

11161  
3  
20

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN**



**ANALISIS DE FALLA DEL ACERO  
SAE-12L14 EN CONEXIONES DE  
FRENOS HIDRAULICOS**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
*Maestría en:*  
*Ingeniería Metal-mecánica*

**SERGIO LOPEZ MEJIA**

1994

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO PARA EXAMEN DE GRADO:**

**PRESIDENTE  
VOCAL  
SECRETARIO  
SUPLENTE  
SUPLENTE**

**DR. ANDRES HERRERA VAZQUEZ.  
DR. JAIME HINOJOSA TORRES.  
M. EN C. RAUL A. LUCIDO DE LA PARRA.  
M. EN C. TOMAS RANGEL ORTIZ.  
ING. ULRICH SHARER SAUBERLY**

**MAESTRIA EN INGENIERIA METAL-MECANICA**

**DIRECTOR DE TESIS:  
SUSTENTANTE:  
SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:**

**DR. ANDRES HERRERA VAZQUEZ  
ING SERGIO LOPEZ MEJIA  
TEBO, S.A. DE C.U.,  
CIA. METALURGICA MEXICO, S.A.  
FES-CUAUTITLAN UNAM.**

## CONTENIDO

CAPITULO	PAGINA
I.- FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE UN VEHICULO .....	5
101.- Transferencia del Peso .....	7
102.- Pérdida de eficacia .....	8
103.- Neumáticos y frenado .....	9
104.- Distancias de frenado con una eficacia del 60% y del 80 % en los frenos .....	9
105.- Funcionamiento de los frenos hidráulicos .....	10
106.- Líquido de freno hidráulico .....	13
107.- Funcionamiento conjunto de los cilindros .....	14
108.- Funcionamiento de los frenos de tambor .....	15
109.- Clases de frenos de tambor .....	18
110.- Forros de freno (balatas) .....	18
111.- Frenos de tambor de reglaje automático .....	19
112.- Cilindro maestro de frenos .....	19
113.- Freno de ruedas delanteras .....	21
114.- Booster o Servofreno .....	21
II.- CARACTERISTICAS DE ACEROS AL CARBON DE LIBRE MAQUINADO .....	22
201.- Aceros de fácil maquinabilidad .....	23
202.- Aceros al azufre .....	23
203.- Aceros al plomo .....	24
204.- Aceros al telurio .....	25
205.- Aceros de alto contenido en plomo .....	27
206.- Aceros con bismuto .....	29
207.- Aceros de maquinabilidad mejorada .....	30
208.- Aceros con azufre .....	30
209.- Aceros con calcio .....	30
210.- Aceros con plomo .....	31
211.- Acero SAE-12L14 .....	32
212.- Inclusiones .....	34
213.- Macroinclusiones .....	36

<b>III.- LA INFLUENCIA DE LAS INCLUSIONES NO-METALICAS EN LA MAQUINABILIDAD DE LOS ACEROS DE BAJO CARBONO .....</b>	<b>37</b>
<b>301.- Inclusiones no metálicas .....</b>	<b>38</b>
<b>302.- Medición de las inclusiones .....</b>	<b>42</b>
<b>303.- Índice de maquinabilidad .....</b>	<b>49</b>
<b>IV.- APLICACION ESPECIFICA DEL ACERO SAE-12L14 EN FRENOS AUTOMOTRICES .....</b>	<b>51</b>
<b>U.- DESCRIPCION DE FALLA EN LA CONEXION DE ACERO SAE-12L14 .....</b>	<b>54</b>
<b>501.- Análisis de la falla en la conexión de acero SAE-12L14 .....</b>	<b>55</b>
<b>502.- Acciones en planta fundidora de acero .....</b>	<b>56</b>
<b>503.- Criterios de limpieza en ollas para evitar la posible formación de macroinclusiones en la fabricación del acero SAE-12L14 .....</b>	<b>58</b>
<b>504.- Análisis Químico .....</b>	<b>59</b>
<b>505.- Análisis metalográfico .....</b>	<b>59</b>
<b>506.- Inspección con ultrasonido .....</b>	<b>66</b>
<b>507.- Acciones en la planta manufacturera de conexiones de mangueras para frenos hidráulicos..</b>	<b>78</b>
<b>508.- Acciones en planta de estirado de aceros .....</b>	<b>83</b>
<b>VI.- CONCLUSIONES PARA ELIMINACION TOTAL DE FALLA EN LA CONEXION DE ACERO SAE-12L14 .....</b>	<b>87</b>
<b>VII.- FUTUROS TRABAJOS .....</b>	<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>91</b>

## **INTRODUCCION**

En esta introducción se expone brevemente el contenido del presente trabajo, las razones de la inserción de los temas y su enfoque, así como la contribución al desarrollo de este tema que es de gran interés por el riesgo que implica manejar un vehículo con un sistema de frenos deficiente.

**CAPITULO I: FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE UN VEHICULO.-** Desde que el hombre inventó la rueda, se vió enfrentado con el problema de cómo detener un carro. Fue así como se desarrollaron diferentes sistemas para frenar, que se fueron haciendo más complejos en la medida como se hacían más complejos los vehículos.

Antes de analizar "una falla" en un sistema de frenos actual, se deben entender algunos de los principios básicos que intervienen en este sistema.

**CAPITULO II: CARACTERISTICAS DE ACEROS AL CARBON DE LIBRE MAQUINADO.-** El acero SAE-12L14 con el que se fabrican las conexiones para mangueras de frenos hidráulicos, caen en esta clasificación, por lo que es muy importante conocer los factores que influyen directa e indirectamente en su maquinabilidad, mediante la agregación de plomo y azufre y también de calcio, telurio y bismuto, con un bajo contenido de carbono.

**CAPITULO III; LA INFLUENCIA DE LAS INCLUSIONES NO-METALICAS EN LA MAQUINABILIDAD DE LOS ACEROS DE BAJO CARBONO.-** La adición de plomo en los aceros de fácil maquinabilidad, origina micro y macro inclusiones no metálicas, pero asociando el plomo con productos de reoxidación de óxido de silicio y óxido de manganeso. Como estas inclusiones tienen un papel preponderantemente negativo en la maquinabilidad, por el desgaste de herramientas y posibles fracturas en la pieza a maquinar, he considerado esencial pormenorizar su influencia insertando este capítulo.

**CAPITULO IV: APLICACION ESPECIFICA DEL ACERO SAE-12L14 EN FRENS AUTOMOTRICES.-** Las partes que componen un sistema de frenos vehicular, están fabricadas con diferentes metales, por ejemplo el cilindro maestro y los cilindros de rueda los hay en hierro fundido y en aleaciones de aluminio, el caliper sólo en hierro fundido, la tubería conductora de fluido, de acero SAE-J-403. Los pistones de zamac y de aleación de aluminio. Entonces sólo los tornillos purgadores, las conexiones de tubos conductores de fluido y las conexiones de las mangueras, se fabrican con el acero SAE-12L14. La calidad de todos los materiales y componentes del sistema de frenado, deben cumplir estrictamente con todas las normas técnicas de fabricación, por ser vitales en el funcionamiento de un vehículo.

**EL CAPITULO V: DESCRIPCION DE FALLA EN LA CONEXION DE ACERO SAE-12L14 y el CAPITULO VI: CONCLUSIONES PARA LA ELIMINACION TOTAL DE FALLA EN LA CONEXION DE ACERO SAE-12L14,** constituyen la esencia y parte medular del presente trabajo de tesis, pues al haberse detectado una fractura en esta pieza durante su fabricación, hubo la necesidad de efectuar unos análisis exhaustivos en cada etapa del proceso: fundición o acería, estirado, maquinado, tratamiento electrolítico y ensamble a la manguera.

Por ejemplo, en la planta fundidora de acero se buscaron las causas más probables de la formación de macroinclusiones y se realizó un gran número de análisis químicos cualitativos y cuantitativos; metalográficos para conocer su microestructura; pruebas de dureza, inspecciones con ultrasonido y estudios comparativos con fabricantes de aceros internacionales como Alemania, España y Estados Unidos.

En la planta fabricante de las mangueras, se llevó a cabo un diseño de experimentos para liberar esfuerzos y disminuir la dureza del acero, mediante el tratamiento térmico de revenido, en 20 pruebas con diferentes parámetros de proceso: temperatura, atmósfera y tiempo de permanencia en el horno, habiendo encontrado las condiciones propicias para engargolar la conexión eliminando la falla en cuestión. Sin embargo, no se eliminaba la raíz del problema.

**En la planta de estirado se realizaron pruebas consistentes en reducir el porcentaje de estirado; para evitar mayores tensiones en el material mediante el rediseño de dados de extrusión, que implica variar parámetros de lubricación, diámetro de entrada, velocidad y dureza en el extruído.**

**La conjunción de todas estas pruebas efectuadas durante tres años, determinaron las causas y eliminación total de la falla presentada, dejando implantadas en definitiva una serie de reformas al proceso, que coadyuvan a su eliminación de origen, garantizando la fabricación de la manguera de frenos con calidad total.**

En los últimos años, nuestro país ha experimentado cambios muy importantes en su estructura económica, que han permitido identificar claramente nuestras ventajas en materia industrial y, en particular, en la Industria automotriz se ha visto la necesidad urgente de seguir una estrategia acorde con el entorno internacional que está impulsando continuamente cambios tecnológicos para alcanzar calidad y precios competitivos.

La actividad económica actual está enmarcada en una política de estabilidad, competitividad y empleo, con la cual se pone en marcha la modernización de la cadena productiva y laboral mexicana, sentando las bases para enfrentar la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de America del Norte.

Los errores cometidos en el pasado en materia de protección industrial, es urgente corregirlos por el camino de la reconversión de toda la cadena productiva. Se tienen fijados ya los objetivos que muestran el deseo de convertir la Industria Automotriz, en una de las mas importantes exportadoras de México.

La generación de divisas que permitan compensar importaciones necesarias para su operación, el incentivo de exportar líneas adicionales cuando sean autosuficientes en divisas, la fabricación de camiones pesados a través de empresas con mayoría de capital mexicano, la promoción de exportación de partes y componentes vía la industria nacional de autopartes y uno muy importante, producir partes con la más alta calidad mediante el cumplimiento irrestricto de las especificaciones técnicas.

El presente trabajo trata sobre una falla en una parte muy importante relacionada con el frenado de vehículos automotores, mostrando que cuando se tiene la conciencia y disponibilidad de hacer la cosas con eficiencia y calidad, se logra eliminar las fallas mediante un análisis adecuado, dejando a la vez asentadas acciones preventivas para el mejoramiento permanente del producto.

## CAPITULO I

### FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE UN VEHICULO.

El freno actúa debido a la fricción que se produce entre una parte fija del coche y un disco o un tambor que gira con la rueda. La fricción produce el par necesario para reducir la velocidad del coche y convierte la energía del vehículo en calor. Este se transmite al aire, que refrigera los frenos.

Durante muchos años, el elemento giratorio del freno consistía en un tambor al que se aplicaban dos tipos distintos de mecanismos de fricción: una banda externa que se contraía alrededor del tambor, o un juego interior de zapatas, que al expandirse oprimían la superficie interna del tambor. La banda o las zapatas estaban provistas de unos forros de material resistente al calor. Los frenos de tambor con zapatas aún se emplean en muchos coches, en las cuatro ruedas o sólo en las traseras (en este caso se montan frenos de disco en las ruedas delanteras). En los sistemas corrientes, el pedal del freno actúa sobre las cuatro ruedas, mientras que el de mano sólo bloquea las ruedas traseras. La palanca de freno de mano posee un trinquete que permite que siga actuando al quedar el coche estacionado.

Los fabricantes proyectan los frenos del tambor de modo que la lluvia, la nieve o el polvo no pueden disminuir la eficiencia de la frenada, pues la humedad limita el roce entre las zapatas y el tambor. No obstante, el deflector que protege el tambor no puede evitar la penetración de agua, por lo que, después de pasar por una zona inundada o por un charco profundo, el conductor deberá aplicar parcialmente los frenos para que el calor de la fricción elimine el agua por evaporación.

El sobrecalentamiento disminuye la eficacia de los frenos de tambor y, si es excesivo, dañará las zapatas de modo irremediable.

Los frenos de disco están más expuestos al aire y eliminan calor con mayor rapidez que los frenos de tambor, por lo que tienen menos probabilidad de sobrecalentarse y de perder eficacia. Se montan en coches de elevado rendimiento y, por regla general, en las ruedas delanteras.

El freno de disco del coche también tiene un par de pastillas de freno, pero en vez de actuar directamente sobre la rueda abrazan un disco metálico que gira con ésta. Cuando el conductor acciona el freno, las pastillas presionan contra el disco y disminuyen la velocidad de la rueda. Las zapatas del freno de tambor pueden disponerse de manera que tiende a "acufiarse", lo que reduce el esfuerzo necesario del pedal. Los frenos de disco carecen de esta ventaja y por lo tanto necesitan SERVOFRENO (excepto en los coches ligeros).

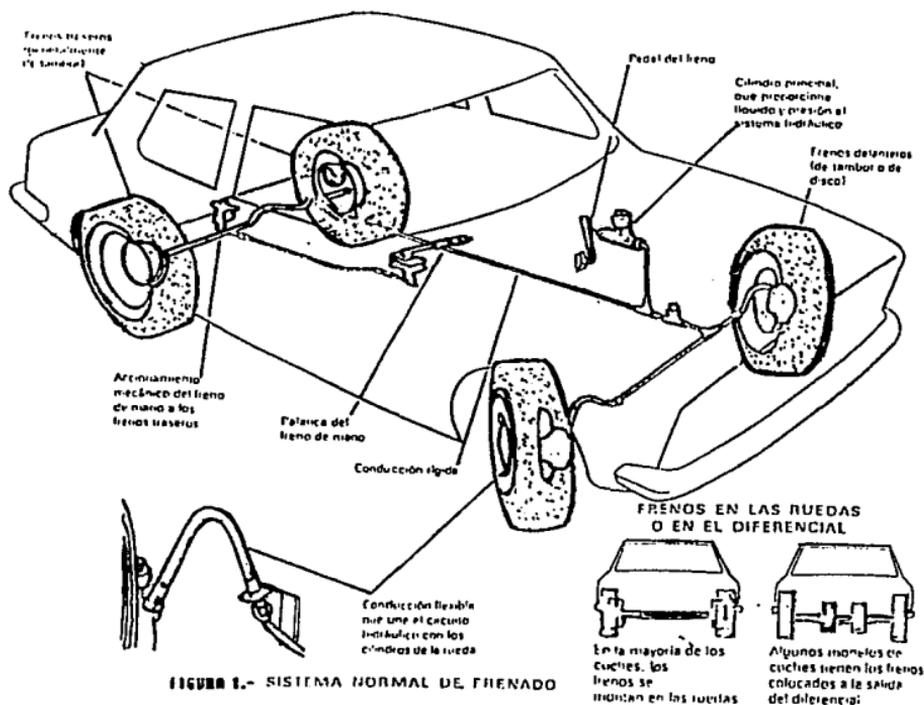
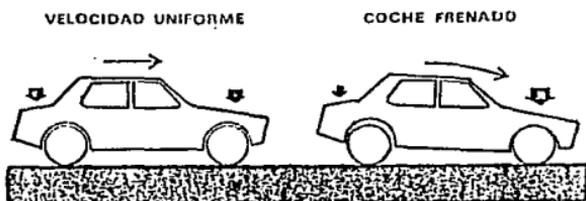


FIGURA 1.- SISTEMA NORMAL DE FRENADO

## 101.- TRANSFERENCIA DEL PESO.

En teoría, el esfuerzo de frenado debiera distribuirse entre las ruedas delanteras y traseras en proporción al peso que soportan. Este varía según el tipo de coche (si es de motor trasero o delantero, por ejemplo), el número de personas que viajan en él y el equipaje transportado. Pero al frenar, parte del peso se descarga hacia adelante y se añade al que ya soportan las ruedas delanteras; por consiguiente, se descarga de las traseras (figura 2).



EL PESO DE UN COCHE QUE CIRCULA A UNA VELOCIDAD UNIFORME SE DISTRIBUYE ENTRE LAS RUEDAS DELANTERAS Y TRASERAS. AL FRENAR SE CARGAN LAS DELANTERAS Y SE DESCARGAN LAS TRASERAS.

Figura 2

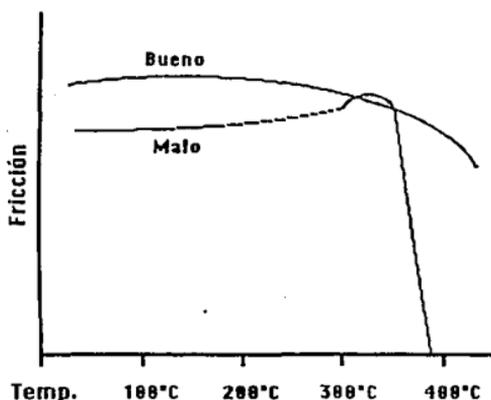
Al pisar a fondo el freno, aumenta la transferencia, con lo que las ruedas traseras tienden a bloquearse, lo que suele ser causa de que el coche se derrape. Si las ruedas delanteras son las primeras en bloquearse, el coche seguirá en línea recta y se perderá el control de la dirección, el bloqueo de las ruedas por frenazos bruscos es más probable que ocurra en carreteras deslizantes, por lo que al pasar por ellas el conductor extremará sus precauciones si ha de hacer uso de los frenos.

En el diseño y construcción del coche se equilibra el efecto del frenado entre las ruedas delanteras y traseras, teniendo en cuenta la distribución del peso en condiciones normales. En algunos coches existen dispositivos que limitan el esfuerzo máximo de frenado aplicable a las ruedas traseras. Por encima de

este límite, la presión adicional sobre el pedal del freno sólo actúa sobre las ruedas delanteras.

## 102.- PERDIDA DE EFICACIA.

El calentamiento excesivo de los frenos como consecuencia de una frenada prolongada o repetida puede producir una pérdida de eficacia. El calor provoca cambios temporales en las propiedades de fricción del material empleado en la fabricación de las pastillas y zapatas, y los frenos pierden eficacia a medida que se van calentando (figura 3).



EL CALOR GENERADO DURANTE FRENADAS PROLONGADAS ORIGINA MODIFICACIONES TEMPORALES EN LOS FRENOS, QUE PIERDEN EFICACIA. SI EL MATERIAL ES BUENO, LAS MODIFICACIONES SON PROGRESIVAS; CON MATERIAL DE Poca CALIDAD, LA PERDIDA DE FRICCIÓN ES BRUSCA (FALLO IMPREVISTO).

Figura 3

Al enfriarse recuperan su eficacia normal. Si el sistema de freno de una rueda actúa más que el de las demás puede perder eficacia mucho antes y provocar una frenada desigual, que puede originar un derrape.

### **103.- NEUMATICOS Y FRENADO.**

Para que el frenado sea óptimo, las ruedas deberán adherirse bien a la superficie de la carretera. Si están desgastadas, se adherirán poco y aumentará la distancia de frenado.

El estado de la superficie de la carretera también puede reducir la adherencia entre ésta y los neumáticos. El agua, el hielo, el aceite, la gasolina y las hojas húmedas así como el desgaste general de las carreteras causado por el tráfico, reducen la adherencia de las ruedas a la carretera. Las frenadas bruscas pueden bloquear las ruedas y hacer que el coche derrape.

### **104.- DISTANCIAS DE FRENADO CON UNA EFICACIA DEL 60% Y DEL 80% EN LOS FRENOS.**

El tiempo que el conductor tarda en detener el coche depende del tiempo que invierte en reaccionar, así como del que tardan los frenos en reducir a cero la velocidad del coche. Durante este tiempo de reacción (en la mayoría de los conductores es de unos dos tercios de segundo), el coche recorre una distancia llamada "distancia de reacción". El gráfico muestra las distancias de reacción y frenado en coches de tipo medio con eficacias del 60% y del 80% en los frenos, que circulan a velocidades de 50, 80 y 110 km/h.

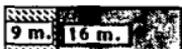
La eficacia de unos frenos bien ajustados y en buenas condiciones, deberá ser al menos del 80%, pero para obtener las distancias de frenado indicadas, los neumáticos deben adherirse bien a la carretera, Si el piso es deslizante, las distancias reales son mayores que las del gráfico. El bloqueo de las ruedas no acorta la distancia del frenado.

Muchas veces resulta difícil juzgar el grado de deslizamiento por el aspecto que ofrece una carretera. La única medida segura consiste en aplicar los frenos con precaución al circular por el firme en el que se aprecian signos de humedad o hielo (figura 4).

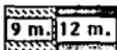
DISTANCIA DE  
REACCION

DISTANCIA DE  
FRENADO

50 Km/h Eficacia de frenado del 60%



Eficacia de frenado del 80%



80 Km/h Eficacia de frenado del 60%



Eficacia de frenado del 80%



110 Km/h Eficacia de frenado del 60%



Eficacia de frenado del 80%



Intensidad de frenado

Frenado  
máximo

Aplicación de  
los frenos.

Ruedas  
bloqueadas

Desplazamiento relativo 20% 40% 60% 80% 100%

A MAYOR DESPLAZAMIENTO RELATIVO ENTRE EL NEUMÁTICO  
Y LA CARRETERA, MENOR EFICACIA DE FRENADO.

Figura 4

## 185.- FUNCIONAMIENTO DE LOS FRENS HIDRAULICOS.

Los sistemas hidráulicos se basan en el hecho conocido de que los líquidos son prácticamente incompresibles. La presión aplicada en cualquier punto de un líquido se transmite por igual en todas direcciones. Para conseguir presión en un extremo del sistema hidráulico de frenos del coche, se puede utilizar un mecanismo de cilindro y pistón, accionado por un pedal. Esta presión puede entonces transmitirse a otro pistón, colocado en el extremo opuesto del sistema, que acciona el freno.

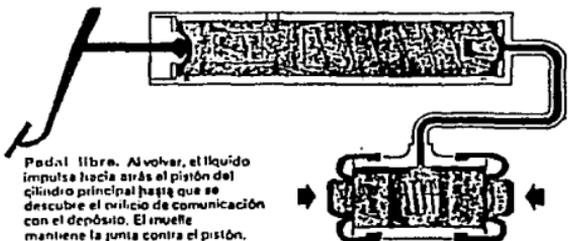
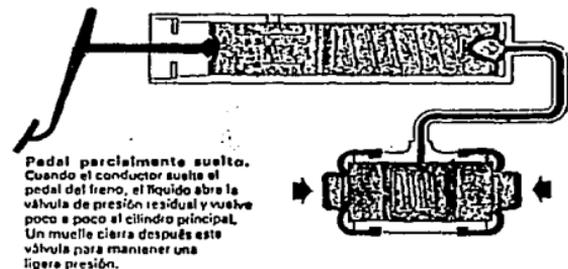
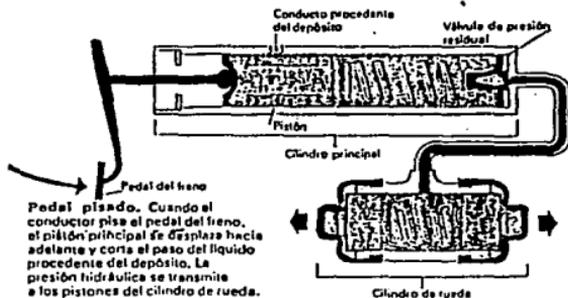
Si el diámetro del segundo pistón es mayor que el del primero, la fuerza que ejerce será proporcionalmente mayor que la aplicada al primer pistón, pero el recorrido del segundo pistón también disminuirá proporcionalmente. Si por ejemplo, la superficie del segundo pistón es tres veces mayor que la del primero, ejercerá una fuerza triple con un recorrido equivalente a un tercio del recorrido del primero.

En casi todos los coches, el mayor esfuerzo de frenado se realiza en las ruedas delanteras, ya que el peso del automóvil se transfiere hacia adelante al aplicar los frenos. Por esta razón se montan pistones de mayor diámetro en los cilindros de los frenos delanteros.

El freno de pie de todos los automóviles modernos es de funcionamiento hidráulico. Los accionamientos mecánicos por varillas y cables sólo se utilizan para el freno de mano, que normalmente se usan con el coche parado.

El mando hidráulico de los frenos posee varias ventajas sobre los accionamientos mecánicos. Es silencioso, flexible y autolubrificante, y asegura esfuerzos de accionamiento idénticos en ambos lados del coche.

El pedal del freno se conecta al cilindro principal a través de un empujador corto. Cuando el conductor pisa el pedal, el empujador mueve un pistón dentro del cilindro, que desplaza el líquido por las conducciones hasta los cilindros de rueda, que accionan los frenos. En el extremo de salida del cilindro principal existe una válvula que se encarga de que se mantenga siempre una ligera presión en el interior del sistema para evitar la penetración de aire. Al soltar el pedal del freno, el cilindro principal se comunica con un depósito desde el que el líquido fluye por gravedad. Esto repone las pequeñas pérdidas del líquido y también permite la expansión y contracción del mismo por las variaciones de la temperatura. Es importante comprobar de vez en cuando el nivel de líquido de frenos en el depósito (figura 5).



**FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE FRENOS HIDRAULICOS.  
FIGURA 5**

## 186.- LIQUIDO DE FRENO HIDRAULICO.

El fluido hidráulico que se emplea en los frenos es sintético, elaborado a base de glicóéteres y glicoles de diferente peso molecular, al cual se le adicionan aditivos que impiden la corrosión y oxidación de los metales presentes en los sistemas de frenos y no afecta al caucho natural ni, por lo tanto, a las gomas de los frenos, pero se deforma al entrar en contacto con aceite, gasolina o grasa. Por esta razón debe evitarse que las sustancias citadas alcancen los sistemas hidráulicos que incorporen piezas de goma. El líquido también debe estar libre de agua.

La mayoría de los fabricantes de automóviles emplean un líquido de frenos hidráulicos que se ajusta a un patrón citado por la SAE, NOM y especificaciones del Departamento del Transporte de los Estados Unidos. Según estas normas, el líquido deberá conservar su estabilidad química a temperaturas elevadas, tendrá un punto de ebullición alto y permanecerá suficiente fluido a temperaturas bajo cero, para asegurar una rápida transmisión de presión y un eficiente frenado. Los fabricantes recomiendan cambiar el líquido de frenos por lo menos una vez al año.

Las características especificadas para un fluido estándar se indican a continuación<sup>(29)</sup>:

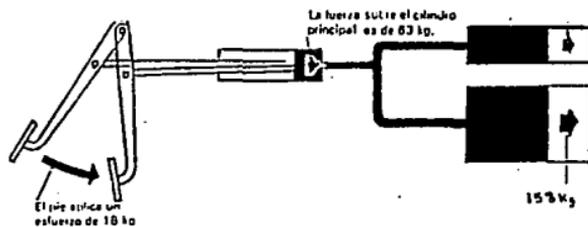
CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION
Punto de Ebullición °C	232
Temperatura de Inflamación °C	130
Viscosidad Cinemática:	
a 100°C cSt	1.5 mín.
a 50°C cSt	4.2 mín.
a -40°C cSt	1800 máx.
Efecto sobre Hule SBR. 70 Hrs. 120°C	
a) Aumento del diámetro de la base mm	0.15 a 1.4
b) Cambio de dureza	0 a -12

**Prueba de Corrosión en Metales 5% Agua 100°C 120 Hrs. (pérdida de peso mg/cm<sup>2</sup>):**

<b>METAL</b>	<b>ESPECIFICACION</b>
Hierro	0.2 máx.
Estaño	0.2 máx.
Acero	0.2 máx.
Aluminio	0.1 máx.
Cobre	0.4 máx.
Bronce	0.4 máx.

### **107.-FUNCIONAMIENTO CONJUNTO DE LOS CILINDROS:**

La presión que acciona los frenos hidráulicos se origina en el cilindro principal. El pedal del freno actúa sobre una varilla empujadora que fuerza al pistón hacia adelante. A continuación el líquido fluye por la válvula de presión residual y por las conducciones hasta los cilindros de rueda. Estos accionan los frenos por medio de los pistones, que son desplazados por el líquido. Como la presión del cilindro principal se transmite por igual a todo el sistema hidráulico, el esfuerzo de frenado en todas las ruedas es idéntico y simultáneo (figura 6).



**AMPLIFICACION DEL ESFUERZO SOBRE EL PEDAL.  
Figura 6**



Diferentes tipos de cilindros de rueda  
Figura 7

### 188.- FUNCIONAMIENTO DE LOS FRENS DE TAMBOR.

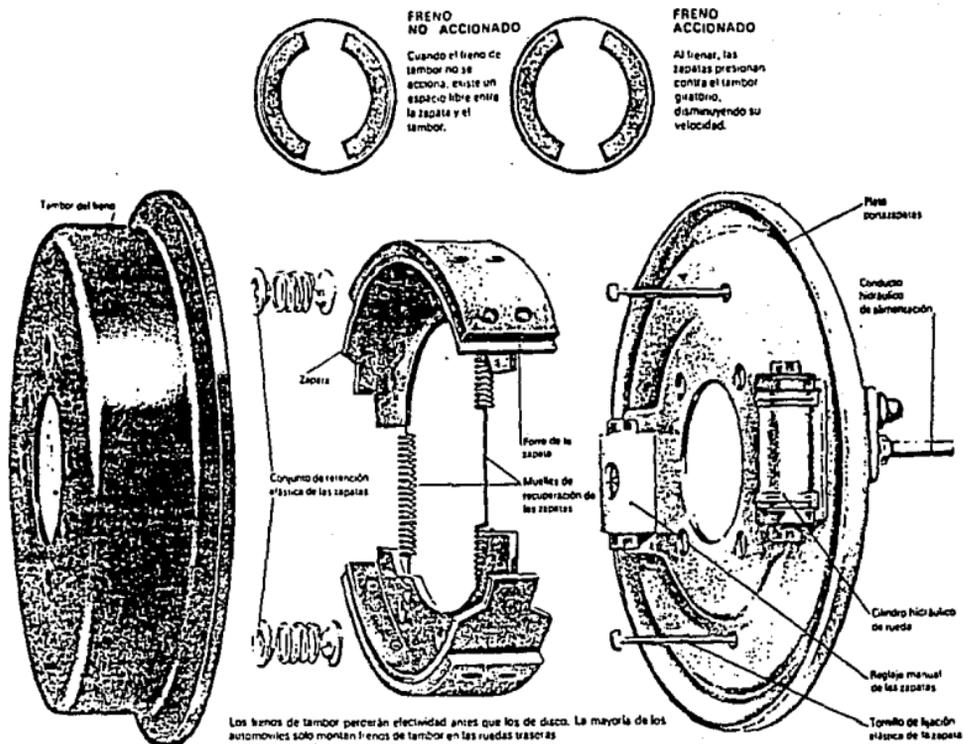
Estos frenos constan de un tambor de hierro fundido en cuyo interior va montado un par de zapatas semicirculares. El tambor se fija a la rueda y gira con ellas de modo que cuando aquél se detiene, ésta lo hace también. La fricción necesaria para disminuir la velocidad de giro del tambor se aplica desde el interior por medio de las zapatas, que no giran, sino que están dispuestas sobre un plato metálico fijo. Cada zapata consta de una pieza curvada de acero o de aleación ligera, recubierta de un forro de elevada resistencia al desgaste.

En la mayoría de los frenos de tambor, las zapatas presionan contra el tambor giratorio gracias a un mecanismo pivotante. Uno de los extremos de las zapatas se apoya en un eje, sobre el que pivota, mientras que una leva (o el pistón del cilindro de rueda en los sistemas hidráulicos) mueve el otro extremo.

En un conocido sistema hidráulico, el cilindro de ruedas se encuentra fijo al plato portazapatas y tiene dos pistones, cada uno de los cuales acciona una zapata. Otra posibilidad consiste en emplear un pistón único en un cilindro que desliza sobre el portazapatas. Al aplicar los frenos, la presión del líquido actúa por igual sobre el pistón y sobre el extremo cerrado del cilindro y los separa. A su vez, estas piezas separan las zapatas, que presionan contra el tambor. Los muelles de recuperación, que destienden al separarse ambas zapatas, se encargan de que al cesar la presión sobre el pedal del freno, las zapatas vuelvan a su posición de reposo y se separen del tambor. Cuando las dos

**zapatillas se apoyan en el mismo eje de pivotamiento, una recibe el nombre de primaria y la otra de secundaria.**

**Otra posibilidad consiste en apoyar las zapatillas en puntos opuestos del plato. En este caso, ambas se comportan como primarias al marchar hacia adelante. La zapatilla primaria tiende a ejercer más presión que la secundaria, que tiende a separarse del tambor (figura 8).**



ELEMENTOS DEL FRENO DE TAMBOR  
 Figura 8

## **109.- CLASES DE FRENOS DE TAMBOR.**

El mecanismo formado por dos zapatas primarias, proporciona una frenada mayor respecto al esfuerzo ejercido sobre el pedal, en virtud de su efecto de autoaplicación. Este sistema suele emplearse en las ruedas delanteras, que al sobrecargarse en la frenada exigen una mayor capacidad de los frenos correspondientes.

El mecanismo de dos zapatas primarias no sirve para los frenos traseros, donde se suele aplicar el freno de mano, ya que sería muy difícil retener el coche al estacionar cuesta arriba. Al circular marcha atrás, las zapatas principales se convierten en secundarias. El freno con una zapata primaria y otra secundaria es una solución mejor y más económica para las ruedas traseras, ya que su funcionamiento es igualmente eficaz, tanto en marcha frontal como hacia atrás.

En otro sistema, llamado freno "duoseruo", la zapata primaria se halla unida a la secundaria. Cuando la primaria se apoya contra el tambor por efecto de la presión hidráulica, el arrastre se transmite a la zapata secundarias, que a su vez es aplicada contra el tambor.

## **110.- FORROS DE FRENO (BALATAS).**

Los forros de freno se unen a las zapatas por medio de remaches o con un pegamento especial. Se fabrican dos tipos de forros: en plancha y moldeados. Ambos contienen materiales parecidos pero su proceso de fabricación es diferente. Los que más se emplean son los forros de freno moldeados.

Al sustituir los forros de freno es importante colocar solamente los recomendados por el fabricante. Lo más seguro es cambiar la zapata completa con su forro ya montado, y al manipularla debe impedirse a toda costa que los forros se impregnen de aceite. No se debe esperar a sustituir éstos hasta que se haya desgastado tanto que los remaches rocen contra el tambor, pues lo rayarían y si el tambor se raya mucho, habría que rectificarlo, aunque sería preferible sustituirlo por uno nuevo.

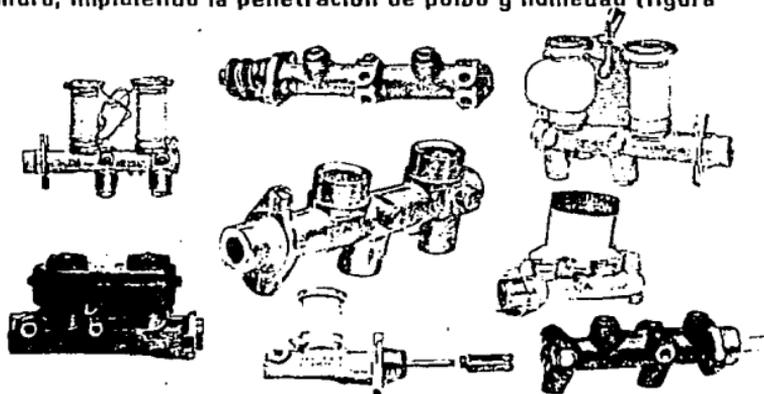
### 111.- FRENOS DE TAMBOR DE REGLAJE AUTOMÁTICO.

Los automóviles con freno de disco en las ruedas delanteras, que no necesitan reglaje, suelen llevar frenos de tambor de reglaje automático en las traseras, de modo que las zapatas tienen siempre el mismo juego con el tambor. En uno de los sistemas, el ajuste se realiza mediante un mecanismo de tuerca y de trinquete; una uña o palanca pivotante, unida al freno de mano engrana con el trinquete. Al aplicar el freno de mano, las zapatas se desplazan hacia afuera y la uña desliza sobre la rampa del diente del trinquete.

Si las zapatas se han desgastado, la uña saltará al siguiente diente. Al soltar el freno, la uña volverá a su posición de reposo y hará girar la tuerca.

### 112.- CILINDRO MAESTRO DE FRENO.

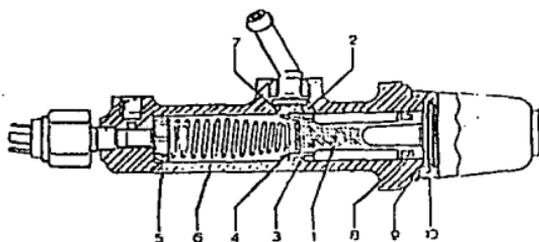
El cilindro maestro de freno está constituido por una pieza de fundición o de aleación de aluminio, en que según el tipo de vehículo de que se trate, va dispuesta una brida para fijar el cilindro. Una pieza acodada permite conectar la tubería que conduce al depósito de líquido de frenos. Un casquete protector dispuesto en el lado de la brida se encarga de hermetizar el cilindro, impidiendo la penetración de polvo y humedad (figura 9).



DIFERENTES TIPOS DE CILINDROS MAESTROS DE FRENO  
Figura 9

Mediante el desplazamiento del émbolo o pistón (1) se origina en el cilindro principal la presión necesaria para accionar los frenos. El líquido de freno afluye a la cámara de relleno a través del orificio (2), desde donde es conducido a la cámara de presión a través de los orificios del émbolo. Por la arandela intermedia (3) y el manguito primario (4). El líquido de frenos deberá fluir constantemente a través de la cámara de relleno con el objeto de que al retroceder repentinamente el émbolo no penetre aire en la cámara de presión debido al aumento de volumen. La válvula de fondo (5) de doble efecto, sujeta por medio del muelle (6) permite que al desplazar el émbolo en el sistema de conducción y después de finalizar el proceso de frenaje, el líquido retorne al cilindro principal. La válvula tiene la misión de mantener en la tuberías una presión residual constante de 0.5 a 1.5 kg/cm<sup>2</sup> con el fin de reducir el tiempo de reacción al accionar el freno.

Después del proceso de frenaje, el líquido de frenos sobrante retorna nuevamente al depósito de compensación (7), a través del orificio de compensación. Por esta razón, estando el freno en posición de reposo, el manguito primario no deberá tapar nunca dicho orificio. El manguito secundario (8), la arandela de tope (9) y el anillo de seguridad (10) se encargan de cerrar el cilindro (figura 10).



CORTE TRANSVERSAL DE UN CILINDRO MAESTRO  
Figura 10

### 113.- FRENO DE RUEDAS DELANTERAS.

Los vehículos del tipo duplex van equipados con freno de disco en las ruedas delanteras, el cual consta fundamentalmente del disco, en forma de copa, y el cuerpo fijo de cilindros provisto del mando hidráulico para balatas de freno. Para evitar la penetración de suciedad o daños por el choque de piedras u otros deterioros semejantes, el disco de freno está protegido interiormente por una chapa de cubierta y, exteriormente, por la rueda del vehículo atornillada. Visto en dirección de marcha, el cuerpo fijo de cilindros va atornillado delante o detrás del eje de rueda, según el tipo de vehículo de que se trate (figura 11).



CALIPERS  
FIGURA 11

### 114.- BOOSTER O SERVOFRENO.

El servofreno proporciona una fuerza adicional a la que actúa durante el proceso de frenaje. Existen servofrenos con mando hidráulico o mecánico. Así, por ejemplo, la casa Alfred Teves construye un servofreno hidráulico -serie T 50- y otro mecánico -serie T 51-. El de accionamiento hidráulico sólo puede utilizarse para reforzar un circuito de freno. No es apropiado, por consiguiente, para sistemas de freno de doble circuito.

El cilindro principal de freno tipo "tandem" y el servofreno hermetizan entre sí por medio de un anillo de junta.

## CAPITULO II

### CARACTERISTICAS DE ACEROS AL CARBON DE LIBRE MAQUINADO

La Industria moderna tiene interés en el mecanizado por arranque de viruta, en virtud de los altos costos que representa el desgaste de herramienta, el acabado superficial de la pieza, la eliminación en cantidad y facilidad de la viruta, el consumo de energía, etc (figura 12).

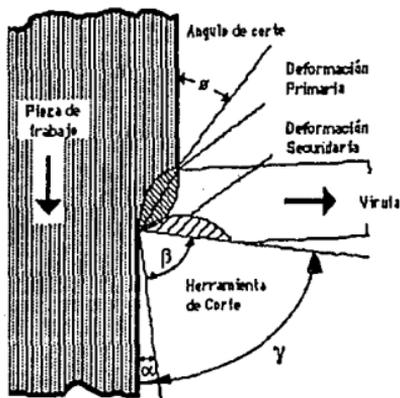


Figura 12.- La maquinabilidad se mide por la duración de la herramienta de corte o por el volumen de material removido.

Dando un contexto prioritario a la maquinabilidad, se tienen diversos factores como lo es la composición del acero, su microestructura, la presencia de inclusiones, las características mecánicas, etc. Destaca la actuación de inclusiones en la matriz del acero; su influencia en la maquinabilidad depende de su composición, morfología, distribución y dureza.

La formación de las inclusiones más convenientes se consigue mediante determinadas adiciones para constituir las directamente o para originarlas a través del proceso de la desoxidación y para ello se viene utilizando la adición de ciertos elementos como el azufre, plomo, selenio, bismuto, telurio, circonio o calcio para facilitar la maquinabilidad.

$\alpha$  = ángulo de incidencia.

$\beta$  = ángulo de filo.

$\gamma$  = ángulo de corte.

(2) Se conocen dos grupos de aceros a los que se les añaden esos elementos:

**ACEROS DE FACIL MAQUINABILIDAD**, en los que se busca esa propiedad con caracter prioritario a otros condicionantes.

**ACEROS DE MAQUINABILIDAD MEJORADA**, que son aquellos que presentan una composición base, para obtener características mecánicas, de acuerdo a un empleo determinado.

## **201.-ACEROS DE FACIL MAQUINABILIDAD**

Para lograr la máxima maquinabilidad, habría que atender las siguientes condiciones:

a).- Una baja resistencia para necesitar menor potencia en el mecanizado del acero.

b).- Presencia de algún medio que proporcione un bajo coeficiente de fricción con la herramienta, por ejemplo un lubricante adecuado.

c).- Presencia de algún medio que evite la continuidad de la viruta durante el mecanizado, de forma tal que rompa con facilidad.

Para cumplir estas condiciones, el contenido de carbono de estos aceros es muy bajo y su ferrita se debe endurecer con fósforo o con nitrógeno. Además se han de añadir azufre, plomo, telurio, etc, o formando compuestos que actúen de acuerdo a los incisos b) y c).

## **202.-ACEROS AL AZUFRE.**

Se reduce el coeficiente de fricción entre la herramienta y la viruta por la presencia de sulfuros de manganeso. También se reduce la tendencia al embotamiento del filo de la herramienta, provocando así un mejor acabado superficial de la pieza. Por otra parte, las inclusiones originan una tendencia a que la misma viruta sea discontinua y se rompa en trozos pequeños.

Generalmente el porcentaje de azufre en los aceros de fácil maquinabilidad varía de 0.15 a 0.32 % y se añade manganeso para calmar el acero, ya que no se agrega ni silicio ni ningún otro desoxidante. Así tenemos por ejemplo:

<u>C</u>	<u>Si</u>	<u>Mn</u>	<u>P</u>	<u>S</u>
0.13 máx.	0.05 máx.	0.80/1.3	0.05/0.10	0.27/0.32

### Inclusiones producidas por la presencia de azufre y su influencia.

El tamaño y la forma de las inclusiones de sulfuro tienen una importancia primordial en la maquinabilidad. Coladas de la misma composición química base pueden dar lugar a maquinabilidades diferentes, debiéndose esta variación sólo a la presencia de inclusiones con morfología distinta en unos y otros casos, provocada por pequeñas diferencias de fabricación.

Las inclusiones de sulfuro deben ser lo más globulares posibles en vez de adoptar una forma alargada, influyendo en la formación de estas inclusiones globulares el grado de desoxidación.

### **203.- ACEROS AL PLOMO.**

La adición de plomo ha dado lugar a un grupo de aceros con un mecanizado mucho más fácil que el de los aceros de la misma composición, pero sin Pb., por ejemplo, un incremento del 30 al 35 % en la maquinabilidad.

Se ha discutido mucho sobre la influencia precisa que el plomo ejerce para mejorar la maquinabilidad. La experiencia señala una viruta muy corta y rizada. Hoy día se considera que ésto es debido a la menor fricción entre la viruta y la herramienta, por la presencia constante de una película de plomo en la interfase de mecanizado.

También en la práctica se ha visto que la adición de plomo mejora la vida de corte de la herramienta, reduce la potencia requerida en un 15-25 % y se obtiene un mejor acabado superficial en las piezas.

El plomo está en el acero en forma de pequeñas inclusiones visibles bajo el microscopio y unidas muchas veces a los sulfuros.

#### 204.- ACEROS AL TELURO.

El teluro que pertenece en la clasificación periódica, al mismo grupo que el azufre y el selenio, se añade en porcentajes de 0.020 - 0.050 %.

Por encima de este último valor, la mejora de la maquinabilidad no se incrementa de la misma forma y la forjabilidad del acero es peor.

Tampoco se sabe con seguridad la razón exacta de la influencia beneficiosa del teluro en la maquinabilidad. Se cree que este efecto se puede atribuir en buena parte a que las inclusiones adoptan unas formas más redondeadas lo cual es ventajoso.

Como la acción del teluro es aditiva, los aceros de más fácil maquinabilidad con teluro suelen llevar asimismo azufre y plomo. Un acero de esta clase tiene la siguiente composición (en %)

<u>C</u>	<u>Si</u>	<u>Mn</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Pb</u>	<u>Te</u>
.13 máx.	.05 máx.	.80/1.30	.05/10	.27/32	.15/35	.030/060

### **Influencia de estos elementos en las características mecánicas de los aceros.**

La adición de cantidades importantes de azufre provoca una heterogeneidad acusada con un acentuado bandeado por la direccionalidad de las inclusiones de sulfuros. Esto da lugar a una falta de cohesión transversal y disminución de las características transversales de ductilidad y tenacidad.

Respecto al plomo, las propiedades mecánicas no se ven influenciadas por debajo de los 200 °C y la resistencia a la fatiga no resulta prácticamente afectada por la adición del plomo siempre que el nivel de resistencia a la tracción del acero no supere los 115 - 120 kg/mm<sup>2</sup>.

El telurio tampoco influye en las características mecánicas de forma significativa y desde luego su acción es bastante menor que las del plomo y azufre.

### **Influencia de la deformación en frío.**

La deformación en frío por estirado puede mejorar la fácil mecanización de todos estos aceros de gran maquinabilidad que son de bajo contenido en carbono. En estado laminado o recocido por la tendencia a embotarse la herramienta, no es óptimo su mecanizado. Por ello, conviene un estirado en frío que llega a ser hasta del 20 % de reducción de sección. La dureza de empleo más favorable está entre 180 y 230 HB.

### **Otros aceros de fácil maquinabilidad.**

Aparte de los clásicos aceros de fácil maquinabilidad, o sea, con bajo contenido de carbono, hay otros incluidos en el mismo grupo y que se caracterizan por tener el límite superior de lo comprendido como bajo carbono, buscando por ejemplo, mayor resistencia mecánica o resistencia al desgaste, o son calmados para poder ser cementados con alguna garantía.

En general, todos son aceros con azufre, aunque el porcentaje de este elemento también es variable, según los requisitos de esa gran o fácil maquinabilidad para cada caso.

También a veces se añade plomo a estos aceros, ya que la acción en la maquinabilidad mejora notablemente conforme son agregados.

#### **285.- Aceros de alto contenido en Pb.**

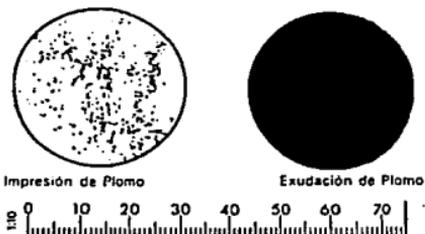
(3) El plomo no es soluble en el acero sólido, ni forma compuestos con sus componentes. Por ello, una de las preocupaciones desde el inicio del desarrollo de los aceros con plomo, fue la de poner a punto los métodos más convenientes para minimizar la presencia de segregaciones de plomo en el producto final. Este problema obliga a los aceristas a realizar una inspección rigurosa del material, despuntando una cantidad importante del material procedente de la parte del pie del lingote.

Actualmente hay métodos de adición del plomo que mejoran los resultados de los procedimientos convencionales de adición y evitan prácticamente todo tipo de segregación. Es decir, se eliminan totalmente la presencia de puntos macroscópicos de plomo en el acero sólido.

Con todo ello, el usuario tiene mucha más confianza en el empleo de aceros con plomo, no sólo de fácil maquinabilidad, sino asimismo, de maquinabilidad mejorada, puesto que el efecto perjudicial que puede impartir la presencia de plomo en las propiedades del acero, es mucho menor si el plomo está microscópica y homogéneamente repartido.

**Pero lo más importante de estos métodos nuevos de adición de plomo es la posibilidad de un mayor contenido de plomo en los aceros manteniendo la ausencia de segregación (figura 13).**

Acero ensayado:		MARCA HEVA	AISI		
		Acrom 35-P	41L35		
Composición nominal %					
$\frac{C}{0.35}$	$\frac{Mn}{0.75}$	$\frac{Si}{0.27}$	$\frac{Cr}{1.0}$	$\frac{Mo}{0.20}$	$\frac{Pb}{0.25}$

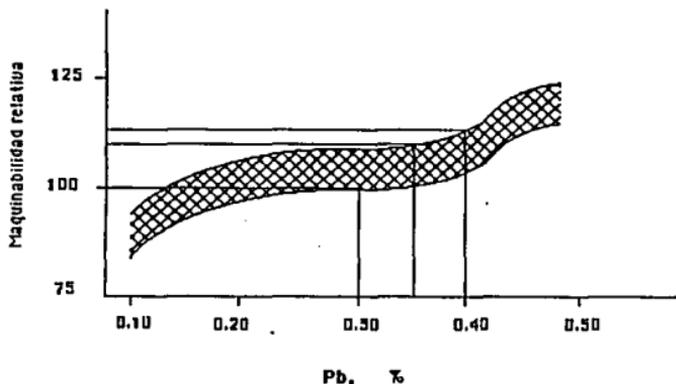


**PRUEBAS QUE REVELAN EL GRADO DE HOMOGENEIZACION EN LA DISTRIBUCION DE PLOMO EN LOS NUEVOS ACEROS AL PLOMO.**

**Figura 13**

**No es posible obtener muy altos contenidos de plomo en los aceros por la falta de solubilidad de este elemento en el hierro, pero con los procedimientos actuales de adición se alcanzan altos contenidos de plomo cercanos a los valores teóricos dados por la solubilidad del plomo en el acero líquido. De hecho se ofrecen ya en el mercado aceros con contenidos de plomo de 0.35 / 0.50 %.**

Estos nuevos productos proporcionan altos valores de maquinabilidad no logrados hasta la fecha por ningún sistema convencional de adición de plomo al acero. (figura 14).



INFLUENCIA DEL PLOMO EN LA  
MAQUINABILIDAD DE LOS ACEROS  
Figura 14

## 286.- ACEROS CON BISMUTO.

Si se observa la tabla periódica de los elementos, hay similitud entre las propiedades del plomo y el bismuto y se comprende que los metalurgistas previeron la posibilidad de sustitución del plomo por el bismuto.

Se ha confirmado (2) que la maquinabilidad del acero con el bismuto es equivalente o mejor aún que la del acero con azufre, plomo y telurio. También se ha estudiado la forma en que aparece el bismuto en el acero y se ha visto que este elemento se encuentra unido a los sulfuros de manganeso, aunque en algunos casos aparece en forma de partículas libres. Estas inclusiones no tienen diferencias significativas en el aspecto morfológico con las que aparecen en los aceros con azufre, plomo y telurio.

## **287.- ACEROS DE MAQUINABILIDAD MEJORADA**

Son los clásicos aceros de construcción para temple y revenido, para cementación, etc. así como aceros de herramientas e inoxidables, a los que se añaden diferentes elementos con el objetivo de mejorar su maquinabilidad, pero atendiendo fundamentalmente al cumplimiento de las propiedades o del servicio para los que han sido especificados.

**288.- Aceros con azufre:** El efecto beneficioso del azufre en la maquinabilidad se empieza a demostrar ya con pequeñas cantidades de ese elemento, así la industria del automóvil empezó a solicitar hace años los aceros de construcción con porcentajes de azufre entre 0.025 - 0.035 % con el objetivo de mejorar la mecanización.

Esta tendencia se ha visto confirmada en la práctica y algunas normas la tienen incluida, por ejemplo las SAE, ISO, DIN, UNE, etc.

Esa acción de añadir azufre ha sido más acentuada en algunas ocasiones aunque con fuertes adiciones se afecta fundamentalmente la tenacidad, sobre todo transversal, y la calidad de las capas cementadas por el efecto de entalla de los sulfuros. Además se hace al acero frágil en caliente.

Este es el punto importante al que hay que entender, puesto que esta ventaja del empleo del azufre para mejorar la maquinabilidad en los aceros especiales no se puede emplear a menos que se deterioren, de manera inadmisiblemente, las características de utilización ni de transformación.

**289.- Aceros con calcio.** Consideramos dos casos diferentes de tratamiento con calcio.

**Aceros desoxidados con aluminio y tratados con calcio.**

Se trata de aceros calmados con aluminio que después de la desoxidación sufren una inyección de calcio. Con todo ello el contenido de oxígeno es muy bajo, por ejemplo, aproximadamente 25 ppm.

De esta forma se modifica el esquema de inclusiones. Los rosarios de alúminas que se encuentran normalmente en un acero desoxidado con aluminio se transforman en su mayor parte. Así aparecen óxidos aislados que son aluminatos de calcio globulares conteniendo a menudo calcio. El punto de fusión de esos óxidos es netamente superior al del acero y por ello no son deformados a las temperaturas de laminado.

En general, se evita con este tratamiento de calcio, la presencia de inclusiones de mayor tamaño, pero el objetivo es eliminar la formación de alúminas ( $Al_2O_3$ ) muy abrasivas.

Otros ensayos y comprobaciones hablan también de velocidades de corte más elevadas con herramientas de carburos. Y confirman que con mecanizados a bajas velocidades de corte (tallado) presentan aparentemente una cinética de desgaste más débil, por lo que pueden ser muy interesantes estos aceros para la fabricación de piezas complicadas que se someten a la vez al torneado, tallado, brochado, etc.

**Aceros tratados con calcio sin desoxidación previa.-** Mucho se ha comentado sobre el motivo de la buena maquinabilidad observada en estos aceros desoxidados con calcio. Parece ser que las inclusiones del tipo de silicatos de bajo punto de fusión se reblandecen a las temperaturas alcanzadas en el mecanizado y forman un depósito continuo sobre la superficie de ataque de la herramienta. Así se impide el contacto directo entre herramienta y viruta.

Estos aceros tratados con calcio, y sin aluminio, son específicamente destinados al mecanizado a grandes velocidades con herramientas de carburo, en condiciones que no pueden aplicarse a los aceros al plomo.

**210.- Aceros con plomo.** El plomo es otro de los elementos utilizados para mejorar la maquinabilidad de los aceros convencionales. Su presencia típica ha sido de 0.15 - 0.35 % y como ya hemos señalado se ha mejorado la adición del plomo para disminuir las segregaciones de puntos macroscópicos de ese elemento que realmente perjudican a las propiedades de los aceros.(4)

## 211.- ACERO SAE-12L14

El acero SAE-12L14 está comprendido dentro de los aceros clasificados como de fácil maquinabilidad, refosforizado y resulfurado (Figura 15).

(5) De acuerdo a SAE/AISI, tiene especificada la siguiente composición química:

<u>C</u>	<u>Mn</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Pb</u>
0.15 máx.	0.85-1.15	0.04-0.09	0.26-0.35	0.15-0.35

Las propiedades mecánicas y clasificación de maquinabilidad, estimadas, también de acuerdo a SAE/AISI, en barras son:

### Valores mínimos

TIPO DE PROCESO	RESISTENCIA A LA TENSION		RESISTENCIA AL CEDE		ELONGACION EN 2 "		REDUCCION EN AREA %	DUREZA BRINELL	MAQUINABILIDAD
	PSI	MPa	PSI	MPa	%	%			
Laminado o Rolado en caliente	57000	390	34000	230	22	45	121		
Estirado en frío	78000	540	60000	410	18	35	163	160	

(comparado con un SAE-1212 - 100%)

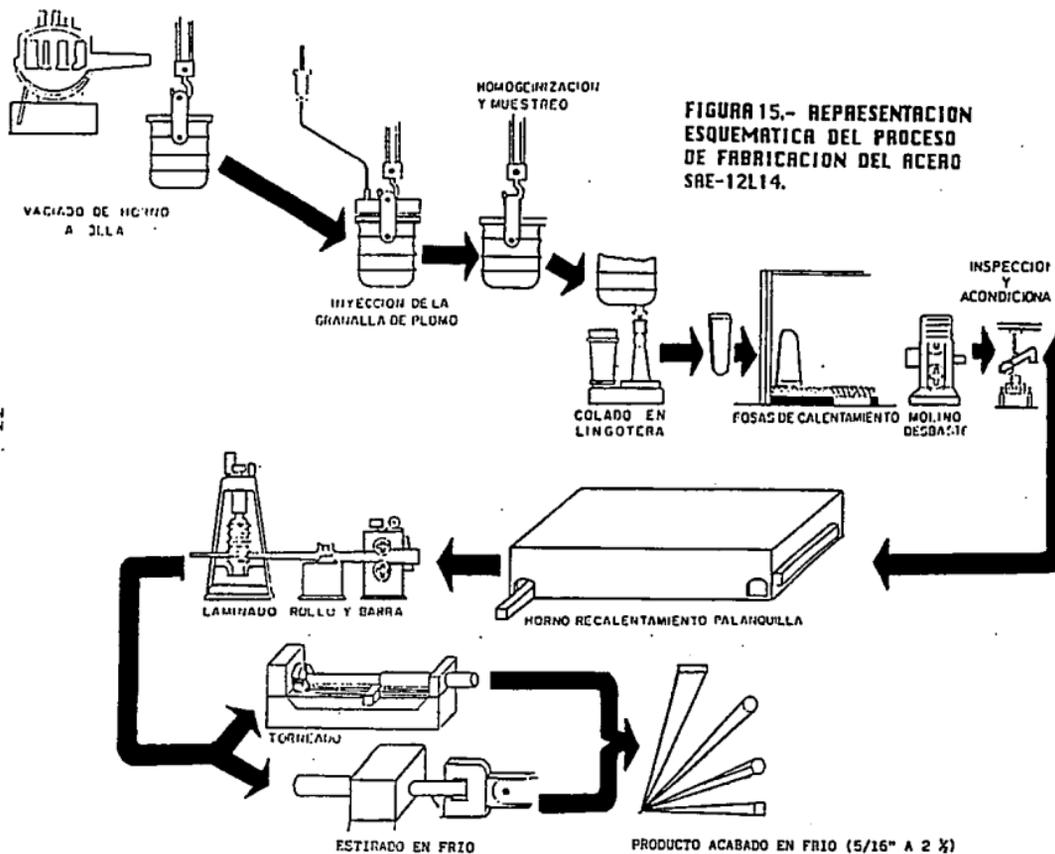
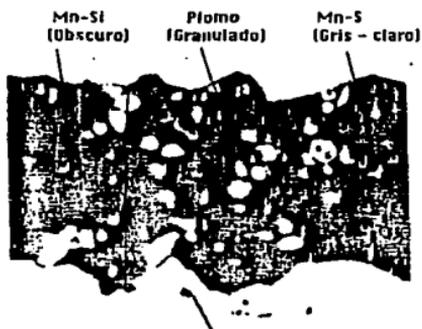


FIGURA 15.- REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL PROCESO DE FABRICACION DEL ACERO SAE-12L14.

**212.- Inclusiones.-** Los altos contenidos de Mn y S, propician la formación de sulfuros de manganeso. El plomo forma pequeñas inclusiones aisladas, unidas en un alto porcentaje a los sulfuros (figura 16):



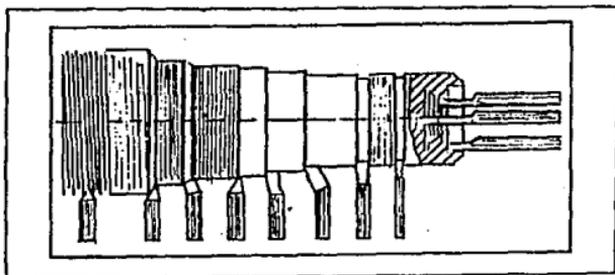
Mn - Te (BLANCO)  
 GRAN INCLUSION COMPLEJA DE SILICATO DE MANGANESO,  
 SIN ATAQUE 1.000 X  
 INCLUSION COMPLEJA DEL TIPO  $\text{SiO}_2 - \text{MnO}$  OBSERVADA EN UN  
 ACEROS DE FACIL MAQUINABILIDAD AL PLOMO. REDUCCION 3/4.

**Figura 16**

Existen diversos nuevos procesos de fabricación del acero con plomo, que no necesitan la dispersión mecánica de dicho elemento en el acero líquido. En ellos se obtiene primero una solubilización del acero en el baño líquido y posteriormente en la solidificación se alcanza un reparto homogéneo del plomo en la masa del acero.

Con este proceso se ha obtenido un reparto microscópico del plomo en el acero, evitándose todo tipo de segregación. Es decir, con el empleo de los aceros al plomo fabricados con este proceso, se evita la presencia de puntos macroscópicos del plomo en el acero.

A nivel macroscópico, la limpieza de estos aceros en cuanto a inclusiones no metálicas, que afectan perjudicialmente a la maquinabilidad, es notable (figura 17).



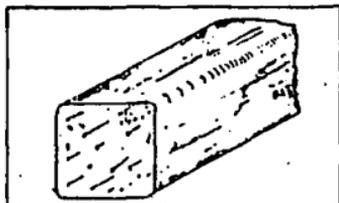
EN LA MAQUINABILIDAD DE ESTE ACERO,  
EL PLOMO HACE LAS VECES DE UN LUBRICANTE

Figura 17

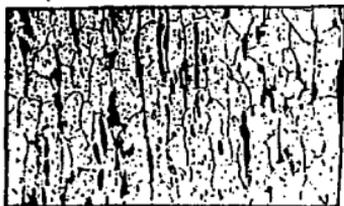
Con las formas clásicas de adición de plomo, en lingotera, la dispersión del plomo en el acero líquido se asociaba normalmente a los productos de reoxidación compleja de  $SiO_2 - MnO$ , dando origen a inclusiones de gran tamaño asociadas con plomo, las cuales no tienen posibilidad de flotar en la lingotera, hacia la mazarota por la presencia del plomo que impide esta flotación.

Debe tenerse en cuenta que estas inclusiones no metálicas, formadas por productos complejos de reoxidación a base de  $\text{SiO}_2$  -  $\text{MnO}$ , tienen un papel negativo en la maquinabilidad en cuanto se refiere al notable desgaste que producen en las herramientas de mecanizado, acortando la vida útil de las mismas.

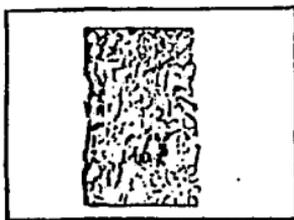
**213.-MACROINCLUSIÓN: PARTICULA NO METALICA ATRAPADA EN EL ACERO CON DIAMETRO MAYOR A LAS 100  $\mu$  (Figuras 18a,b,c).**



**a.- SE ENCUENTRAN DISPERSAS EN CUALQUIER ZONA DEL PRODUCTO.**



**b.- DESPUES DE ROLADO, SU FORMA ES ALARGADA.**



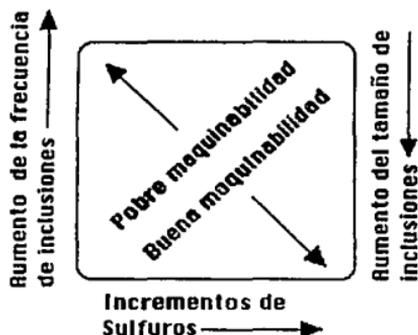
**c.- LONGITUD DE 1 A 30 mm  
ANCHO DE 0.1 A 1mm SIENDO  
LAS PERJUDICIALES LAS MAYORES  
A 0.2 mm  
Figura 18**

## CAPITULO III

### LA INFLUENCIA DE LAS INCLUSIONES NO-METALICAS, EN LA MAQUINABILIDAD DE LOS ACEROS DE BAJO CARBONO.

Las formas, tamaños y la distribución de las partículas de inclusiones no-metálicas en aceros de bajo carbono, han sido estudiadas por medio de análisis cuantitativo de imagen y exploración microscópica. La maquinabilidad de los aceros investigados ha sido examinada en el fresado de barras estiradas en frío en dirección transversal a tres diferentes velocidades respectivamente durante una hora. Han sido probadas por regresión múltiple, si la maquinabilidad se puede describir solamente usando la información dada por el análisis cuantitativo de imagen de las inclusiones no-metálicas. Los resultados fueron una correlación significativa entre el índice de maquinabilidad obtenido por la medición del desgaste natural en los aceros de alta velocidad utilizados, la distribución de los sulfuros de manganeso y el porcentaje del área total de las inclusiones.

Los productos de la reacción de oxígeno y azufre se formarán de acuerdo a las condiciones termodinámicas y cinéticas locales en los diferentes estadios entre los pasos hacia la solidificación durante el proceso de la fabricación del acero. Su composición, morfología, tamaño y distribución en los aceros sólidos, tienen una influencia importante en sus propiedades mecánicas y de maquinado. La coherencia entre las inclusiones no-metálicas en el acero y su maquinabilidad, han sido tema de muchas investigaciones desde que en 1938 Knowlton (6) buscó una forma "granular" de los sulfuros. Resultados como los de Bougler, Moorhead y Garvey (7), Van Black (8) y otros autores (9-18) acerca de la variación de la maquinabilidad con la forma y frecuencia de las inclusiones como se muestra en la figura 19, incrementó la demanda por sulfuros más grandes y globulares



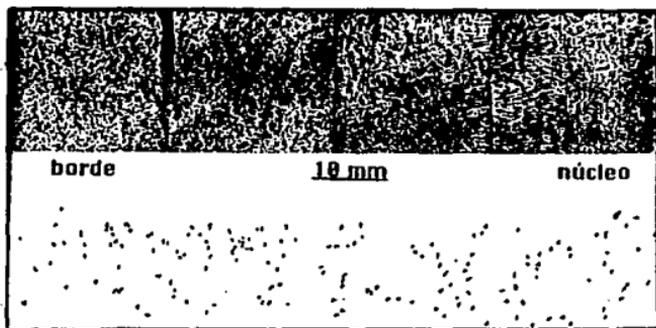
DEPENDENCIA DE LA MAQUINABILIDAD CON EL CONTENIDO DE SULFUROS Y FRECUENCIA DE INCLUSIONES O TAMAÑO (VAN ULACK)

Figura 19

Pero la influencia de las diferentes morfologías, tamaño y distribución de las partículas en las diferentes zonas entre el extremo y el núcleo de los productos investigados, no han sido tomados en cuenta en estas discusiones.

### 301.-INCLUSIONES NO-METALICAS.

La figura 20 muestra cómo la formación de los sulfuros de manganeso depende de la solidificación del acero líquido. La distribución de inclusiones en la zona de granos globulares pequeños cercana al borde, en las áreas de estructura transcristalina y dendrítica en el núcleo globular enfriado en un lingote de 160 mm de acero 9SMn36, es comparable a los nudos en una red. De acuerdo a la disminución de los valores de enfriamiento, los tamaños de redes y nudos son alargados. Este fenómeno, el cual muestra los límites de una homogeneidad requerida de estos aceros, ha sido ya descrito en otras investigaciones (19, 20) como una función de la formación de núcleos y la velocidad de solidificación.

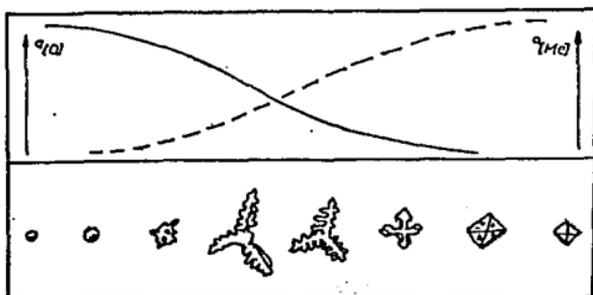


10  $\mu$ m  
DISTRIBUCIÓN DE LOS SULFUROS EN UN LINGOTE  
DE 160 mm..ACERO 95Mn56

Figura 20

Así como el número y tamaño de las partículas, sus formas dependen de las condiciones de la cristalización frontal.

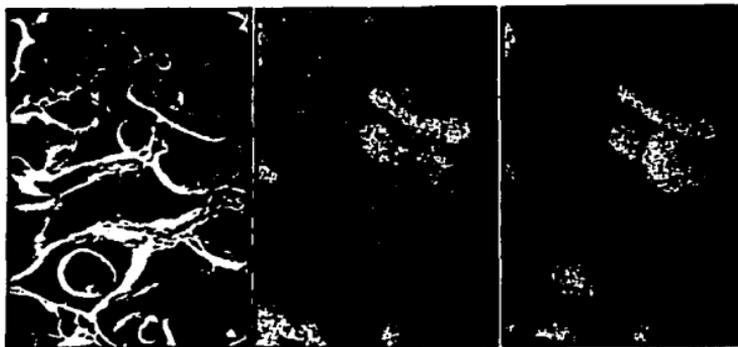
Como se muestra en la figura 21. Steinmetz y Lindenberg (21) encontraron la forma de los óxidos como una función de la actividad local del oxígeno y del agente desoxidante. La misma variación de las formas de acuerdo al oxígeno libre es observado con los sulfuros.



AUMENTO DE OXIDO COMO UNA FUNCIÓN DE LA ACTIVIDAD LOCAL

Figura 21

La figura 22 muestra los sulfuros de manganeso globular de tipo I en un lingote de acero de bajo carbono.



10 MICRAS - PELICULA

Mn - FOTOGRAFIA

S - FOTOGRAFIA

MÁS TIPO I EN UN LINGOTE DE ACERO LIBRE MAQUINADO.

Figura 22

La figura 23 muestra que el mismo tipo, solo de un tamaño más pequeño, aparece en la zona del borde de un acero al carbón de aproximadamente 35% C, 0.025% S y 0.045% Al. En la zona dendrítica del mismo lingote de forma de roseta, un tipo II ha sido encontrado. En la zona central, cristales del tipo III crecen al final de las inclusiones tipo II como se muestra esquemáticamente en la figura 21.



4µm  
TIPO I

20µm  
TIPO II

4µm  
TIPO II-III

INCLUSIONES MnS EN UN LINGOTE DE ACERO AL CARBON CALMADO.

Figura 23.

Las diferencias conocidas de las propiedades de la formación en caliente de los diferentes tipos es demostrado una vez más en la figura 24



10µm  
MnS-TIPO I  
EN ACERO 9SMn36 (SAE 1215)

10µm  
MnS-TIPO II  
EN ACERO 60S20 (SAE 1151)

SULFUROS EN ACERO ROLADO (GRADO DE DEFORMACION DE ACERO 1500 H)

Figura 24

Las investigaciones acerca de la supuesta correlación entre los parámetros que describen las inclusiones no-metálicas y un índice de maquinabilidad ha sido hecho con barras de estirado en frío de un acero comercial 9SMn28 y 9SMn36 de acuerdo a la norma DIN-1651. Su grado de deformación  $F_0/F_1$  (donde  $F_0$  es el

área de la sección transversal del lingote y F<sub>1</sub> el área de la sección transversal de la barra) ha sido aproximado a 1500 (22, 23).

### 302.- MEDICION DE LAS INCLUSIONES.

Para los sulfuros, contando tres micro-secciones transversales no grabadas por la acción de un ácido, fueron preparadas para cada calentamiento. Las mediciones fueron hechas dentro de tres zonas anulares concéntricas de 2 mm de anchura y la zona central de cada espécimen usando la Leitz-Classimat. Las condiciones de medición están dadas en las tablas 1 y 2:

TABLA 1.- DATOS TECNICOS DEL ANALISIS DE IMAGEN

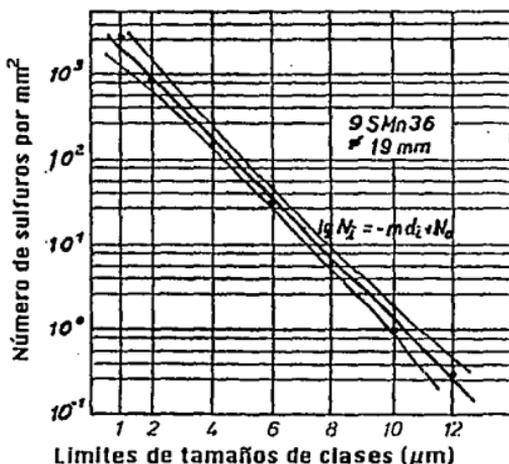
SISTEMA .....	Leitz-Classimat, plano ortogonal.
OBJETIVO .....	32 x /0.50
OCULAR .....	8 x
RANGO DE MEDIDAS .....	200 micras x 200 micras.

TABLA 2.- ESQUEMA PARA MUESTRAS DE SULFURO DE MANGANESO.

MUESTRAS	Ø (mm)	ZONA			
		1 (borde)	2	3	4 (núcleo)
	18.0				12.0
Ancho	18.5	2	2	2	12.5
(mm)	19.0				13.0
Cupo	18.0	0.395	0.296	0.198	0.111
relativo	18.5	0.386	0.292	0.190	0.123
de área	19.0	0.377	0.288	0.200	0.135
Número	18.0				3 x 90
de	18.5	3 x 60	3 x 60	3 x 60	3 x 96
mediciones	19.0				3 x 105

Los sulfuros de manganeso detectados fueron separados dentro de siete residuales con los límites de clase más bajos de 1-2-4-6-8-10 y 12 micras.

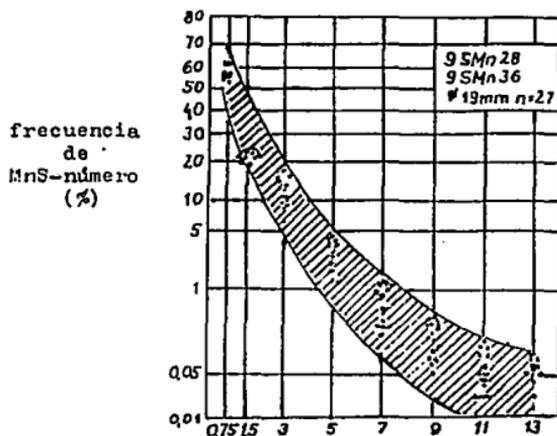
A partir de estos valores de las cuatro diferentes zonas, la distribución del tamaño en el área transversal total fue calculado considerando el porcentaje de área de cada zona. El resultado de un calor se muestra en la figura 25.



MEDICIONES DE INCLUSIONES DE MnS EN LA SECCION TRANSVERSAL  
Figura 25

Formando la diferencia entre el número de inclusiones en dos clases residuales sucesivas, empezando con el tamaño más pequeño detectable de 0.5 micras de diámetro, la distribución de frecuencia del promedio de los diámetros de las partículas, puede ser calculada.

Los resultados para todos los calores están graficados en la figura 26.

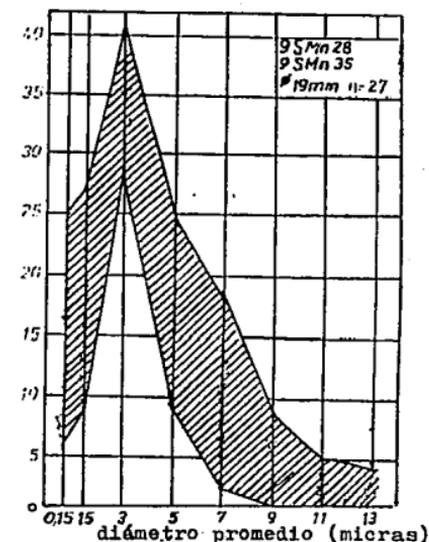


FRECUENCIA DE MnS-NUMERO EN LA SECCION TRANSVERSAL DE UNA BARRA DE ACERO DE LIBRE MAQUINADO.

Figura 26

La distribución de frecuencia del promedio de las áreas de las partículas es casi logarítmica como se muestra en la figura 27. Un máximo fue encontrado para los sulfuros con un diámetro promedio de 3 micras.

Frecuencia  
MNS - área  
(%)



FRECUENCIA DE AREA EN LA SECCION TRANSVERSAL DE  
UNA BARRA DE ACERO DE LIBRE MAQUINADO.

Figura 27

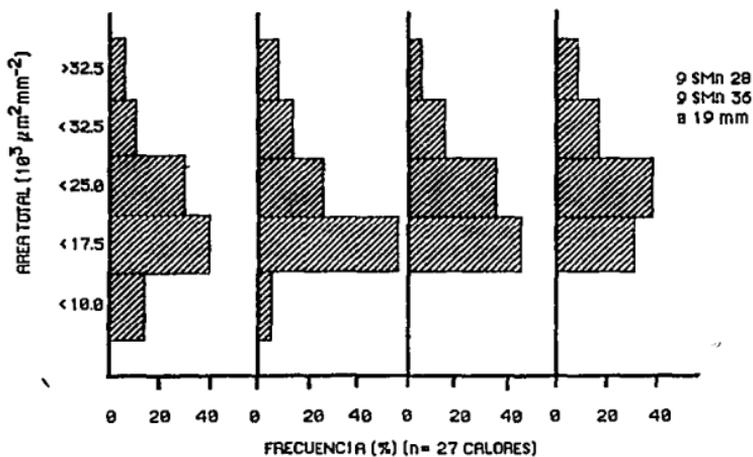
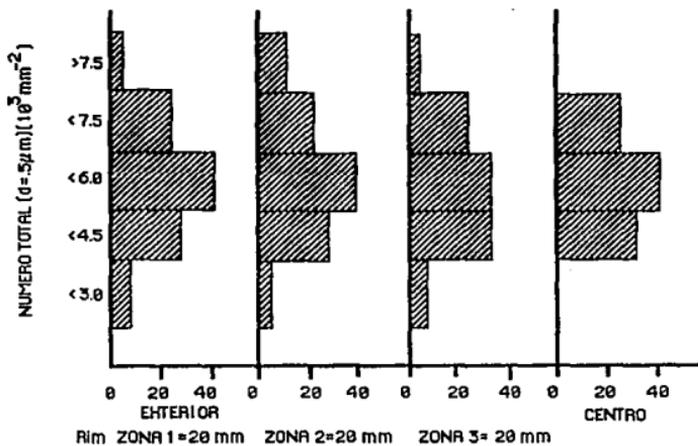
La figura 28 muestra la distribución de frecuencia del número y el área de todas las inclusiones de sulfuros detectados en las cuatro zonas investigadas.

El número de inclusiones por  $\text{mm}^2$ , equivalente a la densidad de los sulfuros está normalmente distribuido. Un máximo fue encontrado en la clase con 4501 a 6000 inclusiones por  $\text{mm}^2$ .

En la zona central el rango de variación es más estrecho.

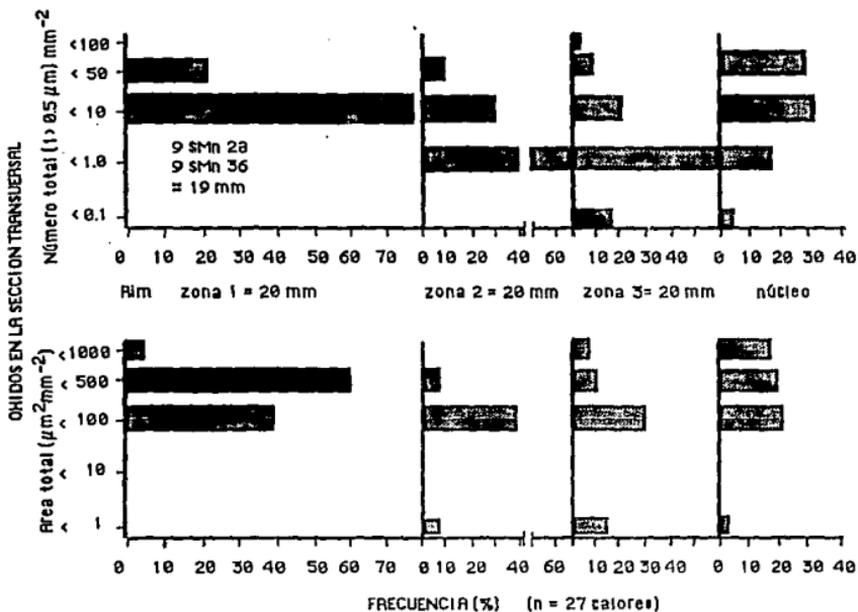
La distribución del área de los sulfuros es logarítmica. El máximo fue encontrado en la clase con 10001 a 17500  $\text{micras}^2$  por  $\text{mm}^2$  en el centro. Acercándose al centro, los valores más pequeños son reducidos justo como los valores de la densidad.

INCLUSIONES DE AZUFRE EN LA SECCION TRANSVERSAL



INCLUSIONES DE AZUFRE EN LA SECCION TRANSVERSAL  
Figura 28

Los óxidos fueron detectados igual a los sulfuros en las cuatro diferentes zonas de cada espécimen, pero en la sección longitudinal. A causa de sus tamaños pequeños y la distribución de la densidad, la superficie total de las microsecciones de 3800 mm<sup>2</sup> debió ser investigada. Los resultados son mostrados en la figura 29.

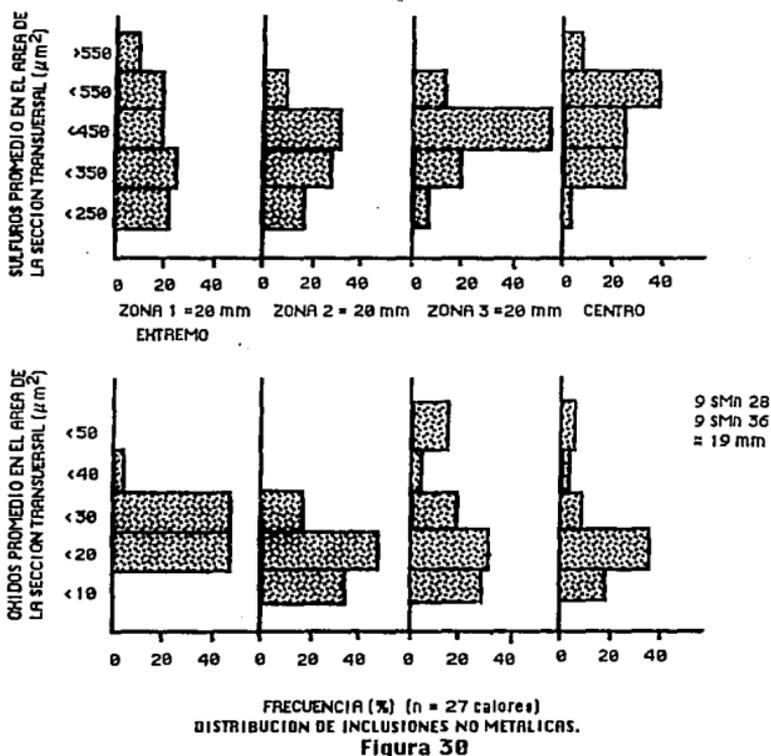


OXIDO-DISTRIBUCION EN LA SECCION LONGITUDINAL.

Figura 29

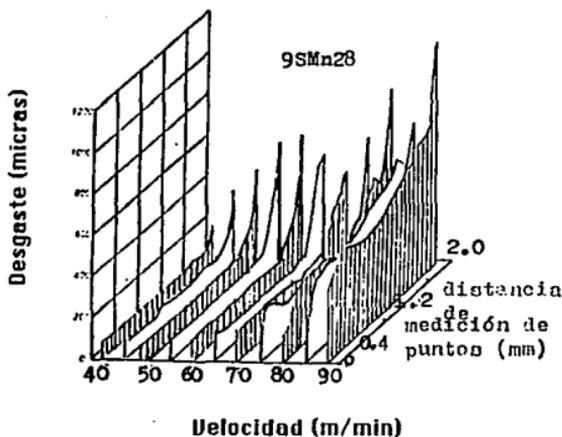
Una distribución homogénea como con los sulfuros, es difícil de encontrar. En la zona exterior, ambos, el número total y el área total de los óxidos están dentro de un rango estrecho pero de alto nivel. Las dos zonas más cercanas al centro son las más limpias, en el centro mismo, la densidad del óxido-distribución se incrementa nuevamente.

La figura 30 muestra la distribución de frecuencia de las áreas promedio de sulfuros y óxidos. El máximo despreciado de las áreas de los sulfuros de 251 a 350 micras<sup>2</sup> en la zona exterior es cambiada a un máximo distinto en la clase de 451 a 550 micras<sup>2</sup> en el centro. La distribución de frecuencia del tamaño promedio de óxido es tan no-homogénea, como la distribución de sus números y porcentaje de área. En las dos zonas cercanas a la superficie, los óxidos pequeños son ensamblados, acercándose al centro aparecen las inclusiones grandes de 41 a 50 micras<sup>2</sup>, pudiendo pertenecer a otro grupo.

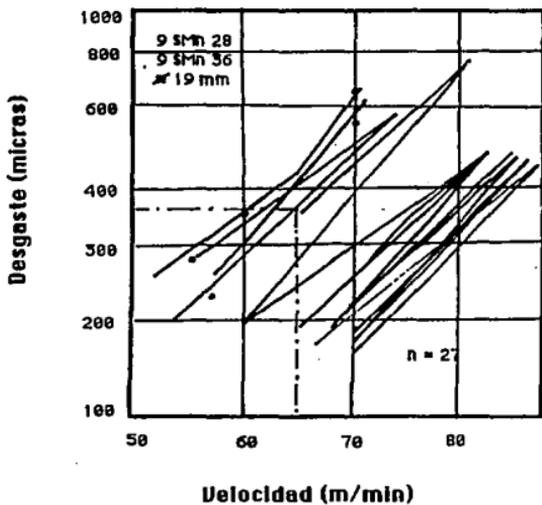


### 303.- INDICE DE MAQUINABILIDAD.

Los valores de maquinabilidad de los aceros discutidos, fueron encontrados por el estirado en molinos en frío de las barras, en la dirección transversal, solamente usando una herramienta de corte de acero de alta velocidad. Después del tiempo de desbaste, en molinos de una hora, a una velocidad constante, un desgaste típico en la cara del claro se fue formando como se muestra en la figura 31 para once diferentes velocidades de corte. El ancho promedio del desgaste de las herramientas usadas correlaciona muy bien con las velocidades de corte en el rango elegido, cercano a la destrucción total. La figura 32 muestra las líneas rectas apropiadas para los aceros investigados. Usando las funciones de estas líneas rectas, la velocidad de corte fue calculada, en la cual aparecen un desgaste promedio de 35  $\mu$ m. Los resultados fueron usados como índice de maquinabilidad.



INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DE  
CORTE EN EL DESGASTE DE LA CARA  
Figura 31

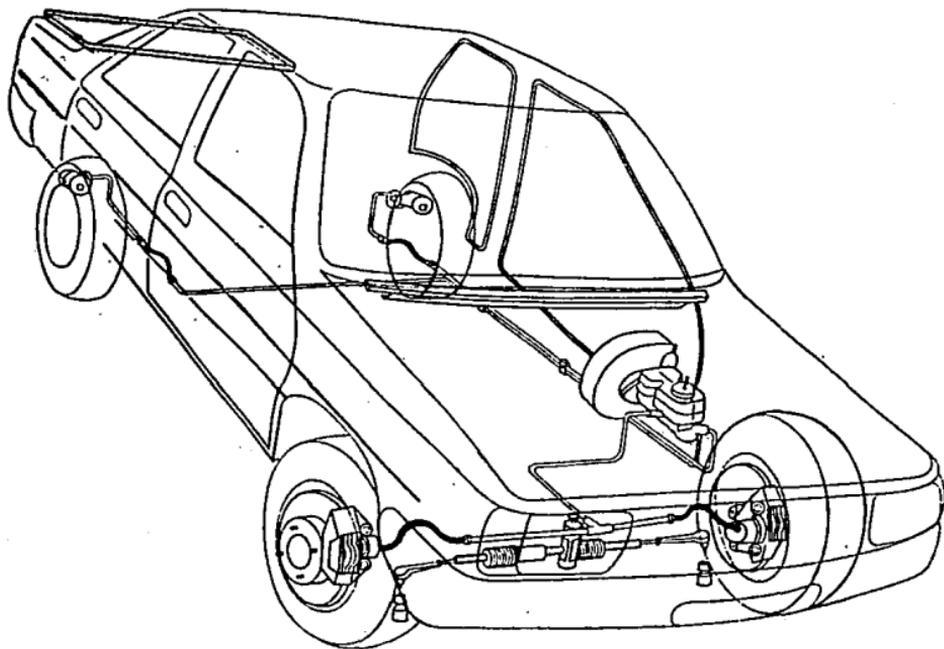


VARIACION DE DESGASTE CON LA VELOCIDAD DE CORTE  
 Figura 32

## CAPITULO IV

### APLICACION ESPECIFICA DEL ACERO SAE-12L14 EN FRENOS AUTOMOTRICES.

En la industria automotriz se fabrican mangueras para frenos hidráulicos de vehículos automotores. El diseño de estas partes lo forma fundamentalmente una manguera de hule y una conexión de acero calidad SAE-12L14, en cada extremo (figura 33).

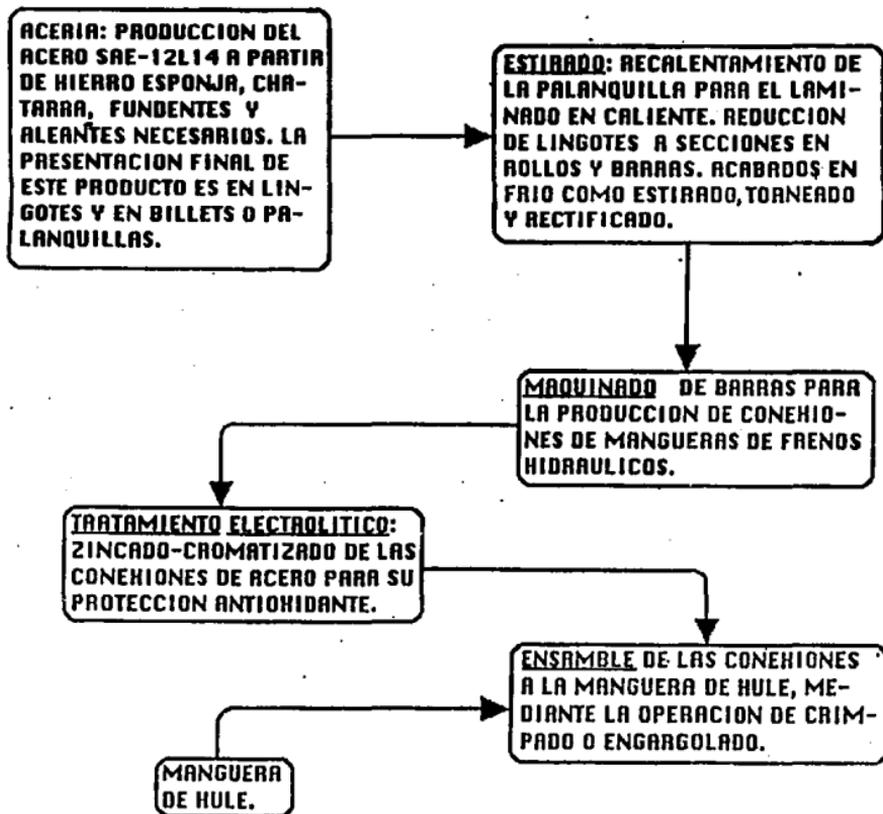


LA POSICION DE LAS MANGUERAS EN VEHICULOS, SE MUESTRA  
CERCA A LAS RUEDAS Y REMARCADAS CON NEGRO.

Figura 33



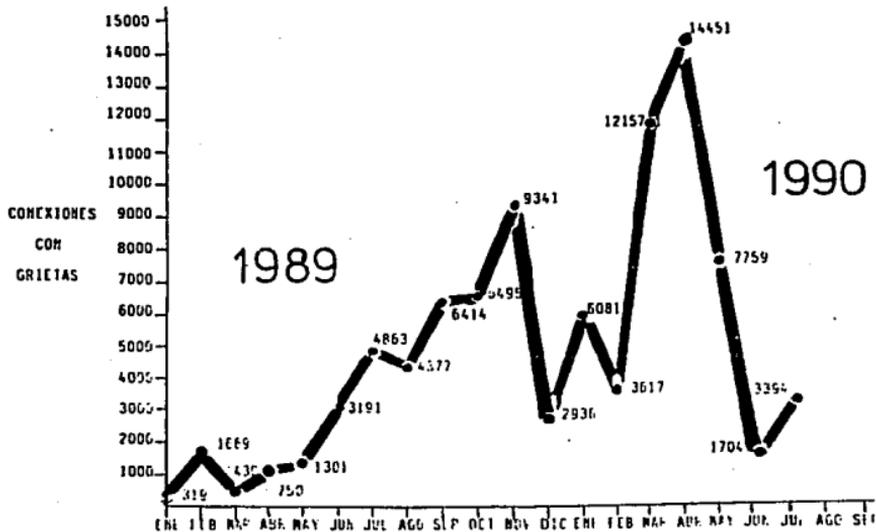
## FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE PRODUCCION DE MANGUERAS PARA FRENOS HIDRAULICOS



## CAPITULO U

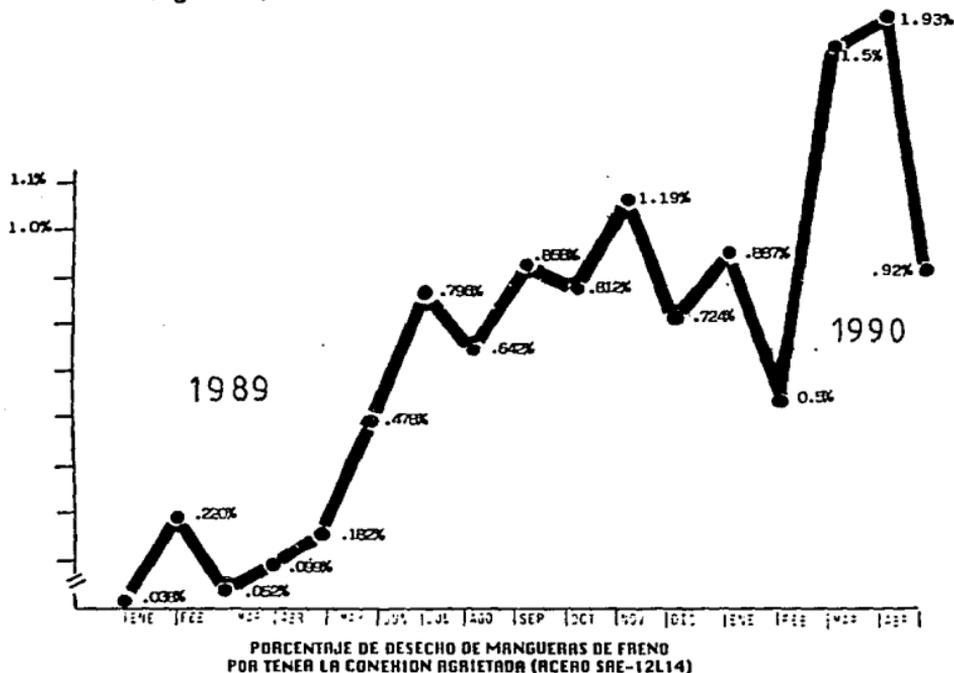
### DESCRIPCION DE FALLA EN LA CONEJION DE ACERO SAE-12L14.

La manufactura de este producto tiene una operación de crimpado o engargolado de la conexión con la manguera. Aquí fue detectada una falla en el material, consistente en la formación de una grieta longitudinal en el instante mismo de la operación, que alcanzó grandes proporciones en cuanto a la cantidad de conexiones agrietadas, mostrándose una tendencia a incrementarse, según se observa en la gráfica que con fines estadísticos se fue formando con el tiempo (figura 35).



CANTIDAD MENSUAL DE CONEXIONES AGRIETADAS EN 1989-1990  
Figura 35

La siguiente gráfica muestra los porcentajes de conexiones con grietas, relativos a la producción mensual de los años 1989 y 1990 (figura 36).



PORCENTAJE DE DESECHO DE MANGUERAS DE FRENO POR TENER LA CONECCION AGRIETADA (ACERO SAE-12L14)

Figura 36

### 581.- ANALISIS DE LA FALLA EN LA CONECCION DEL ACERO SAE-12L14.

Un análisis metalográfico de la grieta longitudinal producida en la parte cilíndrica hueca de la conexión, nos conduce como primera posible causa, que es una separación sin desgarre del material, indicativo de que algo ocupó el lugar de la misma, es decir, una macroinclusión, que produce efectos negativos, como lo es en este caso, el agrietamiento en las zonas donde se localiza el defecto.(8)

## **502.- ACCIONES EN PLANTA FUNDIDORA DE ACERO**

Las causas más probables de la formación de macroinclusiones en la fabricación del acero SAE-12L14, pueden ser las siguientes:

### **1.- NIVEL DE OXIDACION (PPM O)**

- a mayores PPM O  $\longrightarrow$  Mn S ovoide
- a menores PPM O  $\longrightarrow$  Mn S alargado

### **2.- ESCORIA**

La escoria atrapada en el acero líquido, durante el proceso, puede formar macroinclusión.

### **3.- EFICIENCIA DE PLOMO**

La macroinclusión puede deberse a segregación de plomo, mezclado con otros componentes.

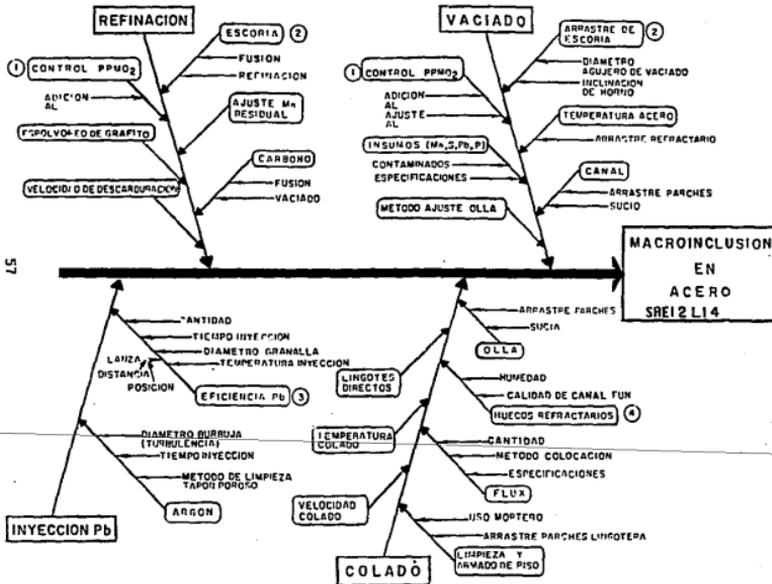
### **4.- HUECOS REFRACTARIOS**

La erosión del acero sobre los refractarios, pueden arrastrar partículas de éstos que quedan atrapadas como macroinclusión.

Es importante mencionar que existen otros factores que deben tomarse en cuenta, pues aún no habiéndose evaluado su nivel de influencia, representan posibles fuentes de macroinclusión: parches de olla, huecos refractarios limpios (libres de arena sílica, mortero y/o concreto refractario) y lingoteras libres de adherencias.

Para resolver este problema se aplica la técnica de grupo nominal con elaboración del Diagrama de Ishikawa, que se muestra enseguida (figura 37).

FIGURA 37.- DIAGRAMA CAUSA - EFECTO PARA CONOCER EL FACTOR CAUSAL DE LA MACROINCLUSIÓN



**503.- CRITERIOS DE LIMPIEZA DE OLLAS PARA EVITAR LA  
POSIBLE FORMACION DE MACROINCLUSIONES EN LA  
FABRICACION DEL ACERO SAE-12L14.**

**PARTES A VERIFICAR:**

- Piso
- Pared
- Línea de escoria

• **PISO:**

- A (Buena): 100% libre de cualquier costra o adherencia de escoria o metal
- B (Regular): Al observarse pequeñas áreas con costras o adherencias de escoria o metal menores a 4 pulg<sup>2</sup>.
- C (Mala): Al encontrarse áreas con costras o adherencias de escoria o metal mayores a 4 pulg<sup>2</sup>.

• **PARED:**

Igual a los puntos establecidos para el piso, siendo muy importante el revisar las zonas correspondientes tanto a la pirámide como al escurridero.

• **LÍNEA DE ESCORIA:**

- A (Buena): 100% libre de cualquier costra o adherencia de escoria.
- B (Regular): Al observarse aproximadamente el 10% del diámetro de la olla (1 m.) con escoria adherida.
- C (Mala): Al encontrarse más del 10% del diámetro de a olla (mayor a 1 m.) con escoria adherida.

**ANÁLISIS DE LAS CONEXIONES AGRIETADAS AL MOMENTO DE SU ENSAMBLE EN LAS MANGUERAS DE FRENOS HIDRAULICOS.**

**504.- ANÁLISIS QUIMICO:**

MUESTRA	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Sn	Pb
1	0.08	0.94	0.01	0.062	0.27	0.07	0.05	0.015	0.11	0.011	0.51
2	0.08	0.97	0.01	0.063	0.25	0.07	0.05	0.015	0.12	0.011	0.46
3	0.08	0.96	0.01	0.062	0.32	0.07	0.05	0.014	0.11	0.012	0.48

Por los elementos presentes, el acero corresponde a un SAE-12L14 con un alto contenido de plomo (fuera de la especificación 0.15 a 0.35%).

#### 505.- ANALISIS METALOGRAFICO.

Las muestras metalográficas fueron preparadas y atacadas para su análisis, con el Reactivo Marshall's, (mezclando partes iguales de la solución compuesta de 5 ml. de  $H_2SO_4$ , 8 gr. de ácido oxálico y 100 ml. de  $H_2O$ , con  $H_2O_2$  al 30%), propio para un acero de bajo carbono y para el revelado de inclusiones, sulfuros y de las fronteras de grano en una matriz ferrítica.

Al observar al microscopio la fractura del acero, se determinó que ésta corre paralela a las líneas que se presentan en la microestructura y precisamente donde hay una concentración de impurezas, lo que da lugar a mayor fragilidad del material. (fotomicrografías 1, 2, 3 y 4).

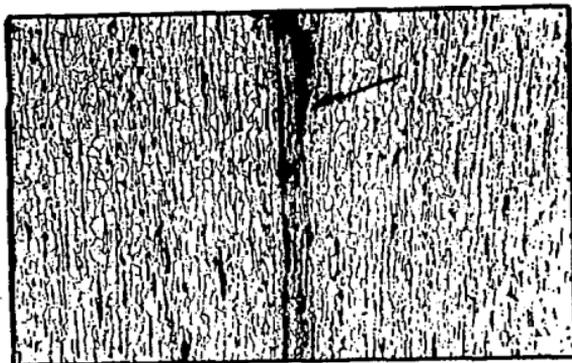


Fotomicrografía No. 1  
INICIO DE LA GRIETA

50X



**Fotomicrografía No. 2** 50X  
**PUNTA DE LA GRIETA**

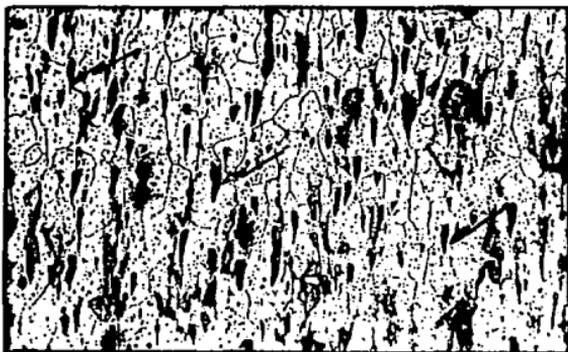


**Fotomicrografía No. 3** 100X  
**PUNTA DE LA GRIETA O FRACTURA, CON AVANCE  
SOBRE LA CONCENTRACION DE IMPUREZAS**



**Fotomicrografía No. 4** **100X**  
**PUNTA DE LA GRIETA O FRACTURA, CON AVANCE**  
**SOBRE LA CONCENTRACION DE IMPUREZAS**

La formación de sulfuros de manganeso, representan macroinclusiones combinadas con el exceso de plomo segregado, principalmente, en las fronteras de los granos, impidiendo así la cohesión entre los mismos y contribuyendo a la fragilidad del material (fotomicrografías 5 y 6).



Fotomicrografia No. 5                      320X  
LOCALIZACION DE SULFUROS  
FORMANDO MACROINCLUSIONES



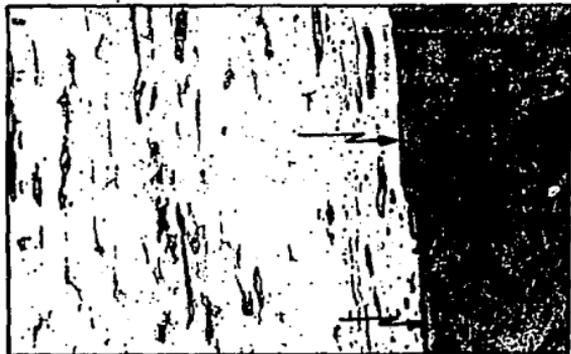
Fotomicrografia No. 6                      320X  
LOCALIZACION DE SULFUROS  
FORMANDO MACROINCLUSIONES

A mayor detalle, se nota también que en los bordes de la fractura existe mayor concentración de impurezas (fotomicrografías 7, 8 y 9).



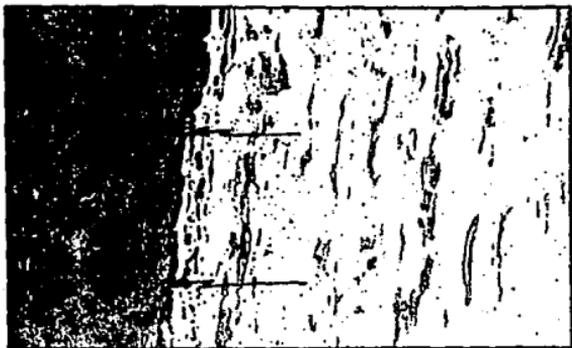
**Fotomicrografía No. 7**  
**LOS DOS BORDES DE LA FRACTURA**

320X



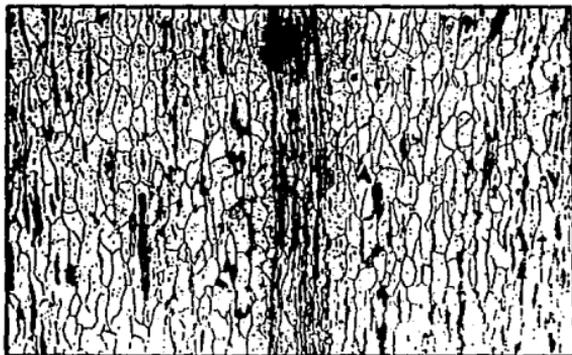
**Fotomicrografía 8**  
**BORDE IZQUIERDO DE LA FRACTURA**

320X

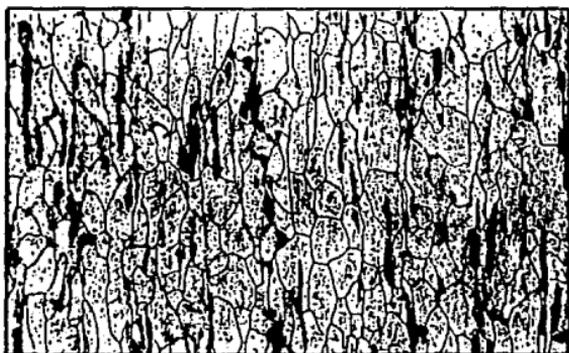


**Fotomicrografía 9** **320X**  
**BORDE DERECHO DE LA FRACTURA**

La metalografía muestra la estructura ferrítica típica de un acero SAE-12L14, pero con granos alargados en la dirección de la laminación, con islas de perlita y granos de tamaños 7 y 8. (fotomicrografías 10 y 11).



**Fotomicrografía No. 10** **200X**  
**MICROESTRUCTURA TÍPICA DEL ACERO SAE-12L14**



**Fotomicrografía No. 11** **320K**  
**MICROESTRUCTURA TÍPICA DEL ACERO SAE-12L14**

Debido al incremento de piezas defectuosas por macroinclusión, se estableció que las palanquillas se inspeccionarían por las dos caras y a todo lo largo de las mismas al 100%, con los mismos parámetros utilizados para la inspección de este tipo de acero.

#### 586.-INSPECCION CON ULTRASONIDO

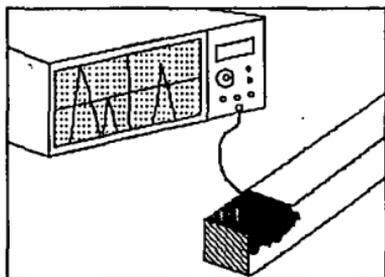


Figura 38.- Para certificar la calidad interna del acero, se aplica esta prueba no destructiva, registrándose la señal en una pantalla y proporcionando así, una indicación visual de la información de la inspección.

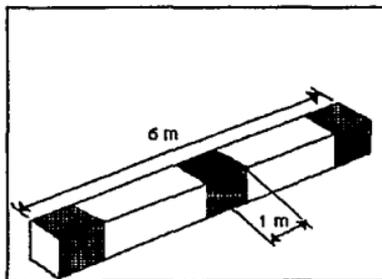


Figura 39.- La inspección se realiza en dos caras contiguas en tres secciones de la palanquilla (extremos y centro).

Otro estudio alterno en la investigación de la problemática de la grieta en la conexión de mangueras, lo constituyó un análisis completo de dos muestras de acero SAE-12L14, procedente de la compañía alemana Schwabishe, con los resultados siguientes:

1.- ANÁLISIS QUÍMICO:

MUESTRA	% C	% Mn	% Si	% P	% S	% Cr	% Ni	% Mo	% Al	% Cu	% Sn	% Pb
CHICA	0.08	1.14	0.01	0.054	0.32	0.04	0.06	0.002	-	0.11	0.007	0.34
GRANDE	0.08	1.23	0.05	0.068	0.29	0.03	0.03	-	-	0.01	0.003	0.24

2.- DISTRIBUCIÓN DE SULFUROS:

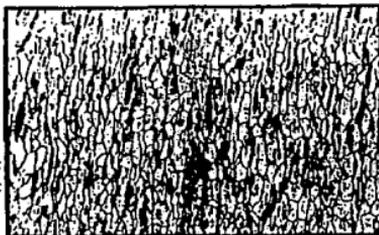
MUESTRA	OVOIDE	LAMINAR FINO Y GUESO
CHICA	5 %	95 %
GRANDE	10 %	90 %

3.- INCLUSIONES NO METÁLICAS:

MUESTRA	A	B	C	D
CHICA	-	*2.5F	-	1.5F
GRANDE	-	-	**4.0G	1.5F

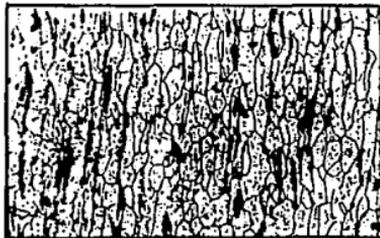
\* VER FOTOMICROGRAFÍA No. 1

\*\* VER FOTOMICROGRAFÍA No. 2



4.- MICROESTRUCTURA Y TAMAÑO DE GRANO:

MUESTRA	TIPO DE MICROESTRUCTURA	TAMAÑO DE GRANO
CHICA	BANDAS DE PERLITA	7-8
GRANDE	PANIDAS DE PERLITA	6-7



5.- DUREZA:

MUESTRA	DUREZA (HRB)
CHICA	94 HRB
GRANDE	90 HRB

La conclusión para este caso en particular es que aún cuando prevalecen inclusiones no metálicas, las conexiones con este acero no se agrietan al engargolarse. Su microestructura, su distribución de sulfuros y tamaño de grano, son típicos.

Para mayor abundancia de datos en el análisis de la grieta, se procedió también a un estudio completo en el Laboratorio de la Industria Militar, obteniendo los resultados de inclusiones no metálicas (ver reporte No. 2527/89):

SECRETARIA DE LA DEFENSA NACIONAL  
DEPARTAMENTO DE LA INDUSTRIA MILITAR  
LABORATORIO CENTRAL DE PRUEBAS

ANÁLISIS EJECUTADO SEGUN NORMAS ISO  
ISO 94 101: B 324-1962 12L14

BOLETIN NUM. # F-396/89  
PRUEBA NUM. 2527/89  
MUESTRA RECIBIDA EN 22 JULIO DE 1989

ANÁLISIS QUÍMICO Y ESTUDIO METALGRÁFICO A CONEXIONES PERFORADA

MUESTRA NUMERO	CAPUCHI %	FOSFORO %	AZUFRE %	PLOMO %					
	0.11	1.36	0.000	0.350	0.23				
CIT/ATAQUE	PRESENTA INCLUSIONES NO METALICAS DEL TIPO LINDO GRUPO 1 DEL NO. 2 EN SERIE FINA DEL NO. 1 EN SERIE GRUESA CON DI/FEI DE HASTA 12 MICRAS PRESENTA TAMBIEN GUSCOS DE SILENDO C/ CARBONO.								
CIT/ATAQUE	PRESENTA UNA MICROESTRUCTURA GRANADA POR UNA MATRIZ DE FERRITA CON APOYO 10% DE BETAITA TAMANO DE GRANO 7								
				91.5 HR.					
	SE AÑEJA MUESTRA QUE PUS SE ASERVA A LOS RESULTADOS OBTENIDOS.								
EXPEC. NORMAS	0.15 MÁX.	0.85 1.15	0.040 MÁX.	0.26 0.55	0.15 0.35				NORM ISO 94 101: B 324- 1962 12L14

OBSERVACIONES

TECAMACHALCO D. F. A. 6 DE JULIO.

ANALISTA

RICARDO GARCIA RODRIGUEZ

ING. CINDY E. FARRUJES TEMPELA

JEFE DEL LABORATORIO

JOSE GARCIA CALVILLO



Como una alternativa más para solucionar el problema de agrietamiento de conexiones de mangueras de freno, se analizó paralelamente un acero SAE-12L14 de manufactura estadounidense, de Nelsen Steel Company, en sus propiedades físicas, químicas, metalográficas y de maquinabilidad, pues con este acero se fabricaron conexiones sin pasarlas por el tratamiento térmico de revenido y no se tuvo una sola pieza con grieta, por lo que ameritaba hacerse un estudio comparativo, para encontrar una diferencia que pudiera servir de base o de ayuda para aplicarla en el acero fabricado en México.

Todo resultó igual al que fabrica México; sin embargo, en la composición química del acero importado se observó más bajo contenido de elementos residuales, especialmente el porcentaje de cobre.

Entonces se modificó la cantidad de elementos residuales para fabricarlo con los siguientes porcentajes máximos:

Cr	Ni	Mo	Cu	Sn
0.10	0.10	0.03	0.10	0.015

Y además se aumentó a 75% el contenido de hierro esponja, reduciendo en proporción el de chatarra.

En estas condiciones se fabricó una colada especial para correr pruebas en conexiones sin reuvenir las y el porcentaje de piezas agrietadas disminuyó considerablemente.

... sin embargo estas acciones aún no fueron suficientes para eliminar totalmente la falla de grieta longitudinal.

## **507.- ACCIONES EN LA PLANTA MANUFACTURERA DE CONEXIONES DE MANGUERAS PARA FRENOS HIDRAULICOS.**

Considerando la cantidad de conexiones agrietadas en el proceso de ensamble a la manguera de frenos, se analizó el problema y optó por liberar esfuerzos en el material, provocados por su paso a través del dado de estirado en frío, mediante el tratamiento térmico de revenido.

La liberación de esfuerzos se llevó a cabo en la planta manufacturera de mangueras para frenos hidráulicos, por contar con los hornos de revenido.

Pero la implantación del revenido se consideró como un recurso para evitar el agrietamiento de piezas; sin embargo, esta implantación no podía ser definitiva por los costos que trae consigo y por que no es la solución al problema en la fabricación del acero, ni en el estirado en frío en la conversión de las palanquillas o billets a barras hexagonales, redondas, cuadradas o especiales.

El tipo de conexiones tratadas en este trabajo, se hacen con barras de sección transversal de geometría especial: hexagonal con radios en las aristas de dos caras contiguas. 

Para la realización temporal del tratamiento térmico del acero SAE-12L14 en conexiones maquinadas, antes de la colocación del inserto y antes del tratamiento electrolítico, se hizo un estudio mediante la técnica estadística de diseño de experimentos, para definir los parámetros del proceso, tales como temperatura, tiempo, velocidad de banda transportadora y atmósfera dentro del horno.

Al relevar esfuerzos internos en las conexiones, se obtiene mayor ductilidad del acero que permite su deformación sin roturas, y por esta razón se efectuaron pruebas completas hasta lograr el abatimiento total de conexiones agrietadas.

El diseño experimental de las pruebas de revenido, llevaron a cabo la siguiente secuencia:

### 1.- DEFINICION DEL PROBLEMA.

Agrietamiento de conexiones de mangueras al momento del prensado para ensamble, debido a esfuerzos internos del material.

### 2.- OBJETIVO DEL EXPERIMENTO.

Liberar esfuerzos y disminuir la dureza del acero, mediante el tratamiento térmico de revenido.

### 3.- PROPUESTAS PARA EL DESARROLLO DE ESTE EXPERIMENTO.

Se correrán diferentes pruebas para encontrar las condiciones óptimas de temperatura, velocidad de la banda transportadora y el tiempo de permanencia de las conexiones en el hogar del horno, que nos de una dureza tal que evite el agrietamiento de las mismas, en el momento del engargolado para su ensamble.

### 4.- DESARROLLO DEL EXPERIMENTO.

TEMPERATURA (°C)	VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO (MINUTOS/METRO)	TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL HOGAR (MINUTOS)
800 (CON ATMOSFERA	4	9
800 CONTROLADA)	6	14
800	8	18
800	12	27
800	16	36
800	2	4.36
800	3	7
800	2.30	5.30
550 (SIN ATMOSFERA	12	27
550 CONTROLADA)	16	36

**También se utiliza un horno de revenido con canastilla y tiempo pre-fijado a las siguientes condiciones:**

<b>TEMPERATURA (°C)</b>	<b>TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL HORNO (MINUTOS)</b>
<b>300</b>	<b>30</b>
<b>300</b>	<b>60</b>
<b>400</b>	<b>30</b>
<b>400</b>	<b>60</b>
<b>500</b>	<b>30</b>
<b>500</b>	<b>60</b>

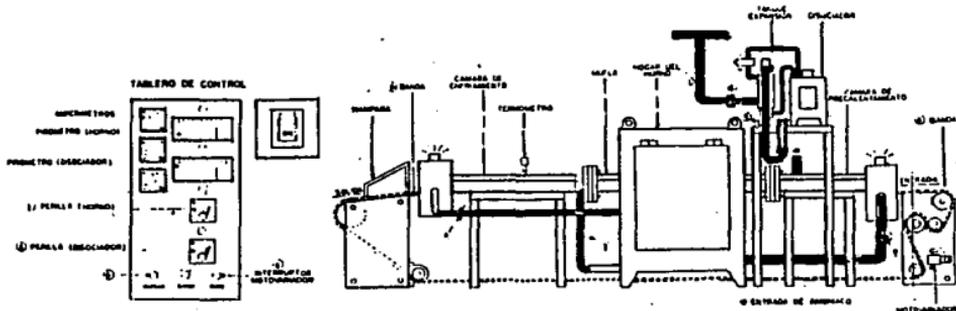
**Cada una de las pruebas que se ejecuten deberán llevar los siguientes pasos:**

**Los lotes de prueba son de 1500 conexiones cada uno, no zincadas y con inserto soldable, correspondientes a una colada especial.**

- 1.- Marcar 25 piezas con lápiz eléctrico y checarles dureza (Rockwell B) antes de pasarlas por el horno.**
- 2.- Marcar algunas piezas con los crayones indicadores de temperatura, de 600 y 670 °C, sólo para conocer si las conexiones alcanzaron esa temperatura como mínimo dentro del horno, cuando la prueba corresponda a una temperatura mayor de 600°C.**
- 3.- Acondicionamiento en banda: siete piezas por hilera y lo más juntas posible; durante el tiempo de horneado, anotar cualquier variación que se presente.**
- 4.- Salidas del horno, se tomarán las mismas 25 piezas para checarles dureza, comparando ésta con la que se tenía antes de hornearlas.**

- 5.- **Correr pruebas de tensión y explosión a 10 conexiones, para determinar la eficiencia del electrosoldado del inserto y comprobar que la pieza no fue afectada al ser sometida a altas temperaturas.**
- 6.- **Llevar lotes a zincar.**
- 7.- **Colocación del inserto de latón remachado.**
- 8.- **Marcar el 50% del lote, con la fecha de ensamble a manguera.**
- 9.- **Ensamblar a manguera y prensar conexiones.**
- 10.- **Inspección de grietas; contabilizar cantidad de conexiones agrietadas.**
- 11.- **Tomar 10 ensambles para hacerles pruebas de tensión y explosión en el laboratorio.**
- 12.- **Al lote OK se le coloca la herradura y se le corre prueba de presión con agua.**
- 13.- **Hacer pruebas de constricción con perno calibrado, por muestreo, para verificar diámetro interior del inserto.**
- 14.- **El lote OK pasa al área de auditorías para ser checado nuevamente y contabilizar las conexiones agrietadas.**

Enseguida se muestra esquemáticamente el horno utilizado para el proceso de revenido y para las pruebas programadas en el experimento. Es de atmósfera controlada por medio de amoniaco disociado, quedando el medio ambiente en el horno, libre de oxígeno.



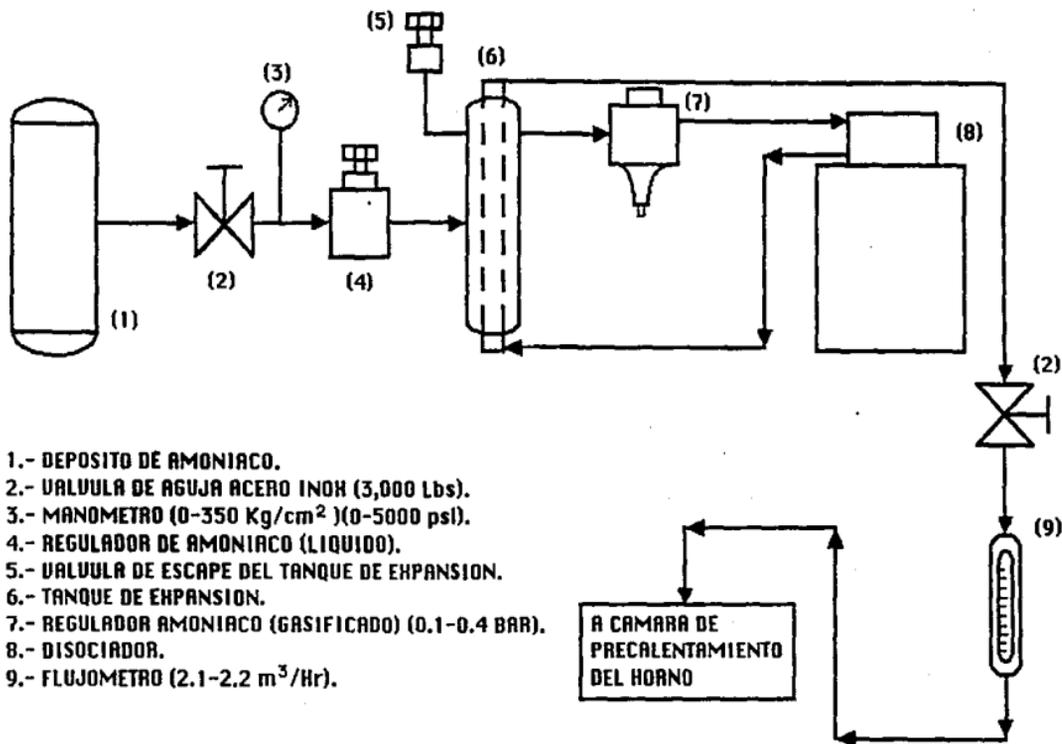
A partir de amoniaco se pueden preparar atmósferas con diferentes proporciones de nitrógeno e hidrógeno, según si el producto de la descomposición sea 75% H<sub>2</sub> + 25% N<sub>2</sub> o dicho producto sea parcial (20% H<sub>2</sub> + 80% N<sub>2</sub>) o totalmente quemado ( 1% H<sub>2</sub> + 99% N<sub>2</sub>).

En el proceso, el amoniaco, en estado de vapor se pasa a través de una cámara donde, en presencia de un catalizador de hierro, se descompone según la reacción  $2 \text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2$

En el caso en que sea indispensable eliminar todo resto de amoniaco, la atmósfera se pasa a través de agua para que quede retenido en ella. Pequeñas cantidades de amoniaco pueden producir nitruración superficial del acero.

Este tipo de atmósferas son muy puras y de alta calidad y resultan neutras para acero con distintos contenidos de carbono, pero tienen la desventaja de ser caras e inflamables.

DIAGRAMA DE FLUJO DE AMONIACO



- 1.- DEPOSITO DE AMONIACO.
- 2.- VALVULA DE AGUJA ACERO INOX (3,000 Lbs).
- 3.- MANOMETRO (0-350 Kg/cm<sup>2</sup> )(0-5000 psi).
- 4.- REGULADOR DE AMONIACO (LIQUIDO).
- 5.- VALVULA DE ESCAPE DEL TANQUE DE EXPANSION.
- 6.- TANQUE DE EXPANSION.
- 7.- REGULADOR AMONIACO (GASIFICADO) (0.1-0.4 BAR).
- 8.- DISOCIADOR.
- 9.- FLUJOMETRO (2.1-2.2 m<sup>3</sup>/Hr).

A CAMARA DE  
PRECALENTAMIENTO  
DEL HORNO

## DISEÑO DE EXPERIMENTOS

### VARIABLES

No. PRUEBA	TEMPERATURA (°C)	VELOCIDAD (MIN./METRO)	TIEMPO DE HORNEO (MINUTOS)	HORNO
1	550	16	36	c/banda
2	550	12	27	c/banda
3	300	- 0 -	30	
4	300	- 0 -	60	
5	400	- 0 -	30	
6	400	- 0 -	60	
7	500	- 0 -	30	con canastilla y tiempo fijo
8	500	- 0 -	60	
9	525	- 0 -	60	
10	550	- 0 -	30	
11	550	- 0 -	60	
12	800	4	9	c/banda
13	800	6	14	c/banda
14	800	8	18	c/banda
15	800	12	27	c/banda
16	800	16	36	c/banda
17	800	3	7	c/banda
18	800	2	4.6	c/banda
19	800	2.3	5.30	c/banda
20	800	2.3	5.30	c/banda

**De los resultados obtenidos en las pruebas anteriores, se tomaron las siguientes decisiones:**

**Prueba # 1, se elimina por correr riesgos el trabajar sin atmósfera controlada.**

**Prueba # 2, se elimina por excesivo tiempo empleado, con detrimento de la productividad.**

**Pruebas 3 a 11, se eliminan por realizarse en horno fuera de la localidad de la planta manufacturera de mangueras de frenos hidráulicos, con detrimento de la productividad.**

**Todas las pruebas restantes (12 a 20), son aceptables por lograrse 0.0% de conexiones agrietadas.**

**Sin embargo, se analizó que las pruebas 12 a 17 aún es largo el tiempo que las piezas permanecen en el horno.**

**Prueba # 18: durante el desarrollo de esta prueba se observó que se provoca fatiga al mecanismo del variador de velocidad, demandando éste mayor corriente eléctrica y con riesgo de dañar al motor.**

**Pruebas 19 y 20: temperatura 800°C con atmósfera controlada; velocidad de la banda 2.30 minutos/metro, la pieza permanece 5.30 minutos en el hogar del horno y el acero baja casi 4 unidades de dureza Rockwell B. La transmisión no se ve afectada con estas condiciones de trabajo y los resultados son excelentes, por lo que se procede a la implantación de este tratamiento térmico en el proceso de producción de mangueras de freno con conexiones hechas a partir del acero SAE-12L14 en su perfil especial.**

**La figura 40 muestra gráficamente los resultados de las 20 pruebas programadas en este experimento.**

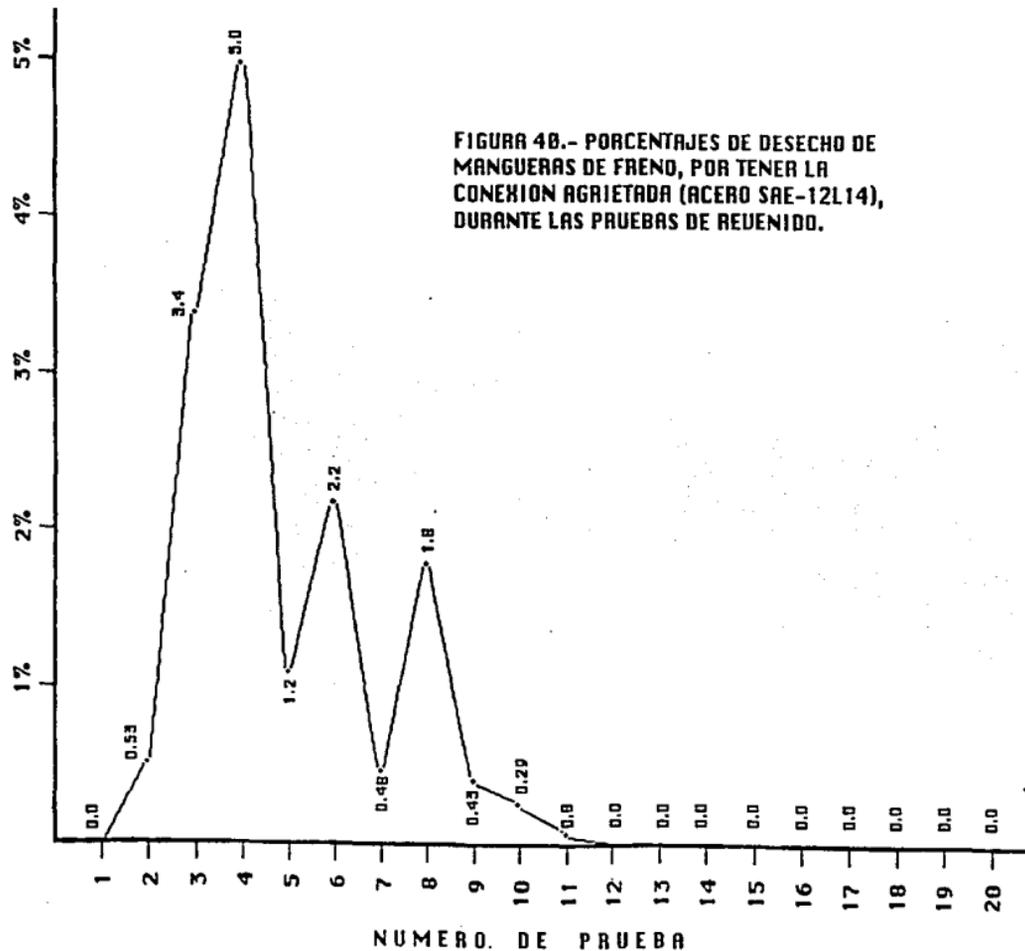


FIGURA 4B.- PORCENTAJES DE DESECHO DE MANGUERAS DE FRENO, POR TENER LA CONEXION AGRIETADA (ACERO SAE-12L14), DURANTE LAS PRUEBAS DE REVENIDO.

**PRUEBAS DE REVENIDO A CONEJIONES DE ACERO 12L14**

**CARACTERISTICAS DEL LOTE DE MATERIAL "TESTIGO"**

**COLADA: 9C 124, DUREZA 90-101 PROMEDIO 95.7**

**1600 CONEJIONES ENSAMBLADAS Y PRENSADAS EN SU PROCESO NORMAL**

**161 CONEJIONES CON GRIETA**

No. Prueba	Temperatura del horno	Tiempo real de horneado	Velocidad de desplazamiento	Dureza antes de horneado	Dureza después de horneado	Total de conexiones ensambladas y prensadas	Total de conexiones <u>con grieta</u>	Prueba de explosión a conexiones	Prueba de tensión a conexiones	Prueba de explosión a ensamblajes	Prueba de tensión a ensamblajes
1	550°C sin atmosfera controlada	36 min.	16 min/m	(90 - 97) Prom. 94	(60 - 71) Prom. 64.8	994	Ninguna	OK	OK	OK	OK
2	550°C con atmosfera controlada	27 min.	12 min/m	(90 - 97) Prom. 94	(65 - 74) Prom. 69	743	4 0.53%	OK	OK	OK	OK
3	300°C	30 min.		(87 - 94) Prom. 92.3	(87 - 94) Prom. 91.7	526	18 3.40%	OK	OK	OK	OK
4	300°C	60 min.		(89 - 94) Prom. 92.3	(89 - 94) Prom. 91.4	460	23 5%	OK	OK	OK	OK
5	400°C	30 min.		(92 - 94) Prom. 93	(89 - 92) Prom. 90.4	500	6 1.20%	OK	OK	OK	OK
6	400°C	60 min.		(91 - 95) Prom. 93	(88 - 91) Prom. 89.4	500	11 2.20%	OK	OK	OK	OK
7	500°C	30 min.		(90 - 95) Prom. 92.3	(85 - 87) Prom. 85.9	416	2 0.48%	OK	OK	OK	OK
8	500°C	60 min.		(90 - 95) Prom. 92.7	(84 - 86) Prom. 85.1	500	9 1.80%	OK	OK	OK	OK

79

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

No. Prueba	Temperatura del horno	Tiempo real de hornos	Velocidad de desplazamiento	Dureza antes de hornos	Dureza después de hornos	Total de conexiones ensambladas y prensadas	Total de conexiones <u>con grinta</u>	Prueba de explosión a conexiones	Prueba de tensión a conexiones	Prueba de explosión a ensamblajes	Prueba de tensión a ensamblajes
9	525°C	60 min.		(91 - 93) Prom. 91.8	(88 - 89) Prom. 88.6	2523	11 0.43%	OK	OK	OK	OK
10	550°C	30 min.		(91 - 98) Prom. 94.9	(86 - 92) Prom. 89.6	1374	4 0.29%	OK	OK	OK	OK
11	550°C	60 min.		(90 - 96) Prom. 93.6	(88 - 93) Prom. 90.6	1260	1 0.08%	OK	OK	OK	OK
12	800°C atm. controlada	9 min.	4 min/m	(92 - 98) Prom. 95	(61 - 72) Prom. 64	1370	ninguna	OK	no pase	OK	OK
13	800°C atm. controlada	14 min.	6 min/m	(89 - 97) Prom. 95	(62 - 75) Prom. 65	1360	ninguna	OK	no pase	OK	OK
14	800°C atm. controlada	18 min.	8 min/m	(90 - 98) Prom. 94.9	(59.5 - 66) Prom 63.7	1364	ninguna	OK	no pase	OK	OK
15	800°C atm. controlada	27 min.	12 min/m	(92 - 98) Prom. 95.4	(60 - 65) Prom. 62.5	1274	ninguna	OK	no pase	OK	OK
16	800°C atm. controlada	36 min.	16 min/m	(90 - 98) Prom. 95.5	(60 - 70) Prom. 64.3	1418	ninguna	OK	no pase	OK	OK
17	800°C atm. controlada	7 min.	3 min/m	(85 - 99) Prom. 93.4	(67 - 89) Prom. 77.4						

No. Prueba	Temperatura del horno	Tiempo real de horneo	Velocidad de desplazamiento	Dureza antes de horneo	Dureza después de horneo	Total de conexiones ensambladas y prensadas	Total de conexiones <u>con grieta</u>	Prueba de explosión a conexiones	Prueba de tensión a conexiones	Prueba de explosión a ensamblajes	Prueba de tensión a ensamblajes
18	800°C atm. controlada	4.6 min.	2 min/m	(85 - 99) Prom. 93.4	(62 - 97), Prom. 92.3						
19	800°C atm. controlada	5.3 min.	2.3 min/m	(91 - 98.5) Prom 93.98	(86 - 89) Prom. 86.7	114	ninguna				
20	800°C atm. controlada	5.3 min.	2.3 min/m	(91 - 97.7) Prom. 93.8	(85 - 95) Prom. 91	1428	ninguna	OK	OK	OK	OK

**OBSERVACIONES.-**

1B

**PRUEBA 1**

Las piezas de prueba no estaban zincadas.

**PRUEBA 2**

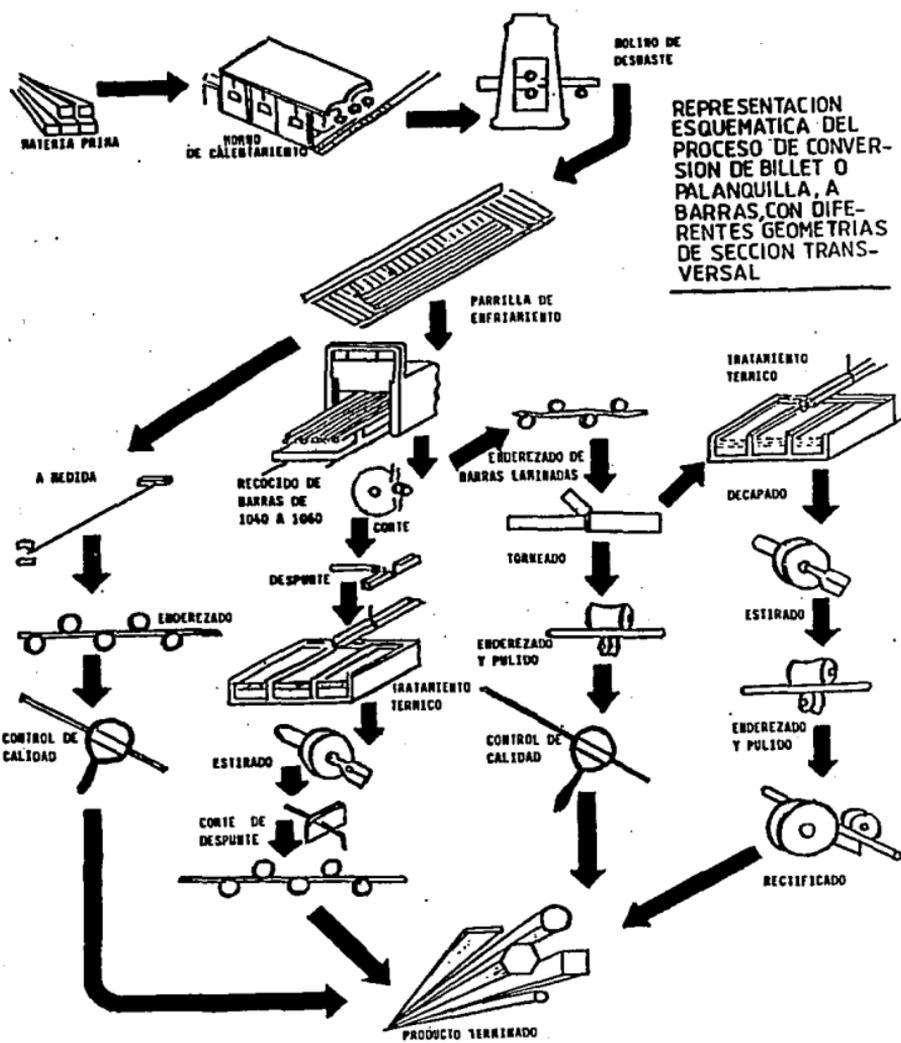
Las piezas de prueba sí estaban zincadas.

**PRUEBAS 3 A 8**

Las piezas de prueba fueron analizadas metalográficamente antes del tratamiento térmico presentando una microestructura típica de un SAE-12L14: ferrita + perlita en banda con inclusiones de sulfuro de plomo. Después del tratamiento térmico se observa cambio en el tamaño de grano compatible con el cambio de dureza del material; decarburación muy leve, pues la temperatura no es suficiente para produciría.

**PRUEBA 9**

A estas piezas se les hizo la prueba de construcción con resultados aprobatorios.



REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL PROCESO DE CONVERSION DE BILLET O PALANQUILLA, A BARRAS, CON DIFERENTES GEOMETRIAS DE SECCION TRANSVERSAL

## **508.- ACCIONES EN PLANTA DE ESTIRADO DE ACEROS.**

El plan de trabajo inicialmente comprende las siguientes actividades:

\* La realización de pruebas para definir la medida nominal de la barra acabada en caliente, que minimice el porcentaje de reducción en el trabajo de estirado en frío y su influencia en el radio de aristas.

El radio en las aristas del hexágono reduce la incidencia de fracturas en las conexiones.

El hecho de minimizar el porcentaje de reducción, tiene la finalidad de evitar sobre-esfuerzos internos en el material, que tengan impacto directo en la falla producida a la hora de engargolar la conexión a la manguera. La medida nominal se definirá rediseñando el dado de extrusión con menor porcentaje de reducción y para mejorar el preformado de las barras.

\* Fabricar lote de prueba de barra acabada en caliente, estirar en frío y determinar dureza, pensando que esta propiedad física tenga influencia en la formación de la falla.

\* Rediseñar dados para mejorar el preformado con la misma finalidad de evitar sobre-esfuerzos internos en el material y reducir la dureza en barra acabada en frío.

### **DESCRIPCION DE LA PRUEBA:**

1.- Se diseñó un experimento estadístico con el método de Taguchi, para identificar qué factores o variables afectan el comportamiento del proceso de estirado de aceros, y de esta manera poder mejorarlo. Para tal efecto se consideraron las siguientes variables:

a).- TIPO DE LUBRICACION:	Normal y Alta
b).- FORMA DE DADO:	Normal y "de flor"
c).- DIAMETRO DE ENTRADA:	0.720" y 0.740"
d).- VELOCIDAD:	15 m/min. y 30 m/min.
e).- DUREZA:	Baja y alta.

La característica de calidad, DUREZA, "menor es mejor".

Se efectuaron 8 pruebas con las variables descritas.

A las 8 pruebas se les determinó sus propiedades mecánicas y a 3 de ellas su composición química.

Los resultados son los siguientes:

PROPIEDADES MECANICAS OBTENIDAS DEL PERFIL ESPECIAL 5/8" EN ACERO SAE-12L14, EN DIFERENTES PRUEBAS

LNF = Lubricación Normal, dado "de flor".

LAN = Lubricación Alta, dado "normal".

0.72" y 0.74" = Bs de entrada

LNN = Lubricación Normal, dado "normal".

DA = Dureza alta.

15 y 30 = velocidad, m/min.

LAF = Lubricación Alta, dado "de flor".

DB = Dureza Baja.

IDENTIFICACION	RESISTENCIA A LA TENSION (PSI)	% DE ALARGAMIENTO	% DE REDUC. DE AREA	DUREZA HRB SUPERFICIAL	TRANSVERSAL
1.1 LNF 0.7215DA	91,268	12	48	93	93
1.2	92,481	11	37	93	93
1.3	89,849	11	37	93	93
1.4	92,732	12	35	93	93
2.1 LNF 0.7430DB	98,727	12	36	93	93
2.2	91,228	11	35	93	93
2.3	98,727	13	41	93	93
2.4	89,788	13	41	92	93
3.1 LNN 0.7215DB	87,700	31	48	92	91
3.2	84,564	24	44	90	91
3.3	87,874	15	41	92	91
3.4	86,602	11	42	92	91
4.1 LNN 0.7430DA	93,484	11	33	93	93
4.2	93,685	11	36	94	93
4.3	92,583	14	36	93	93
4.4	94,244	12	34	95	94

IDENTIFICACION	RESISTENCIA A LA TENSION (PSI)	% DE ALARGAMIENTO	% DE REDUC. DE AREA	DUREZA HRB SUPERFICIAL	TRANSVERSAL
5.1 LAF 0.7238DB	84,361	19	42	92	90
5.2	87,112	19	43	91	91
5.3	86,859	17	46	92	91
5.4	85,478	19	46	92	91
6.1 LAF 0.7415DB	95,213	18	41	94	94
6.2	95,995	11	39	94	94
6.3	95,238	18	39	93	93
6.4	92,244	16	41	94	94
7.1 LAN 0.7238DB	93,479	17	35	94	94
7.2	91,228	11	36	93	92
7.3	92,746	19	42	93	94
7.4	90,423	18	35	93	93
8.1 LAN 0.7415DB	88,972	11	48	94	93
8.2	90,423	16	46	93	93
8.3	91,479	11	36	93	93
8.4	89,689	20	43	93	92

## ANALISIS QUIMICO:

MUESTRA	C	Mn	SI	P	S	Cr	NI	Mo	Cu	Sn	Pb
2.2	0.08	1.05	0.02	0.059	0.33	0.08	0.06	0.023	0.09	0.008	0.35
3.2	0.08	1.05	0.02	0.06	0.34	0.08	0.05	0.023	0.09	0.007	0.35
8.3	0.08	1.04	0.02	0.06	0.34	0.08	0.06	0.023	0.09	0.007	0.35

DEL ANALISIS ANTERIOR SE DESPRENDE QUE LA PRUEBA NUMERO 5, ES LA QUE CUMPLE CON LO PARAMETROS MAS CERCANOS PARA OBTENER DUREZAS BAJAS Y % DE REDUCCION DE AREA ALTA, Y LAS CONDICIONES SON:

98

1.- LUBRICACION ALTA

2.- DADO DE FLOR

3.- DIAMETRO DE 0.72 "

4.- VELOCIDAD DE 30 m/min

5.- DUREZA BAJA

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES PARA LA ELIMINACION TOTAL DE LA FALLA EN LA CONEXION DE ACERO SAE-12L14

De acuerdo a los resultados obtenidos en la serie de pruebas realizadas en la planta fundidora de acero, en la planta de estirado y en la planta manufacturera de conexiones, se llegó a las siguientes

#### CONCLUSIONES:

1.- Fabricar un acero SAE-12L14 con cambios en su composición, tales como elevar a 75% el contenido de hierro esponja, reduciendo el porcentaje de chatarra a 25% en volumen y reduciendo también los porcentajes de elementos residuales Cr, Ni, Mo, Sn y Cu. El contenido de cobre no deberá sobrepasar de un 0.10 % que tiene incidencia en el porcentaje de reducción de áreas a la hora de estirarlo y tomando como modelo la composición química del acero fabricado por Nielsen Steel de EE.UU., con el que también se corrieron pruebas y no se tuvo una sola conexión con grieta.

2.- Se implanta en definitiva la inspección al 100 %, a todo lo largo de la palanquilla y por dos caras contiguas, para detectar macroinclusiones y otros defectos internos.

3.- El proceso de estirado debe efectuarse a través de un dado con diseño " de flor " para mejorar el preformado (Figura 41).

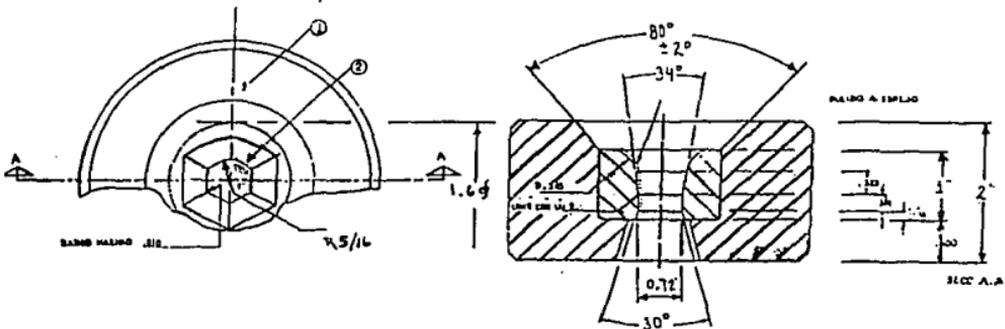


Figura 41.- Dado para estirar de redondo a perfil especial.  
( estirado de rollo a rollo con tratamiento térmico 600°C x 4 hrs., enfriar a 500°C y luego al aire).

La longitud del dado es de 1" y con aceptación de un diámetro inicial de 0.72". Usar alta lubricación durante la operación y una velocidad de 30 metros/minuto. Con esto se asegura una dureza de 85 a 92 HRB que es óptima para los fines que se persiguen y considerando que la dureza tuvo gran influencia cuando se originó el problema, pues alcanzó unidades entre 85 y 102 HRB en ese entonces.

4.- Se inspeccionarán con ultrasonido las barras terminadas como perfil especial, utilizadas como materia prima de la conexión de manguera de frenos, para descubrir defectos internos no detectados en la acería.

La conjugación de estas medidas adoptadas, contribuye a eliminar tensiones en las barras de acero, ajustando a la vez algunas de sus propiedades químicas, físicas y mecánicas, que llevaron a obtener resultados de eliminación total de grietas en la conexión al engargolarla a la manguera.

5.- Se elimina definitivamente el tratamiento térmico de revenido, que se implantó en la planta manufacturera de conexiones de mangueras de frenos, con el propósito provisional de acondicionar y liberar esfuerzos del material, en tanto se tomara una medida que garantizara plenamente la eliminación de la falla en forma de grietas, en las conexiones de acero.

## CAPITULO VII

### FUTUROS TRABAJOS

Las fallas de materiales que a continuación se describen, son problemas actuales que surgieron a la par que se desarrollaba el trabajo de investigación que sirvió de tema para esta tesis.

El propósito de mencionarlos es aprovechar las experiencias y aportaciones derivadas del análisis de una falla similar, pero claro está que deberán ser objeto de otro estudio en cada caso particular.

#### **781.- ANALISIS DE FALLA EN CONEXIONES DE MANGUERAS DE FRENOS, CON ENGARGOLADO RECTO, NO CIRCULAR.**

La actualización de especificaciones de ingeniería en las conexiones de acero y latón, demandó recientemente un cambio en el tipo de engargolado.

El engargolado circular que puede apreciarse en la figura 42 cambia su diseño al de engargolado recto como el de la figura 43.

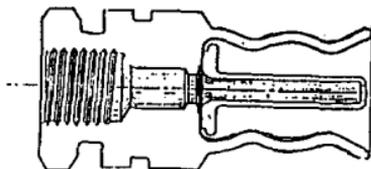


Figura 42.- Corte transversal de una conexión con engargolado circular.

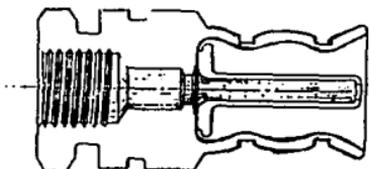


Figura 43.- Corte transversal de una conexión con engargolado recto.

Sin embargo, la forma recta prácticamente genera una deformación más severa, más crítica y una presión no uniforme que dió motivo a producir conexiones de acero y latón nuevamente con la falla en forma de grieta.

Es ésta una tecnología adoptada ya desde hace años en Europa, Japón y Estados Unidos, sin tener el problema de esta falla. La ingeniería automotriz confirma tener mejor agarre y menor riesgo de zafarse por las presiones y esfuerzos a que está sometida la manguera durante la marcha del vehículo.

Como detalle de este problema, se tiene la siguiente estadística:

1992	PRODUCCION (PIEZAS)	RECHAZO POR GRIETAS (PIEZAS)	%
FEBRERO	140700	128	0.09
MARZO	224600	382	0.17
ABRIL	186900	952	0.51
MAYO	190850	2479	1.30

Se observa que existe un incremento bastante fuerte a partir del cambio de mordazas en las máquinas engargoladoras.

Como primer paso en la resolución de esta falla, debe hacerse el ajuste correcto de las mordazas y la uniformidad en la presión de engargolado, de manera tal que no produzca la falla por ovalamiento de la conexión.

Como medida preventiva liberar esfuerzos en las conexiones de acero mediante tratamiento termico, antes del engargolado. El tratamiento térmico para el latón deberá ser mediante otros parámetros diferentes al del acero por sus cualidades propias de cada uno de estos materiales.

Hacer un estudio de durezas con ambos materiales y otro estudio técnico comparativo con el material usado en otros países donde se usa el engargolado recto, sin tener la falla mencionada.

De todo ésto se pueden conocer otras alternativas que conduzcan a la eliminación total de gietas al ensamblar las conexiones de latón y de acero a las mangueras.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) Emahoro, E. H. y Welsh, J.M. MACHINABILITY IRON STEEL. Inst. Special Report. 94 Grovener Press. Partsmouth, 1967. Pag. 19-24.
- (2) Palacios, J. Ma. y Arana, J.L. ADICIONES A LOS ACEROS PARA MEJORAR LA MAQUINABILIDAD. S.A. Echeverria. Conferencia 1977. Bilbao, España.
- (3) VII JORNADAS METALURGICAS HISPANO - FRANCESAS. Revista Metalúrgica. Vol 13 No. 1. Pag. 11-18. Bilbao, España. 1977.
- (4) Simposio Internacional. INFLUENCIA METALURGICA DE LA MAQUINABILIDAD DE LOS ACEROS. Sept. 1977. Tokio, Japón.
- (5) SAE - HANDBOOK. J-402, J-403. Vol, 1-1992. Pag. 1.07-1.16.
- (6) Knowlton, H. B.: Machining of Steels, A.S.M. (1938), p. 50.
- (7) Boulger, F. W., W. Moorhead and T. M. Garvey: Iron Age 167 (1951) No. 28, pp. 98-95.
- (8) Ulack, L. H., Van : Trans. A.S.M. 45 (1955), pp. 641-657.
- (9) Shaw, M. C.: Trans. ASME, Ser. B. J. Engng. Ind. 83 (1961), pp. 175-180.
- (10) Shaw, M. C., E. Usui and P. A. Smith: Trans. ASME, Ser. B. J. Engng. Ind. 83 (1961), pp. 181-193.
- (11) Shaw, M. C., N. H. Cook and P. A. Smith: Trans. ASME, Ser. B. J. Engng. Ind. 83 (1961), pp. 163-174.
- (12) Miller, C. A. and Zimmermann: Arch. Eisenhüttenwesen 33 (1962), pp. 841-851.

- (13) Garvey, T. M. and J. Tata : Metall. Soc. Conf. AIME Vol. 26 (1965), pp. 99-132.
- (14) Radke, K. and D. Schreiber: Stahl und Eisen 86 (1966), pp. 88-99.
- (15) Dahl, W. H., H. Hengstenberg and C. Düren: Stahl und Eisen 86 (1966), pp. 796-817.
- (16) Bellot, J., M. Hugo, E. Schirrecker and E. Herzog: Rev. Metallurg. (1966). pp. 959-975.
- (17) Bäcker, L., M. Rolin and C. Messenger: Mem. Scient. Rev. Metall. 63 (1966), pp. 319-328.
- (18) Murston, G. J. and J. D. Murry: J. Iron Steel Inst. (1970), pp. 568-575.
- (19) Duckwitz, C. A., E. Förster and H. Richter: Arch. Eisenhüttenwesen 39 (1968), pp. 333-338.
- (20) Schwerdtfeger: Arch. Eisenhüttenwesen 41 (1971), pp. 923-937.
- (21) Steinmetz, E., and H. U. Lindenberg: Arch. Eisenhüttenwesen 47 (1976), pp. 71-76.
- (22) Malkiewicz, T., and S. Rudnik: J. Iron Steel Inst. 21 (1963), pp. 33-38.
- (23) Schell, E. and R. Schell: Stahl und Eisen 72 (1952), pp. 683-687.
- (24) Pickering, F. B.: J. Iron Steel Inst. (1958), pp 148-149.
- (25) Fröhike, M.: The microscope 19 (1971), pp 403-414.
- (26) FMVSS FEDERAL MOTOR VEHICLE SAFETY STANDARDS AND REGULATIONS.- DEPARTMENT OF TRANSPORTATION EE.UU. - 1974.

- (27) \* MUSS-106.- STANDARD OF REQUIREMENTS FOR HYDRAULIC BRAKE HOSES (CHEVROLET VEHICLE SAFETY HANDBOOK).- AGOSTO 1974.
- \* MS-EA38 MATERIAL STANDARD CHRYSLER MOTORS CORPORATION.- VOL. A SECN.3 PAGES. 1-18.- CHANGE B 1998.
- \* TLW-630 STANDARD VOLKSWAGENWERK.- 1988.
- \* TLW-901 ZENTRALNORM VOLKSWAGENWERK.- 1991.
- (28) DETERMINACION DEL CONTENIDO DE INCLUSIONES EN LOS ACEROS.  
ASTM - E - 45-87. PAG. 1381-1395.
- (29) \* NORMA OFICIAL MEXICANA NOM D-134-1979 Y NOM D-17-1979.
- \* SOCIEDAD DE INGENIEROS AUTOMOTRICES SAE-J-1703
- \* FEDERAL MOTOR VEHICLE SAFETY STANDARS FMUSS - 116
- \* DOT-3 Y DOT-4 DEPTO. TPTE. EE.UU.