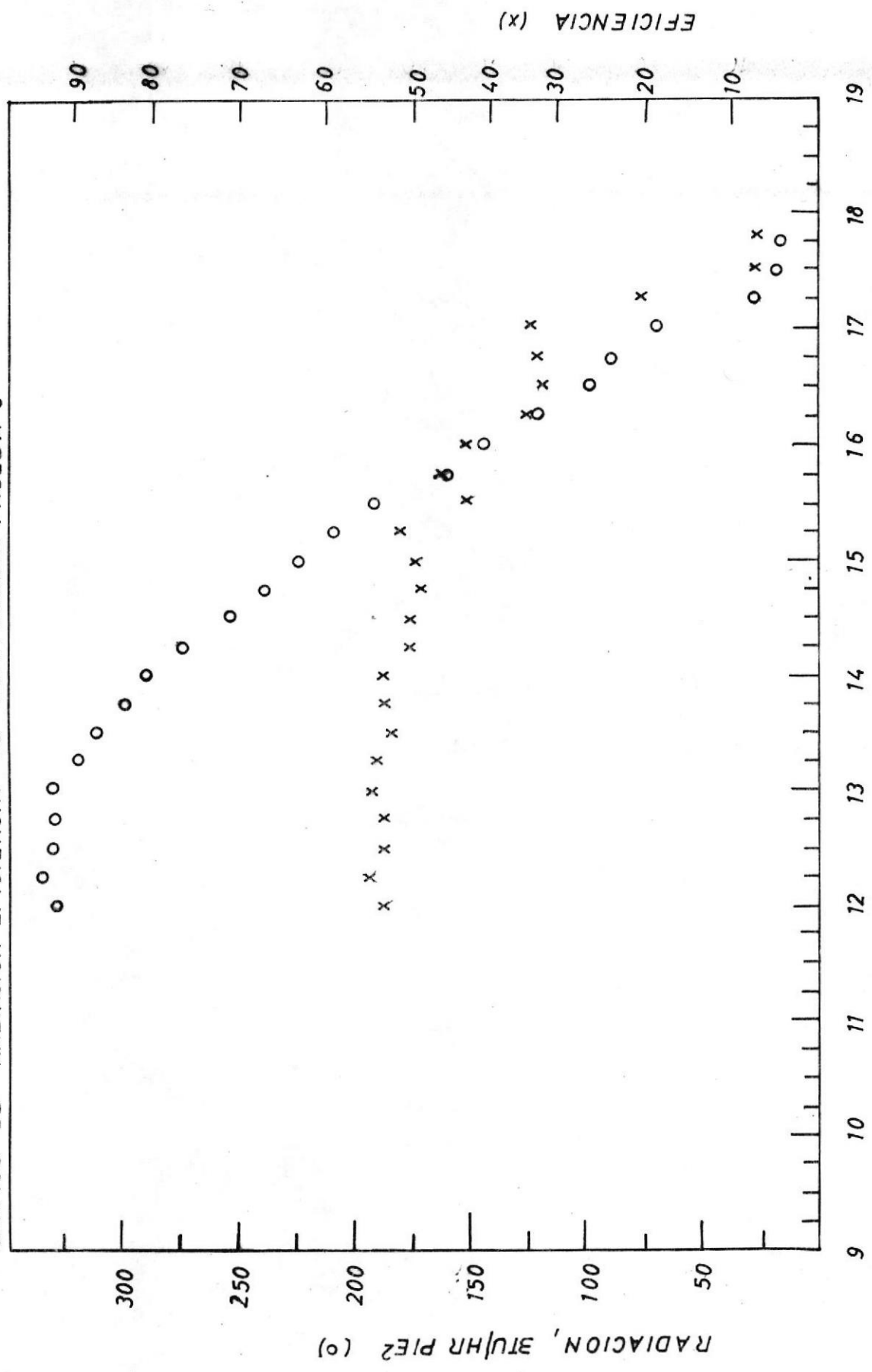


GRAFICO 3B - RADIACION, EFICIENCIA VS HORA DEL DIA PRUEBA 9

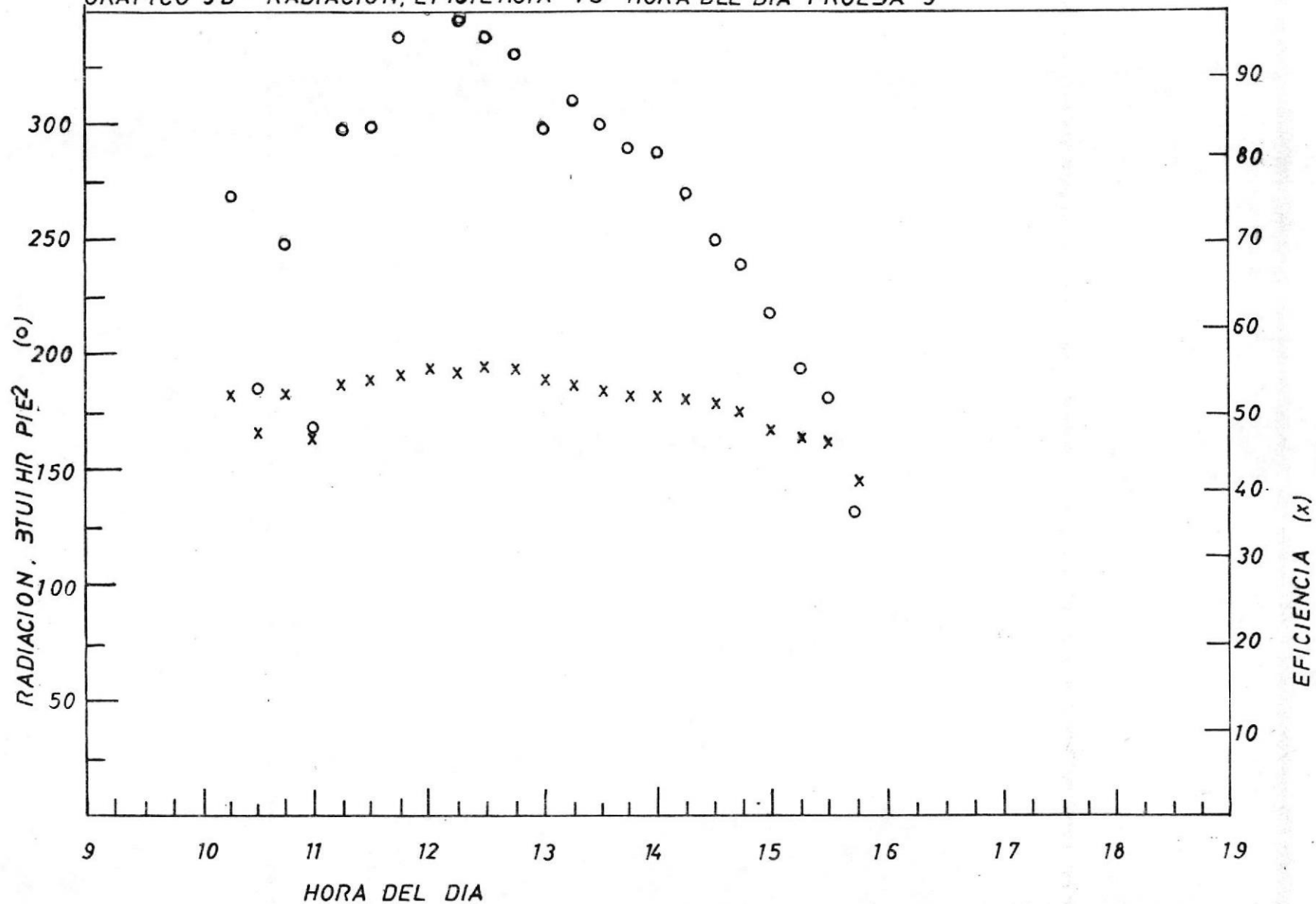


GRAFICO 4 B RADIACION EFICIENCIA VS HORA DEL DIA PRUEBA 10

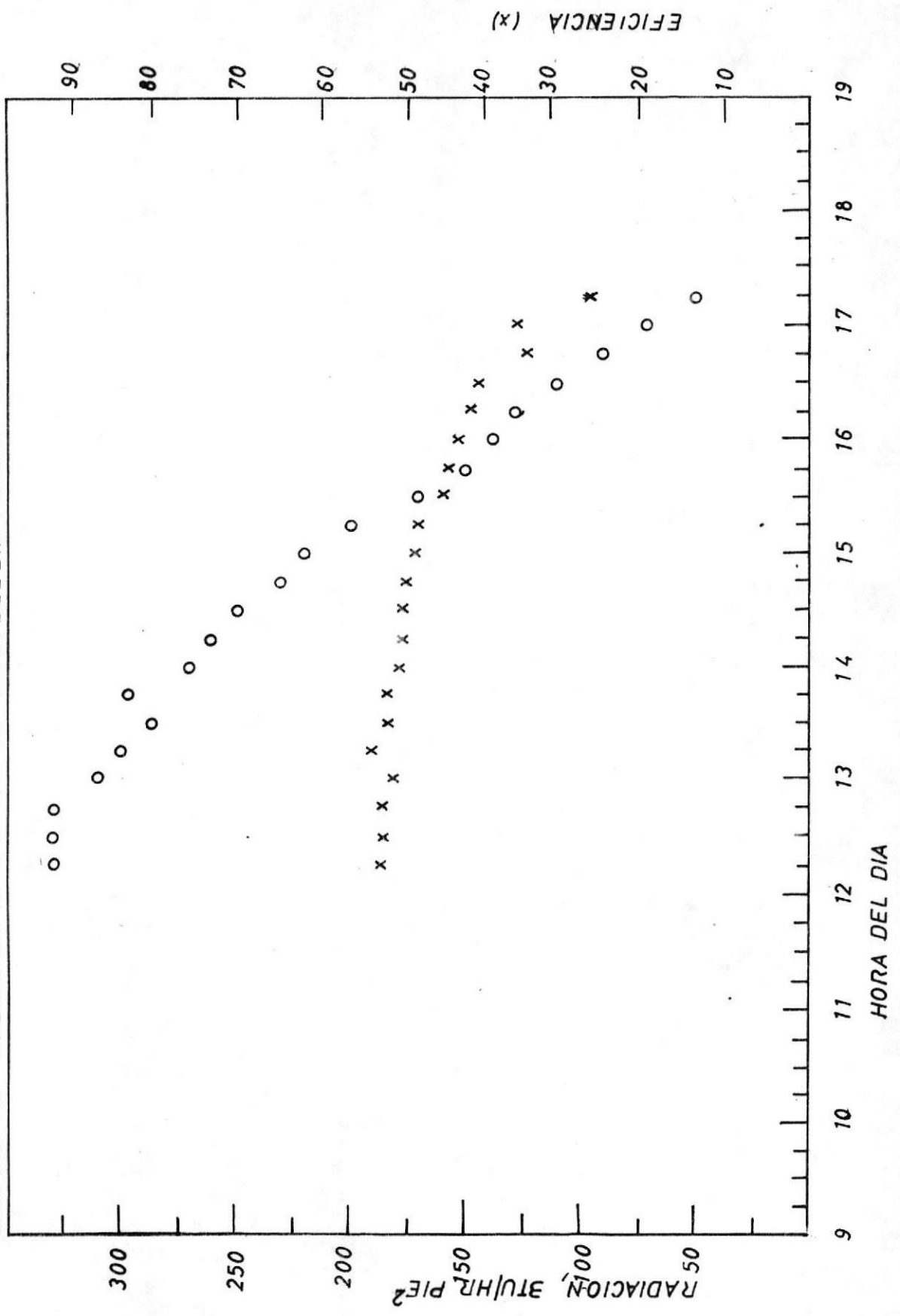
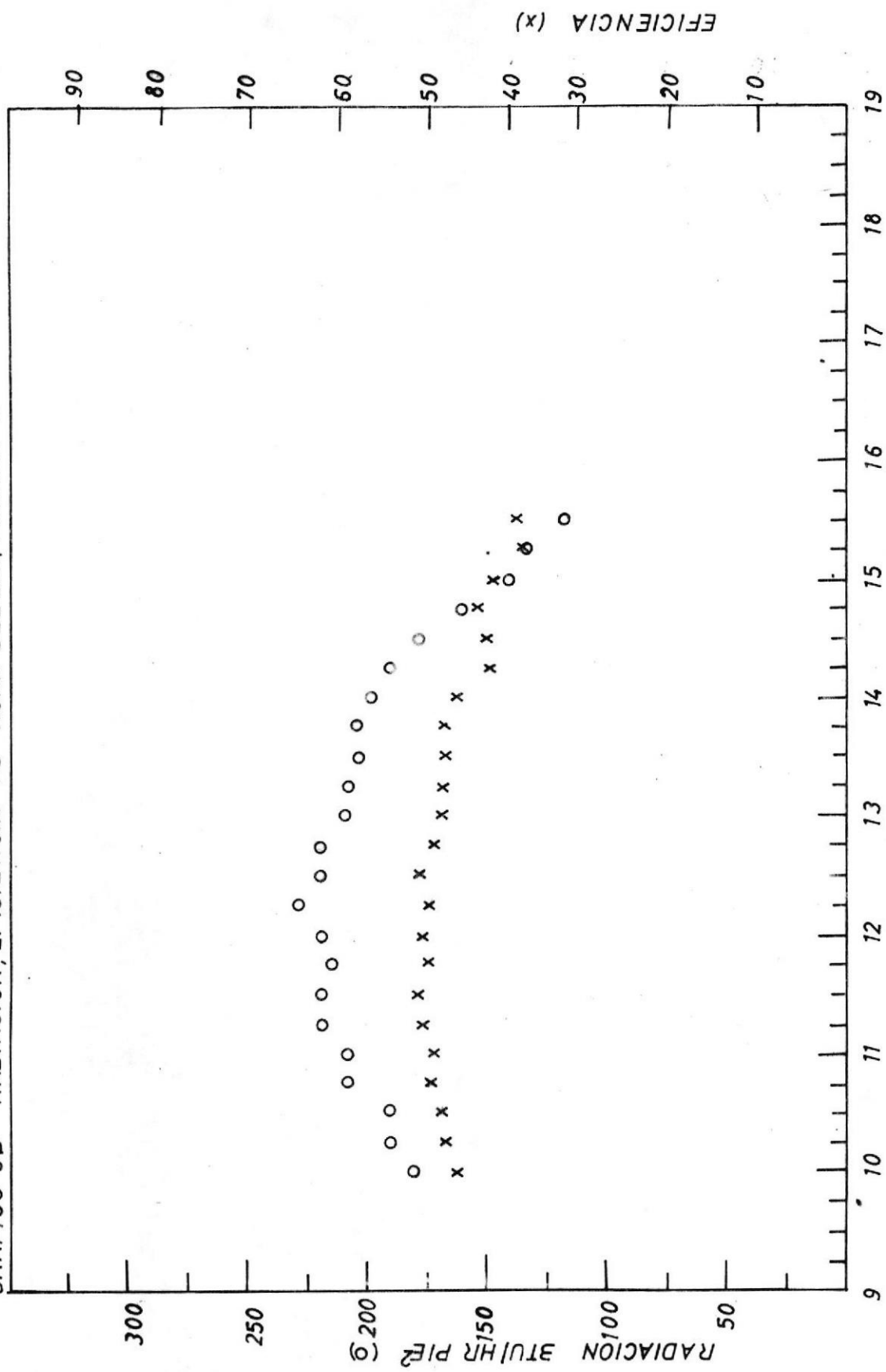


GRAFICO 5B RADIACION, EFICIENCIA VS HORA DEL DIA. PRUEBA 11



HORA DEL DIA

APENDICE C

REGLAMENTO DE LA LEY DE IMPUESTO A LA RENTA

C A P I T U L O X I I I

NORMAS PARA APLICAR LAS DEPRECIACIONES Y AMORTIZACIONES

ART. 61 coeficientes de depreciación:

Considerando el tiempo de vida útil de los activos fijos, para las depreciaciones de los mismos, se aplicará como máximo los siguientes coeficientes:

- a) Los determinados en el literal c) del artículo 27 de este reglamento, para edificios destinados al comercio.
- b) 5% para edificios industriales exclusivamente sobre el valor de las construcciones; cuando no se pueda determinar el valor de las construcciones, se aplicará el coeficiente del 3,75% sobre el avalúo comercial.
- c) 8% para los estables y construcciones agrícolas en general.
- d) 10% anual sobre el costo de adquisición de maquinarias, muebles y otros activos fijos que no tengan coeficiente especial, según este reglamento.
- e) 20% para los Vehículos en general, y;
- f) Para plantaciones agrícolas cuyos valores hubieran sido acumulados en

cuentas de activos fijos, la Dirección General de Rentas determinará el porcentaje anual de acuerdo a la naturaleza del cultivo.

Para la aplicación de coeficientes especiales de depreciación o para aquellos que no consten en la Ley o en este Reglamento se necesitará la de la Dirección General de Rentas.

C A P I T U L O X I V

DEPRECIACIONES ESPECIALES Y REVALORIZACION DE ACTIVOS

ART. 63 depreciaciones y amortizaciones especiales:

Las depreciaciones y amortizaciones de que trata el literal t) del artículo 39 de la Ley será autorizadas por el Director General de Rentas en los siguientes casos:

- a) Renovación anticipada.
- b) Obsolescencia.
- c) Depreciación acelerada.
- d) Costos de revalorización por efectos de devaluación monetaria, y;
- e) Revalorización a costo de reposición.

APENDICE D

CALCULO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA PARA PRODUCCION A MAYOR

ESCALA

Se desea producir 220 lbs. de peso seco por carga en bandejas de 11 lbs. c/u, lo cual se requiere 20 bandejas. Para esto se desea disminuir los tiempos de secado; de la curva para 158°F se tiene:

$$R_c = 12,8 \text{ lb/pie}^2 \text{ hr}$$

$$X = 2,8 \text{ lb de humedad/lb de sólido seco}$$

$$X_c = 1,6 \text{ lb de humedad/lb de sólido seco}$$

De la ecuación 2.4.2.

$$t_i = \frac{P_{ss} (X^* - X_c)}{A_c R_c}$$

Si se desea disminuir el tiempo del período constante a 0,25 hr.

Se tiene.

$$A_s = \frac{P_{ss} (X^* - X_c)}{t R_c}$$

$$A_s = \frac{11 (2,8 - 1,65)}{(0,25)(12,8)}$$

$$A_s = 3,96 \text{ pies}^2$$

Bandejas de 2 x 2 pies

El tiempo de secado para el período de caída de régimen se calcula de la Ec. 2.4.5.

$$t_2 = \frac{P_{ss} (X_c - X_f)}{A_s (R_c - R_f)} \ln \frac{R_i}{R_f}$$

donde R_f 1,1 lb/pie² hr

X_f 1 lb de humedad/lb de sólido seco.

$$t_2 = \frac{11 (1,65-1)}{(4) (12,8-1,1)} \ln \frac{5,81}{0,5}$$

$$t_2 = 0,37 \text{ horas}$$

$$t_T = t_1 + t_2$$

$$t_T = 0,25 + 0,38$$

$$t_T = 0,63 \text{ horas} \quad 40 \text{ minutos}$$

Luego hay que considerar el tiempo en carga y descarga el producto también es conveniente realizar movimientos del producto mientras se seca ya que esto ayudaría a remover la humedad y el secado sería más uniforme. Se estima un tiempo de 1,25 horas por cada 220 lb. de producto seco.

El área de la cámara necesita tener las dimensiones de dos bandejas - juntas formando fila, aumentándose a esta dimensión la separación necesaria tanto entre las bandejas así como de las bandejas a la pared de la cámara, con el objeto de permitir que circule el aire. El área calculada es de 4,39 pies por 2,30 pies lo que da un área de 10,33 pies².

Se desea aumentar la velocidad del aire a 6 pies y el caudal de aire a sg.

manejar será:

$$\dot{Q} = AV$$

$$\dot{Q} = (10,33)(6) \text{ pies}^3/\text{sg.}$$

$$\dot{Q} = 61,98 \text{ pies}^3/\text{sg.}$$

Los requerimientos de energía se calculan:

$$Q = C_m \Delta T$$

$$Q = (0,24)(61,98)(3600)(10,71)(158-86) \text{ BTU/hr.}$$

$$Q = 273.751,28 \text{ BTU/hr}$$

$$Q = 80,23 \text{ KW}$$

Los sistemas solares trabajan convenientemente en conjunción con un sistema auxiliar, como una buena relación entre los sistemas sería del 70% solar y 30% auxiliar (en este caso eléctrico).

$$Q_{\text{solar}} = 191.625,90 \text{ BTU/hr} = 56,16 \text{ KW}$$

$$Q_{\text{AUX}} = 82.125,38 \text{ BTU/hr} = 24,07 \text{ KW}$$

Para efectos de cálculos energéticos se considera como valor de radiación promedio 200 BTU/hr pie² sobre el Litoral Ecuatoriano teniendo que considerar lo siguiente:

l) Hay que cumplir el requerimiento de flujo en los colectores tal como se los experimentó, y se obtiene:

$$\dot{Q}_c = 2,08 \text{ pies}^3/\text{sg.} \text{ en cada colector.}$$

Como se tiene un requerimiento total de aire de:

$$\dot{Q}_T = 61,98 \text{ pies}^3/\text{sg.}$$

Se necesitarían:

$$\frac{\dot{Q}_T}{\dot{Q}_C} = 29,79 \quad 30 \text{ tomas de salidas}$$

esto es 30 colectores en paralelo.

Al colocar 30 tomas en paralelo se cumple el requisito de flujo, pero el requerimiento energético no se podría cumplir; esto se puede solucionar colocando 60 tomas en paralelo, teniendo a la vez que el flujo en cada colector será de $1,04 \text{ pies}^3/\text{sg.}$, si se mantiene el sistema de dos colectores en serie se tendría 120 colectores con un área total de 1.980 pies^2 ; es cierto que al disminuir el caudal la eficiencia disminuye pero esto se compensa con la temperatura de salida que sería más alta.

La energía que se obtendría se la puede calcular de la siguiente forma:

- Se asume que el sistema tiene un 45% de eficiencia, (se toma eficiencia baja como un factor de seguridad).
- Se asume el nivel promedio de radiación.

Luego:

$$Q = I \times \eta_{st} \times A_c$$

$$Q = 200 \times 0,45 \times 1.980 \text{ BTU/hr}$$

$$Q = 178.200 \text{ BTU/hr} = 52,23 \text{ KW}$$

El costo por colector oscila entre los 600 sucres/pie² incluyendo vidrios aislamientos, etc., esto daría un costo total de: S/. 1'188.000,00

El costo de cámara, tubería, aislamiento para cámara, control de temperatura oscila:

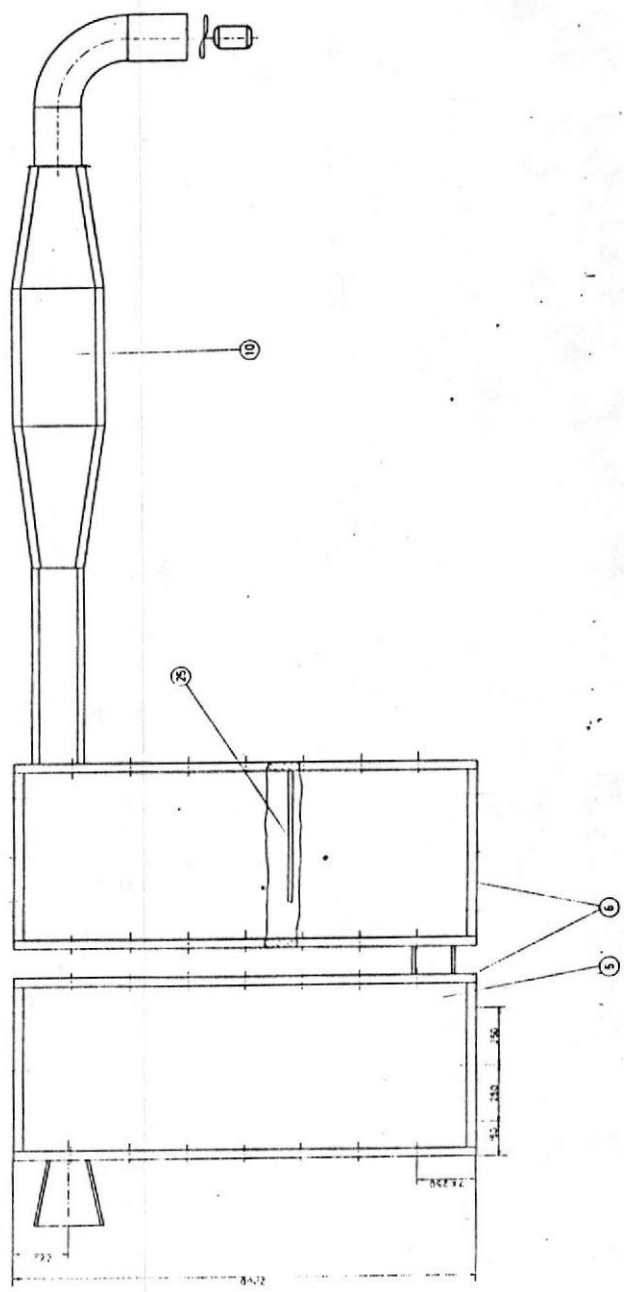
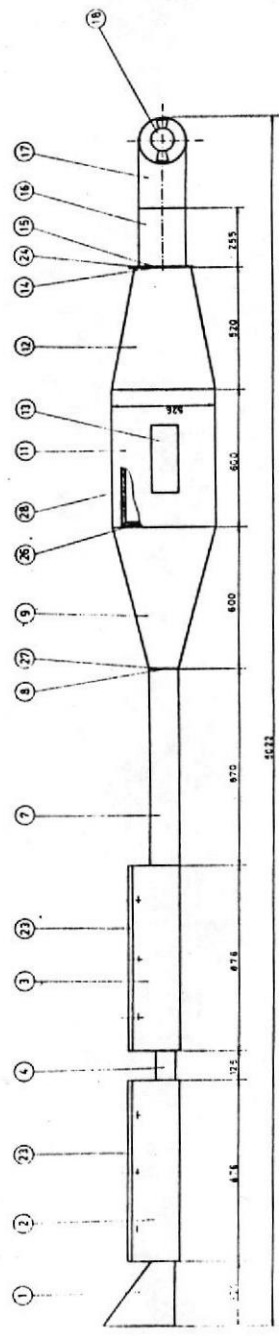
Se tendría que cubrir un área de 148 pies².

El costo por pie ² de plancha	S/.200,00	S/.	29.600,00
El costo por pie ² de lana de vidrio	S/.37,36	"	5.530,00
El costo de hojalata para ductos (se estima)		"	5.000,00
Se calcula que se necesitan 196,80 pies de ángulo	S/.35,57/pie de ángulo.	"	7.000,00
Costo de pie ² de plumavit	S/.141,01	"	20.870,00
Control de temperatura		"	20.000,00
Varios		"	25.000,00
Sub total		S/.	113.000,00

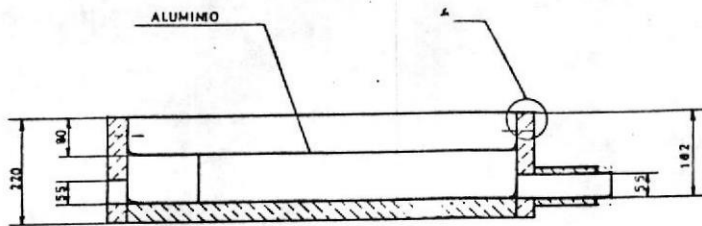
Se incluye el costo de un extractor con motor con capacidad para remover los 3.600 CFM y de alta presión:

Oscila entre los S/. 160.000,00

El costo total será S/. 1'461.000,00

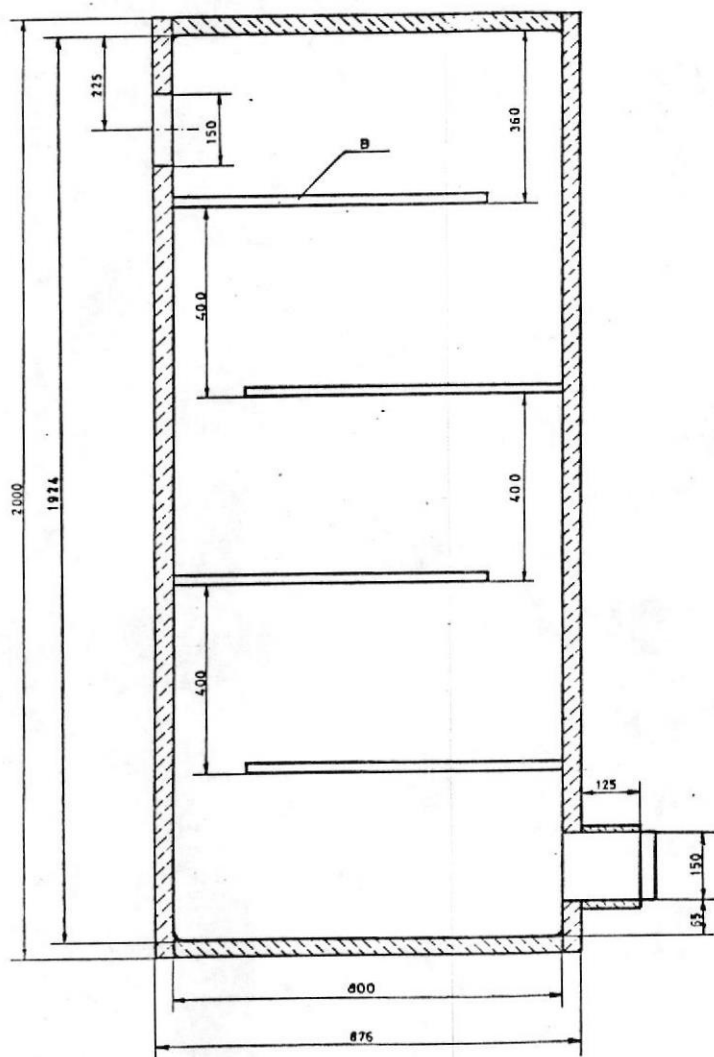
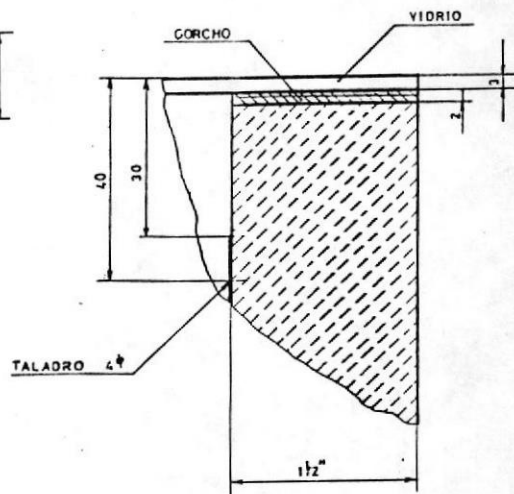


28	BISAGRA	2	ACERO	3"
27	JUNTA	2	ACERO	1/2"
26	JUNTA	1	ACERO	1/2"
25	DESVIADORES	8	HIERRO GALV V27	
24	JUNTA	1	HIERRO GALV V27	
23	AJUSTADOR	2	HIERRO GALV V27	
22	ARANDELAS	72	ACERO M3	
20	TUERCA	72	ACERO M3	
19	TORNILLO	72	ACERO M3	
18	EXTRACTOR	1	2700 RPM 50 HZ 1 M 40°C	
17	TUBERIA FLEX	1		
16	DUCTO DE SAL	1		
15	BRIDA	1		
14	BRIDA	1	HIERRO GALV 1/8"	
13	MIRILLA	1	VIDRIO	
12	TOBERA DE SAL	1		
11	PUERTA DE CAM	1		
10	CAMARA DE SEC	1		
9	DIUSOR DE ENT	1	ACERO 1 1/2"	
8	BRIDA	1	PLATINA 1 X 1/8"	
7	DUCTO 1	1	HIERRO GALV V27	
5	JUNTA	2	CORCHO 1/2"	
5	TAPA	2	VIDRIO	
4	DUCTO DE UNION	1	HIERRO GALV 1/37"	
3	COLECTOR 2	1	HIERRO GALV 1/37"	
2	COLECTOR 1	1	HIERRO GALV 1/37"	
1	TOBERA DE ADM	1	HIERRO GALV V27	
NF DESIGNACION		CAN MATERIAL		UNDA
E		FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA		ESPOL
M		TAL PARA RESIDUOS DE CAMARON		POI 000 000

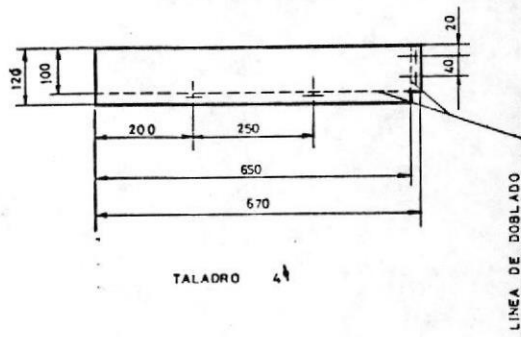


DETALLE A

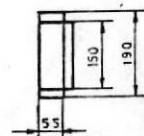
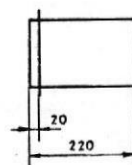
ESC. 1:1



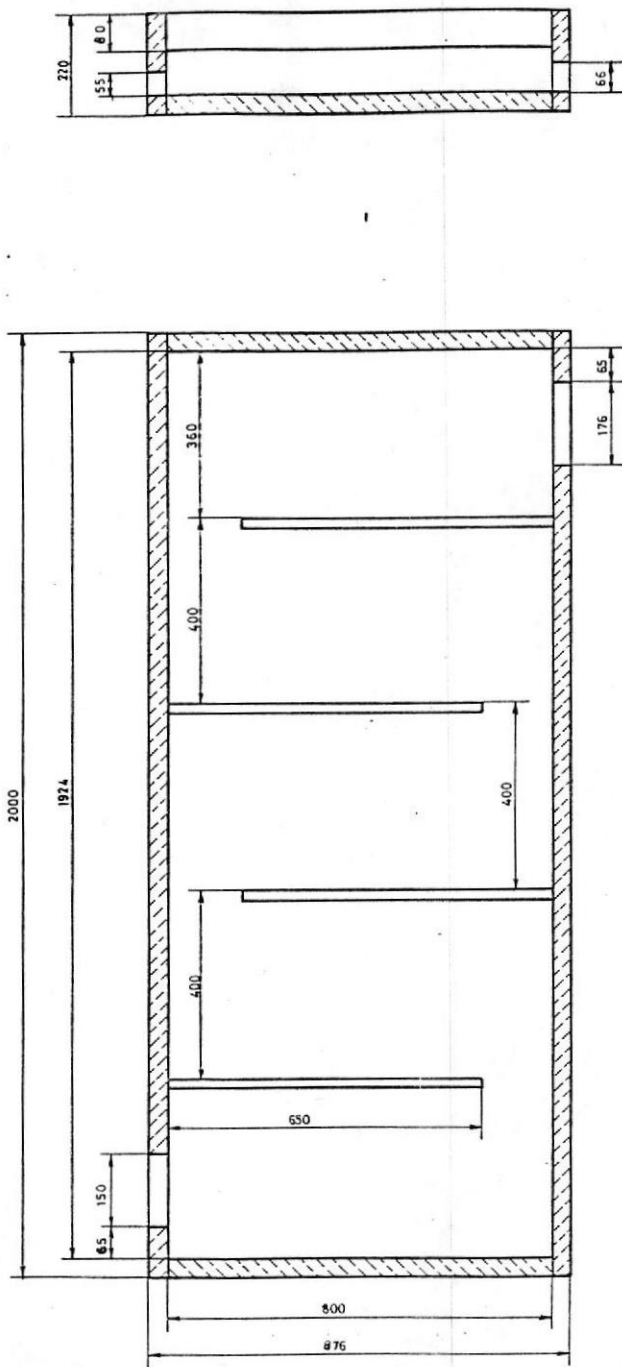
B DESVIADORES



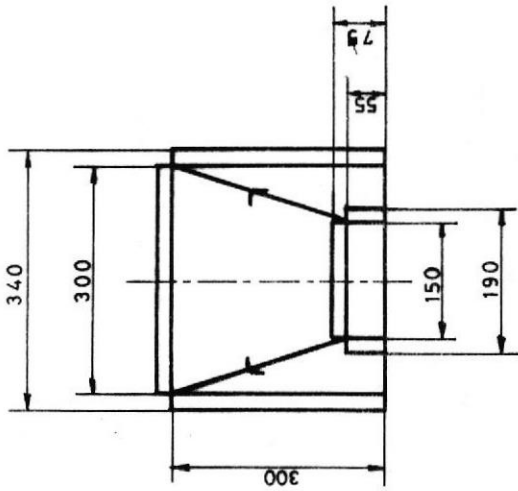
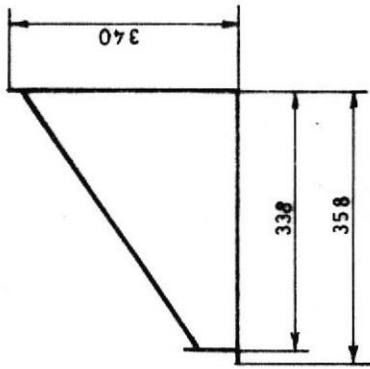
DUCTO DE UNION
ESTRUCTURA



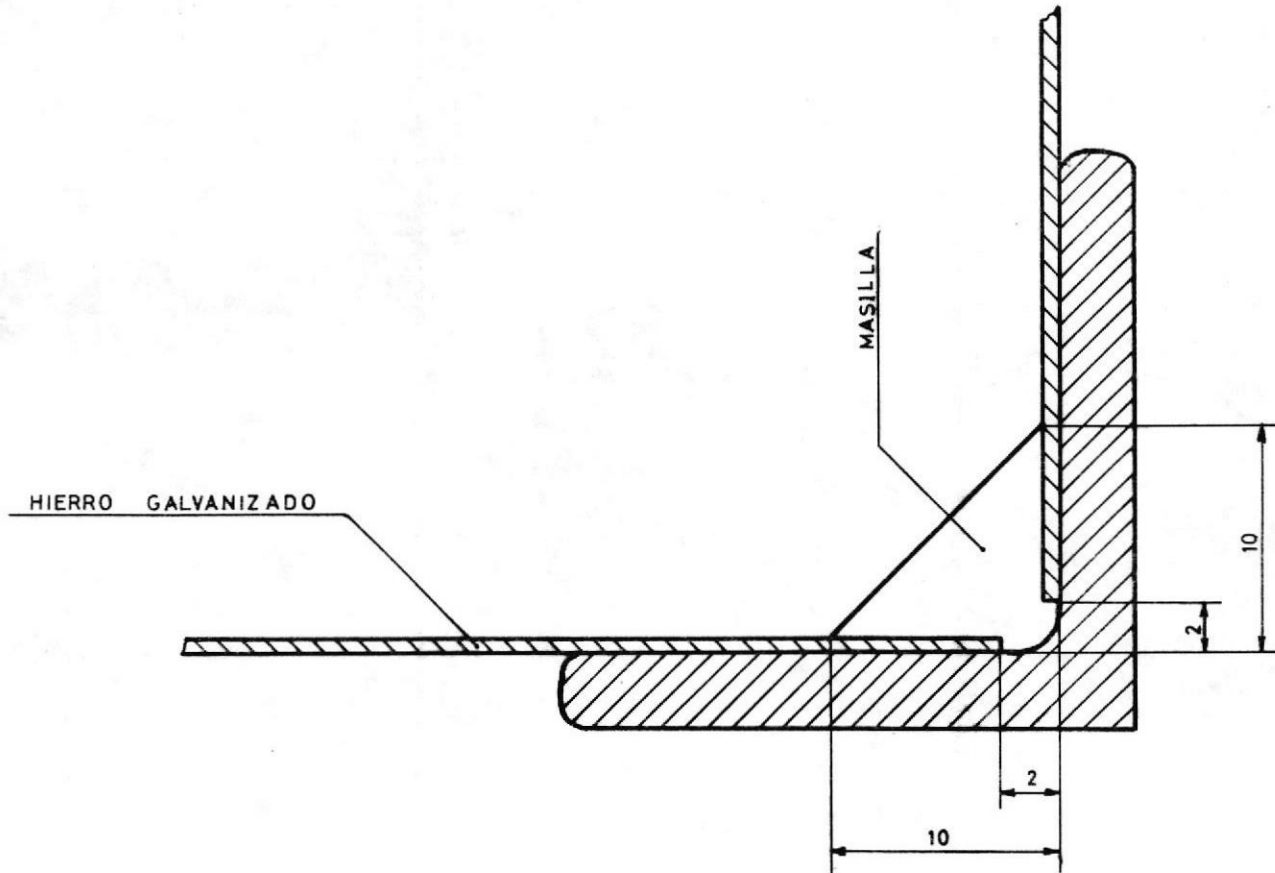
	FEC.	COMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
DISUJO	DIC. 06	PABLO M.		
REVISO		C. MAWYIN		
COMP.		ING. E. V.		
E	COLECTOR 1 DESVIADORES			P01-C01-D00
1:10	DUCTO DE UNION			
2				Nº 2-3-5-6-25 MAT. REF. P01-C00-C00



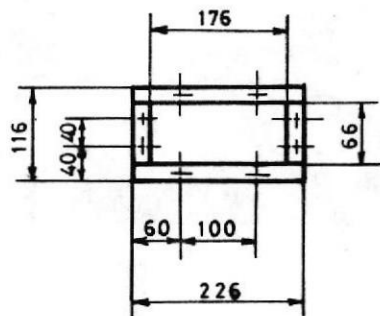
	FECH	NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
DIBUJO	O EDB	PAULO M.		
REVISOR		CHAYIN		
COMP		ING. E. Y.		
E				
1:10			COLECTOR 2	P01 C02 D00
~				N 4.25 MAT: REF P01-C00-D00



DIBUJO		FEC.	NOMBRE	FACULTAD DE		ESPOL	
REVISO		DIC-86	PABLO M.	INGENIERIA MECANICA			
COMP.			C.MAYTIN	ESTRUCTURA		P01 - C00 - D06	
			ING. E. V.	TOBERA DE ADMISION			
E							N° 1
1:10							MAT. REF. P01-C00-D00
~							



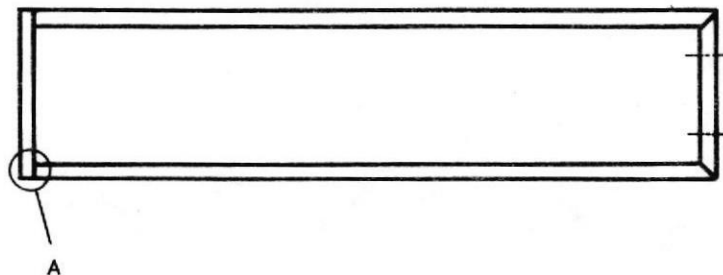
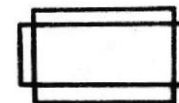
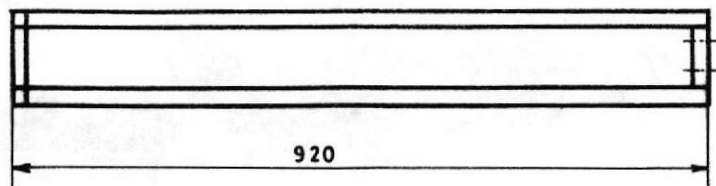
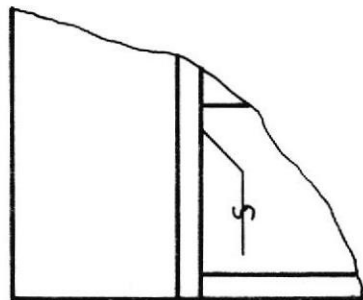
	FEC.	NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
DIBUJO	DIC-86	PABLO M.		
REVISO		C.MAWYIN		
COMP.		ING. E.V.		
E	DETALLE DE UNION			P02 - C00 - D00
3:1	ELEMENTOS 7-8-10-11-13			
2				
			Nº 7-8-10-11-13	REF- P01 C00 D00



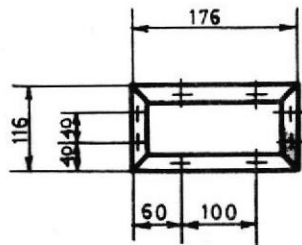
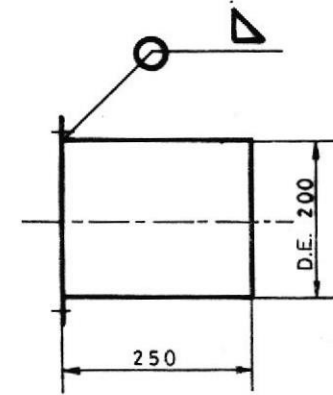
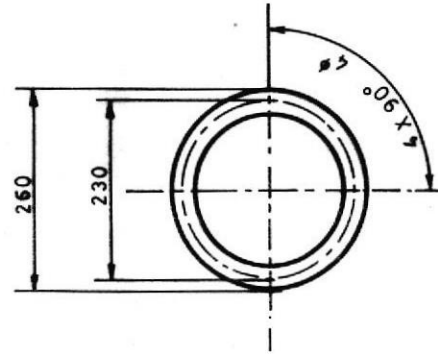
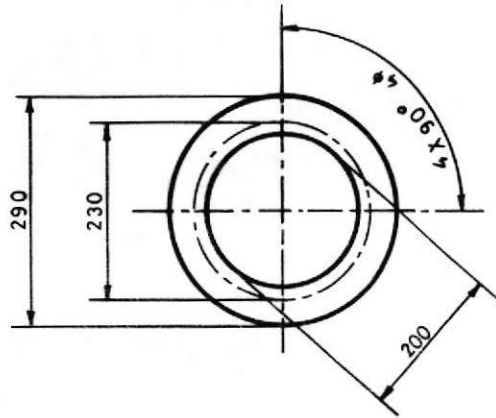
8 AGUJEROS 4

DETALLE A

ESC. 1:1

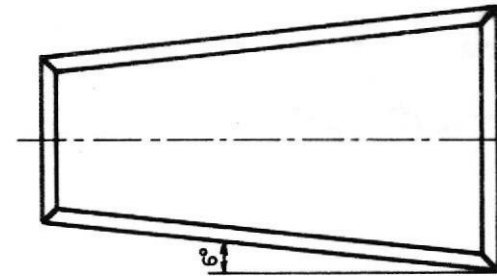
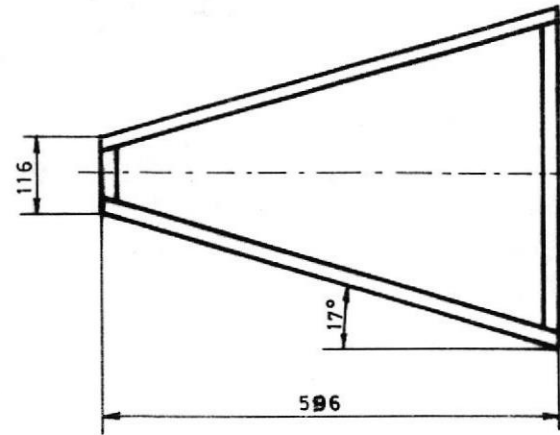
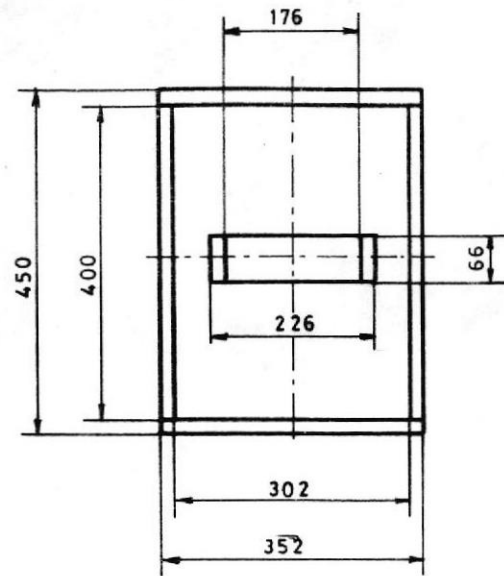


	FEC.	NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
DIBUJO	Dic-86	PABLO M.		
REVISO		C.MAWIN		
COMP.		ING. E.V.		
E	DUCTO 1 ESTRUCTURA			POI - C00 - D04
1:10				
~				
			N 7	MAT. REF. POI-C00-D00

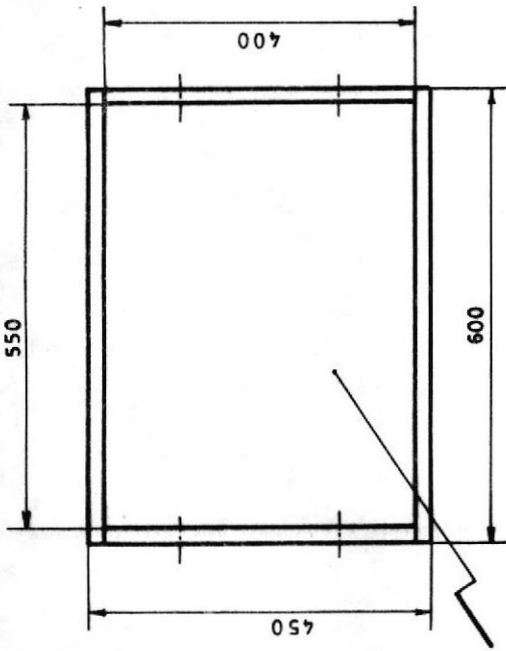


8 AGUJEROS 4°

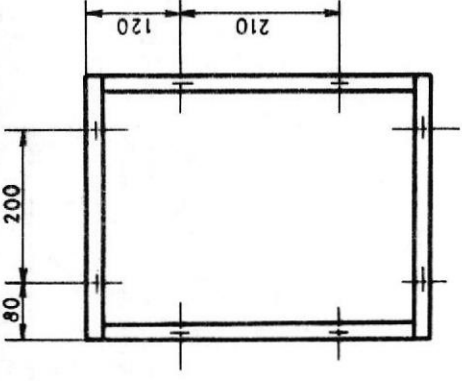
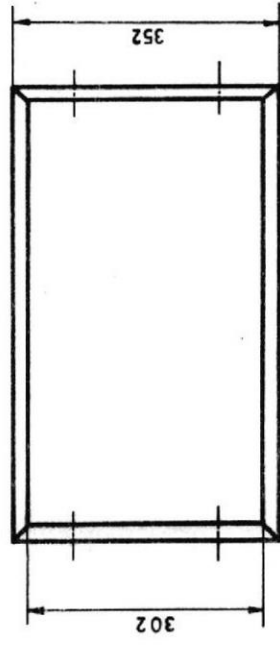
	FEC.	NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
DIBUJO	DIC-86	PABLO M.		
REVISO		C.MAWYIN		
COMP.		ING. E. V.		
E	DUCTO DE SALIDA - BRIDAS			P01-C00-D03
1:10				
2				N° 8-14-15-16
				MAT. REF. POI-C00-D00



	FEC.	NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
DIBUJO	DIC-86	PABLO M.		
REVISÓ		C.MAWYIN		
COMP.		ING.E.V.		
E	ESTRUCTURA			P01-C00-D05
1:10	DIFUSOR DE ENTRADA			
2				N 9
				MAT. REF. POI-C00-DOO



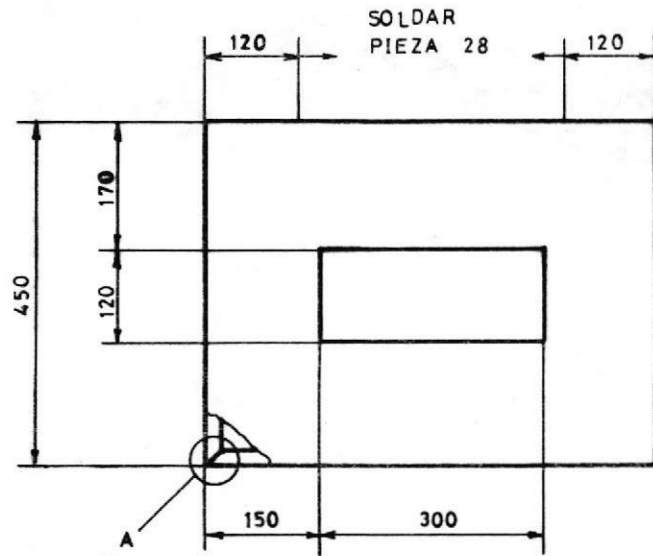
PUERTA AQUI



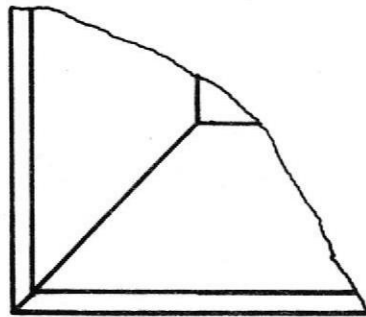
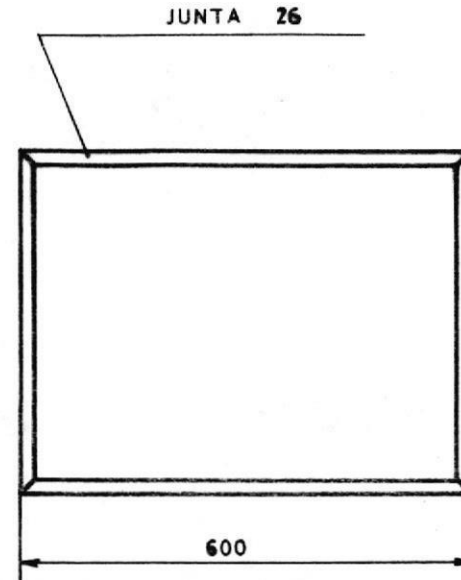
8 AGUJEROS 4° IGUAL LADO DERECHO

DIBUJO	FEC.	NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
	Dic-86	PABLO M.		
	REVISOR	C. MAMIN		
COMP.		ING. E. V.	CAMARA DE SECADO ESTRUCTURA	P01-C00 - D07
E	1:10			
~				
				N 10
				MAT. REF P01-C00 - D00

VISTA ANTERIOR
CON LAMINA HIERRO 1/32"

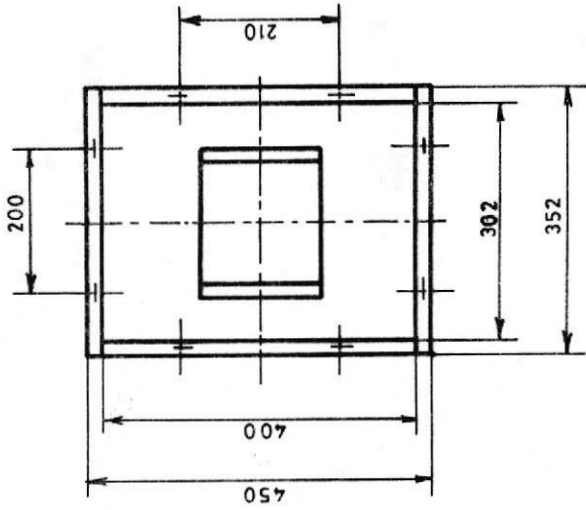


VISTA POSTERIOR
ESTRUCTURA

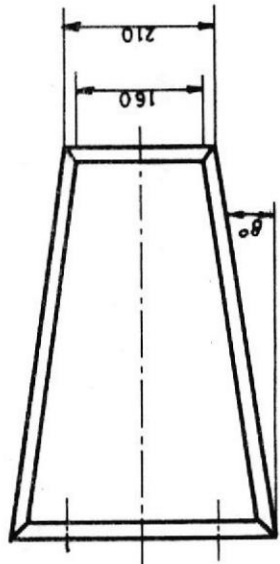
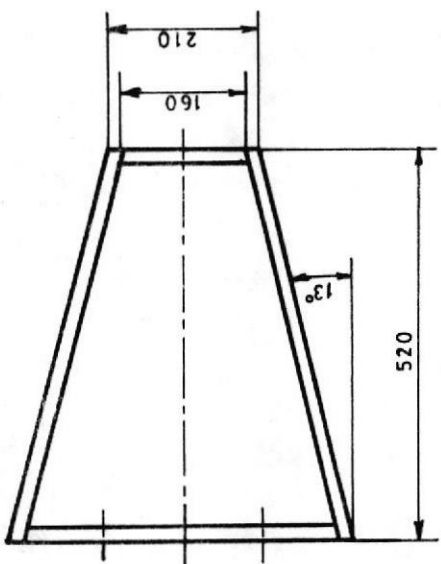


DETALLE A ESC. 1:1

	FEC.	NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
DIBUJO	Dic-86	PABLO M.		
REVISO		C. MAWYIN		
COMP.		ING. E. V.		
E	PUERTA DE LA CAMARA			P01 C00 D01
1:10				
~				Nº 11-26-28
				MAT. REF. POI-C00-D00



8 AGUJEROS 4φ



DIBUJO	FEC.	NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
	Dic 86	PABLOM.		
REVISO		C.MAWYIN	TOBERA ESTRUCTURA	P01 - C00 - D02
COMP.		ING.E.Y.		
E				N° 12
1:10				MAT. REF. P01-C00-D00
~				

ABREVIATURA Y SIMBOLOGIA

A	= Area. (pie ²)
Ac	= Area de Colección. (pie ²)
As	= Area de Secado.. (pie ²)
a	= Constante de Page.
B	= Base.
BTU	= Unidad Térmica Británica.
b	= Constante de Page.
C	= Calor específico, Costo.
°C	= Grados, Centígrados.
cm	= Centímetro.
D	= Distancia, Depreciación.
Dh	= Diámetro hidráulico. (pie)
E	= Espesor. (pie)
EE	= Radiación extraterrestre. (BTU/hr pie ²)
Eext	= Radiación fuera de la atmósfera sobre una superficie horizontal o inclinada. (BTU/hr pie ²)
EH	= Constante Solar. (BTU/hr pie ²)
Epr	= Radiación promedio sobre una superficie horizontal. (BTU/hr pie ²)
Eo	= Constante Solar sobre un plano. (BTU/hr pie ²)
°F	= Grado Fahrenheit.
Gm	= Gramo.
H	= Hidrógeno.

Re	= Número adimensional de Reynolds.
S	= Radiación neta sobre la placa. (BTU/hr pie ²)
S'	= Máximo número de horas de brillo solar durante el día.
s	= Promedio diario de horas de brillo solar.
SG	= Segundo.
T	= Temperatura. (°F)
Ta	= Temperatura ambiente. (°F)
Tfi	= Temperatura del fluido a la entrada.(°F)
Tfm	= Temperatura del fluido medio. (°F)
Tfo	= Temperatura del fluido a la salida.(°F)
TS	= Temperatura de secado.(°F)
Tm	= Temperatura media.(°F)
Tp	= Temperatura de placa.(°F)
TVU	= Tiempo de vida útil.
t	= Tiempo. (Hr)
Ub	= Coeficiente de pérdidas por el fondo.(BTU/hr pie ² °F)
Ue	= Coeficiente de pérdidas laterales.(BTU/hr pie ² °F)
UL	= Coeficiente de pérdidas totales.(BTU/hr pie ² °F)
Ut	= Coeficiente de pérdidas por cubierta.(BTU/hr pie ² °F)
VR	= Valor residual.
V	= Velocidad de aire, velocidad de viento.(pie/sg)
WT	= Wattios.
X	= Contenido de humedad. (lbm de humedad/lbm de sólido seco)
Xc	= Contenido crítico de humedad(lbm de humedad/lbm de sólido seco)
Xf	= Contenido final de humedad. (lbm de humedad/lbm de sólido seco)
Xi	= Contenido inicial de humedad.(lbm de humedad/lbm de sólido seco)
Σ	= Sumatoria.

HR	= Hora.
h	= Coeficiente convectivo, (BTU/hr pie ² °F), altura (pie)
He	= Helio.
Hc	= Altura del colector. (pie)
hw	= Coeficiente convectivo debido al viento. (BTU/hr pie ² °F)
I	= Radiación incidente medida con un radiámetro. (BTU/hr pie ²)
K	= Coeficiente de extinción, conductividad térmica.
KG	= Kilogramo.
Ki	= Conductividad térmica del aislante.
m	= Flujo másico. (lbm/hr)
max	= Máximo.
min	= mínimo.
N	= Número de moléculas por unidad de volumen.
n	= enésimo día del año.
n'	= Índice de refracción de la atmósfera.
Nu	= Número adimensional de Nusselt.
O	= Oxígeno.
ρ	= Densidad del aire. (lbm/pie ³)
Pc	= Perímetro del colector. (pie)
Pss	= Peso del solido a secar. (lbm)
\dot{Q}	= Caudal de aire. (pie ³ /seg)
Q	= Calor. (BTU/hr)
Qu	= Calor útil. (BTU/hr)
Q conv	= Calor por convección. (BTU/hr)
Q rad	= Calor por radiación. (BTU/hr)
R	= Velocidad de secado. (lbm/pie ² hr)
Rc	= Velocidad constante de secado. (lbm/pie ² hr)

- ϵ = Emisividad.
 ϵ_p = Emisividad de placa.
 τ = Transmitancia.
 η = Eficiencia.
 μ = Viscosidad absoluta.

ANGULOS:

- B = Inclinación de la superficie con respecto a la horizontal.
p = Angulo azimuth.
 \emptyset = Angulo de radiación directa.
S = Latitud.
K/ = Declinación.
 θ = Angulo horario.

BIBLIOGRAFIA

1. CENDES Procesamiento de los residuos del camarón.
Centro de Desarrollo Industrial.

2. Chávez G.J. "Importancia del tipo de coberturas y su separación en las pérdidas de calor hacia arriba de un secador solar plano"
Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico 1.982.

3. Duffy J.A. "Solar Engineering of thermal processes"
John A. Duffy and Willian Beckman.
New York: John Wiley 1.980.

4. Foust, Wenzel, Maus Principios de operaciones unitarias.
Clump, Andersen Compañía Editorial Continental S.A. Mexico
Edición de 1.961.

5. García J.J., Badel "Cálculo de la energía solar"
Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.
Madrid 1.983.

6. Kreith F., Kreider J. "Principles of Solar Engineering"
Mc. Graw Hill 1.978.
7. Kreith F., Kreider J. "Solar Energy Handbook"
Mc. Graw Hill
8. Mestanza F. "Aplicabilidad de los concentradores cilíndricos para bolices de energía solar para la obtención de vapor"
Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico 1.983.
9. Pinela F. "Diseño y construcción de un secador solar experimental de grano utilizando energía solar"
Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico 1.981.
10. Paz R. Apuntes sobre: "Introducción a la Energía Solar" - Espol 1.983.
11. Pazmiño M. "Energía Solar: Teoría y Experimentos"
Espol.
12. Treybal R. "Operaciones con transferencia de masa"
Traducida de: Mass Transfer Operation de la
Mc. Graw Hill Company.
Editorial Hispanoamericana S.A. Argentina
1.970.