

027. 070
JUR.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de
la Producción**

**“Análisis Paramétrico Teórico-Experimental del Descortezado Manual del
Banano Verde”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

Francisco Javier Duque Aldaz

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

2001



AGRADECIMIENTO

A todas las personas que motivaron la culminación del presente trabajo, especialmente al Ing Edmundo Villacís Director de Tesis, Phd. Alfredo Barriga. Por su infinita paciencia.



DEDICATORIA

A la persona que le debo todo lo que soy, que siempre está cuando más la necesito, quien es mi ômiga, mi consejera y confidente, mi padre y madre a la ves; quien sin su ayuda no sería quien soy, y no tendría lo que tengo

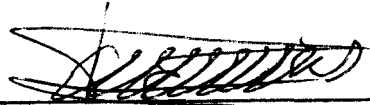
A Laura María Aldaz Cruz.

Mi mami.

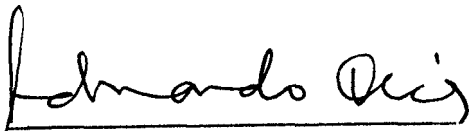
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Mario Patiño
SUBDECANO DE LA FIMCP



Ing. Edmundo Villacis
DIRECTOR DE TESIS



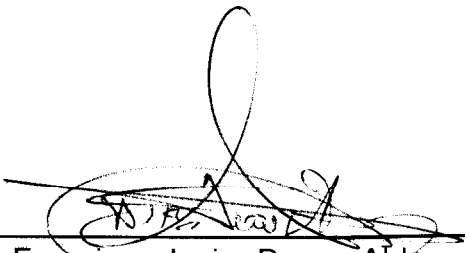
Ing. Eduardo Orces
VOCAL



Ing. Manuel Helguero
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”



Francisco Javier Duque Aldaz

RESUMEN

El objetivo principal del proyecto es implementar un sistema de trabajo de nivel artesanal en la elaboración y comercialización de la harina de banano, con la cual se aspira a dar una alternativa para solucionar la crisis económica del campesino productor de banano. Para la producción de harina de banano se utilizarán los excedentes de producción; se tratará de introducir una sistematización tecnológica en los sistemas artesanales convencionales.

Para lograr este objetivo nuestro proyecto tiene como finalidad el diseño de prototipos (maquinas) de tecnología de nivel 1, es decir maquinas de fácil operación y mantenimiento, sin descuidar la seguridad y eficiencia del equipo.

Estos diseños serán la base de maquinas que serán mejoradas dependiendo del campo de comercialización de la harina de banano.

En el presente trabajo se analizará el problema que se produce en el descortezado del banano verde, debido a que el látex presente, dificulta su descortezado, haciendo que esta parte del proceso se convierta en un cuello de botella cuando se desea industrializar el proceso.

La alternativa que se plantea como solución es ablandar la cáscara de banano por medio de calor de forma tal que el látex presente se ablande de forma tal que facilite la separación del fruto de la cáscara, sin que se dañe la integridad del producto; esto se logra sometiendo al banano a calor por un tiempo determinado, el cual varía según sea el volumen que se maneja, tomando en cuenta que la pulpa del banano no debe sobrepasar la temperatura de los 50 °C, debido a que este es el límite de la temperatura luego de la cual comienzan a cambiar las propiedades del banano dejando de ser útil para nuestro propósito.

Después que el banano es retirado se lo sumerge inmediatamente en agua fría, de forma tal que se produce un choque térmico, además esto facilita el pelado, tomando en cuenta que si el banano es retirado del vapor y no es pelado inmediatamente este se enfría y luego pelarlo se dificulta porque, queda medio blando.

En los diferentes capítulos se analiza:

- Antecedentes; que llevan a plantear este trabajo.
- Análisis tecnológico; en el cual se analiza la tecnología empleada en las empresas para realizar el mismo sistema y cuales son las alternativas que tenemos para realizar el pelado y por cual nos decidimos finalmente, dando las debidas justificaciones.

- Ingeniería del proyecto; definiremos los parámetros técnicos de análisis tales como tiempo de permanencia, volumen que se maneja.
- Planificación de la construcción, se indica la forma de trabajo.
- Análisis económico; hablaremos de la parte económica, los costo de construcción, costo de material, y en cuanto tiempo se planea recuperar la inversión



INDICE GENERAL

- RESUMEN.....	I
. INDICE GENERAL.....	IV
. INDICE DE ABREVIATURAS.....	VIII
- SIMBOLOGIA.....	VIII
. INDICE DE GRAFICOS.....	X
. INDICE DE TABLAS.....	XIII

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Justificación del proyecto.....	1
1.2 Definición del problema.....	12

CAPITULO 2

ANALISIS TECNOLOGICO

2.1 Tecnologías existentes.....	15
2.2 Criterio de selección.....	17
2.3 Diseño de forma preliminar y alternativa de solución.....	17
2.4 Matriz de decisión.....	19

CAPITULO 3

PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1	Parámetros operativos del descortezado.....	20
3.2	Medición del perfil de temperatura en el interior de la fruta.....	20
3.3	Observación del efecto del grado brix.....	59
3.4	Calidad del descortezamiento del banano.....	60

CAPITULO 4

INGENIERIA DEL PROYECTO

4.1	Cálculos y diseño de sub ensamblés.....	61
4.1.1	Calculo y diseño del recipiente y estructura.....	61
4.1.2	Selección del control de temperatura.....	109
4.1.3	Selección de los sistemas auxiliares..	110
4.2	Diseño de ensamble.....	111
4.3	Diseño detallado para fabricación.....	113

CAPITULO 5

PLANIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN.

5.1	Planillas despiece analítico.....	118
5.2	Elaboración de diagrama de Gozinto.....	120

CAPITULO 6

ANÁLISIS ECONÓMICO

6.1	Costo de mano de obra directa.....	126
6.2	Costo de materiales.....	127
6.3	Análisis de la inversión.....	128

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1	Conclusiones.....	129
7.2	Recomendaciones.....	131

BIBLIOGRAFIA	132
---------------------------	------------

ABREVIATURAS

UE	Unión Europea.
TM	Toneladas Métricas.
Temp.	Temperatura
min	Minutos

SIMBOLOGIA

°C	Grados Centígrados.
°F	Grados Fahrenheit
cm	Centímetro
D	Diámetro mayor
d	Diámetro menor
H	Altura
Lc	Longitud de la circunferencia
mm	Milímetro
Kg	Kilogramo
t	Tiempo
T	Temperatura
q''	Flujo de calor
x	Condiciones locales sobre una superficie
k	Conductividad térmica, W/m. K; constante de Boltzmann
A	Area
l	Longitud, m
a	Difusividad térmica, m ² /s
ρ	Densidad de masa, kg/m ³
CP	Calor específico a presión constante, J / kg* °K

h	Coeficiente de transferencia de calor por convección, $W/m^2 \text{ } ^\circ K$
E	Potencia emisiva, W/m^2
σ	Constante de Stefan – Boltzmann
ε	Emisividad.
h_r	Coeficiente de transferencia de calor por radiación, $W/m^2 \text{ } ^\circ K$
Gr	Número de Grashof
g	Aceleración gravitacional, m^2 / s
β	Coeficiente de expansión térmica volumétrica, $^\circ K^{-1}$
ν	viscosidad cinemática, m^2 / s
θ	Angulo teta
π	Pi
D_{ext}	Diámetro externo
t_{agua}	Temperatura agua
t_{supo}	Temperatura superficie exterior
t_{ambf}	Temperatura ambiente fluido
Pr	Prandal
Nu_l	Temperatura superficie

INDICE DE GRAFICOS

Fig. 1.1.	Grafico Comparativo entre Exportación y Producción	4
Fig. 1.2.	Diferencia entre Producción y Exportación	4
Fig. 1.3.	Porcentaje de Banano no Exportado..	6
Fig. 2.1.	Sistema de Ablandamiento de Cáscara a Nivel Industrial.. . . .	16
Fig. 2.2.	Alternativa Tipo 1	18
Fig. 2.3.	Alternativa Tipo 2	19
Fig. 3.1.	Histograma de Frecuencia de Diámetro Menor o Igual a 4 cm..	25
Fig. 3.2	Histograma de Frecuencia de Diámetro Mayor a 4 cm	25
Fig. 3.3	Histograma de Frecuencia para Espesor de Cáscara, Bananos con Diámetro Mayor a 4 cm	27
Fig. 3.4	Histograma de Frecuencia Diámetro menor 0 Igual a 4 cm...	28
Fig. 3.5	Ubicación de los sensores (Primera Prueba)	30
Fig. 3.6.	Variación de la Temperatura en las Diferentes Ubicaciones con Respecto al Tiempo (Primera Prueba)	31
Fig. 3.7.	Variación de la Temperatura en el Agua Sin Bananos (Primera Prueba)	34
Fig. 3.8.	Variación de la Temperatura en las Diferentes Posiciones (Segunda Prueba)	36

Fig. 3.9.	Ubicación de las Termocuplas en el Recipiente Sin Chaqueta (Tercera Prueba)	37
Fig. 3.10.	Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Sin Chaqueta (Tercera Prueba)	38
Fig 3.11.	Ubicación de las Termocuplas en el Recipiente Sin Chaqueta (Cuarta Prueba)	39
Fig. 3.12.	Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Sin Chaqueta (Cuarta Prueba)...	40
Fig. 3.13.	Ubicación de las Termocuplas en el Recipiente Sin Chaqueta (Quinta Prueba)...	41
Fig. 3.14.	Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Sin Chaqueta (Quinta Prueba)	42
Fig. 3.15.	Ubicación de las Termocuplas en el Recipiente Con Chaqueta. (Sexta Prueba)...	43
Fig. 3.16.	Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Con Chaqueta (Sexta Prueba)	44
Fig. 3.17.	Ubicación de las Termocuplas en el Recipiente Con Chaqueta. (Séptima Prueba)...	45
Fig. 3.18.	Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Con Chaqueta (Séptima Prueba)	46
Fig. 3.19.	Modos de transferencia de calor: Conducción, Convección, Radiación..	47

Fig. 3.20.	Transferencia de Unidimensional de Calor por Conducción (Difusión de Energía).....	48
Fig. 3.21	Procesos de Transferencia de Calor por Convección: (a) Convección Forzada, (b) Convección natural, (c) Ebullición, (d) Condensación.....	51
Fig. 3.22	Uso de aletas para aumentar la transferencia de calor. Desde una pared plana. (a) Superficie desnuda, (b) Superficie con aletas	56
Fig. 3.23.	Desarrollo de la capa límite sobre una pared vertical Caliente	58
Fig. 4.1.	Dimensiones del Recipiente.....	62
Fig. 4.2	Dimensiones del Recipiente con Chaqueta.....	64
Fig. 4.3.	Distribución de las Termocuplas.....	65
Fig. 4.4.	Grafico hoi.....	72
Fig. 4.5.	Distribución de las Termocuplas.....	72
Fig. 4.6.	Gráfico hr.....	76
Fig. 4.7.	Distribución de las Termocuplas.....	77
Fig. 4.8.	Distribución de las Termocuplas.....	87
Fig. 4.9.	Distribución de las Termocuplas.....	90
Fja. 5.1.	Diagrama de Gozinto aplicado a la construcción de nuestro equipo.	125

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Ecuador: Comparación Anual Entre Exportación y Producción Anual de Banano Años 1991 – 1999	2
Tabla 1.2.	Ecuador: Diferencia Entre Exportación y Producción de Banano En TM.....	3
Tabla 1.3.	Ecuador: Porcentaje de Banano no Exportado Entre el Año 1991 – 1999.....	5
Tabla 1.4.	Composición Química de las Harinas (G / 100 Gr.)	8
Tabla 1.5.	Elementos Inorgánicos.....	8
Tabla 1.6.	Composición Química de las Harinas	9
Tabla 1.7.	Composición Química de las Galletas	10
Tabla 1.8.	Composición Química del Pan	11
Tabla 3.1.	Valores de Diámetros de Bananos..	23
Tabla 3.2.	Tabla de Frecuencia para Valores de Diámetros Menores 0 Iguales a 4 cm	24
Tabla 3.3.	Tabla de Frecuencia para Valores de Diámetros Mayores a 4 cm	24
Tabla 3.4.	Valores de Espesor de la Cáscara (en mm), para Bananos con Diámetro Mayor a 4 cm	26
Tabla 3.5.	Tabla De Frecuencia Para Espesor de Cáscara, Bananos con Diámetro Mayor a 4 cm.....	26



Tabla 3.6.	Valores de Espesor de la Cáscara (en mm), para Bananos con Diámetro Menor o Igual a 4 cm _____	27
Tabla 3.7.	Tabla de Frecuencia Para Espesor de la Cáscara (en mm), para Bananos con Diámetro Menor o Igual a 4 cm.	28
Tabla 3.8.	Variación de la temperatura en el Interior de la Cáscara del banano medido en los diferentes niveles del recipient	29
Tabla 3.9.	Variación de la Temperatura del Agua con Respecto al Tiempo (Primera Prueba)	32
Tabla 3.10.	Variación de la Temperatura en las Diferentes Posición (Segunda Prueba)	35
Tabla 3.11.	Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Sin Chaqueta (Tercera Prueba)	37
Tabla 3.12.	Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Sin Chaqueta (Cuarta Prueba)	39
Tabla 3.13.	Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Sin Chaqueta (Quinta Prueba)	41
Tabla 3.14.	Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Con Chaqueta (Sexta Prueba)	43
Tabla 3.15.	Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Con Chaqueta (Séptima Prueba)	45
Tabla 4.1.	Relación entre Tiempo y hoi	71
Tabla 4.2.	Relación entre Tiempo y hr	76

Tabla 4.3.	Relación entre Tiempo y hi.....	87
Tabla 5.1.	Planilla de despiece analítico.....	119
Tabla 5.2.	Planilla de despiece analítico para la elaboración del diagrama de Gozinto	122

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

1.1. Justificación del proyecto.

El presente proyecto tiene como objetivo plantear una solución al problema que afronta el sector campesino productor de banano, dado que existe una producción aproximada en el país de 5250000 toneladas métricas de las cuales se exporta aproximadamente 3904799 toneladas métricas, lo cual significa que 1345201 toneladas métricas no son exportadas, siendo aproximadamente un 25 % de la producción lo que no se exporta; esto se debe por no cumplir con las exigencias o por causas del precio, por ende ésta diferencia en la actualidad se la utiliza como comida para el ganado, en el caso más óptimo y en el peor de ellos es botada a la vereda del camino.

Por tal motivo el presente trabajo tiene como finalidad darle un valor agregado al producto que es rechazado, convirtiéndolo en harina. De modo que el campesino tenga una fuente extra de ingreso con los productos, en este caso banano que no hayan pasado la prueba para su exportación.

Año	Exportación de banano en TM	Producción de banano en TM
1991	2654300	2846585
1992	2511100	3138913
1993	2632800	4051376
1994	3307600	3895305
1995	3736600	4653331
1996	3842400	4615043
1997	4456277	4658125
1998	3860262	4838050
1999	3904799	5250000

**TABLA 1.1 ECUADOR: COMPARACION ANUAL ENTRE EXPORTACION
Y PRODUCCION ANUAL DE BANANO AÑOS 1991 – 1999**

Año	Diferencia entre producción y exportación en TM
1991	192285
1992	627813
1993	1418576
1994	587705
1995	916731
1996 II	772643
1997	201848
1998	977788
1999	1345201

TABLA 1.2 ECUADOR: DIFERENCIA ENTRE PRODUCCION Y EXPORTACION DE BANANO EN TM.

Grafico Comparativo Exportación con Producción

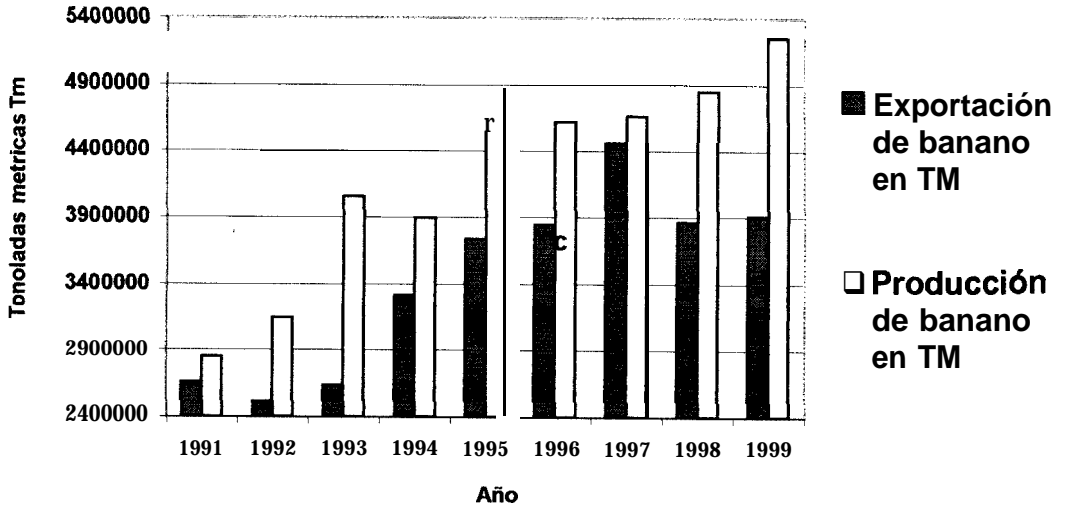


Fig. 1 .1. Grafico comparativo entre Exportación y Producción.

Diferencia entre producción y exportación en TM

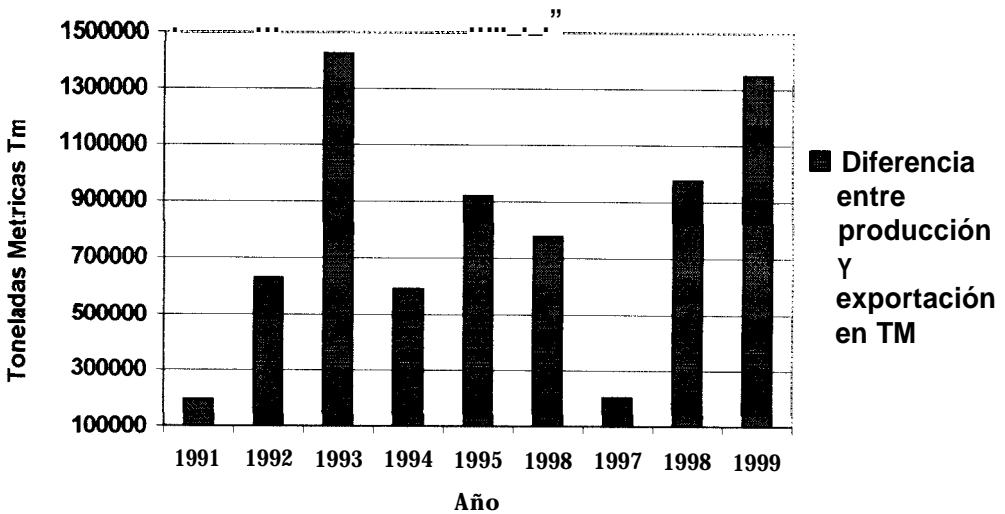


Fig. 1.2. Diferencia entre Producción y Exportación.

Año	Porcentaje no exportado
1991	6.7549362
1992	20.000968
1993	35.014672
1994	15.087522
1995	19.700533
1996	16.741838
1997	4.3332457
1998	20.210374
1999	25.622876

**TABLA 1.3 ECUADOR: PORCENTAJE DE BANANO NO EXPORTADO
ENTRE EL AÑO 1991 Y 1999**



Fig. 1.3. Porcentaje de banano no exportado.

Con el nombre de harina de banano verde, se entiende el producto obtenido por la desecación y pulverización de los frutos de diversas especies de bananos, su color suele ser ligeramente grisáceo aunque; la cantidad de azúcar depende del grado de madurez en que se halle el fruto, puede considerarse esta en un 16 %; 1.4 % de albúmina; 0.43 % de grasa y sustancias extractivas “no nitrogenadas” y de tipo mineral.

Para la obtención de harina de bananos debe emplearse el fruto cuando empiece a iniciarse en él un principio de madurez pero que no halla llegado a reblandecer su pulpa.

En lo referente al aspecto socio – económico, la elaboración de harina de banano ayudara a contrarrestar la grave deficiencia nutricional de la población, ya que si se mezcla con la harina de trigo se lograra obtener una harina de banano fortificada y panificable.

Con la elaboración de la harina de banano se lograra solucionar la crisis de la reducción en la exportación de banano cuyo cultivo ha constituido por muchos años, una de las principales fuentes de trabajo y de ingreso de divisas para el país

También se reducirá la importación de trigo y por ende el subsidio que el gobierno debe pagar a fin de que el pan y otros derivados de la harina de trigo no aumenten de precio en el mercado local.

Por ser dicha harina muy ávida de absorber humedad, su envasado debe efectuarse de manera que no pueda ponerse el aire exterior en contacto directo con ella. La harina que se obtenga esperamos que tenga un mercado potencial para la elaboración de varios productos, como ejemplos:

- La elaboración para consumo del camarón
- La elaboración de pan
- La elaboración de galletas
- La elaboración de fideos, etc.

A = Harina de banano

B = Harina de trigo.

	A	B
Humedad	13.29	14.5
Cenizas	2.83	0.61
Proteínas	2.6	11.3
Grasas	0.54	1.20
Azucares Solubles	1.36	1.50
Lignina	0.26	
Almidón	75.66	73.3

TABLA 1.4 Composición Química De Las Harinas (G / 100 Gr.)

Hierro	1.7	0.7
Magnesio	60.2	36.0
Cobre	0.5	0.2
Cinc	1.4	0.9

TABLA 1.5 Elementos inorgánicos.

	Banano		Trigo	Soya
	Mínimo	Máximo	Media	Media
Humedad	8.0	12	13.0	9.0
Proteínas	2.5	3.5	12.5	38.0
Grasas	0.5	1.0	0.5	17.0
Cenizas	2.0	2.5	0.5	5.0
Carbohidratos	81	87	73.5	31.0

TABLA 1.6 Composición Químicas De Las Harinas.

Elaboración de galletas.

La harina compuesta, con mayor contenida de harina de banano permitió la elaboración de galletas, corresponde a los siguientes porcentajes:

- Harina de banano 42 %
- Harina de trigo 42 %
- Harina de soya 16 %

Los resultados de los análisis efectuados sobre las galletas elaboradas con la harina compuesta con los porcentajes indicados anteriormente y comparadas con otras galletas que se encuentran en el mercado son los siguientes.

A = Se utilizo harina de banano.

B = Galletas del mercado local

C= Galletas del mercado local.

	A	B	C
Humedad	4.61	8.2	4.0
Cenizas	2.80	2.9	1.8
Proteínas	9.60	7.3	9.3
Grasas	13.90	7.1	26.3

TABLA 1.7 Composición Química De Las Galletas

Elaboración de pan.

La harina compuesta, con mayor contenida de harina de banano permitió la elaboración de pan, corresponde a los siguientes porcentajes:

- Harina de banano 25 %
- Harina de trigo 65 %
- Harina de soya 10%

Los resultados de los análisis efectuados el pan elaborado con la harina compuesta con los porcentajes indicados anteriormente y comparada con otros panes que se encuentran en el mercado son los siguientes.

A = Se utilizo harina de banano.

B = Pan del mercado local

C = Pan del mercado local.

	A	B	C
Humedad	22.3	22.7	25.8
Cenizas	2.2	1.8	1.2
Proteínas	8.5	8.3	8.3
Grasas	5.6	5.5	5.3

TABLA 1.8 Composición Química Del Pan

Elaboración de fideos.

La harina compuesta, con mayor contenida de harina de banano permitió la elaboración de fideos, corresponde a los siguientes porcentajes:

- Harina de banano 20 %
- Harina de trigo 72 %
- Harina de soya 8 %



1.2. Definición del problema

Detección de la necesidad.

Cuando se desea industrializar el proceso de producción de harina de banano para consumo humano, nos encontramos con un grave problema que es el descortezado del banano; debido a que la cáscara está fuertemente adherida al fruto lo cual dificulta su descortezado, de manera que necesitaríamos una gran cantidad de obreros para poder cumplir con nuestra producción de descortezado de banano lo que trae como consecuencia el encarecimiento de nuestro producto, haciéndolo no rentable y el proceso de producción sería ineficiente por cuanto se generan ~~pérdidas~~ pérdidas en la pulpa del banano lo que representa una mala calidad en la producción de nuestra harina.

Impacto de la necesidad

El presente trabajo consiste en introducir el banano verde en un medio caliente (sin que el interior de la carne exceda los 50 °C ó 122 ° F) durante un intervalo de tiempo, con la finalidad de que el látex reduzca su adherencia (**LATEX NATURAL** se suelte de la cáscara) facilitándonos el pelado.

Esto nos permitirá mejorar significativamente el proceso del pelado del banano para posteriormente entregarlo a los procesadores de harina.

Reduciendo significativamente las pérdidas que actualmente se generan a causa del deficiente proceso de pelado del banano evitando situaciones **tales** como:

- Que una parte de la carne se vaya pegada a la cáscara desechada o viceversa
- Que la carne del banano sé **recocine** y no sirva para producir harina de banano.

Situaciones que hacen que los productores de harina de banano declinen en su idea de invertir dinero para este tipo de actividad, por cuanto muchos de los consumidores de harina de banano son demasiado exigentes al **comprarla**.

Los consumidores de este tipo de productos son los dueños de **camaroneras** y hacendados que usan esta harina para consumo doméstico y animal (ganado vacuno, gallineros, ganado porcino...etc.). Sin olvidarnos del mercado al nivel de grandes ciudades.

Estos consumidores exigen características **tales** como el color, olor y **sabor de la harina**. Cabe anotar que el hecho de que haya residuos de cáscara en la pulpa del banano provoca ennegrecimiento en la harina lo que no es muy bien visto por los consumidores

Con este trabajo evitaremos pérdidas materiales al pelar nuestro banano y además cuidaremos que la fruta no pierda sus características: organolépticas (sabor, color, textura) y vitamínicas. Además de que estos consumidores exigentes, serán satisfechos en cuanto a sus requerimientos para comprar harina.

Permitiendo manejar la industrialización del residuo de los bananos de exportación (que está en buen estado) que actualmente no genera ganancias ni a los productores de banano ni a los productores de harina de banano.

Objetivos

- ◆ Facilitar metodología para el rápido descascaramiento del banano.
- ◆ Encontrar el tiempo óptimo, que debe permanecer el banano sumergido en un medio caliente sin que pierda sus propiedades vitamínicas.
- Desarrollo de un prototipo que sirva como guía para la realización de las pruebas.

CAPITULO 2

ANÁLISIS TECNOLÓGICO

2.1 Tecnología existente.

En la actualidad la forma en que se trabaja para descortezar el banano verde, tanto a escala artesanal como a escala industrial es similar, se lo realiza de la siguiente manera: llegan los racimos de banano verde, se separa todos los bananos del racimo de forma tal que se procede a su lavado, para poder separar toda las impurezas que se encuentren adheridas al banano, además con la finalidad de lavar al banano del látex que se ha adherido a su cáscara debido al proceso de descortezado.

En el ámbito industrial; luego se lo introduce en un tanque (ver fig 2.1) el cual tiene dos tapas: una en la parte superior y otra en la parte inferior; el banano con cáscara es introducido por la parte superior del tanque hasta que el recipiente es llenado, se cierra la tapa superior, y se procede a llenar el tanque con vapor para realizar un ablandamiento de la cáscara; el vapor ingresa por una tubería la cual se encuentra a $2/3$ de la base del tanque.

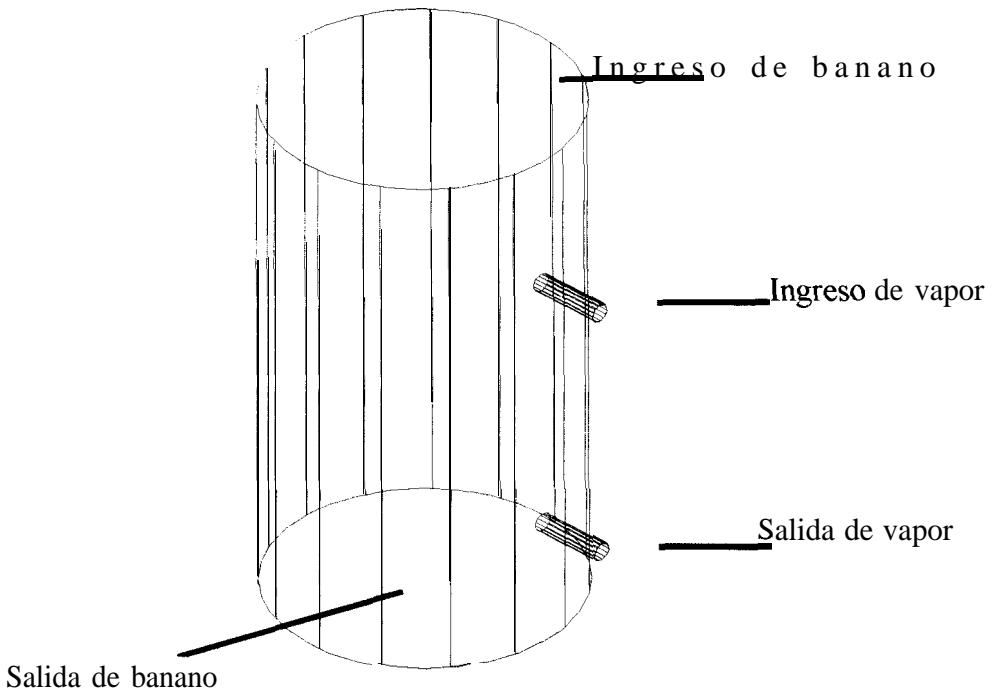


Fig 2.1. Sistema de Ablandamiento de Cáscara a Nivel Industrial

El vapor se lo introduce por dos minutos en el tanque, hasta que se logra una presión de 75 psi; luego se cierra el ingreso de vapor y ahora se procede a retirar el vapor por medio de una tubería la cual se encuentra a $\frac{1}{3}$ de la parte inferior del tanque, luego de abre la tapa inferior del tanque para es descargar el banano, cayendo este en una piscina con agua fría donde es pelado en forma manual por las obreras que laboran en dicho lugar.

2.2 Criterios de selección

La solución que se adopte para nuestro sistema de estudio debe cumplir con los siguientes requisitos:

- ✓ Debe ser económica; dando como resultado un sistema de bajo costo, de forma tal que el campesino lo pueda implantar y no le cueste mucho dinero.
- ✓ Debe consumir la menor cantidad de energía posible; para que el combustible no encarezca nuestro equipo, dando como resultado que el costo de pelado analizando sea el de menor posible.
- ✓ El tiempo requerido para que la fruta permanezca en el recipiente debe ser el menor posible; debido a que esto influye en forma directa en el consumo de combustible y además que esto nos da la mayor cantidad de producción posible.

2.3 Diseño de forma preliminar y alternativas de solución

Para el presente trabajo tenemos dos alternativa, de las que debemos escoger una, la que reúna la mayor cantidad de atributos posibles. Puesto que existen dos alternativas planteadas se procederá a desarrollar cada una de las propuestas para luego decidir entre una de ellas.

Las alternativas mencionadas anteriormente son:

- Alternativa tipo uno: Introducir a los bananos directamente en agua (ver fig 2.2), para calentarlos y medir el tiempo en que se demora en realizarse el proceso de transferencia de calor; tomando en cuenta los parámetros anteriormente señalados.
- Alternativa tipo dos: Someter a los bananos a vapor, y medir el tiempo en que demora en realizarse el proceso de transferencia de calor; para lograr el ablandamiento de la cáscara, tomando también en cuenta los parámetros anteriormente señalados.

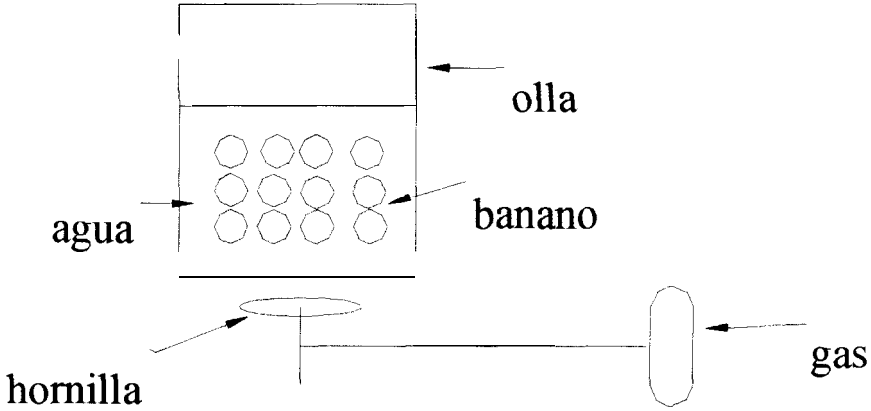


Fig 2.2 Alternativa Tipo 1

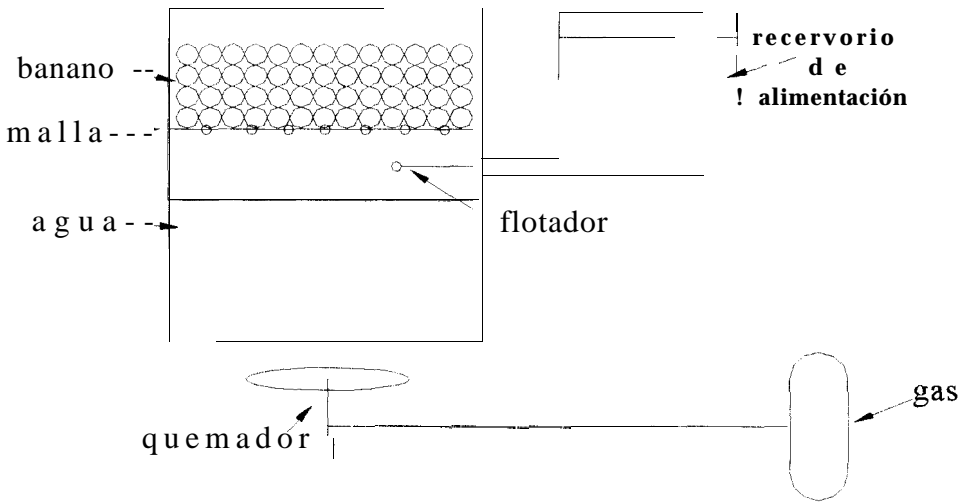


Fig 2.3 Alternativa Tipo 2

Matriz de decisión

Factor	Peso		Tipo 1		Tipo 2	
			Califi / 10	Pondera	Califi / 10	Pondera
Costo	30	0.3	8	2.4	6	1.8
Consum. Energ	30	0.3	9	2.7	5	1.5
Seguridad	15	0.15	9	1.35	6	0.9
Mantenimiento	15	0.15	6	0.9	8	1.2
Funcionabilidad	10	0.1	7	0.7	6	0.6
Total				8.05		6

Después de analizar la matriz de decisión, nos damos cuenta que la alternativa más conveniente es la alternativa tipo 1, esto se debe a que es la que a obtenido mayor ponderación (8.05 / 10), es decir introducir a los bananos en agua caliente para producir el proceso de ablandamiento de la cáscara.

CAPITULO 3

PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1 Parámetros operativos del descortezado.

Los parámetros operativos utilizados son:

- Tiempo de permanencia del banano en el medio caliente.
- Calidad del descortezado del banano.

Tiempo de permanencia del banano en el medio caliente.- Para este efecto utilizaremos la parte experimental, de forma tal que encontraremos el tiempo óptimo de permanencia de una masa dada, a la temperatura de trabajo.

Calidad del descortezado.- Este se lo realizara en forma visual, midiendo el porcentaje de cáscara de banano que queda adherido al fruto, y cuanto fruto se desprende al retirar la cáscara.

3.2 Medición del perfil de temperatura en el interior de la fruta.

La metodología utilizada fue:

1. Separar una porción de banano del racimo, esta fue lavada en agua y se le quito las puntas negras.
2. En una olla grande, se coloca en el fondo una rejilla metálica, de forma tal que el banano que se encuentra allí no entre en contacto con esta superficie; esto se realizo con la finalidad de evitar que se produzca una transferencia de calor por conducción con esta porción del banano, de

manera que se condiciona a que toda la transferencia de calor que se realice, se lleve a cabo por convección, dado que los bananos van a estar cubiertos por agua, la cual se va a calentar.

Mientras se colocan los bananos, se los van acomodando en forma ordenada, de manera que se aproveche al máximo el tamaño de la olla. A algunos de éstos bananos se les introdujo una termocupla, de manera que se pueda ver como varía la temperatura en su interior; además se utilizó una termocupla para censar la temperatura del agua.

3. La olla se la llena de agua hasta que cubre completamente a todos los bananos.
4. Se coloca la olla en la hornilla más grande de la cocina, se la enciende al máximo de su capacidad.
5. Se registra los valores de las diferentes temperaturas y el tiempo en que se realizó dicha medición.
6. Al llegar a la temperatura límite del banano se apaga la hornilla.
7. Se saca todos los bananos, se los coloca en agua fría y se procede al pelado, de manera tal que se puede inferir la integridad en el descortezado.
8. Se pesa el agua de la olla de manera que sabemos cual es la masa del agua, tenemos el tiempo en el cual se le dio calor, y la diferencia de temperatura entre el estado inicial y el final.

Determinación del espesor de la cáscara del fruto en forma experimental

Para saber cuanto se tiene que introducir la termocupla en la cáscara del banano, se realizaron mediciones; dado que solo queremos censar la temperatura en las interfaces entre la cáscara y el fruto, debido a que el fruto no puede pasar de la temperatura limite ya que sus propiedades comienzan a variar.

A continuación se detalla los pasos efectuados en el experimento y la forma en que escogimos los niveles con los cuales se trabajó

- Se compró un racimo de bananos verdes.
- Se procedió a separar los bananos del racimo.
- Se tomó como valor referencia el valor de 4 cm de diámetro del banano; (este valor fue recomendado por Dr. Alfredo Barriga, experto en experimentación con bananos verdes); se separó en dos grupos de bananos. Los dos grupos establecidos fueron: bananos con diámetros mayores de 4 cm y bananos con diámetros menores iguales de 4 cm.

A continuación se presentan las mediciones efectuadas para los dos grupos de bananos (ver tabla 3.1):

Tabla 3.1 Valores de Diámetros de Bananos.

Menores o iguales a 4 cm				Mayores de 4 cm			
3,6	3,8	4	3,9	4,2	4,8	4,2	4,1
3,8	3,9	3,9	3,8	4,2	4,3	4,2	4,3
3,7	3,7	3,8	3,6	4,5	4,6	4,1	4,2
3,8	3,7	3,5	3,7	4,3	4,2	4,2	4,1
3,7	3,9	3,7	3,7	4,4	4,5	4,2	4,4
3,8	3,9	3,9	3,9	4,1	4,4	4,4	4,3
3,7	4	3,7	3,9	4,3	4,1	4,4	
4	3,8	3,6	3,9	4,1	4,1		
4	3,7	3,9	3,5	4,1	4,1		
4	3,9	3,4	3,9	4,1	4,1		
3,7	4	3,9	3,8	4,3	4,1		
3,9	4	3,7	3,5	4,5	4,2		
3,6	3,8	3,6	3,7	4,1	4,1		
4	3,8	3,7	3,9	4,3	4,1		
3,6	3,6	3,8		4,7	4,2		

Con estos valores sacamos la media para cada grupo; con lo cual definimos el rango para los dos niveles de diámetros.

A continuación, Tabla de frecuencia para valores de diámetros de Menores o iguales a 4 cm. (ver tabla 3.2):

Menores o iguales 4 cm	Frecuencia
3.4	1
3.5	3
3.6	7
3.7	14
3.8	11
3.9	15
4	8

Tabla 3.2 **Tabla de Frecuencia, Diámetros Menores 0 Iguales a 4 cm.**

A continuación, Tabla de Frecuencia para Diámetros de Mayores a 4 cm.

Mayors de 4 cm	Frecuencia
4.1	15
4.2	10
4.3	7
4.4	5
4.5	3
4.6	1
4.7	1
4.8	1

Tabla 3.3 **Tabla de Frecuencia, Diámetros Mayores a 4 cm.**

Para diámetros menores o iguales a 4 cm se obtiene $D_{medio} = 3,783$ cm

(Ver fig. 3.1)

Para diámetros mayores a 4 cm se obtiene $D_{medio} = 4,26$ cm (Ver fig. 3.2)

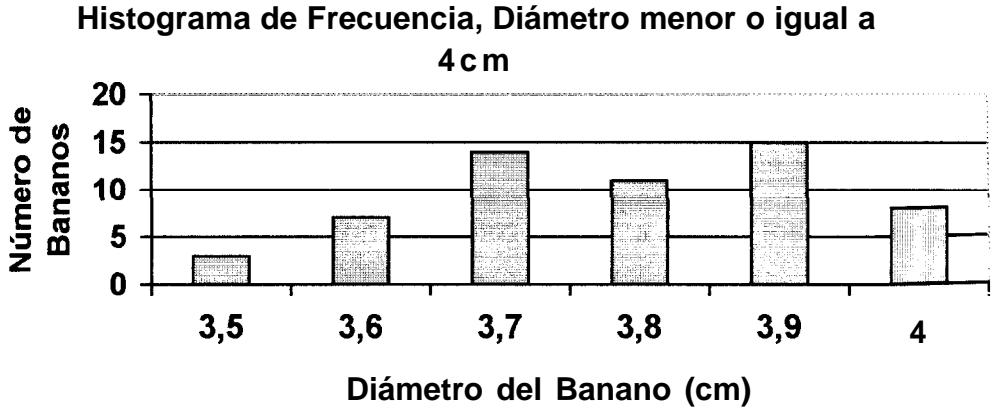


Fig. 3.1 Histograma de Frecuencia de Diámetro Menor o Igual a 4 cm.

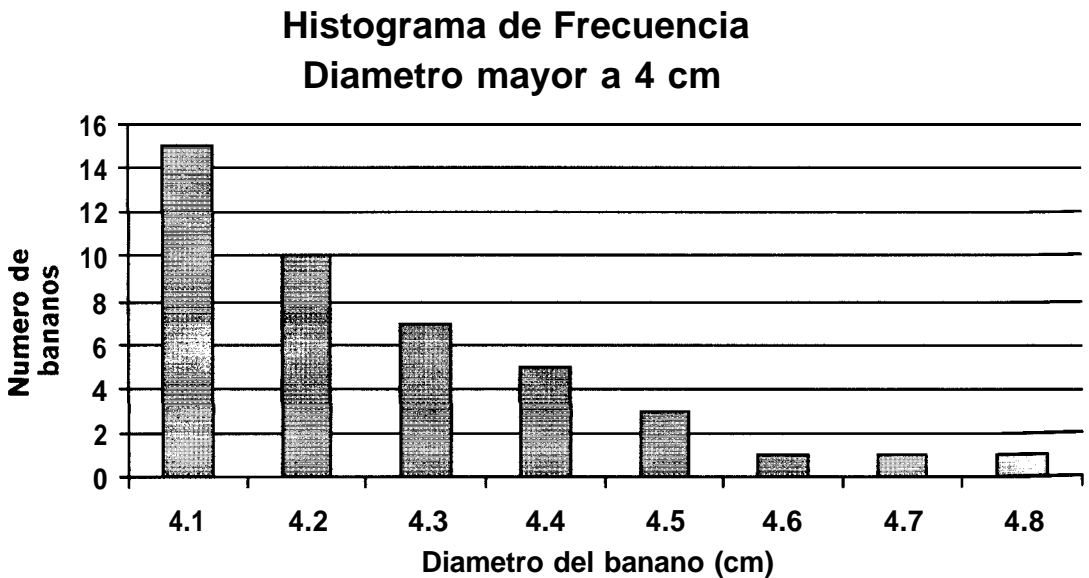


Fig. 3.2 Histograma de Frecuencia de Diámetro Mayor a 4 cm

Posteriormente se tomo el 25% de la población de bananos con **diámetro mayor a 4 cm**; la muestra resultante es de tamaño de 12, esto se realizo para medir el espesor de la cáscara y saber cuanto se tiene que introducir la termocupla, para censar la temperatura en la corteza del banano

A continuación en la tabla 3.4 se muestran los valores del espesor de la cáscara de los bananos con diámetro mayor a 4 cm; los resultados están dados en milímetros.

4	4	3.5	4	4	4
4.5	4	5	5	4	4

Tabla 3.4 Valores de Espesor de la Cáscara (en mm), para Bananos con Diámetro Mayor a 4 cm.

Espesor de Cáscara, Bananos con Diámetro Mayor a 4 cm (mm)	Frecuencia
3.5	1
4	8
4.5	1
5	2

Tabla 3.5 Tabla De Frecuencia Para Espesor de Cáscara, Bananos con Diámetro Mayor a 4 cm.

Espesor medio = 4.167 mm (ver figura 3.3)

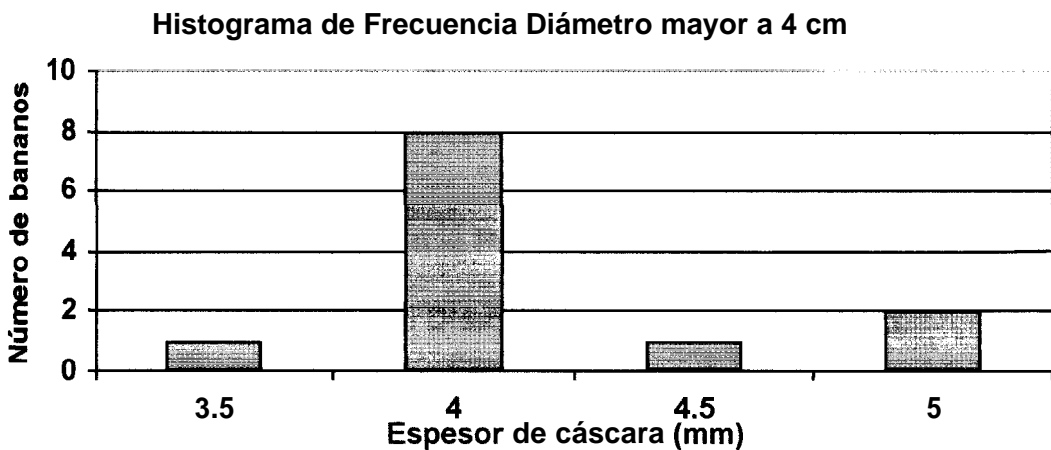


Fig. 3.3 Histograma de Frecuencia para Espesor de Cáscara, Bananos con Diámetro Mayor a 4 cm

A continuación repetimos lo mismo del paso anterior, pero ahora lo hacemos para **diámetros menores o iguales a 4 cm (tabla 3.6)**, la muestra resultante es de tamaño 14 que es el 25% de la población; los resultados están mostrados en milímetros.

4	3	4	4	4	4	3
4	4	4	4	4	3	4

Tabla 3.6 Valores de Espesor de la Cáscara (en mm), para Bananos con Diámetro Menor o Igual a 4 cm.

Espesor de Cáscara en mm, Bananos con Diámetro Menor o Igual a 4 cm	Frecuencia
3	3
4	11

Tabla 3.7 Tabla de Frecuencia Para Espesor de la Cáscara (en mm), para Bananos con Diámetro Menor o Igual a 4 cm.

Espesor medio = 3.786 mm (ver figura 3.4)

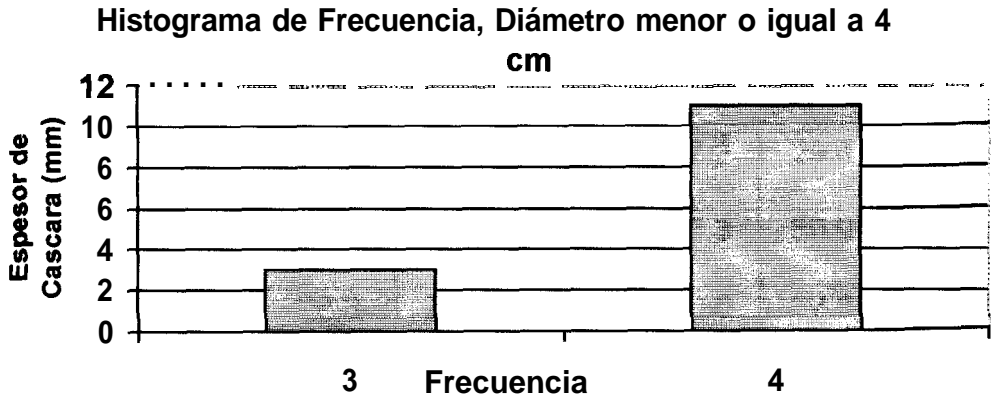


Fig. 3.4 Histograma de Frecuencia Diámetro menor o Igual a 4 cm

Primera Prueba Realizada, Datos Tabulados

La primera prueba, dio los siguientes resultados: la masa de banano utilizado fue 14 Kg, la masa de agua utilizada fue de 17 Kg., el tiempo de permanencia del banano en el agua fue de 63 minutos.

A continuación en la tabla 3,8 se muestra la variación de la temperatura en el interior de la cáscara del banano, medido en los diferentes niveles del

recipiente.

Posteriormente se graficará las diferentes temperaturas en el interior de la cáscara versus el tiempo, de manera que se pueda ver la variación con respecto al tiempo.

Tabla 3.8 Variación de la Temperatura en el Interior de la Cáscara del Banano, Medido en los Diferentes Niveles del Recipiente

t[min.] T i e m p o de	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	T6 (°C)
permanencia del banano	Temp 1° Nivel	Temp 2° Nivel	Temp 3° Nivel	Temp 4° Nivel	Temp 5° Nivel	Temp del Agua
0.0	26.7	26.7	27.2	27.2	29.4	27.8
3.0	27.2	27.8	28.9	28.3	30.0	29.4
6.0	28.3	28.9	30.0	30.0	32.2	31.1
9.0	29.4	30.6	31.7	31.7	33.9	32.8
12.0	31.7	32.2	33.9	33.9	35.6	34.4
15.0	32.2	33.9	35.6	35.6	37.2	36.7
18.0	34.4	35.6	37.2	36.7	38.9	37.2
21.0	35.6	36.7	38.3	38.3	40.0	39.4
24.0	37.2	38.3	40.0	40.0	41.1	40.6
27.0	37.8	40.0	40.0	41.1	43.3	42.2
30.0	40.0	41.7	43.3	42.8	44.4	43.3
33.0	41.1	42.8	44.4	44.4	46.1	45.6

36.0	43.3	44.4	46.1	45.6	47.2	46.1
39.0	43.9	45.6	47.2	47.2	48.9	47.8
42.0	46.1	47.2	48.9	48.3	50.0	48.9
45.0	46.7	48.3	50.0	50.0	51.7	51.1
48.0	48.9	50.0	51.7	51.1	52.8	52.2
51.0	49.4	51.1	52.8	52.8	54.4	53.9
54.0	50.6	52.8	53.9	53.9	55.6	54.4
57.0	51.7	53.9	55.0	55.6	56.7	56.1
60.0	53.3	55.6	56.7	56.7	57.8	56.7
63.0	54.4	56.7	57.8	57.8	59.4	58.3

Tabla 3.8 Variación de la Temperatura en el Interior de la Cáscara del Banano, Medido en los Diferentes Niveles del Recipiente (Continuación)

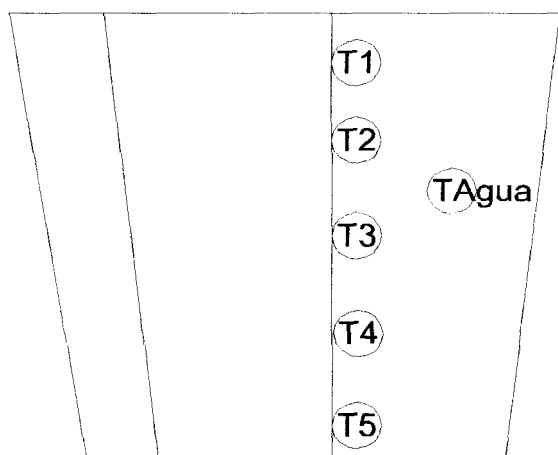


Fig. 3.5 Ubicación de los sensores (Primera Prueba

En la figura 3,5 se muestra la forma como estaban distribuidas las termocupas en el interior del recipiente, donde T1, T2, T3, T4, T5 corresponden a la posición de los bananos con su respectivo sensor, y T6 es el sensor utilizado para medir la temperatura en el agua.

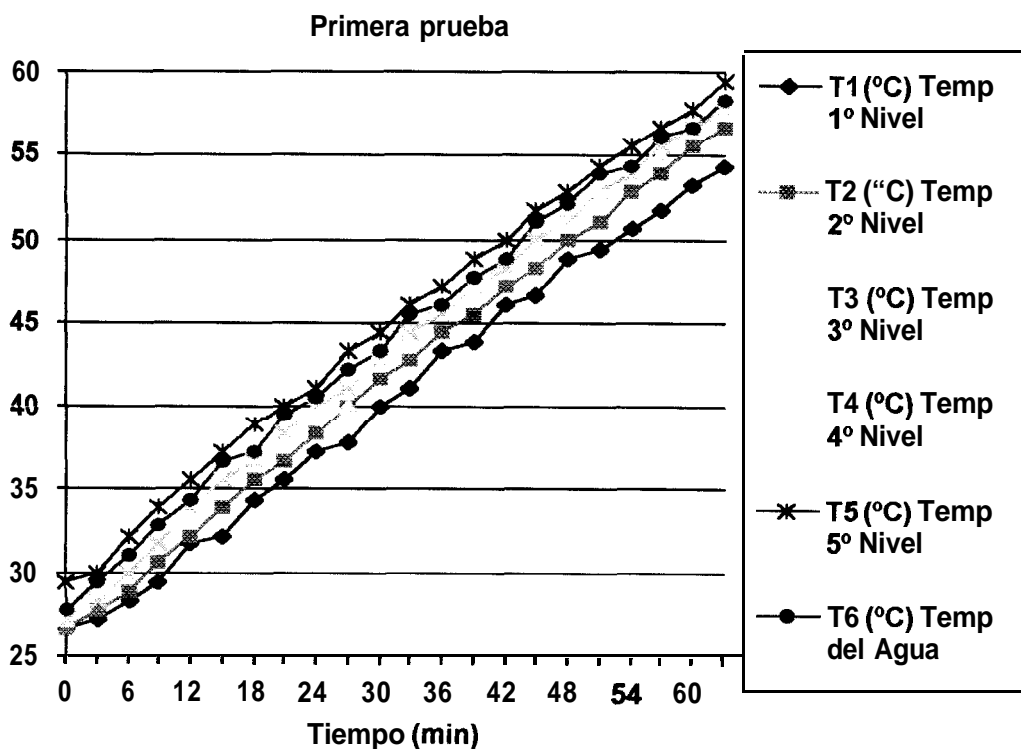


Fig. 3.6 Variación de la Temperatura en las Diferentes Ubicaciones con Respecto al Tiempo (Primera Prueba)

Los siguientes datos corresponden a la variación de la temperatura del agua sola (sin bananos), sometidas a las mismas condiciones de calentamiento.

**Tabla 3.9 Variación de la Temperatura del Agua con Respecto al
Tiempo. (Primera Prueba)**

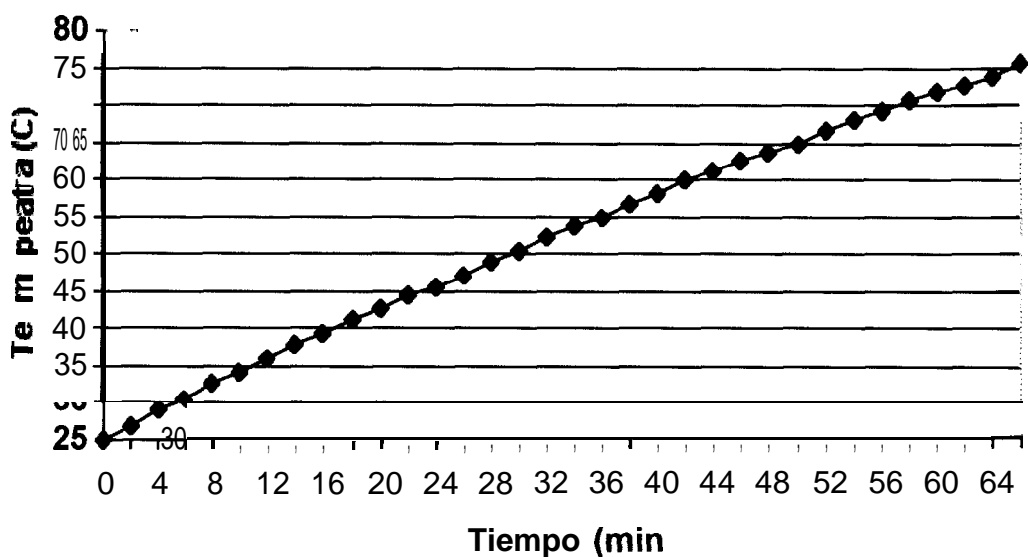
t(min.) Tiempo.	T(°C) Temp del Agua Sola
0	25.0
2	26.7
4	28.9
6	30.6
8	32.8
10	34.4
12	36.1
14	37.8
16	39.4
18	41.1
20	42.8
22	44.4
24	45.6
26	47.2
28	48.9
30	50.6
32	52.2
34	53.9

36	55.0
38	56.7
40	58.3
42	60.0
44	61.1
46	62.8
48	63.9
50	65.0
52	66.7
54	68.3
56	69.4
58	70.6
60	71.7
62	72.8
64	73.9
66	75.6

Tabla 3.9 Variación de la Temperatura del Agua con Respecto al Tiempo. Primera Prueba (Continuación)

La figura 3,7 representa la variación de la temperatura del agua sin banano con respecto al tiempo.

Variación de la Temperatura en el Agua Sin Bar



**Fig. 3.7 Variación de la Temperatura en el Agua Sin Bananos
(Primera Prueba)**

Segunda Prueba.

Esta prueba se realizó bajo las mismas condiciones que la primera prueba.

La masa de banano utilizado fue 14 Kg, la masa de agua utilizada fue de 17 Kg, el tiempo de permanencia del banano en el agua fue de 42 minutos.

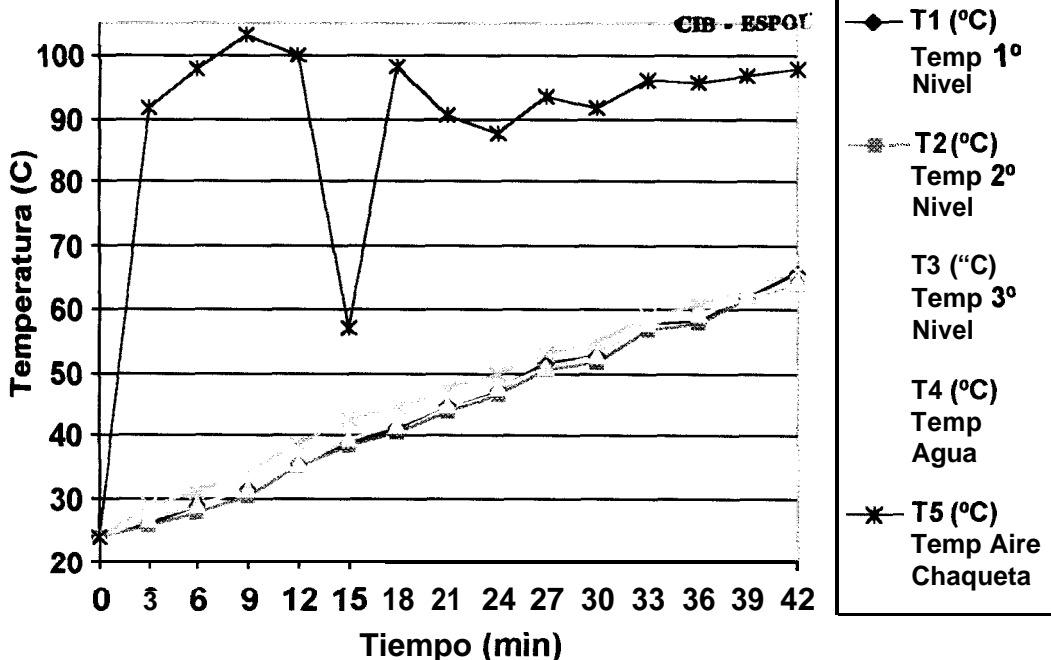
A continuación la tabla 3.10 muestra la temperatura en las diferentes posiciones, donde: T1; T2, T3 representa las temperaturas en el interior de la cáscara del banano; T4 es la temperatura censada en el agua y T5 es la temperatura en el interior de la chaqueta de la olla, aire aprovechado para el calentamiento y retenido por poco tiempo.

Tabla 3.10 Variación de la Temperatura en las Diferentes Posición.

(Segunda Prueba)

t[min] Tiempo de permanencia del banano	T1 (°C) Temp 1° Nivel	T2 (°C) Temp 2° Nivel	T3 (°C) Temp 3° Nivel	T4 (°C) Temp Agua	T5 (°C) Temp Aire Chaqueta
0	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
3	26.1	25.6	26.7	28.9	91.7
6	28.9	27.8	28.9	31.1	97.8
9	31.7	30.6	31.7	34.4	103.3
12	35.6	35.0	35.6	38.9	100.0
15	38.9	38.3	39.4	42.8	57.2
18	41.1	40.6	41.7	44.4	98.3
21	45.0	43.9	45.0	47.8	90.6
24	47.2	46.7	47.8	50.0	87.8
27	51.7	50.6	51.1	53.3	93.3
30	52.8	51.7	52.8	55.0	91.7
33	57.8	56.7	57.8	58.9	96.1
36	58.3	57.8	59.4	60.6	95.6
39	61.7	61.7	61.7	63.3	96.7
42	65.6	63.9	64.4	66.1	97.8

Segunda Prueba



**Fig. 3.8 Variación de la Temperatura en las Diferentes Posiciones
(Segunda Prueba)**

La figura 3,8 muestra la variación en la temperatura, observándose la diferencia entre la temperatura en el interior de la chaqueta con respecto a las otras temperaturas.

Observándose que al final la temperatura en el interior de la chaqueta se estabiliza, mientras las temperaturas restantes hacen en forma lineal.

Tercera Prueba

Los datos fueron tomados con respecto a la pared exterior del recipiente sin chaqueta, en su superficie.

t[min]	T1 ($^{\circ}\text{C}$)	T2 ($^{\circ}\text{C}$)	T3 ($^{\circ}\text{C}$)	T4 ($^{\circ}\text{C}$)	T5 ($^{\circ}\text{C}$)	T6 ($^{\circ}\text{C}$)	T7 ($^{\circ}\text{C}$)	Temp
Tiempo	Temp	Temp	Temp	Temp	Temp	Temp	Temp	del
	1 $^{\circ}$ Nivel	2 $^{\circ}$ Nivel	3 $^{\circ}$ Nivel	4 $^{\circ}$ Nivel	5 $^{\circ}$ Nivel	6 $^{\circ}$ Nivel	7 $^{\circ}$ Nivel	Agua
7	208,3	158,9	121,7	103,9	84,4	67,2	61,1	31,7
18	212,8	143,3	144,4	116,7	82,2	72,8	65,0	41,4
33	245,0	163,9	127,8	131,1	101,1	102,2	80,0	53,1
60	245,0	176,7	145,6	120,0	107,8	98,9	81,1	71,7

Tabla 3.11 Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Sin Chaqueta (Tercera Prueba)

En la figura 3,9 se puede observar la ubicación de cada una de las termocuplas; donde T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 están ubicadas en la parte exterior del recipiente. T1 represente la temperatura censada en la parte superior (menor valor), y T7 la temperatura censada en la parte inferior (mayor valor), Tagua es la temperatura del agua.

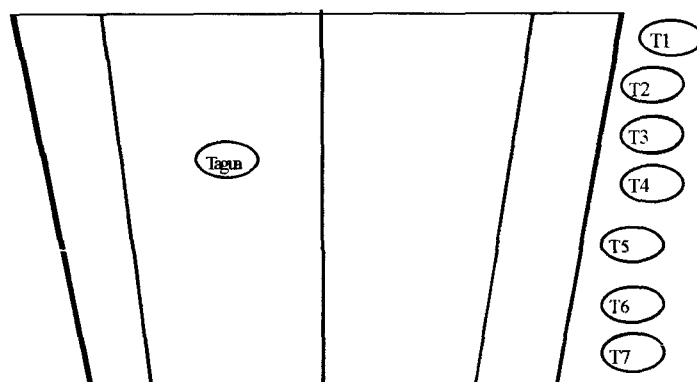


Fig. 3.9 Ubicación de las Termocuplas en el Recipiente Sin Chaqueta (Tercera Prueba).

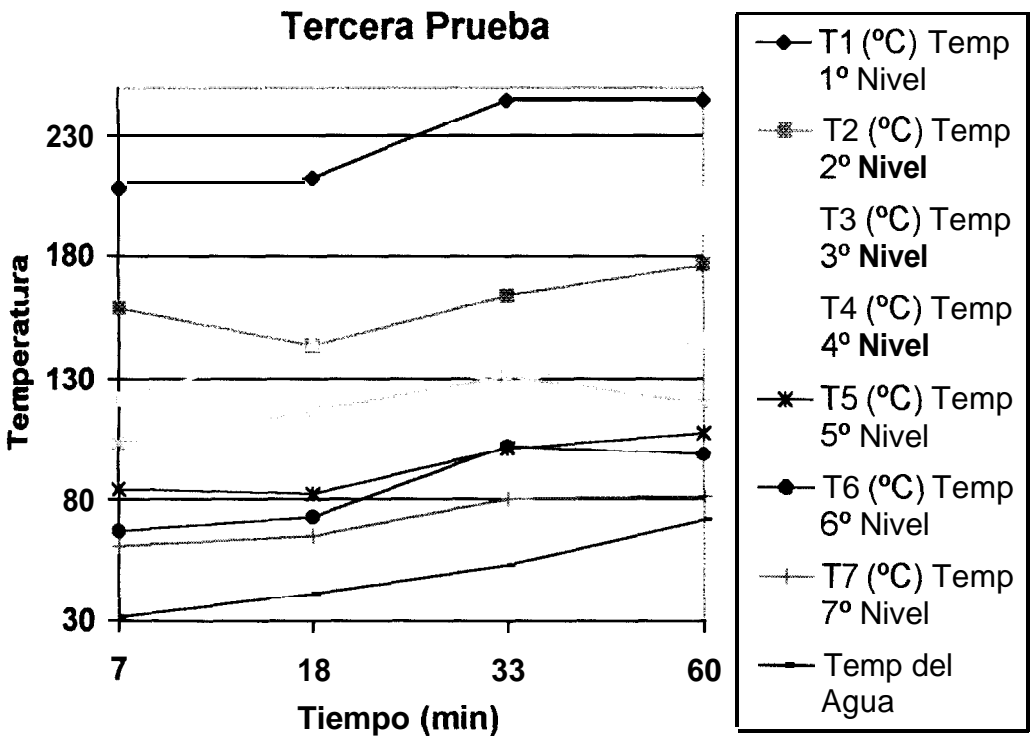


Fig. 3.10 Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Sin Chaqueta (Tercera Prueba)

Cuarta Prueba

Los datos fueron tomados con respecto a la pared exterior de la olla sin chaqueta, en su superficie.

En la figura 3,11 se puede observar la ubicación de cada una de las termocuplas; donde T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 están ubicadas en la parte exterior del recipiente.

T1 represente la temperatura censada en la parte superior (menor valor), y **T7** la temperatura censada en la parte inferior (mayor valor), **Tagua** es la temperatura del agua.

[min]	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	T6 (°C)	T7 (°C)	Temp.
Tiempo	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.	del
	1º Nivel	2º Nivel	3º Nivel	4º Nivel	5º Nivel	6º Nivel	7º Nivel	Agua
5	199,4	122,8	99,4	76,7	71,1	71,1	67,2	29,6
15	185,6	140,6	113,9	91,7	81,1	72,8	66,7	38,4
25	209,4	160,6	116,7	97,8	90,6	80,6	71,7	46,2
33	196,1	132,2	113,9	100,0	86,1	79,4	74,4	53,2
43	209,4	165,0	101,1	104,4	102,2	84,4	76,7	60,1
58	221,7	156,7	130,6	108,3	93,3	82,8	83,9	70,6

Tabla 3.12 Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Sin Chaqueta. (Cuarta Prueba)

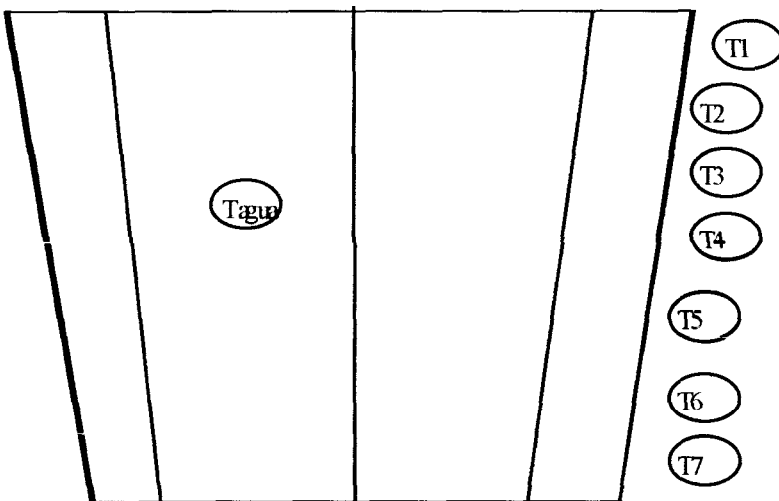


Fig. 3.11 Ubicación de las Termocuplas en el Recipiente Sin Chaqueta(Cuarta Prueba)

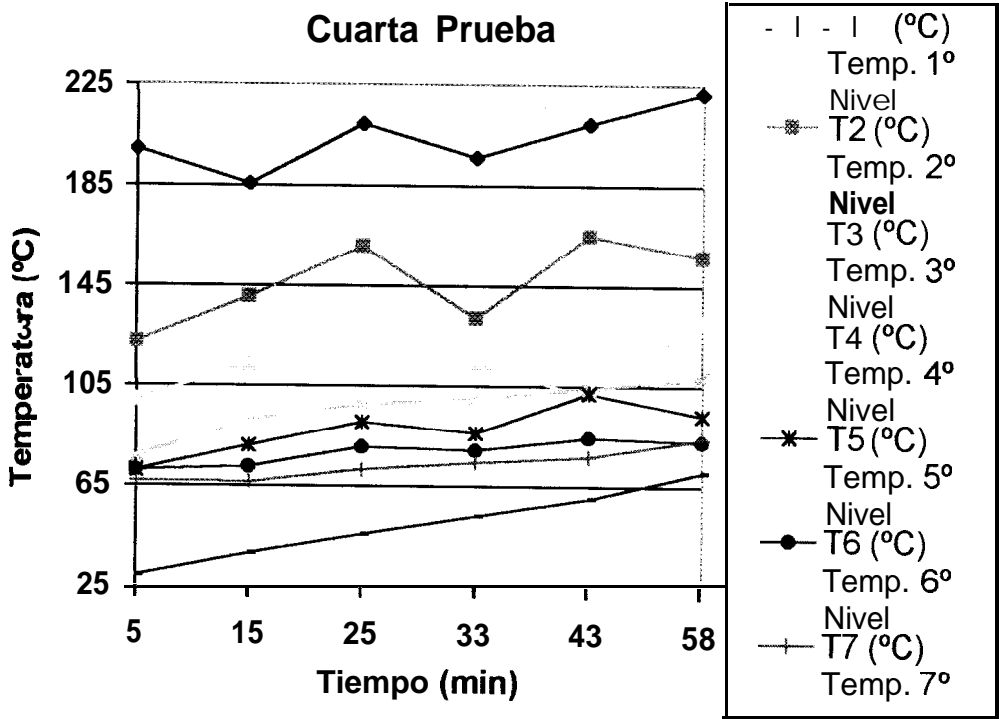


Fig. 3.12 Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Sin Chaqueta (Cuarta Prueba)

Quinta Prueba

Los datos fueron tomados con respecto a la pared exterior de la olla sin chaqueta, en el aire. Estos datos corresponden al aire caliente que haciende junto a la pared exterior

En la figura 3,13 se puede observar la ubicación de cada una de las termocuplas; donde T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 están ubicadas en la parte exterior del recipiente.

T1 represente la temperatura censada en la parte superior (menor valor), y T7 la temperatura censada en la parte inferior (mayor valor), Tagua es la temperatura del agua.

[min]	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	T6 (°C)	T7 (°C)	Temp
tiempo	Temp	Temp	Temp	Temp	Temp	Temp	Temp	del
	1° Nivel	2° Nivel	3° Nivel	4° Nivel	5° Nivel	6° Nivel	7° Nivel	Agua
12	232,2	173,9	104,4	93,3	80,6	76.,1	61,1	36,1
22	210,0	165,6	121,1	105,6	93,3	77,8	72,2	44,5
31	235,0	183,3	148,3	108,3	85,6	81,1	72,8	51,2
39	248,3	165,6	136,7	114,4	96,1	92,2	83,9	57,3
56	244,4	175,0	137,2	110,0	103,3	90,0	77,8	70,1

Tabla 3.13 Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Sin Chaqueta (Quinta Prueba)

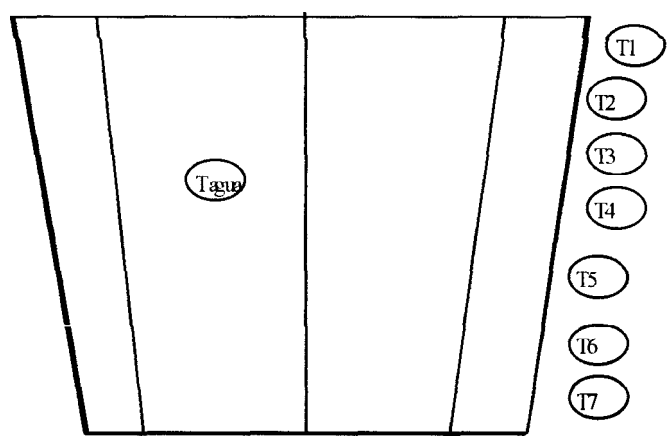


Fig. 3.13 Ubicación de las Termocupas en el Recipiente Sin Chaqueta.(Quinta Prueba)

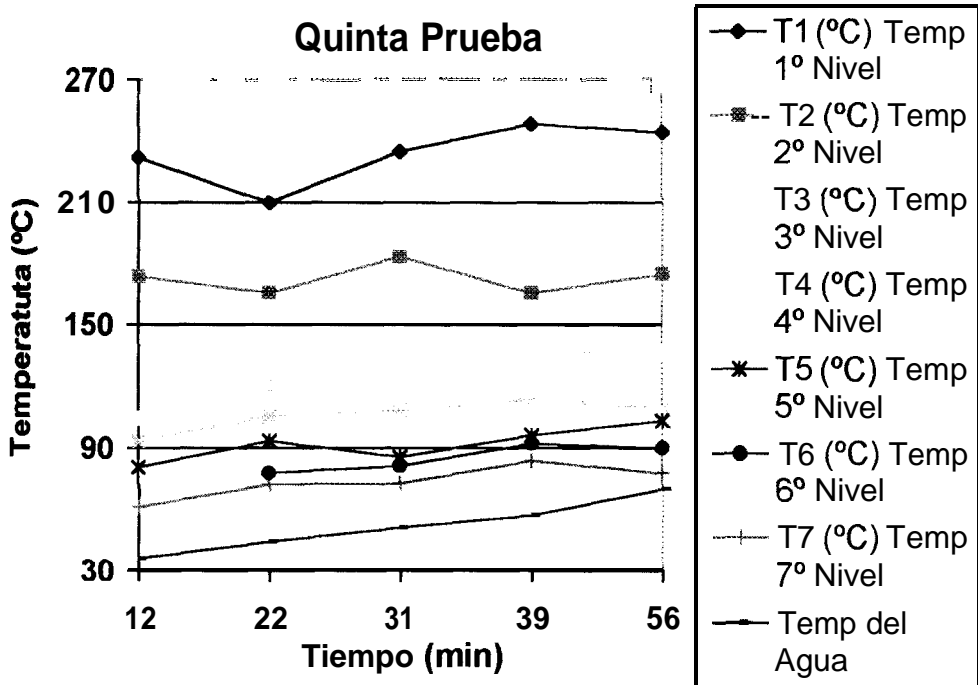


Fig. 3.14 Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Sin Chaqueta (Quinta Prueba)

Sexta Prueba

Los datos fueron tomados con respecto a la pared exterior de la olla con chaqueta, en su superficie.

En la figura 3,15 se puede observar la ubicación de cada una de las termocupas; donde T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 están ubicadas en la parte exterior del recipiente con chaqueta.

T1 represente la temperatura censada en la parte superior (menor valor), y T7 la temperatura censada en la parte inferior (mayor valor), Tagua es la temperatura del agua.

t[min] T	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	T6 (°C)	T7 (°C)	Temp del
Tiempo	Temp 1° Nivel	Temp 2° Nivel	Temp 3° Nivel	Temp 4° Nivel	Temp 5° Nivel	Temp 6° Nivel	Temp 7° Nivel	Agua
6	61,7	57,8	52,8	50,0	47,8	46,1	43,9	38,3
16	60,6	58,9	49,4	48,9	48,3	46,1	45,0	52,8
31	65,6	62,8	55,6	58,3	53,9	51,7	53,3	71,7
44	71,7	69,4	61,7	60,6	55,0	55,6	53,3	88,9
57	72,2	64,4	62,2	58,9	58,3	56,7	56,7	100,0

Tabla 3.14 Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Con Chaqueta (Sexta Prueba).

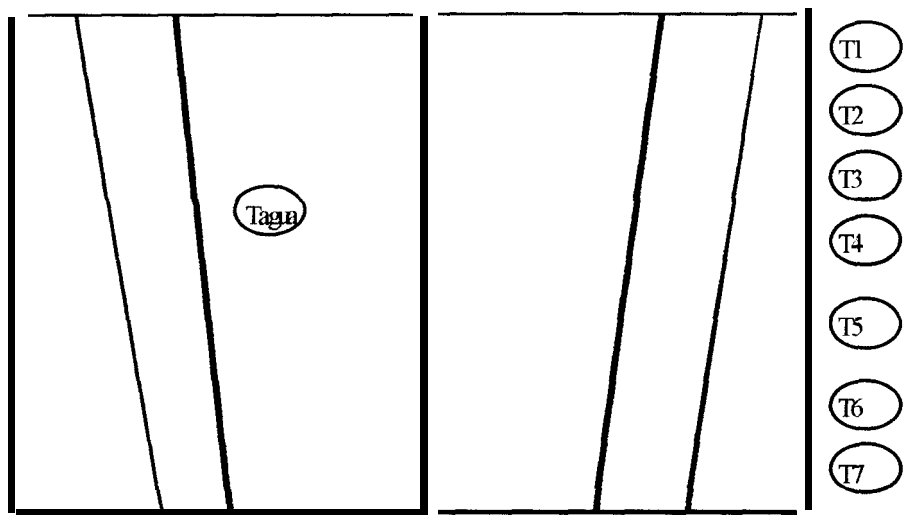


Fig. 3.15 Ubicación de las Termocuplas en el Recipiente Con Chaqueta. (Sexta Prueba)

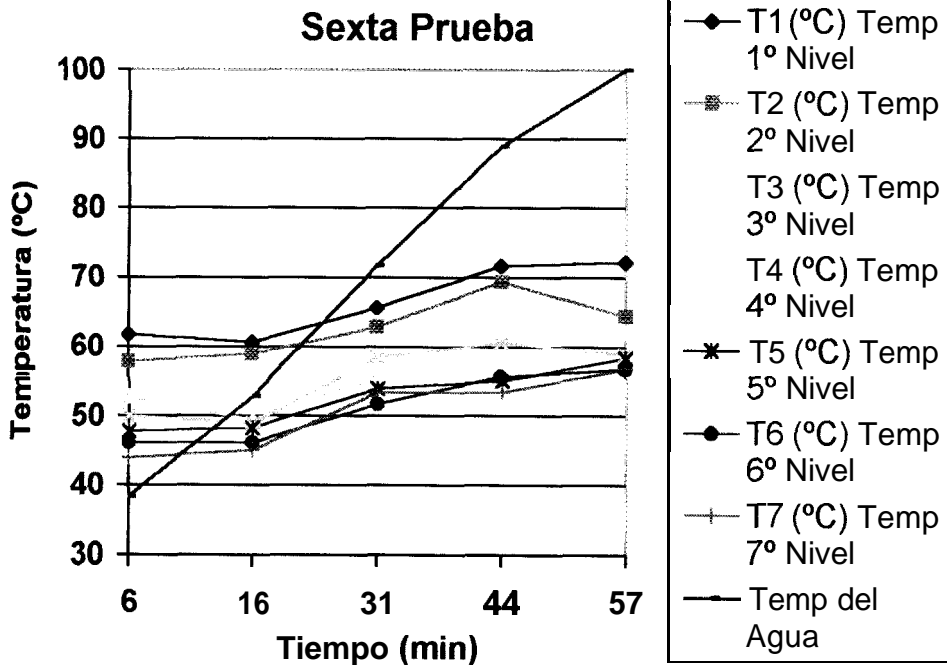


Fig. 3.16 Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Con Chaqueta (Sexta Prueba).

Séptima Prueba

Los datos fueron tomados con respecto a la pared exterior de la olla con chaqueta, en el aire.

En la figura 3,17 se puede observar la ubicación de cada una de las termocuplas; donde T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 están ubicadas en la parte exterior del recipiente con chaqueta.

T1 represente la temperatura censada en la parte superior (menor valor), y T7 la temperatura censada en la parte inferior (mayor valor), Tagua es la temperatura del agua.

t[min]	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	T6 (°C)	T7 (°C)	Temp
Tiempo	Temp	Temp	Temp	Temp	Temp	Temp	Temp	del
	1° Nivel	2° Nivel	3° Nivel	4° Nivel	5° Nivel	6° Nivel	7° Nivel	Agua
12	43,3	42,8	42,2	41,7	41,1	40,6	40,0	42,2
21	68,9	65,0	52,8	53,3	51,7	51,7	50,6	60,0
40	72,2	63,9	55,6	53,9	52,8	51,7	49,4	81,7
50	69,4	61,1	57,8	58,3	56,7	53,9	52,8	95,6
60	70,0	62,8	56,7	55,6	57,8	55,0	54,4	98,9

Tabla 3.15 Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Con Chaqueta (Séptima Prueba).

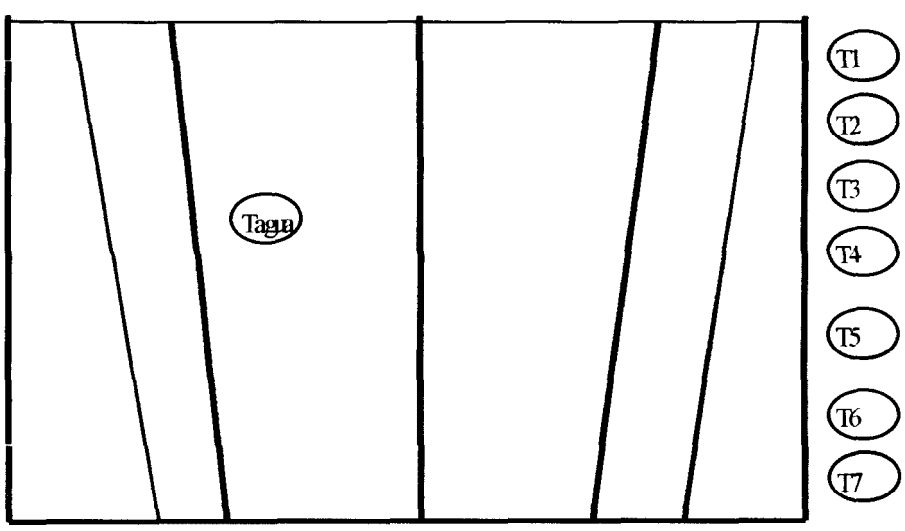


Fig. 3.17. Ubicación de las Termocuplas en el Recipiente Con Chaqueta. (Séptima Prueba).

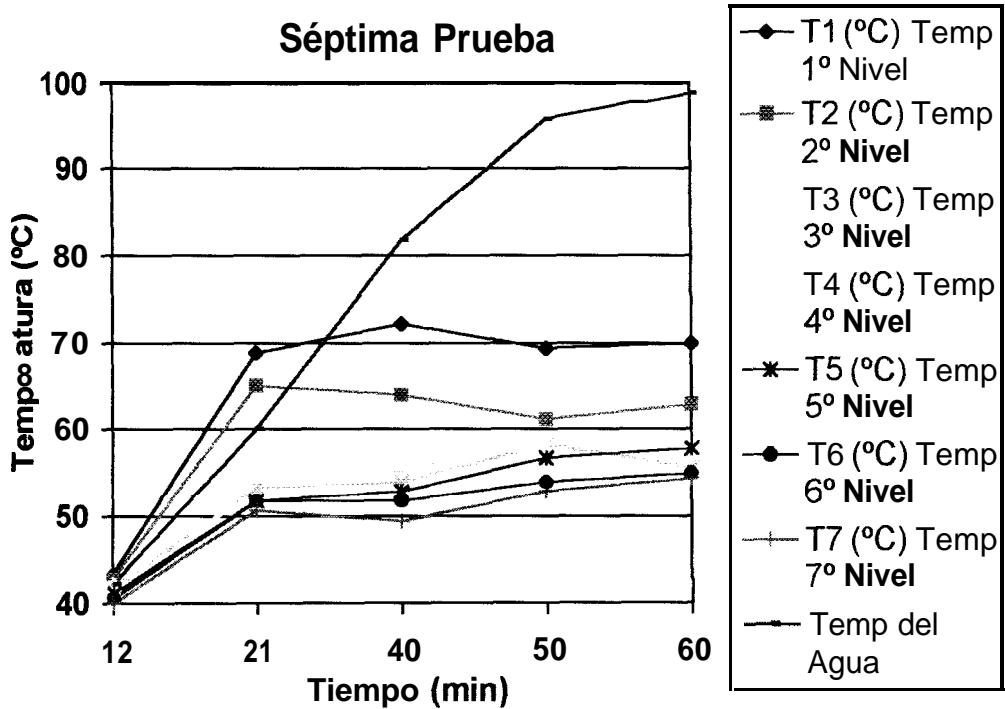


Fig. 3.18. Variación de la Temperatura en Diferentes Posiciones en el Recipiente Con Chaqueta (Séptima Prueba).

Energía entregada.

¿ Que es transferencia de calor? Transferencia de calor (o calor) es la energía en tránsito debido a una diferencia de temperaturas.

Siempre que exista una diferencia de temperaturas en un cuerpo o entre cuerpos, debe ocurrir una transferencia de calor

Cuando existe un gradiente de temperatura en un medio estacionario - que puede ser un sólido o un fluido- utilizamos el término conducción para referirnos a la transferencia de calor que se producirá a través del medio. En cambio, el término convección se refiere a la transferencia de calor que ocurrirá entre una superficie y un fluido en movimiento cuando está a diferentes temperaturas.

El tercer modo de transferencia de calor se denomina radiación térmica; todas las superficies con temperatura finita emiten energía en forma de ondas electromagnéticas; por tanto, en ausencia de un medio, existe una transferencia neta de calor por radiación entre dos superficies a diferentes temperaturas.

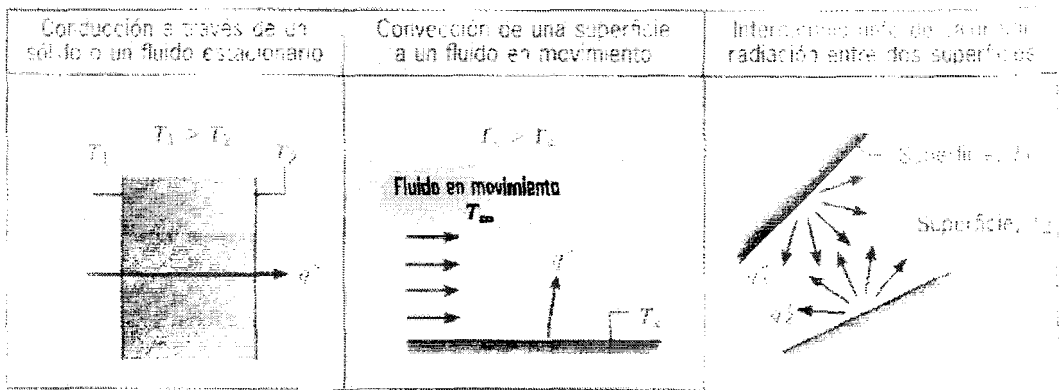


Fig. 3.19. Modos de transferencia de calor: Conducción, Convección, Radiación.

Conducción del calor.

La conducción se considera como la transferencia de energía de las

partículas más energéticas a las menos energéticas de una sustancia debido a las interacciones entre las mismas.

Para la conducción de calor, la ecuación o modelo se conoce como la ley de **Fourier**. Para la pared plana unidimensional que se muestra en la figura 3.20; la cual tiene una distribución de temperatura $T(x)$, la ecuación o modelo se expresa como: $q''_x = -k (dT / dx)$

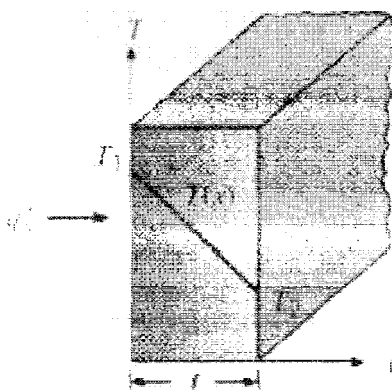


Fig. 3.20. Transferencia de Unidimensional de Calor por Conducción (Difusión de Energía)

El flujo de calor o transferencia de calor por unidad de área $q''_x (W/m^2)$ es la velocidad con que se transfiere el calor en la dirección x por área unitaria perpendicular a la dirección de transferencia, y es proporcional al gradiente de temperatura, dT/dx en esta dirección. La constante de proporcionalidad k , es una propiedad de transporte conocido como conductividad térmica (W/mK) y es característica del material de la pared. El signo menos es una

consecuencia del hecho de que el calor se transfiere en la dirección de la temperatura decreciente.

Consideremos una plancha de material cuyo espesor es dx y el área de la sección transversal es A y cuyas caras opuestas se encuentran a las temperaturas diferentes T_1 y T_2 , donde $T_1 > T_2$, se encuentra que el calor dq transferido en un tiempo dt fluye del extremo más caliente al extremo más frío. Se encuentra que la rapidez a la cual fluye el calor dq/dt es proporcional al área transversal, a la diferencia de temperatura y al recíproco del espesor, donde la constante de proporcionalidad k se llama conductividad térmica, del material: $dq / dt = k \cdot A \cdot (T_2 - T_1) / l$

La mayor parte del calor que se transfiere a través de los cuerpos sólidos, se transfiere de un punto a otro por conducción

Propiedades termofísicas.

Las propiedades termofísicas incluyen dos categorías distintas: las propiedades de transporte y las propiedades termodinámicas. Las propiedades de transporte incluyen coeficientes de la velocidad de difusión como k conductividad térmica (para transferencia de calor), y ν , viscosidad cinética (para transferencia de momento). Las propiedades termodinámicas por otro lado, se relacionan con el estado de equilibrio de un sistema. La

densidad (ρ) y el calor específico (C_p) son dos de estas propiedades que se usan extensamente en el análisis termodinámico. El producto ρC_p (J/m^3K), normalmente se denomina capacidad térmica volumétrica, mide la capacidad de un material para almacenar energía térmica.

En el análisis de transferencia de calor, la razón de la conductividad térmica a la capacidad térmica es una importante propiedad denominada difusividad

térmica α , que tiene unidades de m^2/s :
$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p}$$

Mide la capacidad de un material para conducir energía térmica en relación con su capacidad para almacenar energía térmica. Materiales de α grande responderían rápidamente a cambios en su medio térmico, mientras que los materiales de α pequeña responderían más lentamente y tardan más en alcanzar una nueva condición de equilibrio.

Convección

El modo de transferencia de calor por convección se compone de dos mecanismos. Además de la transferencia de energía debida al movimiento molecular aleatorio (difusión), la energía también se transfiere mediante el movimiento global, o macroscópico del fluido. En cualquier instante, grandes números de moléculas se mueven de forma colectiva o como

agregados. Tal movimiento, en presencia de un gradiente de temperatura, contribuye a la transferencia de calor.

Se acostumbra utilizar el término convección cuando se hace referencia a este transporte acumulado y el término advección cuando se habla de transporte debido al movimiento volumétrico del fluido. La transferencia de calor por convección se clasifica de acuerdo con la naturaleza del flujo: convección forzada y libre.

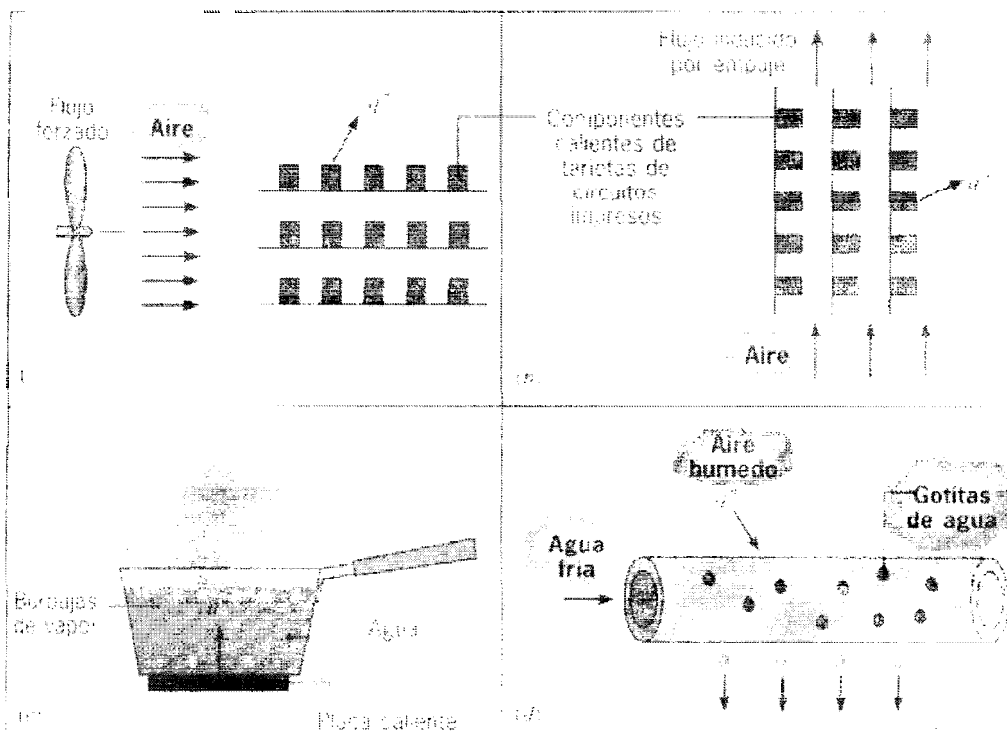


Fig. 3.21 Procesos de Transferencia de Calor por Convección:
(a) Convección Forzada, (b) Convección natural, (c) Ebullición,
(d) Condensación.

Convección forzada cuando el flujo es causado por medios externos, como un ventilador, una bomba, vientos atmosféricos.

Convección libre (o natural) el flujo es inducido por fuerzas de empuje que **surgen** a partir de diferencias de densidad ocasionadas por variación de temperatura en el fluido, ejemplo: componentes calientes sobre un arreglo vertical de tarjetas de circuito en el aire inmóvil; el aire que hace contacto **con los** componentes experimenta un aumento de temperatura y, en consecuencia, una reducción de su densidad. Como ahora es más ligero que el aire de los alrededores, las fuerzas de empuje inducen un movimiento **vertical** por el que el aire caliente que asciende de las tarjetas es reemplazado por un flujo de entrada de aire ambiental más frío.

Cuando un recipiente con agua es colocado sobre una llama, la capa de agua del fondo recibe calor por conducción. Por consiguiente, el volumen de esta capa aumenta y por tanto su densidad disminuye, haciendo que se desplace a la parte superior del recipiente para ser reemplazada por agua **más** fría y más densa, proveniente de tal región superior.

El proceso continúa, con una circulación continua de masas de agua más **caliente** hacia arriba, y masas de agua más fría abajo, movimientos que se denomina corriente de convección. Así, el calor que se transfiere por

conducción a las capas inferiores, se va distribuyendo por convección a toda la masa del líquido, mediante el movimiento de traslación del propio líquido.

La transferencia de calor en los líquidos y gases puede efectuarse por conducción, pero el proceso de convección es el responsable de la mayor parte del que se transmite a través de los fluidos.

Sin importar la naturaleza particular del proceso de transferencia de calor por convección, la ecuación o modelo apropiado es de la forma: $q'' = h (T_s - T_\infty)$.

Donde q'' , el flujo de calor por convección (W/m^2), es proporcional a la diferencia de entre las temperaturas de la superficie y del fluido, T_s y T_∞ , respectivamente.

Esta expresión se conoce como la ley de enfriamiento de Newton, y la constante de proporcionalidad h ($W/m^2 \cdot K$) se denomina coeficiente de transferencia de calor por convección. Este depende de las condiciones de capa límite, en las que influye la geometría de la superficie, la naturaleza del movimiento del fluido y una variedad de propiedades termodinámicas del fluido y de transporte.

Radiación

La radiación térmica es la energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura finita.

La radiación que la superficie emite se origina a partir de la energía térmica de la materia limitada por la superficie, y la velocidad a la que libera energía por unidad de área (W/m^2) se denomina potencia emisiva superficial E . Hay un límite superior para la potencia emisiva, que es establecida por la ley de Stefan – Boltzmann

$E_b = \sigma T_s^4$, donde T_s es la temperatura absoluta (K) de la superficie y σ es la constante de Stefan – Boltzmann ($\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} W/m^2 K^4$). Dicha superficie se llama radiador ideal o cuerpo negro.

El flujo de calor emitido por una superficie real es menor que la de un cuerpo negro a la misma temperatura y está dado por $E_b = \epsilon \sigma T_s^4$, donde ϵ es una propiedad radiativa de la superficie denominada emisividad. Con valores en el rango $0 \leq \epsilon \leq 1$, esta propiedad proporciona una medida de la eficiencia con que una superficie emite energía en relación con un cuerpo negro

Hay muchas aplicaciones para las que es conveniente expresar el intercambio neto de calor por radiación en la forma $q_r = h_r \cdot A \cdot (T_s - T_{air})$;

donde el coeficiente de transferencia de calor por radiación h_r , es $h_r = \epsilon \sigma (T_s + T_{air})(T_s^2 - T_{air}^2)$

Transferencia de calor en superficies extendidas.

La frase superficie extendida se usa normalmente con referencia a un sólido que experimenta transferencia de energía por conducción dentro de sus límites, así como transferencia de energía por convección (y / o radiación) entre sus límites y sus alrededores.

La aplicación más frecuente es aquella en la que se usa una superficie extendida de manera específica para aumentar la rapidez de transferencia de calor entre un sólido y un fluido contiguo. Estas superficies extendidas se denominan aletas.

Considere la pared plana de la figura 3.22. Si T_s es fija, hay dos formas en las que es posible aumentar la transferencia de calor. El coeficiente de convección h podría aumentar incrementando la velocidad del fluido, y/o podría reducirse la temperatura del fluido T_∞ . Sin embargo, se encuentra muchas situaciones en las que aumentar h al valor máximo posible es insuficiente para obtener la transferencia de calor que se desea o en las que los costos asociados son prohibitivos.

La transferencia de calor se incrementa aumentando el área de la superficie a través de la cual ocurre la convección. Esto se logra mediante el empleo de aletas que se extienden desde la pared al fluido circundante.

La conductividad térmica del material de la aleta tiene fuerte efecto sobre la distribución de temperaturas a lo largo de la aleta y, por lo tanto, influye en el grado al que la transferencia de calor aumenta.

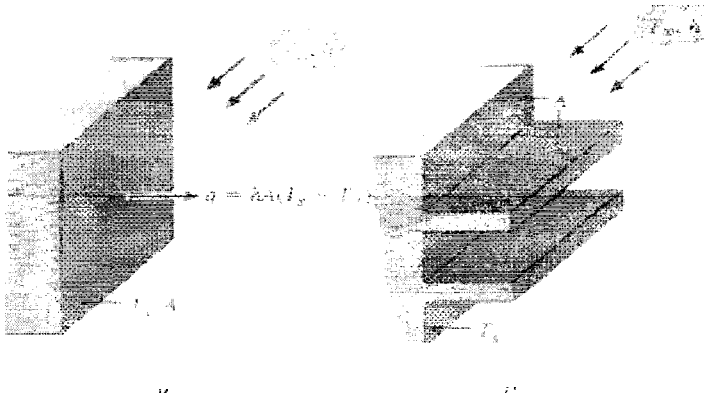


Fig. 3.22 Uso de aletas para aumentar la transferencia de calor. Desde una pared plana. (a) Superficie desnuda, (b) Superficie con aletas.

El material de la aleta debe tener una conductividad térmica grande para minimizar variaciones de temperatura desde la base hasta la punta. En cualquier aplicación, la selección de una configuración de aletas particular depende de consideraciones de espacio, peso, fabricación y costo, así como de! punto al que las aletas reducen el coeficiente de convección de la

superficie y aumenta la caída de presión asociada con el flujo sobre las aletas.

Convección libre.

Consideraciones físicas.

En la convección libre, el movimiento del fluido se debe a las fuerzas de empuje dentro de éste, mientras que en la convección forzada se impone de forma externa. El empuje se debe a la presión combinada de un gradiente de densidad del fluido y una fuerza de cuerpo que es proporcional a la densidad.

En la práctica, la fuerza de cuerpo normalmente es la gravedad. Hay varias formas en las que un gradiente de densidad puede de masa puede surgir en un fluido, pero la situación más común se debe la presencia de un gradiente de temperatura.

Para los flujos de convección libre limitados por una superficie vertical se tiene como ejemplo la producción de una capa límite sobre una placa vertical caliente. La placa está inmersa en un fluido extenso en reposo y con $T_s > T_\infty$; el fluido cerca de la placa es menos denso que el fluido que elimina después.

Las fuerzas de flotación inducen por tanto una capa límite de convección libre en la que el fluido caliente se eleva verticalmente, con lo que entra fluido desde la región en reposo.

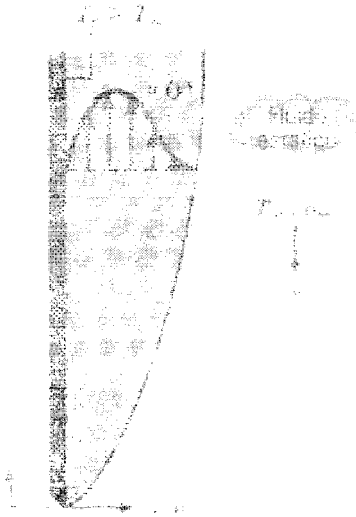


Fig. 3.23. Desarrollo de la capa límite sobre una pared vertical caliente

Convección libre laminar sobre una superficie vertical.

El número de Grashof juega el mismo papel en la convección libre que el número de Reynolds en la convección forzada. Recuerde que el número de Reynolds proporciona una medida de la razón de las fuerzas inerciales a la viscosidad que actúa sobre un elemento del fluido.

En contraste, el número de Grashof indica la razón de las fuerzas de empuje a las fuerzas viscosas que actúan sobre el fluido. El número de Grashof Gr_L

es: $Gr_L = g\beta(T_s - T_\infty)L^3 / \nu^2$

Donde tenemos que: Gr_L es el número de Grashof, g es la gravedad, β es el coeficiente de expansión y es igual a $\beta = 1/T$; donde T es la temperatura absoluta. T_s es la temperatura en la superficie de la pared, T_∞ es la temperatura del fluido, L es la longitud de la pared. ν es la viscosidad cinemática

Por lo general los efectos combinados de la convección libre y forzada se debe de considerar cuando $(Gr_L / Re^2_L) \cong 1$. Si se satisface la desigualdad $(Gr_L / Re^2_L) \ll 1$, los efectos de convección libre se pueden ignorar y $Nu_L = f(Gr_L, Pr)$. En sentido estricto, un flujo de convección libre es uno que se induce sólo mediante fuerzas de flotación. En cuyo caso no hay una velocidad de convección forzada bien definida y $(Gr_L / Re^2_L) \cong \infty$.

Con el uso de la ley de enfriamiento de Newton para el coeficiente local de convección h , el número de Nusselt local se puede expresar como

$$Nu_x = (h * x) / k = [q''_s / (T_s - T_\infty)] * x / k$$

3.3 Observación del efecto del grado brix.

El efecto del grado brix se observa en la maduración del fruto, para realizar la harina de banano se requiere banano verde, es decir recién cortado, cuyo grado brix sea bajo.

Pero cuando hablamos del pelado de la fruta, vemos que el grano brix, en la fruta no importa, dado que como se trata de fruta verde y se controla el tiempo de permanencia del banano en el medio caliente de forma tal que la corteza del fruto no pase de los 50 °C.

3.4 Calidad del descortezamiento del banano.

La calidad del descortezado de la fruta se la mide por simple inspección visual, debido a que es la forma practica en que el campesino tiene para evaluar si el método sirve o no, además la metodología empleada en nuestro trabajo para medir la calidad del descortezado en forma técnica es ver la superficie del banano y sacar el porcentaje de superficie que se a pelado satisfactoriamente, esto significa que no tenga residuos de cascara de banano o que la fruta no ha sufrido desprendimiento en el momento de arrancar la cascara.

En este trabajo el descortezado se lo realizo en forma integra en un 98% de los bananos y solo en un 2% se obtuvo presencia de cascara del banano en la corteza del fruto, pero su porcentaje fue muy bajo.

CAPITULO 4

INGENIERÍA DEL PROYECTO

4.1. Cálculos y diseño de sub ensamble

Realizaremos todos los cálculos necesarios, así como la selección de sistemas auxiliares.

4.1.1. Calculo y diseño del recipiente y su estructura.

A continuación realizaremos los distintos cálculos necesarios para determinar el tiempo optimo de permanencia del banano en el medio caliente, la forma más adecuada del recipiente, el ahorro energético en el consumo de combustible al introducir modificaciones en el diseño del recipiente. Para esto trabajaremos con las temperaturas tomadas en distintos puntos del recipiente, así como a distintos instantes.

Calculo del área de recipiente sin chaqueta

Se procederá a calcular el área exterior del recipiente; para esto se debe tener en cuenta que se trata de un cono truncado, del cual los datos que se conocen son: diámetro mayor D (o boca de la olla), diámetro menor d (de la

base), y la altura H.

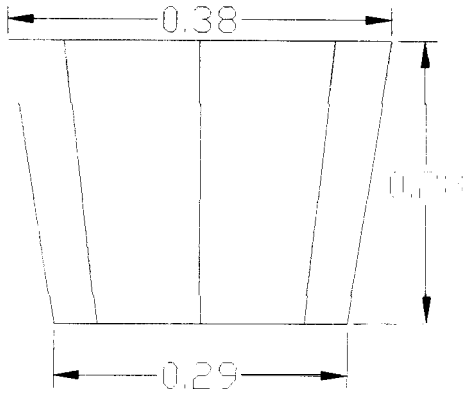


Fig. 4.1. Dimensiones del Recipiente.

Datos

$$D = 0.4 \text{ M}$$

$$d = 0.3 \text{ M}$$

$$H = 0.3 \text{ M}$$

Formulas

$$L_c = \theta * R = 2\pi * D/2 = \pi * D$$

$$L_{c1} = \pi * D$$

$$L_{c2} = \pi * d$$

$$x = H / (((D/2) / (d/2)) - 1)$$

$$z = ((d/2)^2 + x^2)^{1/2}$$

$$y+z = ((D/2)^2 + (h+x)^2)^{1/2}$$

$$y = (y+z) - z$$

$$Lc3 = 2 * \pi * (y+z)$$

$$\phi^{\circ} = \theta^{\circ} * Lc1 / Lc3$$

$$A = (\phi * \pi / 2) * ((y+z)^2 - z^2)$$

Resultados

$$Lc1 = 1.194 \text{ m}$$

$$Lc2 = 0.911 \text{ m}$$

$$x = 0.902 \text{ m}$$

$$z = 0.914 \text{ m}$$

$$y+z = 1.197 \text{ m}$$

$$y = 0.284 \text{ m}$$

$$Lc3 = 7.523 \text{ m}$$

$$\phi^{\circ} = 57.12 \text{ Grados}$$

$$\phi = 0.317 \text{ Rad}$$

$$A = 0.301 \text{ m}^2$$

Se obtiene como resultado que le área lateral del recipiente es **A= 0,301 m²**.

Cálculo del área de la chaqueta

El área de la chaqueta se la calcula como el área lateral de un cilindro, cuyo diámetro es de $D = 0,46$ m y de altura $H = 0,28$ m

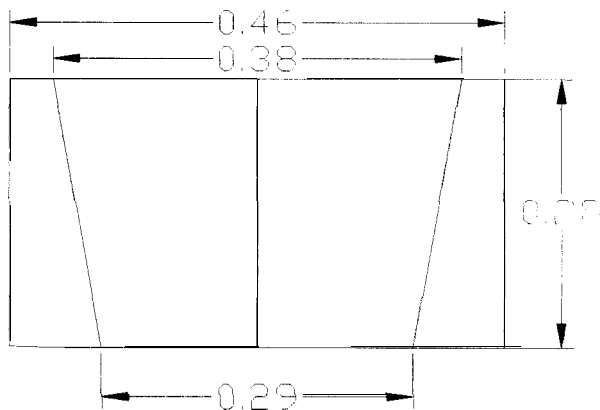


Fig. 4.2 Dimensiones del Recipiente con Chaqueta

Datos

$$D_{ext} = 0.46 \text{ m}$$

$$H = 0.28 \text{ m}$$

Formulas

$$A = L_c * h = \pi * D_{ext} * h$$

Resultados

$$A = 0.405 \text{ m}^2$$

Dando como resultado que el área lateral de la chaqueta es $A = 0,405 \text{ m}^2$.

Medición de la pérdida de calor de la olla.

Para poder medir las pérdidas de calor necesitamos los coeficientes de convección, los cuales se calcula por medio de los valores de las temperaturas tanto en la superficie exterior del recipiente como del aire circundante a la superficie exterior.

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección hoi por las paredes del recipiente sin chaqueta.

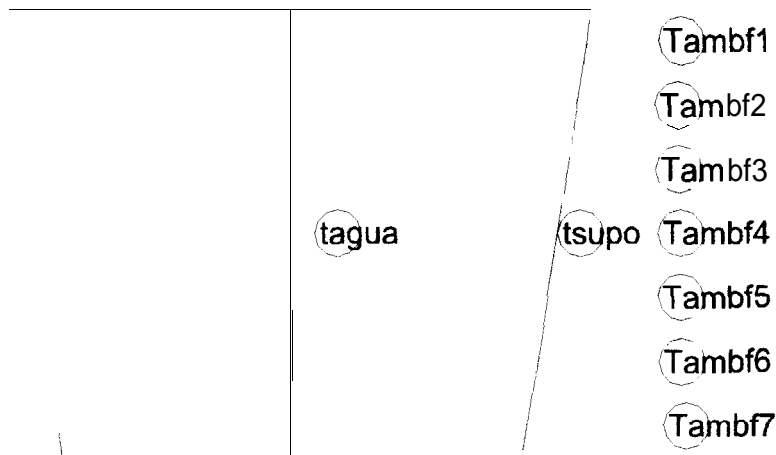


Fig. 4.3. Distribución de las Termocuplas

Se calculara el coeficiente de transferencia de calor por convección en la parte exterior de la olla (hoi), para ello usaremos la temperatura del agua, la temperatura de la superficie exterior de la olla y la temperatura del aire circundante, que es el aire caliente que sube proveniente de la hornilla

Datos

$t_{supo} = 26.7 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $t_{ambf7} = 244.45 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $t_{ambf6} = 175.00 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $t_{ambf5} = 137.22 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $t_{ambf4} = 110.00 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $t_{ambf3} = 103.33 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $t_{ambf2} = 90.00 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $t_{ambf1} = 77.78 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $t_{ambf} = 133.9686 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $t_1 = 300 \text{ } ^\circ\text{K}$
 $t_2 = 350 \text{ } ^\circ\text{K}$
 $g_{*Coc\ 0} = 9.68 \text{ m /s}^2$
 $L = 2.84\text{E-}01 \text{ m}$
 $v_2 = 2.03\text{E-}05 \text{ m /s}^2$
 $VI = 1.59\text{E-}05 \text{ m /s}^2$
 $\alpha_2 = 2.99\text{E-}05 \text{ m /s}^2$
 $\alpha_1 = 2.25\text{E-}05 \text{ m /s}^2$
 $Pr_2 = 7.00\text{E-}01$
 $Pr_1 = 7.07\text{E-}01$
 $k_2 = 3.00\text{E-}02 \text{ W / mK}$
 $k_1 = 2.63\text{E-}02 \text{ W / mK}$

Ecuaciones

$$t_{\text{supE}} = t_{\text{supo}} + 273$$

$$t_{\text{ambf}} = (t_{\text{ambf1}} + t_{\text{ambf2}} + t_{\text{ambf3}} + t_{\text{ambf4}} + t_{\text{ambf5}} + t_{\text{ambf6}} + t_{\text{ambf7}}) / 7$$

$$t_{\text{ambE5}} = t_{\text{ambf}} + 273$$

$$t_{\text{f5}} = (t_{\text{supE}} + t_{\text{ambE5}}) / 2$$

$$\alpha = (\alpha_2 - \alpha_1) * (t_{\text{f}} - t_1) / (t_2 - t_1) + \alpha_1$$

$$v = (v_2 - v_1) * (t_{\text{f}} - t_1) / (t_2 - t_1) + v_1$$

$$Pr = (Pr_2 - Pr_1) * (t_{\text{f}} - t_1) / (t_2 - t_1) + Pr_1$$

$$k = (k_2 - k_1) * (t_{\text{f}} - t_1) / (t_2 - t_1) + k_1$$

$$\beta = 1 / t_{\text{f}}$$

$$Ra_l = g * \cos \theta * \beta * (t_{\text{supE}} - t_{\text{ambE}}) * L^3 / (v * \alpha)$$

$$Nu_l = 0.68 + ((0.670 * Ra_l^{0.25}) / (1 + (0.492 / Pr)^{(9/16)}))^{(4/9)}$$

$$h_{oi} = Nu_l * k / L$$

Resultados

$$t_{\text{supE}} = 299.70 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$t_{\text{ambE5}} = 406.97 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$t_{\text{f5}} = 353.33 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\alpha = 3.04\text{E-}05 \text{ m /s}^2$$

$$v = 2.06\text{E-}05 \text{ m /s}^2$$

$$Pr = 7.00E-01$$

$$k = 3.02E-02 \text{ W / mk}$$

$$B = 2.83E-03 \text{ 1 /}^\circ\text{K}$$

$$Ra1 = 1.07E+08$$

$$Nul = 52.91$$

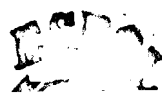
$$ho = 5.64 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

A continuación se realizan cálculos del hoi para cada instante de tiempo en el cual se censó la temperatura.

tiempo 5 =	56	min			
tambf7 =	244.4	°C	tambf 5 =	133.97	°C
tambf6 =	175.0	°C	tambE5 =	406.97	°K
tambf5 =	137.2	°C	tf 5 =	353.33	°K
tambf4 =	110.0	°C	alfa 5 =	3.04E-05	m /s2
tambf3 =	103.3	°C	v 5 =	2.06E-05	m /s2
tambf2 =	90.0	°C	Pr 5 =	7.00E-01	
tambf1 =	77.8	°C	k 5 =	3.02E-02	W / mk
			B5 =	2.83E-03	1/°K
tagua =	70.10	°C	Ra15 =	1.07E+08	
			Nul 5 =	52.91	
			ho 5 =	5.64	W / m2 K

tiempo 4 =	39	min			
tambf7 =	248.3	°C	tambf 4 =	133.89	°C
tambf6 =	165.6	°C	tambE4 =	406.89	°K
tambf5 =	136.7	°C	tf 4 =	353.29	°K
tambf4 =	114.4	°C	alfa 4 =	3.04E-05	m /s2
tambf3 =	96.1	°C	v 4 =	2.06E-05	m /s2
tambf2 =	92.2	°C	Pr 4 =	7.00E-01	
tambf1 =	83.9	°C	k 4 =	3.02E-02	W / mk
			B 4 =	2.83E-03	1/°K
agua =	57.3	°C	Ral 4 =	1.07E+08	
			Nul 4 =	52.90	
			ho 4 =	5.64	W / m2 K

empo 3 =	31	min			
tambf7 =	235.0	°C	tambf 3 =	130.6354	°C
tambf6 =	183.3	°C	tambE3 =	403.6354	°K
tambf5 =	148.3	°C	tf 3 =	351.6677	°K
tambf4 =	108.3	°C	alfa 3 =	3.01E-05	m /s2
tambf3 =	85.6	°C	v 3 =	2.04E-05	m /s2
tambf2 =	81.1	°C	Pr 3 =	7.00E-01	
tambf1 =	72.8	°C	k 3 =	3.01 E-02	W / mk



			B 3 =	2.84E-03	1/°K
tagua =	51.2	°C	Ral 3 =	1.06E+08	
			Nul 3 =	52.76	
			ho 3 =	5.60	W / m2 K

tiempo 2 =	22	min			
tambf7 =	210.0	°C	tambf 2 =	120.794	°C
tambf6 =	165.6	°C	tambE2 =	1393.794	°K
tambf5 =	121.1	°C	tf2 =	346.747	°K
tambf4 =	105.6	°C	alfa 2 =	2.94E-05	m /s2
tambf3 =	93.3	°C	v 2 =	2.00E-05	m /s2
tambf2 =	77.8	°C	Pr 2 =	7.00E-01	
tambf1 =	72.2	°C	k 2 =	2.98E-02	W / mk
			B 2 =	2.88E-03	1/°K
tagua =	44.5	°C	Ral 2 =	1.02E+08	
			Nul 2 =	52.25	
			ho 2 =	5.48	W / m2 K

tiempo 1 =	12	min			
tambf7 =	232.2	°C	tambf 1 =	117.38157	°C
tambf6 =	173.9	°C	tambE1 =	390.38157	°K

tambf5 =	104.4	°C	tf 1 =	345.04079	°K
tambf4 =	93.3	°C	alfa 1 =	2.92E-05	m /s2
tambf3 =	80.6	°C	v 1 =	1.99E-05	m /s2
tambf2 =	76.1	°C	Pr 1 =	7.01E-01	
tambf1 =	61.1	°C	k1 =	2.96E-02	W / mk
			B 1 =	2.90E-03	1/°K
tagua =	36.1	°C	Ra11 =	1.00E+08	
			Nul 1 =	52.05	
			ho 1 =	5.44	W / m2 K

tiempo (min)	ho (W / m2 K)
12	5.44
22	5.48
31	5.60
39	5.64
56	5.64

Tabla 4.1 Relación entre Tiempo y hoi.

Se trabajara con las temperaturas tomadas en la parte exterior de la olla en el aire circundante, para cada uno de ellos se encuentra un valor distinto de hoi, graficándose todos ellos **versus** tiempos, de forma que se ve la variación con el tiempo, de donde se coge el hoi para el instante cero que **es la de**

mayor diferencia de temperatura ocurre.

Grafico hoi

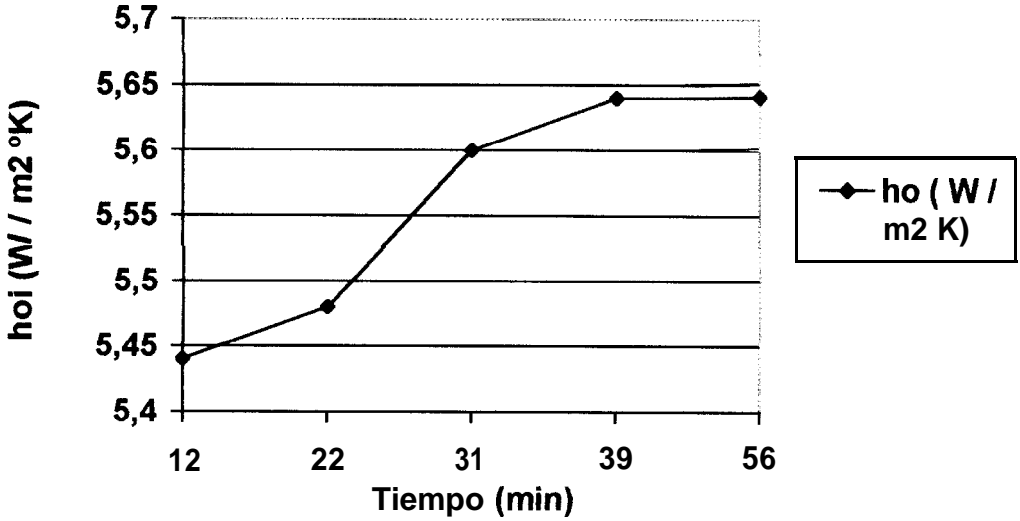


Fig. 4.4. Grafico hoi.

Calculo del hr por las paredes del recipiente sin chaqueta

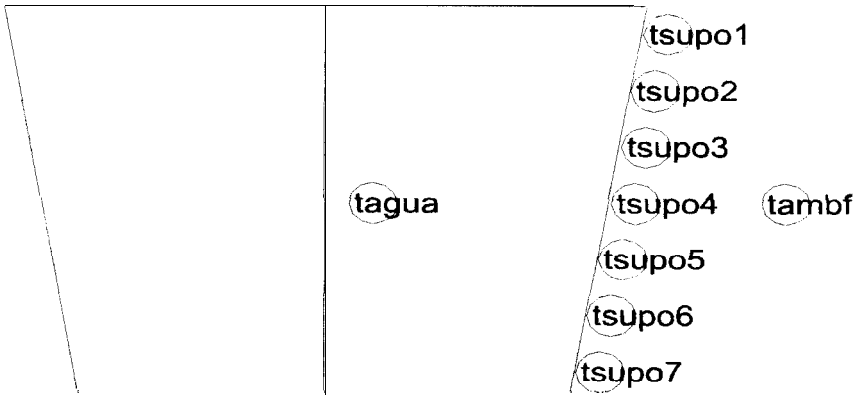


Fig. 4.5. Distribución de las Termocuplas

Se calculara el coeficiente de transferencia de calor por radiación en la **parte** exterior de la olla (hr), para ello usaremos la temperatura del agua, la

temperatura de la superficie exterior de la olla y la temperatura del aire circundante, que es el aire caliente que sube proveniente de la hornilla

Datos

$$t_{\text{supo1}} = 81.1 \quad ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{supo2}} = 98.9 \quad ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{supo3}} = 107.8 \quad ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{supo4}} = 120 \quad ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{supo5}} = 145.6 \quad ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{supo6}} = 176.7 \quad ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{supo7}} = 245 \quad ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{ambf}} = 27.8 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\epsilon = 0.5$$

$$\sigma = 5.67\text{E-}8$$

Ecuaciones

$$t_{\text{supo}} = (t_{\text{supo1}} + t_{\text{supo2}} + t_{\text{supo3}} + t_{\text{supo4}} + t_{\text{supo5}} + t_{\text{supo6}} + t_{\text{supo7}}) / 7$$

$$t_{\text{supE}} = t_{\text{supo}} + 273$$

$$t_{\text{ambE}} = t_{\text{ambf}} + 273$$

$$h_r = \epsilon * \sigma * (t_{\text{supE}} + t_{\text{ambE}}) * (t_{\text{supE}}^2 + t_{\text{ambE}}^2)$$

Resultados

$t_{supo} =$	139.3	$^{\circ}\text{C}$
$t_{supE} =$	412.3	$^{\circ}\text{K}$
$t_{ambE} =$	300.8	$^{\circ}\text{K}$
$hr =$	5.27	$\text{W} / \text{m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{K}$

A continuación se realizan cálculos del hr para cada instante de tiempo en el cual se censó la temperatura.

tiempo 4 =	60	min	$t_{supo} =$	139.286	$^{\circ}\text{C}$
$t_{supo} 7 =$	245.00	$^{\circ}\text{C}$	$t_{supE} =$	412.286	$^{\circ}\text{K}$
$t_{supo} 6 =$	176.67	$^{\circ}\text{C}$			
$t_{supo} 5 =$	145.56	$^{\circ}\text{C}$	$hr 4 =$	5.27	$\text{W} / \text{m}^2 \text{ K}$
$t_{supo} 4 =$	120.00	$^{\circ}\text{C}$			
$t_{supo} 3 =$	107.78	$^{\circ}\text{C}$			
$t_{supo} 2 =$	98.89	$^{\circ}\text{C}$			
$t_{supo} 1 =$	81.11	$^{\circ}\text{C}$			
Temp agua =	71.70	$^{\circ}\text{C}$			

tiempo 3 =	33	min	$t_{supo} =$	135.8734	$^{\circ}\text{C}$
$t_{supo} 7 =$	245.00	$^{\circ}\text{C}$	$t_{supE} =$	408.8734	$^{\circ}\text{K}$
$t_{supo} 6 =$	163.89	$^{\circ}\text{C}$			

tsupo 5 =	127.78	°C	hr 3=	5.18	W / m2 K
tsupo 4 =	131.11	°C			
tsupo 3 =	101.11	°C			
tsupo 2 =	102.22	°C			
tsupo 1 =	80.00	°C			
Temp agua =	53.10	°C			

tiempo 2 =	18	min	tsupo =	119.6036	°C
tsupo 7=	212.78	°C	tsupE =	392.6036	°K
tsupo 6 =	143.33	°C			
tsupo 5 =	144.45	°C	hr 2 =	4.81	W / m2 K
tsupo 4 =	116.67	°C			
tsupo 3 =	82.22	°C			
tsupo 2 =	72.78	°C			
tsupo 1 =	65.00	°C			
Temp agua =	41.40	°C			

tiempo 1 =	7	min	tsupo =	115.08	°C
tsupo 7=	208.33	°C	tsupE =	388.08	°K
tsupo 6 =	158.89	°C			
tsupo 5 =	121.67	°C	hr1 =	4.71	W / m2 K

t _{supo 4} =	103.89	°C			
t _{supo 3} =	84.45	°C			
t _{supo 2} =	67.22	°C			
t _{supo 1} =	61.11	°C			
Temp agua =	31.70	°C			

tiempo (min)	hr (W / m ² K)
7	4.71
18	4.81
33	5.18
60	5.27

Tabla 4.2 Relación entre Tiempo y hr.

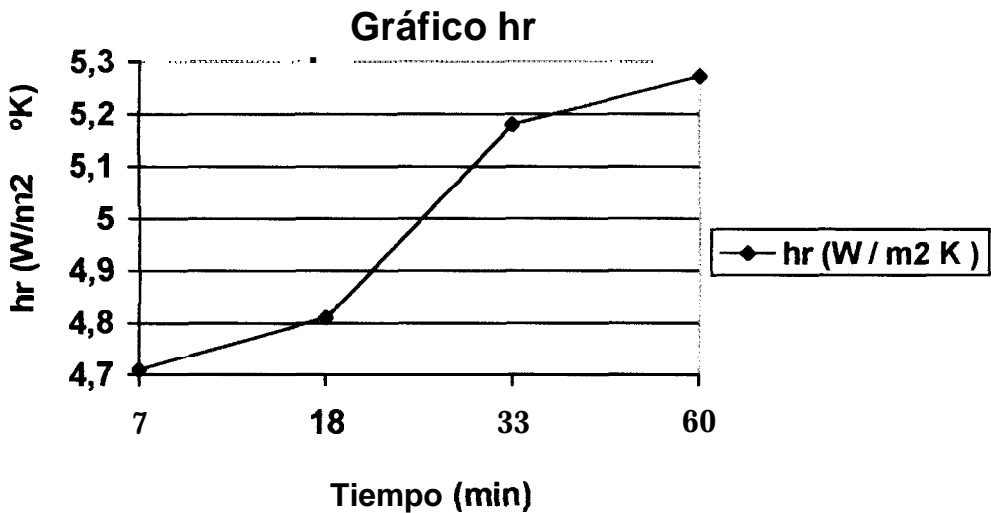


Fig. 4.6. Gráfico hr.

Se trabaja con las temperaturas tomadas en la parte exterior de la olla en el

aire circundante, las cuales fueron tomadas en 4 instantes: 60, 33, 18, 7 minutos, y para cada uno de ellos se encuentra un valor distinto de hr, graficándose todos ellos versus tiempos, de forma que se ve la variación con el tiempo, de donde se coge el hr para el instante 60 que es el de mayor valor, teniendo en cuenta que las condiciones de trabajo después del minuto 60, no van a variar.

Cálculo de las pérdidas de calor por las paredes del recipiente sin chaqueta

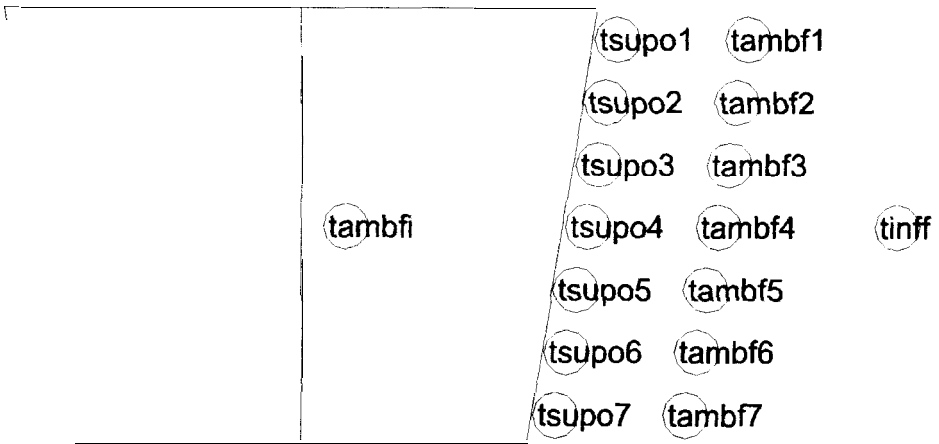


Fig. 4.7. Distribución de las Termocuplas

Datos

$tsupo1 = 81.1$ °C

$tsupo2 = 98.9$ °C

tsupo3 = 107.8 °C
tsupo4 = 120 °C
tsupo5 = 145.6 °C
tsupo6 = 176.7 °C
tsupo7 = 245 °C
tambf1 = 77.8 °C
tambf2 = 90 °C
tambf3 = 103 °C
tambf4 = 110 °C
tambf5 = 137.2 °C
tambf6 = 175 °C
tambf7 = 244.4 °C
tinf = 27.8 °C
ho = 5.609 W / m² °K
hr = 5.266 W / m² °K
A = 0.301 m²
K = 63.9 W / m °K
x = 0.00159 m
tambfi = 100 °C
D = 0.38 m
d = 0.29 m

$$h = 0.902 \text{ m}$$

$$H = 1.192 \text{ m}$$

$$C_p \text{ agua} = 4210$$

$$At \text{ (tiempo)} = 23 \text{ min}$$

$$AT = 27.2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ecuaciones

$$t_{supo} = (t_{supo1} + t_{supo2} + t_{supo3} + t_{supo4} + t_{supo5} + t_{supo6} + t_{supo7}) / 7$$

$$t_{ambf} = (t_{ambf1} + t_{ambf2} + t_{ambf3} + t_{ambf4} + t_{ambf5} + t_{ambf6} + t_{ambf7}) / 7$$

$$t_{supE} = t_{supo} + 273$$

$$t_{ambE} = t_{ambf} + 273$$

$$t_{inff} = t_{inff} + 273$$

$$R = 1 / (h_o + h_r)$$

$$U = 1/R$$

$$Q = U \cdot A \cdot (t_{supE} - t_{inffE})$$

$$q_h = h_o \cdot A \cdot (t_{supE} - t_{inffE})$$

$$q_r = h_r \cdot A \cdot (t_{supE} - t_{inffE})$$

$$q_t = q_h + q_r$$

$$t_{supi} = t_{supE} - Q \cdot x / (K \cdot A)$$

$$Q_k = K \cdot A \cdot (t_{supi} - t_{supE}) / x$$

$$t_{ambi} = t_{ambf} + 273$$

$$t_{fi} = (t_{supi} + t_{ambi}) / 2$$

Volumen H₂O = Volumen cono truncado

$$\text{Volumen cono truncado} = (\pi / 12) * ((D^2 * H) - (d^2 * h))$$

masa H₂O = Densidad H₂O * Volumen H₂O

$$AQ = h * A * At(\text{tiempo}) = h_{\text{agua}} * A * AT(\text{sup} - \text{agua})$$

$$\Delta E = \Delta Q$$

$$\Delta E = \text{masa H}_2\text{O} * C_p \text{ agua} * \Delta T_{\text{agua}} / At$$

$$h_i = \Delta E / (A * \Delta T)$$

$$q_{hi} = h_i * A * (t_{ambi} - t_{supi})$$

$$R_t = 1/h_i + (x/K) + 1/(h_o + h_r)$$

$$U_t = 1 / R_t$$

$$Q_t = U_t * A * (t_{ambi} - t_{inffE})$$

Resultados

$$t_{supo} = 139.3 \quad ^\circ\text{C}$$

$$t_{ambf} = 133.9 \quad ^\circ\text{C}$$

$$t_{inff} = 27.8 \quad ^\circ\text{C}$$

$$t_{supE} = 412.3 \quad ^\circ\text{K}$$

$$t_{ambE} = 406.9 \quad ^\circ\text{K}$$

$$t_{inffE} = 300.8 \quad ^\circ\text{K}$$

R =	9.20E-02	m ² °K / W
u =	10.88	W / m ² °K
Q =	364.93	W
qh =	180.23	W
qr =	176.70	W
qt =	364.93	W
tsupi =	412.33	°K
Qk =	364.93	W
tambi =	373	°K
tfi =	392.67	°K
Volumen H ₂ O =	0.0241	m ³
masa H ₂ O =	24.07	kg
ΔE =	1997.19	W
hi =	168.73	W / m ² °K
qhi =	1997.19	W
Rt =	0.10	m ² °K / W
Ut =	10.21	W / m ² °K
Qt =	221.94	W

tiempo =	15.0	min	tsupo =	107.46	°C
tsupol =	66.7	°C	tambf =	117.38	°C

tsupo2 =	72.8	°C	tinff =	27.80	°C
tsupo3 =	81.1	°C	ho =	5.44	W / m ² °K
tsupo4 =	91.7	°C	hr =	4.54	W / m ² °K
tsupo5 =	113.9	°C	tsupE =	380.46	°K
tsupo6 =	140.6	°C	tambE =	390.38	°K
tsupo7 =	185.6	°C	tinffE =	300.80	°K
			R =	1.00E-01	m ² °K / W
			U =	9.98	W / m ² °K
tiempo =	12.0	min	Q =	239.26	W
tambf1 =	61.1	°C	qh =	130.42	W
tambf2 =	76.1	°C	qr =	108.84	W
tambf3 =	80.6	°C	qt =	239.26	W
tambf4 =	93.3	°C	tsupi =	380.48	°K
tambf5 =	104.4	°C	Qk =	239.26	W
tambf6 =	173.9	°C	tambi =	50	°C
tambf7 =	1232.2	°C	tambi =	323	°K
			hi =	151.62	W / m ² °K
			qhi =	2622.86	W
			Rt =	0.11	m ² °K / W
			Ut =	9.36	W / m ² °K
			Qt =	62.55	W

			$V_{H_2O} =$	0.024	m ³
			$m_{H_2O} =$	24.068	Kg
			$\Delta E =$	2623.271	W
			$h_{H_2O} =$	151.6	W / m ² °K

tiempo =	33.0	min	tsupo =	111.75	°C
tsupo1 =	74.4	°C	tambf =	130.64	°C
tsupo2 =	79.4	°C	tinff =	27.80	°C
tsupo3 =	86.1	°C	ho =	5.60	W / m ² °K
tsupo4 =	100.0	°C	Hr =	4.64	W / m ² °K
tsupo5 =	113.9	°C	TsupE =	384.75	°K
tsupo6 =	132.2	°C	TambE =	403.64	°K
tsupo7 =	196.1	°	TinffE =	300.80	°K
			R =	9.77E-02	M ² °K / W
			U =	10.24	W / m ² °K
tiempo =	32.0	min	Q =	2 5 8 . 7 0	W
tambf1 =	72.8	°C	qh =	141.48	W
tambf2 =	81.1	°C	Qr =	117.22	W
tambf3 =	85.6	°C	Qt =	2 5 8 . 7 0	W
tambf4 =	108.3	°C	tsupi =	384.77	°K

tambf5 =	148.3	°C	Qk =	258.70	W
tambf6 =	183.3	°C	tambi =	71.7	°C
tambf7 =	235.0	°C	tambi =	344.7	°K
			Hi =	178.74	W / m ² °K
			qhi =	2155.37	W
			Rt =	0.10	M2 K / W
			Ut =	9.68	W / m ² °K
			Qt =	127.93	W
			V H ₂ O =	0.024	M3
			m H ₂ O =	24.07	Kg
			ΔE =	2155.70	W
			h H ₂ O =	178.7	W / m ² °K

tiempo =	43.0	min	Tsupo =	120.48	°C
tsupo1 =	76.7	°C	Tambf =	133.89	°C
tsupo2 =	84.4	°C	Tinff =	27.80	°C
tsupo3 =	102.2	°C	ho =	5.64	W / m ² °K
tsupo4 =	1104.4	°C	hr =	4.83	W / m ² °K
tsupo5 =	101.1	°C	tsupE =	393.48	°K
tsupo6 =	165.0	°C	tambE =	406.89	°K

tsupo7 =	209.4	°C	TinffE =	300.80	°K
			R =	9.55E-02	m ² °K / W
			U =	10.47	W / m ² °K
tiempo =	39.0	min	Q =	292.02	W
tambf1 =	83.9	°C	qh =	157.31	W
tambf2 =	92.2	°C	qr =	134.72	W
tambf3 =	96.1	°C	qt =	292.02	w
tambf4 =	114.4	°C	tsupi =	393.50	°K
tambf5 =	136.7	°C	Qk =	292.02	w
tambf6 =	165.6	°C	tambi =	84.4	°C
tambf7 =	248.3	°C	tambi =	357.4	°K
			hi =	179.43	W / m ² °K
			qhi =	1949.50	w
			Rt =	0.10	m ² °K / W
			Ut =	9.89	W / m ² °K
			Qt =	168.47	W
			V H ₂ O =	0.024	M3
			m H ₂ O =	24.068	Kg
			ΔE =	1949.797	w
			h H₂O =	179.4	W / m² °K

tiempo =	58.0	min	tsup0 =	125.32	°C
tsup01 =	83.9	°C	tambf =	133.97	°C
tsup02 =	82.8	°C	tinff =	27.80	°C
tsup03 =	93.3	°C	ho =	5.64	W / m ² °K
tsup04 =	108.3	°C	hr =	4.94	W / m ² °K
tsup05 =	130.6	°C	tsupE =	398.32	°K
tsup06 =	156.7	°C	tambE =	406.97	°K
tsup07 =	221.7	°C	tinffE =	300.80	°K
			R =	0.09	m ² °K / W
			U =	10.58	W / m ² °K
tiempo =	56.0	min	Q =	310.51	W
tambf1 =	77.8	°C	qh =	165.52	W
tambf2 =	90.0	°C	qr =	144.98	W
tambf3 =	103.3	°C	qt =	310.51	w
tambf4 =	110.0	°C	tsupi =	398.34	°K
tambf5 =	137.2	°C	Qk =	310.51	w
tambf6 =	175.0	°C	tambi =	100.00	°C
tambf7 =	244.4	°C	tambi =	373.00	°K
			hi =	181.77	W / m ² °K
			qhi =	1386.38	W
			Rt =	0.10	m ² K / W

			$U_t =$	10.00	$W / m^2 \text{ } ^\circ K$
			$Q_t =$	217.19	W
			$V \text{ H}_2\text{O} =$	0.02	m^3
			$m \text{ H}_2\text{O} =$	24.07	kg
			$\Delta E =$	1386.59	W
			$h \text{ H}_2\text{O} =$	181.77	$W / m^2 K$

$t \text{ (min)}$	$h_i \text{ (W / m}^2 \text{ } ^\circ K)$
15	151.62
32	178.74
43	179.43
58	181.77

Tabla 4.3. Relación entre Tiempo y h_i .

Calculo del calor ganado por el recipiente debido a la chaqueta

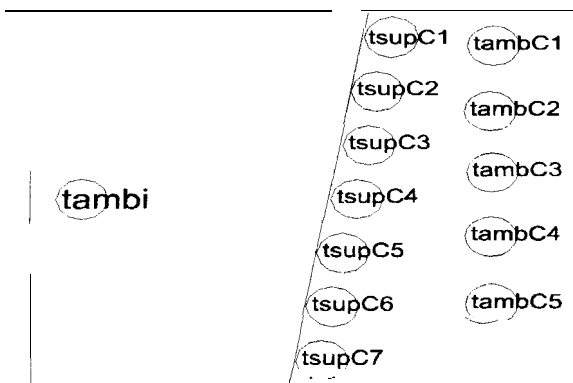


Fig. 4.8. Distribución de las Termocuplas.

Datos

$t_{supC1} =$	81.1	°C
$t_{supC2} =$	98.9	°C
$t_{supC3} =$	107.8	°C
$t_{supC4} =$	120	°C
$t_{supC5} =$	145.6	°C
$t_{supC6} =$	176.7	°C
$t_{supC7} =$	245	°C
$t_{ambC1} =$	240.2	°C
$t_{ambC2} =$	171.1	°C
$t_{ambC3} =$	160.7	°C
$t_{ambC4} =$	143.3	°C
$t_{ambC5} =$	125.4	°C
$t_{tiempo} =$	60	min
$A =$	0.301	m ²
$K =$	63.9	W / m °K
$\chi =$	0.00159	m
$h_r =$	5.27	W / m ² °K
$h_o =$	5.64	W / m ² °K
$h_i =$	181.77	W / m ² °K
$t_{ambi} =$	373	°K

Formula

$$t_{\text{supC}} = (t_{\text{supC1}} + t_{\text{supC2}} + t_{\text{supC3}} + t_{\text{supC5}} + t_{\text{supC6}} + t_{\text{supC7}}) / 7$$

$$t_{\text{ambC}} = (t_{\text{ambC1}} + t_{\text{ambC2}} + t_{\text{ambC3}} + t_{\text{ambC4}} + t_{\text{ambC5}}) / 5$$

$$t_{\text{supE}} = t_{\text{supC}} + 273$$

$$t_{\text{ambE}} = t_{\text{ambC}} + 273$$

$$R_t = 1/h_i + (x/K) + 1/h_o$$

$$U_t = 1 / R_t$$

$$Q_t = U_t * A * (t_{\text{ambi}} - t_{\text{ambE}})$$

$$q_h = h_o * A * (T_{\text{ambE}} - T_{\text{supE}})$$

Resultados

$$t_{\text{supC}} = 139.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{ambC}} = 168.1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{supE}} = 412.3 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$t_{\text{ambE}} = 441.1 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$R_t = 0.18 \text{ } \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{K} / \text{W}$$

$$U_t = 5.47 \text{ } \text{W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_t = 115.25 \text{ } \text{W}$$

$$q_h = 50.34 \text{ } \text{w}$$

Diseño y calculo del numero de aletas

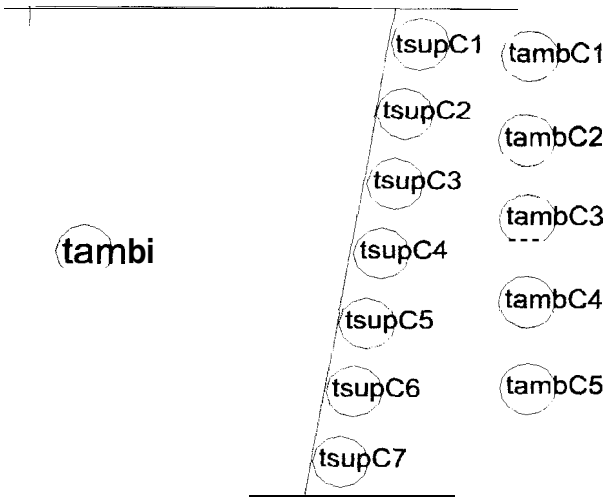


Fig. 4.9. Distribución de las Termocuplas

Datos

tiempo =	60	min
tsupC1 =	81.1	°C
tsupC2 =	98.9	°C
tsupC3 =	107.8	°C
tsupC4 =	120.0	°C
tsupC5 =	145.6	°C
tsupC6 =	176.7	°C
tsupC7 =	245.0	°C
tambC1 =	240.2	°C
tambC2 =	171.1	°C
tambC3 =	160.7	°C

tambC4=	1 4 3 . 3	°C
tambC5=	1 2 5 . 4	°C
w =	0.27	m
x =	1.59E-03	m
K=	63.9	W / m °K
L =	0.2836	m
g *Cos θ =	9.6758	m /s ²
Lc2=	9.11E-01	m
ho =	5.64	W / m ² °K
t1 =	300	°K
t2 =	350	°K
L=	2.84E-01	m
v2 =	2.03E-05	m /s ²
v1 =	1.59E-05	m /s ²
Pr2 =	7.00E-01	
Pr1 =	7.07E-01	

Formula

$$t_{supC} = (t_{supC1} + t_{supC2} + t_{supC3} + t_{supC5} + t_{supC6} + t_{supC7}) / 7$$

$$t_{ambC} = (t_{ambC1} + t_{ambC2} + t_{ambC3} + t_{ambC4} + t_{ambC5}) / 5$$

$$t_{supE} = t_{supC} + 273$$

$$t_{ambE} = t_{ambC} + 273$$

$$t_f = (t_{supE} + t_{ambE}) / 2$$

$$P = 2w + 2x$$

$$A_c = w * x$$

$$m = \sqrt{(h * P) / (K * A_c)}$$

$$v = (v_2 - v_1) * (t_f - t_1) / (t_2 - t_1) + v_1$$

$$Pr = (Pr_2 - Pr_1) * (t_f - t_1) / (t_2 - t_1) + Pr_1$$

$$\beta = 1 / t_f$$

capa limite

$$Gr = g * \cos \theta * \beta * (t_{base} - t_{amb}) * L^3 / \nu^2$$

$$\delta = 3.93 * (0.952 + Pr)^{0.25} * L / (Pr^{0.5} * Gr^{0.25})$$

Espacio mínimo entre aletas

$$e_{min} = 2 * \delta$$

numero de aletas

$$\# \text{ de aletas} = L_c / (x + d)$$

Resultados

$$t_{supC} = 139.3 \quad ^\circ\text{C}$$

$$t_{ambC} = 168.1 \quad ^\circ\text{C}$$

$$t_{supE} = 412.3 \quad ^\circ\text{K}$$

$t_{ambE} = 441.1 \text{ } ^\circ\text{K}$
 $t_f = 426.72 \text{ } ^\circ\text{K}$
 $P = 5.43\text{E-}01 \text{ m}$
 $A_c = 4.29\text{E-}04 \text{ m}^2$
 $m = 10.723$
 $v = 2.70\text{E-}05 \text{ m / s}^2$
 $Pr = 6.89\text{E-}01$
 $\beta = 2.34\text{E-}03 \text{ 1 / } ^\circ\text{K}$
 $Gr = 2.04\text{E+}07$
 $\delta = 2.26\text{E-}02 \text{ m}$
 $e_{min} = 4.52\text{E-}02 \text{ m}$
 # de aletas = 19

Aumento de la transferencia de calor asociado con las aletas

Datos

tiempo = 60 min
 $t_{supC1} = 81.1 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $t_{supC2} = 98.9 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $t_{supC3} = 107.8 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $t_{supC4} = 120 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$t_{\text{supC5}} = 145.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{supC6}} = 176.7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{supC7}} = 245 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{ambC1}} = 240.2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{ambC2}} = 171.1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{ambC3}} = 160.7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{ambC4}} = 143.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{ambC5}} = 125.4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$w = 0.27 \text{ m}$$

$$L = 0.03 \text{ m}$$

$$X = 0.0016 \text{ m}$$

$$h_{\text{ol}} = 5.64 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$N = 19 \text{ \# de aletas}$$

$$m = 10.72 \text{ 1 / m}$$

$$A = 13.30 \text{ m}^2$$

$$K = 133.9 \text{ W / m } ^\circ\text{K}$$

$$h_{\text{i}} = 181.77 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$t_{\text{ambi}} = 373.00 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Formula

$$t_{\text{supC}} = (t_{\text{supC1}} + t_{\text{supC2}} + t_{\text{supC3}} + t_{\text{supC5}} + t_{\text{supC6}} + t_{\text{supC7}}) / 7$$

$$tambC = (tambC1 + tambC2 + tambC3 + tambC4 + tambC5) / 5$$

$$tsupE = tsupC + 273$$

$$tambE = tambC + 273$$

$$tf = (tsupE + tambE) / 2$$

$$Lc = L + x/2$$

$$Af = 2 * w * (L + x/2)$$

$$nf = (\text{Tanh}(m * Lc)) / (m * Lc)$$

$$qaleta = N * nf * hol * Af * (tambE - TsupE)$$

$$Al = N * w * x$$

$$Ab = A - Al$$

$$qbase = hol * Ab * (tambE - TsupE)$$

$$qt = qaleta + qbase$$

$$At = N * Af + Ab$$

$$Cl = hol * At * (1 - (N * Af * (1 - nf) / At)) * (tambE - tbaseE)$$

$$ho2 = hol * (At/A) * (1 - (N * Af * (1 - nf) / At))$$

$$Rt = 1 / hi + (x/K) + 1 / (ho2)$$

$$Ut = 1 / Rt$$

$$Qt = Ut * A * (tambE - tambI)$$

Resultados

$$tsupc = 139.286 \text{ } ^\circ\text{C}$$

tambC =	168.1	°C
tsupE =	412.286	°K
tambE =	441.1	°K
tf =	426.713	°K
Lc =	0.0308	m
Af =	0.0166	m ²
nf =	0.9661	
qaleta =	49.70	W
Al =	0.0081	m ²
Ab =	0.30	m ²
qbase =	48.97	W
qt =	98.67	w
At =	0.62	m ²
Q =	98.67	W
ho2 =	11.07	W / m ² K
Rt =	0.10	
Ut =	10.43	W / m ² K
Qt =	219.58	W

Calor perdido por la chaqueta con el medio

Datos

tiempo = 60 min

tsup7 = 72.2 °C
tsup6 = 64.4 °C
tsup5 = 62.2 °C
tsup4 = 58.9 °C
tsup3 = 58.3 °C
tsup2 = 56.7 °C
tsup1 = 56.7 °C
tamb7 = 70 °C
tamb6 = 62.8 °C
tamb5 = 56.7 °C
tamb4 = 55.6 °C
tamb3 = 54.8 °C
tamb2 = 54 °C
tamb1 = 53.4 °C
tambiC1 = 240.2 °C
tambiC2 = 171.1 °C
tambiC3 = 160.7 °C
tambiC4 = 143.3 °C
tambiC5 = 125.4 °C
tinf = 27.8 °C
t1 = 300 °K

$$t_2 = 350 \quad ^\circ\text{K}$$

$$g = 9.68 \quad \text{m/s}^2$$

$$L = 0.28 \quad \text{m}$$

$$v_2 = 2.03\text{E-}05 \quad \text{m/s}^2$$

$$v_1 = 1.59\text{E-}05 \quad \text{m/s}^2$$

$$\alpha_2 = 2.99\text{E-}05 \quad \text{m/s}^2$$

$$a_1 = 2.25\text{E-}05 \quad \text{m/s}^2$$

$$\text{Pr}_2 = 7.00\text{E-}01$$

$$\text{Pr}_1 = 7.07\text{E-}01$$

$$k_2 = 3.00\text{E-}02 \quad \text{W/m}^\circ\text{K}$$

$$k_1 = 2.63\text{E-}02 \quad \text{W/m}^\circ\text{K}$$

$$\varepsilon = 0.50$$

$$\sigma = 5.67\text{E-}8$$

$$A = 0.405 \quad \text{m}^2$$

$$K = 63.9 \quad \text{W/m}^\circ\text{K}$$

$$x = 0.0016 \quad \text{m}$$

$$h_i = 5.64 \quad \text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Formula

$$t_{\text{sup}} = (t_{\text{sup1}} + t_{\text{sup2}} + t_{\text{sup3}} + t_{\text{sup4}} + t_{\text{sup5}} + t_{\text{sup6}} + t_{\text{sup7}}) / 7$$

$$t_{amb} = (t_{amb1} + t_{amb2} + t_{amb3} + t_{amb4} + t_{amb5} + t_{amb6} + t_{amb7}) / 7$$

$$t_{ambiC} = (t_{ambiC1} + t_{ambiC2} + t_{ambiC3} + t_{ambiC4} + t_{ambiC5}) / 5$$

$$t_{supE} = t_{sup} + 273$$

$$t_{ambE} = t_{amb} + 273$$

$$t_{inff} = t_{inf} + 273$$

$$t_f = (t_{supE} + t_{ambE}) / 2$$

$$\alpha = ((\alpha_2 - \alpha_1) * (t_f - t_1) / (t_2 - t_1)) + \alpha_1$$

$$v = (v_2 - v_1) * (t_f - t_1) / (t_2 - t_1) + v_1$$

$$Pr = (Pr_2 - Pr_1) * (t_f - t_1) / (t_2 - t_1) + Pr_1$$

$$k = (k_2 - k_1) * (t_f - t_1) / (t_2 - t_1) + k_1$$

$$\beta = 1 / t_f$$

$$Ra_l = g * \cos \theta * \beta * (t_{supE} - t_{ambE}) * L^3 / (v * \alpha)$$

$$Nul = 0.68 + ((0.670 * Ra_l^{0.25}) / (1 + (0.492 / Pr)^{(9/16)}))^{(4/9)}$$

$$h_o = Nul * k / L$$

$$h_r = e * o * (t_{supE} + t_{inffE}) * (t_{supE}^2 + t_{inffE}^2)$$

$$R = 1 / (h_o + h_r)$$

$$U = 1 / R$$

$$Q = U * A * (t_{supE} - t_{inffE})$$

$$q_h = h_o * A * (t_{supE} - t_{inffE})$$

$$q_r = h_r * A * (t_{supE} - t_{inffE})$$

$$t_{supi} = t_{supE} - Q \cdot x / (K \cdot A)$$

$$Q_k = K \cdot A (t_{supi} - t_{supE}) / x$$

$$R_t = 1/h_i + (x/K) + 1/(h_o + h_r)$$

$$U_t = 1 / R_t$$

$$t_{ambi} = t_{ambiC} + 273$$

$$Q_t = U_t \cdot A \cdot (t_{ambi} - t_{inffE})$$

Resultados

$t_{sup} =$	61.35	°C
$t_{amb} =$	58.89	°C
$t_{ambiC} =$	168.1	°C
$t_{supE} =$	334.35	°K
$t_{ambE} =$	331.89	°K
$t_{inffE} =$	300.8	°K
$t_f =$	333.12	°K
$\alpha =$	2.74E-05	m /s ²
$v =$	1.88E-05	m /s ²
$Pr =$	7.02E-01	
$k =$	2.88E-02	W / mk
$B =$	3.00E-03	IPK
$R_{al} =$	3.16E+06	

Nui =	22.34	
ho =	2.26	W / m ² K
hr =	3.64	W / m ² K
R =	0.17	
u =	5.91	W / m ² K
Q =	80.19	W
qh =	30.75	W
qr =	49.44	W
tsupi =	334.35	°K
Qk =	80.19	W
Rt =	0.35	m ² K / W
Ut =	2.89	W / m ² K
tambi =	441.1	°K
Qt =	163.87	W

tiempo = 6	min	tsup = 51.43	°C
tsup 7= 61.7	°C	tamb = 41.67	°C
tsup 6= 57.8	°C	tsupE = 324.43	°K
tsup 5= 52.8	°C	tambE = 597.43	°K
tsup 4= 50.0	°C	tinffE = 300.8	°K
tsup 3= 47.8	°C	tf = 460.93	°K

sup 2=	46.1	°C	alfa =	4.63E-05	m /s2
sup 1=	43.9	°C	v =	3.01E-05	m /s2
amb 7=	43.3	°C	Pr =	6.84E-01	
amb 6=	42.8	°C	k =	3.82E-02	W / mk
amb 5=	42.2	°C	B =	2.17E-03	1/°K
amb 4=	41.7	°C	Ral =	9.39E+07	
amb 3=	41.1	°C	Nul =	51.09	
amb 2=	40.6	°C	ho =	6.88	W / m2 K
amb 1=	40.0	°C	hr =	3.47	W / m2 K
			R =	0.10	
			U =	10.35	W / m2 K
			Q =	98.99	W
			qh =	65.82	W
			qr =	33.17	W
			tsupi =	324.43	°K
			Qk =	98.99	W
			Rt =	0.27	m2 K / W
			Ut =	3.65	W / m2 K
			tambi =	441.1	°K
			Qt =	207.38	W

tiempo =	16	min	tsup =	51.03	°C
tsup 7=	60.6	°C	tamb =	57.22	°C
tsup 6=	58.9	°C	tsupE =	324.03	°K
tsup 5=	49.4	°C	tambE =	597.03	°K
tsup 4=	48.9	°C	tinffE =	300.8	°K
tsup 3=	48.3	°C	tf =	460.53	°K
tsup 2=	46.1	°C	alfa =	4.63E-05	m /s2
tsup 1=	45.0	°C	v =	3.00E-05	m /s2
tamb 7=	68.9	°C	Pr =	6.85E-01	
tamb 6=	65.0	°C	k =	3.82E-02	W / mk
tamb 5=	52.8	°C	B =	2.17E-03	1/°K
tamb 4=	53.3	°C	Ral =	9.42E+07	
tamb 3=	51.7	°C	Nul =	51.14	
tamb 2=	51.7	°C	ho =	6.88	W / m2 K
tamb 1=	50.6	°C	hr =	3.46	W / m2 K
			R =	0.10	
			U =	10.35	W / m2 K
			Q =	97.27	W
			qh =	64.72	W
			qr =	32.55	W
			tsupi =	324.04	°K

			$Q_k =$	97.27	W
			$R_t =$	0.27	m ² K / W
			$U_t =$	3.65	W / m ² K
			$t_{ambi} =$	441.1	°K
			$Q_t =$	207.33	W

tiempo =	31	min	$t_{sup} =$	57.30	°C
$t_{sup\ 7} =$	65.6	°C	$t_{amb} =$	58.33	°C
$t_{sup\ 6} =$	62.8	°C	$t_{supE} =$	330.30	°K
$t_{sup\ 5} =$	55.6	°C	$t_{ambE} =$	603.30	°K
$t_{sup\ 4} =$	58.3	°C	$t_{inffE} =$	300.8	°K
$t_{sup\ 3} =$	53.9	°C	$t_f =$	466.80	°K
$t_{sup\ 2} =$	51.7	°C	$\alpha =$	4.72E-05	m / s ²
$t_{sup\ 1} =$	53.3	°C	$\nu =$	3.06E-05	m / s ²
$t_{amb\ 7} =$	72.2	°C	$Pr =$	6.84E-01	
$t_{amb\ 6} =$	63.9	°C	$k =$	3.86E-02	W / mk
$t_{amb\ 5} =$	55.6	°C	$B =$	2.14E-03	1/°K
$t_{amb\ 4} =$	53.9	°C	$R_{al} =$	8.59E+07	
$t_{amb\ 3} =$	52.8	°C	$Nul =$	50.48	
$t_{amb\ 2} =$	51.7	°C	$h_o =$	6.88	W / m ² K
$t_{amb\ 1} =$	49.4	°C	$h_r =$	3.57	W / m ² K

			R =	0.10	
			U =	10.45	W / m ² K
			Q =	124.74	W
			qh =	82.12	W
			qr =	42.63	W
			tsup i =	330.31	°K
			Qk =	124.74	W
			Rt =	0.27	m ² K / W
			Ut =	3.66	W / m ² K
			tambi =	441.1	°K
			Qt =	208.05	W

tiempo =	44	min	tsup =	61.03	°C
tsup 7=	71.7	°C	tamb =	59.54	°C
tsup 6=	69.4	°C	tsupE =	334.03	°K
tsup 5=	61.7	°C	tambE =	607.03	°K
tsup 4=	60.6	°C	tinffE =	300.8	°K
tsup 3=	55.0	°C	tf =	470.53	°K
tsup 2=	55.6	°C	alfa =	4.77E-05	m /s ²
tsup 1=	53.3	°C	v =	3.09E-05	m /s ²
tamb 7=	69.4	°C	Pr =	6.83E-01	

tamb 6=	61.1	°C	k =	3.89E-02	W / mk
tamb 5=	57.8	°C	B =	2.13E-03	1/°K
tamb 4=	58.3	°C	Ral =	8.68E+07	
tamb 3=	56.7	°C	Nul =	50.10	
tamb 2=	53.9	°C	ho =	6.88	W / m2 K
tamb 1=	52.8	°C	hr =	3.64	W / m2 K
			R =	0.10	
			U =	10.51	W / m2 K
			Q =	141.36	W
			qh =	92.46	W
			qr =	48.90	W
			tsupi =	334.04	°K
			Qk =	141.36	W
			Rt =	0.27	m2 K / W
			Ut =	3.67	W / m2 K
			tambi =	441.1	°K
			Qt =	208.49	W

tiempo =	57	min	tsup =	61.35	°C
tsup 7=	72.2	°C	tamb =	59.63	°C
tsup 6=	64.4	°C	tsupE =	334.35	°K

tsup 5=	62.2	°C	tambE =	607.35	°K
tsup 4=	58.9	°C	tinffE =	300.8	°K
tsup 3=	58.3	°C	tf =	470.85	°K
tsup 2=	56.7	°C	alfa =	4.78E-05	m /s2
tsup 1=	56.7	°C	v =	3.09E-05	m /s2
tamb 7=	70.0	°C	Pr =	6.83E-01	
tamb 6=	62.8	°C	k =	3.89E-02	W / m K
tamb 5=	56.7	°C	B =	2.12E-03	1/°K
tamb 4=	55.6	°C	Ral =	8.66E+07	
tamb 3=	57.8	°C	Nul =	50.07	
tamb 2=	55.0	°C	ho =	6.88	W / m2 K
tamb 1=	54.4	°C	hr =	3.64	W / m2 K
			R =	0.10	
			U =	10.52	W / m2 K
			Q =	142.78	W
			qh =	93.34	W
			qr =	49.44	w
			tsupi =	334.36	°K
			Qk =	142.78	w
			Rt =	0.27	m2 K / W
			Ut =	3.67	W / m2 K

			tambi =	441.1	°K
			Qt =	208.53	w

Ahorro de energía debido al uso de aislante en la pared exterior del recipiente.

Datos

$$h_i = 5.64 \quad \text{W / m}^2 \text{ K}$$

$$K = 63.9 \quad \text{W / mk}$$

$$x = 0.00159 \quad \text{m}$$

$$h_o = 2.26 \quad \text{W / m}^2 \text{ K}$$

$$h_r = 3.64 \quad \text{W / m}^2 \text{ K}$$

$$k = 0.002 \quad \text{W / mk}$$

$$Q_{\text{sin aisla}} = 163.87 \quad \text{W}$$

Formula

$$R = 1/h_i + (x/K) + 1/(h_o + h_r)$$

$$Q_{\text{aisla}} / Q_{\text{sin aisla}} = 0.2$$

$$R / R_{\text{aisla}} = 0.2$$

$$R_{\text{aisla}} = 1/h_i + (x/K) + R_w + 1/(h_o + h_r)$$

$$R_w = x_{.ais} / k$$

Resultados

$$R = 0.35 \quad m^2 K / W$$

$$Q_{aisla} = 32.7744 \quad W$$

$$R_{aisla} = 1.7327 \quad m^2 K / W$$

$$R_w = 1.3861 \quad m^2 K / W$$

$$x_{.ais} = 0.0028 \quad m$$



4.1.2 Selección del control de temperatura.

La temperatura se la controlara en forma indirecta, con el tiempo de permanencia del banano en el recipiente, dado que la temperatura de trabajo es de 100°C (agua hirviendo).

La masa a trabajar es de 14 Kg, por un tiempo de permanencia de 10 minutos en agua hirviendo (100 °C), que el tiempo optimo de permanencia del banano en el medio caliente, con lo cual se logra un pelado optimo en un tiempo optimo.

4.1.3 Selección de los sistemas auxiliares.

Dado que la olla es de tipo rustico elemental no tiene sistema de controles, ni sensores, además lo que deseamos saber el tiempo optimo y eso ya se lo determino.

Parte del sistema auxiliar se pueden considerar los agujeros en la parte superior de la olla, ellos son colocados de forma tal que se tiene el desarrollo de la capa limite; con lo cual se logra que el aire caliente salga no de golpe si no que se lo retiene por un instante.

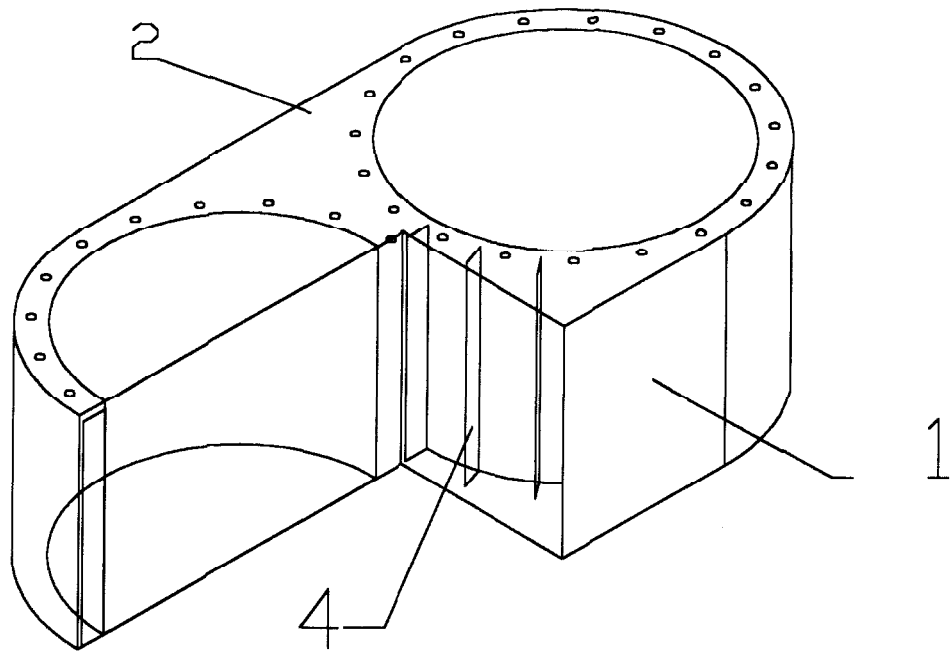
La canastilla que facilita la manipulación del producto, en ella se trabaja en su diseño y forma, de manera que permita el retiro de la fruta en forma apropiada y segura.

4.2. Diseño de ensamble.

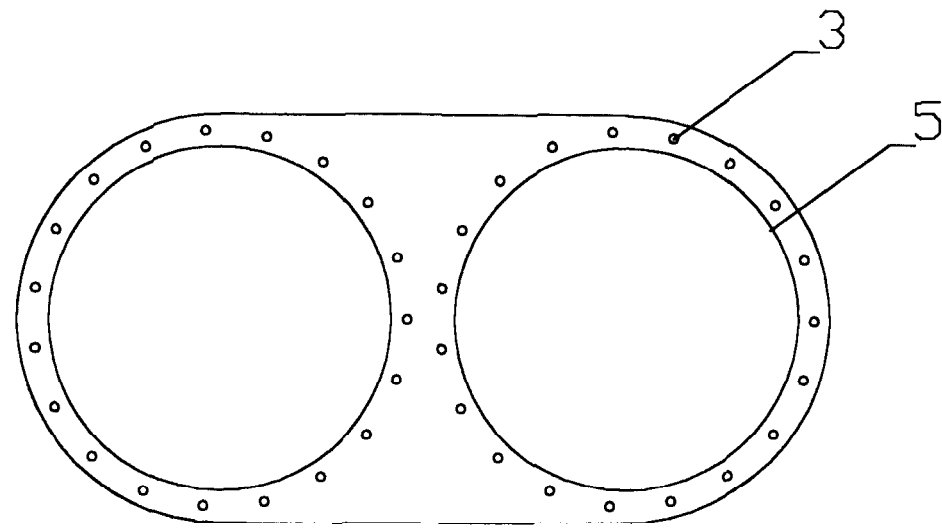
A continuación se muestra el plano del diseño ensamblado

Plano 1.- Despiece de máquina ablandadora de cáscara de banano.

DESPIECE DE LA MAQUINA ABLANDADORA DE CASCARA DE BANANO



1	SUPERFICIE LATERAL
2	SUPERFICIE SUPERIOR
3	AGUJEROS EN LA SUPERFICIE SUPERIOR
4	ALETAS
5	OLLA



FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION	ESCALA:
Dib.	09/01	F. DUQUE	DESPIECE DE MAQUINA ABLANDADORA DE CASCARA DE BANANO	25:1
Rev.		E.VILLACIS		
Apro.		E.VILLACIS		

ESPOL

PLANO No.:

001



4.3 **Diseño detallado para fabricación**

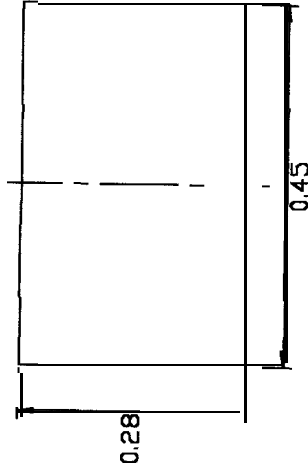
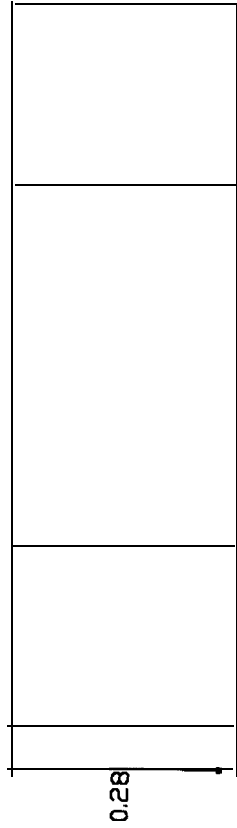
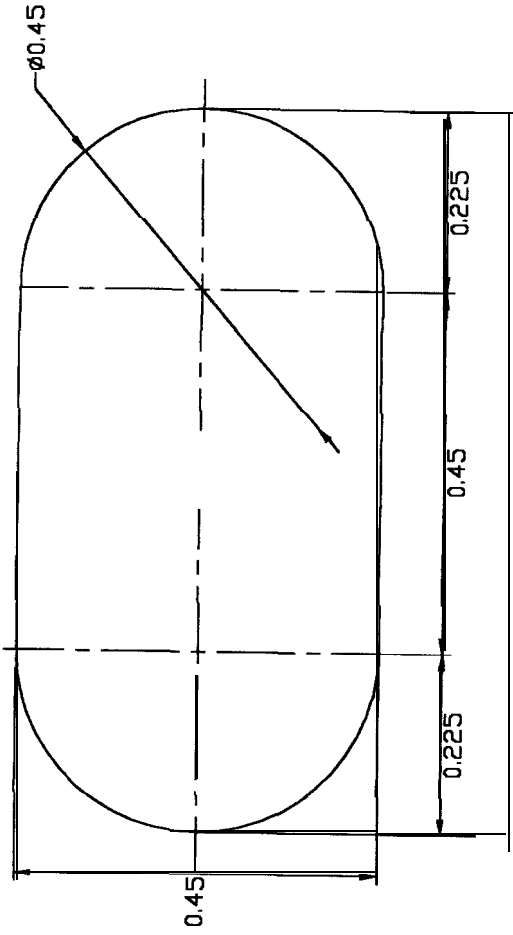
A continuación se muestran los planos de cada parte constitutiva del equipo:

Plano 2.- Superficie lateral del equipo.

Plano 3.- Canastilla.

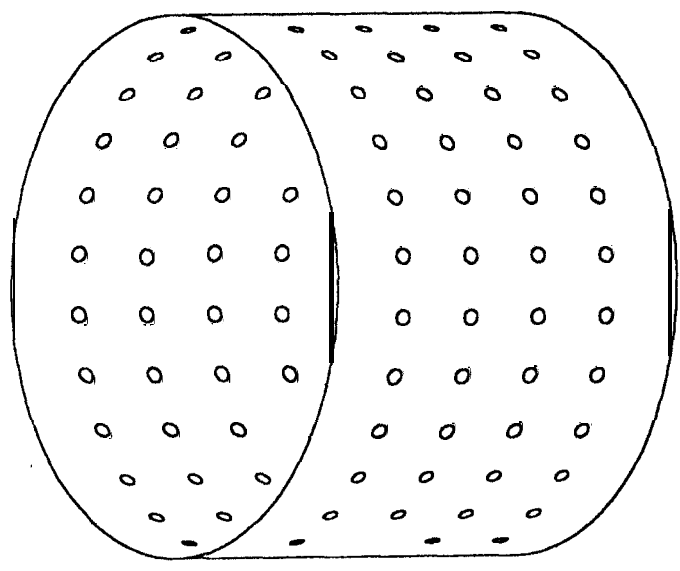
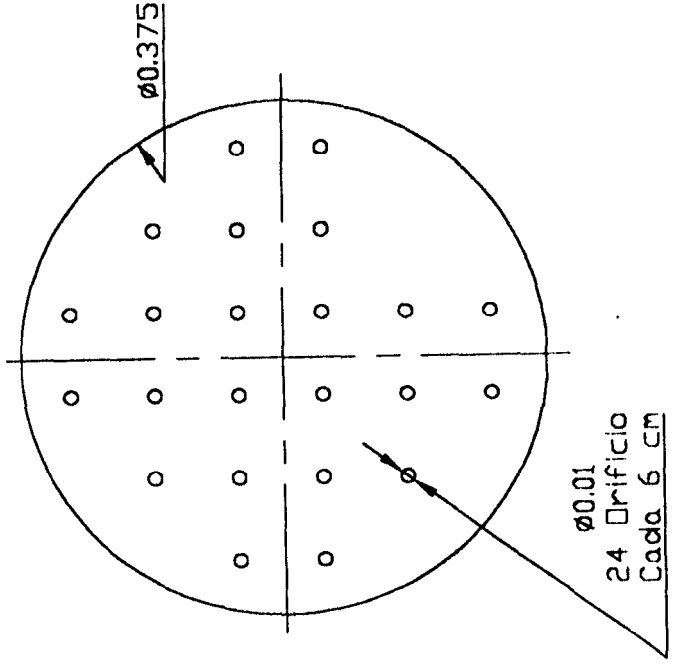
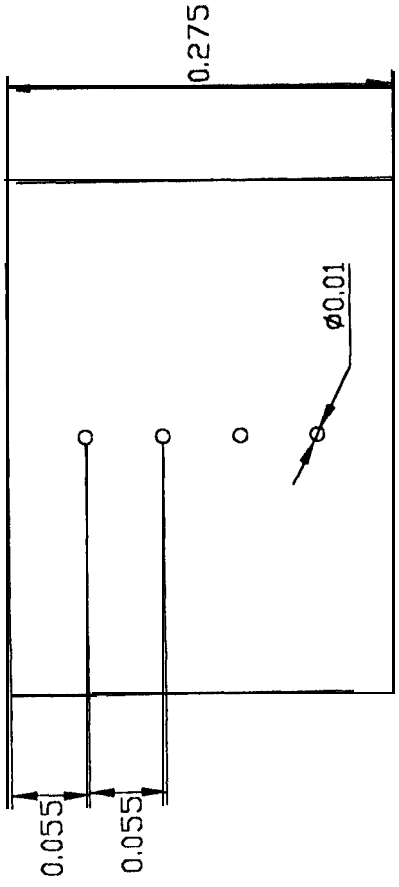
Plano 4.- Superficie superior del equipo.

Plano 5.- Aleta.



Material: Hierro Galvanizado
Espesor de la plancha: 0.75 mm

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION				ESCALA:
FECHA	NOMBRE	DENOMINACION		1 1 : 1
Dib.	F. DUQUE	SUPERFICIE LATERAL DEL EQUIPO		
Rev.	E. VILLACIS			
Apto.	E. VILLACIS			
ESPOL				PLANO No.: 002



Material: Acero Galvanizado Espesor de la
plancha: 0.6 mm

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

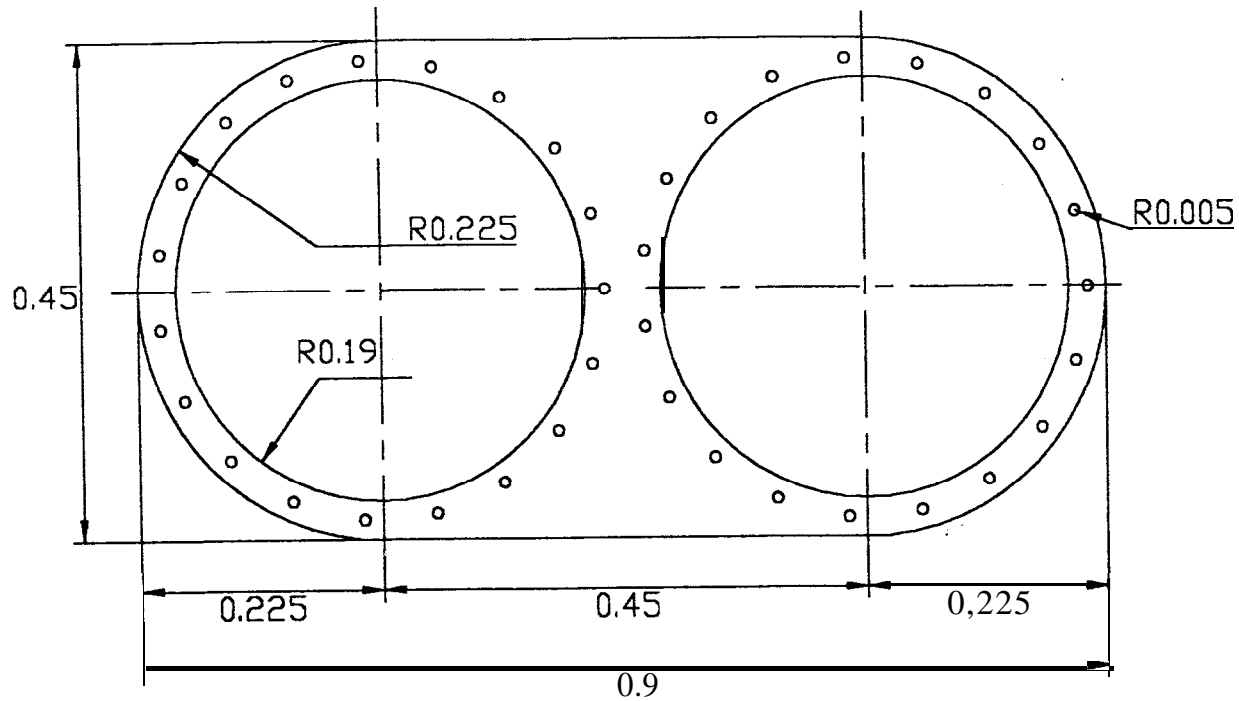
FECHA	NOMBRE	DENOMINACION	ESCALA:
09/01	F. DUQUE	CANASTILLA	19:1
Rev.	E. VILLACIS		
Aprob.	E. VILLACIS		

PLANO No.:

003

ESPOL

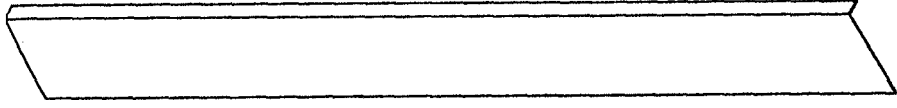
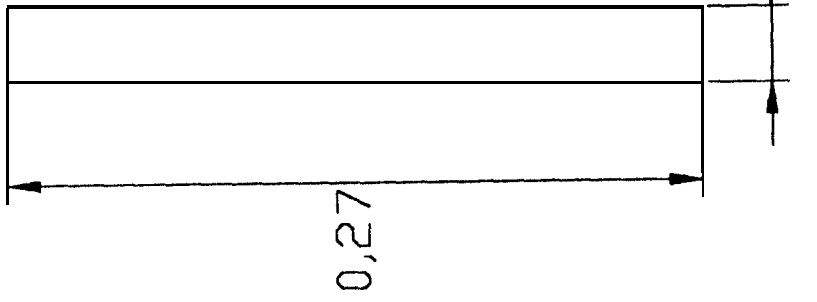
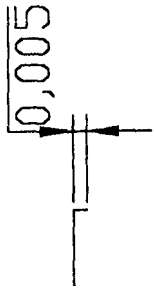




Material: Acero Galvanizado
Espesor de la plancha: 0.75 mm

FACULTAD DE **INGENIERIA ENMECANICA**
 Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION	ESCALA:
Dib.	09/01	F. DUQUE	SUPERFICIE SUPERIOR DEL EQUIPO	15:1
Rev.		E.VILLACIS		
Apro.		E.VILLACIS		
ESPOL			PLANO No.: 004	



Material: Acero Galvanizado
 Espesor de la plancha: 0.75 mm

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA
 Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

FECHA	NOMBRE	DENOMINACION	ESCALA:
Dib. 12/00	F. DUQUE	ALETA	35:1
Rev.	E. VILLACIS		
Apro.	E. VILLACIS		

PLANO No.:

ESPOL

005



CAPITULO 5

PLANIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN.

Diagrama de Gozinto.

El diagrama de Gozinto es una representación gráfica de los componentes e interrelaciones que existe entre los distintos componentes de un producto complejo.

5.1. Planillas despiece analítico.

Para la construcción del diagrama de Gozinto se parte de planillas de despiece analítico, donde se detallan todos los ítems, componentes, subconjunto y conjunto que entran en el armado de un producto dado.

Debido a la dificultad de la construcción de la siguiente generación en el equipo, es decir con aletas exteriores y en serie. Se ha decidido realizar una modificación tanto en el material, su espesor y la forma del equipo.

Cabe resaltar que estos cambios no afectan los cálculos realizados, dado que como conclusión se obtiene que el aire atrapado en el interior de la chaqueta más las aletas, son los que realmente realizan el ahorro de

combustible, y estos valores no se afectan. Dado que el diámetro mayor de la olla se mantiene y la temperatura del aire atrapado no cambia.

Utilizaremos soldadura eléctrica con electrodo 6013, que es un electrodo fino y de bajo amperaje. Para nuestro caso la planilla de despiece es:

Tabla 5.1 Planilla de despiece analítico

Item	Pieza	Designación	Cantidad / Maquina	Prove edor
1.-	E-01-00	Superficie lateral de la olla.		
2.-	E-01-01	Plancha de hierro galvanizado. Dimensión: 1.20*0.28*0.00075 m	2	
3.-	E-02-00	Superficie inferior de la olla.		
4.-	E-02-01	Plancha de hierro galvanizado. Dimensión 0.38*0.38*0.00075 m	2	
5.-	E-03-00	Aletas.		
6.-	E-03-01	Plancha de hierro galvanizado. Dimensión: 0.27*0.035*0.00075 m	38	
7.-	E-04-00	Superficie Superior del equipo.		
8.-	E-04-01	Plancha de hierro galvanizado.	1	

		Dimensión 0.90*0.45*0.00075 m		
9.-	E-05-00	Superficie lateral del equipo.		
10.-	E-05-01	Plancha de hierro galvanizado. Dimensión 2.33*0.28*0.00075 m	1	
11.-	E-06-00	Canastilla para almacenamiento de bananos		
12	E-06-0 1	Plancha de hierro galvanizado. Dimensión 1.18*0.275*0.0006 m	2	
13	E-06-02	Plancha de hierro galvanizado. Dimensión: 0.375*0.375*0.0006 m	2	

Continuación Tabla 5.1 Planilla de despiece analítico

5.2. Elaboración de diagrama de Gozinto.

Con las planillas de despiece analítico, se construyen el grafo. Este consiste en identificar cada materia prima, pieza, subconjunto y conjunto por un círculo llamado nodo, que se numera.

Los nodos se relacionan entre sí por medio de flechas, que indican precedencia, y señalan los materiales necesarios para producir una pieza determinada.

La materia prima, por ejemplo, se identifica en el nivel 1, y las piezas, en el nivel 2, para lo cual se debe confeccionar una planilla que codifique los elementos.

Las flechas que se dirigen al nivel 2, establece cual de las materias primas o elementos primarios y qué cantidad de cada uno, intervienen en la pieza hacia la cual apunta la flecha.

Nivel uno: Se dibujan los nodos que representan a aquellos elementos que entran en la fabrica como:

- Materia prima, con un numero distinto en cada caso.
- Elementos semi elaborados, tales como piezas fundidas, que sufren luego, en la fabrica, un proceso que completa su elaboración.
- Elementos elaborados, que van directamente a la línea de montaje.

Nivel dos: Los nodos representan los elementos resultantes en un proceso de fabricación a partir de materia prima (nivel uno). Pueden intervenir varias materias primas en la fabricación de un nivel dos. Éste es, entonces el nivel de piezas o elementos simples.

Nivel tres: es el nivel de los subconjuntos, formados por la unión de piezas.

Nivel cuatro: es el nivel de los conjuntos.

Nivel cinco: es el producto terminado.

Se observa que en nuestro grafo hay flechas que unen nodos de distintos niveles. Estas flechas significan una presencia. Es decir no se puede tener listo un subconjunto del nivel tres, por ejemplo, si no se han fabricados las

piezas del nivel dos; y a su vez, estas no pueden hacerse, si no se han cumplido los nodos del nivel uno (obtención de materia prima).

Hay que tener en cuenta el calcular la necesidad de materia prima en bruto; es decir, considerando los desperdicios, y no sólo el peso neto empleado para fabricar la pieza. A continuación se muestra la tabla de materia prima, material básico, trabajo de proceso, y ensamble de piezas de nuestro equipo.

Tabla 5.2 Planilla de despiece analítico para la elaboración del diagrama de Gozinto.

Item	Designación	Cantidad	Unidad
1	Plancha de hierro galvanizado. Dimensión 1.20 * 0.28 * 0.00075 m	2	U
2.-	Plancha de hierro galvanizado. Dimensión 0.27 *0.035 *0.00075 m	38	U
3.-	Plancha de hierro galvanizado. Dimensión 0.38 *0.38 *0.00075 m	2	U
4.-	Plancha de hierro galvanizado. Dimensión 0.90 *0.45 *0.00075 m	1	U
5.-	Plancha de hierro galvanizado.	1	U

	Dimensión 2.33 *0.28 *0.00075 m		
6.-	Plancha de hierro galvanizado. Dimensión 1.18*0.275*0.0006 m	2	U
7.-	Plancha de hierro galvanizado. Dimensión: 0.375*0.375*0.0006 m	2	U
8.-	Rolar superficie lateral de la olla	2	U
9.-	Doblar aleta en forma de L	38	U
10.-	Cortar círculo para base de la olla	2	U
11.-	Realizar agujeros a la superficie superior del equipo	2	U
12.-	Doblar superficie Lateral del equipo	1	U
13.-	Hacer huecos de 0.01 m de diámetro cada 0.08 m de espaciamiento a la superficie lateral de la canastilla.	112	U
14.-	Cortar círculo para base de la canastilla	2	U
15.-	Soldar superficie lateral de la olla	2	U
16.-	Hacer orificios de 0.01 m de diámetro en la superficie superior del equipo.	19	U

17.-	Soldar superficie lateral del equipo	1	U
18.-	Rolar superficie lateral de la canastilla	2	U
19	Hacer orificios de 0.01 m de diámetro cada 0.06 m de espaciamiento a la base de la canastilla.	24	U
20.-	Soldar superficie lateral de la olla con las aletas	38	U
21.-	Soldar superficie lateral de la canastilla.	2	U
22.-	Soldar circulo base de olla a la olla.	2	U
23.-	Soldar superficie lateral de la canastilla a la base de la canastilla	2	U
24.-	Soldar superficie superior del equipo con el filo de la boca de la olla.	2	U
25.-	Soldar superficie superior del equipo con la superficie lateral	1	U

Continuación Tabla 5.2 Planilla de despiece analítico

Representación grafica del diagrama de Gozinto

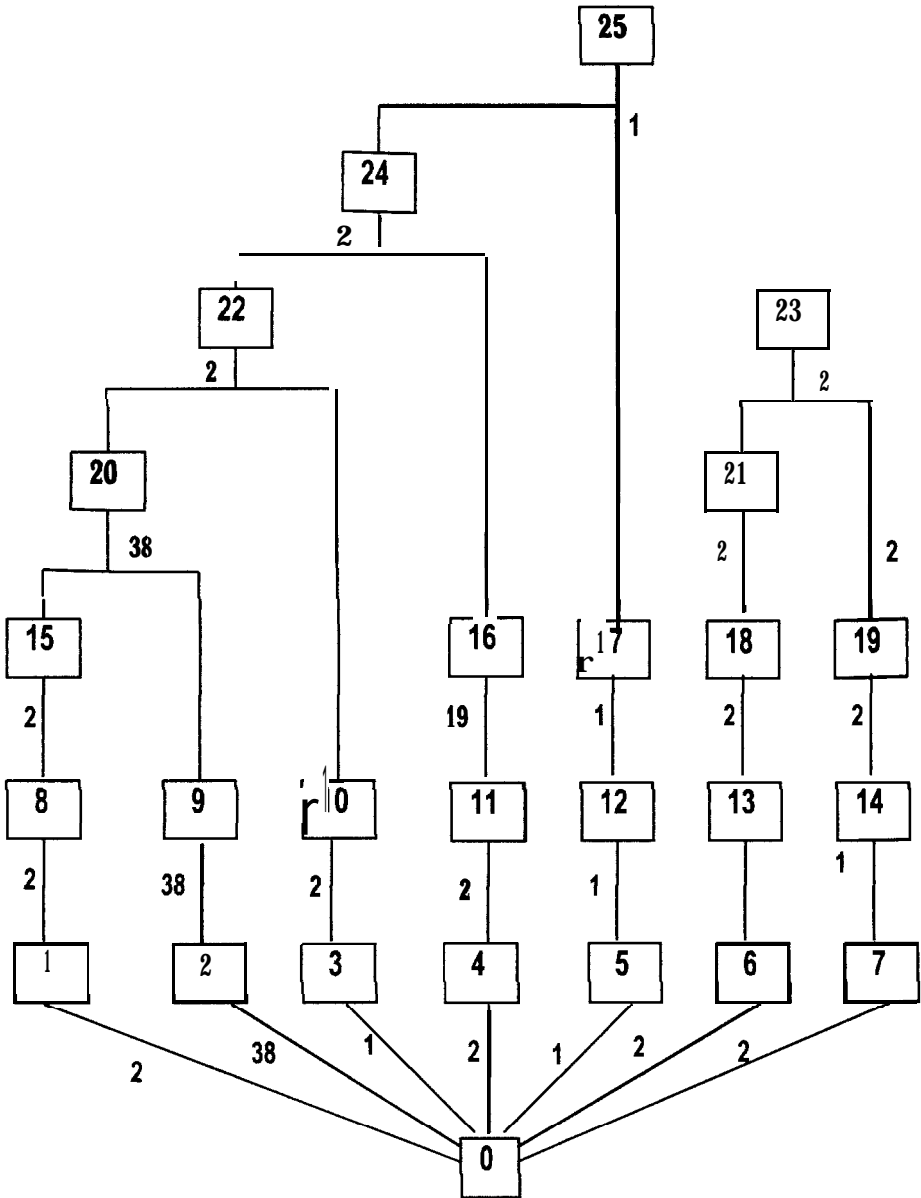


Fig 5.1 Diagrama de Gozinto aplicado a la construcción de nuestro equipo.

CAPITULO 6

ANALISIS ECONOMICO

6.1. Costo de mano de obra directa.

Para la realización de la olla, se necesitara de un soldador y un trabajador en general (obrero). El costo de la máquina se lo dará en forma general dado que el equipo es censillo de elaborar, y no requiere de mucho tiempo de trabajo.

El obrero realizara la tarea de rayar, cortar, doblar y rolar la plancha. Una ves que las piezas están listas para el ensamble, el soldador realiza la tarea de unirlas.

El tiempo estimado de fabricación de una maquina rebanadora de banano es de:

Tiempo para adquisición de material:	1 días
Tiempo para rayar, cortar, doblar y rolar:	3 días
Tiempo para soldar las piezas:	1 ½ día
Tiempo total de fabricación:	5 5/2 días

El tiempo total requerido para la fabricación del equipo es de 5 días.

Sueldos apagar

Soldador: 10 USD al día

Trabajador 6 USD al día

El costo de la mano de obra es de:

Soldador 15 USD

Ayudante 18 USD.

El costo total de mano de obra es de: 33 USD al día

6.2. Costo de materiales.

Para nuestro caso de estudio el material a usar es solo plancha de hierro galvanizado.

El costo de las planchas de hierro galvanizado de 0.75 mm de espesor es de 12 USD; y el costo de la plancha de hierro galvanizado de 0.6 mm de espesor es de 0.8 USD.

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones.

Recordando que la presente tesis lleva por titulo "Análisis Paramétrico Teórico-Experimental Del Descortezado Manual Del Banano Verde" se concluye que:

- Observando la tendencia de porcentaje de banano no exportado en los dos últimos años (1998, 1999) que a sido en aumento y viendo la difícil situación del año 2000, se considera que las perspectivas para la exportación no son tan favorables por lo que la cantidad de banano no exportado se duda mucho que disminuya y por el contrario se estima un aumento, **existiendo una gran cantidad de fruta que d s b n ser** aprovechada de alguna manera para darle un valor agregado.
- Basándome en los resultados del informe del BTS (banano trigo y **soya**), existe un gran campo de aplicación para la harina de banano el cual debe ser explotado con más investigaciones.
- Los objetivos planteados al inicio (capitulo 1), los cuales eran: fácil metodología para el **rápido descortezado del baniano verde, y encontrar** el tiempo optimo de permanencia del banano verde en un medio caliente

sin que pierda sus propiedades vitamínicas; considero que fueron cubiertos exhaustivamente.

Al tratarse de banano verde de rechazo el que se usa como materia prima para 'nuestro proceso, su forma y tamaño es irregular por lo que esto nos limita a que el pelado sea manual, además el medio caliente idóneo para trabajar a escala artesanal es el agua.

- Una manera indirecta de medir la temperatura en el interior del banano verde, es medir la temperatura en el agua; dado que el 80% del banano es agua. Esto es cierto siempre que el banano comienza a calentarse junto con el agua.
- Un 50% de la energía suministrada por el gas se pierde en el medio, lo cual se trata de reducir aprovechando el aire caliente que se pierde en el medio.
- El ahorro de energía en el proceso es una mezcla de dos efectos: el uno debido a la utilización de la chaqueta y el otro el uso de las aletas. Dado que el aporte de energía debido solo al uso de la chaqueta no es tan alto y las aletas por si sola no logran mayor efecto debido que depende de la temperatura a la que se encuentre el medio para ceder o ganar calor y con la chaqueta es que se logra la **acumulación** del aire caliente, por lo que la alta temperatura del gas es el aporta esta energía.

- Para lograr evitar perder calor por las paredes de la chaqueta se recomienda el uso de fibra de lana de vidrio de forma tal que se reduce la pérdida de calor en un 80%.
- El equipo recomendado para el trabajo consta de dos ollas ubicadas dentro de una carcasa, hechas de esta forma para facilitar el trabajo en la construcción y en el manejo durante su utilización.
- El tiempo total requerido para poder producir un quintal de harina de banano es de 2 ½ horas de trabajo del equipo.

7.2. Recomendaciones.

- Se recomienda continuar las experimentaciones, pero con otro tipo de material, como por ejemplo el aluminio; con lo cual se podría reducir el tiempo y por ende reducir el consumo de combustible.
- Realizar simulaciones de proceso completo de manera que se pueda probar con otros materiales, por lo que se debe tener en cuenta el proceso de transferencia de calor.
- Realizar simulaciones con diferente volumen de banano variándose el tamaño del recipiente.
- Realizar simulación variando la cantidad de **energía** que se entrega al recipiente.
- Se puede ampliar la meta de producción de un quintal por día a dos quintales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Tecnológica, Julio 1983 Volumen 4 Número 1. Caracterización Química – Nutricional De Harina De Banano Verde Y Sus Productos Derivados De Amplio Consumo.
2. Tecnológica, Julio 1982 Volumen 3 Número 1 (Extraordinario). Mercado Potencial De La Harina De Banano.
3. Tecnológica Noviembre 1982 Volumen 3 Número 2. Uso De Harina De Banano Verde En Panificación.
4. Frank P. Incropera y David P. DeWitt “Fundamentos de Transferencia de Calor” , Cuarta edición 1999

