

ENSAYO DE FATIGA

Resumen: *En esta guía de laboratorio se encuentra el proceso para realizar el ensayo de fatiga generando una gráfica de esfuerzo contra ciclos de trabajo.*

1. INTRODUCCIÓN

En ingeniería y, en especial, en ciencia de materiales, la fatiga de materiales se refiere a un fenómeno por el cual la rotura de los materiales bajo cargas dinámicas cíclicas (fuerzas repetidas aplicadas sobre el material) se produce ante cargas inferiores a las cargas estáticas que producirían la rotura. Un ejemplo de ello se tiene en un alambre: flexionándolo repetidamente se rompe con facilidad, pero la fuerza que hay que hacer para romperlo en una sola flexión es muy grande. La fatiga es una forma de rotura que ocurre en estructuras sometidas a tensiones dinámicas y fluctuantes (puentes, automóviles, aviones, etc.). Su principal peligro es que puede ocurrir a una tensión menor que la resistencia a tracción o el límite elástico para una carga estática, y aparecer sin previo aviso, causando roturas catastróficas. Es un fenómeno muy importante, ya que es la primera causa de rotura de los materiales metálicos (aproximadamente el 90%), aunque también está presente en polímeros (plásticos, composites,...), y en cerámicas.

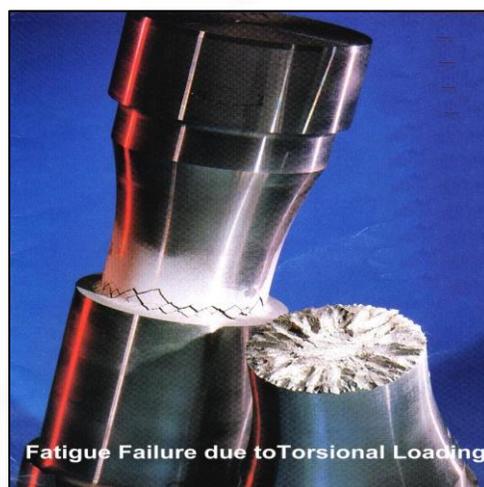


Ilustración 1 Fractura de la probeta por fatiga

En el estudio de los materiales en servicio, como componentes de órganos de máquinas o estructuras, debe tenerse en cuenta que las sollicitaciones predominantes a que generalmente están sometidos no resultan estáticas ni cuasi estáticas, muy por lo contrario en la mayoría de los casos se encuentran afectados a cambios de tensiones, ya sean de tracción, compresión, flexión o torsión, que se repiten sistemáticamente y que producen la rotura del material para valores de la misma considerablemente menores que las calculadas en ensayos estáticos. Este tipo de rotura que necesariamente se produce en el tiempo, se denomina de fatiga, aunque es común identificarla como roturas por tensiones repetidas, tensiones que pueden actuar individualmente o combinadas.

Una carga dada puede ser de naturaleza estática o repetirse muchas veces (carga dinámica) siempre que los esfuerzos permanezcan en el rango elástico, tal conclusión es correcta para ciclos que se repitan unas pocas docenas o aun centenares de veces. Sin embargo, no es cierto cuando los ciclos se repiten miles o millones de veces. En tales casos, la ruptura ocurrirá a esfuerzos mucho más bajos que la resistencia estática de ruptura. Este fenómeno se conoce como fatiga. Una falla por fatiga es de naturaleza frágil aun para materiales normalmente dúctiles. La fatiga se puede definir como el deterioro de un material bajo ciclos repetidos de esfuerzo y deformación, que conducen a un agrietamiento progresivo que acaba por producir la fractura. Se debe considerar la fatiga en el diseño de todos los componentes estructurales y de máquinas que están sometidas a cargas repetidas o fluctuantes. El número de ciclos de carga que puede esperarse durante la vida útil de una componente puede variar mucho, según la utilización del material. Para poder realizar una aproximación a la realidad de cómo se comporta el material, se realizan ensayos de fatiga por máquinas que someten a los materiales a una serie de esfuerzos de tracción y compresión (pueden ser miles de ciclos), hasta que se debilitan y se produce la rotura en el material.

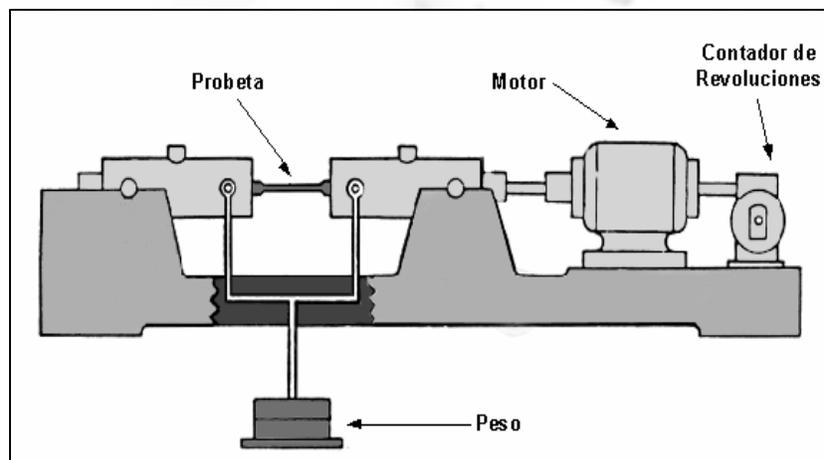


Ilustración 2 Máquina de viga giratoria de alta velocidad de R.R Moore



Los resultados de los estudios estructurales (estáticos y dinámicos, lineales y no lineales) se usan como los datos básicos de partida para definir el estudio de fatiga. El nº de ciclos requeridos para que el fallo por fatiga ocurra en un punto depende del material y de la fluctuación de las tensiones. Esta información, para ciertos tipos de materiales férricos. El método fundamental para presentar los datos de fatiga es la curva de Wohler, también llamada simplemente curva de fatiga o curva S-N (Stress-Number of cycles). Representa la duración de la probeta, expresada en número de ciclos hasta la rotura, N , para la máxima tensión invertida aplicada, un punto con una flecha horizontal indica una probeta que no ha roto. La mayor parte de las investigaciones sobre la fatiga se han realizado empleando las máquinas de flexión rotativa, en las que la tensión media es nula.

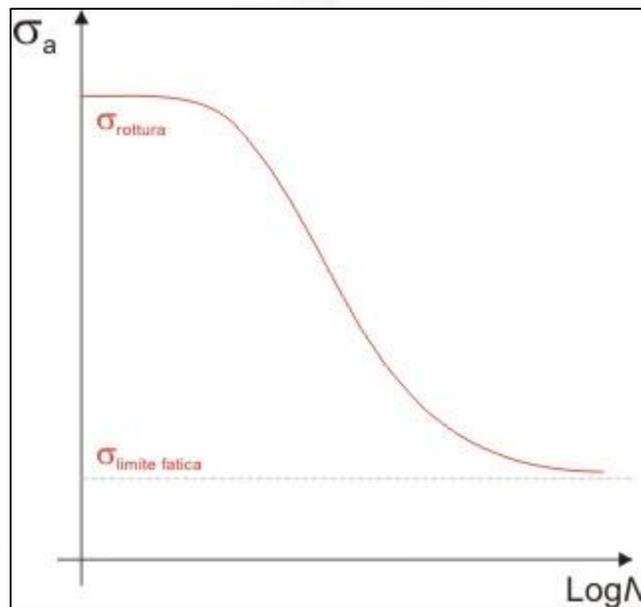


Ilustración 3 Grafica S-N

Definiciones de la duración al esfuerzo.

Para determinar la resistencia de materiales bajo la acción de cargas de fatiga, las probetas se someten a fuerzas repetidas o variables de magnitudes especificadas y, así, se cuentan los ciclos o alternaciones de esfuerzos que soporta el material hasta la falla o ruptura. El dispositivo para ensayos de fatiga más empleado es la máquina de viga rotatoria de alta velocidad de R. R. Moore. Ésta somete a la probeta a flexión pura (no a cortante transversal) por medio de pesas. La probeta se labra a máquina y se pule cuidadosamente, recibiendo un pulimento final en la dirección axial para evitar ralladuras circunferenciales. Otras máquinas para ensayos de fatiga permiten aplicar a las probetas esfuerzos axiales, torsionales o combinados, de tipo fluctuante o alternante (invertido alternativamente).

Calle 68D Bis A Sur # 49F-70 Bloque 4 Piso 1

PBX 57 (1) 3239300 Ext. 5020 – Bogotá D.C., Colombia

Acreditación Institucional de Alta Calidad. Resolución No. 23096 del 15 de diciembre de 2016

labresistenciaud@gmail.com



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Facultad Tecnológica
Laboratorios y Talleres de Mecánica



Ilustración 4 Máquina de viga giratoria de alta velocidad de R.R Moore

Para determinar la resistencia a la fatiga de un material es necesario un gran número de pruebas debido a la naturaleza estadística de la fatiga. En el caso del ensayo con la viga rotatoria se aplica una carga constante de flexión y se registra el número de revoluciones (o alternaciones, o inversiones sucesivas de esfuerzo) de la viga que se requieren para la falla. La primera prueba se realiza con un esfuerzo algo menor que la resistencia última del material, y la segunda Probeta para la máquina de ensayos de viga rotatoria de R. R Moore. El momento flexionante es uniforme en la porción curva, de manera que la fractura en dos mitades iguales indica falla en la porción más esforzada, lo cual es un ensayo válido del material; mientras que una fractura en cualquier otra parte (no en el nivel más esforzado) constituye la base para sospechar que el material tiene un defecto.

Las grietas por Fatiga se inician en la superficie del material. Por ello debe evitarse en lo posible ralladuras y arañazos en las superficies de buen acabado (por ejemplo, grabar el nombre comercial en la pieza), sobre todo en zonas con elevado nivel de tensión. Cualquier tratamiento superficial (térmico o mecánico) que produzcan un estado de tensiones residuales de compresión en la superficie de las piezas aumentando la dureza de la superficie (por ejemplo, el temple, granallado o laminado superficial) incrementará la vida a fatiga de la pieza. El análisis de fatiga se basa en la regla de Miner de daño acumulado para estimar la vida a fatiga a partir de una historia de tensiones o deformaciones. La estimación se realiza reduciendo los datos de carga a una secuencia de picos y valles, contando los ciclos y calculando la vida a fatiga. Para realizar un análisis a Fatiga o de durabilidad, se debe proporcionar información específica para el análisis de fatiga.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Facultad Tecnológica
Laboratorios y Talleres de Mecánica

GL-RE01



Ilustración 5 Fractura por fatiga de una probeta

Fases de un ensayo por fatiga.

Fase 1 (Iniciación): Una o más grietas se desarrollan en el material. Las grietas pueden aparecer en cualquier punto del material, pero en general ocurren alrededor de alguna fuente de concentración de tensión y en la superficie exterior donde las fluctuaciones de tensión son más elevadas. Las grietas pueden aparecer por muchas razones: imperfecciones en la estructura microscópica del material, ralladuras, arañazos, muescas y entallas causados por las herramientas de fabricación o medios de manipulación. En materiales frágiles el inicio de grieta puede producirse por defectos del material (poros e inclusiones) y discontinuidades geométricas.

Fase 2 (Propagación): Alguna o todas las grietas crecen por efecto de las cargas. Además, las grietas generalmente son finas y de difícil detección, aun cuando se encuentren próximas a producir la rotura de la pieza.

Fase 3 (Rotura): La pieza continúa deteriorándose por el crecimiento de la grieta quedando tan reducida la sección neta de la pieza que es incapaz de resistir la carga desde un punto de vista estático produciéndose la rotura por fatiga.

Cálculo de la carga para generar la deflexión.

EL conocimiento de las propiedades de los materiales utilizados en Ingeniería es un aspecto fundamental para el diseñador en su propósito de desarrollar las mejores soluciones a las diversas situaciones que se presentan en su cotidiano quehacer. La realización correcta de ensayos en los materiales, nos permite conocer su comportamiento ante diferentes circunstancias, al igual que la determinación de sus propiedades fundamentales.

Calle 68D Bis A Sur # 49F-70 Bloque 4 Piso 1

PBX 57 (1) 3239300 Ext. 5020 – Bogotá D.C., Colombia

Acreditación Institucional de Alta Calidad. Resolución No. 23096 del 15 de diciembre de 2016

labresistenciaud@gmail.com

Antes de comenzar a realizar el ensayo es importante que calcule el peso W , es necesario que conozca el esfuerzo último a la tensión del material a ensayar.

- 1.1. La siguiente figura le muestra un diagrama de fuerzas de acuerdo a la máquina de ensayos de fatiga por flexión rotativa. La distancia entre rodamientos es de 0.2 m. y W es el peso a calcular.

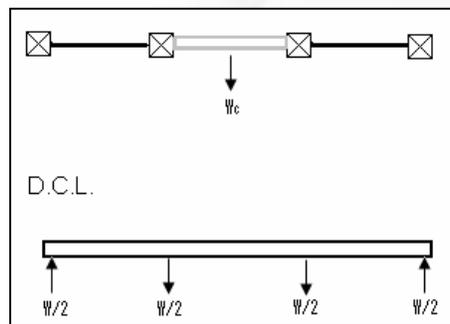


Ilustración 6 Diagrama de cuerpo libre de la probeta

- 1.2. Es necesario que se comprenda el diagrama de fuerza cortante y momento flexionante.
- 1.3. La máxima fuerza cortante es $W/2$, además no hay fuerzas cortantes en la sección más delgada de la probeta.

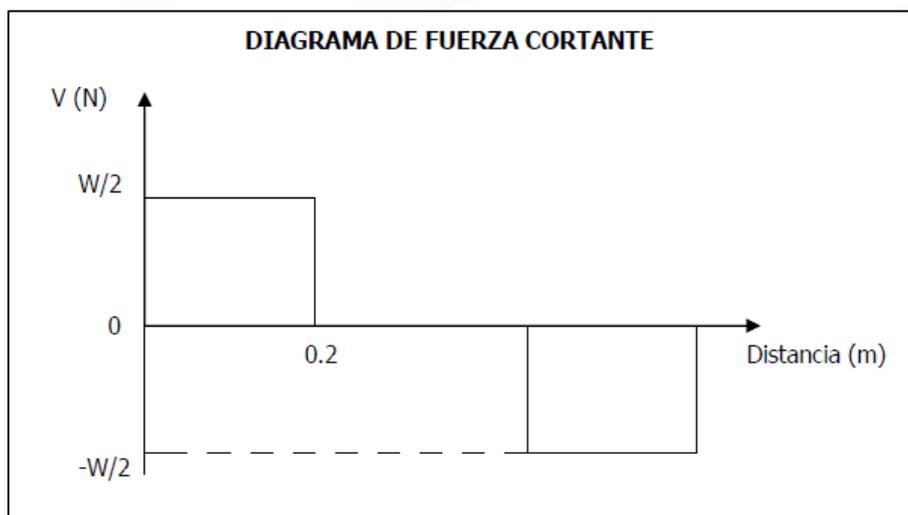


Ilustración 7 Diagrama de fuerza cortante

- 1.4. El momento máximo es constante en la sección reducida de la probeta y es $M_{max}=W/2*0.2$ o $M_{max}=0.1W$.

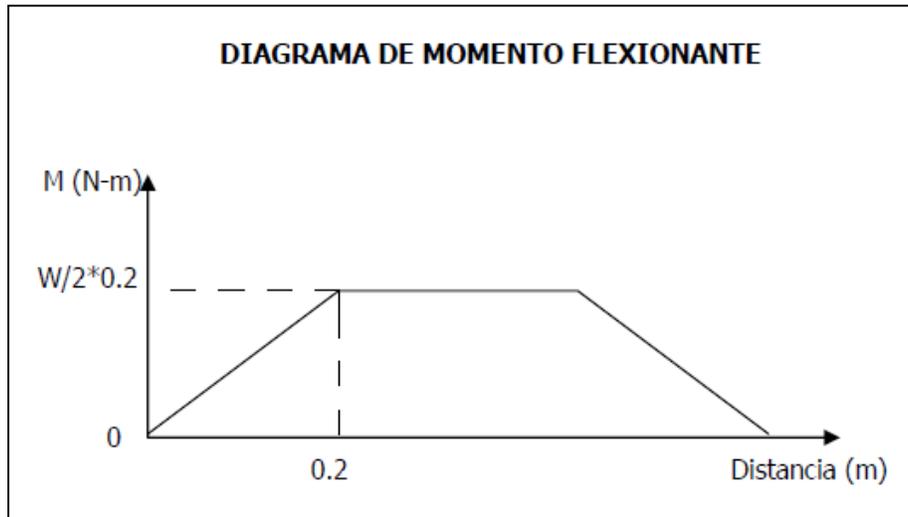


Ilustración 8 Diagrama de momento flexionante

- 1.5. Recuerde que en el ensayo medio ciclo es tensión donde la fisura crece y el otro medio ciclo es compresión (no crece, pero tampoco hay compresión en la grieta). Por lo tanto, al haber flexión partimos de la ecuación general.

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} \text{ Ecuación 1}$$

Donde M es el momento, c es la distancia del eje neutro a la periferia de la sección transversal (radio) e I es el momento de Inercia. Al reemplazar $M=M_{max}$ tenemos.

$$\sigma = \frac{0.1W \cdot r}{\frac{\pi \cdot r^4}{4}} = \frac{0.4 \cdot W}{\pi \cdot r^3} \text{ Ecuación 2}$$

Ecuación 1

El esfuerzo se determina a partir del diagrama S-N (Ver Figura 2 marco teórico). Es un valor relacionado con el esfuerzo último a la tensión (S_{ut}), debe encontrarse en la vida finita pues de esta manera garantizaremos el encontrar un número de ciclos. Los materiales no ferrosos no tienen vida infinita, siempre se prolongan hasta 10^8 ciclos (aluminio, bronce, latones); mientras que los materiales ferrosos si presentan vida infinita.

Tomemos $\sigma = \% \times S_{ut}$

$$\%S_{UT} = \frac{0.4 \cdot W}{\pi \cdot r^3} \text{Ecuación 3}$$

Por lo tanto, W es:

$$W = \frac{\%S_{UT} \cdot \pi \cdot r^3}{0.4} \text{Ecuación 4}$$

2. MATERIALES REQUERIDOS

- 2.1. Probeta (ver anexo).
- 2.2. Calibrador Pie de Rey.

3. OBJETIVOS

- 3.1. Analizar el comportamiento de los materiales metálicos al ser sometidos a un esfuerzo de fatiga flexionante.
- 3.2. Reconocer y determinar de manera práctica las distintas propiedades mecánicas de los materiales sometidos a esfuerzos de fatiga.
- 3.3. Construir e interpretar la gráfica Esfuerzo S-N (esfuerzo - ciclos) correspondiente al material que se le realiza la prueba.
- 3.4. Determinar la carga necesaria para poder identificar una falla por fatiga en el material.

4. PROCEDIMIENTO

- 4.1. Medición de la probeta:

Antes de comenzar a realizar los ensayos de fatiga se deben tomar las respectivas medidas dimensionales de las probetas. Este procedimiento de medición es efectuado con un gran cuidado y debe implementarse la correcta utilización del Calibrador "pie de rey", y la regla un instrumento de medición de vital importancia para tomar el valor de nuestros datos.

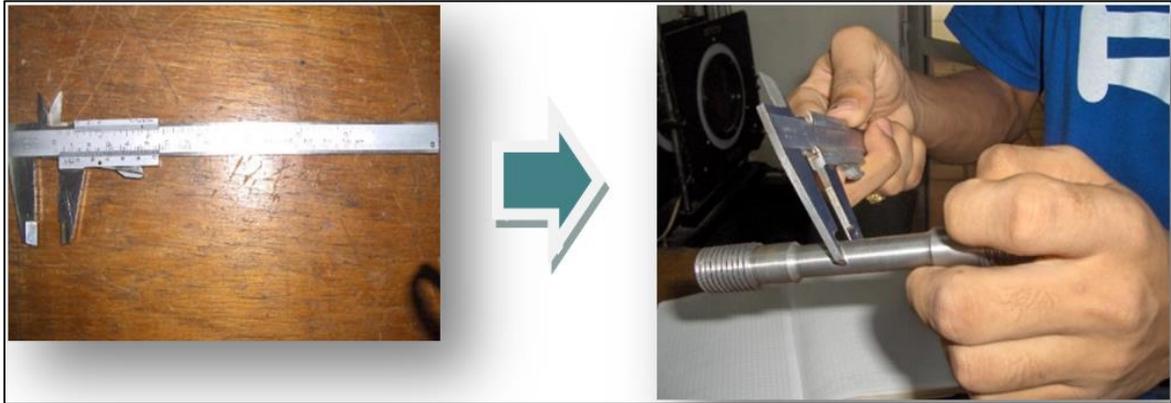


Ilustración 9 Medición de la probeta

- 4.2. Para tomar las medidas de nuestras probetas utilizaremos las unidades del sistema métrico internacional (SI) expresando dichas medidas en milímetros (mm). Es muy importante ser bastante cuidadosos en la toma de estas medidas ya que después de someter las probetas a los respectivos ensayos, estas serán utilizadas para calcular algunas variables como lo son el peso W .

5. ACTIVIDAD E INFORME DE LABORATORIO

Determine:

- 5.1. Bajo qué tipo de normas se pueden realizar los ensayos de fatiga.
- 5.2. Los cálculos correspondientes con la carga real utilizada en cada ensayo de fatiga (peso W).
- 5.3. Determine los diagramas de fuerzas (F), Esfuerzos cortantes (V) y momentos flectores (M) para el respectivo ensayo de fatiga.
- 5.4. Describa el tipo de fractura presente en el material y concluya el tipo de fractura presente en el ensayo.
- 5.5. Elabore una ficha técnica con los resultados obtenidos en el ensayo resaltando las características y las propiedades del material que fue sometido al ensayo.

Gráficas:

- 5.6. Determine sobre la gráfica o diagrama S-N el punto o los puntos de falla por fatiga si realiza el ensayo con más de una probeta.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Facultad Tecnológica
Laboratorios y Talleres de Mecánica

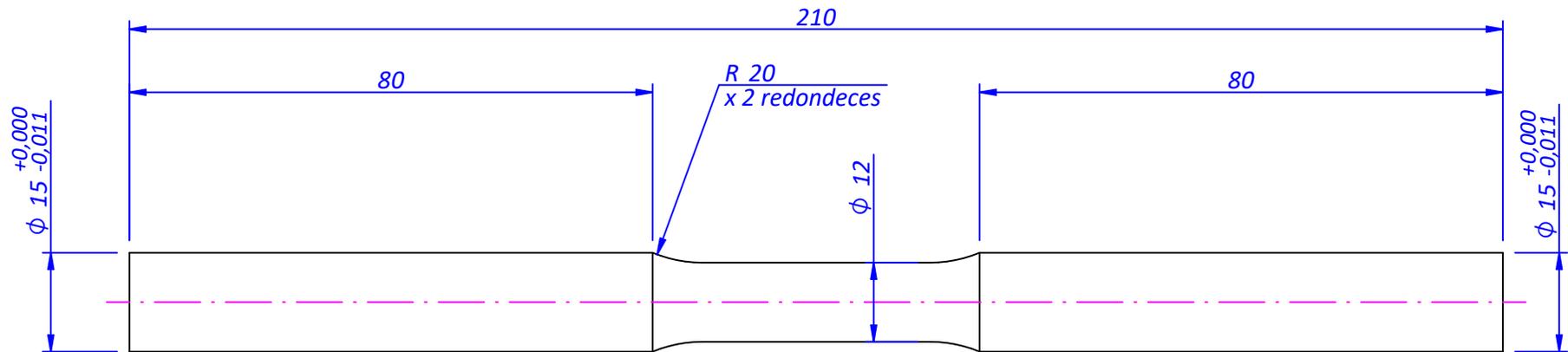
GL-RE01

6. BIBLIOGRAFÍA

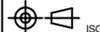
- Hibbeler R, Mecánica de Materiales. Tercera Edición. Prentice-Hall Hispanoamericana SA. México D.F., 856 páginas
- Riley W, Mecánica de Materiales. Primera Edición. Limusa Wiley. Mexico D. F. 708 paginas
- Mott R. Resistencia de Materiales Aplicada. Tercera Edición. Prectice-Hall Hispanoamericana SA. Mexico D.F., 640 páginas.
- Norton R, Diseño de Máquinas. Primera Edición. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A México D.F., 1048 páginas.

Proyectó	Nicolas Gabriel Muñoz Bello	Auxiliar laboratorista
Revisó	Luini Hurtado	Coordinador Laboratorios y Talleres de Mecánica
Aprobó	Luini Hurtado	Coordinador Laboratorios y Talleres de Mecánica
Fecha	21/02/2017	Versión 01

ANEXO



NOTA: SI LA DUREZA SUPERFICIAL ES SUPERIOR A 45 HRC, SE DEBEN HACER SUPLEMENTOS

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS FACULTAD TECNOLÓGICA LABORATORIOS Y TALLERES DE MECÁNICA LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES	DIMENSIONES EN MILIMETROS, COTAS ENTRE PARÉNTESIS EN PULGADA. ÁNGULOS EN GRADOS TOLERANCIAS GENERALES: LINEAL ± 0.1 Y 0.003 " / ANGULAR $\pm 1^\circ$ NO MEDIR SOBRE EL PLANO ELIMINAR CANTOS VIVOS Y REBABAS	DESCRIPCIÓN PROBETA PARA ENSAYO DE FATIGA		PROYECTÓ: NICOLÁS MUÑOZ REVISÓ: LUINI HURTADO APROBÓ: LUINI HURTADO	
		MATERIAL A CONVENIR CON EL DOCENTE		PLANO: PL-02 ESCALA 1:1 24/08/2017	
 HOJA: 1 DE 1 VERSIÓN V9					