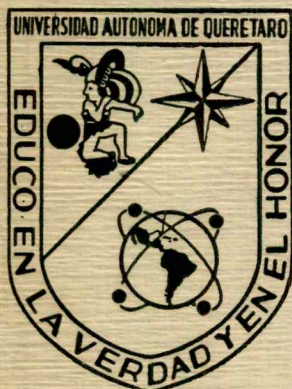


# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

## FACULTAD DE QUIMICA



PROCESAMIENTO TERMICO EN ALIMENTOS :

PENETRACION DE CALOR

### T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICO EN ALIMENTOS PRESEN-  
TA: JESUS GUERRA BECERRA.

*APortale en estado  
TESINA*

QUERETARO, 1983.

J50248



J50248

17 AL

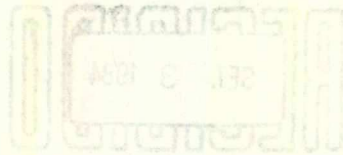
No. Adq. 150174

No. Titulo \_\_\_\_\_

Clas. TS 664.02842

6934p.

FACULTAD DE QUIMICA  
BIBLIOTECA

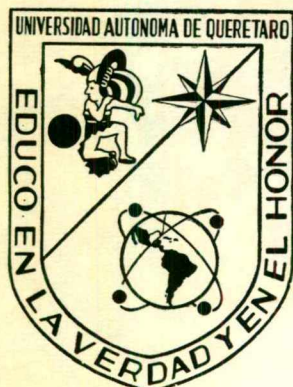


U. A. Q.

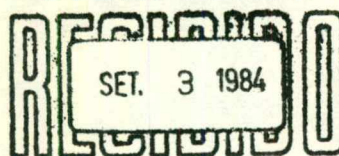


# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

FACULTAD DE QUIMICA



FACULTAD DE QUIMICA  
BIBLIOTECA



❖ U. A. Q. ❖

PROCESAMIENTO TERMICO DE UN DESAYUNO INFANTIL

(CEREAL CON PLATANO)

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICO EN ALIMENTOS PRESEN-  
TA: JESUS GUERRA BECERRA.

FACULTAD DE  
QUIMICA



BIBLOTECA

QUERETARO, 1983

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

FACULTAD DE QUIMICA.

PROCESAMIENTO TERMICO DE UN DESAYUNO  
INFANTIL.

(CEREAL CON PLATANO)

T E S I S I N A  
Que para obtener el título de  
QUIMICO EN ALIMENTOS  
P R E S E N T A  
JESUS GUERRA BECERRA.

Querétaro 1983

I N D I C E

<u>Caps.</u>	<u>Págs.</u>
Resumen .....	I
Introducción.....	II
1. Material.....	1
1.1 Para la elaboración del producto.....	1
1.2 Para el procesamiento térmico.....	1
1.3 Procesamiento .....	2
2. Resultados .....	3
2.1 Métodos usados para evaluar $F_0$ .....	4
2.1.1 Método Gráfico .....	6
2.1.2 Método Matemático.....	12
2.1.3 Método Herdon .....	16
3. Significado de literales.....	24
4. Pruebas Microbiológicas .....	26
4.1 Método para cuenta estándar .....	26
4.2 Método para grupo Coliforme .....	26
4.3 Método para determinación de esporas.....	27
5. Discusión.....	29
Conclusiones.....	31
Bibliografía .....	33

RESUMEN.

Un alimento infantil tipo papilla elaborado por la planta "Gerber" que consiste en un desayuno de "cereal con plátano", fue sometido a un tratamiento térmico en una autoclave estacionaria vertical.

Para el tratamiento térmico se determina principalmente el valor  $F_0$  mediante el método gráfico, método matemático y método de Herdon.

El  $F_0$  obtenido del promedio de los métodos utilizados fue de 3.61 min. con una desviación estándar de 0.34, el cual para darle una cierta seguridad al proceso es recomendado un  $F_0$  igual a 4.

Los análisis hechos al producto antes y después de procesado fueron únicamente bacteriológicos, el cual consistió en la determinación de esporas, grupo Coliformo y cuenta bacteriana total.

Recordando un poco la historia del procesamiento térmico, la presente era de procesamiento científico de alimentos enlatados fue precedida por una época de procesamiento que dependía, apenas, de los baños de agua hirviendo como único medio de aplicar calor a los alimentos. El período de tiempo en agua en ebullición, que se requería para prevenir el deterioro dependía del producto alimenticio y de las experiencias previas de los enlatadores. Cuando ocurría algún deterioro, lo que sucedía frecuentemente, provocaba aumentos arbitrarios en el proceso de agua hirviendo (como darle más tiempo en el agua hirviendo). El resultado de este método no científico de esterilización de alimentos enlatados fue bien expresado en una frase dicha por un enlatador "algunas veces se conservan y otras no". (N. C. A., 1973)

En 1874, el señor A. K. Shriver, un enlatador de Baltimore, Maryland, inventó la caldera cerrada o sistema de autoclave utilizando vapor a presión, para lograr el procesamiento de alimentos con altas temperaturas. Este fue el inicio de la era del procesamiento científico. (N. C. A., 1973)

Actualmente gracias a dicho invento dos son los métodos para la conservación de los alimentos por calor: La esterilización y la pasteurización. Lo que se precisa es: a) que el alimento quede exento de organismos patógenos, y b) que tenga una vida de almacenamiento aceptable.

Lo que se conoce por esterilización comercial es un proceso de calefacción diseñado para eliminar todas las esporas y microorganismos que, de estar presentes, serían capaces de crecer en el producto



alimenticio en condiciones definidas de almacenamiento. (Brennan, J. G. et. al. 1970)

La pasterurización es un proceso de tratamiento térmico diseñado para matar todos los organismos patógenos, y además a algunos microorganismos (no necesariamente a todos) que podrían deteriorar el alimento si estuvieran presentes al crecer en condiciones de almacenamiento definidas. La esterilización y la pasteurización difiere por lo tanto, en el grado en que destruyen los microorganismos viables.

La efectividad de estos procesos térmicos es afectada por las condiciones que prevalezcan en el alimento durante su conservación y almacenamiento. (Brennan, J. G. et. al. 1970)

El procesamiento para el cálculo del proceso térmico no es simple, depende del conocimiento que se tenga de un cierto número de factores, entre los que se pueden incluir la naturaleza del producto, su consistencia o tamaño de las partículas, las dimensiones del envase o lata en que serán guardados, los detalles del proceso de enlatado que se usará y, por último, aunque no menos importante, la fuente, el habitat y la resistencia al calor de las bacterias contaminantes. Dada esta información, el problema del cálculo del proceso térmico se concreta a la pregunta de por cuánto tiempo deberá ser calculada a una temperatura práctica dada, de forma tal que se destruyan aquellos organismos que causan el deterioro. (N. C. A., 1973)

Dependiendo por ahora del alimento procesado "cereal con plátano" la información obtenida especifica que los cereales aportan en promedio, 75% de carbohidratos principalmente almidón, 10 a 15% de proteínas, y 2% de grasa.

El grano de cereal consiste en 3 partes; el germen, el endospermo que lo protege, y la capa exterior de salvado.

(Krause, M. V. y Hunscher, M. A. 1975)

El germen es una de las mejores plantas de tiamina y vitamina E y contiene proteínas de alta calidad, otras - vitaminas del complejo B, grasas, minerales (especialmente hierro) y carbohidratos. El endospermo comprende con - mucho, la mayor parte del grano (85%), y está compuesto - principalmente de carbohidratos, con algo de proteínas en forma de gluten, que son cadenas de proteínas unidas en - forma transversal a través de enlaces disulfuro. Dicho gluten es un complejo proteico compuesto por dos fracciones, una prolamina, llamada gliadina y una glutelina, llamada glutenina, esta última es la responsable de las propiedades elásticas y cohesivas de la harina. El salvado o capa externa, está hecha de celulosa, vitaminas del complejo B y minerales, especialmente hierro. (Krause, M. V. y Hunscher, M. A. 1975)

Los productos de cereales aportan un promedio, 50% - de calorías para toda la población mundial. Los cereales de grano entero, los enriquecidos con vitaminas y minerales, o los restaurados con el contenido original del grano aportan cantidades importantes de hierro, tiamina, riboflavina y niacina. (Krause, M. V. y Hunscher, M. A. - 1975)

La proteína del germen es completa, pero dado que es la parte del grano que se descompone en primer término, - es necesario eliminarlo en el refinamiento. La proteína del endospermo no tiene la misma calidad que la del germen, pero contribuye de modo importante a cubrir la ración diaria necesaria de proteínas. (Krause, M. V. y Hunscher, M. A. 1975)

Cuando son agregados para consumirlos en el desayuno como lo es en este caso, las proteínas del endosperma complementan los aminoácidos de las proteínas lácteas, y de-

ese modo constituyen fuentes importantes y económicas de proteína. (Krause, M. V. y Hunscher, M. A. 1975)

La concentración de vitaminas y minerales de los productos de cereales depende de la cantidad del germen, endospermo, y salvado que incluyen. (Krause, M. V. y Hunscher, M. A. 1975)

Las harinas enriquecidas y restauradas incluyen las vitaminas y minerales eliminados durante la molienda, estos, tiamina, riboflavina y niacina como es el caso. A continuación se presenta un cuadro de los niveles máximos y mínimos de enriquecimiento de las harinas. (Krause, M. V. y Hunscher, M. A. 1975)

Ingredientes necesarios por 1/2 Kg. de harina:

	Mínimo	Máximo
Tiamina	2.0 mg.	2.5 mg.
Riboflavina	1.2 mg.	1.5 mg.
Niacina	16.0 mg.	20.0 mg.
Hierro	13.0 mg.	16.5 mg.

Los cereales se digieren fácilmente y con rapidez, por lo que son alimentos importantes en las dietas del sujeto normal y del enfermo.

Los cereales se cocinan para ablandar las fibras del grano y romper los gránulos del almidón, lo que facilita la digestión de los carbohidratos y mejorar su sabor y aspecto. (Krause, M. V. y Hunscher, M. A. 1975)

Pasando a la fruta utilizada "plátano" son fuentes de carbohidratos, principalmente monosacáridos, glucosa y fructuosa. Contribuyen con vitaminas, minerales, celulosa hemicelulosa y agua en cantidades variables. (Krause, M. V. y Hunscher, M. A. 1975). También son fuentes de ácido málico y cítrico con algo de succínico, la ceniza es relativamente rica en potasio, magnesio, sodio y fósforo, cobre, yodo, zinc y cobalto. Es esencialmente un alimento azucarado y fácil de digerir. Se ha estimado de un 54 a -

80%, la cantidad de almidón en la fruta madura; para la - fruta no madura contiene más almidón y menos azúcares. Es una de las frutas más fáciles de asimilar y, en los últimos 30 años, se le ha usado generalmente como un elemento de nutrición de las personas afectadas por diversos - transtornos intestinales. El más espectacular de éstos es quizás, la enfermedad celiaca en los niños que se manifiesta como una intolerancia a los carbohidratos, sin embargo esos mismos niños digieren satisfactoriamente los plátanos, y se dice que una dieta de plátanos maduros ha salvado en múltiples ocasiones la vida de niños seriamente afectados. (Krause, M. V. y Hunscher, M. A. 1975).

Un plátano bien almacenado y bien maduro posee una - carne suave pero no glutinosa, un plano de ruptura limpio y ligeramente pastoso, un aroma fuerte pero agradable, y - un sabor dulce y algo ácido, pero en absoluto astringente. En la fruta pasmada, la hidrólisis de la fécula se efectúa con tal lentitud que la fruta carece de dulzura hasta alcanzar un grado de madurez muy avanzado; el contenido de - glucósidos, acidez y tanino es alto, por lo que el sabor, además de ser dulce, es ácido y astringente y la fruta -- tiene un plano de ruptura mojado. (Krause, M. V. y Huns - cher, M. A. 1975). En el proceso de cocción, la fruta ver - de pierde su astringencia.

Pasando al principal carbohidrato proporcionado por el cereal en este caso el almidón la información obtenida es: químicamente el almidón, es una mezcla de dos polisacáridos muy similares: Amilosa y Amilopectina. (Badi, D. S. 1981)

El gránulo de almidón en presencia de agua fría, se hincha y aumenta ligeramente de tamaño. Cuando las suspensiones de almidón se calientan a temperaturas de más de - 50 - 55°C, los puentes de hidrógeno intermoleculares de - las zonas amorfas se rompen y continúan la absorción de -

una mayor cantidad de agua, en un fenómeno conocido como gelatinización. (Badui, D. S. 1981)

A medida que se incrementa la temperatura aumenta - el agua absorbida y parte de las moléculas de amilosa de bajo peso molecular se disuelven y difunden fuera del grá nulo, mientras que las cadenas de mayor tamaño permanecen en él impidiendo que exista más solubilidad de las de bajo peso molecular. (Badui, D. S. 1981)

La temperatura a la que se pierde la birrefringencia y se produce el máximo hinchamiento de los gránulos de al midón se llama temperatura de gelatinización, y a esta - temperatura existe un alto grado de absorción de agua que hace que las dispersiones de este polímero alcancen grandes viscosidades. A medida que continúa este proceso, los gránulos se rompen y aparecen moléculas libres hidratadas de amilosa y amilopectina, y la viscosidad de la pasta se reduce hasta alcanzar un cierto valor en lo que se estabi liza. (Badui, D. S. 1981)

La solubilización y la destrucción total del gránulo sólo se consigue cuando se le somete a temperatura de autoclave, el resultado de este proceso es la formación de una pasta en la que existen moléculas de amilosa hidrata - das, de bajo peso molecular, que rodean los agregados hi dratados que resultan del rompimiento del gránulo, como - lo es en este caso. Estos últimos están formados básicamen te por cadenas de amilopectinas y de amilosa de alto peso molecular. La cantidad de agua absorbida por los almidones varía entre los diferentes tipos, pero podemos considerar que se encuentran entre 40 y 55 gr. de agua por cada 100- grs. de almidón. (Badui, D. S. 1981)

El almidón influye definitivamente en las propieda - des organolépticas de muchos alimentos y está supeditado a las interacciones que tenga con los otros componentes - que se encuentran presentes. La facilidad de este carbohi

drato para interaccionar, no sólo está determinado por la fuente botánica a la que pertenezca, sino también a la relación que tenga con respecto a cada sustancia que lo rodee. Las modificaciones que sufre un almidón en su temperatura y velocidad de gelatinización cuando está presente en un alimento, son reflejo de la influencia de los diferentes constituyentes del medio en que se encuentran. ( - Badui, D. S. 1981)

A continuación se hablará de las vitaminas adicionales al producto y su función de ellas, ya que son parcialmente destruidas en la molienda. (Krause, M. V. y Hunscher M. A. 1975)

Niacina: es un polvo blanco, estable en estado seco; resiste notablemente la acción del calor, luz, aire, ácidos y álcalis. La función de la niacina o ácido nicotínico en el organismo son componentes de las coenzimas dinucleótido de nicotinamina-adenina fosfato (NADP), conocido como nucleótido de piridina. Estas coenzimas intervienen en la glucólisis, respiración tisular y síntesis de grasas.- (Krause, M. V. y Hunscher, M. A 1975) Sirven como aceptores de hidrógeno a medida que son eliminados de los substratos alimenticios por los muchos diferentes tipos de - deshidrogenasas que son indispensables en las reacciones de oxidación y reducción para liberar energía de los carbohidratos, grasas y proteínas. (Krause, M. V. y Hunscher M. A. 1975)

Continuando con las vitaminas agregadas tenemos por ahora la riboflavina, la cual se ha sintetizado, y en estado puro, se presenta en forma de cristales amarillos. - Es estable al calor, a la oxidación y a los ácidos; es - muy poco soluble en agua, pero se desintegra en presencia de álcalis o luz, especialmente rayos ultravioleta. Por - su estabilidad térmica y su poca solubilidad en agua se - pierde poco en la cocción y elaboración de alimentos. ( -

Krause, M. V. y Hunscher, M. A. 1975)

La riboflavina se combina en los tejidos con ácido - fosfórico para formar una parte de la estructura de dos - coenzimas flavínicas, mononucleótido de flavin (FMN) y di nucleótido de adenina-flavin FAD. Estas coenzimas son el - grupo prostético de las enzimas flavoproteínicas que cata lizan las reacciones de oxidorreducción en las células - como portadores de hidrógeno en el sistema de transporte - de electrones de las mitocondrias. (Krause, M. V. y Huns - cher, M. A. 1975) Estas coenzimas son deshidrogenasas que catalizan la primera etapa en la oxidación de varios in - termedios en el metabolismo de la glucosa y de los ácidos grasos. También son activos en la desaminación oxidativa - de los aminoácidos. La riboflavina es especial para el - crecimiento, también interviene en el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas. (Krause, M. V. y Huns - cher, M. A. 1975)

A continuación se proporciona una tabla de análisis - general de cada 100 grs. de alimento para lactante.

Cereal con	No. de Prod.	Calorías	Agua	Proteína
fruta	uno	69	82.9	0.3
Grasa	Carbohidratos	Fibra	Ceniza	
0.6	15.7	0.2	0.3	
Calcio	Fósforo	Potasio	Sodio	Hierro
8 mg	12 mg	10 mg	12 mg	0.2 mg
Tiamina	Riboflavina	Niacina	Vit. C	
187 g	448 g	3.0 mg	20 mg.	
Vitamina A (U.I.)				

2

Los cereales con fruto proporcionan poco calcio, no agregan hierro a los cereales con fruta vendidos por la - planta gerber. (Fomon, S. J. 1976).

Ahora dependiendo del requerimiento diario infantil tenemos:

Calorías	Proteína	Vit. A	Tiamina	Riboflavina
1300	32 mg.	200	0.5 mg	0.8 mg.
Niacina	Ac. Ascórbico	Sodio	Cloruro	Calcio
9 mg.	40 mg,	8 meq.	9 meq.	400 meq.
Fósforo	Magnesio	Potasio.		
150 meq.	22 meq.	7 meq.		

(Fomon, S. J. 1976)

Dependiendo de los requerimientos diarios para un - infante se puede decir que dicho alimento ayuda en gran parte a la dieta del infante.

Ya concluido el curso de procesamiento térmico en - alimentos se tendrán los suficientes conocimientos para resolver un problema de esterilización comercial de cual quier producto alimenticio.

Se elaborará un alimento y se le dará el procesamien to indicado y después se llegará a la determinación del - valor  $F_0$  que le corresponde, así como también un análisis microbiológico antes y después de procesarlo.



1. M A T E R I A L.

1.1 Para la elaboración del producto.

Plátanos.

Harina de Avena.

Azúcar.

Sal.

Agua.

Envase de vidrio (cap. 130 gr.).

Tapa del envase.

1.2 Para el procesamiento térmico.

Autoclave estacionaria vertical.

Termopares tipo Ecklund sin salientes.

Registrador de temperatura.

Graficador.

Termómetro de mercurio.

Cronómetro.

Perforador.

### 1.3 PROCESAMIENTO.

El alimento utilizado para este procesamiento fue e laborado por la planta Gerber el cual consiste en un desayuno infantil "cereal con plátano".

Dicho alimento contenía de acuerdo a la etiqueta los siguientes ingredientes:

Plátano.  
Harina de avena.  
Azúcar.  
Fécula de maíz.  
Tapioca.  
Sal yodatada.  
Agua.  
Niacina.  
Riboflavina.

No se especifica las cantidades o porcentajes de ca da ingrediente, todo esto se debe a la política de la - planta Gerber, ya que es fórmula de uno de sus productos.

Pasando al procesamiento, primeramente el alimento - fue calentado e introducido en el envase de vidrio, y - que a su vez la tapa fue perforada para instalar el termopar, para continuar con el cerrado del envase.

Este producto fue sometido a tratamiento térmico en una autoclave estacionaria vertical, durante un tiempo - de 53 min. teniendo como temperatura base 250°F. En - todo este procesamiento se obtuvo una serie de datos de - temperatura y tiempo.

Obtenida la serie de datos se paso a la determina - ción del valor Fo, como también a la determinación microbiológica del producto procesado.

## 2.- R E S U L T A D O S.

A continuación se muestran los datos obtenidos a partir del procesamiento, de tiempo-temperatura, usando un autoclave vertical estacionaria comercial, destinada al procesamiento térmico de envases de vidrio.

Se colocaron dos envases de vidrio con capacidad de 130 grs., equipados cada uno con su correspondiente termopar tipo Ecklund a través de la tapa.

La temperatura promedio del vapor de agua, fue de 250°F, con un tiempo de levantamiento "A" de 7.25 minutos, cortando el suministro de vapor a los 48 minutos de iniciado el proceso.

Para este procesamiento se usó el agua de enfriamiento a una temperatura de 79°F. Teniendo una duración dicho procesamiento de "Bb" 53 minutos.

## 2.1 Métodos usados para evaluar $F_0$ .

Para la determinación del valor  $F_0$  en el procesamiento térmico efectuado, se utilizaron los siguientes métodos:

2.1.1 Método Gráfico.

2.1.2 Método Matemático.

2.1.3 Método Herdon.

Valores obtenidos a partir de la  
gráfica.

Tpo. min.	Temp. °F	Tpo. min	Temp. °F
0	147.00	58	231.32
2	147.20	60	229.60
4	149.00	62	227.70
6	151.34	64	226.15
8	155.30	66	224.57
10	162.14	68	223.01
12	169.70	70	221.26
14	178.70	72	219.29
16	186.98	74	217.17
18	195.08	76	215.43
20	201.20	78	212.88
22	206.78	80	208.05
24	212.72	82	201.20
26	216.68	84	194.36
28	219.20	86	185.90
30	222.08	88	-----
32	225.50	90	168.98
34	227.30	92	161.06
36	230.00	94	154.40
38	231.08	96	146.30
40	231.80	98	140.10
42	232.24	100	133.88
44	232.52	102	128.30
46	233.42	104	123.80
48	235.04'''	106	119.48
50	235.40	108	115.52
52	235.40	110	112.28
54	234.32	112	109.22
56	232.91	114	106.70

'''Cerrado del va-  
por.

2.1.1. Método Gráfico

Tpo.	Temp. (°F)	L. (1/min)
0	147.00	1.8957 X10 <sup>-6</sup>
2	147.20	1.9448 X10 <sup>-6</sup>
4	149.00	2.4484 X10 <sup>-6</sup>
6	151.34	3.3028 X10 <sup>-6</sup>
8	155.30	5.4813 X10 <sup>-6</sup>
10	162.14	1.3148 X10 <sup>-5</sup>
12	169.70	3.4585 X10 <sup>-5</sup>
14	178.70	1.0936 X10 <sup>-4</sup>
16	186.98	3.1541 X10 <sup>-4</sup>
18	195.08	8.8897 X10 <sup>-4</sup>
20	201.20	1.9448 X10 <sup>-3</sup>
22	206.78	3.9708 X10 <sup>-3</sup>
24	212.72	8.4896 X10 <sup>-3</sup>
26	216.68	0.014089
28	219.20	0.019448
30	222.08	0.028110
32	225.50	0.043540
34	227.30	0.054810
36	230.00	0.077430
38	231.08	0.088890
40	231.80	0.097470
42	232.24	0.103100
44	232.52	0.106800

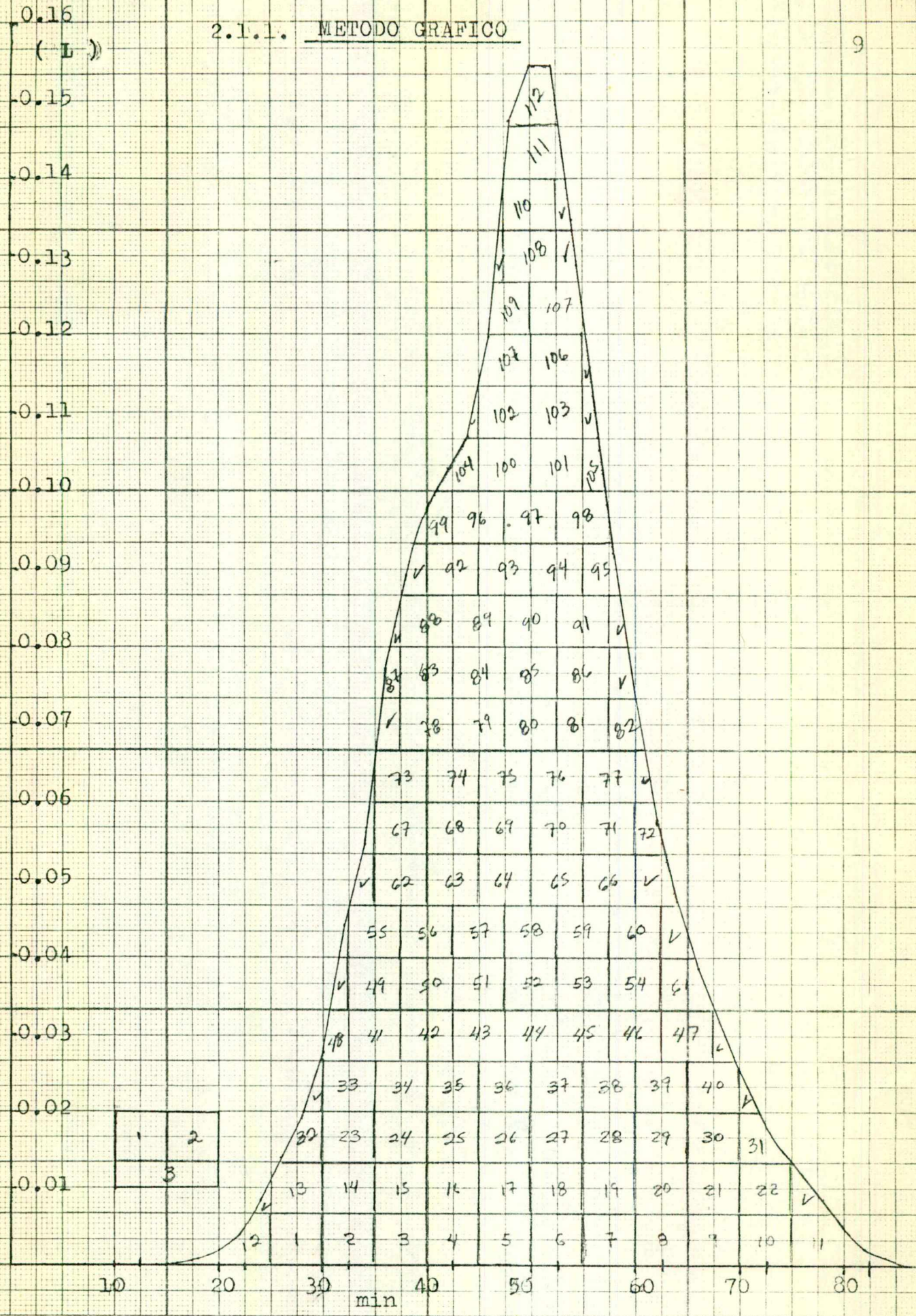
Tpo.	Temp. ( <sup>o</sup> F)	L. ( l/min).	
46	233.42	0.119900	
48	235.04	0.147500	Cerrado del vapor.
50	235.40	0.154400	
52	235.40	0.154400	
54	234.32	0.134600	
56	232.91	0.112300	
58	231.32	0.091660	
60	229.60	0.073300	
62	227.70	0.057660	
64	226.15	0.047733	
66	224.57	0.038670	
68	223.01	0.031670	
70	221.26	0.025300	
72	219.29	0.019670	
74	217.17	0.015000	
76	215.43	0.012000	
78	212.88	0.008670	
80	208.05	0.004670	
82	201.20	1.9448 X10 <sup>-3</sup>	
84	194.36	8.1075 X10 <sup>-4</sup>	
86	185.90	2.7471 X10 <sup>-4</sup>	
88	-----	-----	
90	168.98	3.1541 X10 <sup>-5</sup>	

Tpo.	Temp. (°F)	L. (l/min)
92	161.06	1.1452 $\times 10^{-5}$
94	154.40	4.8852 $\times 10^{-6}$
96	146.30	1.7333 $\times 10^{-6}$
98	140.10	7.8423 $\times 10^{-7}$
100	133.88	3.5390 $\times 10^{-7}$
102	128.30	1.7333 $\times 10^{-7}$
104	123.80	9.7474 $\times 10^{-8}$
106	119.48	5.6090 $\times 10^{-8}$
108	115.52	3.3797 $\times 10^{-8}$
110	112.28	2.2330 $\times 10^{-8}$
112	109.22	1.5096 $\times 10^{-8}$
114	106.70	1.0936 $\times 10^{-8}$

$$L = \text{Tiempo letal} = \frac{1}{\text{antilog} \frac{250 - T}{18}}$$



2.1.1. METODO GRAFICO



2.1.1. Método Gráfico.Determinación de Fo .

(Stumbo, C. R. 1973)

2.1.1.1. Mediante el No. de cuadros bajo la curva.

No. de cuadros = 112.

$$Fo = \frac{0.01 (10) 112}{3} = \underline{3.733 \text{ min.}}$$

2.1.1.2. Mediante el peso de un área conocida.

Peso de la gráfica 0.8745 gr.

Peso del área (80 cuadros) 0.6291 gr.

Por lo tanto:

$$Fo = \frac{0.8745 (80) 0.01 (10)}{0.6291 (3)} = \underline{3.7068 \text{ min.}}$$

2.1.1.3. Cálculo de Area

Aproximación Simpson's (datos discretos).

Realizada en una Calculadora Texas Instruments  
TI 58 C.

Procedimiento:	Colocar	Teclas.
1.- Selección del programa		2nd Pgm 10
2.- Colocar n (n= 2, 4, 6,... igual número de divisiones siendo este par en el eje- del tiempo).....	n	A
3.- Colocar h (h = $\frac{X_n - X_0}{n}$ )..	h	B
4.- Meter los valores de la -- función a partir de fo ( - que corresponde a los valo res de L).	0 fo f1 . . fn	C R/S R/S . . R/S
Area bajo la curva .....		D

$$A = n = 14 \quad B = h = 1 \quad C = 0$$

fo = 0.05	1	18.50	9
0.27	2	11.0	10
1.65	3	6.5	11
4.17	4	3.85	12
9.55	5	2.70	13
14.65	6	0.10	14
17.00	7		
23.15	8		

$$D = \text{No. de cuadros} = 113.54$$

$$F_0 = \frac{0.1 (10) 113.54}{3}$$

$$F_0 = \underline{3.785 \text{ min.}}$$

2.1.2. Método Matemático.

Curva de Calentamiento Quebrada.

(Stumbo, C. R. 1973)

Para valores tabulados y significado de literales  
ver tablas al final del problema.

$$j = \frac{Tr - Tc}{Tr - TI} = \frac{250 - 127}{250 - 147} = 1.1942$$

$$fh = 40$$

$$f_2 = 96.61$$

$$Xbh = 34.9 - 4.35 = 30.55$$

$$Bb = 53 \text{ Min.}$$

$$Tr = 250^\circ\text{F}$$

$$TI = 147^\circ\text{F}$$

$$I = Tr - TI = 250 - 147 = 103^\circ\text{F}$$

$$j.I = 1.1942 (103) = 123.0026$$

$$\text{Log } j.I = \text{log } 123.0026 = 2.0899$$

$$Xbh/fh = 30.55/40 = 0.7638$$

$$\text{Log } gbh = \text{log } j.I - Xbh/fh = 2.0899 - 0.7638 =$$

$$\text{Log } gbh = 1.3261$$

$$fh/Ubh = (\text{usando la tabla No 3 log } gbh) = 74.0667$$

$$rbh (\text{de la tabla No 5 usando log } gbh) = 0.6026$$

$$fh (\text{log } j.I) = 40 (2.0899) = 83.596$$

$$(f_2 - fh) = 96.61 - 40 = 56.61$$

$$(f_2 - fh) \text{ log } gbh = 56.61 (1.3261) = 75.0705$$

$$\text{log } gh_2 = \frac{fh (\text{log } j.I) + (f_2 - fh) \text{ log } gbh - Bb}{f_2}$$

$$\log gh_2 = \frac{83.596 + 75.0705 - 53}{96.61} = 1.0937$$

$$0.07 (1 - fc/f_2) = 0.07 (1 - 42.53/96.61) = 0.0392$$

$$\log gh_2 \text{ corregido} = \log gh_2 + 0.07 (1 - fc/f_2) =$$

$$\log gh_2 \text{ corregido} = 1.0937 + 0.0392 = 1.1329$$

$$fh/Uh_2 \text{ (del valor anterior)} = 22.2375$$

$$Fi = \text{antilog } \frac{250 - Tr}{18} = \text{antilog } \frac{250 - 250}{18} = 1$$

$$\frac{f_2}{(fh/Uh_2) Fi} = \frac{96.61}{22.2375 (1)} = 4.3445$$

$$\frac{rbh (f_2 - fh)}{Fi (fh/Ubh)} = \frac{0.6020 (56.61)}{1 (74.0667)} = 0.4606$$

$$Fo = \frac{f_2}{(fh/Uh_2) Fi} - \frac{rbh (f_2 - fh)}{Fi (fh/Ubh)} =$$

$$Fo = 4.3445 - 0.4606 = \underline{3.8839} \text{ min.}$$

Curva de Calentamiento

Método Matemático.

T<sub>a</sub> (°F)

248

247

246

244

242

240

230

220

210

200

180

160

150

127

50

$x_{bh} = 30.55$

$f_n = 40$

$f_{n_2} = 96.61$

4.35

10

20

30

40

50

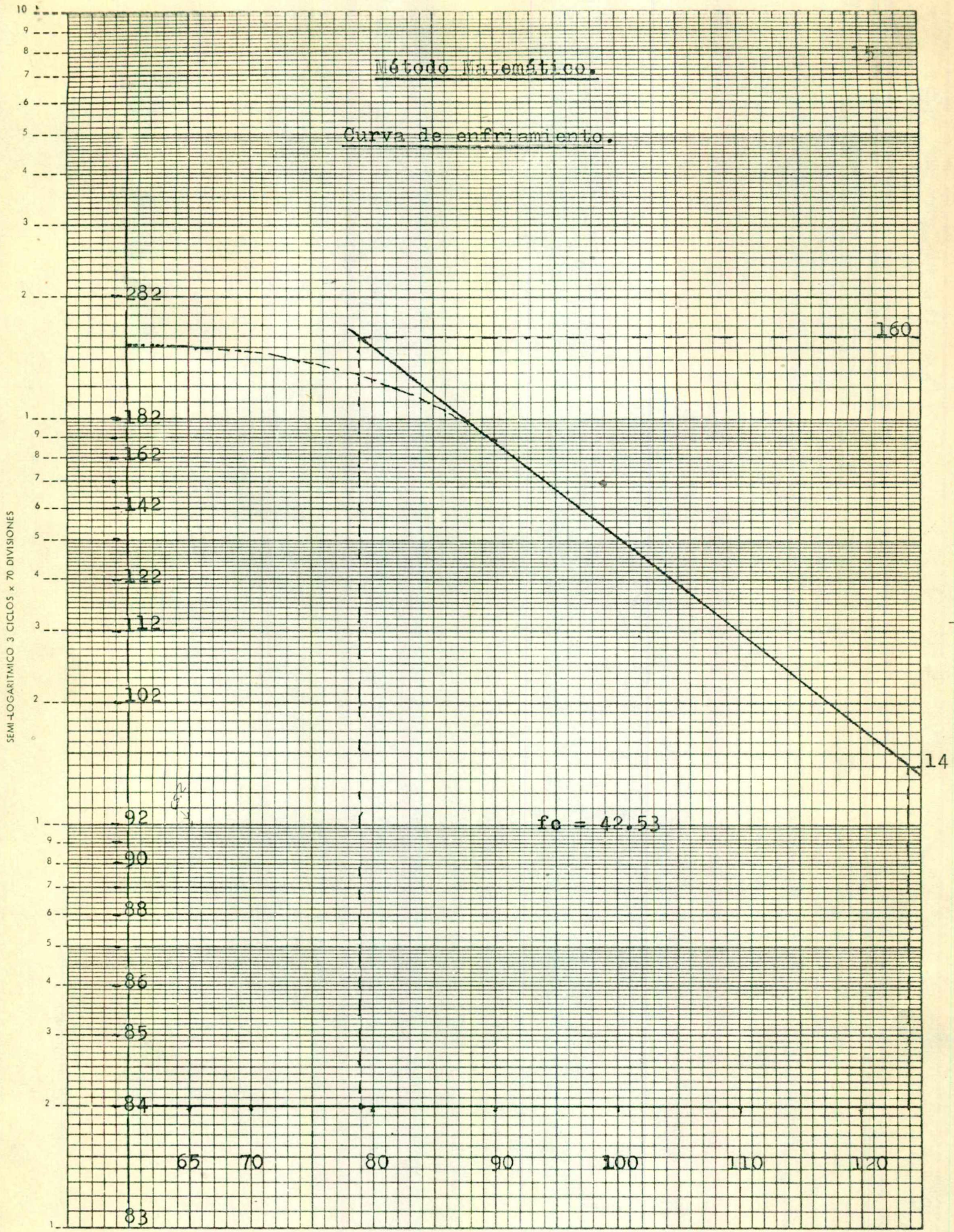
60

tpo. (min).

SEMI-LOGARITMICO 3 CICLOS x 70 DIVISIONES

Método Matemático.

Curva de enfriamiento.



### 2.1.3. Método Herdon.

(Herdon, D. H. y Ball, C. O. 1971)

$$T_b = 250^{\circ}\text{F}$$

$$j = 1.1942$$

$$f_h = 40 \text{ min.}$$

$$T_r = 250^{\circ}\text{F}$$

$$f_2 = 96.61 \text{ min}$$

$$A = 7.25$$

$$f_c = 42.53 \text{ min.}$$

$$t_g = B_b = 53 \text{ min.}$$

$$T_x = 229,2^{\circ}\text{F}$$

$$Z = 18$$

$$T_I = 147^{\circ}\text{F}$$

#### Procedimiento.

Si  $T_b = T_r$  por lo tanto  $L = 1$

$$I_{x_1} = T_b - T_x = 250 - 229.2 = 20.8$$

Pasando a la tabla No 1 tenemos:

I	t'	F' (Z= 18)
20	0.709	0.0108
21	0.688	0.0091

$$t'_{x_1} = 0.6922 \quad F'_{x_1} = 0.00944$$

$$t'_1 = t_{x_1} - t_{x_0} = 0.6922 - 0 = 0.6922$$

$$F'_1 = F_{x_1} - F_{x_2} = 0.00944 - 0 = 0.00944$$

$$F = F' (f) L = 0.00944 (40) 1 = 0.3776$$



$$t_1 = f_1 ( t_1' + \log j + \log (T_r - T_I) ) + 0.58 A$$

$$t_1 = 40 (0.6922 + \log 1.1942 + \log(250 - 147)) + \dots$$

$$\dots 0.58 ( 7.25 ) = 35.4896$$

$$t_2 = t_g - t_1 = 53 - 35.4896 = 17.5104$$

$$t_2' = t_2 / f_2 = 17.5104 / 96.61 = 0.18125$$

$$t'x_2 = t_2' + tx_1 = 0.18125 + 0.6922 = 0.87345$$

De la tabla de Herdon tenemos:

I	$t'$	$F'(z=18)$
13	0.903	0.0374
14	0.869	0.0311

$$Ix_2 = 13.8691 \quad Fx_2 = 0.0319$$

$$F_2' = Fx_2 - Fx_1 = 0.0319 - 0.00944 = 0.02246$$

$$t_g = T_b - Ix_2 = 250 - 13.8691 = 236.1309$$

$$F_2 = F_2' (f_2) L = 0.02246 (96.61) 1 = 2.1698$$

$$F'x_2 = 2.1698 + 0.3776 = 2.5474$$

Calculo de  $F_c$ .

$$I_{lc} = T_b - T_{co} = 250 - 234.32 = 15.68$$

$$I_{co} = T_{co} - T_w = 234.32 - 79 = 155.32$$

Pasando a la tabla Herdon de enfriamiento:

j	(150) $F_c$	(160)	
1.1	0.0562	0.05374	
1.2	0.0709	0.06800	$F_c = 0.0685181$

Para calcular el valor de L en este caso tenemos:

Tabla No. 2

I	L
15	0.146779
16	0.129154

Tomando el  $I_{lc} = 15.68$  tenemos que  $L = 0.134794$

$$F_c = f_c(L_c) F'_c = 42.53 (0.134794) 0.0685181$$

$$F_c = 0.3927998$$

Por lo cual los  $F_o$  totales son:

$$F_{o_t} = 2.5474 + 0.3927998 = \underline{2.9402 \text{ min.}}$$

	r=22	r=18	r=16	r=10	r=10	r=10	r=16	r=18	r=22	r=10	r=16	r=18	r=22
700	2.140	.6129	.7929	.8195	.8200	1.531	.1690	.2882	.3725	.3845	1.100	.3770	.0755
710	2.153	.6077	.7873	.8138	3.200	1.516	.1617	.2788	.3127	.2760	1.095	.2760	.0738
720	2.167	.6025	.7817	.8082	3.200	1.502	.1549	.2698	.3032	.2638	1.089	.2638	.0721
730	2.181	.5974	.7763	.8028	3.300	1.489	.1484	.2613	.2942	.2541	1.084	.2541	.0705
740	2.195	.5923	.7709	.7974	3.400	1.476	.1422	.2531	.2856	.2486	1.079	.2486	.0687
750	2.209	.5874	.7657	.7924	3.500	1.463	.1364	.2453	.2773	.2438	1.074	.2438	.0671
760	2.224	.5825	.7605	.7874	3.600	1.450	.1308	.2378	.2694	.2372	1.069	.2372	.0655
770	2.238	.5777	.7553	.7826	3.700	1.438	.1256	.2308	.2618	.2297	1.064	.2297	.0640
780	2.253	.5730	.7503	.7776	3.800	1.427	.1206	.2237	.2545	.2220	1.059	.2220	.0625
790	2.267	.5683	.7453	.7726	3.900	1.415	.1158	.2171	.2474	.2146	1.054	.2146	.0610
800	2.281	.5638	.7404	.7676	4.000	1.404	.1113	.2107	.2407	.2079	1.049	.2079	.0595
810	2.295	.5592	.7356	.7628	4.100	1.393	.1069	.2046	.2342	.2014	1.044	.2014	.0580
820	2.309	.5548	.7308	.7580	4.200	1.383	.1028	.1987	.2279	.1949	1.039	.1949	.0565
830	2.323	.5504	.7261	.7532	4.300	1.372	.0989	.1931	.2219	.1888	1.034	.1888	.0550
840	2.338	.5461	.7214	.7484	4.400	1.362	.0951	.1876	.2160	.1836	1.030	.1836	.0535
850	2.352	.5418	.7169	.7436	4.500	1.352	.0916	.1824	.2104	.1783	1.025	.1783	.0520
860	2.367	.5376	.7123	.7388	4.600	1.343	.0881	.1773	.2050	.1731	1.021	.1731	.0505
870	2.381	.5335	.7079	.7340	4.700	1.333	.0849	.1725	.1997	.1680	1.016	.1680	.0490
880	2.395	.5294	.7033	.7292	4.800	1.324	.0817	.1678	.1947	.1630	1.012	.1630	.0475
890	2.409	.5254	.6991	.7244	4.900	1.315	.0787	.1632	.1898	.1580	1.007	.1580	.0460
900	2.423	.5214	.6948	.7196	5.000	1.306	.0759	.1589	.1850	.1532	1.003	.1532	.0445
910	2.437	.5175	.6906	.7148	5.100	1.297	.0731	.1546	.1805	.1484	1.000	.1484	.0430
920	2.451	.5136	.6864	.7100	5.200	1.289	.0705	.1505	.1761	.1437	0.999	.1437	.0415
930	2.465	.5098	.6822	.7052	5.300	1.280	.0680	.1466	.1719	.1390	0.998	.1390	.0400
940	2.479	.5060	.6780	.7004	5.400	1.272	.0656	.1428	.1678	.1348	0.997	.1348	.0385
950	2.493	.5023	.6738	.6956	5.500	1.264	.0632	.1391	.1635	.1307	0.996	.1307	.0370
960	2.507	.4986	.6696	.6912	5.600	1.256	.0610	.1355	.1596	.1266	0.995	.1266	.0355
970	2.521	.4950	.6654	.6868	5.700	1.249	.0589	.1320	.1558	.1226	0.994	.1226	.0340
980	2.535	.4914	.6612	.6820	5.800	1.241	.0568	.1287	.1522	.1187	0.993	.1187	.0325
990	2.549	.4879	.6570	.6772	5.900	1.233	.0548	.1254	.1486	.1148	0.992	.1148	.0310
1000	2.563	.4844	.6528	.6724	6.000	1.226	.0529	.1223	.1451	.1110	0.991	.1110	.0295
1010	2.577	.4809	.6486	.6676	6.100	1.219	.0511	.1192	.1418	.1072	0.990	.1072	.0280
1020	2.591	.4774	.6444	.6628	6.200	1.212	.0494	.1163	.1385	.1034	0.989	.1034	.0265
1030	2.605	.4739	.6402	.6580	6.300	1.205	.0477	.1134	.1354	.1000	0.988	.1000	.0250
1040	2.619	.4704	.6360	.6532	6.400	1.198	.0461	.1106	.1323	.0966	0.987	.0966	.0235
1050	2.633	.4669	.6318	.6484	6.500	1.191	.0445	.1079	.1293	.0932	0.986	.0932	.0220
1060	2.647	.4634	.6276	.6436	6.600	1.184	.0430	.1053	.1264	.0898	0.985	.0898	.0205
1070	2.661	.4600	.6234	.6388	6.700	1.178	.0416	.1027	.1235	.0864	0.984	.0864	.0190
1080	2.675	.4565	.6192	.6340	6.800	1.171	.0402	.1002	.1208	.0830	0.983	.0830	.0175
1090	2.689	.4530	.6150	.6292	6.900	1.165	.0389	.0977	.1181	.0796	0.982	.0796	.0160
1100	2.703	.4495	.6108	.6244	7.000	1.159	.0376	.0955	.1154	.0762	0.981	.0762	.0145
1110	2.717	.4460	.6066	.6196	7.100	1.152	.0364	.0933	.1128	.0728	0.980	.0728	.0130
1120	2.731	.4425	.6024	.6148	7.200	1.146	.0352	.0911	.1100	.0694	0.979	.0694	.0115
1130	2.745	.4390	.5982	.6100	7.300	1.140	.0340	.0889	.1074	.0660	0.978	.0660	.0100
1140	2.759	.4355	.5940	.6052	7.400	1.134	.0329	.0869	.1048	.0626	0.977	.0626	.0085
1150	2.773	.4320	.5898	.6004	7.500	1.128	.0318	.0848	.1023	.0592	0.976	.0592	.0070
1160	2.787	.4285	.5856	.5956	7.600	1.123	.0308	.0829	.1003	.0558	0.975	.0558	.0055
1170	2.801	.4250	.5814	.5908	7.700	1.117	.0298	.0810	.0981	.0524	0.974	.0524	.0040
1180	2.815	.4215	.5772	.5860	7.800	1.111	.0289	.0791	.0955	.0490	0.973	.0490	.0025
1190	2.829	.4180	.5730	.5812	7.900	1.106	.0279	.0773	.0930	.0456	0.972	.0456	.0010
1200	2.843	.4145	.5688	.5764	8.000	1.100	.0270	.0755	.0910	.0422	0.971	.0422	.0000



R as a Function of Log g,  $R = f_h/U$

R	Log g	R	Log g	R	Log g	R	Log g
15.0	1.052	31.	1.193	102.	1.368	192.	1.442
15.2	1.055	32.	1.198	104.	1.370	194.	1.443
15.4	1.058	33.	1.204	106.	1.373	196.	1.445
15.6	1.061	34.	1.209	108.	1.375	198.	1.446
15.8	1.063	35.	1.214	110.	1.377	200.	1.447
16.0	1.066	36.	1.218	112.	1.379		
16.2	1.069	37.	1.223	114.	1.382		
16.4	1.071	38.	1.227	116.	1.384		
16.6	1.074	39.	1.231	118.	1.386		
16.8	1.076	40.	1.235	120.	1.388		
17.0	1.079	41.	1.239	122.	1.390		
17.2	1.081	42.	1.243	124.	1.392		
17.4	1.084	43.	1.247	126.	1.394		
17.6	1.086	44.	1.250	128.	1.396		
17.8	1.089	45.	1.254	130.	1.397		
18.0	1.091	46.	1.257	132.	1.399		
18.2	1.093	47.	1.260	134.	1.401		
18.4	1.095	48.	1.264	136.	1.403		
18.6	1.098	49.	1.267	138.	1.405		
18.8	1.100	50.	1.270	140.	1.406		
19.0	1.102	52.	1.276	142.	1.408		
19.2	1.104	54.	1.281	144.	1.410		
19.4	1.106	56.	1.287	146.	1.411		
19.6	1.108	58.	1.292	148.	1.413		
20.0	1.112	60.	1.296	150.	1.414		
20.5	1.117	62.	1.301	152.	1.416		
21.0	1.122	64.	1.306	154.	1.417		
21.5	1.126	66.	1.310	156.	1.419		
22.0	1.131	68.	1.314	158.	1.420		
22.5	1.135	70.	1.318	160.	1.422		
23.0	1.139	72.	1.322	162.	1.423		
23.5	1.143	74.	1.326	164.	1.425		
24.0	1.147	76.	1.329	166.	1.426		
24.5	1.151	78.	1.333	168.	1.427		
25.0	1.155	80.	1.336	170.	1.429		
25.5	1.158	82.	1.339	172.	1.430		
26.0	1.162	84.	1.343	174.	1.431		
26.5	1.165	86.	1.346	176.	1.433		
27.0	1.169	88.	1.349	178.	1.434		
27.5	1.172	90.	1.352	180.	1.435		
28.0	1.175	92.	1.355	182.	1.436		
28.5	1.178	94.	1.357	184.	1.438		
29.0	1.181	96.	1.360	186.	1.439		
29.5	1.184	98.	1.363	188.	1.440		
30.0	1.187	100.	1.365	190.	1.441		

Tabla Herdon de enfriamiento.

Table 5c—F<sub>v</sub> Values for z = 18

Log	Initial Temperature Difference								
	50	60	70	80	90	100	110	120	130
0.5	0.06362	0.04555	0.03780	0.03227	0.02818	0.02500	0.02250	0.02046	0.01932
0.6	0.06165	0.04415	0.03602	0.03066	0.02670	0.02368	0.02127	0.01932	0.01846
0.7	0.04103	0.03307	0.03497	0.02960	0.02569	0.02270	0.02034	0.01846	0.01797
0.8	0.06743	0.04369	0.03503	0.02942	0.02535	0.02229	0.01990	0.01866	0.01806
0.9	0.06836	0.04600	0.03814	0.03162	0.02701	0.02350	0.02087	0.01866	0.01806
1.0	0.08864	0.06728	0.05580	0.04774	0.04172	0.03711	0.03343	0.03041	0.02726
1.1	0.1196	0.09275	0.08632	0.07741	0.07063	0.06528	0.06090	0.05726	0.05421
1.2	0.1411	0.1185	0.1052	0.09527	0.08762	0.08145	0.07640	0.07213	0.06821
1.3	0.1571	0.1337	0.1189	0.1081	0.09973	0.09294	0.08735	0.08261	0.07862
1.4	0.1698	0.1453	0.1296	0.1181	0.1091	0.1018	0.09573	0.09062	0.08621
1.5	0.1801	0.1546	0.1382	0.1261	0.1166	0.1089	0.1025	0.09706	0.09261
1.6	0.1887	0.1625	0.1454	0.1327	0.1228	0.1147	0.1081	0.1024	0.09706
1.7	0.1960	0.1691	0.1514	0.1383	0.1281	0.1197	0.1127	0.1068	0.1017
1.8	0.2023	0.1747	0.1567	0.1432	0.1325	0.1239	0.1168	0.1107	0.1057
1.9	0.2076	0.1797	0.1612	0.1473	0.1365	0.1276	0.1203	0.1140	0.1087
2.0	0.2127	0.1841	0.1652	0.1510	0.1399	0.1309	0.1233	0.1169	0.1116

Log	Initial Temperature Difference							
	130	140	150	160	170	180	190	200
0.5	0.01874	0.01731	0.01606	0.01500	0.01406	0.01323	0.01250	0.01185
0.6	0.01770	0.01632	0.01516	0.01414	0.01325	0.01248	0.01178	0.01116
0.7	0.01689	0.01556	0.01442	0.01344	0.01259	0.01185	0.01118	0.01058
0.8	0.01635	0.01507	0.01396	0.01299	0.01215	0.01141	0.01075	0.01017
0.9	0.01652	0.01545	0.01422	0.01317	0.01226	0.01148	0.01078	0.01017
1.0	0.02790	0.02576	0.02393	0.02236	0.02097	0.01975	0.01866	0.01769
1.1	0.05414	0.05147	0.04913	0.04706	0.04522	0.04356	0.04207	0.04071
1.2	0.06847	0.06529	0.06251	0.06003	0.05782	0.05581	0.05400	0.05235
1.3	0.07852	0.07499	0.07186	0.06908	0.06659	0.06434	0.06229	0.06042
1.4	0.08623	0.08237	0.07899	0.07597	0.07327	0.07082	0.06859	0.06655
1.5	0.09236	0.08830	0.08469	0.08148	0.07860	0.07599	0.07362	0.07144
1.6	0.09746	0.09318	0.08939	0.08602	0.08298	0.08025	0.07775	0.07547
1.7	0.1017	0.09728	0.09335	0.08984	0.08669	0.08383	0.08124	0.07885
1.8	0.1054	0.1008	0.09675	0.09311	0.08985	0.08691	0.08421	0.08176
1.9	0.1086	0.1039	0.09968	0.09594	0.09259	0.08956	0.08679	0.08427
2.0	0.1114	0.1065	0.1023	0.09845	0.09501	0.09190	0.08906	0.08646

Table 5d—F<sub>v</sub> Values for z = 22

Log	Initial Temperature Difference							
	50	60	70	80	90	100	110	120
0.5	0.08645	0.05696	0.04781	0.04051	0.03523	0.03111	0.02793	0.02536
0.6	0.08443	0.05712	0.04575	0.03864	0.03343	0.02956	0.02645	0.02399
0.7	0.08211	0.05617	0.04479	0.03755	0.03237	0.02845	0.02540	0.02299
0.8	0.08076	0.05774	0.04540	0.03775	0.03224	0.02818	0.02506	0.02252
0.9	0.09486	0.06401	0.05017	0.04116	0.03495	0.03021	0.02665	0.02378
1.0	0.1177	0.08569	0.07034	0.05977	0.05195	0.04607	0.04143	0.03761
1.1	0.1500	0.1185	0.1022	0.09079	0.08231	0.07572	0.07036	0.06597
1.2	0.1730	0.1405	0.1227	0.1102	0.1009	0.09338	0.08734	0.08225
1.3	0.1904	0.1565	0.1378	0.1244	0.1142	0.1061	0.09945	0.09385
1.4	0.2043	0.1695	0.1496	0.1354	0.1246	0.1159	0.1087	0.1027
1.5	0.2157	0.1798	0.1592	0.1444	0.1330	0.1239	0.1163	0.1099
1.6	0.2257	0.1887	0.1673	0.1519	0.1399	0.1313	0.1225	0.1159
1.7	0.2334	0.1961	0.1740	0.1580	0.1458	0.1359	0.1277	0.1206
1.8	0.2404	0.2024	0.1799	0.1635	0.1508	0.1406	0.1323	0.1251
1.9	0.2466	0.2079	0.1851	0.1682	0.1553	0.1448	0.1361	0.1288
2.0	0.2520	0.2131	0.1895	0.1724	0.1591	0.1484	0.1396	0.1321

Log	Initial Temperature Difference							
	130	140	150	160	170	180	190	200
0.5	0.02319	0.02138	0.01981	0.01848	0.01731	0.01628	0.01538	0.01457
0.6	0.02194	0.02019	0.01872	0.01745	0.01634	0.01537	0.01450	0.01373
0.7	0.02099	0.01930	0.01787	0.01662	0.01555	0.01462	0.01378	0.01304
0.8	0.02049	0.01879	0.01736	0.01614	0.01508	0.01414	0.01330	0.01258
0.9	0.02150	0.01956	0.01795	0.01660	0.01541	0.01440	0.01351	0.01271
1.0	0.03445	0.03175	0.02947	0.02753	0.02578	0.02427	0.02293	0.02177
1.1	0.06219	0.05895	0.05620	0.05374	0.05158	0.04960	0.04785	0.04625
1.2	0.07753	0.07417	0.07090	0.06800	0.06544	0.06309	0.06095	0.05908
1.3	0.08903	0.08491	0.08128	0.07804	0.07514	0.07255	0.07016	0.06801
1.4	0.09762	0.09305	0.08917	0.08567	0.08257	0.07973	0.07718	0.07485
1.5	0.1045	0.09970	0.09550	0.09179	0.08850	0.08548	0.08277	0.08025
1.6	0.1107	0.10551	0.10107	0.09723	0.09386	0.09073	0.08785	0.08517
1.7	0.1149	0.1097	0.1051	0.1011	0.09756	0.09421	0.09105	0.08810
1.8	0.1190	0.1136	0.1090	0.1048	0.1010	0.09766	0.09456	0.09176
1.9	0.1225	0.1171	0.1122	0.1079	0.1041	0.1006	0.09743	0.09456
2.0	0.1257	0.1200	0.1151	0.1107	0.1068	0.1032	0.09996	0.09707

Tabla 5  
 rbn PARA UN VALOR DADO DE LOG. g  
 ( Log. g en centésimos )  
 (Stumbo, C. R. 1973)  
 para Z = 18

LOG g	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-1.00	0.9471	0.9474	0.9477	0.9480	0.9483	0.9486	0.9490	0.9493	0.9496	0.9499
-0.90	0.9440	0.9443	0.9446	0.9449	0.9452	0.9456	0.9459	0.9462	0.9465	0.9468
-0.80	0.9409	0.9412	0.9415	0.9418	0.9422	0.9425	0.9428	0.9431	0.9434	0.9437
-0.70	0.9376	0.9379	0.9383	0.9386	0.9389	0.9393	0.9396	0.9399	0.9402	0.9406
-0.60	0.9340	0.9344	0.9347	0.9351	0.9355	0.9358	0.9362	0.9365	0.9369	0.9372
-0.50	0.9300	0.9305	0.9309	0.9313	0.9317	0.9321	0.9325	0.9329	0.9332	0.9336
-0.40	0.9256	0.9261	0.9265	0.9270	0.9274	0.9279	0.9283	0.9288	0.9292	0.9296
-0.30	0.9206	0.9211	0.9216	0.9222	0.9227	0.9232	0.9237	0.9242	0.9247	0.9251
-0.20	0.9148	0.9155	0.9161	0.9166	0.9172	0.9178	0.9184	0.9189	0.9195	0.9200
-0.10	0.9083	0.9090	0.9097	0.9103	0.9110	0.9117	0.9123	0.9130	0.9136	0.9142
-0.00	0.9009	0.9016	0.9023	0.9031	0.9039	0.9046	0.9054	0.9061	0.9069	0.9076
0.00	0.8909	0.8900	0.8902	0.8904	0.8975	0.8967	0.8958	0.8949	0.8940	0.8931
0.10	0.8922	0.8913	0.8903	0.8894	0.8884	0.8874	0.8864	0.8854	0.8844	0.8834
0.20	0.8823	0.8812	0.8801	0.8790	0.8779	0.8768	0.8757	0.8745	0.8733	0.8721
0.30	0.8709	0.8697	0.8684	0.8672	0.8659	0.8646	0.8633	0.8620	0.8606	0.8593
0.40	0.8579	0.8565	0.8550	0.8536	0.8521	0.8506	0.8491	0.8476	0.8461	0.8445
0.50	0.8429	0.8413	0.8397	0.8380	0.8363	0.8346	0.8329	0.8312	0.8294	0.8276
0.60	0.8258	0.8239	0.8221	0.8202	0.8183	0.8163	0.8144	0.8124	0.8103	0.8083
0.70	0.8062	0.8041	0.8020	0.7998	0.7976	0.7954	0.7931	0.7909	0.7886	0.7862
0.80	0.7838	0.7814	0.7790	0.7765	0.7740	0.7715	0.7689	0.7663	0.7637	0.7610
0.90	0.7583	0.7556	0.7528	0.7500	0.7471	0.7442	0.7413	0.7384	0.7354	0.7323
1.00	0.7292	0.7261	0.7230	0.7198	0.7165	0.7132	0.7099	0.7065	0.7031	0.6997
1.10	0.6962	0.6926	0.6890	0.6854	0.6817	0.6780	0.6742	0.6704	0.6665	0.6626
1.20	0.6586	0.6546	0.6505	0.6464	0.6422	0.6380	0.6337	0.6294	0.6250	0.6205
→ 1.30	0.6160	0.6115	0.6068	0.6022	0.5974	0.5927	0.5878	0.5829	0.5779	0.5729
1.40	0.5678	0.5627	0.5574	0.5522	0.5468	0.5414	0.5359	0.5304	0.5248	0.5191
1.50	0.5134	0.5075	0.5017	0.4957	0.4897	0.4836	0.4774	0.4711	0.4648	0.4584

### 3. Significado de literales.

- Bb = Es el tiempo en minutos desde el principio del proceso hasta el final del período de calentamiento.
- Fo = Valor equivalente del proceso en términos de minutos a 250°F, cuando no se involucra el tiempo en calentar hasta 250°F, o enfriar a temperatura subletales.
- Fi = Factor relacionado a Tr matemáticamente:  

$$\text{Log Fi} = \frac{250 - \text{Tr}}{Z}$$
- fh = El número de minutos requeridos por la porción recta de la curva de calentamiento graficada en papel semilogarítmico, en pasar a través de un ciclo logarítmico.
- f<sub>2</sub> = Representa el número de minutos requeridos por la segunda porción de la curva en pasar a través de un ciclo logarítmico
- fc = Es el número en minutos requeridos por la curva de enfriamiento, cuando se grafica en papel semilogarítmico, en pasar a través de un ciclo logarítmico.
- fh/U = Factor relacionado al valor gbh
- fh/Uh<sub>2</sub> = Factor relacionado al valor gh<sub>2</sub>
- g = Es el número de grados abajo de la temperatura de la retorta en una curva de calentamiento simple al final del período de calentamiento.
- gbh = El número de grados abajo de la temperatura de la retorta en la cual la curva de calentamiento muestra un cambio en la pendiente.
- gh<sub>2</sub> = número de grados abajo de la temperatura de la retorta en una curva de calentamiento rota al final del período del calentamiento.



- I = Es un factor que representa la diferencia entre la temperatura de la retorta y la temperatura inicial.
- j.I = Es el número de grados debajo de la temperatura de la retorta en donde la extrapolación de la línea recta de la curva de calentamiento cruza el cero corregido del proceso.
- j = Es un número que representa el tiempo transcurrido antes que la temperatura de la retorta menos la temperatura del alimento asuma las características de una línea recta en papel semilogarítmico graficado con respecto al tiempo.

$$j = \frac{jI}{I}$$

- $r_{bh}$  = Factor relacionado al valor  $gbh$
- $T_b$  = Temperatura base
- $T_I$  = Temperatura inicial del proceso.
- $T_r$  = Temperatura de la retorta.
- $T_w$  = Temperatura del agua de enfriamiento.
- $X_{bh}$  = Número de minutos del principio corregido del proceso hasta el punto de ruptura de la curva de calentamiento.
- Z = Valor característico de un microorganismo que mide el cambio en la muerte térmica respecto a un cambio en la temperatura.

#### 4. PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS

##### 4.1 Método para cuenta estándar en placas

Material: Cajas de petri esterilizadas; pipetas de 1 ml. y de 11 ml. esterilizadas, frascos de dilución con 99 ml. de agua esterilizada; mechero; espátula esterilizada y balanza.

Medios de Cultivo:

Agar nutriente difco

Plate count agar difco.

Técnica: 1) Pesar 11 grs. de muestra inicial en 99 ml. de solución ringer o agua destilada con 0.9% de NaCl esterilizada, de ahí hacer diluciones 1:100, 1:1000, 1:10000, o según sea necesario.

2) Inocular 1 ml. de cada dilución a cada caja petri, antes esterilizadas, y agregar de 15 a 20 ml. aproximadamente de medio de cultivo antes esterilizado a 1 Kg/cm<sup>2</sup> de presión, durante 15 min. y enfriado a 40 °C.

3) Agitar las cajas con el medio, en el sentido de las manecillas del reloj hasta obtener una homogenización completa del inóculo con el medio.

4) Dejar solidificar el medio e inocular las cajas en posición invertida a 48 horas a 36 °C.

5) Hacer la lectura correspondiente y reportar los resultados como Col./gr. (Vela, P. 1976).

##### 4.2 Método para grupo Coliforme

Material: Cajas petri esterilizadas; pipetas de 1 ml. y 11 ml. esterilizadas, frascos de dilución con 99 ml. de agua estéril; mechero; espátula esterilizada y balanza.

Medio de Cultivo:

Violet red bile agar.

Técnica: 1) Pesar 11 gr. de muestra inicial en 99

ml, de agua esterilizada y hacer diluciones de 1:100, - 1:1000; 1:10000, o según sea necesario.

2) Inocular 1 ml. de cada dilución a cada caja petri antes esterilizados y agregar de 15 a 20 ml. de medio esterilizado a 1 Kg/cm<sup>2</sup> de presión durante 15 min. y enfriado a 40°C.

3) Agitar las cajas con el medio en el sentido de las manecillas del reloj, hasta obtener una homogenización completa del inóculo con el medio.

4) Dejar solidificar el medio e incubar en posición invertida 48 horas a 37°C.

5) Hacer la lectura correspondiente y reportar -- los resultados en col./gr. (Vela, P. 1976)

#### 4.3 Método para determinación de esporas.

Material: Cajas de petri esterilizadas; pipetas de 1 ml. y de 11 ml. esterilizadas; frascos de dilución - con 99 ml. de agua esteril; mechero; espátula esterilizada y balanza.

Medio de Cultivo:

Agar dextrosa triptona (con P. B. C.).

Técnica: 1) Pesar 11 grs. de muestra inicial en 99 ml. de agua esterilizada y hacer diluciones 1:100, - 1:1000, 1:10000, o según sea necesario.

2) Tomar 20 ml. de cada dilución y colocarlo en un matraz que contenga el medio previamente esterilizado. Para de aquí pasarlo a dar un choque térmico.

3) Pasarle a cajas petri, dejarlo solidificar el medio e incubar las cajas en posición invertida 48 horas a 55°C. (Vela, P. 1976)

Valores obtenidos de  $F_0$  a partir de los diferentes métodos:

Método Gráfico	$F_0 = \text{min}$
1. Por conteo de cuadros .....	$F_0 = 3.73$
2. Por peso de un área conocida ...	$F_0 = 3.71$
3. Simpson's .....	$F_0 = 3.79$
Método Matemático .....	$F_0 = 3.88$
Método Herdon .....	$F_0 = 2.94$

Resultados Microbiológicos:

Determinación de;	Col/gr.
Esporas .....	Negativo.
Grupo Coliforme .....	Negativo.
Cuenta Estándar .....	30 Col.

## 5. DISCUSION.

Terminado este trabajo se hablará de los posibles errores que se presentaron en el procesamiento del alimento, estos errores se ven reflejados en la diferencia que existe entre un método y otro para la determinación de  $F_0$ , aunado al error existente entre cada uno de los métodos utilizados.

1.- El cerrado del frasco fue defectuoso, provocando que en el tratamiento térmico las tapas fueran zafadas, todo esto se debió a un cerrado manual cuando el producto se encontraba caliente, por lo cual no se realizó un buen cerrado. Esto provocó naturalmente que se registraran temperaturas en la gráfica no confiables al proceso. Una de las posibles soluciones es que se realice el cerrado en forma mecánica.

2.- Revisar si las uniones del termopar y el cable están lo suficientemente limpias y tengan buen contacto porque de lo contrario se obtendrán temperaturas falsas lo cual provocará que el proceso no sea confiable.

3.- Los cables utilizados en el proceso, algunos de ellos tenían cinta aislante, esto produce que las lecturas obtenidas de los termopares sean diferentes a las temperaturas registradas por el termómetro de mercurio del autoclave. Una posible solución es conocer el factor de error producido por la cinta aislante.

4.- El graficador utilizado presentó lecturas difusas-

lo cual provoca que la temperatura observada no sea exacta.

5.- El termopar utilizado tipo Ecklund contiene partes metálicas lo que produce que las lecturas sean diferentes a las esperadas, este error se puede eliminar si tomamos en cuenta el factor de corrección "j" elaborado por Ecklund. - (Ecklund, O. F. 1952)

Ahora tomando en cuenta el producto se dirá que la existencia de la curva quebrada fue debido al cambio de calor de convección a conducción, ésto fue originado por la cantidad de almidón existente en el alimento, el cual se debe al paso de una suspensión del estado de sol a gel.

Para el producto también será importante el espacio de cabeza que se tenga, ya que cuando el alimento es procesado este tiende a hincharse o aumentar de volumen lo cual puede que sea el motivo del desprendimiento de las tapas en el procesamiento.

Respecto al resultado bacteriológico se puede decir -- que el alimento recibió una contaminación posterior, ya que para este procesamiento el alimento no debe contener ninguna colonia para poderse consumir por infantes.

### CONCLUSIONES.

Como se observa en el método gráfico - el valor de  $F_0$  fue igual a 3.73, por lo cual dando una cierta seguridad al proceso se dirá que con un  $F_0$  igual a 4 este es confia - ble.

La media observada fue de 3.61, con una desviación estándar de 0.34, lo cual tomando estos datos como un proceso normal con una - exactitud del 95%, se concluye que todos los resultados están dentro del rango.

Ahora dependiendo de las diferentes formas teóricas mediante las que se evaluó el - problema, el más confiable es el de la deter - minación de  $F_0$  mediante el método gráfico, - ya que éste es el patrón de donde se derivan los demás métodos, tomando en cuenta que los otros métodos no toman algunos parámetros, - uno de ellos es por ejemplo la velocidad de - enfriamiento, como también el calentamiento - inicial, etc.

Por lo cual también se puede determinar que estos métodos, exceptuando el gráfico, ú - nicamente son utilizados como resultados de - aproximación en condiciones ideales a un -

cierto modelo teórico que nos permite obtener más rápidamente el valor aproximado de  $P_0$ .

Continuando con los análisis microbiológicos, se especifica que el alimento al ser fabricado por la planta "Gerber" no fue posible obtener la materia prima con la que se elaboró dicho producto por motivos de la fábrica, por lo cual no se realizó un análisis microbiológico a la materia prima. El análisis microbiológico se realizó al producto terminado únicamente, concluyendo que el proceso fue confiable y que puede ser consumido por infantes



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

- Brennan, J. B.; Butter, J. R. ; Cowell, N. D. y Lilly, -  
A. E. 1970. Las operaciones de la ingeniería de -  
los alimentos. Editorial Acribia. Pag. 183, 184.
- Budui, D. S. 1981. Química de los alimentos. Editorial -  
Alhambra Mex. Primera Edición. Pag 41, 80 a 85.
- Frazier, W. C. 1976. Microbiología de los alimentos. Edi-  
torial Acribia. Segunda Edición. Pag 102 a 105.
- Herdon, D. H. y Ball, C. O. 1971. Calculate sterilizing-  
processes. Food technology. Volumen 25 No. 2. Pag.  
134 a 143.
- Krause, M. V. y Hunscher, M. A. 1975. Nutrición y dieté-  
tica en clínica. Editorial Interamericana. Quinta -  
edición. Pag. 144 a 145; 42 a 43.
- Nacional Cannerns Association. 1973. Alimentos enlatados-  
principios de control de procesamiento térmico, y -  
evaluación de cierres de envases. Natl. Cannerns, A-  
ssoc. Berkeley - Calif. Pag. 1 a 3.
- Potter, N. N. 1974. La ciencia de los alimentos. Edito-  
rial EDUTEX. S. A. Primera edición. Pag. 169, 171,  
172.
- Shriver, A. K. 1874; citado en: Nacional Cannerns Associa-  
tion 1973. Alimentos enlatados - principios de con-  
trol de procesamiento térmico y evaluación de cie-  
rres de envases. Natl. Cannerns, Assoc. Berkeley, Ca-  
lif. Pag. 1 a 3.
- Stumbo. C. R. 1973. Thermobacteriology in food processing  
Academic press. Segunda Edición. Pag. 250 a 300.
- Vela, Fuerte P. 1976. Microbiología de los alimentos. -  
Facultad de ciencias químicas. Centro universitario  
Querétaro. Pag. 1 a 3.