

3
28



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores
CUAUTITLAN

EVALUACIONES TECNICAS METALURGICAS PARA
LA CARACTERIZACION DE MATERIALES EN
PIEZAS Y/O REFACCIONES MECANICAS
VIABLES A SUSTITUIR SU IMPORTACION

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

RICARDO ARROYO LOZANO

Dirigieron:

Ing. JOSE ANTONIO ECHEVERRIA GONZALEZ

Ing. GERARDO SOSA



V N A M

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.

1988.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

I N D I C E

CAPITULO	DESCRIPCION	PAGINA
I	INTRODUCCION	2
II	SELECCION DE PIEZAS Y/O REFACIONES MECANICAS.	6
III	ESTUDIO METALURGICO	14
	a). INTRODUCCION A LOS MATERIALES MECANICOS.	14
	b). PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS	40
	c). ENSAYOS METALURGICOS.	54
IV	TECNICAS DE EVALUACION	59
V	CARACTERIZACION DE MATERIALES (CASOS PRACTICOS)	70
VI	SUSTITUCION DE MATERIALES Y/O ALTERNATIVAS.	95
VII	EVALUACION ECONOMICA	113
VIII	CONCLUSIONES	122
IX	BIBLIOGRAFIA.	124

I. - INTRODUCCION

Dentro del contexto de desarrollo tecnológico de México es imprescindible no dejar de mencionar los esfuerzos que en la actualidad se realizan en materia de sustitución de importaciones, en instituciones académicas, de investigación, y hasta en las mismas empresas del sector público y privado, que han establecido programas y políticas de orientación enfocados a sustituir todos aquellos insumos que de una u otra manera son potencialmente factibles de ser fabricados en el país.

Si bien la sustitución de importaciones ha sido una política latente durante los últimos 60 años, es conocido de sobra que en la última década la crisis económica por la que atraviesa el país se ha acentuado, y provocado una limitación en la importación de insumos y una reactivación en el campo de sustitución de importaciones.

Para poder entender y apreciar la magnitud de lo que significa la sustitución de importaciones, es necesario ubicarnos en el tema, mencionando algunos hechos históricos que están relacionados intrínsecamente con el desarrollo de ese trabajo.

Durante el gobierno de Don Porfirio Díaz (1877-1911) se realizaron concesiones legislativas consistentes en facilitar las inversiones extranjeras en nuestro país, mismas que otorgaron todo tipo de facilidades para la explotación de recursos naturales (forestales, mineras, petroleras, etc.). A raíz de estas determinaciones nuestro país experimentó un crecimiento económico, debido en gran parte al incremento de la producción manufacturera e industrial, al crecimiento de las actividades en

la industria extractiva, y al fortalecimiento del comercio nacional e internacional. Cabe mencionar que esta situación trajo consigo la adquisición de tecnología importada, la cual benefició únicamente al capital extranjero, cuya única meta era la de extraer la mayor riqueza posible con costos cada vez mas bajos.

Es claro que esta situación generó que los trabajadores vivieran en condiciones cada vez mas deprimentes, causando parte de los transtornos sociales ocurridos a principio de siglo, que desencadenaron en la Revolución Mexicana.

Posterior a 1910 vinieron años de reacondicionamiento social que no trajeron avances tecnológicos de consideración. No fue sino hasta 1938 cuando el General Lázaro Cárdenas, haciendo valer el artículo 27 constitucional, decreta la expropiación de la industria petrolera.

Esta medida dejó plasmada una nueva etapa en el desarrollo del país, encaminada al logro de una auténtica independencia económica, y a la autodeterminación técnica e industrial de México.

Como es de suponerse la expropiación petrolera trajo consigo una serie de dificultades provocadas por la dependencia tecnológica en la que se encontraba el país, y por el bloqueo técnico económico aplicado a México por los países afectados. Sin embargo, estos acontecimientos tuvieron tanto de positivo que a nivel local surgieron las necesidades y las emergencias que tuvieron que resolverse con las capacidades de los técnicos y empresarios nacionales, que de alguna manera ejercieron mecanismos para sustituir importaciones esencialmente de

refaccionamiento de los equipos empleados en la industria petrolera.

La reactivación tecnológica se fue logrando, durante los años posteriores, con la conjunción de nuevas técnicas nacionales y apoyo del exterior (principalmente con la adquisición de nuevas técnicas, equipos y refacciones por parte de países europeos y de Estados Unidos).

Fue en el año de 1982 cuando, debido a la grave situación de deuda externa que afrontaba México, se retomó con mayor decisión la sustitución de importaciones, implantándose un estricto control en el suministro de insumos importados, encauzado a ahorrar divisas, a superar la deficiencia en la balanza de pagos, y a fomentar la industria nacional.

Con todo esto el término sustitución de importaciones, que por sí solo se puede definir, está enfocado a estudiar con detalle todos aquellos aspectos técnicos y de manufactura que impliquen la factibilidad de sustituir con fabricación nacional todos aquellos insumos que regularmente se vienen importando, entendiendo por insumos de importación todos aquellos elementos que por alguna causa no son fabricados en el país.

El objeto del presente estudio está encaminado a la sustitución de equipo y refacciones mecánicas de fácil tecnología que representan un elevado porcentaje en la tecnología de importación.

Se consideran como equipos todos aquellos conjuntos de partes mecánicas que al operar conjuntamente producen un trabajo encaminado a satisfacer una necesidad, tales como: bombas, compresores, motores de combustión interna, turbinas hidráulicas,

mecanismos, etc. Y como refacciones mecánicas todas las partes constituyentes de un equipo como son: flechas, engranes, pistones, válvulas, tornillos, impulsores, etc.

Cabe hacer resaltar la necesidad de conocer el mercado nacional, ya que, para poder sustituir una importación, es necesario saber lo que somos capaces de producir, la capacidad técnica e industrial y de control de calidad de las empresas con las que contamos.

II.- SELECCION DE PIEZAS Y/O REFACCIONES MECANICAS

Para poder llevar un control efectivo de piezas y/o refacciones viables a sustituir su importación, es necesario realizar una investigación preliminar que nos permita conocer la factibilidad de fabricación de la pieza en estudio, dentro del mercado nacional. Para ello se han considerado tres parámetros de selección.

- a) Selección desde el punto de vista económico.
- b) Selección desde el punto de vista operativo.
- c) Selección desde el punto de vista técnico.

El análisis detallado de los parámetros dará como resultado el poder o no sustituir una pieza o refacción. En el caso de obtener un resultado positivo se procederá a realizar un estudio de desarrollo de ingeniería del elemento de interés y finalmente se promoverá su fabricación. En el caso de obtener un resultado negativo y en contra de lo programado, se tendrá que enfrentar a la realidad del problema y reconocer las limitaciones del caso, a efecto de determinar su causa, misma que nos servirá para dar la pauta en otras probables sustituciones.

A manera de ser más explícitos en lo que significan estos parámetros en la selección de piezas, es preciso para elegir una pieza desde el punto de vista económico, conocer de ella:

- a) La demanda.
- b) Costos unitarios de importación y nacionales.

a) Demanda.

Es el conocimiento del número de piezas que puede necesitarse en un año o en un periodo determinado, así como el número de piezas existentes en almacén. Estos datos son un factor determinante para tomar la decisión de proceder a solicitar la sustitución de importación de una pieza o refacción.

Una demanda constante de piezas y/o un gran volumen requerido, representan en sí, una atracción para los fabricantes nacionales, ya que de la cantidad depende que ellos puedan ofrecer un precio atractivo, o que puedan hacer implementaciones o adquisiciones extraordinarias en sus líneas de producción, las cuales podrán amortizarse a corto plazo.

Cabe mencionar que aunque el volumen de piezas requeridas puede ser determinante, existen algunos casos de piezas de fácil tecnología en las cuales cualquier volumen de piezas que se ofrezca puede ser atractivo al fabricante, por mencionar entre otras, piezas fundidas, maquinado de barra o placa, piezas soldadas y troqueladas.

b) Costos unitarios de importación y nacionales.

La consideración del costo unitario de la pieza importada, así como el costo de la fabricada en el país, nos permite obtener la diferencia en precio del importe por ahorrar, o por adicionar al costo de fabricación nacional. En otras palabras es un parámetro que nos permite establecer, en principio, la rentabilidad a corto o largo plazo en la sustitución de una pieza y/o refacción.

El costo unitario de importación de una pieza es conocido y

se obtiene de las últimas adquisiciones realizadas; el costo nacional se obtiene por la cotización de compañías nacionales potenciales de fabricar la pieza a sustituir.

Siendo que la sustitución de importaciones es una meta nacional encaminada a ahorrar divisas, y a fomentar el desarrollo tecnológico del país, podría decirse que la sustitución de una pieza debería de ser a cualquier precio, sin embargo esto no suele suceder con frecuencia, debido a las limitaciones técnicas o a una justificación de rentabilidad inmediata (precios nacionales iguales o ligeramente superiores a los de importación).

Cabe mencionar que están excluidas algunas empresas públicas y privadas que, dentro de sus políticas dejan de considerar los precios unitarios con el fin de fomentar la pequeña y mediana industria, a cambio de un sacrificio en precios nacionales más elevados que los de importación.

Desde el punto de vista de la selección operativa se consideran:

- a) Refaccionamiento de equipo.
- b) Piezas y partes en general.

- a) Refaccionamiento de equipo.

Dentro de los programas de mantenimiento mecánico de equipos se consideran como refacciones, todas aquellas piezas que son intercambiables en el equipo original; ya sea para un mantenimiento correctivo o un mantenimiento preventivo. Estas refacciones por lo general tienen una vida media de trabajo que cumplir dentro de la operación de un equipo.

En un mantenimiento correctivo, las principales causas para retirar una pieza de un equipo que presenta un mal funcionamiento son entre otras: desgaste, erosión, corrosión, cambio en las propiedades físicas del material debido a alteraciones térmicas, fractura, fusión e interfase con otras piezas y destrucción o deformación por la presencia de cuerpos extraños dentro del sistema mecánico del equipo.

En un mantenimiento preventivo las refacciones de intercambiabilidad son conocidas de antemano y son piezas que se retiran del equipo (no necesariamente en mal funcionamiento) porque han cumplido una vida media de trabajo.

b) Piezas y partes en general.

Todas aquellas piezas que no son consideradas propiamente como refacciones componen este grupo. Se mencionan algunos componentes mecánicos menores como tornillos, cuñas, seguros, tuercas, roldanas, etc. y algunos componentes mecánicos mayores como: carcasas, camisas, piezas de pailería, monoblocks, etc. y partes provenientes de diferentes equipos en general (válvulas y accesorios de tubería, elementos menores de apoyo mecánico).

Dentro de la selección de partes y refacciones, y haciendo consideración al aspecto técnico tenemos:

a) Disponibilidad de materiales.

b) Factibilidad de producción.

Disponibilidad de materiales.

Dentro del mercado nacional de materiales metálicos, no dejamos de reconocer algunas carencias de productos de alta

tecnología, los cuales se tendrán que seguir importando dadas sus características de producción (fabricación en atmósferas controladas y/o empleo de equipo especial) y a la carencia de materia prima para su fabricación en el país. En este aspecto podemos hacer referencia a todas las superaleaciones o aleaciones especiales (Hadfield, Incoloy, Inconel, Aleaciones de base cobalto o titanio , Monel, etc.) En todas sus presentaciones como materia prima (barra, laminada, placa, fleje, etc.).

Es por ello que se requiere hacer una evaluación preliminar de disponibilidad de materiales en el mercado nacional, y la presentación de los mismos como materia prima.

El conocimiento del mercado nacional y sus posibilidades nos da la facilidad de encontrar un material específico.

La no disponibilidad de un material en el mercado nacional obliga a buscar un material con características semejantes, y en caso de no encontrar un sustituto apropiado se tendrá la necesidad de importar el material y procesar la pieza o refacción en el país.

Factibilidad de producción.

A primera vista podemos decir que todas las piezas mecánicas o refacciones que se vienen importando son factibles de fabricarse en el país; sin embargo, esto es erróneo, ya que existen algunas limitaciones técnicas en el proceso de manufactura de algunas piezas, (procesos sofisticados tales como algunas fundiciones a presión, procesos de forja, tratamientos termoquímicos, pulvimetalurgia, etc.) o bien que la tecnología para fabricar la pieza no esta desarrollada en México, por lo que

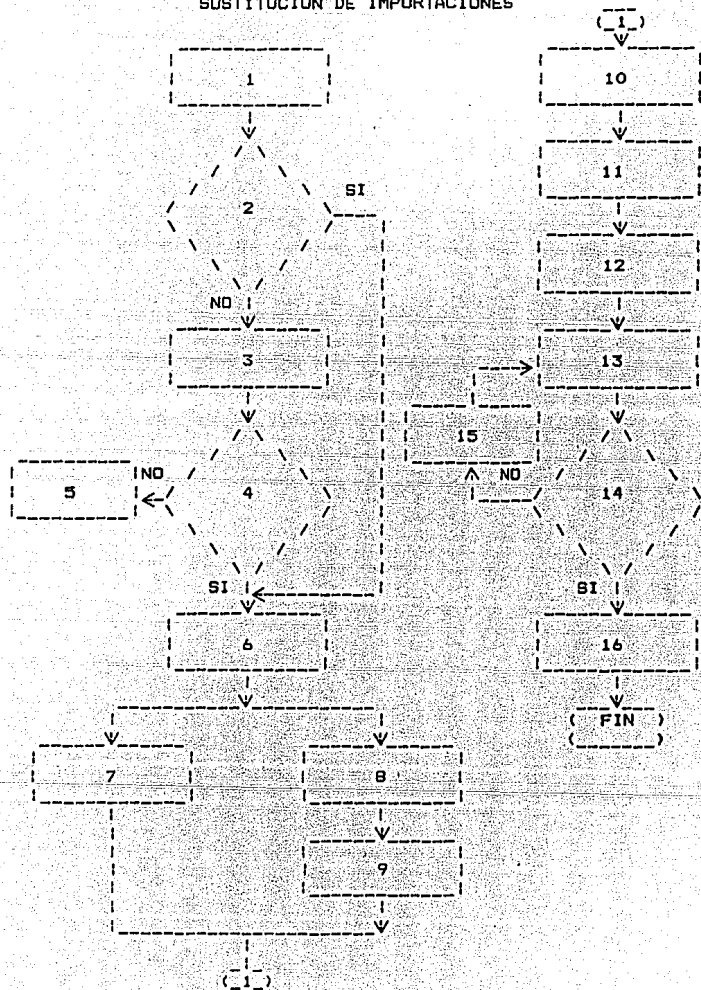
resulta antieconómico producirlas.

Una alternativa de producción en aquellas piezas o refacciones que potencialmente pueden ser fabricadas en el país, pero que por su fabricación no es de fácil acceso al mercado nacional, es la de cambiar su proceso de fabricación previa consideración del comportamiento mecánico de la pieza y del material de la misma. Por ejemplo: fundición por forja, troqueles múltiples, piezas soldadas, etc.

Secuencia de una pieza mecánica en el proceso de sustitución de importaciones.

En base a las variables involucradas en la selección de una pieza mecánica se ha establecido una secuencia lógica que nos permite identificar el proceso de sustitución de importaciones, desde el momento de la selección de la pieza hasta la fabricación del prototipo, y su aprobación por parte del usuario para su fabricación en serie.

SECUENCIA DE UNA PIEZA MECANICA EN EL PROCESO DE
SUSTITUCION DE IMPORTACIONES



SECUENCIA DE UNA PIEZA MECANICA EN EL PROCESO DE
SUSTITUCION DE IMPORTACIONES

- 1) Detección de la Necesidad.
- 2) Son Piezas Críticas o de Fácil Tecnología que no Requieren de Estudio Previo ?
- 3) Estudio Economico de Factibilidad y Detección del Mercado Nacional para Fabricar la Pieza.
- 4) El Resultado del Estudio es Positivo ?
- 5) La Pieza es Rechazada para la Sustitución.
- 6) Desarrollo de Ingeniería.
- 7) Ingeniería de Detalle.
- 8) Caracterización Metalúrgica.
- 9) Diagnóstico de Materiales (alternativas nacionales para sustituir a los importados)
- 10) Plano de Fabricación
- 11) Aprobación del Area Operativa.
- 12) Fabricación Nacional del Prototipo
- 13) Evaluación del Prototipo (Diseñador y Operativo)
- 14) Aprobación Positiva del Prototipo ?
- 15) Se Efectuan las Modificaciones.
- 16) Producción en serie.

III. - ESTUDIO METALURGICO

INTRODUCCION A LOS MATERIALES METALICOS

Los materiales son parte indispensable y fundamental del comportamiento de un equipo, ya que la elección que se haga de uno a otro, marca la diferencia entre una acertada o equivocada operación del equipo (mayor o menor eficiencia, mayor o menor mantenimiento, mayor o menor vida útil de sus componentes, etc).

Desde el punto de vista mecánico y en forma general podemos decir que los materiales para su estudio se han clasificado en:

- Metálicos (ferrosos y no ferrosos).
- No metálicos (arcillas, vidrios y cementos).
- Orgánicos (naturales: madera, caucho, celulosa, etc. y artificiales: plásticos, hules, teflones, etc.).
- Recubrimientos: metálicos: ferrosos o no ferrosos; y no metálicos: primarios, pinturas, lacas, plásticos.
- Cerámicos.
- Compuestos.

Haciendo la consideración que dentro del marco de refaccionamiento mecánico, el 85% de los materiales son metálicos, y sin apartarse de la base de este trabajo de caracterización metalúrgica de partes o refacciones, a continuación se detallarán los aspectos más relevantes de la familia de los materiales metálicos.

Los materiales metálicos o metales pueden ser empleados en

sus dos formas básicas: metal puro o aleaciones. Se considera metal puro aquel cuya concentración en peso es de 99% y como aleación aquel material constituido de 2 o más elementos químicos de los cuales por lo menos uno es el base. Por sus elementos básicos los metales (puros o en aleación) se clasifican en dos grandes familias: ferrosos (base hierro) y no ferrosos (base Al, Sn, Cu, Pb, Ti, Co, Ni, etc).

METALES FERROSOS

Las aleaciones ferrosas o base hierro, cuyo principal elemento de aleación es el carbono, son las más importantes de toda la industria. De acuerdo con el contenido de dicho elemento, las aleaciones ferrosas se clasifican en:

- Hierro dulce hasta 0.02% C.
- Acero 0.02 - 2.00% C.
- Hierro colado 2.00 - 6.67% C.

De estos tres grupos los más importantes son los dos últimos.

De acuerdo con esta clasificación, acero es la aleación ferrosa que tiene de 0.02% a 2.00% de carbono principalmente, más cantidades variables de otros elementos. El acero es el metal de mayor importancia industrial a tal grado que su producción es mayor que la del resto de los metales juntos.

El acero se clasifica por sus elementos de aleación en:

- Aceros al Carbono.
- Aceros Aleados.

Los Aceros al Carbono deben su nombre a la acción del carbono sobre las propiedades de la aleación, y a sus porcentajes como elemento aleante, las características de los aceros al carbono son muy diversas por lo que se les clasifica de acuerdo con el contenido de dicho elemento en:

- Acero de bajo contenido de carbono (hasta 0.30% C).
- Acero de medio contenido de carbono (0.30-0.35% C).
- Acero de alto contenido de carbono (más de 0.35% C).

a). De acuerdo con estos contenidos de carbono las propiedades físicas que hemos de esperar de los aceros con bajo contenido de carbono son: buena ductilidad para trabajo en frío y en caliente, la cual permite que sean procesados en formas diversas con excelente resistencia y tenacidad.

Dentro de las aplicaciones más comunes para estos aceros tenemos: láminas, flejes, tubos, clavos, alambres, remaches, tornillos, partes para cementarse o templarse superficialmente.

b). Los aceros de medio contenido de carbono son aceros que presentan mayor dureza y resistencia a la tensión respecto a los anteriores. Sus aplicaciones más comunes son: árboles de leva, ejes, vástagos de conexión, matrices para cabezas de forja (ciguenales, engranes para trabajo pesado, cuchillas para tijeras

o cizallas, cinceles, martillos, picos, sierras-cinta etc.).

c). Las aleaciones de alto contenido de carbono son las más duras y resistentes de estos tres grupos, las aplicaciones más comunes son: matrices y punzones de corte, barrenas o perforadoras para roca, resortes, herramientas para torno, limas, mandriles, hojas para afeitar, resortes, etc.).

Los aceros aleados son aquellos que contienen cantidades apreciables de otros elementos diferentes al carbono (Si, Mn, Cr, Ni, Mo, W, etc.), los cuales modifican sustancialmente las propiedades del acero. En base al porcentaje de elementos aleantes estos aceros se clasifican en:

- Aceros de baja aleación (hasta contenidos de elementos aleantes menores al 2.5%).
- Aceros de media aleación (con contenidos de elementos aleantes de 2.5 a 10%).
- Aceros de alta aleación (con contenidos de elementos aleantes mayores a 10%).

1). Aceros de baja y media aleación.

De acuerdo a los elementos de aleación los aceros aleados de baja y media aleación se clasifican de acuerdo a las siguientes familias:

Aceros al Manganeso	Aceros al Ni-Cr	Aceros al Vanadio
Aceros al Niquel	Aceros al Cr-Mo	Aceros al Cr-V
Aceros al Cromo	Aceros al Ni-Cr-Mo	Aceros al Silicio
Aceros al Molibdeno	Aceros al Ni-Mo	

a). Aceros al Manganeso. El manganeso como elemento básico se encuentra presente en todos los aceros en porcentajes mínimos. Sin embargo, con porcentajes mayores al 0.8% se le considera como elemento aleante. La adición de manganeso se realiza para aumentar la templabilidad de los aceros, reducir la tendencia a la fragilidad en caliente y aumento considerable en la tenacidad. Se usan principalmente en engranes, flechas ranuradas, ejes y cilindros.

Poco comunes son los aceros al manganeso con contenidos de más del 10%, estos son apreciados por su alta resistencia al desgaste y condiciones severas de servicio.

b). Aceros al Niquel.

Estos aceros presentan una tenacidad y resistencia a la fatiga, mayor que los aceros al carbono, su principal empleo es en estructuras de gran resistencia, (laminados o forjas no adaptables al templado). Los aceros al 3.5% de Niquel con bajo contenido de carbono se emplean extensivamente para carburizar engranes de transmisión, tornillo de bielas, pernos y seguros (chavetas). Los aceros al 5% de Niquel proporcionan mayor tenacidad y se utilizan para aplicaciones de trabajo pesado, como

engranes para camiones y autobuses, levas, y cigueñales.

c). Aceros al Cromo

Estas aleaciones presentan buena resistencia al desgaste, pero la tenacidad en la parte interna no es tan alta como en los aceros al Niquel, en porcentajes mayores del 5% de Cr, mejoran ampliamente las propiedades a altas temperaturas y resistencia a la corrosión.

Estos aceros generalmente son carburizados y se utilizan para resortes, tornillos para motores, pernos, ejes, etc. Un acero con 1% de Carbono y 1.5% de Cromo se caracteriza por la gran dureza y resistencia al desgaste. Este acero se utiliza ampliamente para cojinetes de bolas y rodillos y para maquinaria de trituración. Un tipo especial de acero al cromo con 1% de carbono y de 2 a 4% de cromo tiene excelentes propiedades magnéticas y se emplea para imanes permanentes.

d). Aceros al Molibdeno.

Estos aceros presentan una buena dureza y resistencia a alta temperatura, son menos susceptibles al fragilizado, en comparación con los demás aceros aleados (debido al revenido), estos aceros generalmente se carburizan y se emplean para flechas ranuradas, engranes de transmisión y aplicaciones semejantes en que no son tan severas las condiciones de servicio, con mayor contenido de carbono se ha utilizado para resortes de suspensión y muelles para automboviles.

e). Aceros al Niquel-Cromo.

En estos aceros la proporción de Níquel a Cromo es de aproximadamente 2 1/2 partes de Níquel por una parte de Cromo. Los aceros aleados al Níquel-Cromo se carburizan y mejoran la tenacidad de la porción interna. Con porcentajes de 1.5 de Níquel y 0.60 de Cromo, estos aceros se utilizan para fabricar engranes helicoidales, pernos para pistón, etc. Para aplicaciones de trabajo pesado, como engranes para avión, flechas y levas, el contenido de Níquel se aumenta a 3.5% y el contenido de Cromo a 1.5%. Los aceros al Níquel-Cromo de contenido medio de carbono se utilizan en la manufactura de bielas automotrices y flechas de transmisión.

f). Aceros al Cromo-Molibdeno.

Los aceros al cromo-Molibdeno son relativamente baratos y poseen buenas características de endurecido profundo, de ductilidad y de capacidad para soldarse. Se han empleado ampliamente para recipientes sujetos a presión, partes estructurales de los aviones, ejes de automóviles y para aplicaciones semejantes.

g). Aceros Níquel-Cromo-Molibdeno.

Tienen las ventajas de los aceros Níquel-Cromo conjuntamente con la alta templabilidad proporcionada por el molibdeno. Se usan mucho en la industria aeronáutica para las partes de ensamble de las alas, fuselaje y tren de aterrizaje.

h). Aceros al Niquel-Molibdeno.

Tienen la ventaja de la alta resistencia y ductilidad del Niquel, combinada con la templabilidad profunda y la maquinabilidad mejorada, que proporciona el Molibdeno; tienen buena tenacidad, combinada con alta resistencia a la fatiga y resistencia al desgaste. Se utilizan para engranes de transmisión, pernos de las cadenas, flechas y cojinetes.

i). Aceros al Vanadio.

El Vanadio es un potente desoxidante y un fuerte formador de Carburos, las adiciones de 0.05% de Vanadio producen una pieza de fundición sin defectos, uniforme y de grano fino, el Vanadio tiene un marcado efecto sobre la templabilidad y proporciona altas propiedades mecánicas al enfriamiento con aire. Por lo tanto, los aceros al carbono-Vanadio se utilizan para grandes partes de locomotoras y maquinaria pesada en general.

j). Aceros al Cromo-Vanadio.

Los aceros al cromo-Vanadio al bajo carbono se utilizan en la condición de endurecimiento superficial en la manufactura de pernos y cigüeñales, los aceros al Cromo-Vanadio de medio carbono tienen alta tenacidad y resistencia y se emplean para ejes y resortes. Los grados con alto carbono, poseen gran dureza y resistencia al desgaste se emplean para cojinetes y herramientas.

k). Aceros al Silicio.

El Silicio al igual que el Manganeso, está presente en todos los aceros como un desoxidante barato. Cuando un acero contiene mas del 0.60% de Silicio este se le considera como acero aleado al Silicio.

Sus principales usos es en piezas que requieren alta resistencia y buena tenacidad como por ejemplo: Resortes helicoidales, punzones, cinceles y algunas aplicaciones estructurales.

2). Aceros de Alta Aleación.

Son aceros que tienen mas de 10% de elementos de aleación en su conjunto. Estos se clasifican en:

- Aceros Inoxidables.
- Aceros Refractarios.
- Aceros para Herramientas

Los Aceros Inoxidables:

Son aquellos aceros de alta aleación que contienen Cromo, algunos tienen cantidades elevadas de Niquel (de 8 a 22%) y cantidades bajas de Mo, V, Cb, Ti, etc. Como su nombre lo indica, los aceros inoxidables resisten la corrosión y la oxidación en muchos medios. El contenido de Carbono en general se mantiene bajo.

El balance de los elementos de aleación producen tres tipos diversos de estructuras que se emplean en aplicaciones

especificas, los tres tipos de aceros inoxidable son:

- Aceros Inoxidables Austeníticos.
- Aceros Inoxidables Martensíticos.
- Aceros Inoxidables Ferríticos.

Los Aceros Inoxidables Austeníticos.

Contienen Níquel y Cromo. Estos aceros no pueden templarse; cuando son trabajados en frío se obtienen excelentes propiedades. Estas aleaciones tienen alta resistencia a muchos ácidos, entre los cuales está el ácido nítrico. Poseen excelente tenacidad a temperaturas bajas y son útiles para piezas sometidas a esfuerzos severos a temperaturas elevadas.

b). Los Aceros Inoxidables Martensíticos.

Son aleaciones templables que pueden someterse a tratamiento térmico para darles alta dureza; debido a su alta resistencia a la oxidación se emplean mucho en cuchillería, hojas de afeitar, instrumentos quirúrgicos y dentales, resortes para funcionamiento a altas temperaturas, válvulas y asientos, etc.

c). Los Aceros Inoxidables ferríticos.

Son aceros de bajo contenido de Carbono y alto contenido de Cromo.

Estas aleaciones poseen gran ductilidad, facilidad para trabajarla en frío o en caliente, así como excelente resistencia

a la corrosión, aunque no pueden endurecerse con tratamiento térmico, sí pueden endurecerse a un grado considerable al trabajarlas en frío. Se emplean frecuentemente en maquinaria para instalaciones lecheras, ornamentos para automóviles y equipos químicos (para resistir la corrosión por ácido Nítrico).

Los Aceros Refractarios.

Como su nombre lo indica los aceros refractarios son aceros resistentes al calor sin perder sus propiedades mecánicas y de resistencia a la corrosión. Algunos de ellos son iguales en composición a los aceros inoxidables, sobre todo los que se fabrican por procesos de trabajo en frío. Se fabrican generalmente en piezas coladas, tienen un porcentaje elevado de carbono (8-10%), así como de Cromo (28/32%) y en algunos tipos, cierta cantidad de otros elementos como Mo.

Los Aceros para Herramientas.

Son aceros de alta aleación con los que se fabrica todo tipo de herramienta tales como: herramientas de mano, herramientas de corte, herramienta de formado de metales, etc.

El método de clasificación e identificación de los aceros de herramienta adoptado por la AISI, incluye el método de temple (medio de enfriamiento), aplicación, características especiales y propósitos especiales industriales.

GRUPO	SIMBOLO	TIPO
Temple al Agua	W	
Resistentes al Impacto	S	
Para trabajo en frio	O	Temple en aceite.
Para trabajo en frio	A	Temple en aire.
Para trabajo en frio	D	Alto carbono-alto cromo
Para trabajo en caliente	H	Base cromo, base Tungsteno, Base molibdeno.
Alta velocidad	T	Base tungsteno
Alta velocidad	M	Base molibdeno
Propósitos especiales	L	De baja aleación
Propósitos especiales	P	Aceros para moldes

Grupo W. Este tipo de aceros se utilizan en función del contenido de carbono, y otorgan al acero buena tenacidad, buena dureza y buena conservación del filo.

Las principales herramientas fabricadas con este acero son martillos, marros, cínceles, matrices para estampa, tijeras, herramientas de carpintería, cepillos, etc.

Grupo S. Estos aceros son utilizados en aquellas condiciones en donde se requiere gran resistencia al impacto se pueden fabricar, matrices para estampa, hojas para corte por impacto, herramientas neumáticas.

Grupo O. Estos aceros están considerados como los más

importantes de este grupo (para trabajo en frío), la mayoría de las aplicaciones para trabajo en frío pueden ser sustituidas por estos aceros.

Grupo A. Estos aceros presentan una buena indeformabilidad, tenacidad aceptable, y buena resistencia a la descarburización. Se fabrican, dados para estampa, dados para extrusión.

Grupo D. Estos aceros presentan una buena resistencia a la abrasión, indeformables, se fabrican dados para trefilado y rodillos pequeños.

Grupo H. Estos aceros presentan buena maquinabilidad, de buena a mala resistencia a la descarburización y presentan poca distorsión durante el enfriamiento. Se fabrican dados para trabajo en caliente, herramientas para forja, herramientas para extrusión en caliente de aluminio, magnesio, latón y acero.

Grupo T y M. (Aceros de alta velocidad). Estos aceros son los más aleados de todos los aceros de herramientas. Presentan la característica de conservar buena dureza y corte a altas temperaturas, buena resistencia al choque, indeformables y de buena a regular resistencia a la descarburización.

Se fabrican en gran mayoría, herramientas de corte (buriles) cuchillas, etc. pero también pueden fabricarse, dados para extrusión y herramientas para bruñido.

Grupo L. (Aceros para propósitos especiales). Estos aceros son usados para fabricar algunas herramientas y partes que están sujetas a impactos fuertes, tales como, dados para cizalla, dados para filetear, partes para embrague (clutch), etc.

Grupo P. (Aceros para propósitos especiales). Aceros utilizados para moldes de plástico, se fabrican matrices en forma deseada para que con estampa se obtengan; cubetas y charolas de plástico, además de otras formas.

HIERROS COLADOS

Los hierros colados, llamados por algunos autores "Fundiciones", son aleaciones ferrosas cuyo contenido de carbono esta entre 2.0 a 6.67%.

Los hierros colados se clasifican de acuerdo con su estructura y no por su composición química. La estructura está formada por la presencia del Carbono ya sea en forma de grafito o combinado y por otros constituyentes como ferrita, perlita, etc.

De acuerdo a la presencia del Carbono los hierros colados o fundiciones se clasifican en:

- Hierro gris o hierro grafilaminar.
- Hierro dúctil o hierro grafiesferoidal.
- Hierro blanco o hierro cementítico.
- Hierro maleable o hierro grafinodular.
- Hierro resistente a la corrosión y el calor.

a). El hierro gris o grafilaminar.

Es el más común de los hierros colados, el carbono se encuentra como grafito en forma de laminillas distribuidas y orientadas más o menos al azar debido a la presencia del Si en cantidades de 1.0 a 2.5%.

Los usos más comunes son en carcazas, implementos de bombas,

partes automotrices etc.

b). En el hierro dúctil o grafiesferoidal.

El grafito se presenta en forma esferoidal lo cual se logra con la adición de determinados elementos en el metal fundido.

El campo de la industria en el que se emplea más este hierro es el automotriz.

c). El hierro blanco o fundición blanca.

Es un material ferrroso libre de Carbono en forma de grafito lo cual se logra con un contenido bajo de Si.

La estructura usual es la cementita en matriz de perlita. El uso de hierro blanco se ve limitado en donde es requerida una gran resistencia al desgaste.

d). Hierro Maleable o Grafinodular.

El hierro maleable se obtiene por medio de un recocido prolongado del hierro blanco (matriz ferrítica o perlítica) su uso es principalmente en equipo de bombeo y automotriz.

e). Los hierros resistentes a la corrosión son aleaciones de fierro con contenido variable de C y con la adición de altos porcentajes de Si (mas de 3%), Cr o Ni, la estructura de estos hierros tiene grafito en forma de laminillas lo cual los

diferencia de los aceros a pesar de que el contenido de C sea tan bajo como 0.4 a 1.0%.

Las adiciones de C, Si, Ni, Cr, Mo y Al dan a estos hierros buenas propiedades a elevadas temperaturas tales como: resistencia a la oxidación y al choque térmico.

METALES NO FERROSOS

Aquellos metales o aleaciones en los cuales su material principal no es fierro se les denomina metales No Ferrosos.

Entre los metales No Ferrosos mas comunes de uso industrial (mecánico) se encuentran:

- Aluminio
- Cobre
- Niquel
- Otros (Cobalto, Tungsteno, Magnesio, etc).

ALUMINIOS

El aluminio puro y sus aleaciones tienen un extenso uso industrial. El aluminio puro (99.0% en adelante) tiene un amplio uso en artículos eléctricos, domésticos e industriales; sus propiedades físicas más apreciables son su bajo peso, conductividad eléctrica, moldeabilidad, buena maleabilidad, bajo punto de fusión, etc.

Las aleaciones de aluminio más comunes son:

- Aluminios al Cobre.
- Aluminios al Manganeso.
- Aluminios al Silicio.
- Aluminios al Magnesio.
- Aluminios al Magnesio - Silicio.
- Aluminio al Zinc.

Aluminios al Cobre.

Las aleaciones con contenidos de 8% de Cobre han sido usadas durante mucho tiempo como aleaciones para fines generales; presentan buenas propiedades para el vaciado o fundido.

Las aleaciones con 12% de Cobre son ligeramente mas resistentes a las primeras pero mucho menos tenaces, su uso es en piezas finas que deben estar exentas de porosidades.

Aluminios al Manganeso.

Estas aleaciones son endurecibles al trabajarlas, se utilizan mucho en utensilios de cocina, tubos conduit y otros productos en los cuales se desea resistencia y dureza algo mayores a la del aluminio puro.

Aluminios al Silicio.

Estas aleaciones tienen excelentes cualidades para fundirse y poseen buena resistencia a la corrosión, no son quebradizas en

caliente y es fácil de obtener con ellas fundiciones sanas en secciones gruesas o delgadas. Son difíciles de maquinar, Su principal uso es en la industria automotriz.

Aluminios al Magnesio.

Estas aleaciones son superiores a casi todas las aleaciones de aluminio en lo que respecta a corrosión y maquinabilidad, su principal propiedad es que muestran buena resistencia mecánica y ductilidad.

Aluminios al Magnesio - Silicio.

Estas aleaciones presentan mejores cualidades de fabricación en la condición templada por inmersión. Se utilizan por sus buenas propiedades físicas y resistencia a la corrosión en la fabricación de la mayor parte de los perfiles arquitectónicos extruidos.

Aluminios al Zinc.

Son aleaciones que presentan buenas propiedades mecánicas siendo la 7178 (2% Cu, 2.7 Mg, 0.3 Cr, 6.8 Zn) la aleación más representativa por su máxima resistencia, es susceptible de tratamiento térmico, y se suelda con facilidad.

COBRES

El cobre como metal puro es un metal muy apreciable por sus

características eléctricas conductoras, su buena ductilidad y, por consiguiente, su fácil manejo. Las aleaciones que forma el cobre con un gran número de elementos, cubren muchos aspectos de las necesidades tecnológicas dando una excelente resistencia a la tracción y a ciertos ambientes corrosivos.

Las aleaciones más comunes de cobre son:

- Cobre con pequeños porcentajes de aleantes.
- Cobre al Zinc (latones).
- Cobre al Estaño (bronces).
- Cobre al Níquel (cuproníqueles).
- Cobre al Níquel - Zinc (alpaca).
- Cobre al Aluminio
- Cobre al Silicio.

Cobre con Pequeños Porcentajes de Aleantes.

Existen elementos aleantes que con su adición en pequeños porcentajes en el cobre aumentan considerablemente sus propiedades. Un ejemplo de estas aleaciones son: Cu-Ag, Cu-Be, Cu-Cr y Cu-Cd.

A). Aleaciones Cu-Ag: con una alta conductividad eléctrica y buena resistencia al reblandecimiento. Sus principales usos son en conductores eléctricos y elementos de intercambiadores de calor.

B). Aleaciones Cu-Be: poseen una baja conductividad y una alta resistencia mecánica al desgaste y a la oxidación; su principal uso es en muelles, diafragmas para relojes e instrumentos varios.

C). Aleaciones Cu-Cr: presentan buenas características mecánicas a altas temperaturas; su principal empleo es en electrodos de máquinas para soldar.

D). Aleaciones Cu-Cd: presentan buenas propiedades mecánicas y excelente resistencia a la tracción y al desgaste; su uso se enfoca principalmente en fabricación de alambres telefónicos.

Aleaciones Cobre - Zinc (Latones).

Estas aleaciones altamente comerciales mejoran sus propiedades con la adición en pequeñas cantidades de otros elementos (plomo, estaño o aluminio). De acuerdo a su composición se clasifican en:

- a). Latones alfa (para trabajo en frío).
- b). Latones alfa - beta (para trabajo en caliente).

a). Latones Alfa:

Son latones que contienen hasta 36% de Zinc, poseen buena

resistencia a la corrosión y buenas propiedades de trabajo. El color de los latones alfa varía de acuerdo con el contenido de cobre presente y va desde rojo en las aleaciones al alto cobre, hasta amarillo en los contenidos de 62% de cobre. Los latones alfa pueden dividirse en dos grupos: latones amarillos alfa y latones rojos.

Los latones amarillos (20 - 36% de Zinc), combinan la buena resistencia con la alta ductilidad y, por lo tanto, son adecuados para efectuar operaciones de trabajo en frío; siempre seguidos de un revenido para aliviar tensiones.

Los latones amarillos mas populares son el 70 Cu-30 Zn y el 65 Cu-35 Zn. Las aplicaciones típicas de estos materiales son en la industria automotriz (radiadores, cubiertas, tanques) y en la industria ferretera (sujetadores, remaches, resortes, municiones y accesorios de plomería).

La adición de plomo (0.5-3%) en el latón amarillo mejora su maquinabilidad; lo cual lo hace apto para la fabricación de artículos de cerrajerías, tornillos, engranes, piezas para reloj, etc.

Dos variaciones especiales de los latones amarillos son: el metal admiralty (71 Cu- 28 Zn- 1Sn, el cual, por su buena resistencia a la corrosión se utiliza para tubos de intercambiadores de calor) y el latón aluminico (76 Cu- 22 Zn- 2

Al), el cual presenta buena resistencia a la corrosión y al desgaste ligero.

Los latones rojos (5-20% de Zn) poseen menor resistencia a la corrosión que los latones amarillos. Los latones de este tipo más comunes son el oropel (95 Cu- 5 Zn), el bronce comercial (90 Cu- 10 Zn), el latón rojo (85 Cu- 15 Zn) y el latón bajo (80 Cu- 20 Zn). Dentro de sus usos más comunes están, entre otros, para el oropel: Monedas, medallas, fusibles, etc.; para el bronce comercial: Tornillos, remaches, piezas forjadas, joyería, partes navales, etc.; para el latón rojo: Conductores eléctricos, artículos de ferretería, tubos, paneles para radiadores, etc.; y para el latón bajo: artículos ornamentales, instrumentos musicales, etc.

Los latones alfa-beta (54 -62% de Cu) presentan una alta resistencia y excelentes propiedades para ser trabajados en caliente. El latón alfa-beta más empleado es el metal Muntz (60 Cu- 40 Zn) en: Cubiertas de barcos, cabezas de condensador, vástagos de válvulas y varillas para soldaduras en latón.

Al igual que los latones amarillos alfa, la adición de Plomo mejora su maquinabilidad, por lo que es muy apreciado bajo esta condición en la fabricación de engranes, tornillos de alta velocidad, piezas forjadas y accesorios para plomería y ferretería.

Una variedad de los Latones rojos no menos importante es el Latón Naval (60 Cu - 39.25 Zn - 0.75 Sn), tiene buena resistencia

a la corrosión por agua salada, se emplea en placas para condensador, varillas para soldar, bielas y vástagos para válvulas.

Aleaciones Cobre Estaño (Bronces).

El término Bronce aplicado en principio a las aleaciones Cobre - Estaño, es actualmente empleado para designar cualquier aleación de Cobre, con excepción de aleaciones de Cobre - Zinc (Latones). Los Bronces comerciales se clasifican en:

- Bronces al Fósforo.
- Bronces al Silicio.
- Bronces al Aluminio.
- Bronces al Berilio.

A). Los Bronces al Fósforo (0.01 - 0.5% P y 1.0 - 11.0% Sn), se caracterizan por su tenacidad, alta resistencia a la corrosión y bajo coeficiente de fricción, se utilizan para fuelles, arandelas de sujeción, seguros, bujes, discos de embragues y resortes.

Algunas veces, el Zinc sustituye parte del Estaño, obteniéndose una mejoría en las propiedades de las piezas fundidas y en la tenacidad con poco efecto sobre la resistencia al desgaste. Al igual que los latones al añadir Plomo al Bronce mejora su maquinabilidad y resistencia al desgaste; las aleaciones que contienen Plomo se utilizan para bujes y cojinetes sujetos a cargas moderadas o ligeras.

B). Bronces al Silicio.

Son los más fuertes de las aleaciones al cobre endurecibles por trabajado. Tienen propiedades mecánicas comparables a las de los aceros al medio Carbón y poseen una resistencia a la corrosión comparable a la del Cobre. Se utilizan para tanques, recipientes a presión, construcción marina y conductos hidráulicos sujetos a presión.

C). Bronces al Aluminio.

Muestran buenas propiedades al trabajo en frío y gran resistencia a cargas y a la corrosión por ataque atmosférico o agua; se utilizan en tubos para condensador, piezas trabajadas en frío, recipientes, tuercas, tornillos y cubiertas de protección en aplicaciones marinas. Los Bronces al Aluminio se pueden tratar térmicamente a fin de obtener estructuras semejantes a las del acero y bajo esta condición se utilizan para engranes, ejes motrices, aletas, piezas de bombas, cojinetes, bujes, herramientas que no formen chispas y dados para estiramiento y formado.

D). Bronces al Berilio.

Son Bronces que se utilizan para piezas que requieren de excelente formabilidad, alta resistencia de cedencia, mediana resistencia a la fatiga y resistencia a la fluencia en la condición de endurecido (resortes); piezas que requieren resistencia a la corrosión, alta resistencia, y relativamente alta conductivi-

dad eléctrica (diafragmas, instrumentos quirúrgicos, pernos y tornillos); piezas duras que sufrirán un desgaste excesivo contra acero endurecido (dispositivos empleados en los mecanismos de encendido, troqueles, herramientas que no provoquen chispa.

Aleaciones Cobre - Níquel (Cupro-Níquel).

Son aleaciones compuestas por Cobre como metal base y hasta 40% de Ni, sus principales aplicaciones son en la fabricación de intercambiadores de calor y condensadores.

Aleaciones Cobre - Níquel - Zinc (alpaca o plata alemana).

Las aleaciones Cu-Ni-Zn producen un material de apariencia similar al de la plata. Su principal aplicación es en la fabricación de contactos eléctricos, piezas para níquelar o platear, cuchillería y joyería.

Aleaciones Cobre-Aluminio.

Llamadas frecuentemente al aluminio, presentan dos grupos importantes:

Primer grupo con porcentajes hasta 9.5% de aluminio, en las cuales la estructura es homogénea; se aplican con gran éxito en la fabricación de tubos y placas de intercambiadores de calor y en tornillería de construcción naval. El segundo grupo con porcentajes mayores de 9.5% de Al, presentan la particularidad de poder ser tratados térmicamente en forma similar al acero; se utiliza para piezas de fundición, herramientas antichispa, etc.

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LOS MATERIALES METALICOS

Toda pieza o refacci6n mecánica que se encuentra en servicio está sometida a diversos trabajos y ambientes en el sistema operativo al cual pertenece, es por ello que el material diseñado para ésta debe cumplir con ciertas características físicas y químicas para soportar estas condiciones de operación.

En vista de que las propiedades físicas y químicas de un material son determinantes en el trabajo mecánico de una pieza, es conveniente mencionar las más importantes.

PROPIEDADES FISICAS

Son aquellas propiedades específicas de los materiales que al presentarse no cambian la naturaleza de los mismos:

Dentro de las propiedades físicas consideradas como base en este trabajo tenemos:

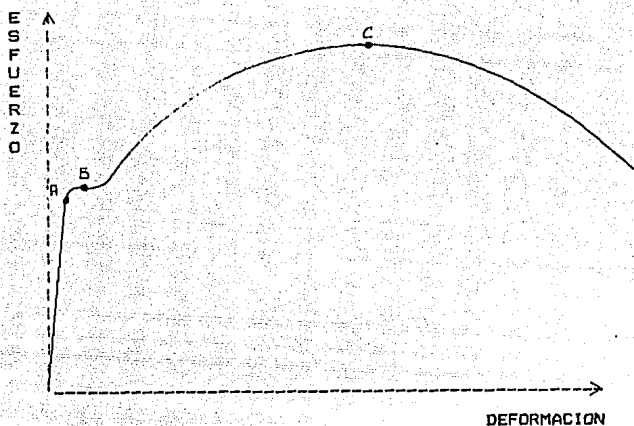
- Resistencia a la Tracción.
- Dureza.
- Conductividad Eléctrica.
- Densidad.
- Magnetismo.

Resistencia a la Tracción.

Es una de las pruebas mecánicas más comunes y de mayor aplicación debido a los resultados que se obtienen de ella. Su

determinación se realiza en aquellas máquinas conocidas como "Universales", en donde la muestra se somete a fuerzas axiales hasta lograr su ruptura en un tiempo corto y a una velocidad constante.

Si se analiza la gráfica obtenida al realizar una prueba de tracción, veremos que los esfuerzos aplicados están representados en el eje de las ordenadas y las deformaciones del material en el eje de las abscisas. La curva obtenida nos permite observar que a medida que la carga aumenta, la probeta se alarga y, hasta cierto límite, el alargamiento resulta proporcional a la carga (deformación elástica "A"). Posteriormente al seguir incrementando la carga se produce súbitamente un aumento del alargamiento de la probeta. Este punto es el límite elástico o de fluencia ("B"), el cual se reconoce por la detención del indicador de carga aplicada de la máquina. Al continuar aplicando la carga se produce un alargamiento mayor en la probeta y sin proporción a medida que crece la carga, hasta un punto máximo en donde la probeta sufre su máxima tensión ("C"), al seguir aplicando carga la probeta se alarga muy de prisa y finalmente se rompe. (ver gráfica No.1)



(GRAFICA No.1)

Una constante característica de cada material y que involucra la resistencia a la tracción es el módulo de elasticidad, el cual se presenta en el intervalo en donde los esfuerzos son proporcionales a las deformaciones, y representa la medida de la rigidez del material y su capacidad para resistir la deformación elástica; este módulo se calcula con el cociente del esfuerzo sobre la deformación en el rango elástico (pendiente de la curva esfuerzo-deformación).

Con referencia al límite elástico o de fluencia éste se define como la carga de un material, para la cual se produce un marcado aumento del alargamiento del material, sin que aumente la carga. Cuando un material sobrepasa su límite elástico éste no vuelve a sus dimensiones originales al retirar la carga. El

punto exacto por debajo del cual vuelve a sus dimensiones originales se le ha llamado límite de fluencia convencional. La resistencia a la tracción se produce después de haber rebasado el límite elástico del material, los alargamientos aumentan rápidamente cuando se aumenta la carga, hasta que tiene lugar una segunda detención del indicador de carga de la máquina universal. Este punto, denominado "Carga máxima o resistencia a la Tracción", se define como la carga máxima de tracción que un material es capaz de resistir. El conocimiento de la resistencia a la tracción de un material proporciona un amplio criterio sobre su capacidad para soportar cargas bajo esfuerzos estáticos. Una vez pasando este punto la carga cae y el material cede a la ruptura.

Dureza.

La dureza se define como la resistencia que presenta un material a ser penetrado por un cuerpo de mayor dureza (penetrador).

El ensayo de la dureza es la prueba más común de los materiales metálicos debido a su facilidad, a la rapidez de ejecución y a la basta información que proporciona. El ensayo de dureza no requiere de una preparación previa del material, ni de un tiempo largo para su ejecución.

La información proporcionada por un ensayo de dureza puede relacionarse con la resistencia a la tracción del material en estudio, con la uniformidad del material, con el tratamiento térmico al cual fue sometido y con su proceso de fabricación.

Los métodos de uso ordinario para este ensayo se pueden dividir en dos grandes grupos: Ensayos estáticos y ensayos dinámicos. Los procedimientos estáticos son los más importantes y comunes e incluyen métodos de penetración tales como: los de Brinell, Vickers, Rockwell (A,B,C,D), etc.

Los procedimientos dinámicos incluyen los métodos de rebote, para los cuales se emplea el escleroscopio.

Conductividad Eléctrica.

La Conductividad Eléctrica se puede definir como la cantidad de flujo de corriente que se puede transmitir a través de un material.

Si tomamos un material (alambre) y le aplicamos un potencial, la corriente I que fluye dependerá de la resistencia del material (ley de Ohm : $I = E/R$); dicha resistencia depende de la naturaleza del mismo, por ejemplo: un alambre de cobre posee menor resistencia que un alambre de hierro del mismo calibre.

De esta manera podemos decir que cada material posee un valor de resistencia eléctrica propia, el cual se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

R = Resistencia eléctrica. [OHM]
P = Resistividad (propia del material). [OHM-m]
L = Longitud [m]
A = Area transversal. [m²]

Densidad.

La densidad de un cuerpo se define como la relación que existe entre su masa y su volumen (gramos/centímetro cúbico). De acuerdo a las observaciones realizadas por Arquímedes, el desplazamiento de agua de un sólido en inmersión, en un volumen conocido, está intrínsecamente relacionado a su densidad. De esta manera se encontró que cada material tiene una densidad característica.

Magnetismo.

Es la propiedad de atracción y repulsión que presentan algunos cuerpos, producida por el efecto de ciertas corrientes eléctricas, ante la presencia de un imán.

PROPIEDADES QUIMICAS

Las propiedades químicas de los materiales son aquellas que al presentarse cambian la naturaleza de los mismos.

En el caso de los materiales metálicos estas propiedades están regidas por los elementos básicos de una aleación y por otros elementos químicos que adicionados en ciertas proporciones mejoran sustancialmente la calidad de un material; esto es lo que lo puede hacer más resistente a ambientes corrosivos, a temperaturas bajas o elevadas, le pueden dar buena ductilidad, maquinabilidad, o colabilidad; lo hacen apto para trabajos en frío o en caliente y mejoran sus propiedades físicas (resistencia al desgaste, al corte, al impacto, etc.).

A manera de dar un panorama general sobre la influencia de los elementos de aleación presentes en un material, se describen a continuación el efecto de su adición en correspondencia con las propiedades del material.

Influencia de los Elementos de Aleación en Aceros y Hierros

Carbono En aceros: proporciona dureza y resistencia de acuerdo con los porcentajes de adición, mejora en general sus propiedades mecánicas. En hierros grises: contenidos mayores de 3% de C, y en presencia de Silicio se forman laminillas de grafito las cuales mejoran la

resistencia; En Hierros maleables: bajos contenidos dificultan el recocido y tienden a formar fundición blanca, altos contenidos facilitan el recocido pero tiende a motear y jaspear el material. En hierros nodulares: se presenta como nódulos mejorando considerablemente las propiedades mecánicas.

Cromo En aceros: endurece poco a la ferrita, incrementa la resistencia a la corrosión y la templabilidad, es formador de carburos e incrementa la resistencia a altas temperaturas. En hierros grises: forma carburos primarios y fomenta la formación de matriz perlítica. En hierros maleables y nodulares: forma carburos muy estables, resistentes al recocido.

Cobalto En aceros: endurece la ferrita en solución sólida decrece la templabilidad, forma carburos y contribuye a la dureza secundaria en caliente.

Manganeso En aceros: endurece la ferrita, incrementa moderadamente la templabilidad, forma carburos y evita la fragilidad al combinarse con el azufre. En hierros grises y maleables: controla el efecto negativo del azufre. En hierros nodulares: con contenidos mayores de 0.70% forma carburos muy estables.

Niobio En aceros: endurece la ferrita y aumenta la templabilidad. En aceros al Cr y al Mn reduce la

tendencia a la fragilidad en el revenido, mejora la resistencia a la tracción, la fluencia en caliente y aumenta la profundidad del temple. En hierros grises: incrementa la dureza, la resistencia a la tracción y la profundidad de dureza en secciones gruesas. En hierros maleables: incrementa la profundidad de temple. En hierros nodulares: forma carburos y promueve la formación de perlita y bainita.

Níquel

En aceros: endurece y vuelve más tenaz a la ferrita, incrementa la templabilidad, retiene la austenita a temperatura ambiente y no forma carburos. En hierros grises: estabiliza la perlita y aumenta la resistencia a la tracción y la dureza. En hierros maleables: incrementa la templabilidad cuando hay presencia de cobre. En hierros nodulares: promueve la formación de perlita y bainita.

Fósforo

En aceros: endurece a la ferrita, incrementa la templabilidad, no forma carburos, no tiene efecto en el revenido e incrementa la maquinabilidad. En hierros grises: aumenta la dureza y resistencia cuando está disuelto en la ferrita, con altos contenidos incrementa la fragilidad. En hierros maleables: mejora la fluidez. En hierros nodulares fragiliza la fundición.

Silicio En aceros: endurece la ferrita produciendo pérdida en la elasticidad, incrementa la templabilidad, no forma carburos, favorece la grafitización y da buena resistencia a la oxidación. En hierros grises: endurece la ferrita y promueve la grafitización. En hierros maleables y nodulares: endurece la ferrita, promueve la grafitización y reduce la porosidad.

Tungsteno En aceros: endurece la ferrita por precipitación, incrementa la templabilidad fuertemente en pequeñas cantidades, es fuerte formador de carburos y produce una alta resistencia a la abrasión.

Vanadio En aceros: endurece la ferrita en solución sólida, incrementa la templabilidad, forma carburos, afina el tamaño de grano e incrementa la templabilidad. En hierros grises, maleables y nodulares: forma carburos muy estables difíciles de recocer.

Influencia de los Elementos de Aleación en el Aluminio.

Cromo En las aleaciones de 0.1-0.3% tiene acción benéfica sobre las propiedades mecánicas, aumenta la temperatura de recristalización y favorece la resistencia a la corrosión.

Fierro Aumenta la resistencia mecánica sin aumentar demasiado la conductividad eléctrica, mejora las propiedades mecánicas en caliente y particularmente la resistencia a la deformación. En porcentajes de 0.5-0.6 reduce el tamaño de grano, mejora su comportamiento en el embutido y evita que el metal se pegue al molde.

Berilio En proporciones de 10 a 30 p.p.m. reduce la oxidación en caliente, favorece las propiedades mecánicas y eléctricas.

Cobre Se adiciona para obtener materiales conductores con características mecánicas elevadas, favorece el endurecimiento por tratamiento térmico, aumenta la resistencia a la corrosión bajo tensión y en aleaciones de Al-Si mejoran las propiedades mecánicas en caliente particularmente la dureza y la resistencia a la deformación.

Magnesio Disminuye la conductividad eléctrica, aumenta la dureza y la resistencia mecánica (indirectamente el límite elástico y la carga de ruptura) pero disminuye el alargamiento, cuando se combina con cromo aumenta la resistencia a la corrosión, y mejora la soldabilidad.

Manganeso Aumenta la resistencia a la corrosión, mejora las

propiedades mecánicas, la soldabilidad de la aleación y reduce el agrietamiento. En presencia del níquel mejora el comportamiento en caliente, la conductividad eléctrica, las propiedades mecánicas y el mecanizado.

Níquel No afecta demasiado la conductividad eléctrica refuerza las propiedades mecánicas y en algunas aleaciones como Al-Fe y Al-Mg aumenta considerablemente la resistencia mecánica, la resistencia a la deformación y la estabilidad térmica.

Silicio Disminuye desfavorablemente la conductividad eléctrica, aumenta las propiedades mecánicas, disminuye el agrietamiento en caliente, mejora la soldabilidad y facilita el mecanizado. En presencia de fósforo tiene buena calidad de colada y excelente resistencia a la abrasión, pero mal mecanizado. En presencia de cobre, níquel y magnesio favorece su comportamiento a altas temperaturas.

Influencia de los Elementos de Aleación en el Cobre.

Aluminio Aumenta la dureza, la resistencia a la tracción, la corrosión y ligeramente el alargamiento.

Antimonio Disminuye la conductividad eléctrica.

- Berilio** Disminuye la conductividad eléctrica y aumenta las propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión.
- Cadmio** Mejora notablemente las características mecánicas, el límite de fluencia, el límite de fatiga, la resistencia al desgaste y la temperatura de reblandecimiento del cobre forjado.
- Cobalto** Aumenta la resistencia a la corrosión bajo tensión y bajo fatiga, pero disminuye mucho la conductividad eléctrica.
- Cromo** En adiciones de 0.5 a 1.2% aumenta la resistencia mecánica, después de un tratamiento endurecedor y se obtiene una buena resistencia a la oxidación a altas temperaturas.
- Estaño** Aumenta la resistencia mecánica y conserva una conductividad eléctrica relativamente alta, en porcentajes mayores de 4% aumenta la resistencia a la corrosión, a la tracción y a la fatiga, en porcentajes mayores de 11% disminuye la conductividad eléctrica.
- Fósforo** Aumenta la maquinabilidad.
- Níquel** Aumenta ligeramente la resistencia a la tracción y tiene un efecto blanqueador en los latones.

Silicio Es un fuerte desoxidante y endurecedor. En porcentajes mayores del 7% permite la soldabilidad por resistencia.

Zinc Disminuye la conductividad eléctrica al aumentar el porcentaje de zinc y aumenta la resistencia a la tracción.

ENSAYOS METALURGICOS.

Bajo el enfoque de sustitución de importaciones los ensayos metalúrgicos tienen como finalidad el determinar y conocer las propiedades físicas y químicas del material de la pieza a estudiar, para de esta manera poderlo identificar y clasificar. Es de considerar que el material con el que es fabricada una pieza o refacción mecánica es de suma importancia para su buen funcionamiento y vida útil, es por ello que el estudio detallado de una pieza desde el punto de vista metalúrgico infiere por sí solo la importancia de hacer un diagnóstico adecuado.

Los ensayos metalúrgicos a los que se recurre regularmente en la caracterización o identificación de un material pueden ser destructivos o no destructivos.

Dentro de los ensayos no destructivos, podemos mencionar:

- Análisis químico cualitativo (análisis a la gota)
- Análisis químico cuantitativo (espectrometría de emisión óptica)
- Dureza
- Réplica metalográfica
- Densidad
- Magnetismo.

Dentro de los ensayos destructivos estan:

- Análisis químico cuantitativo (espectrometría de emisión óptica, análisis por vía húmeda).

- Dureza
- Resistencia a la tracción
- Metalografía
- Macroataque.

A manera de dar un esbozo del alcance de cada uno de estos ensayos podemos mencionar lo siguiente:

Ensayos Metalúrgicos No Destructivos.

- Análisis químico cualitativo.

Es una técnica que se efectúa por vía húmeda, la cual mediante una microdilución de muestra, que no afecta a la superficie de la pieza, permite la identificación cualitativa de los elementos de aleación en aceros y fundiciones, y los elementos básicos en otras aleaciones; esta técnica nos permite detectar los siguientes elementos; Cr, Ni, Mo, Co, W, V, Mn, Fe, Cu. y su principio se basa en las reacciones en dilución de oxidoreducción (reacción fantasma).

- Análisis químico cuantitativo (por espectrometría de emisión óptica).

Esta técnica cuantitativa nos permite conocer los porcentajes en peso de los elementos principales que conforman un material, esta técnica es muy importante ya que es capaz de poder identificar todas las aleaciones metálicas.

Su principio se basa en la excitación electrónica de átomos e identificación de la cantidad y calidad de longitud de onda emitida por dicha excitación.

- Dureza.

Aunque en principio es una técnica básicamente no destructiva, ya que no se altera la superficie requerida para su determinación (debido a que la marca que deja el penetrador, para fines de operación se considera despreciable).

Bajo esta técnica se puede conocer la dureza del material, el tratamiento térmico al que fue sometido, su condición de fabricación y la calidad del mismo. Su aplicación es para toda gama de materiales metálicos.

Las técnicas más empleadas en laboratorios metalúrgicos son; Vickers, Brinell, Rockwell A, B, C, y D, microdurezas, durezas superficiales 15-T, 35-T, 45-T, Etc.

- Réplica metalográfica.

Es una técnica metalográfica que mediante la preparación y ataque de la superficie de una muestra (sin recurrir a su destrucción), nos permite conocer su microestructura, y con la interpretación adecuada se puede conocer también la condición del material (tratamiento térmico, su posible proceso de manufactura, su calidad etc.). Esta técnica es aplicable a todos los materiales metálicos.

- Densidad.

Esta técnica nos permite conocer la relación de masa-volumen del material por estudiar. La densidad de un material sólido se determina por la técnica de inmersión y se calcula mediante la siguiente relación donde:

Pa = peso del material en aire

D = densidad relativa del agua a 4 C.

$$\text{DENSIDAD} = \frac{\text{Pa} \cdot D}{\text{Pa} - \text{Pw}}$$

Pw = peso del material sumergido en agua

- Magnetismo.

Es el ensayo metalúrgico de evaluación mas sencillo, el cual mediante el acercamiento de un imán al material por estudiar nos permite conocer sus propiedades magnéticas. La información proporcionada por este ensayo nos permite hacer una clasificación preliminar del material.

Ensayos Metalúrgicos Destructivos.

- Análisis químico cuantitativo por espectrometría de emisión óptica.

Técnica con similar aplicación a la de los ensayos no destructivos, con la diferencia de que se parte de una sección, representativa de la pieza de tamaño conocido aprox. 1 1/2" diam.

- Dureza.

Técnica con similar aplicación a la de los ensayos no destructivos, pero con un alcance mucho mayor, ya que al partir de un segmento de la pieza por estudiar se recaba información mayor. Las técnicas empleadas son las mismas que para los ensayos no destructivos.

-Resistencia a la tracción.

Es una técnica destructiva que parte de una probeta con

dimensiones conocidas, sometida a la acción de cargas axiales a una velocidad constante, la cual nos permite conocer la carga de ruptura de un material, su elasticidad, límite elástico y alargamiento.

Esta prueba se limita a tener piezas de un tamaño adecuado a fin de obtener una determinación confiable.

- Metalografía.

Esta técnica básicamente es similar al ensayo no destructivo de réplica metalográfica (preparación de una superficie y ataque químico), parte de una sección pequeña de la muestra bajo estudio, cortada específicamente para ese fin.

La información recopilada bajo esta técnica es más rica que la de una réplica y nos proporciona un perfil metalográfico con información más precisa.

- Macroataque.

Técnica de ataque químico superficial que mediante la acción de una catálisis térmica, nos permite conocer las líneas de fluencia de un material y de esta manera su proceso de manufactura (forja, laminado, fundición, soldado etc.)

IV TÉCNICAS DE EVALUACION

Partiendo de la base que la etapa inicial en el seguimiento de una refacción viable a sustituir su importación es un proceso detallado de selección del área operativa, (tal como se ha mencionado anteriormente), en el cual se ha analizado la demanda de la pieza, se ha detectado un volumen justificable de fabricación y se ha realizado un sondeo de factibilidad en el mercado, entre otras, se procede a evaluar la pieza seleccionada mediante un desarrollo de ingeniería el cual involucra dos vertientes: un estudio mecánico o de ingeniería de detalle, y un estudio metalúrgico o de caracterización de material.

A manera de síntesis podemos mencionar que una ingeniería de detalle mecánico comprende 5 etapas básicas:

I.- Inspección preliminar: Consiste en analizar visualmente y en detalle la pieza a manera de poder transmitir a los planos todas las vistas y cortes necesarios que puedan enriquecer de información el estudio.

II.- Levantamiento del croquis: Se realiza un dibujo a mano alzada de la pieza que se ha seleccionado y en base a la inspección preliminar se levanta el croquis o dibujo primario de la pieza, atendiendo a todas aquellas vistas y cortes que hayan sido considerados necesarios.

III.- Metrología: Se procede a realizar en detalle la metrología o dimensionamiento de todas las distancias limitrofes externas e internas de la pieza; a saber : Longitudes, Ángulos, radios, diámetros, cuerdas, etc.; para lo cual se recurre a instrumentos convencionales de metrología (verniers, medidores de

altura, reglas universales, transportadores, gages de cuerdas, de ángulos y de radios, etc.); o a otras técnicas de alta resolución (medidores digitales o electrónicos).

IV.- Dibujo de fabricación: Se realiza atendiendo a los estándares establecidos sobre el dibujo y diseño que se mencionan en normas DGN, ISO, API, entre otras. Esto es tamaños preestablecidos de papel, márgenes, recuadros, letras, ubicación de cotas e indicaciones de ajustes, acabados y tolerancias, y uso de unidades dimensionales universales (SI).

V.- Asignación de ajustes, acabados y tolerancias: Estos parámetros de ingeniería se determinan como resultado de la metalografía realizada y del análisis operacional de la pieza en estudio dentro del sistema funcional al que pertenece (ensambles, condiciones de trabajo, etc.).

El estudio metalúrgico o caracterización de material, razón del presente trabajo, está encausado a realizar un análisis metalúrgico detallado de la pieza a fin de identificar su material, sus propiedades, y su condición de manufactura, para lo cual se recurre a una serie de ensayos o pruebas metalúrgicas (análisis químicos, dureza, pruebas físicas, metalografía, etc.) las que nos proporcionan una serie de resultados que, mediante su interpretación adecuada, nos conducen al diagnóstico final de un material.

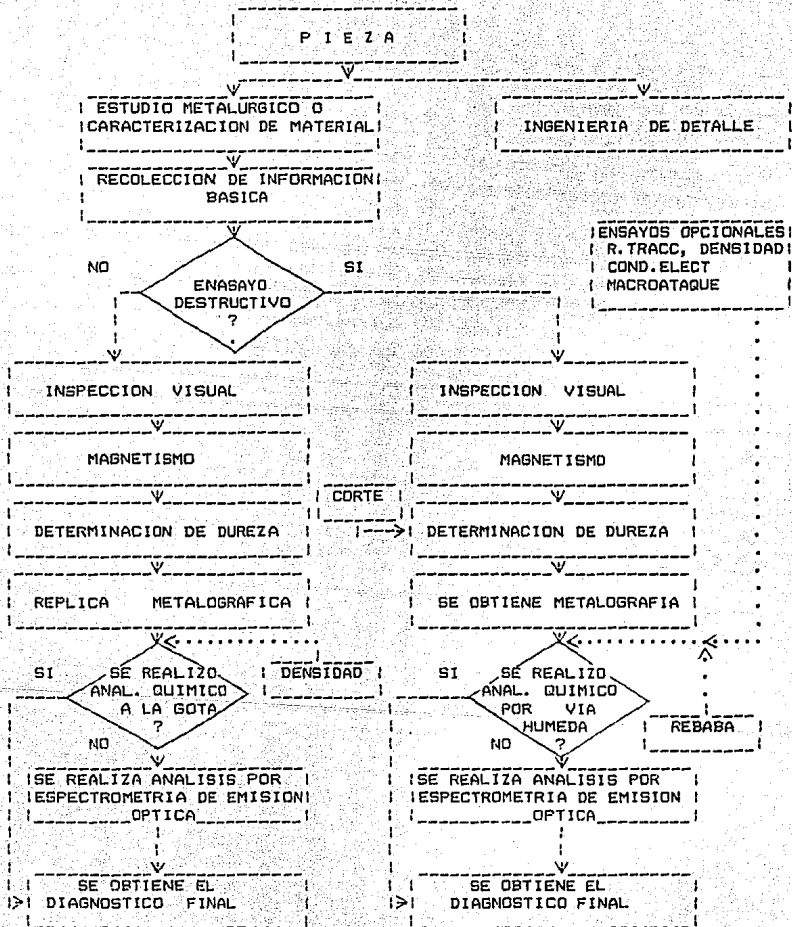
La técnica de evaluación de un material para llevar a cabo su estudio metalúrgico, depende de la factibilidad de tener acceso o no a la destrucción de la pieza por caracterizar.

Tomando este criterio como base, las técnicas de evaluación pueden ser:

- Técnica de evaluación no destructiva
- Técnica de evaluación destructiva

El seguimiento evaluatorio de cada una de estas técnicas se anexa a continuación.

TECNICAS DE EVALUACION METALURGICA



TECNICAS DE EVALUACION NO DESTRUCTIVAS

Algunas de las causas por las cuales las piezas no se pueden destruir, y se tiene la necesidad de recurrir a una técnica de evaluación no destructiva, pueden ser:

a).- Pieza única nueva o en uso: De la cual no hay existencia en almacén.

b).- Pieza en operación en un equipo: La pieza es desmontada de su equipo a causa de un mantenimiento preventivo o correctivo para su estudio; sin embargo, una vez terminado éste, la pieza volverá a ser empleada.

c).- Pieza excesivamente cara: La cual a pesar de haber existencias en almacén por su alto costo, no puede ser destruida.

El procedimiento de análisis de esta técnica comprende 7 etapas básicas y una opcional:

I.- Recolección de información básica: La información básica recabada del servicio de la pieza proporciona una orientación sobre el tipo de material y las propiedades que éste debe cumplir dentro del sistema operativo al que pertenece.

Los parámetros de mayor importancia a considerar son: El medio ambiente en el cual opera la pieza; medios corrosivos, flujos líquidos o gaseosos, temperaturas y presiones de servicio; y el comportamiento mecánico de la pieza (cargas, impactos, rozamientos, desgastes, corte, entre otros).

II.- Inspección visual: Consiste en un análisis visual detallado encaminado a apreciar los acabados de la pieza, los posibles componentes que a primera vista no se detectan (ensambles ocultos, roscados, soldaduras, seguros internos); posibles recubrimientos (internos o externos), coloración y

brillo del material; y en general todo aspecto físico que brinde algún tipo de información que complete el diagnóstico final.

III.- Magnetismo: La fuerza de atracción de un imán proporciona información a nivel selectivo de los materiales ferrosos: materiales de aceros al carbono y aceros inoxidables martensíticos son fuertemente atraídos por el imán; materiales de aceros inoxidables austeníticos, no son atraídos por el imán; y materiales de aceros inoxidables endurecidos por precipitación y deformados fuertemente, son ligeramente atraídos.

IV.- Dureza: Su determinación por los ensayos convencionales (antes mencionados) mediante un rastreo superficial nos conduce a la obtención de información sobre tipos de tratamientos térmicos, procesos de deformación, endurecimientos localizados, recubrimientos superficiales, tratamientos superficiales, y calidad de fabricación de la pieza.

V.- Análisis químico: Mediante dos técnicas de diferente alcance se pueden obtener datos analíticos que interpretados adecuadamente nos pueden dar la información más importante del estudio metalúrgico. Estas técnicas son:

a).- Análisis a la gota: Limitada a determinar elementos de aleación cualitativamente.

b).- Análisis por espectrometría de emisión óptica: En la cual puede haber la opción de determinar elementos, bases o aleados, cualitativamente o cuantitativamente.

VI.- Réplica metalográfica: Proporciona información microestructural sobre la fabricación de la pieza, tipo de material y tratamiento térmico. Asimismo nos orienta sobre la

calidad del material.

VII.- Diagnóstico final: De los ensayos metalúrgicos mencionados en las etapas anteriores se realiza una interpretación de resultados mediante el auxilio de manuales comerciales, normas y literatura de la cual se desprende la información necesaria para dar un dictamen de alta confiabilidad sobre el tipo de material encontrado y las propiedades que éste tiene.

VIII.- Densidad (opcional): Cuando se detectan piezas que por sus apariencias físicas no dan una orientación adecuada sobre el tipo de familia metálica a la cual pertenecen, se somete ésta a una prueba adicional de densidad. Con esta técnica se pueden identificar: carburos de tungsteno, aleaciones base níquel, cobres y sus aleaciones; y magnesios (cada una de estas familias posee su densidad característica).

Las limitaciones en la aplicación de esta técnica evaluatoria no destructiva son las siguientes:

- No siempre el material encontrado corresponde exactamente a la especificación otorgada por el fabricante. Aunque ésta es de la misma familia.

- La especificación de espesores en capas cementadas y recubrimientos, y la profundidad de temple son estimadas en base a experiencias anteriores y en referencias de literatura o catálogos comerciales.

- El uso de esta técnica de análisis a la gota obliga a recabar mayor información de la pieza y en ocasiones donde se

creo existe falta de respaldo técnico se opta necesariamente por la técnica de evaluación destructiva.

- Las capas cementadas y recubrimientos totales enmascaran el material base (se tiene que recurrir a un desgaste parcial o a la destrucción de la pieza para un análisis correcto).

Las ventajas que ofrece esta técnica son:

- La pieza en estudio puede ser utilizada para servicios posteriores ya que no sufre ninguna alteración física de consideración.

- Las piezas se pueden trabajar directamente en campo sin necesidad de trasladarlas a un laboratorio especializado.

TECNICA DE EVALUACION DESTRUCTIVA

Las causas por las cuales se puede destruir una pieza o es necesario tener acceso a ella mediante la técnica destructiva son las siguientes:

- Existencia de una pieza usada similar a la del estudio, la cual por sus características puede ser considerada como representativa de una nueva. Cabe mencionar que en este caso la pieza usada no debió de haber sufrido alteraciones en sus propiedades físicas (calentamientos excesivos, durezas heterogéneas, etc.) ya que la información así obtenida puede ser errónea.

- Existencia de piezas nuevas en almacén.

- Bajo costo de la pieza que permite en ocasiones hasta comprar una nueva para su estudio.

- Estudios necesariamente destructivos en piezas que requieren una información precisa para su elaboración (detalles de internos, espesores de recubrimientos, perfiles de dureza, profundidades de capas cementadas y temple, capas bi o tri metálicas, etc.).

El procedimiento de análisis de esta técnica comprende 7 etapas básicas, 2 de apoyo y 3 opcionales.

De las etapas básicas tenemos: Las etapas I (recolección de información básica), II (inspección visual), III (magnetismo) y IV (diagnóstico final), cumplen con los mismos objetivos que para las técnicas no destructivas.

IV.- Dureza: Su determinación en una pieza cortada transversalmente permite analizar en detalle: Perfiles de dureza, comportamiento de capas cementadas, profundidades de temple, y en general condiciones del material.

V.- Metalografía: Al igual que en la dureza en una probeta obtenida de un corte transversal en una zona de unión, en una zona de soldadura, en un recubrimiento, en un cementado o en cualquier parte de interés, el corte nos proporciona una basta información de la condición microestructural del material y de las zonas de interferencia.

VI.- Análisis químico: Mediante dos técnicas de diferente alcance se obtienen datos analíticos de muy alta resolución; estas técnicas son:

a),- Análisis por vía húmeda: Es la técnica mas antigua empleada para la determinación de elementos y sus porcentajes,

teniendo un amplio margen de seguridad; es válida para todos los materiales (ferrosos y no ferrosos).

b).- Análisis por espectrometría de emisión óptica: Con el mismo alcance por la técnica por vía húmeda, a excepción que se ve un poco limitada dependiendo de los patrones de referencia con los que cuenta el equipo.

De las etapas de apoyo tenemos:

VIII.- Corte: El acceso de corte en una pieza y su facilidad de realizarlo, permite dar en detalle un aspecto general de la pieza.

IX.- Obtención de rebaba: Práctica consistente en obtener limadura o viruta de la pieza en estudio para su dilución y posterior análisis químico.

De las etapas opcionales:

X.- Resistencia a la tracción: Se recurre a ella cuando se requiere verificar o conocer las propiedades de una pieza que está sometida a cargas o esfuerzos demasiado elevados, siempre y cuando las dimensiones de la pieza lo permitan.

XI.- Conductividad eléctrica: Se recurre a ella cuando en piezas eléctricas se desea conocer las propiedades de conductividad del material y es necesario detallarlas en el diagnóstico final.

XII.- Macroataque: Facilita la identificación del proceso de manufactura de una pieza.

Las limitaciones en la aplicación de esta técnica

destruictiva son:

- Una vez estudiada la pieza no puede volver a ser empleada.
- Para la realización de cortes en materiales muy duros es necesario utilizar herramientas muy sofisticadas o recurrir al corte por oxi-acetileno, o a recocidos de ablandamiento de material.

Las ventajas que ofrece esta técnica son:

- Mayor seguridad y confiabilidad en el dictamen final del material y sus propiedades.
- Determinación exacta de capas cementadas y espesores de recubrimientos.

V. - CARACTERIZACION DE MATERIALES

(CASOS PRACTICOS)

A manera de dar un enfoque práctico del alcance que se dá a las técnicas de evaluación metalúrgicas dentro de la sustitución de importaciones de piezas mecánicas y específicamente encaminadas a la caracterización de su material y/o a su posible sustitución por materiales de fabricación nacional, se presentan a continuación 5 casos de piezas de refaccionamiento común en las cuales se venía recurriendo a una necesaria importación.

Cabe mencionar que las piezas a ser estudiadas fueron seleccionadas previamente y corresponden a casos prácticos en donde la sustitución de importaciones ha cumplido su cometido.

Las piezas seleccionadas para este estudio son:

- Un Impulsor
- Un Engrane
- Un Pistón
- Un Cojinete
- Un Deflector

Con el fin de dar el seguimiento establecido en las técnicas de evaluación se presenta a continuación la secuencia realizada para cada pieza sometida a su estudio metalúrgico:

PRIMER CASO PRACTICO

Pieza a estudiar: Un impulsor.

Recepción de la pieza: Se recibió un impulsor nuevo (fotografía No.1) y no se permitió su destrucción, ya que se trata de una pieza única, y se requiere su regreso al almacén.



Técnica de evaluación metalúrgica
elegida: No destructiva.

Secuencia del estudio:

I.- RECOPIACION DE INFORMACION
BASICA.

La información básica obtenida
fue la siguiente:

Fotografía No.1

a).- Area operativa: Se informa que la pieza bajo estudio es un impulsor de succión doble cerrado; el cual opera en una bomba centrifuga (marca United, modelo DVS, tamaño 6*12).

Bajo las siguientes condiciones de operación: Flujo líquido (agua y bibixido de carbono), temperatura 100 grados C máximo, presión 1.5 Mpa máxima (220 psi) y potencia máxima de la bomba 17.4 HP.

b).- Otras fuentes de información: De la literatura existente relacionada con la pieza en estudio se desprenden los siguientes comentarios mas relevantes: Con respecto al equipo al que pertenece, las bombas pueden ser centrifugas, de flujo mixto o de hélice; en las centrifugas el líquido es forzado a entrar a una presión de carga y salir con una presión mayor, por medio de un conjunto de alabes o aspas rotatorias las cuales constituyen el impulsor. Los impulsores por la

disposición del flujo se clasifican en: Succión simple y succión doble; Por su diseño se clasifican en cerradas abiertas y semiabiertas. Con respecto a los materiales de diseño considerados para los componentes de una bomba éstos pueden fabricarse casi de cualquier material metálico y en ocasiones hasta de partes no metálicas. Sin embargo la elección de uno u otro depende en gran parte del fluido que se maneja y la temperatura de servicio. Los materiales mas comunmente utilizados para la fabricación de impulsores son: Hierros grises, aceros al carbono, aceros al cromo (martensíticos), aceros inoxidable (austeníticos), bronce al estaño y esporádicamente moneles o aleaciones base níquel.

II.- INSPECCION VISUAL.

De la apreciación visual realizada en la pieza se desprende lo siguiente:

- La pieza presenta un brillo metálico (plateado)
- No presenta componentes adicionales.
- Se trata de una pieza única de fabricación (no se detectan uniones, recubrimientos en otras partes de integración).
- El acabado de la pieza es ligeramente áspero en las partes no maquinadas (características de una pieza de fundición).

III.- MAGNETISMO.

Se procedió a realizar la prueba de magnetismo con el fin de hacer una preclasificación del material obteniéndose que la pieza

es atraída fuertemente por el imán (descartando en primera instancia que se trata de un material austenítico).

IV.- DUREZA.

Se realizaron varias determinaciones en diferentes zonas de la pieza (álabes, caras laterales) obteniéndose una dureza promedio de 295 BHN.

Las determinaciones de dureza realizadas en la pieza permiten apreciar una homogeneidad en la calidad del material.

V.- REPLICA METALOGRAFICA.

De una zona representativa de la pieza se obtuvo una réplica metalográfica, la cual nos permitió observar lo siguiente:

La fotomicrografía No.1 nos permitió observar una microestructura constituida por martensita revenida fina (500x).

Reactivo de ataque: Nital al 2%

(para mayor referencia sobre microestructuras véase Metals Handbook Vol.7)

Fotomicrografía No.1

La microestructura del material corresponde a la dureza obtenida.

VI.- ANALISIS QUIMICO CUANTITATIVO (%).

De una zona representativa previamente seleccionada y mediante la técnica analítica de espectrometría de emisión óptica

se obtuvieron los siguientes resultados:

C=0.12, Mn=0.94, Si=1.30, P=0.015, S=0.017, Cr=13.48,
Ni=4.27, Mo=0.64.

Los resultados obtenidos permiten apreciar que la pieza esta constituida por un material ferroso (acero inoxidable martensítico).

VII.- DIAGNOSTICO FINAL.

En base a la información básica recabada y a las pruebas realizadas, se desprende lo siguiente:

- Material encontrado corresponde a la familia de los aceros inoxidables, específicamente un acero ASTM A-743 grado CA6NM.

- La dureza encontrada permite apreciar que el material fue sometido a un tratamiento térmico de temple y un revenido posterior.

- Las observaciones realizadas en las diferentes etapas del estudio metalúrgico nos permiten sugerir que el proceso de manufactura de la pieza sea por fundición a presión o moldeo, seguido de un maquinado para la adecuación de las dimensiones básicas, el tratamiento térmico y posteriormente un rectificado o maquinado final para adecuar acabados.

SEGUNDO CASO PRACTICO.



FOTOGRAFIA No.2

Pieza a estudiar: Engrane.

Recepción de la pieza: Se recibió un engrane usado autorizándose su destrucción (fotografía No.2).

El engrane presenta desgaste en algunos dientes y el operativo informa que este no volverá a entrar en operación.

Técnica de evaluación metalúrgica elegida: Destructiva.

Secuencia del estudio.

I.- RECOPIACION DE INFORMACION BASICA.

La información básica obtenida fue la siguiente:

a). Area operativa. Se informó que la pieza bajo estudio es un engrane motriz de un turbocargador, cuyas características dimensionales son las siguientes:

Número de dientes: 87, diámetro de paso: 14.50" diámetro exterior: 14.834", ángulo de presión: 20 grados, tipo de engrane: Recto.

b). Otras fuentes de Información: De la Literatura existente relacionada con la pieza en estudio se desprenden los

siguientes comentarios más relevantes: los engranes o ruedas dentadas son elementos de máquinas que transmiten movimiento de rotación de un eje a otro; de acuerdo a la forma de los dientes los engranes se agrupan en: rectos, helicoidales, cónicos y especiales (gusanos, hipoidales, etc.).

Los materiales con los que se fabrican generalmente los engranes son: acero, hierro fundido, bronce, resinas, fenólicas, teflón, titanio; siendo los aceros al carbono y aleados los más empleados, (0.40-0.60% de carbono y 0.10-0.20% de carbono y cementados).

II). INSPECCION VISUAL.

De la apreciación visual realizada en la pieza se desprende lo siguiente:

- La pieza presenta un brillo metálico (plateado).
- No presenta componentes adicionales.
- Se trata de una pieza única (no se detectaron uniones, ni recubrimientos).
- El acabado de la pieza es totalmente maquinado.

III). MAGNETISMO.

Se procedió a realizar la prueba de magnetismo con el fin de preclasificar el material de la pieza, encontrándose que es

atraída fuertemente por el imán (la cual lo ubica dentro de las aleaciones ferrosas descartando un acero inoxidable austenítico).

IIIA). CORTE.

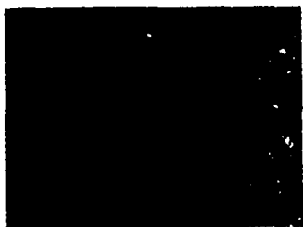
Se realizó un corte representativo de un pequeño segmento del engrane (cuerpo y dientes); debido a que la pieza estaba muy dura y no fue posible cortarla con sierra cinta; se recurrió al corte con oxiacetileno, y para no afectar las propiedades del material, se cortó un segmento mayor (véase fotografía No.2) y después se redujo dicho segmento con la ayuda de un disco abrasivo y sierra cinta.

IV). DUREZA.

En la información bibliográfica relacionada con la pieza se encontró que la dureza para algunos engranes, es mayor en los dientes que en el núcleo, por lo cual se realizaron varias determinaciones en diferentes zonas de la pieza encontrándose que esta muestra una dureza promedio en el cuerpo de 30 Rc y en los dientes de 60 Rc lo cual indica que tuvo un endurecimiento localizado en los dientes

V). METALOGRAFIA.

De una zona que nos permitiera el acceso a la observación metalográfica en la zona de mayor dureza (dientes). y en el cuerpo de la pieza se encontró lo siguiente:



Fotomicrografia No.2

La fotomicrografia No.2 representativa de la zona de dientes nos permite apreciar que la pieza fue sometida a un cementado (espesor de capa 1.27mm); la microestructura constituida en esta zona es de martensita, particulas de carburo y pequenas cantidades de austenita revenida (500X)



Fotomicrografia No.3

La fotomicrografia No.3 representativa del cuerpo de la pieza nos permite apreciar una microestructura constituida por perlita fina en una matriz de ferrita (reactivo - de ataque nital al 2%).

(100X)

Cabe mencionar que el espesor de capa cementada se midi6 con ayuda de un calibrador.

Las microestructuras obtenidas corresponden a las durezas reportadas.

VI). ANALISIS QUIMICO CUANTITATIVO (%).

De una zona no cementada representativa de la pieza se obtuvieron 10 gramos de rebaba, los cuales fueron analizados en el laboratorio mediante la t6cnica de Via H6meda obteni6ndose los siguientes resultados:

C=0.13 Mn=0.65 Si=0.025 P=0.020 Cr=0.90
Ni=2.0 Mo=0.15 S=0.025

Los resultados obtenidos permiten apreciar que la pieza está constituida por un material de la familia de los aceros de media aleación.

VII). DIAGNOSTICO FINAL.

En base a la información básica recabada y a las pruebas realizadas, se desprende lo siguiente:

- El material encontrado pertenece a la familia de los aceros de media aleación al Cr-Ni-Mo, especialmente a la de un acero AISI 9310.
- Por la dureza y la metalografía encontrada se aprecia que el material fue sometido a un tratamiento termoquímico superficial (cementado) en la zona de dientes.
- El tratamiento térmico al que fue sometido el engrane fue un cementado seguido de un temple y revenido.
- Las observaciones realizadas en las diferentes etapas del estudio metalúrgico permiten sugerir que el proceso de manufactura de la pieza estudiada fue el siguiente: fundición por moldeo, maquinado para establecer dimensiones básicas, tratamiento superficial de cementado, tratamiento térmico de temple y revenido, y finalmente un rectificado o maquinado final para dar ajustes y acabados.

TERCER CASO PRACTICO.

Pieza a estudiar: Pistón.



Recepción de la pieza: Se recibió un pistón usado con autorización para ser destruido. El pistón consta de dos elementos: corona y falda. (Fotografía No. 3).

Fotografía No.3

Técnica de evaluación metalúrgica elegida: Destructiva.

Secuencia de Estudio.

I. RECOPIACION DE INFORMACION BASICA

La información básica obtenida fue la siguiente:

- a). Area Operativa. Se informó que la pieza bajo estudio es un pistón para motor de combustión interna, tipo diesel (Marca: Detroit Diesel Allison, MODELO:16V71).
- b). Otras fuentes de información: de la literatura existente relacionada con la pieza en estudio se desprenden los siguientes comentarios mas relevantes: un pistón es un componente cilindrico e integral de máquinas de combustión interna, en el cual por medio de explosiones en la cámara de combustión del equipo se provocan movimientos alternativos. que transmiten la potencia suficiente

para dar movimiento dinámico (rotativo) al cigüeñal.

A diferencia de otros motores, las máquinas diesel están expuestas a regímenes de trabajo más severos; especialmente los pistones, que forman parte del sistema de combustión del equipo, están expuestos a presiones que van de 10-50 Mpa (1500-7000 lb/in²) e inclusive pueden alcanzar hasta 172 Mpa (25,000 lb/in²) y temperaturas de hasta 1000 grados C. Los materiales más comúnmente empuñados en su fabricación son: Hierros grises y maleables, Aceros especiales y Aleaciones de Aluminio.

II). INSPECCION VISUAL

De la apreciación visual realizada en la pieza se desprende lo siguiente:

- La corona presenta un color café grisáceo que indica que la pieza ha sido usada anteriormente. No se notan líneas profundas de desgaste ni otros defectos. Al lijar una pequeña zona se observa un brillo metálico grisáceo.
- La falda al igual que el pistón presenta indicios de uso, por su color grisáceo mate. Una vista en detalle de la superficie de la falda hace suponer que existe un recubrimiento superficial.
- Tanto el pistón como la falda no presentan componentes, pero ambos se ensamblan por medio del perno de la biela (mismo que no se proporcionó para su estudio).
- Ambas piezas presentan secciones maquinadas y no maquinadas. Estas últimas son de apariencia áspera lo cual caracteriza a una

pieza de fundición.

III). MAGNETISMO.

Se realizó la prueba de magnetismo con el fin de hacer una preclasificación del material obteniéndose lo siguiente:

Corona: Es atraída fuertemente por el imán.

Falda: Es atraída fuertemente por el imán.

La atracción del imán permite deducir que las piezas son del tipo ferroso no austenítico.

IIIA). Corte

Se realizó un corte representativo de un pequeño segmento de cada una de las piezas mediante el auxilio de sierracinta.

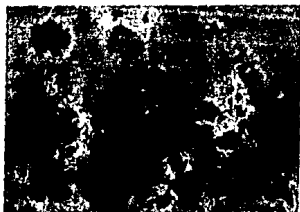
IV). Dureza.

De las probetas cortadas expresamente para metalografía se determinó la dureza de las piezas por la técnica Brinell obteniéndose en promedio lecturas de 180 BHN para ambas piezas.

La dureza del recubrimiento observado en la falda del pistón no pudo ser determinada debido al espesor de ésta.

V). Metalografía.

De las probetas anteriormente cortadas se preparó metalográficamente una zona que nos permitió el acceso a la observación metalográfica tanto en la corona como en la falda, se encontró lo siguiente:



La fotomicrografia No.4 representa-
tiva de la corona y la falda,
permite observar una microestructura
grafinodular ASTM tipo III, en una
matriz de perlita laminar, (100X)
reactivo de ataque: Nital al 2%.

Fotomicrografia No.4

La microestructura obtenida es acorde con las determina-
ciones de dureza realizadas (además la escala de dureza elegida
fue la correcta).

Con respecto a la microestructura del recubrimiento ésta no
pudo ser observada en detalle debido a que el espesor de capa
(0.028mm) no permitió hacer un adecuada preparación de su super-
ficie.

Cabe mencionar que el espesor de recubrimiento fue medido
con la ayuda de un microscopio graduado.

VI). ANALISIS QUIMICO CUANTITATIVO (%).

De una zona representativa previamente seleccionada y
mediante la técnica de vía húmeda se mandó a analizar al
laboratorio la corona y la falda reportándose los siguientes
resultados.

Corona: C=2.3 Mn=0.22 Si=1.49 S=0.39
Falda: C=2.35 Mn=0.31 Si=1.53 S=0.24

Por otro lado y debido a que la rebaba del recubrimiento era demasiado escasa y que no era posible analizarla por vía húmeda se mandó a analizar mediante la técnica de rayos X reportando el resultado siguiente:

Recubrimiento: Sn=97.78 Ca=1.94 Fe=0.29

Los resultados obtenidos permiten apreciar que tanto el pistón como la falda están constituidos por una fundición de hierro maleable y que en adición la falda posee un recubrimiento base estaño.

VII. DIAGNOSTICO FINAL.

En base a las pruebas realizadas se desprende lo siguiente:

- El material encontrado para la corona y la falda pertenece a la familia de los hierros maleables y son muy similares a lo especificado por la norma ASTM A-220 GRADO 45008, mientras que el recubrimiento base estaño se puede enmarcar dentro de la norma ASTM B-545.
- La microestructura encontrada del pistón permite apreciar que la pieza fue sometida a un tratamiento específico de recocido de maleabilización.
- A fin de obtener las propiedades del material estudiado se recurrió a un tratamiento térmico de recocido de maleabilización

seguido de un temple al aire.

- Dadas las observaciones realizadas en las diferentes etapas del estudio, se deduce que el proceso de manufactura de ambas piezas es por fundición a presión o moldeo, seguido de un tratamiento térmico, y de un maquinado para otorgar las dimensiones básicas.

- En adición al proceso antes mencionado a que fue sometido la falda del pistón, se le aplicó el recubrimiento superficial en toda la pieza por electrodeposición, con un espesor de 0.015-0.03 mm.

CUARTO CASO PRACTICO.



Pieza a Estudiar: Cojinete.

Recepcion de la Pieza: Se recibió un cojinete nuevo y fue autorizada su destrucción (fotografía No.4)

Fotografía No.4

Técnica de Evaluación Metalúrgica elegida: Destructiva.

Secuencia del estudio.

1). RECOPIACION DE INFORMACION BASICA.

La información obtenida fue la siguiente:

a). Area Operativa. Se informó que la pieza bajo estudio es un cojinete para biela perteneciente a un motor de combustión interna (Marca Caterpillar, Modelo 3412).

b). Otras fuentes de información. De la literatura existente relacionada con la pieza en estudio se desprenden los siguientes comentarios mas reelevantes: En una máquina los cojinetes son componentes mecánicos en los cuales reposa y gira un árbol o eje de transmisión, cuyo objeto es asegurar la rotación de éste con la menor pérdida de potencia por fricción. De acuerdo con su función se clasifican en: a). cojinete para muñon, de forma cilíndrica que soportan un eje rotatorio, b) cojinete de empuje, cuya función es evitar el movimiento en el sentido longitudinal de un eje rotatorio y c) cojinete guía, para guiar un elemento de máquina en el sentido longitudinal comunmente sin rotacion del elemento. Por el tipo de lubricación se clasifican en: a) lubricación mínima o al límite, b) lubricación semifluida o mixta y c) lubricación fluida o completa. Los materiales más empleados para los cojinetes son: en el respaldo aceros bajo carbón y diferentes tipos de recubrimientos no ferrosos.

II). INSPECCION VISUAL.

De la apariencia visual de la pieza se desprende lo siguiente:

- El cojinete presenta un color grisáceo claro en toda la superficie, excepto en la parte interna de contacto con la flecha la cual presenta color gris más oscuro.

- Una vista en detalle de las superficies (externa e interna) del cojinete hace suponer que éste posee un recubrimiento superficial en la parte interna y otro en la superficie externa.

III). MAGNETISMO.

Con el fin de verificar si el respaldo del cojinete es un material ferroso se realizó la prueba de magnetismo y se vió que el cojinete es atraído fuertemente por el imán, lo cual nos ratifica la hipótesis.

IIIA). CORTE.

Se procedió a cortar una sección transversal de la pieza, a mediante el auxilio de una segueta, y posteriormente se montó en baquelita, para proceder a su estudio.

IV). DUREZA.

Se realizó el ensayo de microdureza en la sección de la pieza montada en probeta a fin de verificar en detalle las durezas del metal base y del recubrimiento, siendo éstas 140 BHN y 95 BHN respectivamente.

V). METALOGRAFIA.

En la probeta montada para la determinación de durezas se preparó la superficie del material por estudiar a fin de realizar la observación metalográfica.

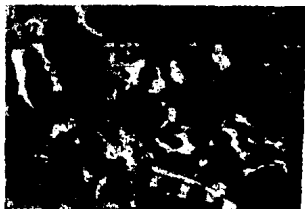
La sección del cojinete permite apreciar que está constituido por tres materiales: un material base (respaldo) y dos recubrimientos superficiales, uno interior y otro exterior; las microestructuras observadas en estos materiales son las siguientes:



Fotomicrografia No.5

La fotomicrografia No. 5 correspondiente al respaldo permite observar una microestructura constituida por granos de perlita deformada tamaño ASTM 8-9, 100X.

Reactivo de ataque: Nital al 2%.



Fotomicrografia No.6

La fotomicrografia No.6 correspondiente al recubrimiento superficial interno, permite observar una microestructura dendritica constituida por una solución solidificada de plomo y cobre

Reactivo de ataque: Hidróxido de amonio y peróxido de hidrógeno.

Las microestructuras obtenidas están acordes con las determinaciones de dureza realizadas.

Con respecto a la microestructura del recubrimiento superficial externo, ésta no pudo ser observada en detalle debido a que el espesor de capa no permitió hacer una adecuada preparación de su superficie. Los espesores del recubrimiento interior (0.279mm) y exterior (0.025mm) fueron medidos por técnicas microscópicas.

VI). ANALISIS QUIMICO CUANTITATIVO. (%)

Mediante la técnica de vía húmeda se mandó analizar, al laboratorio, la rebaba obtenida del respaldo del cojinete y del recubrimiento superficial interior obteniéndose los siguientes resultados:

Respaldo del Cojinete: C=0.11 Mn=0.35 Si=0.01

Recubrimiento Superficial Interior: Cu=74.72 Pb=21.45 Sn=3.29

Con los resultados obtenidos por el análisis químico se puede deducir que el respaldo del cojinete está constituido por un acero al carbono y el recubrimiento superficial interior por una aleación base cobre.

Cabe mencionar que el análisis químico del recubrimiento superficial exterior no pudo ser determinado por las técnicas analíticas disponibles .

VII). DIAGNOSTICO FINAL.

De la información básica recabada y de las pruebas realizadas se desprende lo siguiente:

- El material encontrado para el respaldo del cojinete es un acero con bajo contenido de carbono específicamente un acero AISI 1010, mientras que el recubrimiento es un material no ferroso base cobre, el cual puede ser clasificado por el estandar SAE J460e (aleación SAE 799); por otro lado en base a la información bibliográfica se sugiere que el recubrimiento superficial exterior sea un babbitt SAE J460e (aleación SAE 19); con un espesor de capa de 0.0127-0.0254mm.
- Las durezas obtenidas nos permiten apreciar que la pieza después de fundida no recibió ningún tratamiento térmico.
- La microestructura del respaldo del cojinete permite apreciar que el material fue trabajado en frío (laminado y rolado) y la del recubrimiento superficial nos permite apreciar que éste fue fundido o sinterizado sobre el respaldo.
- Con las observaciones realizadas en las diferentes etapas del estudio metalúrgico se puede asegurar que el proceso de manufactura del cojinete fue como sigue: Partiendo de una solera rodada se efectuó un maquinado para adecuación de dimensiones básicas, se aplicó el recubrimiento superficial interno y finalmente se realizó la aplicación electrolítica o sinterizada del recubrimiento superficial externo.

QUINTO CASO PRACTICO.



Pieza a estudiar: Deflector.

Recepción de la Pieza: Se recibió un deflector usado y no fue autorizada su destrucción. (fotografía No. 5).

Fotografía No.5

Técnica de evaluación metalúrgica elegida: No Destructiva.

Secuencia del Estudio.

I). Recopilación de Información Básica.

La información básica obtenida fue la siguiente:

- a). Area Operativa. Se informa que la pieza bajo estudio es un deflector para bomba centrifuga (Marca Pacific Batignolles, Modelo SVC, un paso), la cual opera como máximo a 50 grados C. y está en contacto con aceite lubricante.
- b). Otras fuentes de información. De la literatura existente, relacionada con la pieza en estudio, se desprenden los siguientes comentarios: Un deflector es un componente mecánico en forma de anillo el cual, en unión con otras piezas, tiene como objetivo evitar el flujo de aceite o

líquido de bombeo de la carcasa a través del orificio por donde pasa la flecha de la bomba.

El principio de funcionamiento de un deflector consiste en dos superficies perfectamente pulidas que se encuentran en contacto, una estacionaria unida a la carcasa y la otra que gira con la flecha (deflector). Generalmente los materiales de ambas superficies en forma de anillo son diferentes. Los materiales característicos para los deflectores son: bronce, hierros grises y aceros inoxidables.

II). INSPECCION VISUAL.

De la inspección visual realizada en la pieza se desprende lo siguiente:

- La pieza presenta un color amarillo rojizo propio de las aleaciones de cobre.
- No presenta componentes adicionales.
- El acabado de la pieza es ligeramente áspero en las partes no maquinadas (característico de las piezas de fundición).

III). MAGNETISMO.

La pieza no es atraída por el imán (lo cual determina a primera instancia que se trata de una aleación no ferrosa).

IV). DUREZA.

Se realizaron varias determinaciones en diferentes zonas de la pieza obteniéndose una dureza promedio 62 BHN. Las determinaciones permiten apreciar una homogeneidad en la calidad del material.

V). METALOGRAFIA.

De una zona representativa de la pieza se obtuvo la metalografía la cual reportó lo siguiente:



La fotomicrografía No. 7 nos permite observar una microestructura constituida por dendritas alfa (solución sólida de cobre) y distribución homogénea de partículas de plomo (100X).

Reactivo de ataque: hidróxido de amonio.

Fotomicrografía No.7

La microestructura obtenida es acorde con la dureza obtenida.

VI). ANALISIS QUIMICO CUANTITATIVO (%).

De una zona representativa previamente seleccionada y mediante la técnica metalúrgica de espectrometría de emisión óptica se obtuvieron los siguientes resultados:

Cu=86.24 Pb=5.26 Fe=0.10 Sn=5.34 Zn=3.0 Al=0.00

Los resultados obtenidos permiten apreciar que la pieza está constituida por un material base cobre.

VII). DIAGNOSTICO FINAL.

Con base en las pruebas realizadas, se desprende lo siguiente:

- El material encontrado corresponde a la familia de los bronce plomados especialmente muy similar al especificado por la norma ASTM B-584 (aleación B36).
- Con base en la dureza y microestructura obtenidos en el material bajo estudio se concluye que este fue fundido y no tuvo t. térmico posterior.
- Las observaciones realizadas en las diferentes etapas del estudio sugieren que el proceso de manufactura de la pieza fue por fundición en molde seguido de un maquinado para adecuar dimensiones requeridas.

VI. - SUSTITUCION DE MATERIALES.

Con base en los estudios metalúrgicos sobre sustitución de importaciones en piezas y refacciones, se ha llegado a la conclusión de que, la selección de un material depende de la factibilidad de encontrarlo en el mercado nacional.

Tomando en cuenta lo anterior la selección de un material puede presentar tres alternativas diferentes:

- Selección directa de material.
- Selección indirecta o sustitución de material.
- Selección condicionada de material.

La selección directa de material es aquella que se presenta cuando el material identificado de una pieza es un material comercial o factible de producirse nacionalmente sin ningún tipo de obstáculo técnico. Tal sería el caso de la totalidad de los aceros al carbono y la mayoría de los aceros aleados, inoxidables, hierros grises, dúctiles y maleables, aleaciones base cobre y aleaciones base aluminio.

La selección indirecta o sustitución de material se establece cuando el material encontrado (de importación) no corresponde con los parámetros de servicio bajo los cuales debe de trabajar la pieza. Pueden presentarse 3 variables a saber:

a). Cuando el material encontrado en una pieza es detectado como de menor calidad a los requerimientos del servicio en el cual estará trabajando, ya sea, por que dicha pieza ha sufrido

continuas fallas (pieza usada) o por que puede causar problemas posteriores en la operación de un equipo (pieza nueva), se realiza una adecuación del material encontrado por uno de mayor calidad y de fabricación nacional.

b). Cuando el material de importación encontrado está por arriba de los requerimientos químicos, físicos o mecánicos bajo los cuales opera la pieza en su equipo, se realiza una adecuación del material encontrado por uno de menor calidad y de fabricación nacional.

c). Cuando el material encontrado no es factible de producirse en el país, se procede a localizar uno de fabricación nacional que cumpla con los requerimientos de servicio a los cuales la pieza estará expuesta. En algunas ocasiones no es factible proceder de esta forma, entonces se sugiere un material de una calidad ligeramente menor a la encontrada, aunque en ocasiones ello conlleva a un sacrificio en la vida media de la pieza y hasta del mismo equipo.

La selección condicionada de material se presenta básicamente cuando se detecta que el material identificado no se fabrica en el país, aunado a que las condiciones de operación de la pieza no permiten un sustituto de material, este deberá ser necesariamente importado.

De los criterios analizados anteriormente se desprende que el material identificado de las piezas en estudio es sometido a un análisis mecánico metalúrgico, por medio de el cual se

justifica su uso (selección directa) o se recurre a otras alternativas (selección indirecta o selección condicionada) que conduzcan al diagnóstico final del material.

Bajo estas condiciones, y específicamente en las piezas estudiadas en el presente trabajo, se presenta la secuencia utilizada en cada uno de los casos prácticos analizados que nos condujo a realizar el dictamen final del material.

PRIMER CASO PRACTICO: IMPULSOR.

- CONDICIONES DE OPERACION BAJO LAS CUALES ESTARA SOMETIDA LA PIEZA:

Fluido a manejar: agua y bióxido de carbono.

Temperatura máxima de operación 100 grados C

Presión máxima de operación 16 kg/cm².

Potencia de la bomba: 17.4 H.P.

- MATERIAL IDENTIFICADO:

Acero inoxidable ASTM A-743 grado CA-6NM

- ANALISIS QUIMICO DEL MATERIAL:

Ni= 3.5-4.5,	Mo=0.4-1.0,	C=0.06max,	Mn=1.0max,
Si=1.00max,	P=0.04max,	S=0.03max,	Cr=11.5-14.0

- PROPIEDADES DEL MATERIAL IDENTIFICADO:

El acero ASTM grado CA-6NM es un acero inoxidable martensítico que presenta las siguientes propiedades:

- Resistencia a la tensión: 820 Mpa (120 kpsi).
- Límite elástico : 690 Mpa (100 kpsi).
- Resistencia a la corrosión en ácidos, agua y salmuera.
- Resistencia a los efectos de cavitación.
- Resistencia al impacto.
- Buenas propiedades de fundición (especialmente en partes complejas)
- Bajo condiciones de tratamiento térmico aumentan sus propiedades mecánicas.
- Baja dilatación térmica.

- PRINCIPALES USOS DEL MATERIAL IDENTIFICADO.

Industrialmente éste acero se utiliza en partes y componentes de:

Equipos químicos, marinos y en general de la industria petrolera.

Específicamente en equipos se usa:

En compresores:

Cubiertas, diafragmas, cilindros, cuerpos y partes de válvulas.

En turbinas hidráulicas:

Alabes y difusores.

- REQUERIMIENTOS DE LA PIEZA MECÁNICA,

Los parámetros para la elección del material en un impulsor son básicamente los siguientes:

- Buena resistencia a la corrosión para el fluido que se maneja a la temperatura de trabajo.
- Bajo coeficiente de dilatación.
- Buena resistencia al impacto.

- SELECCION DEL MATERIAL EN BASE A PARAMETROS ESTABLECIDOS.

Dado que el estudio metalúrgico nos condujo a un acero inoxidable ASTM A-743 grado CA-6NM y éste material cumple con todos los requerimientos de servicio de la pieza en estudio; y aunado a que se trata de un material que se puede adquirir en el mercado nacional, se concluye que la selección de material fue de forma directa.

Del análisis mecánico-metalúrgico realizado se desprende que el material de la pieza bajo estudio cumple con las condiciones de operación para las cuales fue diseñado.

En resumen el diagnóstico final para el cual se propone fabricar la pieza con el material seleccionado debe de cumplir con las siguientes características:

Material: Acero ASTM A-743 grado CA-6NM.

Dureza: 285 - 300 BHN

T. Térmico: Temple y revenido.

Proceso de manufactura sugerido:

Fundición-Maquinado-T.Térmico-Rectificado.

SEGUNDO CASO PRACTICO: ENGRANE.

- CONDICIONES DE OPERACION A QUE ESTARA SOMETIDA LA PIEZA:

- Temperatura: 50 C.
- Lubricación: Aceite.
- Tipo de servicio: Severo.

- MATERIAL IDENTIFICADO:

Acero de media aleación AISI 9310 cementado.

- Análisis químico del material:

C=0.08-0.13, Mn=0.45-0.65, P=0.025max, S=0.025max.

Si=0.20-0.35, Ni=3.00-3.50, Cr=1.00-1.40, Mo=0.08-0.15

- PROPIEDADES DEL MATERIAL IDENTIFICADO.

El acero AISI 9310 es un acero de media aleación al Cr, Ni y Mo con las siguientes propiedades:

Resistencia a la Tracción:	965-1172 Mpa. (140,000-170,000 lb/pulg ² .)
Límite Elástico:	760-965 Mpa. (110,000-140,000 lb/pulg ² .)
Dureza:	250 - 360 BHN.

- PRINCIPALES USOS DEL MATERIAL IDENTIFICADO:

Partes y componentes para aeronaves, para la industria petrolera y maquinaria pesada en general, especialmente este material es usado en soportes mecánicos, flechas y engranes, entre otros.

- REQUERIMIENTOS DE LA PIEZA MECANICA.

- Alta resistencia a la tracción.
- Buena resistencia al desgaste en dientes.
- Buena tenacidad en masa.
- Bajo coeficiente de dilatación.

- SELECCION DEL MATERIAL CON BASE EN PARAMETROS ESTABLECIDOS.

Si bien es cierto que el estudio metalúrgico nos condujo a un acero de media aleación AISI 9310 cementado, éste es un acero poco comercial y no es frecuente encontrarlo en el mercado; a menos que se requiera en grandes cantidades, por tanto se propone un material sustituto mas comercial y que pueda cumplir satisfactoriamente con las características mecánicas y de servicio que el del material encontrado:

- MATERIAL PROPUESTO:

Acero media aleación AISI 8620 cementado.

- COMPOSICION QUIMICA (%):

C=0.18-0.23, Mn=0.70-0.90, P=0.040max, S=0.040max.
Si=0.20-0.35, Ni=0.40-0.70, Cr=0.40-0.70, Mo=0.15-0.25

- PRINCIPALES USOS DEL MATERIAL PROPUESTO:

Engranajes de diferencial, engranajes de transmisión, camisas, partes y componentes de aeronaves, ejes.

- PROPIEDADES DEL MATERIAL PROPUESTO:

Resistencia a la tracción: 550-1172 Mpa.
(80,000 - 170,000 lb/pulg².)

Límite elástico : 450-980 Mpa.
(65,000 - 142,000 lb/pulg².)

Dureza: 200 - 375 BHN

Acero básicamente utilizado para ser cementado superficialmente:

Resistencia al desgaste

Buena tenacidad

Resistente a la corrosión

Buena templabilidad

Buena resistencia a altas temperaturas.

Como se puede apreciar la selección de material que se realiza en este caso es por sustitución de material .

En este sentido el acero AISI 9310 es un acero de media aleación al Cr, Ni, Mo que posee buenas propiedades mecánicas y buena resistencia a la corrosión y al desgaste; el acero AISI

8620 en cambio posee cantidades de Ni, Cr menores al 9310, lo cual en cierta proporción lo hace ligeramente de menor calidad en lo referente a sus propiedades de resistencia a la corrosión. Sin embargo, en las propiedades mecánicas; Resistencia a la tracción y de resistencia al desgaste, éste se ve compensado al poseer un contenido de carbón mayor. Además vale la pena mencionar que ambos son aceros recomendados para tratamientos superficiales de cementación.

Del análisis mecánico metalúrgico realizado se desprende que el material sustituto cumple con las condiciones de operación de la pieza.

En resumen el diagnóstico final para el cual se propone fabricar la pieza con el material seleccionado debe cumplir con las siguientes características:

Material: 28-32 Rc en cuerpo y 60 Rc mínimo en dientes

T. Térmico: Cementado (0.889 - 1.52mm) - Temple y revenido hasta alcanzar dureza.

Proceso de

Manufactura: Fundición - Maquinado - T. Térmico - Rectificado.

TERCER CASO PRACTICO: PISTON.

- CONDICIONES DE OPERACION A QUE ESTARAN SOMETIDAS LAS PIEZAS (PISTON Y FALDA).

Temperatura máxima de operación:

700 grados C en la parte superior del pistón
(corrosión).

Presión máxima de operación:

1.4 Mpa.

200 lb/pulg² en ambas partes.

- MATERIAL IDENTIFICADO.

Corona y falda: Hierro maleable ASTM A-220 grado 45008

Falda: Recubrimiento base Estaño ASTM B 545.

- ANALISIS QUIMICO :

(Hierro maleable ASTM A-220 45008)

C=2.27, Si=1.0-1.5, Mn=0.6-0.9, S=0.1max, P=0.15max
Cr=0.02max.

(Aleación base estaño ASTM B545)

Sn= 99.9 % mínimo.

- PROPIEDADES DEL MATERIAL IDENTIFICADO.

La especificación ASTM A-220 cubre grados de hierro maleable
perlítico.

Resistente a altas temperaturas .

Buenas propiedades de colabilidad, especialmente en piezas
pequeñas y/o piezas complejas.

El grado 45008 posee:

Resistencia a la tracción: 450 Mpa.

Alargamiento: 5 - 10%

Dureza: 167 - 200 BHN

RECUBRIMIENTO BASE ESTAÑO ASTM B 545.

Resistencia a la tracción: 21 Mpa. (3100 lb/pulg²).

Elongación: 55%

Dureza: 3 - 5 BHN

Buena resistencia al desgaste.

Buena resistencia a la corrosión.

Buena conductividad térmica.

- PRINCIPALES USOS DEL MATERIAL IDENTIFICADO.

Los hierros maleables perlíticos se emplean en: partes de máquinas diesel, maquinaria agrícola y partes de equipo de artillería específicamente en: pistones para máquinas diesel, cajas para ejes, diferenciales, levas, balancines, sistemas de engranes de transmisión, ejes de levas, cigüeñales para automóviles, pernos de unión para cadenas, piezas para tanques, herramientas, etc.

- REQUERIMIENTOS DE LA PIEZA MECÁNICA.

- Buena resistencia mecánica a altas temperaturas.
- Buenas propiedades de colabilidad.
- Buena resistencia al Impacto.
- Buena resistencia a la compresión.
- Buena resistencia a la tracción.
- Bajo coeficiente de dilatación.

- SELECCION DEL MATERIAL CON BASE EN PARAMETROS ESTABLECIDOS.

Del estudio metalúrgico se desprende que el material encontrado en las 2 piezas bajo estudio (hierro maleable ASTM A-220 grado 4500B), cumple con los requerimientos de servicio de estas piezas; así mismo se detectó que este material es de fabricación nacional por lo que quedó implícito que su selección fue de forma directa.

Del análisis mecánico - metalúrgico realizado se desprende que el material de la pieza bajo estudio cumple con las condiciones de operación para las cuales fue diseñado.

En resumen, el diagnóstico final para poder fabricar la pieza propone que el material seleccionado cumpla con las siguientes características:

Material:	Hierro maleable A-220 aleación 4500B con un recubrimiento en la falda de una aleación base estaño ASTM B-545
Dureza:	180 - 200 BHN (Falda y Corona)
T.Térmico:	Recocido de maleabilidad seguido de un temple al aire.
Proceso de Manufactura	
Sugerido:	Fundición a presión o moldeo - T.Térmico - Maquinado.

En adición al proceso de manufactura, a la falda del pistón se le aplicará un recubrimiento superficial en toda la pieza por

electrodeposición con un espesor de 0.015 - 0.03 mm. que se justifica para favorecer las propiedades de fricción del material.

CUARTO CASO PRACTICO: COJINETE.

- CONDICIONES DE OPERACION:

Temperatura máxima de operación: 300 C.
Lubricación: Mínima o al límite.
Carga: Moderada.

- MATERIAL IDENTIFICADO:

Respaldo del cojinete:

Acero al carbono AISI 1010.

Recubrimiento superficial interno:

Aleación base cobre SAE J 460e aleación SAE 799

Recubrimiento superficial externo:

Babbitt SAE J460e aleación SAE 19

Análisis Químico de los materiales:

AISI 1010:

C=0.08-0.13, Mn=0.30-0.60, P=0.04max, S=0.05max.

SAE J460e aleación SAE 799:

Cu=68.5-75.5, Pb=21.5-25.0, Sn=3.0-4.0, Zn=3.0max.

Sb=0.50max, Ni=0.50max, Fe=0.35max.

SAE J460e aleación SAE 19:

Pb=BASE Sn=8.0-12.0max, OTROS=3.5max.

- PROPIEDADES DEL MATERIAL IDENTIFICADO.

AISI 1010:

Resistencia a tracción: 300-414 Mpa.
(44,000 - 60,000 lb/pulg².)

Elongación: 20 - 40%

Dureza: 107 - 129 BHN

Presenta facilidades para ser rolando o deformado.

Buena ductilidad

SAE J459e aleación SAE 799

Buena acción superficial para trabajo a altas velocidades.

Buena elasticidad.

Buena resistencia a la corrosión.

Bajo coeficiente de fricción.

SAE J459e aleación SAE 19

Buena resistencia a la corrosión.

- PRINCIPALES USOS DE LOS MATERIALES:

ACERO AISI 1010:

Se utiliza en piezas y componentes sencillos de equipo y soporte mecánicos, sin embargo es muy común encontrarlo en lámina, alambre, cinta, fleje, etc.

SAE J459e aleación 799:

Se emplea en recubrimientos para cojinetes de carga moderadas y pesadas e implementos farmacéuticos.

SAE J459e aleación 19:

Se utilizan recubrimientos para cojinetes a fin de obtener

mayor resistencia superficial y buena resistencia a la corrosión.

- REQUISITOS DE LA PIEZA MECANICA

- Valores satisfactorios de resistencia a la compresión o a la fatiga para resistir adecuadamente las cargas exteriormente aplicadas.
- Los cojinetes deben de ser suaves y con bajo módulo de elasticidad
- El material debe desgastarse o adaptarse a las ligeras irregularidades que pudieran existir en el sistema, así como adherirse y soldar partículas extrañas.
- Coeficiente de fricción bajo.

- SELECCION DEL MATERIAL EN BASE A LOS PARAMETROS ESTABLECIDOS

Del estudio metalúrgico efectuado se desprende que los materiales cumplen satisfactoriamente con los requerimientos de trabajo y son factibles de poder adquirirse en el mercado nacional. La selección de materiales realizada fué directa.

El diagnóstico final del material recomendado debe cumplir con las siguientes características:

- Material:

Respaldo: Acero al carbono AISI 1010

Recubrimiento Interior: Aleación base cobre sae J 459e
aleación SAE 799

Recubrimiento Externo: Aleación base plomo SAE J459e
aleación SAE 17

-- Dureza:

Respaldo: 135-145 BHN

Recubrimiento Interior: 90-100 BHN

Recubrimiento Externo: No requerido debido al espesor.

- Tratamiento térmico:

Respaldo: Sin T. Térmico

Recubrimiento Interior: Sin T. Térmico

Recubrimiento Externo: Sin T. Térmico

- Proceso de manufactura de la pieza:

Rolado o laminado de solera - maquinado - fundido o sinterizado del recubrimiento interno - aplicación electrolítica o sinterizada del recubrimiento superficial externo.

QUINTO CASO PRACTICO: DEFLECTOR

- CONDICIONES DE OPERACION A LAS CUALES ESTA SOMETIDA LA PIEZA:

Temperatura Máxima: 50 C

Servicio: Aceite Lubricante.

- MATERIAL IDENTIFICADO:

Aleación base cobre ASTM B-584 aleación 836

- ANALISIS QUIMICO DEL MATERIAL (%):

Cu= 84.0 - 86.0, Sn= 4.0 - 6.0, Pb= 4.0 - 6.0, Zn= 4.0 - 6.0

Fe= 0.30 max, Sb= 0.25 max, Ni= 1.0 max, S= 0.08 max,

P= 0.05 max.

- PROPIEDADES DEL MATERIAL IDENTIFICADO:

Resistencia a la tracción: 414 MPa (60,000 lb/pulg)²

Elongación: 15 - 50 %

Límite Elástico: 131-366 MPa²
(19,000 - 53,000 lb/pulg)

Maquinabilidad: Excelente

Propiedades para el trabajo en frío: Buenas

Propiedades para ser fundido: Buenas

- PRINCIPALES USOS DEL MATERIAL IDENTIFICADO:

Cojinetes, Engranajes, Piñones, Ejes, Árboles, Arandela de Empuje, Partes de Válvulas, entre otras.

- REQUISITOS DE LA PIEZA MECÁNICA:

Buena resistencia a la corrosión

Propiedades mecánicas no muy elevadas.

- SELECCIÓN DEL MATERIAL CON BASE EN PARÁMETROS ESTABLECIDOS

Del estudio metalúrgico se desprende que el material recomendado (ASTM B 504 aleación 836) cumple con los requerimientos mecánicos y de servicio de la pieza, además de haberse detectado que éste se fabrica en el país, lo que nos conduce a una selección directa de material.

Del análisis mecánico-metalúrgico realizado se desprende que el material de la pieza bajo estudio cumple con las condiciones de trabajo para el que fue diseñado.

En resumen, el material identificado con el cual se propone fabricar la pieza debe cumplir con las siguientes característi-

cas:

Material: Aleación base cobre ASTM B-584 aleación 836.

Dureza: 60 - 64 BHN

Tratamiento térmico: Sin T. Térmico

Proceso de manufactura: Fundición en molde seguido de un maquinado para adecuar dimensiones requeridas.

VII. - EVALUACION ECONOMICA

Para que la sustitución de Importaciones de una pieza ó refacción quede totalmente justificada, es necesario hacer una evaluación económica previa, consistente en un estudio comparativo de costos.

De las piezas analizadas se eligieron 2 de ellas, representativas con diferentes características, a fin de dar un enfoque real y poseer un criterio definitivo para sustituir su importación.

Como se ha mencionado anteriormente, (Capítulo 2) la consideración de costo unitario de la pieza importada y el costo de la misma al ser fabricada en el país, nos permite conocer, en principio la rentabilidad a corto ó largo plazo para dar una validez de tipo económico a la sustitución de importación de la pieza.

El procedimiento de evaluación económica de las piezas en estudio quedó dividido en 2 etapas básicas.

- 1). Costo de la pieza en el extranjero.
- 2). Costo de la pieza en el país.

El costo de la pieza en el extranjero fué proporcionada por el usuario en base a la última adquisición que se tuvo de ésta.

El costo de fabricación Nacional de la pieza fué solicitado a empresas interesadas en realizar su manufactura.

PRIMER CASO: PISTON

1). COSTO DE IMPORTACION.

Se recurrió a recabar la información sobre el costo de esta pieza y se detectó que esta fué adquirida a Detroit Diesel Co. de Estados Unidos en \$ 80.00 dólares incluyendo falda y corona (fecha de compra: 1 de agosto de 1987).

2). COSTO DE FABRICACION NACIONAL.

Se recurrió a solicitar el costo de esta pieza (falda y corona) en la empresa Fundición Pantitlán, S.A. y se informó que el costo unitario de la pieza, está en función a la demanda de la misma.

El costo unitario de la pieza a precios de septiembre de 1987 incluye lo siguiente:

1).	Desarrollo de Ingeniería por el I.M.P.	\$	1'208,295.00
2).	Modelos para fundición (en arena).	\$	1'190,000.00
3).	Procesos de Manufactura.	\$	94,000.00
	(fundición, t. térmicos, maquinados),		

En base a los datos proporcionados por la empresa y de acuerdo a la demanda que tenga la pieza se tiene el siguiente cuadro económico.

COSTO (PIEZA).

	1	5	10	50	100	250
DESARROLLO DE INGENIERIA	1'208,295.	241,659.	120,829.	24,165.	12,082.	4,833.
MODELOS DE FUNDICION	1'190,000.	238,000.	119,000.	23,800.	11,900.	4,760.
PROCESOS DE MANUFACTURA	94,000.	94,000.	94,000.	94,000.	94,000.	94,000.
COSTO TOTAL DE LA PIEZA	2'492,295.	573,659.	333,829.	141,965.	109,988.	103,593.

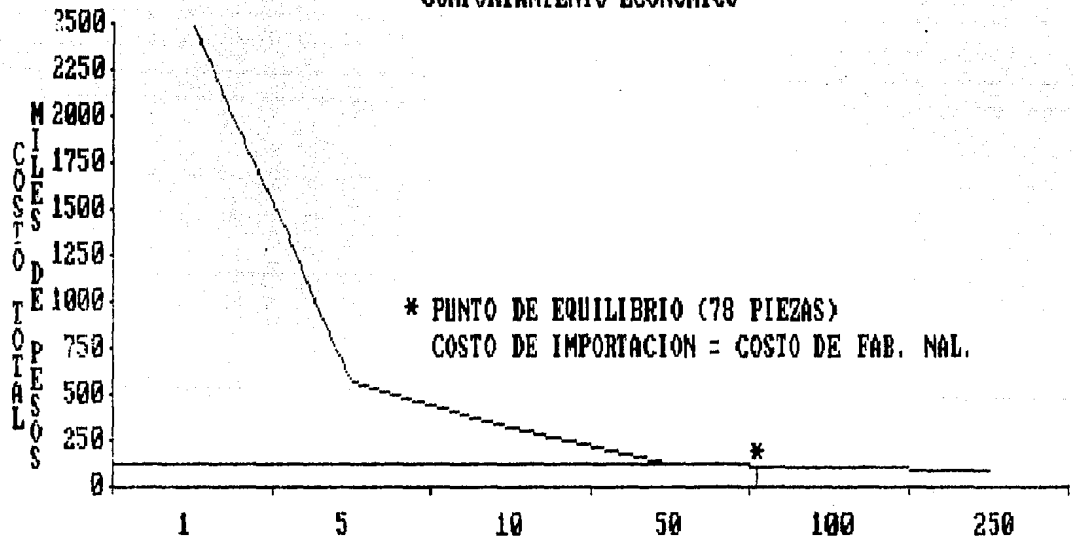
COMPORTAMIENTO GRAFICO

El comportamiento gráfico de la tabla anterior se presenta en la gráfica No.1

De acuerdo a la información recabada se aprecia que el comportamiento económico de la pieza se ve favorecido al incrementar la demanda de la misma; y los conceptos de desarrollo de Ingeniería y modelos para fundición minimizan su participación en el costo total.

Con base en el cuadro económico se concluye que el costo de la pieza fabricada nacionalmente se ve afectado inicialmente por el costo del desarrollo de ingeniería y los modelos de fundición; por consiguiente, no se justifica la sustitución de importaciones

COMPORTAMIENTO ECONOMICO



* PUNTO DE EQUILIBRIO (78 PIEZAS)
COSTO DE IMPORTACION = COSTO DE FAB. NAL.

NUMERO DE PIEZAS
GRAFICA 2

para una sola pieza, en el rango de 5 a 75 se puede justificar la fabricación nacional en detrimento de precio a fin de favorecer la empresa nacional; y en volúmenes mayores a 75 se justifica totalmente la sustitución de la pieza.

SEGUNDO CASO: DEFLECTOR PARA BOMBA.

1). COSTO DE IMPORTACION.

Se recurrió a recabar la información sobre el costo de esta pieza y se detectó que ésta fue adquirida a United Pumps Co, de los Estados Unidos en \$ 18.00 dls. (fecha de compra: 22 de junio de 1987).

2). COSTO DE FABRICACION NACIONAL.

Se recurrió a solicitar el costo de esta pieza en la empresa Bronces y Aleaciones Monterrey, S.A. la cual informó que el costo unitario de la misma está en función al proceso de manufactura. Para lo cual se nos proporcionó las siguientes alternativas:

Alternativa I: Desarrollo de Ingeniería Fundición Maquinado.

Alternativa II: Desarrollo de Ingeniería Maquinado de Barra.

El costo unitario de la pieza a precios de septiembre de 1987 tomando en cuenta las alternativas propuestas es la siguiente:

Alternativa I:	1).	Desarrollo de Ingeniería por el I.M.P.	\$ 176,298.00
	2).	Modelos de fundición.	\$ 60,000.00
	3).	Fundición y Maquinado.	\$ 6,500.00
Alternativa II:	1).	Desarrollo de Ingeniería por el I.M.P.	\$ 176,298.00
	2).	Material y Maquinado.	\$ 11,000.00

Con base en los datos proporcionados por la empresa y de acuerdo a la demanda que tenga la pieza se tiene el siguiente cuadro económico:

Alternativa I:

	COSTO POR PIEZA					
	1	5	10	50	100	250
DESARROLLO DE INGENIERIA.	176,298.	35,259.	17,629.	3,526.	1,763.	705.
MODELO DE FUNDICION	60,000.	12,000.	6,000.	1,200.	600.	240.
FUNDICION MAQUINADO	6,500.	6,500.	6,500.	6,500.	6,500.	6,500.
COSTO TOTAL DE LA PIEZA	242,798.	53,759.	30,129.	11,226.	8,863.	7,445.

Alternativa II:

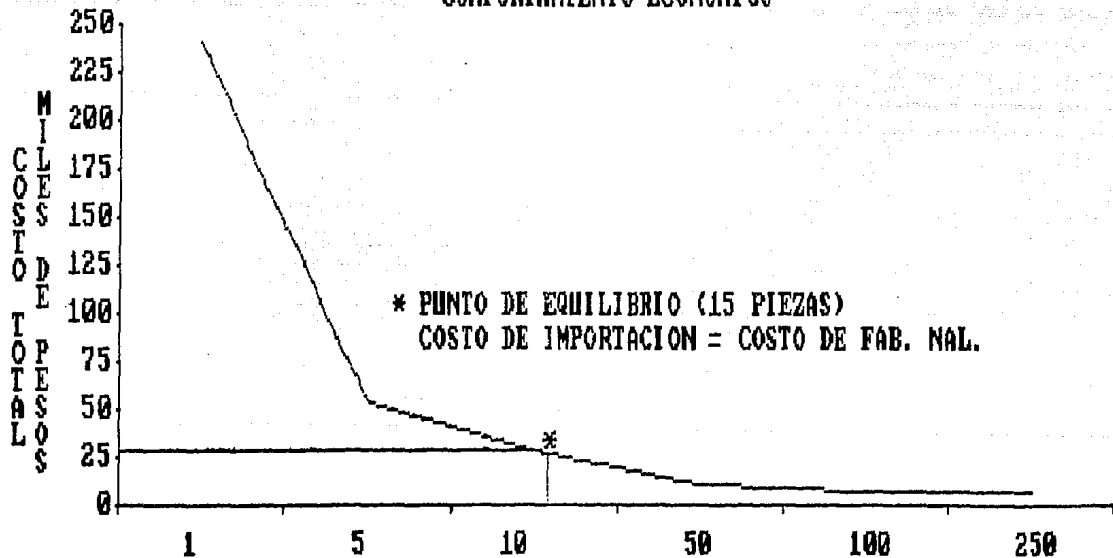
DESARROLLO DE INGENIERIA.	176,298.	35,259.	17,629.	3,526.	1,763.	705.
MATERIAL MAQUINADO	11,000.	11,000.	11,000.	11,000.	11,000.	11,000.
COSTO TOTAL DE LA PIEZA	187,298.	46,259.	28,629.	14,526.	12,763.	11,705.

COMPORTAMIENTO GRAFICO

El comportamiento gráfico de las alternativas I y II se presentan en las gráficas Nos. 2 y 3 respectivamente.

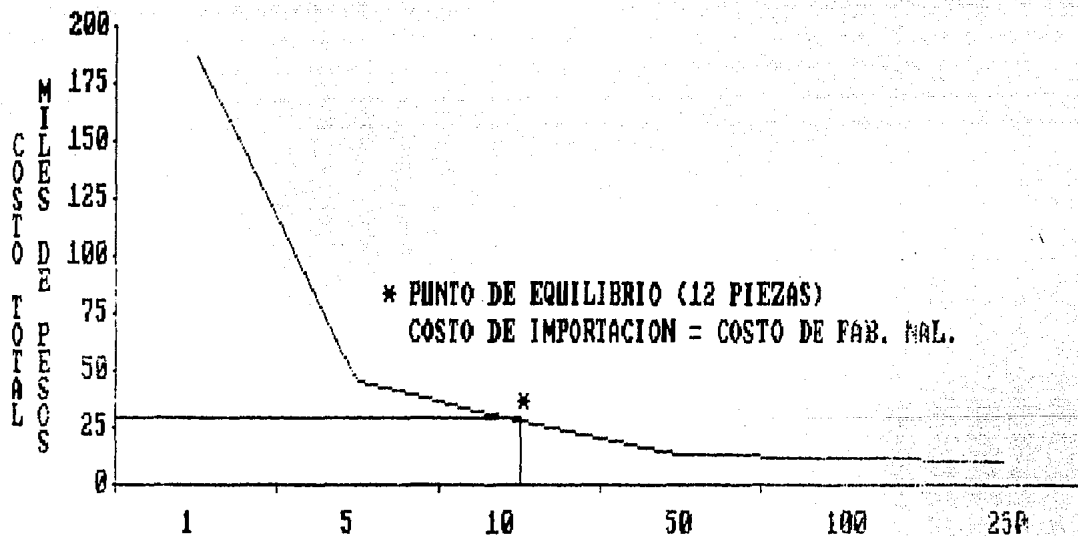
Con fundamento en el cuadro económico correspondiente se concluye que el costo de la pieza fabricada nacionalmente está afectado inmediatamente por el desarrollo de Ingeniería en ambas alternativas y por el del modelo de fundición (alternativa I), por consiguiente no se justifica la sustitución de importaciones para una sola pieza; sin embargo para una demanda mayor de 14 piezas (alternativa I) y de 10 piezas (alternativa II) la sustitución queda totalmente justificada.

COMPORTAMIENTO ECONOMICO



NUMERO DE PIEZAS
GRAFICA 3

COMPORTAMIENTO ECONOMICO



* PUNTO DE EQUILIBRIO (12 PIEZAS)
COSTO DE IMPORTACION = COSTO DE FAB. MAL.

NUMERO DE PIEZAS
GRAFICA 4

VIII. - CONCLUSIONES

El presente trabajo tuvo como objetivo mostrar de manera detallada las técnicas de evaluación metalúrgica que se emplean para llegar a la caracterización de un material en piezas metálicas de importación, y en forma general un panorama de la metodología que se sigue para lograr la sustitución de importaciones de piezas y refacciones mecánicas.

Como se pudo apreciar las técnicas de evaluación descritas están encaminadas a realizar ensayos metalúrgicos destructivos o no destructivos en piezas previamente seleccionadas, a fin de determinar sus propiedades (físicas y químicas) y de esta manera identificar el material y las características que lo conforman.

La identificación, así realizada, no representa en sí la sustitución de importación del material y consecuentemente de la pieza, sino que es necesario hacer un estudio más profundo sobre las propiedades del material encontrado, el servicio de la pieza mecánica y el conocimiento del mercado nacional de materiales y sus presentaciones; todo ello tendiente a realizar un dictamen preciso con alternativas y soluciones confiables que garanticen la sustitución del material.

Con respecto a las técnicas metalúrgicas empleadas se observó que en los ensayos destructivos se obtiene una información mucho más basta y confiable que en los ensayos no

destructivos, sin embargo, ello puede significar en un momento dado, que el costo de un estudio de caracterización pueda llegar a ser elevado si no se tiene disposición de piezas usadas.

Ahora bien, dentro del marco de la sustitución de importaciones, el presente trabajo dió la oportunidad de conocer la metodología que se realiza actualmente en las empresas públicas y privadas dentro del proceso de sustitución de importaciones de piezas, refacciones y equipo mecánico. Se puede asegurar que para justificar una sustitución de importaciones se deben de considerar 3 aspectos importantes:

- 1). Una demanda económicamente atractiva para los fabricantes nacionales.
- 2). Materiales propuestos afines al mercado nacional.
- 3). Procesos de manufactura acordes al potencial tecnológico del país.

Concluyendo, el programa de sustitución de importaciones representa un reto nacional al cual se le debe dar impulso y continuidad, ya que es plenamente justificable por los beneficios que representa: ahorro de divisas, independencia tecnológica y económica, además del fomento a proveedores pequeños y medianos de la industria nacional.

IX. BIBLIOGRAFIA.

INTRODUCCION A LA METALURGIA FISICA
AVNER
Mc GRAW HILL

MANUAL DEL INGENIERO MECANICO
MARKS
Mc GRAW HILL

MATERIALES DE INGENIERIA Y SUS APLICACIONES
RICHARD A. FLINN, PAUL K. TROJAN
Mc GRAW HILL

DISEÑO EN INGENIERIA MECANICA
SHIGLEY
Mc GRAW HILL

FUNDICIONES
JOSE APRAIZ
DOSSAT

ANUAL BOOK OF ASTM STANDARS
(1986)

METALS HAND BOOK
VOL. 7
A.S.T.M.

ACEROS ESPECIALES
JOSE APRAIZ
DOSSAT

A.S.M.E. HANDBOOK
VOL. I, II.

DATA SHEETS HIGH ALLOY
ALLOY CASTING INSTITUTE
1973.

METAL PROGRESS DATA BOOK
AMERICAN SOCIETY FOR METALS
1982.

CICLO DE CONFERENCIA SOBRE TECNOLOGIA DE MATERIALES.
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
1976.

PROMOCION INDUSTRIAL
VOL. I, NUM. 6
1984.

NOSOTROS LOS PETROLEROS
NUM. 73
MAYO 1986.