



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica

**"PROYECTO DE INVERSION PARA PRODUCCION
NACIONAL DE HERRAMIENTAS MANUALES"
(TRATAMIENTOS TERMICOS Y CONTROL DE CALIDAD)**

PROYECTO DE GRADO

**Previa a la Obtención del Título de
INGENIERO EN MECANICA**

Presentado por:

FEDERICO ALBERTO BLUM JARAMILLO

Guayaquil

Ecuador

AÑO

1990

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

Al Ing. Ignacio Wiesner F.
Director de Tópico de
Graduación, por su gran
empuje a la realización de
este Proyecto.

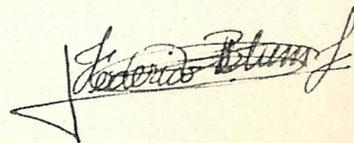
Al Ing. José Pacheco por
compartir sus valiosos
conocimientos.

DEDICATORIA

A la fría tecnología que
brota de las cálidas manos de
Dios

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Proyecto de Grado, corresponden exclusivamente a su autor, y el patrimonio intelectual del mismo, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".
(Reglamento de Tópico de Graduación).



Federico Alberto Blum Jaramillo



Ing. Nelson Cevallos B.
DECANO



Ing. Ignacio Wiesner F.
DIRECTOR DEL TOPICO



Ing. Manuel Helguero G.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. José Pacheco M.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

RESUMEN

El objetivo general del Tópico de Fundición es promover el desarrollo industrial del país a través de la elaboración de proyectos de inversión dedicados a la sustitución de importaciones de bienes de consumo y bienes de capital.

El objetivo específico de mi informe está relacionado con la parte del proyecto dedicado a la Ingeniería del Producto, que ha sido dividida en capítulos de acuerdo a la especialización de los procesos de producción. En mi caso particular me he dedicado a los Tratamientos Térmicos y al control de Calidad que implican la construcción en serie de una llave de tubos.

El capítulo Primero está dedicado a la determinación de los Tratamientos Térmicos de la Quijada Móvil, la Quijada Fija y la Tuerca de Regulación, siendo éstos los únicos elementos que, a petición del área de Diseño y Selección de Materiales, serán objeto de Tratamientos Térmicos.

El capítulo Segundo está dedicado al estudio del control de Calidad del proceso de fabricación, de las partes constitutivas de la Llave de Tubo y del conjunto ensamblado, mostrando el método de selección de muestras y los criterios de aceptación y rechazo de lotes de partes y conjuntos.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	V
INDICE GENERAL	VI
INDICE DE FIGURAS	VII
INDICE DE TABLAS	IX
INDICE DE ABREVIATURAS	X
ANTECEDENTES	XI
I. TRATAMIENTOS TERMICOS	
1.1 Tratamientos Térmicos de la Quijada Móvil	1
1.2 Tratamientos Térmicos de la Quijada Fija	17
1.3 Tratamientos Térmicos de la Tuerca de Regulación	30
1.4 Costos de Tratamiento Térmico	38
II. CONTROL DE CALIDAD	
2.1 Definición del Proceso Productivo Integrado	41
2.2 Determinación del Patrón de Control de Calidad	43
2.3 Carta Tecnológica de la Llave de Tubos	57
2.4 Pruebas de Confiabilidad de Partes y Muestreo	57
2.5 Especificaciones y Calificación de Subcontratistas	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFIA	73

INDICE DE FIGURAS

- FIG. 1 Cambio en las propiedades mecánicas con la temperatura de revenido en un acero SAE 4340
- FIG. 2 Bonificado del acero SAE 4337
- FIG. 3 Transformación Isotérmica del acero SAE 4340
- FIG. 4 Austemplado del acero SAE 4337
- FIG. 5 Tratamiento Térmico de la Quijada Móvil
- FIG. 6 Esquema de Tratamiento Térmico para producción en serie de la Quijada Móvil
- FIG. 7 Influencia de la Temperatura de Revenido vs. Dureza Vickers en acero SAE 1045
- FIG. 8 Bonificado del acero SAE 1050
- FIG. 9 Austemplado del acero SAE 1050
- FIG. 10 Transformación Isotérmica del acero SAE 1050
- FIG. 11 Esquema de Tratamiento Térmico para producción en serie de la Quijada Fija
- FIG. 12 Influencia de la Temperatura de Revenido vs. Dureza Vickers en acero SAE 1024
- FIG. 13 Bonificado del acero SAE 6118
- FIG. 14 Esquema de Tratamiento Térmico para producción en serie de la Tuerca de Regulación
- FIG. 15 Esquema de Tratamiento Térmico para producción en serie de todos los componentes
- FIG. 16 Diagrama del Proceso Productivo Integrado

- FIG. 17 Plan de muestreo Simple
- FIG. 18 Plan de muestreo Doble
- FIG. 19 Reglas para cambio de severidad en la
inspección
- FIG. 20 Carta Tecnológica 1
- FIG. 21 Carta Tecnológica 2
- FIG. 22 Carta Tecnológica 3
- FIG. 23 Ensayo de Doblado de la Quijada Móvil
- FIG. 24 Ensayo de Doblado del Conjunto Ensamblado

INDICE DE TABLAS

- TABLA 1. Propiedades mecánicas del acero SAE 4340 según el tipo de Tratamiento Térmico
- TABLA 2. Dureza de un acero SAE 4337 templado desde 850 °C y revenido a diferentes temperaturas
- TABLA 3. Dureza de un acero SAE 4337 templado desde 850 °C y austemplado a 371 °C
- TABLA 4. Dureza de un acero SAE 1050 templado desde 850 °C y revenido desde 430 °C
- TABLA 5. Dureza de un acero SAE 1050 templado desde 850 °C y austemplado a 430 °C
- TABLA 6. Dureza de un acero SAE 6118 templado desde 920 °C y revenido desde 370 °C
- TABLA 7. Tabla de letras clave (MIL-STD-105D)
- TABLA 8. Tabla Maestra de la Norma MIL-STD-105D

INDICE DE ABREVIATURAS

BHN	Dureza Brinell
°C	Grado Centigrado
c	Número de aceptación
°F	Grado Farenheit
Rc	Dureza Rocwell C
h	Hora
V	Dureza Vickers, Vanadio
Kg	Kilogramo
Kp	Kilopondio
m	Minuto, metro
mm	Milímetro
NCA	Nivel de Calidad Aceptable
N	Tamaño de un lote
n	Tamaño de una muestra
r	Número de rechazo
s	Segundo

ANTECEDENTES

El presente trabajo forma parte de un conjunto de cinco en total que, combinados, dan a conocer la manera de fabricar una herramienta manual aprovechando la capacidad instalada en el país, brindando con ello un producto de alta calidad y un precio muy conveniente. Este es el primer paso de desagregación tecnológica, hacia un despertar de la iniciativa de los profesionales ecuatorianos para que se cultive la creación de pequeñas industrias en las cuales se reemplaze poco a poco los productos que son típicamente importados, generando fuentes de trabajo y evitando la fuga innecesaria de divisas, fortaleciendo la economía nacional y contribuyendo así con pequeños granos de arena a ir sacando a nuestro país de la etapa del subdesarrollo e irlo convirtiendo cada vez más en una patria mejor.

CAPITULO I

TRATAMIENTOS TERMICOS

1.1 TRATAMIENTOS TERMICOS DE LA QUIJADA MOVIL

Características iniciales y finales.

La Quijada móvil está constituida por un acero SAE 4340. Este acero al cromo-niquel-molibdeno tiene alta resistencia a la fatiga y se puede emplear en piezas sometidas a grandes esfuerzos y desgaste. Se puede emplear, además para fabricación de piezas de máquinas, piñones, ejes, pernos, etc. a continuación se muestra la nomenclatura de aceros que equivalen aproximadamente al SAE 4340:

EQUIVALENCIAS APROXIMADAS

AISI-SAE	4340
ASSAB	705
SKF	356A
WERKSTOFF	6511-6582
DIN	36CrNiMo4
BS	EN 24-EN 25
SIS	2541

Las siguientes tablas muestran las características más importantes de este material:

COMPOSICION QUIMICA APROXIMADA

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
SAE 4340	0.41%	0.26%	0.67%	0.78%	1.77%	0.26%
SAE 4337	0.36%	0.30%	0.70%	1.40%	1.40%	0.20%
SKF 356A	0.36%	0.25%	0.70%	1.40%	1.40%	0.20%

PROPIEDADES MECANICAS

RESISTENCIA A LA TRACCION	90-110 Kg/mm ²
ALARGAMIENTO	12%
ESFUERZO DE CEDENCIA	70 Kg/cm ²
RESISTENCIA AL IMPACTO	30 J (6 Kg/cm ²)

De acuerdo con las recomendaciones sugeridas por el área de Diseño y Selección de Materiales, se desea obtener la máxima tenacidad en el material, la cual implica una dureza de 40 Rc, siendo esta última el objetivo a lograr en esta sección.

Dado que la Quijada Móvil es el elemento clave de la herramienta, debido a las condiciones de trabajo a que está sometido, se debe tener un especial cuidado con el Tratamiento Térmico de la misma.

Tratamientos Térmicos aplicables para obtener las características finales.

Antes de entrar a fondo en esta sección, debe aclararse que se ha trabajado con probetas de acero

SINGLE HEAT RESULTS

	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	Grain Size
Ladle	41	67	023	018	26	177	78	26	6-8

Critical Points: F: Ac, 1350 Ac₁, 1415 Ar₁, 890 Ar₂, 720

Treatment: Normalized at 1600 F (reheated to 1475 F), quenched in agitated oil
 530-in Round Treated: 505-in Round Test (Round Test) (Round Test) (Round Test)

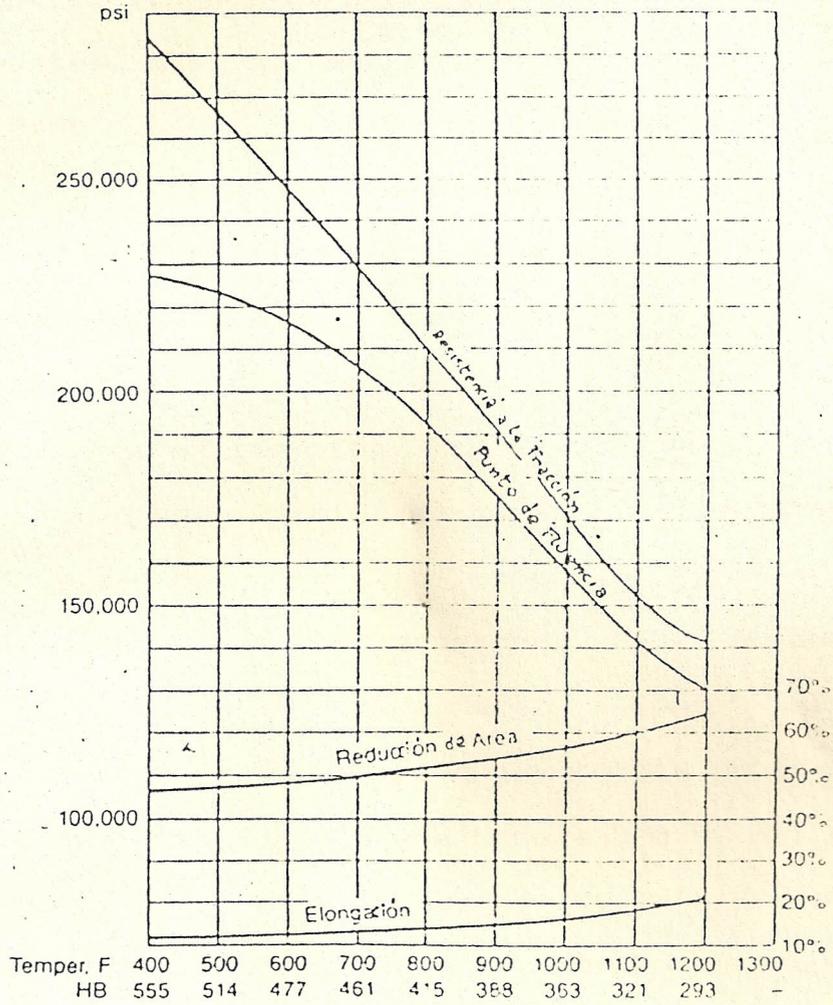


FIG. 1 PROPIEDADES MECANICAS VS TEMPERATURA DE REVENIDO (ACERO SAE 4340)

SAE 4337 y que las curvas disponibles son las del SAE 4340. Debe considerarse también que el material con que se ha trabajado no es un material salido de fundición sino un material previamente bonificado. La complicación que esto representa es que los elementos aleantes que se encuentran presentes en el material fundido podrían encontrarse disueltos en el material de una manera no homogénea, debido al proceso de fusión y de enfriamiento. Para asegurar que todos los puntos del elemento presenten las mismas propiedades de templabilidad en el momento de hacer los tratamientos térmicos finales, surge la necesidad de un tratamiento térmico de normalizado para homogenizar la aleación. Por lo tanto, previo a cualquier tratamiento que se considere para obtener alguna característica determinada, debe hacerse un tratamiento de normalizado que conste de lo siguiente: calentamiento durante una hora a 870 °C del elemento y luego enfriar con aire agitado durante media hora. Con este tratamiento se aseguran homogéneas propiedades de respuesta de tratamiento térmico en todo el elemento.

Este material puede llegar a obtener 40 Rc básicamente de dos maneras: la primera es por el clásico temple y revenido, y la segunda es por austemplado. Veamos un análisis de cada método.

El método de temple y revenido (conocido también como bonificado), se logra mediante el calentamiento del elemento a 850 °C durante media hora y posteriormente se enfria en aceite, seguido de un calentamiento durante una hora a una temperatura que se determinará experimentalmente y luego otro enfriamiento en aceite.

Podemos observar en la Tabla # 1 que la temperatura de revenido guarda relación directa con la dureza final del elemento, y por lo tanto, se debe ser cauteloso con el escogitamiento de la temperatura.

En vista de que la Tabla # 1 sólo nos provee de información acerca de experimentos realizados en varillas redondas cuyos diámetros varían desde media pulgada en adelante, debemos asegurar el factor geométrico y de efecto de masas haciendo un experimento con probetas de espesores similares a los de la probeta original (12 mm). En la mencionada tabla, para redondos de media pulgada de espesor (que es aproximadamente el espesor requerido), se puede apreciar un Tratamiento Térmico que logra 363 BHN, muy similar a los 375 BHN, que es el equivalente a los 40 Rc que se desea alcanzar: Temple desde 850 °C en aceite y revenido desde 538 °C en aceite, como la geometría de las probetas y la ligera diferencia de las composiciones químicas entre el acero SAE 4340 y

Diámetro		Resistencia a la Tensión		Resistencia a la Fluencia		Elongación en 50 mm.	Reducción en Area	Dureza HB
mm	in.	MPa	ksi	MPa	ksi	%	%	HB
RECOCIDO: Calentado a 810 C, enfriado en el horno a razón de 12 C/hora a 354 C y enfriado por aire								
25.4	1	745	105	472	68.5	22.0	49.9	217
NORMALIZADO: Calentado desde 871 C, enfriado en aire								
12.7	½	1445	210	972	141	12.1	35.3	385
25.4	1	1282	186	862	125	12.2	36.3	363
50.8	2	1220	177	793	115	13.5	37.3	341
101.6	4	1110	161	710	103	13.2	36.0	321
TEMPLADO EN ACEITE: Desde 800 C, revenido desde 538 C								
12.7	½	1255	182	1165	169	13.7	45.0	363
25.4	1	1207	175	1145	166	14.2	45.9	352
50.8	2	1172	170	1103	160	16.0	54.8	341
101.6	4	1138	165	1000	145	15.5	53.1	331
TEMPLADO EN ACEITE: Desde 800 C, revenido desde 593 C								
12.7	½	1145	166	1117	162	17.1	57.0	331
25.4	1	1138	165	1096	159	16.5	54.1	311
50.8	2	1014	147	958	139	19.0	60.4	293
101.6	4	924	134	793	115	19.7	60.7	269
TEMPLADO EN ACEITE: Desde 800 C, revenido desde 650 C								
12.7	½	1000	145	935	136	20.0	59.3	255
25.4	1	958	139	883	128	20.0	59.7	277
50.8	2	931	135	831	121	20.5	62.5	269
101.6	4	855	124	730	106	21.7	63.0	255

TABLA 1 PROPIEDADES MECANICAS DEL ACERO SAE 4340
SEGUN EL TIPO DE TRATAMIENTO TERMICO

el SAE 4337 nos hace dudar que 538 °C sea la temperatura de revenido adecuada, entonces hay que recurrir a la experimentación. Se plantea hacer un temple en aceite desde 850 °C, que es la recomendación para el acero SAE 4337, y hacer un revenido desde las siguientes temperaturas: 650, 600, 550, 500 y 450 °C. El esquema de trabajo se muestra en la Figura # 2. Los resultados de la dureza obtenida se muestran a continuación.

TEMPERATURA DE REVENIDO	DUREZA Rc
650 °C (a)	39.30
600 °C (b)	41.50
550 °C (c)	45.80
500 °C (d)	47.10
450 °C (e)	48.80

DUREZA DE UN ACERO SAE 4337 TEMPLADO DESDE 850 °C

TABLA # 2

Debe anotarse que se hizo un corte a las probetas y se comprobó que las durezas se mantuvieron constantes en toda la sección transversal de las mismas, lo que demuestra la buena templabilidad del acero para el espesor trabajado. La desviación estándar máxima de los resultados obtenidos no fue mayor que un 1 grado Rockwell C.

ACERO SAE 4337
BONIFICADO

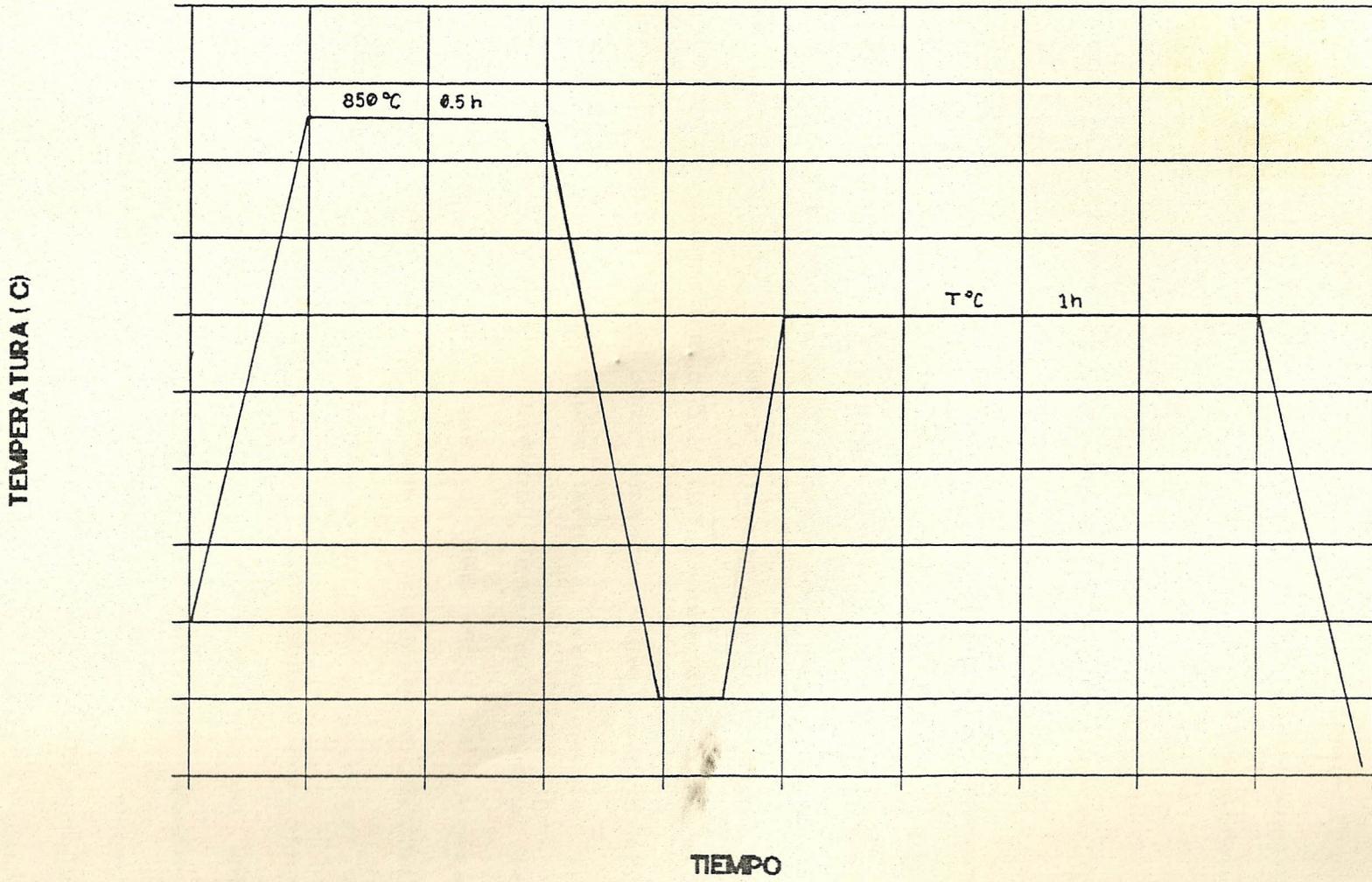
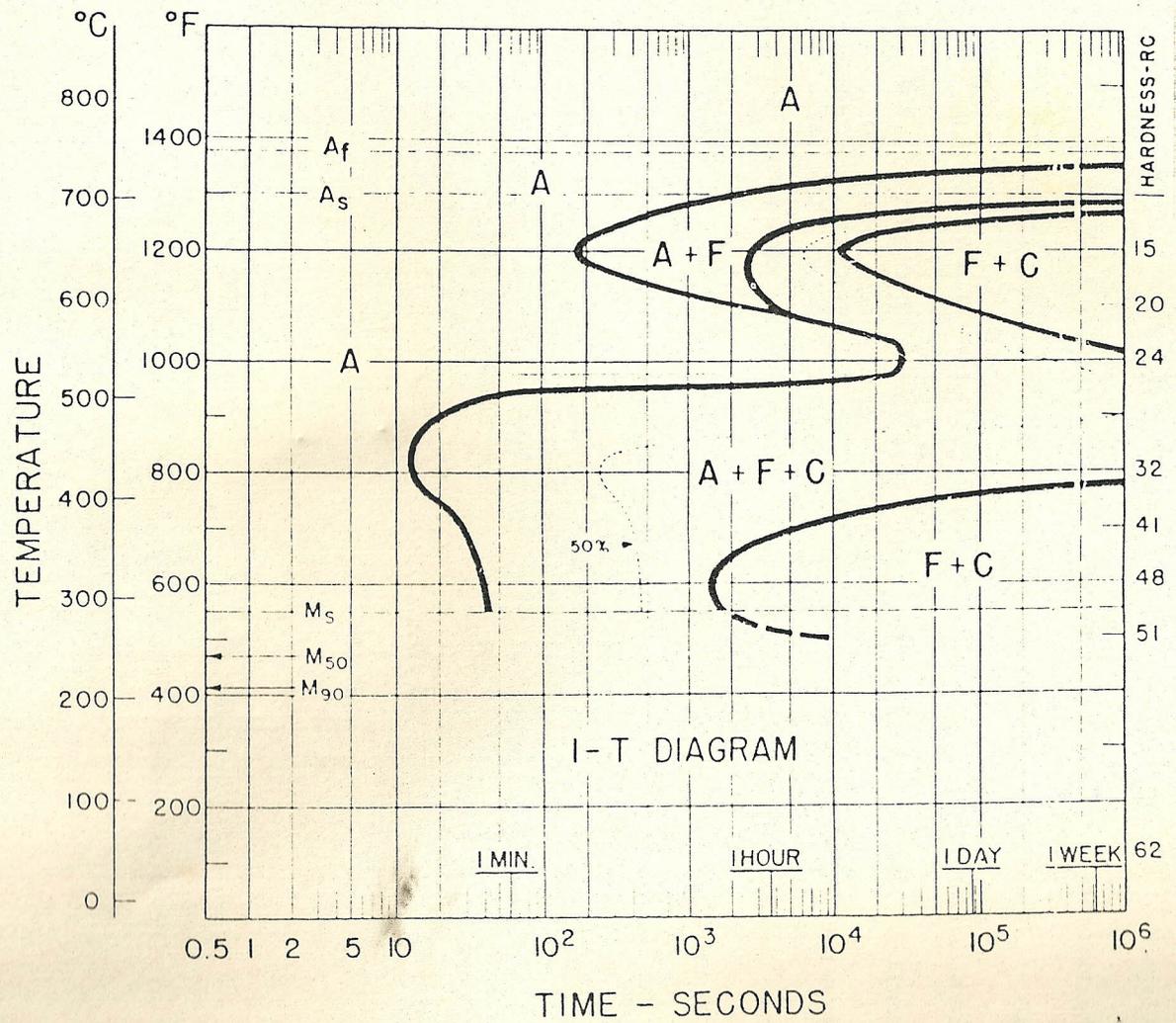


FIG. 2 BONIFICADO DEL ACERO SAE 4337

Como se puede apreciar en la Tabla # 2, la temperatura de 650 °C es la que nos ofrece una mejor aproximación a los 40 Rc deseados y no los 538 °C que nos mostraba la Tabla # 1.

En cuanto al proceso de austemplado, se puede apreciar en la Figura # 3, las curvas de transformación isotérmica del acero SAE 4340, donde en el margen derecho aparecen las durezas tentativas, como puede notarse, para alcanzar una dureza de 40 Rc, se debe hacer un temple escalonado partiendo desde 850 °C hasta un baño de plomo a una temperatura de 371 °C durante aproximadamente 6.5×10^3 segundos, es decir, 1 hora 48 minutos. Puede notarse que una ligera variación en la temperatura afecta severamente la dureza final y el tiempo que se demora la transformación. De aquí que a 400 °C, la dureza esperada sea de 35 Rc y que se alcance en 200.000 segundos, es decir, en mantenimiento de dos días y medio de la temperatura antes mencionada. Por otra parte, a 360 °C, la dureza que se alcanzará es de 48 Rc, en menos de una hora. Significa esto que debemos ser muy cuidadosos con la temperatura, y al mismo tiempo con la duración del baño de plomo. El ensayo de austemplado que se ha realizado nos ha servido para determinar el tiempo que se requiere mantener al

FIG. 3 TRANSFORMACION ISOTERMICA DEL ACERO SAE 4340



elemento en el temple escalonado, porque la escala logarítmica que emplea el gráfico podría originar alguna imprecisión en la determinación del tiempo. De acuerdo con el gráfico, debe mantenerse 1h 48min, así que se hicieron pruebas de austemplado en plomo líquido a 371 °C, tal como se muestra en la Figura # 4, para permanencias de 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 horas en el baño. A continuación se muestran las durezas obtenidas en la siguiente tabla:

TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL BANO	DUREZA Rc
1.5 h (a)	40.10
2.0 h (b)	40.90
2.5 h (c)	41.40
3.0 h (d)	40.60

DUREZA DE UN ACERO SAE 4337 TEMPLADO DESDE 850 °C Y
AUSTEMPLADO DESDE 371 °C

TABLA # 3

Nótese que una vez obtenida la permanencia necesaria en el baño, para permitir la transformación isotérmica, si la permanencia en el baño de plomo se prolonga por lo menos dos horas, esto no repercutirá en la dureza de una forma apreciable. La desviación estándar de los resultados de la prueba fue de 1.5 grados Rockwell C.

ACERO SAE 4337
AUSTEMPLADO

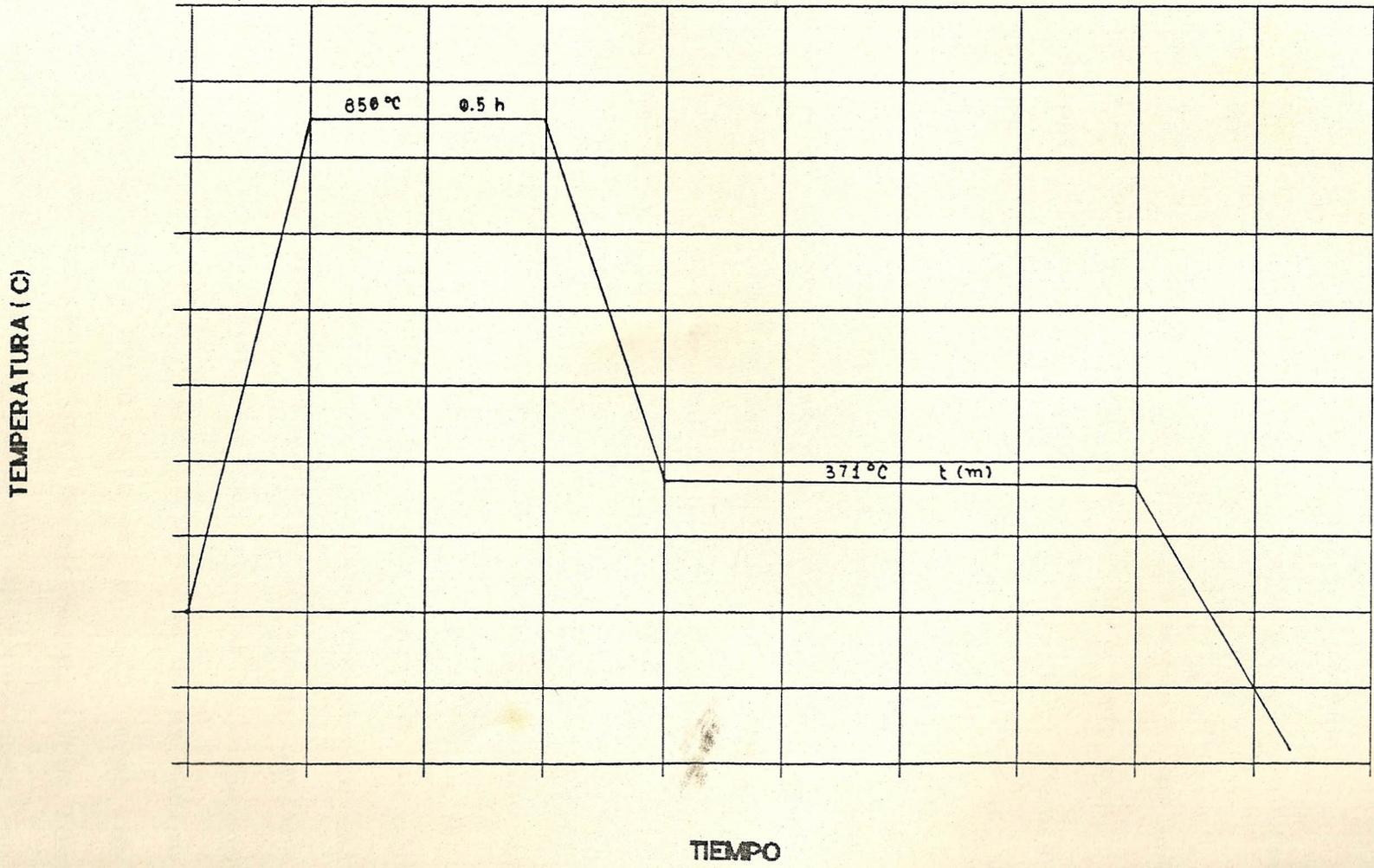


FIG. 4 AUSTEMPLADO DEL ACERO SAE 4337

Selección del Tratamiento Térmico a emplearse.

Los Tratamientos Térmicos a considerar son los siguientes:

- a) Temple en aceite desde 850 °C y revenido desde 650 °C, ambos con una permanencia de una hora cada uno.
- b) Austemplado desde 850 °C durante una hora, seguido por un baño de plomo a 370 °C durante 1.5 horas y temple en aceite.

Se ha visto que una falla de 20 °C en en austemplado puede provocar cambios drásticos tanto en la dureza final como en la duración del proceso, mientras que al bonificado, una falla de 50 °C provoca un error de 3 o 4 Rc. Por otro lado, el austemplado es un método muy lento, porque los hornos demoran demasiado en alcanzar la temperatura de austemplado y la homogenización de la temperatura es difícil de alcanzar, debido a que las piezas que provienen de las altas temperaturas del primer paso de la austenización vuelven inestable la temperatura del baño de plomo, con las consecuencias que se anotaron previamente. El método del bonificado con un horno de sales tiene la ventaja de es rápido con relación al otro y permite tener un solo tipo de horno para los tratamientos térmicos de todos los elementos constituyentes de la Llave de Tubo, como se verá a continuación.

Con todo lo anteriormente anotado, me inclino a pensar que el bonificado es el Tratamiento Térmico más apropiado para la Quijada Móvil.

Adaptación del Tratamiento Térmico seleccionado para producción en serie.

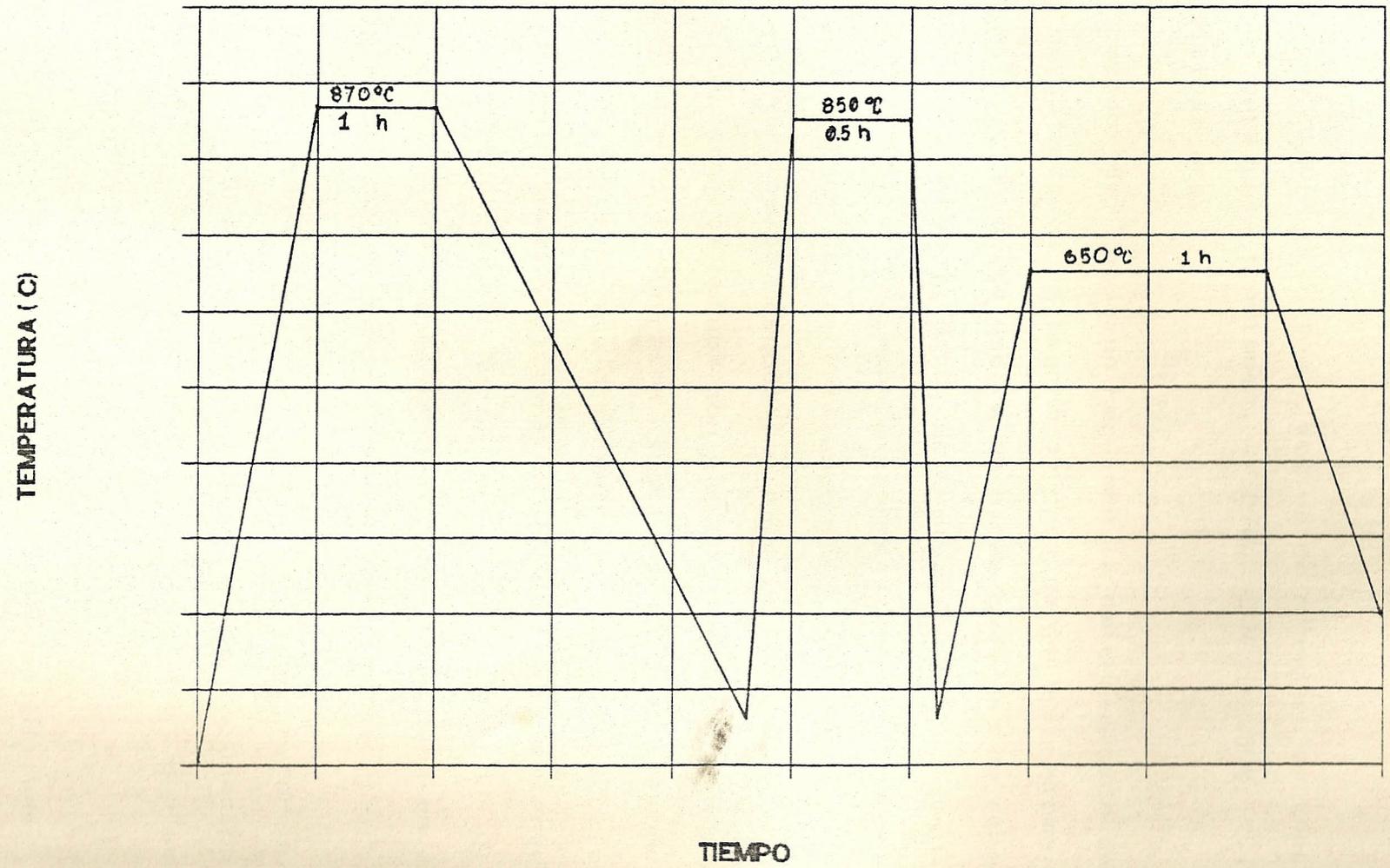
De los antecedentes del presente Proyecto puede notarse que el requerimiento anual de llaves de tubo es de 17.750 unidades por cada tamaño que se vaya a fabricar, lo que implica que se deben realizar unas 1.480 al mes por tamaño.

El bonificado es un procedimiento que consta de dos partes (Temple y Revenido), pero que no puede dejarse pasar mucho tiempo entre una y otra, puesto que las tensiones residuales originarias del temple son tales que podrían fracturar el elemento templado al cabo de pocas horas si no se le hace el revenido. Se pretende decir con esto que no podría pensarse en un proceso seguro de Tratamiento Térmico en el cual pueda hacerse un temple en un día y un revenido al día siguiente, sino que debe establecerse un proceso continuo en el cual el elemento reciba ambos el mismo día.

Debemos considerar entonces en varias cargas que reciban en un solo día: normalizado, temple y revenido. En la Figura # 5 podemos contemplar el esquema completo del Tratamiento Térmico que se le ha

FIG. 5. TRATAMIENTO TERMICO DE LA QUIJADA MOVIL

TRATAMIENTO TERMICO DE QUIJADA MOVIL NORMALIZADO, TEMPLE Y REVENIDO



de aplicar a cada elemento.

Para una labor continua se ha de requerir de tres hornos, para que funcionen a 870, 850 y 650 °C, respectivamente.

El trazado del proceso requiere la determinación de ciertos parámetros de tiempo de cada parte del mismo, es decir cuánto se demora en hacer cada una de esas porciones de trabajo. Dicha determinación no se logra muy fácilmente de una manera teórica, pero una manera práctica de hacerlo es realizando los tratamientos y tomando el tiempo requerido para lograrlo. Esto se debe hacer con los hornos con que se esté trabajando, puesto que dos aparatos similares podrían tener velocidades de respuesta diferentes y esto alteraría la predicción total. Adicionalmente, deben controlarse estos parámetros puesto que podrían cambiar con el tiempo y tal vez el proceso requiera de reajustes a medida que el equipo va entrando en su obsolescencia.

Para poder tener una referencia y poder hacer un esquema de trabajo, se tiene que hacer una asignación aproximada de los valores de dichos parámetros, que se detallan a continuación:

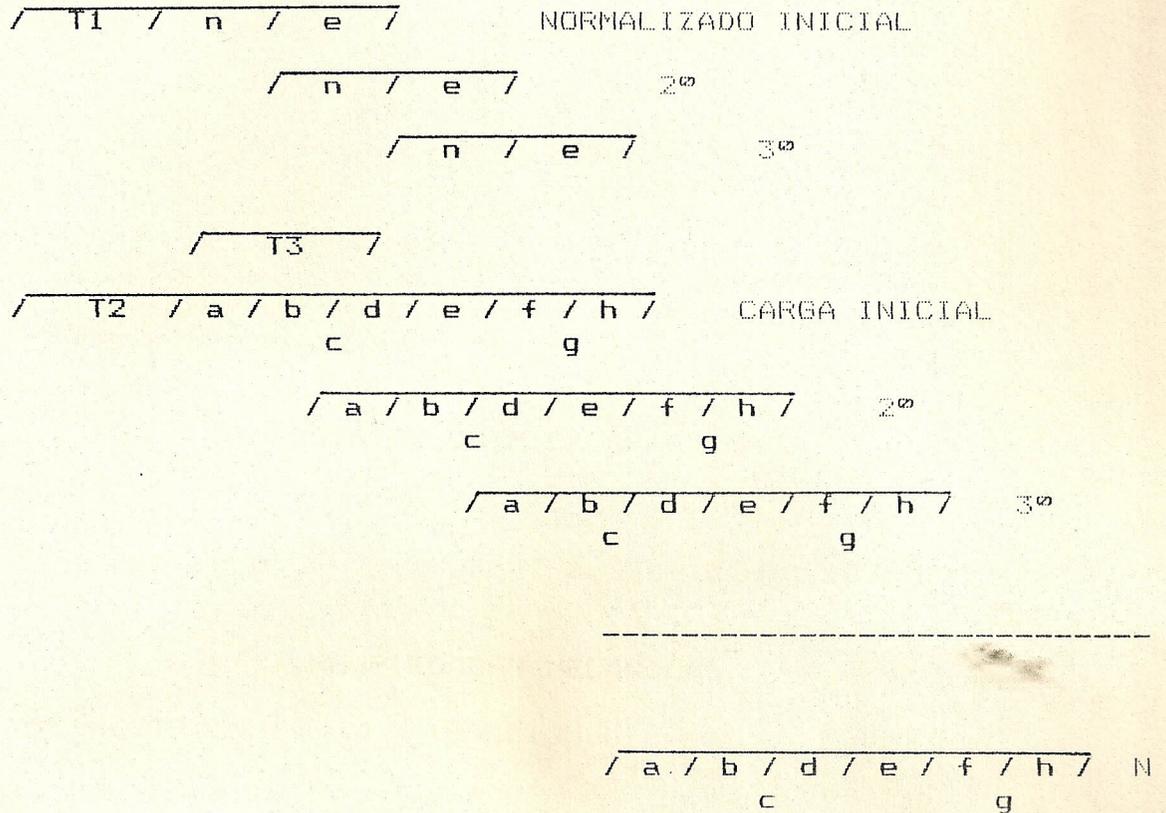
- a.- Homogenización de la temperatura de normalizado
- b.- Mantenimiento en la temperatura de normalizado

- c.- Enfriamiento del elemento
- d.- Limpieza del elemento
- e.- Homogenización de la temperatura de temple
- f.- Mantenimiento en la temperatura de temple
- g.- Enfriamiento del elemento
- h.- Homogenización de la temperatura de revenido
- i.- Mantenimiento en la temperatura de revenido
- j.- Enfriamiento del elemento
- k.- Limpieza del elemento
- T1.- Tiempo del horno 1 en alcanzar 870 °C
- T2.- Tiempo del horno 2 en alcanzar 850 °C
- T3.- Tiempo del horno 3 en alcanzar 650 °C

Para un horno que tiene una capacidad de 150 Kg, el número de elementos por carga es de aproximadamente 130 elementos. Una vez definidos todos estos parámetros, se procede a diagramar la producción en serie como se muestra en la Figura # 6.

1.2 TRATAMIENTOS TERMICOS DE LA QUIJADA FIJA

La Quijada Fija está constituida por un acero SAE 1045, el cual es un acero al carbono fácil de maquinar que se emplea principalmente para herramientas, guías, espaciadores, portaherramientas, herramientas para herreros, etc. A continuación se muestra la nomenclatura de aceros que equivalen aproximadamente al acero SAE 1045.



- a) Tiempo de homogenización de la temperatura de temple
- b) Tiempo de permanencia de la temperatura de temple
- c) Enfriamiento
- d) Limpieza
- e) Tiempo de homogenización de la temperatura de revenido
- f) Tiempo de permanencia de la temperatura de revenido
- g) Enfriamiento
- h) Limpieza
- n) Tiempo de normalizado
- e) Tiempo de enfriamiento al aire
- T1) Temperatura del horno de Normalizado = 920 °C
- T2) Temperatura del horno de Temple = 850 °C
- T3) Temperatura del horno de Revenido = 370 °C

FIG. 6 ESQUEMA DE TRATAMIENTO TERMICO PARA PRODUCCION EN SERIE DE LA QUIJADA MOVIL

EQUIVALENCIAS APROXIMADAS

AISI-SAE	1045-1148
ASSAB	760
SKF	047A
DIN	C55WSC45

Las siguientes tablas muestran las características más importantes de este material.

COMPOSICION QUIMICA APROXIMADA

	C	Si	Mn	S
SAE 1050	0.50%	0.30%	0.60%	0.04%

PROPIEDADES MECANICAS

RESISTENCIA A LA TRACCION	60-72	Kg/mm ²
ALARGAMIENTO		16%
MODULO DE ELASTICIDAD	196.000	N/mm ²
RESISTENCIA A LA FATIGA	33	Kp/mm ²

El objetivo del Tratamiento Térmico es dar a la pieza una dureza final de 40 Rc, de acuerdo a las recomendaciones dadas por el Área de Diseño y Selección de Materiales.

Tratamientos Térmicos aplicables para obtener las características finales.

Para la determinación experimental de los Tratamientos Térmicos se ha empleado el acero SAE 1050. Se han

considerado dos opciones de Tratamiento Térmico para la Quijada Fija. Esto es, tal como en la Quijada Móvil, el bonificado y el austemplado. Se verán a continuación por separado.

Para considerar el bonificado, se debe alcanzar una temperatura de temple de 850 °C. Para el revenido, se ha estudiado la Figura # 7, donde se muestra la influencia de la temperatura de revenido sobre la dureza Vickers. Puede apreciarse que para adquirir una dureza de 40 Rc (aproximadamente 400 Vickers), se requiere una temperatura de 430 °C durante una hora. Para fijar bien el tiempo de mantenimiento del material a dicha temperatura, se hicieron pruebas para 10 min, 30 min y 1 hora. En la Figura # 8 puede apreciarse el esquema de la práctica realizada, y la Tabla # 4 muestra las durezas obtenidas.

La desviación estándar de los datos obtenidos no fue mayor que 1.5 grados Rockwell C.

TIEMPO DE REVENIDO	DUREZA Rc
10 min (b)	35.90
30 min (c)	35.40
60 min (d)	35.60

DUREZA DEL ACERO SAE 1050 TEMPLADO DESDE 850 °C Y
REVENIDO DESDE 430 °C

TABLA # 4

FIG. 7 TEMP. DE REVENIDO VS DUREZA VICKERS (SAE 1045)

TEMP. DE REVENIDO vs DUREZA VICKERS
ACERO SAE 1045

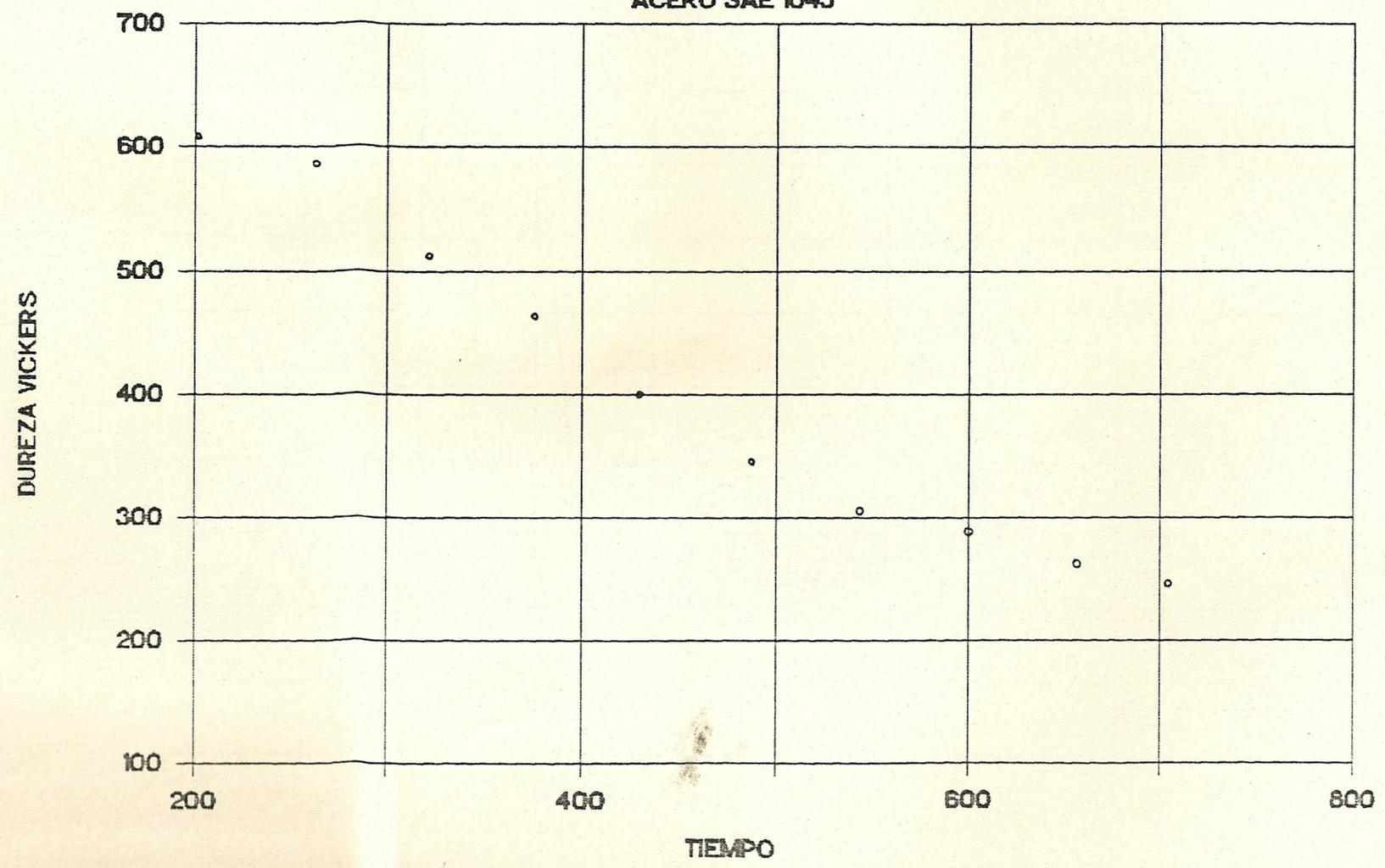
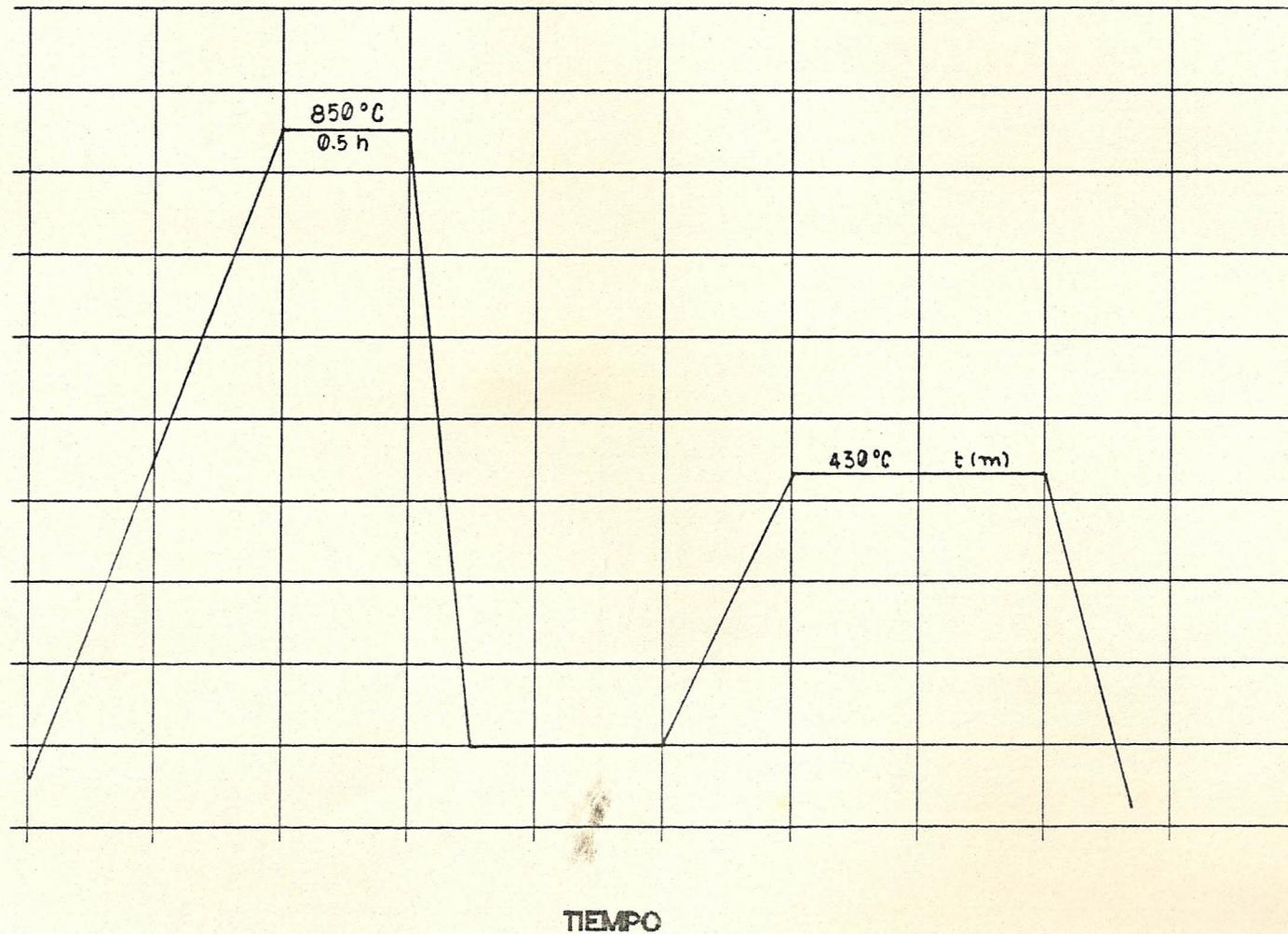


FIG. 8 BONIFICADO DEL ACERO SAE 1050

TEMPERATURA (C)

ACERO SAE 1050
BONIFICADO



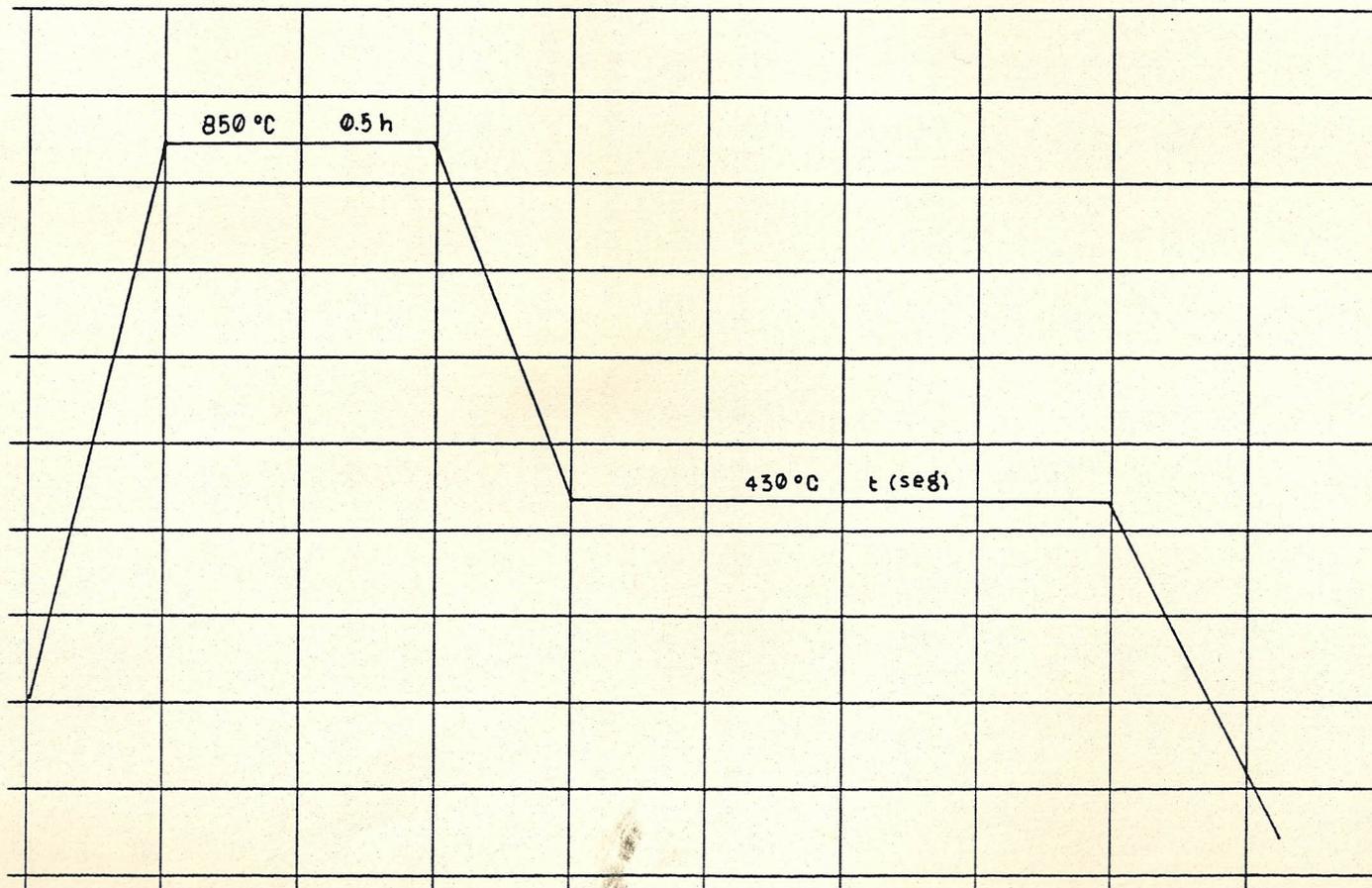
Como puede apreciarse, no pudo alcanzarse la condición de 40 Rc debido a que la composición del material SAE 1050 no es exactamente la de SAE 1045, y la curva mostrada en la Figura # 7 sirve para piezas de espesores de 3.2 a 6.4 mm. Sin embargo, podemos aproximar con los datos obtenidos la temperatura de revenido si se baja toda la curva el equivalente a 50 grados Vickers (5 grados Rockwell C), que es la diferencia entre la dureza obtenida y la proyectada. Así, puede determinarse que la temperatura de revenido es de 370 °C, de tal manera que el procedimiento sirve cuando el revenido se realiza a esta temperatura. La determinación de la temperatura exacta requiere de laboriosa experimentación, pero la aproximación que se indica dará buenos resultados.

Para el procedimiento de austempleado, puede proyectarse en la Figura # 9 que para obtener los 40 Rc (375 BHN), debe sumergirse el elemento calentado previamente a 850 °C en un baño de plomo a 430 °C durante unos 10 segundos aproximadamente, lo cual sería un gran logro en cuanto a economía de tiempo y energía. Para determinar el tiempo exacto de mantenimiento de la temperatura, se han hecho pruebas de mantenimiento de la temperatura, durante 10, 20, 50 y 100 segundos. Los resultados de la dureza obtenida

ACERO SAE 1050
AUSTEMPLADO

FIG. 9 AUSTEMPLADO DEL ACERO SAE 1050

TEMPERATURA (C)



TIEMPO

se muestran en la Tabla # 5.

TIEMPO DE AUSTEMPLADO	DUREZA Rc
10 seg (a)	30.90
20 seg (b)	31.00
50 seg (c)	29.40
100 seg (d)	28.90

DUREZA DEL ACERO SAE 1050 CALENTADO A 850 °C Y
AUSTEMPLADO A 430 °C

TABLA # 5

La desviación estándar de los resultados obtenidos ha sido menor que 1.15 grados Rockwell C. Como puede apreciarse, los resultados están lejos de ser los 40 Rc esperados y esto indica que el material no se comporta como lo señala la curva. La Figura # 10 muestra una curva de transformación isotérmica para el acero SAE 1050, que se presenta aquí para efecto de comparación porque el acero SAE 1050 tiene 0.50 % de carbono, y no 0.45 %, y puede notarse que la temperatura adecuada para tener una dureza de 40 Rc es de 370 °C, igual a la que se había deducido anteriormente.

Selección del Tratamiento Térmico a emplearse.

El austenizado en este caso no es un método muy confiable porque el material no responde al comportamiento que se supone las curvas registran. Por

lo tanto, la decisión es de quedarse con el método de hacer un temple a 850 °C durante media hora y luego hacer un revenido a 370 °C durante una hora. Ambos deben considerar un enfriamiento al agua.

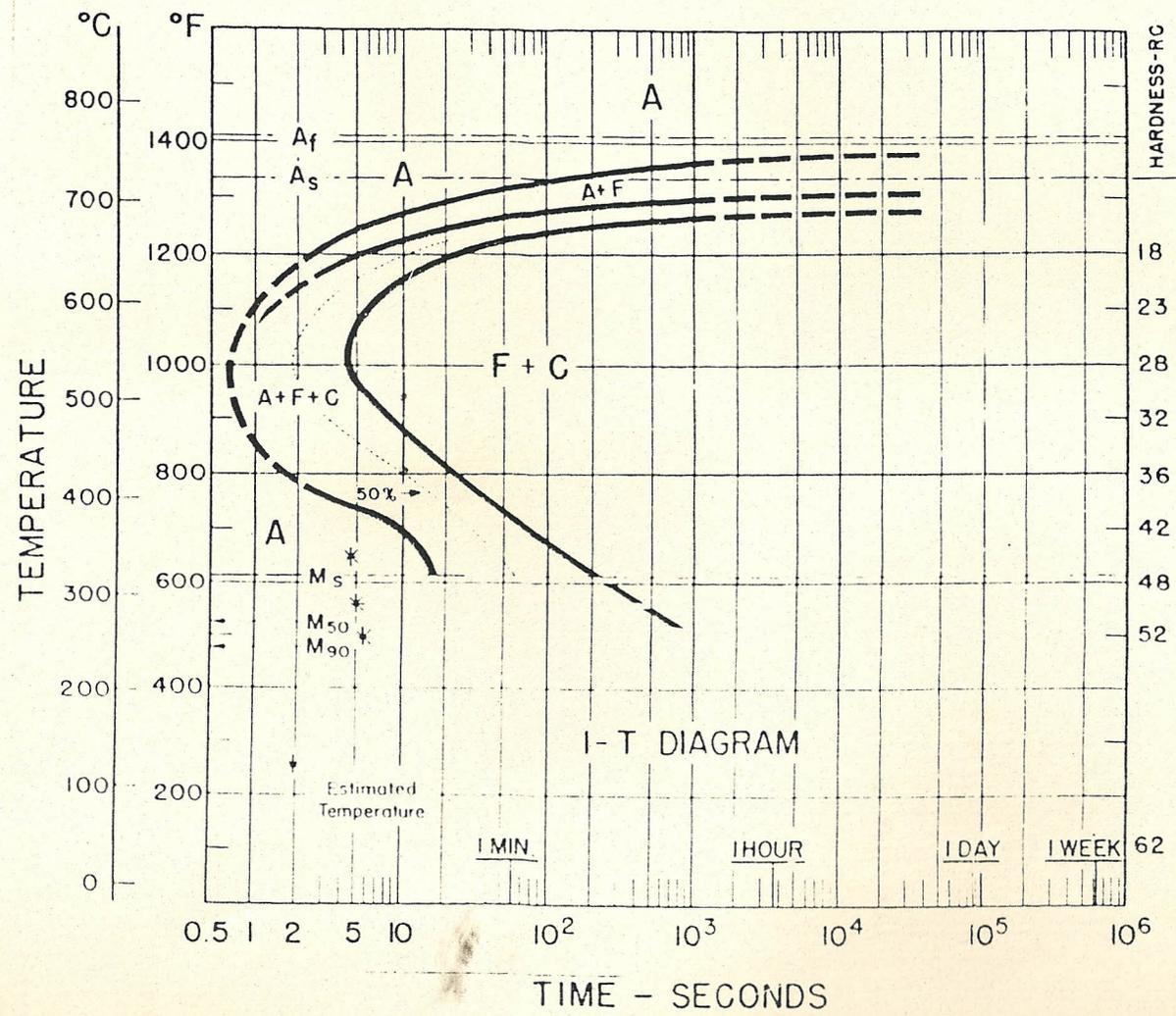
Adaptación del Tratamiento Térmico seleccionado para producción en serie.

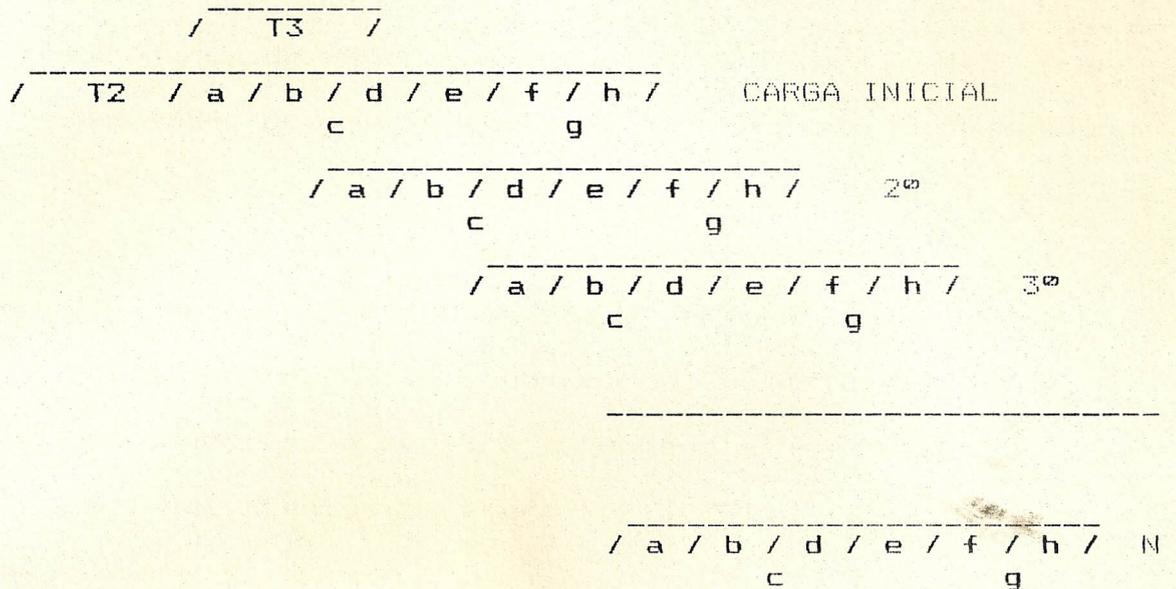
Para los Tratamientos Térmicos pertinentes se requiere de dos hornos: uno para el temple que funcione a 850 °C y otro para el revenido que funcione a 370 °C. Nuevamente se requiere definir los parámetros de tiempo tal como en la Quijada Móvil, para delinear el método para producción en serie.

- a.- Homogenización de la temperatura de temple
- b.- Mantenimiento en la temperatura de temple
- c.- Enfriamiento del elemento
- d.- Homogenización de la temperatura de revenido
- e.- Mantenimiento en la temperatura de revenido
- f.- Enfriamiento del elemento
- g.- Limpieza del elemento
- T1.- Tiempo del horno 2 en alcanzar 850 °C
- T2.- Tiempo del horno 3 en alcanzar 370 °C

Para un horno que tiene una capacidad de 150 Kg los elementos constituyen unos 50 Kg y el resto lo constituyen las sales. Una vez definidos todos estos

FIG. 10 TRANSFORMACION ISOTERMICA DEL ACERO SAE 1050





- a) Tiempo de homogenización de la temperatura de temple
 - b) Tiempo de permanencia de la temperatura de temple
 - c) Enfriamiento
 - d) Limpieza
 - e) Tiempo de homogenización de la temperatura de revenido
 - f) Tiempo de permanencia de la temperatura de revenido
 - g) Enfriamiento
 - h) Limpieza
- T2) Temperatura del horno de Temple = 850 °C
 T3) Temperatura del horno de Revenido = 370 °C

FIG. 11 ESQUEMA DE TRATAMIENTO TERMICO PARA PRODUCCION EN SERIE DE LA QUIJADA FIJA

parámetros, se procede a diagramar la producción en serie como se muestra en la Figura # 11.

1.3 TRATAMIENTOS TERMICOS DE LA TUERCA DE REGULACION

Características iniciales y finales.

La Tuerca de Regulación se fabrica a partir del acero SAE 1024, que es un acero de bajo contenido de carbono que tiene buena soldabilidad, y se aplica en la fabricación de bocines, pistas, para empatar fundas de ejes traseros de los carros y construcción de piezas donde se necesita ahorro de material y tiempo. A continuación se muestra la nomenclatura de aceros que son equivalentes al acero SAE 1024.

EQUIVALENCIAS APROXIMADAS

AISI-SAE	1024
SKF	280
WERKSTOFF	0831
DIN	ST52
SANDVICK	4-LM

Las siguientes tablas muestran las características más importantes de este material.

COMPOSICION QUIMICA APROXIMADA

	C	Si	Mn	S	V
SANDVICK 4-LM	0.18%	0.30%	1.50%	0.03%	0.00%
SAE 6118	0.18%	0.30%	1.50%	0.03%	0.10%

PROPIEDADES MECANICAS

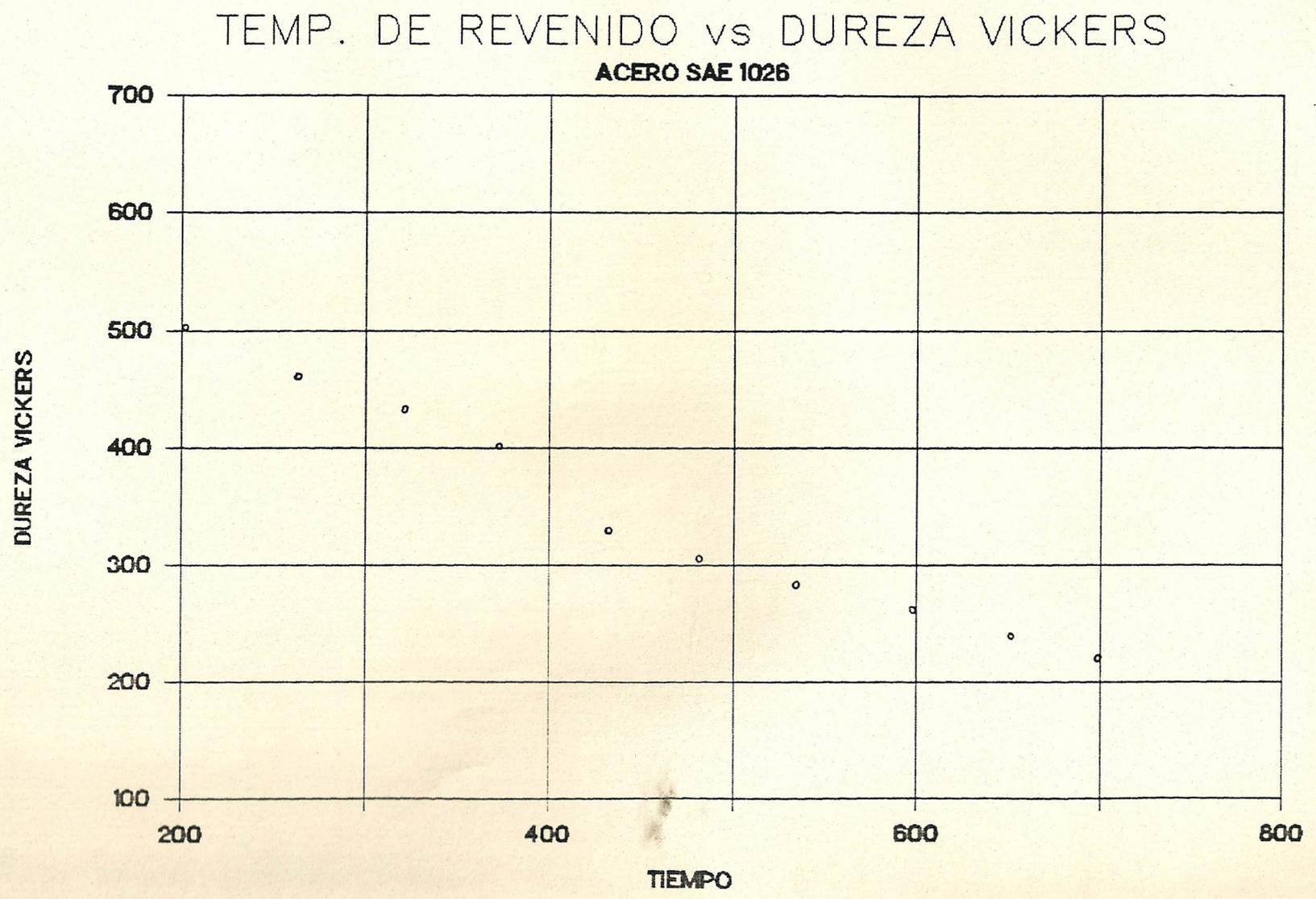
LAMINADO	RESISTENCIA A LA ROTURA Kp/mm ²	LIM ELASTICO Kp/mm ²	ALARGAM %
EN FRIO	86	82	10
EN CALIENTE	65	47	22
DUREZA	22 Rc		

De acuerdo con el área de Diseño y Selección de materiales, se debe alcanzar una dureza de 40 Rc, y por consiguiente ese es el objetivo para este elemento.

Tratamientos Térmicos aplicables para obtener las características finales.

Las experiencias se realizaron con probetas de acero SAE 6118, material para el cual no se pudo encontrar un diagrama de temperaturas de revenido vs dureza, sin embargo, gracias a un diagrama de acero SAE 1026 que es muy similar al SAE 1024, es posible programar una experiencia de comprobación de características. Debe indicarse que el material empleado posee 0.10 % de Vanadio, elemento que le incrementa la templabilidad y hace que su comportamiento térmico no sea como el de los aceros ordinarios. Dicho diagrama, que se muestra en la Figura # 12, nos indica que la temperatura de revenido para obtener 40 Rc (aproximadamente 400 Vickers), es una de 370 °C, con un mantenimiento de

FIG. 12 TEMP. DE REVENIDO VS DUREZA VICKERS (SAE 1026)



temperatura de alrededor de una hora. El temple se lo realiza con un enfriamiento al agua posterior al mantenimiento de una temperatura de 900°C durante una hora. La determinación del tiempo de mantenimiento de la temperatura se ha logrado por medio de una experiencia de revenir probetas previamente templadas durante 10 min, 30 min, 1.0h, 1.5h y 2.0h. La Figura # 13 ilustra esquemáticamente la experiencia realizada.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla. Es de anotar que la desviación estándar de los resultados obtenidos fue de 1.32 grados Rockwell C.

TIEMPO DE REVENIDO	DUREZA Rc
10min (a)	43.55
30min (b)	41.60
1.0h (c)	40.06
1.5h (d)	39.80
2.0h (e)	39.80

DUREZA DEL ACERO SAE 6118 TEMPLADO DESDE 920°C Y
REVENIDO DESDE 370°C

TABLA # 6

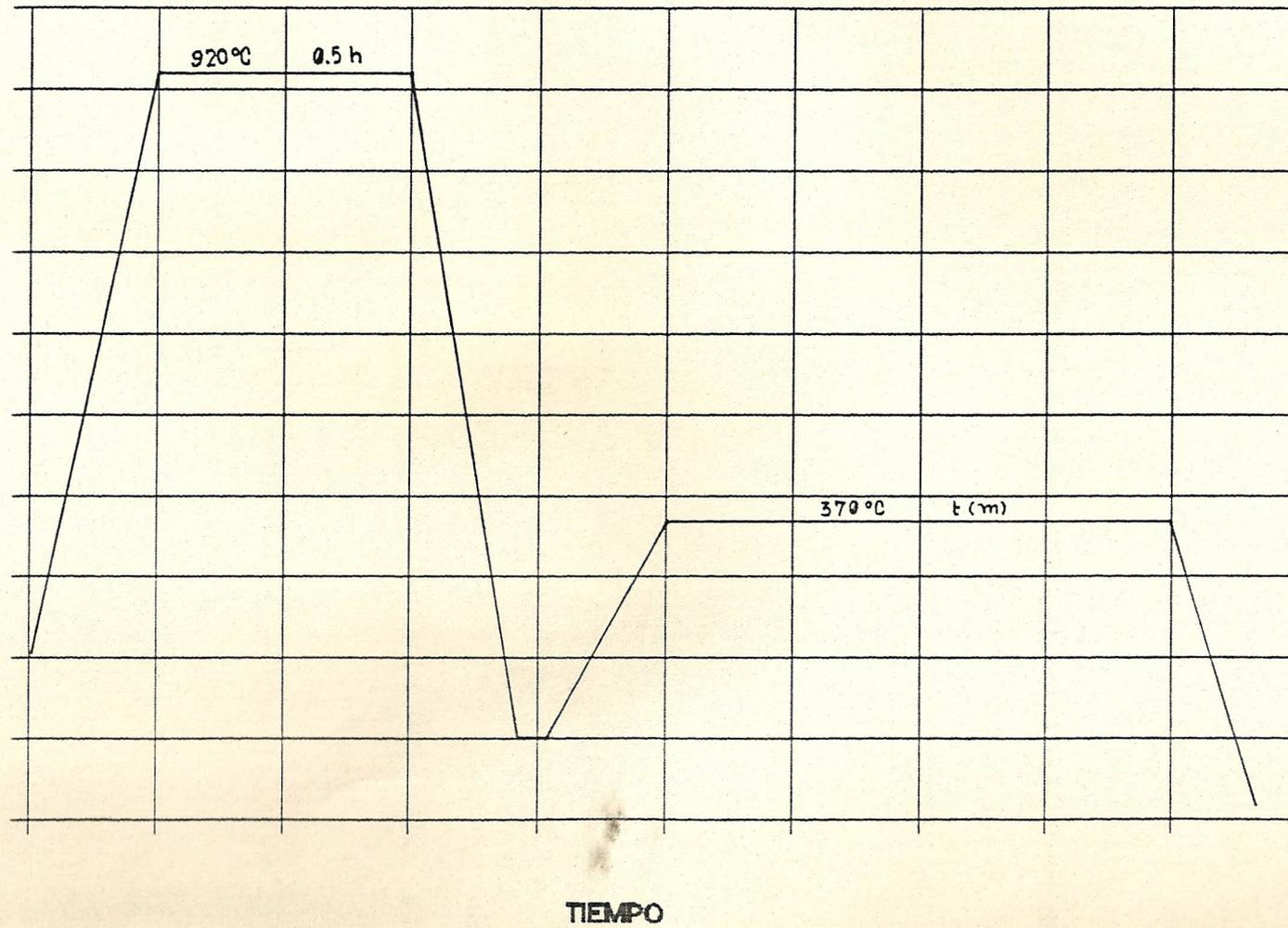
Selección del Tratamiento Térmico a emplearse.

De acuerdo con los resultados obtenidos mostrados en la Tabla # 6, la duración de la temperatura de

FIG. 13 BONIFICADO DEL ACERO SAE 6118

TEMPERATURA (C)

ACERO SAE 6118
BONIFICADO



revenido debe ser de una hora, porque una permanencia mayor no la afecta considerablemente (al menos en una hora adicional) pero si significa un desperdicio de energía. Podría decirse entonces que el Tratamiento Térmico seleccionado es el siguiente: Calentamiento de los elementos a 920 °C durante media hora y enfriar en agua para el temple, calentar a 370 °C durante una hora y enfriar en agua para el revenido.

Adaptación del Tratamiento Térmico seleccionado para producción en serie.

Para los Tratamientos Térmicos pertinentes se requiere de dos hornos: uno para el temple que funcione a 920 °C y otro para el revenido que funcione a 370 °C. Nuevamente se requiere definir los parámetros de tiempo tal como en la Quijada Móvil, para delinear el método para producción en serie.

- a.- Homogenización de la temperatura de temple
- b.- Mantenimiento en la temperatura de temple
- c.- Enfriamiento del elemento
- d.- Homogenización de la temperatura de revenido
- e.- Mantenimiento en la temperatura de revenido
- f.- Enfriamiento del elemento
- g.- Limpieza del elemento
- T1.- Tiempo del horno 1 en alcanzar 920 °C
- T2.- Tiempo del horno 2 en alcanzar 370 °C

QUIJADA MOVIL

 / T1 / n / e /

 / T3 /

NORMALIZADO

 / T2 / a / b / d / e / f / h /

 c g

BONIFICADO

T1) Temperatura del horno de Normalizado = 870 °C

T2) Temperatura del horno de Temple = 850 °C

T3) Temperatura del horno de Revenido = 370 °C

QUIJADA FIJA

 / T3 /

 / T2 / a / b / d / e / f / h /

 c g

BONIFICADO

T2) Temperatura del horno de Temple = 850 °C

T3) Temperatura del horno de Revenido = 370 °C

TUERCA DE REGULACION

 / T3 /

 / T2 / a / b / d / e / f / h /

 c g

BONIFICADO

T2) Temperatura del horno de Temple = 920 °C

T3) Temperatura del horno de Revenido = 370 °C

- a) Tiempo de homogenización de la temperatura de temple
- b) Tiempo de permanencia de la temperatura de temple
- c) Enfriamiento
- d) Limpieza
- e) Tiempo de homogenización de la temperatura de revenido
- f) Tiempo de permanencia de la temperatura de revenido
- g) Enfriamiento
- h) Limpieza
- n) Tiempo de normalizado
- e) Tiempo de enfriamiento al aire

FIG. 15 ESQUEMA DE TRATAMIENTO TERMICO PARA PRODUCCION EN SERIE DE TODOS LOS COMPONENTES

Para un horno que tiene una capacidad de 150 Kg, los elementos constituyen 50 Kg y las sales los 100 Kg restantes. Una vez definidos todos estos parámetros, se procede a diagramar la producción en serie como se muestra en la Figura # 14.

1.4 COSTOS DE TRATAMIENTO TERMICO

Los costos de Tratamiento Térmico se pueden clasificar como costos de infraestructura y costos de operación. Los costos de infraestructura involucran :

- a) Horno de Normalizado
- b) Horno de Temple (de sales)
- c) Horno de Revenido

Los costos de operación son básicamente debidos al gas que se consume en el mantenimiento de la temperatura en los hornos y a las sales que se pierden por evaporación y por manipulación de los elementos. Sin embargo, el costo de los Tratamientos Térmicos debe ser expresado en la manera comercial de hacerlo, es decir, hay que expresarlo en unidades monetarias por unidades de peso, en este caso, sucres por kilo de material procesado, cantidad que debe contemplar la depreciación por elemento tratado más el precio de la energía gastado para el procesamiento de dicho elemento.

PESO UNITARIO DE LOS ELEMENTOS A TRATARSE TERMICAMENTE

Elemento	Peso [Kg]
Quijada Móvil	0.390
Quijada Fija	0.087
Tuerca de Regulación	0.108

Los costos de operación de un horno de sales se desglosa de esta manera:

SALES:

Costo de las sales: 500 \$/Kg

Reposición de sales: 10 % por Kg de metal por carga

Cantidad inicial de sales: 100 Kg

Número de cargas diarias: 8

Cantidad de metal por carga: 50 Kg

Costo de sales por Kg de carga:

$(100 + [0.1 * 8 * 50]) * 500/400 = 175 \text{ \$/Kg}$

ENERGIA:

Costo de Energia: 120 \$/Kg

MANO DE OBRA:

Número de trabajadores: 3

Salario de cada trabajador: 36.000 \$/mes

Kg de metal al mes: 12.000 Kg/mes

Costo de mano de obra por Kg de metal: $3 * 36.000/12.000 = 9 \text{ \$/Kg}$

DEPRECIACION DE EQUIPO

Costo de Maquinaria: 10'000.000 ₺

Depreciación anual: 10 %

Depreciación mensual: 83.333 ₺/mes

Kg de metal al mes: 12.000 Kg/mes

Costo de Depreciación por Kg de metal: $83.333/12.000 =$
7 ₺/mes

CRISOL

Costo del Crisol: 200.000 ₺

Duración del Crisol: 100 h

Cantidad de material por hora: 50 Kg/h

Costo de Crisol por Kg : $200.000/(100*50) = 40$ ₺/Kg

En resumen, puede decirse que los costos de operación se pueden concretar de esta manera:

Sales:	175
Energía:	120
Mano de Obra:	9
Depreciación de equipo:	7
Crisol:	40
Varios:	50
TOTAL:	401 ₺/Kg

CAPITULO II

CONTROL DE CALIDAD

2.1 DEFINICION DEL SISTEMA PRODUCTIVO INTEGRADO

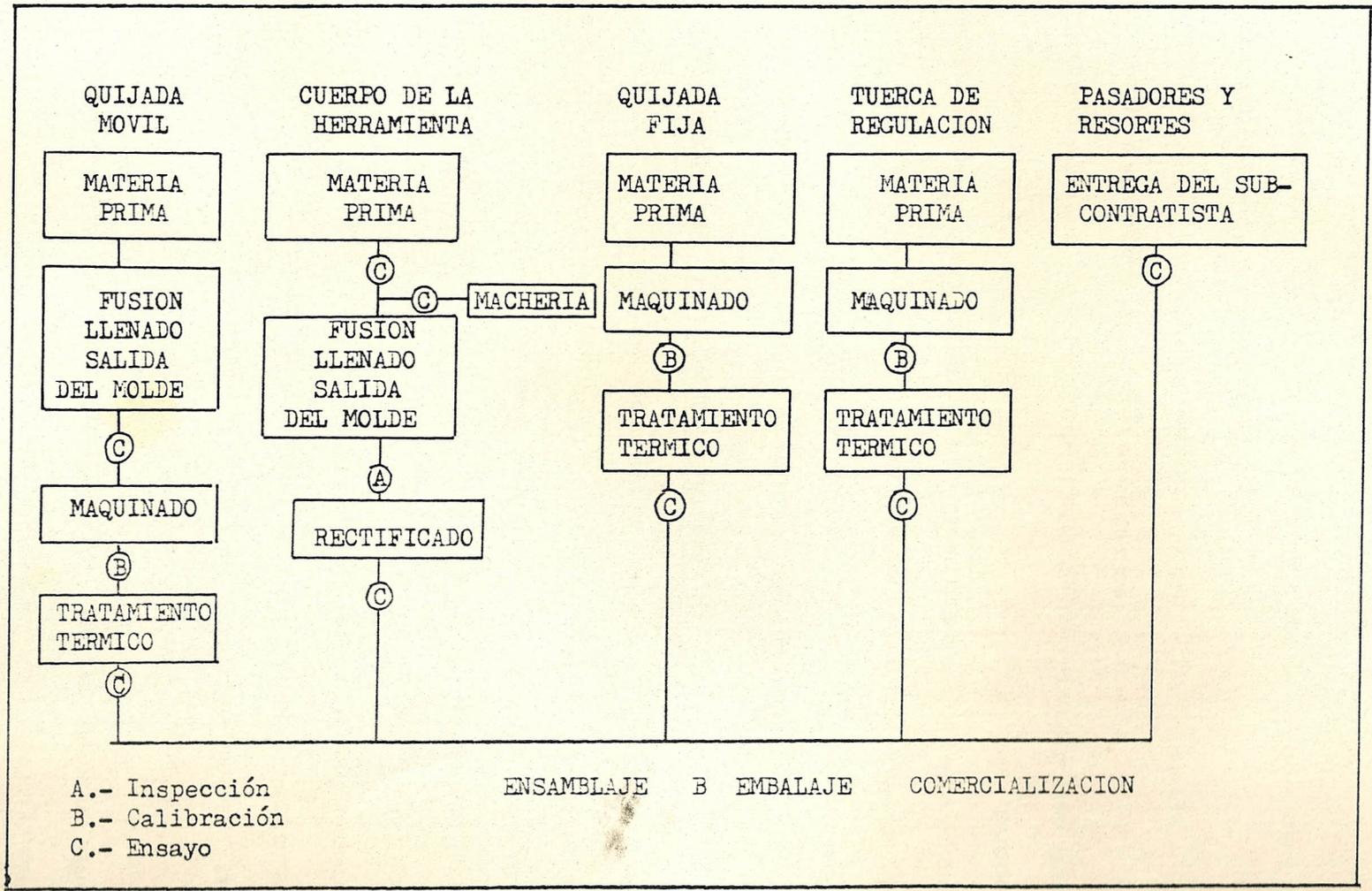
Definir el Sistema Productivo Integrado significa proponer las inter-relaciones que existen en todos los Procesos Productivos como un conjunto, de tal manera que se pueda conocer siempre la dependencia de un proceso con otro, y de los procesos con los puntos de Control de Calidad pertinentes. Por otro lado, El Sistema Productivo Integrado muestra los ciclos retroalimentativos de la producción que son necesarios para el máximo empleo de la materia prima o para la autocorrección de un proceso.

En la Figura # 16 se muestra el Proceso Productivo Integrado de la fabricación en serie de Llaves de Tubo. El diagrama incluye tanto las partes fabricadas por la empresa propuesta como por las fabricadas en base al subcontrato, en cuyo caso sólo se presupone que se hará Control de Calidad de un producto Terminado.

Debe enfatizarse que el Control de Calidad se debe realizar a tres niveles:

(a) Inspección.- Control ejercido por el ser humano sin ayuda de dispositivo de ninguna clase.

FIG. 16 DIAGRAMA DEL PROCESO PRODUCTIVO INTEGRADO



(b) Calibración.- Control ejercido con la ayuda de un instrumento mecánico de medición.

(c) Ensayo.- Control Hecho con la ayuda de instrumentos químicos o metalúrgicos.

El conocimiento del Proceso Productivo Integrado basa su importancia en que, gracias a él, se pueden determinar más rápidamente los posibles problemas que puedan presentarse en el Proceso Productivo, de tal manera que pueden resolverse más rápidamente, manteniendo elevada la eficiencia de la planta.

2.2 DETERMINACION DEL PATRON DE CONTROL DE CALIDAD

Una industria como la que se pretende organizar debe poseer un sistema de control de Calidad que combine la eficiencia, rapidez y una gran confiabilidad. es por eso que debe desarrollarse un método especial de responsabilidad compartida, de tal manera que cada persona en la empresa tenga parte en mayor o en menor grado en la Calidad del producto que se manufactura, en lugar de que esa responsabilidad caiga en manos de pocas personas o en un departamento en particular.

El análisis de la Calidad de cada elemento que conforma la llave de tubo se realizará via muestreo, es decir, evaluando la calidad de un lote completo a partir de un pequeño número de unidades del mismo y decidir si se rechaza o no el lote completo.

Para realizar el control de Calidad se debe tomar en cuenta que las características de los elementos a considerar son *atributos* y no *variables*. Un *atributo* es la característica del elemento de ser bueno o malo, y las observaciones de selección son "pasa" o "no pasa". Las *variables*, en cambio, son características que deben ser evaluadas de acuerdo a una escala de medidas. como los elementos a estudiar se les aplicará el criterio de "pasa" o "no pasa", se considerará el muestreo por *atributos*.

Comparado con una inspección de 100%, el muestreo tiene las siguientes ventajas:

- 1.- Es económico, debido a que se inspecciona sólo una pequeña parte del producto.
- 2.- Se reducen los daños por manipulación debido a la inspección.
- 3.- Reducción del número de inspectores y por lo tanto, los consiguientes gastos de reclutamiento, entrenamiento y salario, si trabajan en planta.
- 4.- Optimización del trabajo de inspección, pasando de la monòtona toma de decisiones de elemento por elemento, a la dinàmica toma de decisiones lote-por-lote.
- 5.- Aplicabilidad de ensayos destructivos, mejorando el nivel de aseguramiento de calidad en el lote.

6.- Rechazo de lotes enteros de materia prima a los proveedores, en lugar de rechazar solamente aislados elementos defectuosos detectados, a fin de motivar la Calidad de los productos que ellos entregan.

Lógicamente, el muestreo también tiene sus desventajas, como son:

- 1.- Existe el riesgo de aceptar lotes "malos" y de rechazar lotes "buenos".
- 2.- Requiere una planificación, organización y documentación adicionales.
- 3.- Una muestra provee menos información acerca del producto que una inspección realizada al 100% de los elementos.

Cuando un producto es emitido lote-por-lote, los planes de aceptación de las muestras vienen dados en términos de:

N = Tamaño del lote

n = Tamaño de la muestra

c = Número de defectuosos permisibles en la muestra

r = Número de defectuosos no permisibles en la muestra

Cuando se especifica más de una muestra por lote, los tamaños de las muestras sucesivas por lote son designados como n_1 , n_2 , n_3 , etc. Los números de aceptación (números de elementos defectuosos

permisibles por cada muestra) sucesivos son c_1 , c_2 , c_3 , etc. Los números sucesivos de rechazo son r_1 , r_2 , r_3 , etc.

En los planes de muestreo simples, la decisión de aceptar o rechazar un lote es basado en los resultados de inspeccionar un solo grupo de unidades tomados del lote. En los planes de muestreo doble, una muestra inicial usualmente más pequeña es tomada, y la decisión de rechazar se basa en esta muestra si el número de defectos es considerado no aceptable, llegando a tomarse una segunda muestra si los resultados de la primera no son decisivos. Debido a que es necesario tomar la segunda muestra sólo en los casos fronterizos de dubitación, el promedio de elementos inspeccionado por lote es generalmente menor con el muestreo doble comparado con el simple. En los planes de muestreo múltiple, una, dos o más muestras mucho más pequeñas son tomadas (generalmente, se truncan después de algunos números de muestras) hasta que la decisión de aceptación o rechazo es obtenida.

Se ha considerado al plan de muestreo simple como el más indicado para el presente Proyecto por ser el más práctico dado a que requiere de menos planificación, que no se justifica para la limitada producción propuesta. Sin embargo, debería considerarse el plan

de muestreo doble cuando se trate de un ritmo de producción más elevado. Si observamos la Figura # 17, podremos apreciar como funciona un plan de muestreo simple, y en la Figura # 18, un plan de muestreo doble. Es importante anotar que todos los planes sobreentienden que en los lotes rechazados se deben inspeccionar las piezas restantes del lote, y reemplazar o reparar las piezas defectuosas.

El control de Calidad tiene que trabajar activamente por la producción en sí, en la vigilancia de los mecanismos productivos, de tal forma que no sólo dicta normas de aceptación y rechazo, sino que ayuda a la detección de fallas en los mencionados mecanismos. por otro lado, es impensable que cuando exista algún tipo de problema, el método elegido no presente alguna forma de aumento de la severidad de las inspecciones, para un control más minucioso.

Existen algunos planes publicados de muestreo por *atributos* para inspección lote-por-lote, de los cuales podemos nombrar a los siguientes: MIL-STD-105D, Dodge-Romig, Muestreo en Cadena, Muestreo Skip-Lot, Plan Bayesiano, H107, H106 y el de Suma Acumulada.

MIL-STD 105D: Es un plan que se aplica en muestreo simple, doble y múltiple, y se aplica de una manera general si se pueden o no inspeccionar 100% los lotes

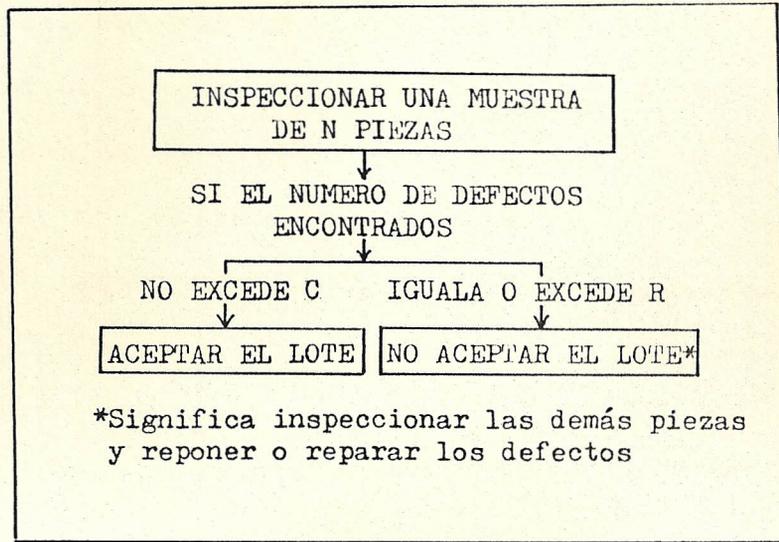


FIG. 17 PLAN DE MUESTREO SIMPLE

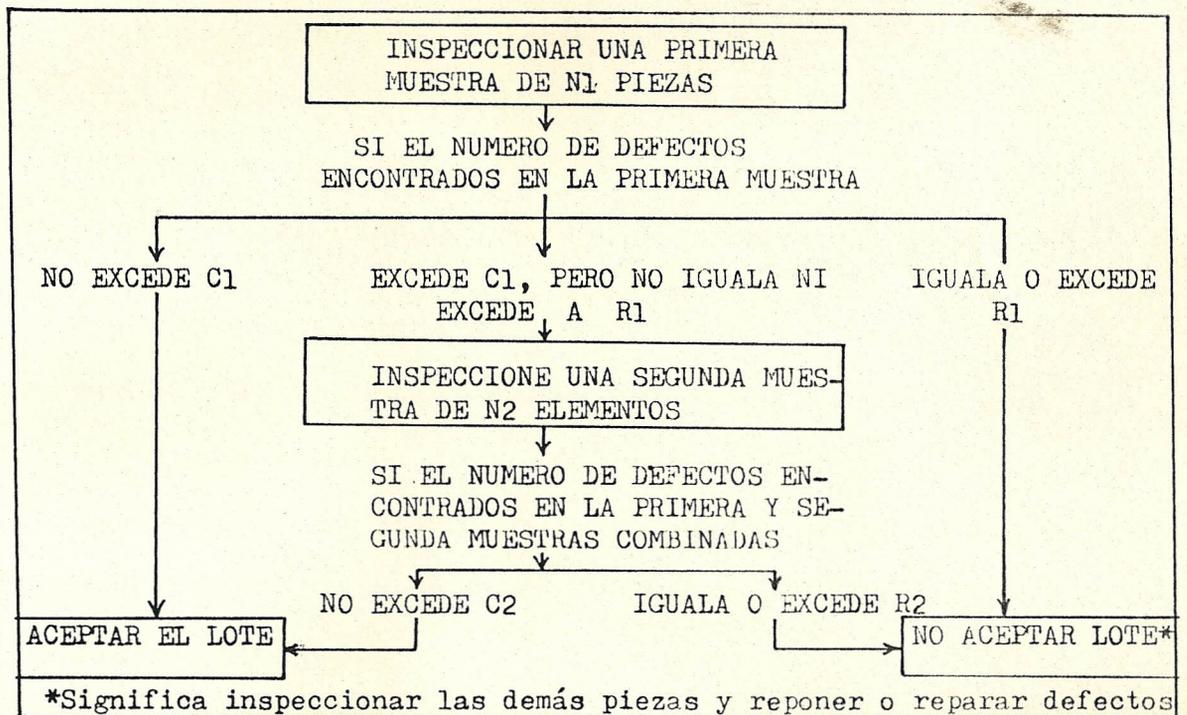


FIG. 18 PLAN DE MUESTREO DOBLE

rechazados. Mantiene una Calidad promedio a un nivel especificado o mejor. Además provee planes de muestreo simple para niveles fijos de riesgo del consumidor y promedios de Calidad en una producción continua. Tablas y mecanismos de operación simplificados se proveen para minimizar el entrenamiento previo a la utilización del plan.

Dodge-Romig: Emplea tipos de muestreo simples y dobles. Se usa en aplicaciones generales donde los lotes rechazados pueden ser 100% inspeccionados. Un tipo de plan tiene un riesgo para el consumidor de 0.10 para aceptar mala Calidad. Un segundo tipo de plan limita el nivel de calidad promedio en la producción continua. Se provee protección con una mínima inspección por lote.

Muestreo en Cadena: Acepta muestreo en simple y doble etapa. Es particularmente útil cuando la inspección involucra ensayos destructivos o costosos. Ayuda a minimizar los tamaños de la muestra sin un gran riesgo de rechazo de lotes buenos. Cuando se detecta una sola pieza defectuosa no necesariamente implica esto el rechazo del lote.

Plan Bayesiano (plan de muestreo de descubrimiento): El tipo de muestreo es generalmente simple, y se usa

en aplicaciones generales donde la probabilidad de encontrar defectos pueden ser determinados a priori. Un tamaño de muestra más pequeño se requiere examinar, en comparación con los otros esquemas de muestreo por atributos.

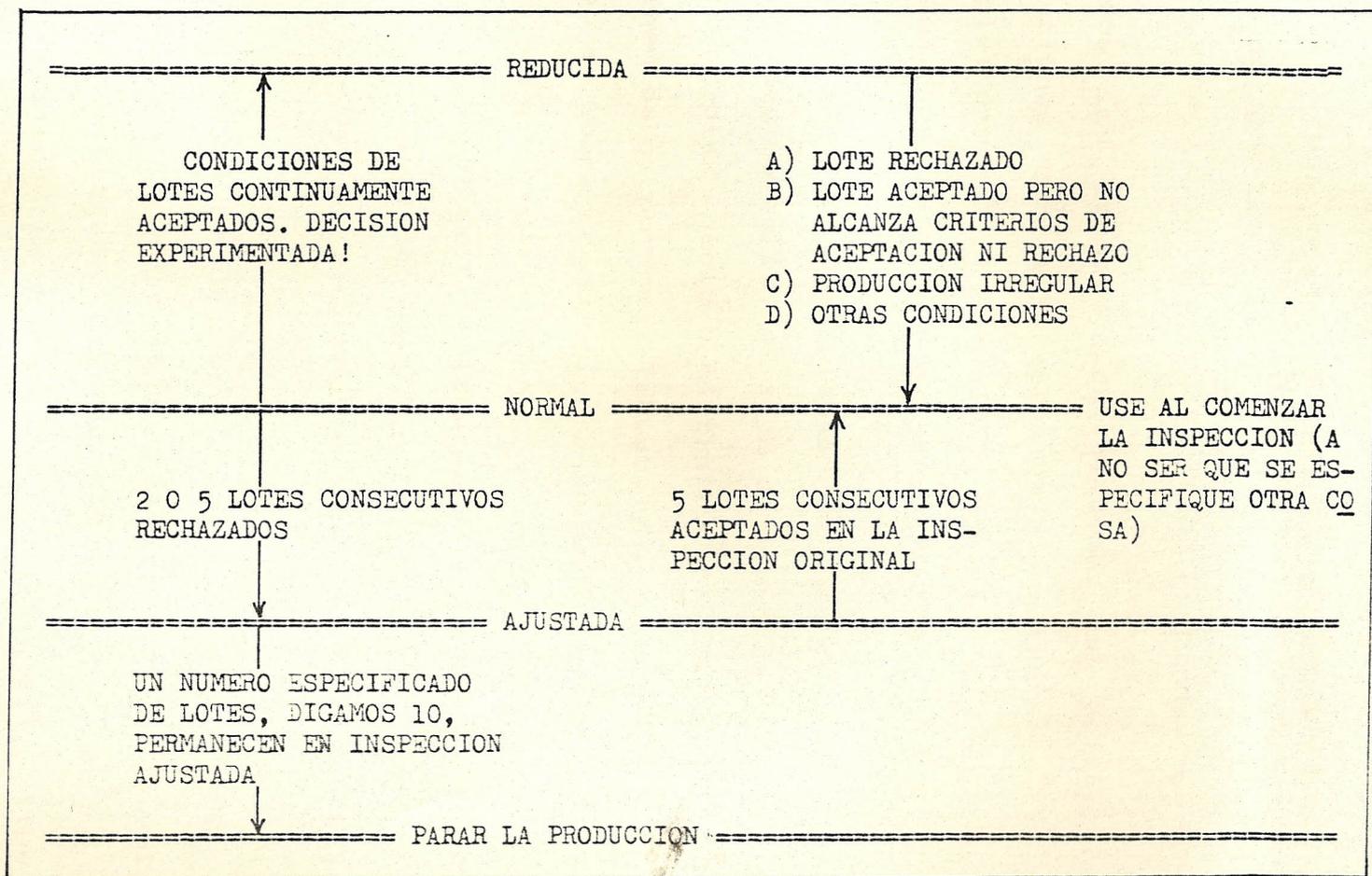
Muestreo Skip-lot: Emplea un tipo de muestreo simple, y es particularmente útil cuando está especificado un alto nivel de Control de Calidad y la inspección involucra ensayos destructivos o costosos. Ayuda a minimizar la inspección con una adecuada protección contra una gran degradación en la Calidad.

H107: Se emplea en niveles continuos y simples, en aplicaciones generales cuando la producción es verdaderamente continua y la inspección es no destructiva. Aunque los planes son regidos por el Nivel de Calidad Aceptable (NCA), los planes actualmente limitan la el promedio de Calidad en la producción continua.

H106: El muestreo se realiza en multiniveles continuos. El tipo de aplicación es el mismo que para el H107. Los planes limitan el promedio de Calidad en la producción continua.

Suma Acumulativa: El muestreo se realiza en niveles simples continuos, y se usa en aplicaciones generales

FIG. 18 REGLAS PARA CAMBIO DE SEVERIDAD EN LA INSPECCION



cuando la producción es verdaderamente continua y no existe restricción en cuanto a la naturaleza de la inspección. Los planes limitan la Calidad promedio de una manera distinta a los arriba mencionados.

Todos los planes para sistemas de aplicación no continuas son aplicables para nuestro Proyecto, pero emplearemos el MIL-STD-105D, por ser el de uso más común y de resultados positivos en la industria.

Aplicación de los planes de muestreo MIL-STD-105D: como se dijo antes, el tipo de muestreo aceptado puede ser simple, doble o múltiple. Los planes de muestreo vienen dados por unas Tablas, y el escogitamiento del plan se logra con el siguiente procedimiento:

- 1.- La siguiente información debe ser conocida:
 - a) Nivel de Calidad Aceptable (NCA)
 - b) Tamaño del lote
 - c) Tipo de muestreo (en nuestro caso, sencillo o simple)
 - d) Nivel de inspección (usualmente II)
- 2.- Conociendo el tamaño del lote y el nivel de inspección, obtener una letra clave de la Tabla # 7.
- 3.- Conociendo la letra clave, el NCA y el tipo de muestreo, leer el plan de muestreo de una de las nueve Tablas Maestras. En este caso en particular, la Tabla # 8 muestra la Tabla Maestra que se va a aplicar a

Lot or batch size	General inspection levels		
	I	II	III
2 to 8	A	A	B
9 to 15	A	B	C
16 to 25	B	C	D
26 to 50	C	D	E
51 to 90	C	E	F
91 to 150	D	F	G
151 to 280	E	G	H
281 to 500	F	H	J
501 to 1,200	G	J	K
1,201 to 3,200	H	K	L
3,201 to 10,000	J	L	M
10,001 to 35,000	K	M	N
35,001 to 150,000	L	N	P
150,001 to 500,000	M	P	Q
500,001 and over	N	Q	R

**TABLA 24-5 CODIGO DE LETRAS PARA
EL TAMAÑO DE LAS MUESTRAS**

El código de letras para el tamaño de las muestras en el cuerpo de la tabla son aplicables cuando los niveles de inspección indicados son usados. La norma incluye una tabla adicional de códigos de letras para inspecciones de muestras más pequeñas.

TABLA 7. TABLA DE LETRAS CLAVE (MIL-STD-105D)

TABLA 24-6 MIL-STD-105D TABLA MAESTRA PARA INSPECCION NORMAL

Sample size code letter	Sample size	Acceptable Quality Levels (normal inspection)																									
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	↓
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
Q	1250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑
R	2000	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

Use el primer plan de muestreo debajo de la flecha. Si el tamaño de la muestra iguala o excede el tamaño del lote, haga el 100% de la inspección.

Use el primer plan de muestreo arriba de la flecha.

Ac = Número de aceptación

Re = Número de rechazo



Tratamientos Térmicos de la Tuerca de Regulación se tiene que el tamaño del lote es igual al número de elementos que se traten simultáneamente, etc. Si dos máquinas realizan un mismo trabajo simultáneamente, es un error tomar como lote el producto combinado de ambas máquinas, puesto que cada una puede tener distintos porcentajes de elementos defectuosos producidos, que no serían detectados si se mezclan los lotes producidos.

El tratamiento que se le debe dar a cada paso del control de Calidad en cada elemento se mencionará en la sección 2.4, donde se proveerá el tamaño de cada lote, los números de aceptación y rechazo, además de los parámetros de aceptación y rechazo y la manera de realizar las pruebas.

La norma MIL-STD-105D provee 3 niveles de severidad para control de Calidad, que se adaptan de acuerdo con la performance de la fábrica. Se pretende decir con esto que, mientras la producción sea muy buena, la vigilancia es reducida y, si la producción se deteriora, la vigilancia debe ser más ajustada. Las reglas para cambio de severidad de la inspección se muestra en la Figura # 19.

nuestro caso.

El Nivel de Calidad Aceptable (NCA) es el porcentaje máximo de defectos (o número máximo de elementos defectuosos por cada 100 unidades que, para el propósito de inspección de muestras, puede ser considerado satisfactorio para una producción promedio. El NCA no puede ser determinado científicamente, y hay que recurrir a parámetros económicos o elegirlo arbitrariamente. En concepto, el NCA representa un punto de balance entre (1) el costo de lograr un mejor nivel de control de Calidad (aumentando la inspección de los proveedores, adicionando controles, adquisición de equipo de manufactura más precisos) y (2) el costo de permitir el peor nivel de Calidad (rechazo de conjuntos ensamblados, productos desperdiciados, incremento de paralizaciones). En la práctica, el NCA es un compromiso entre la capacidad del proveedor del producto y los requerimientos del comprador.

Un NCA que puede satisfacer nuestras necesidades se ha considerado arbitrariamente como 1 %.

El tamaño del lote depende de la manera en que éste sea originado. Por ejemplo, en el proceso de fusión de la Quijada Móvil, el número de elementos que resulten de cada colada resultan en un lote; en los

2.3 CARTA TECNOLÓGICA DE LA LLAVE DE TUBO

La Carta Tecnológica de la Llave de Tubos es la parte del presente Proyecto que ofrece un amplio panorama acerca de las partes constitutivas del producto que se fabrica. Se incluyen todos los detalles tanto de cada pieza como del conjunto ensamblado. La información comprende dimensionamiento, ajustes, tolerancias, acabado superficial, material, tratamiento térmico, dureza, etc.

A través de las Figuras # 20, 21 y 22, se tiene la información de donde partir para elaborar una Llave de Tubo de 14 pulgadas (según denominación comercial).

2.4 PRUEBAS DE CONFIABILIDAD DE PARTES Y MUESTREO

QUIJADA MOVIL

a) Control de Calidad de los Moldes Cerámicos

La inspección de los moldes cerámicos debe hacerse de una manera visual, para detectar irregularidades en el acabado superficial de los mismos que puedan comprometer el acabado final de la pieza moldeada.

Tamaño del lote (N):	10
Tamaño de la muestra (n):	1
Número de aceptación:	0
Número de rechazo:	1
Parámetro de aceptación :	Buen acabado superficial
Parámetro de rechazo:	Mal acabado superficial

b) Control de Calidad después de la Fusión

Debido a la importancia de esta pieza, se procederá a realizar una inspección radiográfica para verificar un llenado completo sin defectos internos de llenado. Se deberá hacer una inspección visual inicial para comprobar defectos externos de llenado.

Tamaño del lote (N):	1000
Tamaño de la muestra (n):	80
Número de aceptación:	2
Número de rechazo:	3
Parámetro de aceptación :	No presencia de defectos de llenado
Parámetro de rechazo:	Presencia de defectos de llenado

c) Control de Calidad de la Rosca Maquinada

La rosca maquinada de la Quijada Móvil tiene tal ajuste que no requiere un Control de Calidad estricto, es decir, que no se requiere de galgas de calibración o de control de perfiles. La comprobación se realizará en base de una Tuerca de Regulación a la que previamente se le ha hecho un Tratamiento Térmico de Cementación para aumentar su resistencia al desgaste. Como las tolerancias existentes entre la Tuerca de Regulación y la Quijada Móvil son de algo menos que un milímetro, entonces deben entrar muy fácilmente.

Tamaño del lote (N): 1000
 Tamaño de la muestra (n): 80
 Número de aceptación: 2
 Número de rechazo: 3
 Parámetro de aceptación : La Tuerca entra fácilmente
 Parámetro de rechazo: La Tuerca no entra o lo hace con dificultad

d) Control de Calidad del Tratamiento Térmico

El Control del Tratamiento de la Quijada Móvil se realiza haciendo un ensayo de durometría en la superficie de la misma, con un durometro Rocwell C.

Tamaño del lote (N): 1000
 Tamaño de la muestra (n): 80
 Número de aceptación: 2
 Número de rechazo: 3
 Parámetro de aceptación : Dureza alcanzada= 39-41 Rc
 Parámetro de rechazo: Rc > 41 y Rc < 39

CUERPO DE LA HERRAMIENTA

a) Control de Calidad de la Materia Prima inicial

Se hace hincapié en la materia prima que se usa en el comienzo, porque no se analizara la materia prima que se reprocese, debido a que el Ilzro ZA-27 no se deteriora con la repetitividad de procesos de fusión,

conservando sus propiedades iniciales. El Ilzro ZA-27, para ser fusionado, requiere de 5 elementos que son Aluminio, Zinc, Cobre, Hierro y Magnesio. La manera de inspeccionar estos elementos corresponde a la experiencia del personal de fundición, aunque se recomendaría hacer un análisis metalográfico para cada 100 Kg de material.

b) Control de Calidad de Machería y Moldes

Se hace una prueba de resistencia a la tracción a las muestras de los machos y a las muestras de arena de moldeo. Para los machos se tiene lo siguiente:

Tamaño del lote (N):	1000
Tamaño de la muestra (n):	80
Número de aceptación:	2
Número de rechazo:	3
Parámetro de aceptación :	Resistencia= XX [Kg/mm ²]
Parámetro de rechazo:	x1 > Resistencia < x2

c) Control de Calidad de Llenado

Se trata de una inspección visual del llenado completo de este elemento. Además, debe verificarse la limpieza total de la Caja de Alojamiento, sobre todo, en la parte donde se montará el Resorte Helicoidal.

Tamaño de la muestra (n):	80
Número de aceptación:	2
Número de rechazo:	3
Parámetro de aceptación :	No defectos de llenado
Parámetro de rechazo:	Existencia de defectos de llenado

d) Control de Calidad Post-Rectificado

El ensayo propuesto es una prueba de confiabilidad de doblado, necesario para verificar si el elemento puede resistir los esfuerzos para los cuales ha sido diseñado. El ensayo consta de sujetar al Cuerpo de la Herramienta en una mordaza inmovilizadora, y luego aplicarle un peso determinado que dependerá del tamaño de la herramienta que se esté probando, pero que oscila alrededor de los 70 kilos. Se coloca el peso en el extremo final del Cuerpo de la Herramienta y se verifica si el elemento sufre fractura o no. Si el elemento se dobla, pasa la prueba. Un esquema del aparato de pruebas se muestra en la Figura # 23.

Tamaño del lote (N):	1000
Tamaño de la muestra (n):	80
Número de aceptación:	2
Número de rechazo:	3
Parámetro de aceptación :	Doblado o no fractura
Parámetro de rechazo:	Fractura

Parámetro de rechazo: Fractura

QUIJADA FIJA

a) Control de Calidad del Maquinado

Se hará Control de Calidad del ancho de la porción del elemento que se inserta en el Cuerpo de la Herramienta, con un calibrador pasa-no pasa. La dimensión para la Llave de 14 pulgadas es: 9.0 mm.

No se hará Control de Calidad del agujero taladrado para el pasador.

Tamaño del lote (N): 1000
 Tamaño de la muestra (n): 80
 Número de aceptación: 3
 Número de rechazo: 2
 Parámetro de aceptación : $x = 9.00 \text{ mm } (\pm 0.01)$
 Parámetro de rechazo: $8.99 \text{ mm} > x < 9.01 \text{ mm}$

b) Control de Calidad del Tratamiento Térmico

Se realizará un ensayo de durometria en la superficie del elemento. debe emplearse un durómetro Rockwell C.

Tamaño del lote (N): 1000
 Tamaño de la muestra (n): 80
 Número de aceptación: 2
 Número de rechazo: 3
 Parámetro de aceptación : Dureza alcanzada= 39-41
 Rc Parámetro de rechazo: $Rc > 41 \text{ y } Rc < 39$

TUERCA DE REGULACION

Se hará un Control de Calidad de la rosca de la Tuerca de Regulación por medio de una rosca patrón macho, hecha de acero SAE 1020 con un proceso de Tratamiento Térmico de Cementación que le d  mayor resistencia al desgaste, y que tenga las mismas características que la rosca de la Quijada Móvil.

Tamaño del lote (N):	1000
Tamaño de la muestra (n):	80
Número de aceptación:	2
Número de rechazo:	3
Parámetro de aceptación :	La rosca entra fácilmente
Parámetro de rechazo:	La rosca no entra o lo hace con dificultad

b) Control de Calidad del Tratamiento Térmico

Se realizará un ensayo de durometria en la superficie del elemento. debe emplearse un durómetro Rockwell C.

Tamaño del lote (N):	1000
Tamaño de la muestra (n):	80
Número de aceptación:	2
Número de rechazo:	3
Parámetro de aceptación :	Dureza alcanzada= 39-41 Rc
Parámetro de rechazo:	Rc > 41 y Rc < 39

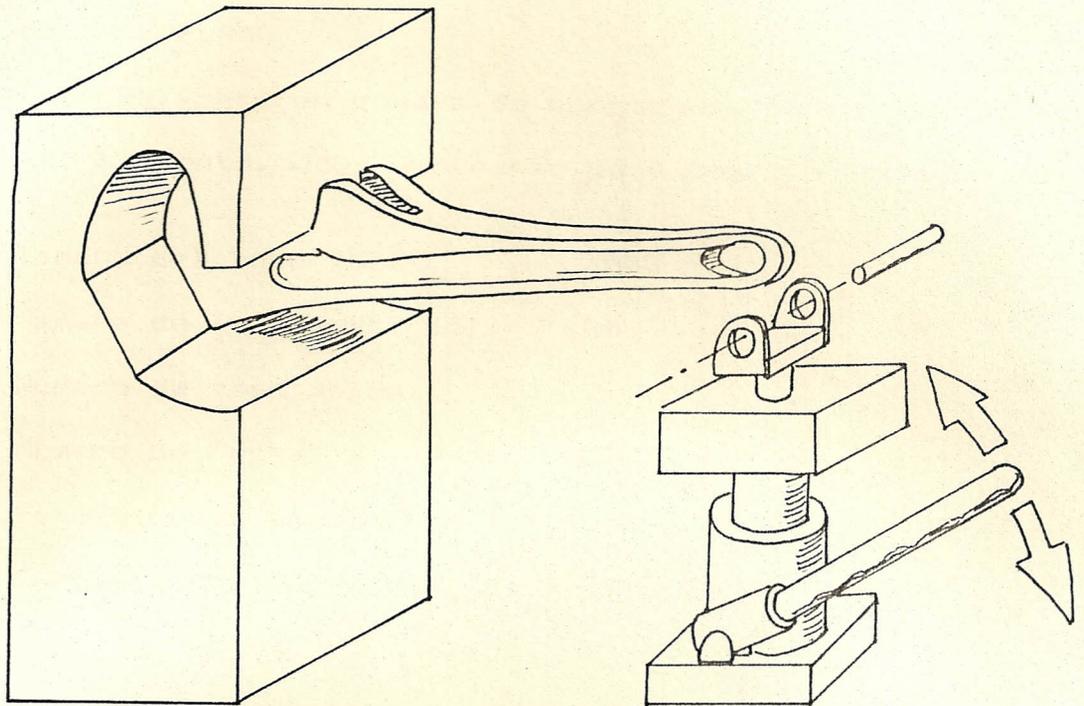


FIG. 23 ENSAYO DE DOBLADO DE LA QUIJADA MOVIL

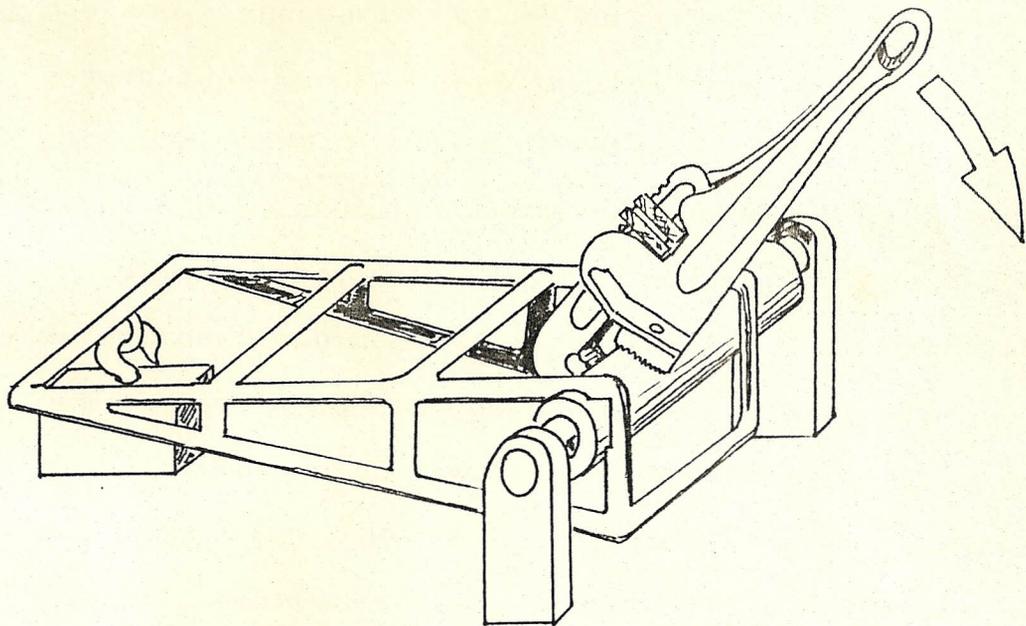


FIG. 24 ENSAYO DE DOBLADO DEL CONJUNTO ENSAMBLADO

RESORTE PLANO

Se realizará un ensayo de durometria en la superficie del elemento. debe emplearse un durómetro Rockwell C.

Tamaño del lote (N):	1000
Tamaño de la muestra (n):	80
Número de aceptación:	2
Número de rechazo:	3
Parámetro de aceptación :	Dureza alcanzada= 39-41 Rc
Parámetro de rechazo:	Rc > 41 y Rc < 39

CONJUNTO ENSAMBLADO

El ensayo propuesto es una prueba de confiabilidad de doblado, necesario para verificar si el conjunto ensamblado puede resistir los esfuerzos para los cuales ha sido diseñado. El ensayo consta de aplicar la herramienta en una barra redonda que forma parte de un dispositivo, y luego aplicarle un torque determinado que dependerá del tamaño de la herramienta que se esté probando, pero que oscila alrededor de los 13.500 kilos-mm. Se coloca un tubo en el extremo final del Cuerpo de la Herramienta, para simular condiciones de mal empleo y se verifica si el elemento sufre fractura o no. Si el elemento se dobla, pasa la prueba. Un esquema del aparato de pruebas se muestra en la Figura # 24.

Tamaño del lote (N):	1000
Tamaño de la muestra (n):	80
Número de aceptación:	2
Número de rechazo:	3
Parámetro de aceptación :	Doblado o no fractura
Parámetro de rechazo:	Fractura

2.5 ESPECIFICACIONES Y CALIFICACION DE SUBCONTRATISTAS

Existen procedimientos que resultan mejor hacerlas por la vía del subcontrato, porque de no ser así, habría que pagar una infraestructura la cual no estaría justificada tener por cuanto no se le sacaría todo el provecho potencial que representa. Por ejemplo, si se tiene que hacer una prueba de llenado por medio de rayos X, no se justifica la compra de un equipo completo de radiografía para una industria como la propuesta en este Proyecto, pero si lo sería para un Laboratorio de análisis de soldadura, por ejemplo. Siguiendo esta filosofía, se ha determinado que los ensayos de Control de Calidad y la fabricación de los resortes planos y helicoidales se realicen por medio del subcontrato.

Subcontrato de Control de Calidad.

Para los procesos de Control de Calidad se requiere de un subcontratista que posea la siguiente infraestructura:

- a) Durómetro Rocwell C o su equivalente.
- b) Banco de lijado basto, fino y disco de pulido para probetas metalográfico.
- c) Microscopio metalográfico de hasta 1000 X.
- d) Equipo de Rayos X de 200 Kilo Voltios.
- e) Equipo de Ensayo de Tracción de arenas y machos.

Subcontrato de Fusión de Quijada Móvil.

Para los procesos de la fusión de la Quijada Móvil se requiere de un subcontratista que posea la siguiente infraestructura:

- a) Molino de arena.
- b) Horno de secado de moldes y derretir cera.
- c) Horno de inducción de 200 Kg.
- d) Matriz para modelo de cera.
- e) Máquina de inyección de cera.

Subcontrato de Resortes

Para los procesos de la elaboración de los Resortes Planos se requiere de un subcontratista que posea la siguiente infraestructura:

- a) Troquel
- b) Prensa
- c) Horno de Cementado

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos durante la ejecución del Proyecto se puede concluir lo siguiente:

1. La realización del Proyecto es perfectamente viable porque existe en el país la capacidad instalada para realizar todos los procesos, tanto los que se pueden hacer en una fábrica, como los que se subcontratarán.
2. El método de austemplado implica un gasto extra para el Proyecto debido a que aumenta los requerimientos del número de hornos de la Fábrica.
3. Para el método de Tratamientos térmicos resulta más conveniente tratar muchas piezas a la vez, haciendo la producción de un mes en uno o dos días, que un proceso continuo, porque demanda mucho menos energía.
4. Pudo notarse la influencia del Vanadio en la templabilidad de un acero de 0.18 % de carbono. Sin ese elemento, la templabilidad del acero SAE 6118 hubiera decaído notablemente y no se hubiera alcanzado la dureza requerida en el experimento.

Es recomendable hacer más experimentación para obtener la temperatura del baño de austemplado para el acero SAE 1050, porque el método es potencialmente muy rápido con un ahorro de energía muy grande dado el

poco tiempo de permanencia del elemento dentro del mencionado baño.

También es recomendable encontrar la temperatura de revenido de una manera práctica, para comprobar si la temperatura de 370 °C es, como se dedujo teóricamente la temperatura a la que se alcanza 40 Rc en el acero SAE 1050.

La determinación del tamaño del lote, y por lo tanto de la muestra no pudo ser determinada exactamente en algunos casos, además que en el proyecto real podrían variar. Sin embargo, con las tablas de la norma MIL-STD-105D se pueden obtener muy fácilmente.

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

1. M. ATKINS. *Atlas of Continuous Cooling Transformation Diagrams for Engineering Steels*. American Society for Metals. Ohio. 1979
2. METALS HANDBOOK. *Volume 4: Heat Treating*. Ninth Edition. 1981
3. SAE HANDBOOK 1978. Society of Automotive Engineers Inc. Pasadena. 1978
4. STEEL CASTING HANDBOOK. Steel Founders' Society of America. Edward Brothers. 1980
5. JOSEPH M. JURAN. *Quality Control Handbook*. New York. Mc Graw Hill. 1979
6. KENNEDY & ANDREWS. *Inspection and Gaging*. Industrial Press. New York. 1980
7. ANIL K. HINGWE. *Quality Control Handbook: Applications to Ferrous Metalworking*. Metals Park: American Society for Metals. 1982
8. DALE H. BESTERFIELD. *Quality Control*. Englewood Cliffs. Prentice Hall. 1979
9. CHARBONEAU & WEBSTER. *Industrial Quality Control*. Englewood Cliffs. Prentice Hall. 1978

10. ANCHALUISA, MARCOS. *Proyecto de Inversión para Producción Nacional de Herramientas Manuales (Diseño y Selección de Materiales)*. Tópico de Graduación. ESPOL. 1990.
11. BEJAR, FERNANDO. *Proyecto de Inversión para Producción Nacional de Herramientas Manuales (Proceso de fusión)*. Tópico de Graduación. ESPOL. 1990.
12. NUNEZ, HECTOR. *Proyecto de Inversión para Producción Nacional de Herramientas Manuales (Análisis de Mercado y Análisis Económico)*. Tópico de Graduación. ESPOL. 1990.
13. VARGAS, MANUEL. *Proyecto de Inversión para Producción Nacional de Herramientas Manuales (Proceso de Mecanizado)*. Tópico de Graduación. ESPOL. 1990.