

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DESTINADA AL
APRENDIZAJE SOBRE EL TEMA DE AJUSTES Y TOLERANCIAS PARA EL
LABORATORIO DE DISEÑO GRAFICO**

LUIS FERNANDO GONZÁLEZ PULIDO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2015

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DESTINADA AL
APRENDIZAJE SOBRE EL TEMA DE AJUSTES Y TOLERANCIAS PARA EL
LABORATORIO DE DISEÑO GRAFICO**

LUIS FERNANDO GONZÁLEZ PULIDO

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Director

RICARDO ALFONSO JAIMES ROLON

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2015

DEDICATORIA

A dios por sus bendiciones y por nunca desampararme.

A mis padres, hermanas y sobrinos por su amor y su paciencia,

Por estar en todo momento motivándome Y sacarle el lado bueno a todo.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por todo su esfuerzo y respaldo durante todos estos años.

A Mónica Collazos por su apoyo y cariño.

A el Ingeniero mecánico Ricardo Jaimes, director proyecto y gran amigo por su confianza y colaboración oportuna.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	18
1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	20
2. JUSTIFICACIÓN	22
3. OBJETIVOS	23
3.1 OBJETIVO GENERAL	23
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
4. MARCO TEÓRICO	26
4.1 LA GESTIÓN DEL DISEÑO MECÁNICO	26
4.1.1 El diseño mecánico.	26
4.1.2 Etapas del diseño mecánico	29
4.2 NORMALIZACIÓN E INTERCAMBIABILIDAD	38
4.2.1 Normalización.....	39
4.2.2 Intercambiabilidad	40
4.3 DIMENSIONAMIENTO	41
4.3.1 Dimensión.	41

4.3.2	Método de dimensionamiento.	42
4.3.3	Indicación de terminación y origen.	44
4.3.4	Valores dimensionales.	45
4.4	TOLERANCIAS Y AJUTES	48
4.4.1	Terminología y definiciones del sistema ISO de tolerancias	49
4.4.2	Clases de ajustes.	52
4.4.3	Representación de las tolerancias de un ajuste	54
4.4.4	Sistemas de tolerancias ISO.	57
4.4.5	Índice de calidad.	61
5.	METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS	66
5.1	CONSULTA DEL MANUAL DE LABORATORIO.....	67
5.2	DUDAS ACERCA DEL MANUAL Y LA PRÁCTICA.....	69
5.3	PRIMER CONTACTO DEL ESTUDIANTE CON LA PRÁCTICA.....	69
5.4	DESARME DE CONJUNTOS MECÁNICOS.	72
5.5	DESARROLLO DE LA PRÁCTICA Y TOMA DE DATOS.....	72
5.6	ENSAMBLE DE CONJUNTOS MECÁNICOS.	73
5.7	REALIZACIÓN DE PLANOS EN LAS SALA C.A.D.	74
6.	PRUEBA DE ENSAYO Y VERIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA IMPLEMENTADA EN LA PRÁCTICA	75
6.1	OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA	75
6.2	SELECCIÓN DE ESTUDIANTES.....	76

6.3	DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.....	76
6.4	REGISTRO FOTOGRAFICO DE PRACTICA PILOTO.....	78
6.5	TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA PRÁCTICA	85
6.6	QUIZ DE LA PRÁCTICA.....	86
5.	RECURSO DIGITAL	90
6.	CONCLUSIONES.....	92
7.	RECOMENDACIONES.....	93
	BIBLIOGRAFÍA	94
	ANEXOS.....	96

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tolerancias fundamentales en micras.....	63
Tabla 2. Índices de calidad para procesos de mecanizado	64
Tabla 3. Tiempos de ejecución de cada etapa de las prácticas.....	85
Tabla 4. Notas del quiz de ajustes y tolerancias.....	89

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Dimensiones y aspectos de la gestión del diseño mecánico	29
Figura 2. Partes de una cosechadora	33
Figura 3. Metodología de diseño de un proyecto mecánico.....	38
Figura 4. Encaje mecánico entre cigüeñal y rodamiento	40
Figura 5. Dimensiones funcionales, no funcionales y auxiliares	41
Figura 6. Método de Dimensionamiento	42
Figura 7. Línea de Proyección	43
Figura 8. Líneas de intersección y proyección	43
Figura 9. Evitar cruzar otras líneas	43
Figura 10. Líneas no quebradas	44
Figura 11. Cabezas de flechas	45
Figura 12. Método uno, valores dimensionales lineales	46
Figura 13. Método uno, valores dimensionales angulares.....	46
Figura 14. Método dos valores dimensionales lineales.....	47
Figura 15. Posición de valores.....	47
Figura 16. Indicaciones para dibujo técnico	48
Figura 17. Representación de un ajuste con juego.....	52
Figura 18. Representación de un ajuste fijo.....	53
Figura 19. Representación de un ajuste indeterminado.....	54
Figura 20. Tolerancia de un ajuste con juego	55
Figura 21. Tolerancia de un ajuste fijo o apretado	55
Figura 22. Tolerancia de un ajuste indeterminado	56
Figura 23. Posiciones de tolerancia de los agujeros ISO.....	57
Figura 24. Posición de tolerancias de los ejes del sistema ISO.....	58
Figura 25. Sistema de tolerancias ISO de agujero Normal	59
Figura 26. Sistema de tolerancias ISO de eje normal.....	60
Figura 27. Costo vs tolerancia	62

Figura 28. Resumen Procedimiento de ejecución de las prácticas.....	67
Figura 29. Banco de prácticas	70
Figura 30. Conjunto mecánico bomba de paletas.....	70
Figura 31. Conjunto mecánico motor de dos tiempos.....	71
Figura 32. Instrumentos de medición.....	71
Figura 33. Instrumentos de arme y desarme	72
Figura 34. Ejemplo de un plano acotado con tolerancias.	74
Figura 35. Desarrollo del procedimiento	77
Figura 36. Elementos que conforman el laboratorio de ajustes y tolerancias	78
Figura 37. Orientación sobre el uso de los instrumentos de medición.....	79
Figura 38. Solución de preguntas al inicio de la guía.....	79
Figura 39. Desarme de la bomba de paletas	80
Figura 40. Desarme y medición de piezas del motor de dos tiempos.....	80
Figura 41. Medición de las piezas que conforman la bomba de paletas.....	81
Figura 42. Tabulación y análisis de resultados	81
Figura 43. Bosquejo inicial de un ajuste	82
Figura 44. Representación final de un ajuste y sus tolerancias	82
Figura 45. Medidas del cigüeñal del motor para posterior representación grafica	83
Figura 46. Medidas y representación gráfica de la placa de presión de la bomba de paletas	83
Figura 47. Plano final del cigüeñal del motor de dos tiempos.....	84
Figura 48. Ensamble de bomba de paletas	84
Figura 49. Ensamble motor de dos tiempos	85

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A: Manuales de ajustes y tolerancias	97
ANEXO B. Manual de bomba de paletas	170
ANEXO C. Manual motor de dos tiempos.....	198
ANEXO D: Guías de laboratorio de ajustes y tolerancias	234
ANEXO E. Planos de piezas que componen el motor de dos tiempos	251
ANEXO F. Planos de piezas que componen la bomba de paletas	257

**[NOTA LOS ANEXOS A, B, C PUEDEN SER CONSULTADOS EN BIBLIOTECA
UIS - SALA BASE DE DATOS]**

GLOSARIO

DISEÑO GRAFICO: conjunto de expresiones escritas mediante bocetos, bosquejos o planos mediante las cuales un sujeto comunica y expresa unas ideas o necesidades de un producto.

TOLERANCIA: es la variación en torno a la medida nominal dentro de la cual ha de quedar en la práctica cualquier valor de una fabricación.

AJUSTE: es el acoplamiento dimensional de dos piezas, en el que para una de ellas los contactos son exteriores, mientras que para la otra son interiores.

CONJUNTO MECANICO: grupo de elementos mecánicos con cierto orden y disposición para cumplir una función específica.

EJE: elemento mecánico que sirve para transmitir potencia, velocidad, torque soportar cargas y que puede girar a determinadas revoluciones.

AGUJERO: Abertura más o menos redonda en un cuerpo.

MOTOR DE DOS TIEMPOS: es un motor de combustión interna que realiza las cuatro etapas del ciclo termodinámico (admisión, compresión, expansión y escape) en dos movimientos lineales del pistón.

Bomba de paletas: transformar la energía mecánica en energía hidráulica, impulsando fluido hidráulico en sistema.

Metrología: es la ciencia que estudia todo lo referente a la medida.

CAD: es una herramienta computacional que ayuda al diseño de elementos y conjuntos mecánicos. Estas siglas en ingles significan diseño asistido por computador.

RESUMEN

TITULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DESTINADA AL APRENDIZAJE SOBRE EL TEMA DE AJUSTES Y TOLERANCIAS PARA EL LABORATORIO DE DISEÑO GRAFICO*

AUTOR: Luis Fernando González Pulido**

PALABRA CLAVES:

Diseño gráfico, conjuntos mecánicos, ajustes, tolerancia y metrología.

DESCRIPCION:

Este proyecto hace parte de uno de los módulos que conformaran el laboratorio de diseño gráfico de la escuela de Ingeniería Mecánica de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, el cual como herramienta académica y pedagógica tiene como objetivo ayudar a complementar los conocimientos referentes a tolerancias en piezas mecánicas, ajustes en ensambles, representación gráfica de cotas con tolerancia dimensional y tolerado geométrico en dibujo industrial.

Este proyecto propone y muestra una herramienta de aprendizaje destinada a precisar, tratar y aclarar sobre los temas: Tolerancia, ajuste, metrología, y normas técnicas colombianas de dibujo técnico, todo esto referido a conceptos de ingeniería mecánica, para que por medio de ellas los estudiantes comprendan temas como, en el caso de tolerancias: representación y calidad en tolerancia dimensional, clases y anotación dentro de un dibujo técnico de tolerancia geométrica. En ajustes: sistema, clase, representación, calidad y aplicaciones. En metrología: conceptos básicos y también sobre los instrumentos de medida.

Los elementos que conforman la herramienta de aprendizaje están básicamente constituidos por: un manual de ajuste y tolerancias, dos conjuntos mecánicos con sus respectivos manuales, dos guías de laboratorio, un material audiovisual, y un banco de prácticas. Todo esto se hace con el objetivo de contribuir a la formación profesional de los estudiantes de ingeniería mecánica de la universidad industrial de Santander.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Ricardo Alfonso Jaimes Rolon

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND CONSTRUCTION OF A TOOL TO THE LEARNING ON THE SUBJECT OF ADJUSTMENTS AND TOLERANCES FOR THE GRAPHIC DESIGN LAB*

AUTHOR: Luis Fernando González Pulido**

KEY WORD:

Graphic design, mechanical assemblies, adjustments, tolerance and metrology.

DESCRIPTION:

This project is part of one of the modules that conform the graphic design lab from the School of Mechanical Engineering, at the INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER, which as academic and pedagogical tool aims to help to supplement the knowledge regarding tolerances on mechanical assemblies adjustments in parts, graphical representation of heights with dimensional tolerance geometric tolerance and in industrial design.

This project proposes and shows a learning tool designed to address, treat and clarify on the subjects: Tolerance, adjustment, metrology, and Colombian standards for technical drawing techniques, all based on concepts of mechanical engineering, so that through them the students understand topics such as, for tolerance: representation and quality in dimensional tolerance, classes and annotation within a geometric technical drawing. In adjustments: system, class, performance, quality and uses, in metrology: basic concepts and on measuring instruments.

The elements of the learning tool basically consist of: a manual adjustment and tolerances, two mechanical assemblies with manuals, two laboratory guides and audiovisual material, and bank practices. All this is done with the aim of contributing to the training of students in mechanical engineering from the Industrial University of Santander.

* Degree Draft

** Faculty of Physical Mechanical Engineering, School of Mechanical Engineering, Engineer Ricardo Alfonso Jaimes Rolon

INTRODUCCIÓN

El crecimiento masivo de la industria exige una excelente capacidad para la creación e innovación de máquinas y mecanismos que ponen en juego los conocimientos y la experiencia del diseñador, el cual, mediante una representación gráfica da inicio a un proceso de diseño que responde a una necesidad existente y que por tanto exige una solución eficaz. Es así, como surge la materia de diseño gráfico aplicada a experiencias de laboratorio, que permite adquirir criterios en la realización, manejo, análisis e interpretación grafica de piezas o conjuntos mecánicos, para que así, el estudiante pueda adquirir los conocimientos necesarios que le permitan como futuro profesional, contribuir de manera sostenible al desarrollo técnico y tecnológico de la sociedad.

El presente trabajo de grado se titula “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DESTINADA AL APRENDIZAJE SOBRE EL TEMA DE AJUSTES Y TOLERANCIAS PARA EL LABORATORIO DE DISEÑO GRAFICO”, El cual responde a la necesidad de un módulo que haga parte del laboratorio de diseño gráfico, en el que los estudiantes del ciclo de ciencias básicas de ingenierías puedan tener experiencias físicas, metodológicas y prácticas con elementos mecánicos que serán medidos y analizados para su posterior representación.

Capitulo primero. Contiene los aspectos generales que anteceden a este trabajo como: la identificación del problema, su justificación para la solución, los objetivos generales y objetivos específicos del proyecto de grado.

Capitulo Segundo. Está conformado por un marco conceptual el cual contiene: gestión del diseño mecánico, normalización e intercambiabilidad, dimensionamiento, tolerancias y ajustes.

Capítulo Tercero. Fija las siete etapas con las cuales se desarrolla la metodología propuesta para el laboratorio de diseño y los recursos físicos que la constituyen.

Capítulo Cuarto. Trata sobre el ensayo para comprobar la metodología propuesta, medir tiempos de desarrollo para cada una de las prácticas, así como las correcciones y conclusiones.

Capítulo Quinto. Habla sobre la herramienta digital que se utilizará como complemento a la práctica.

Anexos. Se incluye el material diseñado durante el desarrollo del presente proyecto el cual consta de: un manual de ajustes y tolerancias, dos manuales conceptuales de los conjuntos para el desarrollo de la práctica, dos guías de procedimiento para las prácticas de laboratorio y planos bajo normas utilizando acotación con tolerancias dimensional y tolerancia geométrica. Además tablas de tolerancia.

1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La Universidad Industrial de Santander y la escuela de ingeniería mecánica, tiene como fin la formación de personas de alta calidad, en distintos aspectos. Así como un buen desempeño en la solución de problemas, en sentidos tales como el práctico y económico, para que en el momento adecuado sean capaces de tomar decisiones concretas y acertadas, asumiendo también aptitudes de liderazgo, de gestión y dirección en el campo profesional, llámese empresa o servicio a la sociedad.

Todo ingeniero mecánico debe tener un amplio conocimiento, en elementos de máquinas el cual ha sido adquirido en sus años de estudio y en algunos casos en su práctica profesional, teniendo como base que los estudiantes que ingresan a la escuela de ingeniería mecánica vienen con conocimientos mínimos al respecto, surge la necesidad de crear un laboratorio para el área de diseño gráfico en el cual uno de los temas a trabajar será el de ajustes y tolerancias en elementos mecánicos, con el fin de facilitar el aprendizaje, aportándoles experiencias a los estudiantes con el contacto y manipulación de diferentes piezas utilizadas en sistemas mecánicos para conocer su tipo y calidad de ajuste, logrando de esta forma una eficaz medición a través de instrumentos adecuados, repercusión en el ensamble, así como un buen trazado y modelado mediante la herramienta Cad (SolidWorks).

Se atenderá a la necesidad de la falta de ciertos elementos de medición, utilizados en las grandes industrias y pequeños talleres de diseño mecánico. A través de las normas ICONTEC (Instituto Colombiano de normas técnicas) se darán las pautas exactas, que se deben tomar para una mayor eficacia en los planos de dibujo de piezas mecánicas, además normas internacionales como lo son ISO entre otras. Es por esto que surge la necesidad de diseñar y construir un objeto de aprendizaje el cual formara parte del laboratorio de diseño gráfico, se trata de un banco de

ajustes y tolerancias, para determinar la calidad de fabricación, medición, calibración y determinar la precisión de las piezas que constituyen una máquina; el cual estará constituido por material académico y físico sobre el tema de ajustes y tolerancias.

2. JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta la misión de la escuela de Ingeniería Mecánica, de formar profesionales con alta calidad técnica, el objetivo de éste proyecto es el de lograr una total comprensión de los elementos mecánicos así como su buen análisis, para poder efectuar una correcta aplicación de éstos en la industria, ya que el tema de ajustes y tolerancias se ha vuelto de suma importancia en el área de diseño de elementos mecánicos, del cual algunos diseñadores poseen poca información al respecto, como ya lo han manifestado. Para esto se pretende diseñar y construir un banco junto con un manual que tienen como función ayudar a entender los conceptos sobre el tema de ajustes y tolerancia tratados en la clase de diseño gráfico. Se ve la necesidad de la construcción de este laboratorio ya que la escuela no cuenta con este espacio.

A partir de este material se podrá comprender el concepto de calidad, el cual está relacionado de manera directa con el proceso de fabricación y determina la precisión del montaje.

Con la realización de este trabajo de grado se busca mejorar el proceso de aprendizaje implementado por la escuela de Ingeniería Mecánica, aportando a los estudiantes una mayor adquisición de conocimientos teóricos-prácticos generales y necesarios en el amplio campo del Diseño Mecánico.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir con la misión educativa de la escuela de ingeniería mecánica en la formación integral de profesionales con alta calidad técnica y científica, mediante el diseño y construcción de una herramienta de aprendizaje para entender y efectuar el tema de ajustes y tolerancias, que hará parte del laboratorio de diseño gráfico.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y construir un objeto de aprendizaje, el cual estará constituido por material académico y físico, mediante el cual los estudiantes, identifiquen y comprendan:
 - ✓ Qué es un ajuste y qué es una tolerancia.
 - ✓ Elección de ajustes.
 - ✓ Diferencia entre ajuste deslizante y ajuste forzado junto con sus aplicaciones dentro de la industria.
 - ✓ Cómo se realiza la selección de valores de tolerancias dependiendo la función que debe cumplir el elemento mecánico.
 - ✓ Normas colombianas para el manejo de las tolerancias dentro de los dibujos de detalle.
 - ✓ Cómo se representan las tolerancias en un dibujo de elementos mecánicos.
 - ✓ La Medición de diámetros internos y externos de distintos elementos mecánicos por medio de instrumentos de calibración.
- Desarrollar el material académico que sea necesario como guía y referencia de la práctica. Este constará de dos partes principales:

1. Sección de referencia conceptual: Aquí el estudiante encontrara el material bibliográfico y didáctico necesario para la comprensión de la experiencia. Este se encontrara conformado por:

- ✓ La documentación o información de apoyo previa a la experiencia, la cual orientará conceptualmente al estudiante para que éste pueda abordarla de manera eficaz.
- ✓ Elaboración de un video tutorial con la ayuda de SolidWorks donde enseñe al estudiante a aplicar la herramienta Cad, con el siguiente propósito:
 - Realizar representaciones tridimensionales de algunos elementos vistos en la práctica, teniendo en cuenta las normas de tolerancia.
 - Realizar planos bajo normas ISO de dibujos en detalle que faciliten la comunicación en el diseño mecánico.

2. Sección procedimental: Como su nombre lo indica, aquí el estudiante encontrará el procedimiento que deberá seguir para desarrollar correctamente la experiencia, éste contiene los siguientes ítems:

- ✓ Un manual de prácticas para la experiencia, el cual servirá de guía y complemento para el estudiante, durante el desarrollo de la práctica. En esta guía se podrá encontrar una plantilla académica con el debido procedimiento que se debe llevar a cabo durante el desarrollo de la misma. Cabe mencionar que ha sido diseñada bajo normas técnicas como: colombianas NTC, ISO técnicas de dibujo las cuales describen el correcto plasmado del tolerado dentro del dibujo de detalle.
- Adquirir los recursos físicos, necesarios para el desarrollo de la práctica, de los que harán parte los siguientes elementos:

- ✓ Panel donde se alojará y realizará la experiencia.
- ✓ Conjuntos mecánicos, ya utilizados en la industria o en automotores.
- ✓ Herramientas de montaje y desmontaje a igual que instrumentos de calibración.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 LA GESTIÓN DEL DISEÑO MECÁNICO

La teoría del diseño mecánico ha sido expuesta por varios autores, quienes coinciden en la importancia de implementar un procedimiento para la realización de cualquier proyecto técnico. El siguiente subcapítulo se basa en la teoría propuesta por el Autor José Esteban Fernández Rico, en su texto sobre Gestión del diseño mecánico¹, en el que se estiman los conceptos adecuados para lograr entender qué es el diseño mecánico y las etapas habituales del mismo.

4.1.1 El diseño mecánico. Gestión según la norma ISO 9001/2008 se define como “el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización”. Por diseño se entiende “la concepción original de un objeto u obra destinados a la producción en serie”. De esto surge, en un sentido amplio, el diseño industrial, mecánico, gráfico, de modas, etc.

Por tanto, podemos definir el diseño mecánico como “el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización referente al mismo”.

El diseño en toda su extensión comprende definir, planificar, prever, estructurar, organizar, proyectar y gestionar. Va asociado al desarrollo satisfactorio de una función. Cumplir satisfactoriamente significa que el uso se muestre útil, seguro, cómodo, atractivo, manejable, fiable, de fácil mantenimiento, competitivo, con adecuada relación calidad-precio, etc.

¹ Fernández, José. Gestión del diseño mecánico. Oviedo.: Universidad de Oviedo, 2013. 73 p.

La gestión del diseño mecánico es dinámica porque los nuevos productos exigen una rápida adaptación a los requisitos cambiantes del mercado, de forma que el denominado “time to market” condiciona la estrategia empresarial. A ello se suma el progresivo incremento de la fiabilidad (disminución de averías durante vida útil, es decir mayor disponibilidad), la modularidad y accesibilidad integradas en la fase de diseño para facilitar la mantenibilidad, la exigencia de tiempos de mantenimiento correctivo cada vez más cortos, etc.

El diseño industrial es el conjunto de actividades para la creación de productos adecuados fabricados en un número reducido de unidades o en serie.

El proceso de diseño consta habitualmente de varias fases que pasan en general por la definición de los requisitos del producto (según las necesidades del cliente o del mercado), la generación de soluciones y alternativas que satisfagan el pedido, el desarrollo de la propuesta o alternativa seleccionada, la construcción o industrialización y la definición del soporte publicitario, como marca, catálogo de características, etc.

Es necesario destacar que una fase clave de este proceso es el estudio de viabilidad, en el que se consideran el conjunto de factores que influyen en el diseño, como el presupuesto requerido, los plazos, calidades, requisitos de fabricación, número de unidades, etc.

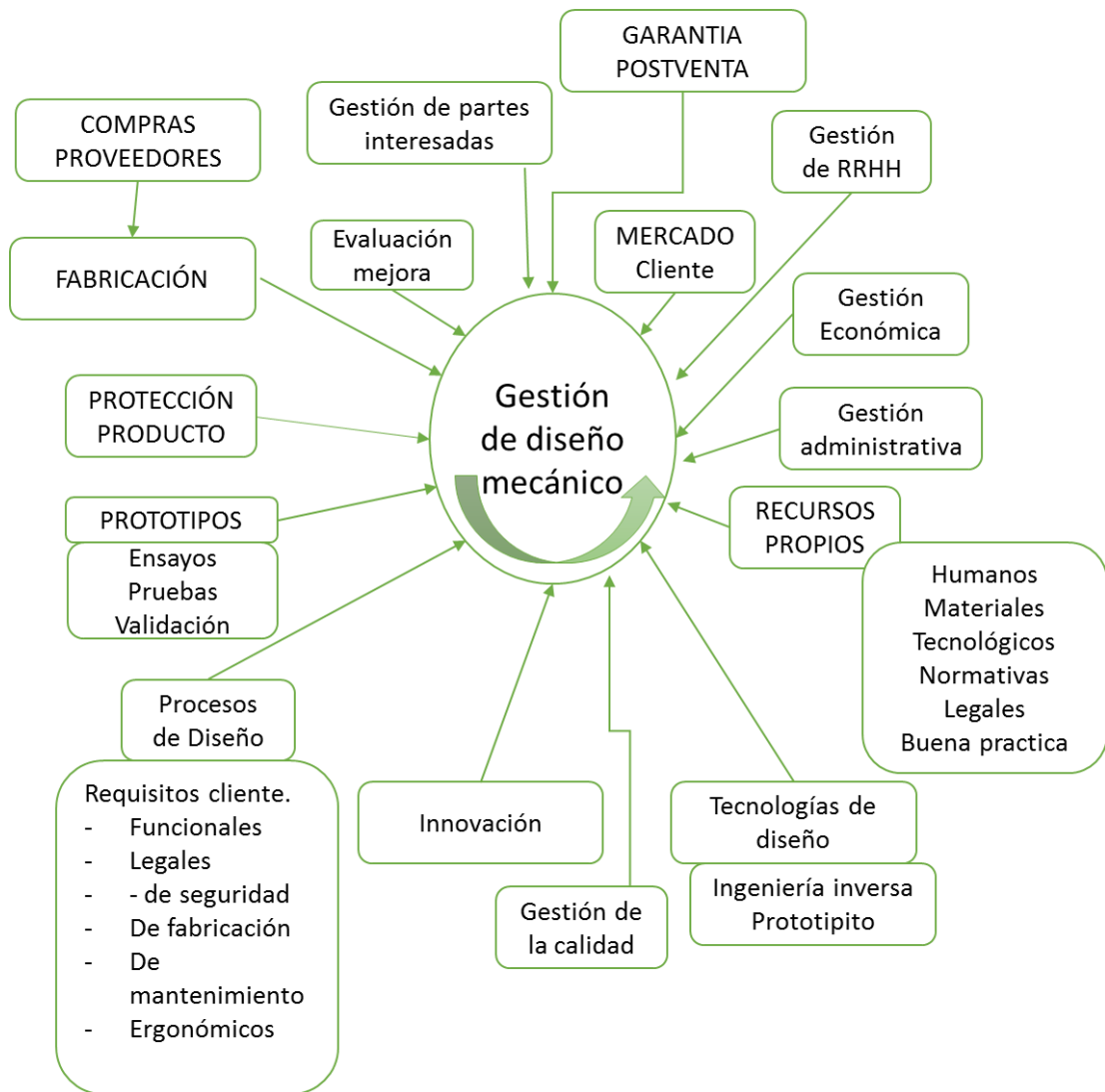
Todo proyecto de diseño mecánico comienza con las siguientes preguntas: ¿Qué queremos?, ¿Qué es lo verdaderamente importante?, ¿Qué plazo?, ¿Cómo enfocar el desarrollo? Y por supuesto, otras adicionales que perfilan el enfoque inicial de la tarea a abordar.

En un grado mayor de detalle, aparecen las especificaciones relativas a la potencia, consumo, seguridad, manejo, ruido/vibraciones, costos de adquisición

consumo y mantenimiento así como las características de funcionamiento (intermitente o continuo).

A partir de las decisiones sobre los factores anteriores y otros que se consideren, pueden establecerse los rangos de potencia necesaria, velocidades de rotación y lineales, solicitudes, estándares de calidad, materiales a emplear, proveedores, proceso de fabricación, precio, fabricación individual, pequeña serie, serie, (hay que tener en cuenta que el número de piezas determina el sistema de fabricación, y éste la forma constructiva), elementos comerciales, la gestión de interfaces, los grupos de trabajo, los plazos, el presupuesto, etc. La gestión del diseño necesita contemplar todos estos aspectos, e incluso otros, según se expresa en la figura 1.

Figura 1. Dimensiones y aspectos de la gestión del diseño mecánico



Autor: FERNÁNDEZ, José. Gestión del diseño mecánico

4.1.2 Etapas del diseño mecánico

- **Identificación de las necesidades.** Generalmente la demanda se produce en base a un análisis de mercado (por ejemplo utilizando la técnica de “la voz del cliente” para definir las características del producto o servicio a desarrollar), o bien

de forma directa de acuerdo al pedido concreto de una empresa o cliente particular.

En la respuesta al pedido de un cliente resulta fundamental captar las necesidades y requisitos del cliente. La apreciación falsa de la demanda suele ser la causa más frecuente del fracaso económico de un nuevo producto. Por ello adquieren una gran importancia las reuniones para definir las características del producto, los plazos de entrega, las directrices del presupuesto, la normativa de aplicación, las calidades exigidas, etc.

- **Especificaciones.** Las especificaciones están relacionadas con las necesidades y requisitos que se establecen por parte del cliente, y también por la legislación, o reglamentación que aplique al caso. Una especificación puede estar relacionada con: actividades (procedimiento documentado, una especificación de proceso, una especificación de ensayo/prueba), o productos (especificación de producto, una especificación de desempeño, un plano).

Se pueden considerar especificaciones de producto (afectan a ingeniería, calidad, fabricación), de aceptación (establecidas por el cliente), etc.

Las especificaciones deben precisar:

1. El ámbito de aplicación.
2. Las condiciones de fabricación, instalación, uso, etc.
3. Las características que definen el producto (dimensionales, eléctricas, físicas, materiales, etc.) siempre cuantificadas y precisas.
4. Los aspectos relativos al mantenimiento, conservación, almacenamiento.
5. Los requisitos de fiabilidad, mantenimiento.
6. Los métodos de ensayo y criterios de aceptación (equipos, probetas, tolerancias).

7. El tipo de embalaje.
8. Las protecciones.
9. Informaciones complementarias.

Todas las especificaciones son de cumplimiento, destacando las asociadas al control de recepción. Siempre que sea posible debe establecerse la correspondencia entre las especificaciones y la normativa aplicable, precisando las tolerancias del producto (que deben exigirse rigurosamente), considerando la relación entre el nivel de precisión, el coste y la función requerida.

Un aspecto muy importante en todo el proceso descrito es el papel que desempeña el departamento de calidad en las distintas etapas, tanto en la de definición de las características requeridas por el cliente, en colaboración en muchos casos con el departamento comercial, como en las etapas de ingeniería, fabricación, entrega y posventa.

La especificación final de producto incluye la documentación relativa a:

- Planos, diagramas, etc.
- Manual del usuario.
- Manual de mantenimiento.

• **Análisis de la función.** El siguiente esquema expone los principales pasos y aspectos a considerar:

a. Planteamiento del problema

- ¿Existen ejecuciones similares?
- ¿Qué reglamentos y normas aplican?

b. Función y economía

- Prioridad al cumplimiento de la función.
- Posteriormente solución económica.
- Empleo de componentes normalizados y comerciales.
- Componentes simétricos (si aplica).

c. Función y sollicitación

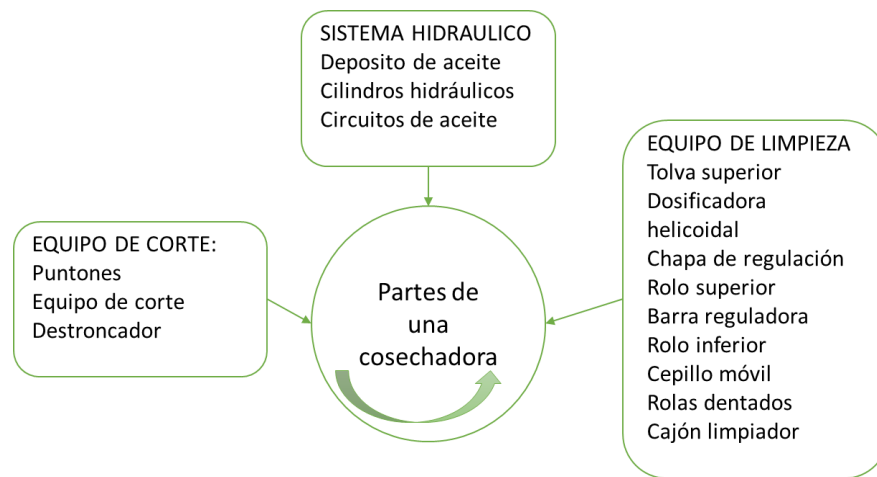
- Resistencia y diseño.
- Evaluación de las condiciones cinemáticas y dinámicas.
- Evaluación de las fuerzas de choque y alternativas.
- Velocidades de giro (frecuencias propias, resonancias, vibraciones).
- Puntos de deslizamiento y desgaste.
- Juntas frente a polvo, arena, fugas de fluidos (aceite, gasoil, agua, gas, etc.).
- Evaluación del ruido.
- Ergonomía.
- Riesgos y seguridad.

Es importante destacar que cumplir con los requisitos de seguridad que afecten al producto es un aspecto fundamental de la ingeniería de diseño. Por ello es imprescindible comprobar que se satisfacen todos los requisitos legales, reglamentarios y normativos de aplicación.

• Definición de la máquina.

División. Cuando se trate de una construcción compleja la máquina se dividirá en grupos principales, luego éstos en grupos de fabricación y eventualmente, se continuará la subdivisión en grupos parciales y subgrupos (ver figura 2).

Figura 2. Partes de una cosechadora



Autor: FERNÁNDEZ, José. Gestión del diseño mecánico

Revisar el planteamiento del problema

- a. ¿Existen ejecuciones similares?
- b. Qué puntos de vista son determinantes (función, peso, precio, aspecto estético, deseos especiales del cliente).
- c. Materiales, proceso de fabricación.
- d. Reglamentos, normas, etc.

Concretar soluciones. Se valorarán las soluciones posibles, comparándolas críticamente, eligiendo la solución final en base a:

- Funcionamiento más seguro.
- Posibilidades de una fabricación económica.
- Fiabilidad.
- Mantenimiento.
- Insensibilidad a manipulación brusca.
- Facilidad de manejo.
- Posibilidad de ajuste.

- Fácil sustitución de piezas desgastadas.
- Lubricación y estanqueidad seguras.
- Diseño atractivo.
- Cumplimiento normativo.
- Cumplimiento legal o reglamentario, etc.

Plano de conjunto. Se tendrán en cuenta los procedimientos de fabricación, los puntos críticos, aspectos de montaje, mantenimiento, materiales, cambios (que deben aprobarse y registrarse), calidades, elementos comerciales, tolerancias, etc.

Materiales. Se dará preferencia a los comerciales, evaluando la necesidad de utilizar materiales distintos, anti-desgaste, con requisitos especiales respecto a la soldadura, etc.

- **Fabricación.** Para una acertada planificación de la fabricación es necesario distinguir si se trata de fabricación única, de pequeña serie o serie, ya que condiciona mucho el plan de trabajo a desarrollar, el estudio del proceso, los útiles requeridos, el plan de suministros (puede requerir homologar proveedores), lay-out, diagramas de flujo, stock, etc.

El departamento de calidad juega un papel muy importante en esta fase, estableciendo los procedimientos, instrucciones, hojas de ruta, registros, documentos de trabajo, pautas de verificación, aspectos de control, ensayos, equipos metrológicos requeridos, calibración, etc.

- **Definición de los mecanismos integrados.** En esta fase se entra en los cálculos y planos de detalle de todos los componentes de la máquina, para todos los sistemas y subsistemas, incluyendo los planos de fabricación o taller.

Un plano de taller debe contener vistas y secciones claras e inequívocas. El control de planos requiere:

- a. Establecer las cotas.
- b. Establecer las tolerancias y símbolos de mecanizado.
- c. Datos técnicos sobre el material y número de piezas.
- d. La evidencia de haber observado las directrices, reglamentos y normas pertinentes.
- e. Datos sobre procesos especiales (temple, bonificado, acabados superficiales, etc.) a que deben someterse las piezas.

Los planos de taller lógicamente deben ser compatibles con el plano de conjunto que dispondrá de las cotas principales y los números de posición de los componentes, que hagan referencia a la lista de piezas.

Normalmente en la lista de piezas los números de posición son progresivos, por familias de elementos cuyos pedidos posteriormente llegarán agrupados. Por ello, dichos números de posición sobre el conjunto están distribuidos en el plano sin un orden.

- **Fabricación de prototipos.** En muchos proyectos de sistemas mecánicos es necesario construir prototipos para confirmar el comportamiento o validar las soluciones, antes de abordar la construcción definitiva de la máquina.

Las pruebas, los ensayos y la verificación de funciones de componentes, subsistemas o sistemas de la máquina o del propio conjunto, pueden condicionar intensamente el desarrollo del proyecto.

Las pruebas y ensayos en una gran mayoría de los casos generan revisiones del diseño y cambios que deben aprobarse según el procedimiento.

- **Fabricación del equipo.** Se procede a la fabricación después de superar y validar todas las etapas anteriores.

La fabricación contará con los planos de taller, según lo ya señalado, el acopio de materiales correspondiente y la planificación de ejecución de acuerdo a los plazos establecidos para la entrega del equipo al cliente.

Contará con todos los procedimientos e instrucciones que apliquen, formalizando los registros correspondientes para asegurar la calidad en todas las etapas del proceso constructivo.

- **Técnicas de diseño**

Despliegue de la función de calidad. Consiste básicamente en transformar los requisitos del cliente en especificaciones de diseño, fabricación y desempeño de los operarios.

Conjoint analysis. Esta técnica considera de forma conjunta “la voz del cliente”, la investigación de mercado, las características del nuevo producto, el precio, etc.

Diseño para la excelencia. Denominada en inglés “Design for excellent”, esta técnica integra los aspectos relativo a la gestión de calidad, el coste y el tiempo de entrega.

Diseño para la fabricación. Orienta el diseño en los aspectos de fabricación, dando preferencia a la construcción y todos los detalles del proceso.

Diseño modular y diseño adaptable. Básicamente se trata de facilitar la posibilidad de abordar distintas soluciones en base a una concepción modular del producto, que se adapta con relativa sencillez a diferentes necesidades.

Ingeniería inversa. Es una técnica reciente que cada día adquiere más importancia, con aplicaciones muy diversas, asociadas a la ingeniería, fabricación, metrología, reconstrucción de componentes, arqueología, biomecánica, etc.

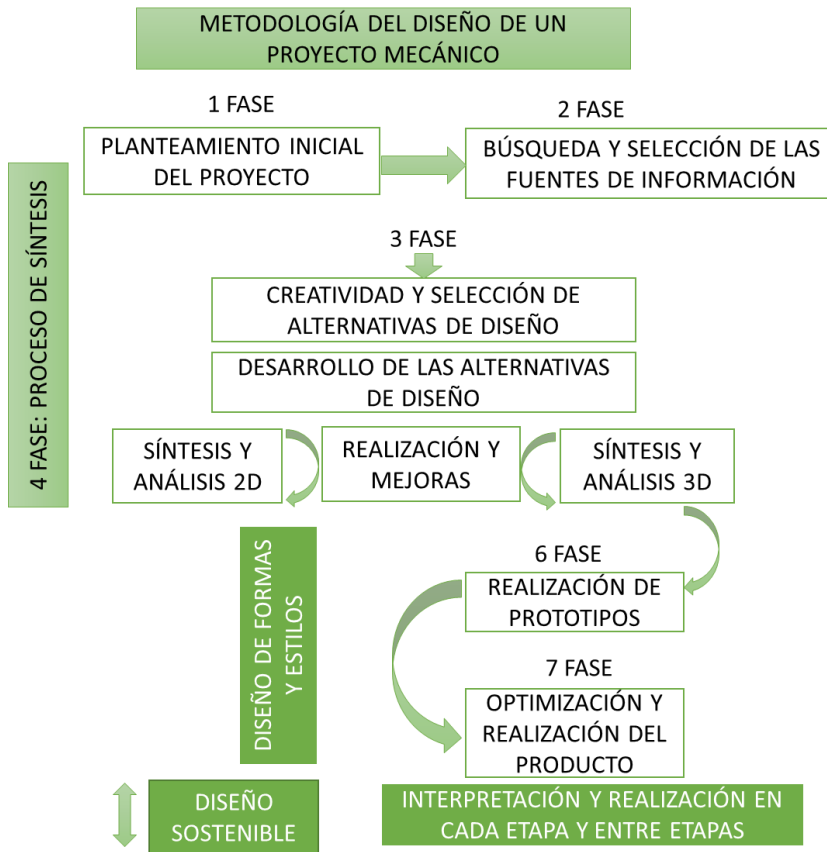
Básicamente, el flujo de ingeniería directa, como es sabido, se desarrolla desde el diseño, pasando posteriormente a las fases de fabricación, construcción, uso y mantenimiento.

La ingeniería inversa toma como origen el producto (o una parte del mismo, porque puede estar incompleto por rotura, deterioro, etc.), reconstruyendo el mismo mediante diferentes técnicas que utilizan sistemas de visión para captar las superficies del producto en base a una nube de puntos. Posteriormente se procede al tratamiento de dicha nube para configurar el modelo correspondiente.

- **Metodología del diseño.** En la metodología del diseño (ver Figura 5) se puede aplicar la denominada ingeniería concurrente que supone simultaneidad de tareas al abordarse en paralelo tanto el diseño del producto como el diseño del sistema de fabricación, los esquemas de montaje y embalaje, el plan de lanzamiento e incluso la obsolescencia. En este sentido se utiliza el concepto de ingeniería simultánea que tiene su opuesto en la ingeniería secuencial donde se abordan las etapas correspondientes una vez superadas las anteriores.

En la práctica, la mayoría de los casos emplea ambas técnicas a la vez, aunque esto depende evidentemente de las particularidades y complejidad del proyecto a desarrollar.

Figura 3. Metodología de diseño de un proyecto mecánico



Autor: FERNÁNDEZ, José. Gestión del diseño mecánico

4.2 NORMALIZACIÓN E INTERCAMBIABILIDAD

La teoría de la normalización e intercambiabilidad ha sido expuesta por varios autores, quienes establecen la importancia de optimizar los procesos de producción en serie de piezas mecánicas, encaminados al ahorro de tiempo y dinero. Bajo este principio, la empresa Ternium a través de su manual Tolerancias y ajustes²; maneja los conceptos adecuados para lograr entender qué es la

² TERNIUM. Tolerancias y ajustes. Manual de contenido del participante. 84 p. TX-TMP-0003.

normalización y la intercambiabilidad y por qué son tan importantes para la industria. A lo largo de este subcapítulo se irán detallando dichos temas.

4.2.1 Normalización. Uno de los aspectos más importantes son las tolerancias y los ajustes. Sin la determinación de estas características sería imposible fabricar piezas que sean intercambiables.

- **Piezas intercambiables:** Cuando se fabrican piezas en serie, por un lado, se deben fabricar una gran cantidad de ejes por razones de economía y rapidez y por otro, se deben fabricar los bujes para dichos ejes.

Tanto estos como los anteriores deberán cumplir ciertos requisitos a fin de que al asentar o ajustar unos con otros, puedan funcionar indistintamente del eje y del buje que se encajen.

Para que esto sea posible, deben cumplirse las siguientes condiciones:

- Todas las piezas de una misma serie deben tener dimensiones iguales dentro de una determinada tolerancia.
- El ajuste de las diferentes piezas de la misma serie debe hacerse sin retoque de ninguna clase.
- Una pieza rota o desgastada por el uso debe poderse reemplazar rápidamente por otra de la misma clase.

Podemos decir entonces que la Normalización es un conjunto de normas que reglamentan un gran número de fenómenos a fin de ordenarlos.

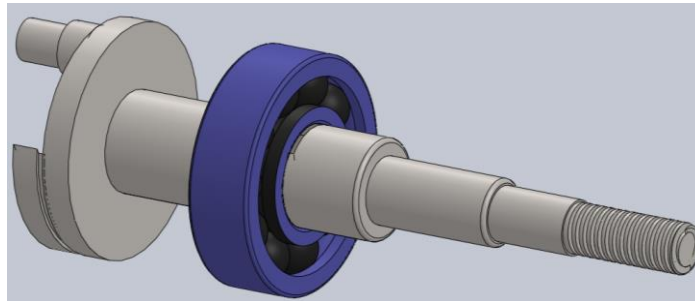
Con el objeto de hacer realidad el concepto de máxima eficiencia con el mínimo esfuerzo y mínimo costo, la normalización ahorra materiales y simplifica

procedimientos constructivos. De esta manera, las normas fijan soluciones a problemas que se presentan repetitivamente.

4.2.2 Intercambiabilidad. Es uno de los requisitos de gran importancia para la fabricación en serie.

En construcción mecánica, se llama ensamble al acoplamiento entre dos piezas, un eje y un agujero (ver figura 4).

Figura 4. Encaje mecánico entre cigüeñal y rodamiento



Los ensambles deben ser según los casos, más o menos ajustados. Es decir, las piezas que forman el ensamble pueden tener un mayor o menor grado de libertad de movimiento. Por ejemplo, una rueda, de acuerdo a la función que tenga, debe poder girar sobre su eje o por el contrario, estar fuertemente acoplada a él para que este le transmita su movimiento.

Para que los conjuntos mecánicos sean susceptibles de satisfacer las condiciones funcionales requeridas, es necesario que los distintos encajes existentes entre sus piezas respondan, en cada caso, a unas condiciones de ajuste determinadas.

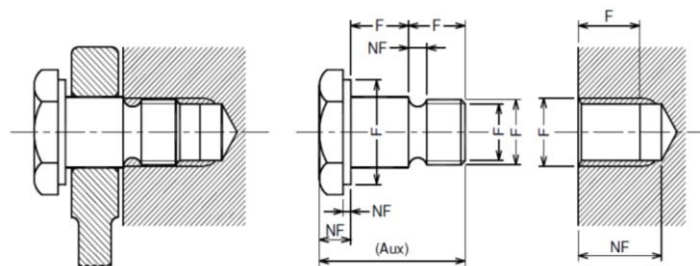
La fabricación en serie, no se puede basar en un sistema de ajuste individual y manual de cada par de piezas. Es necesario que las piezas sean intercambiables, es decir, que cualquier par de piezas que se utilicen para formar un acoplamiento, lo puedan realizar sin necesidad de ningún retoque.

4.3 DIMENSIONAMIENTO

Son muchos los autores que han desarrollado la teoría concerniente al dimensionamiento del diseño geométrico encaminado a la implementación de procedimientos bajo normas, que permiten realizar un debido acotado en planos de dibujos referidos a piezas mecánicas. Es así como la Autora Ana Blanco, en su texto sobre Normas técnicas para el dibujo técnico³; resume la norma NTC 1960 logrando explicar en detalle las pautas adecuadas que se deben seguir en el momento de realizar un dibujo técnico. El presente subcapítulo que se desarrolla a continuación permite conocer con mayor detalle la teoría expuesta por dicha autora.

4.3.1 Dimensión. Un valor numérico expresado en unidades apropiadas de medida que se indican gráficamente sobre un dibujo técnico con líneas, símbolos y notas. Se divide en dimensiones funcionales, no funcionales y auxiliares (ver figura 5).

Figura 5. Dimensiones funcionales, no funcionales y auxiliares



Fuente: BLANCO, Ana. Normas técnicas para dibujo técnico.

³ BLANCO, Ana. Normas técnicas para dibujo técnico. Bogotá.: Universidad Piloto de Colombia. 42 p.

Toda la información necesaria para definir clara y completamente una parte o componente debe mostrarse directamente sobre un dibujo a menos que esta información se especifique en documentos asociados.

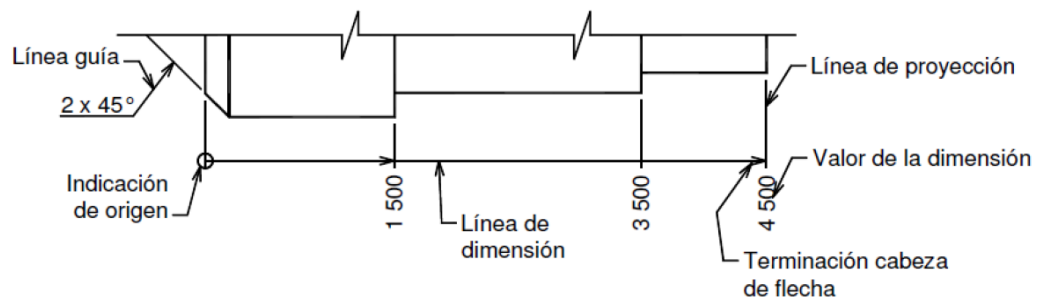
Cada característica debe dimensionarse solo una vez sobre un dibujo.

Las dimensiones deben colocarse sobre la vista o sección que muestre más claramente a las características correspondientes.

Cada dibujo debe utilizar la misma unidad (por ejemplo, milímetros) para todas las dimensiones pero sin mostrar el símbolo de la unidad. Con el objeto de evitar mala interpretación, puede especificarse el símbolo de unidad predominante sobre un dibujo en una nota.

4.3.2 Método de dimensionamiento. Los elementos de dimensionamiento incluyen la línea de proyección, línea de dimensión, línea guía, terminación de línea de dimensión, la indicación de origen, y la dimensión de sí misma.

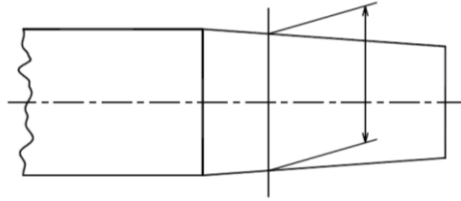
Figura 6. Método de Dimensionamiento



Fuente: BLANCO, Ana. Normas técnicas para dibujo técnico.

Las líneas de proyección deben trazarse perpendiculares a la característica que se está dimensionando. Sin embargo, donde sea necesario, ellas pueden trazarse oblicuamente, pero paralelas una a la otra.

Figura 7. Línea de Proyección

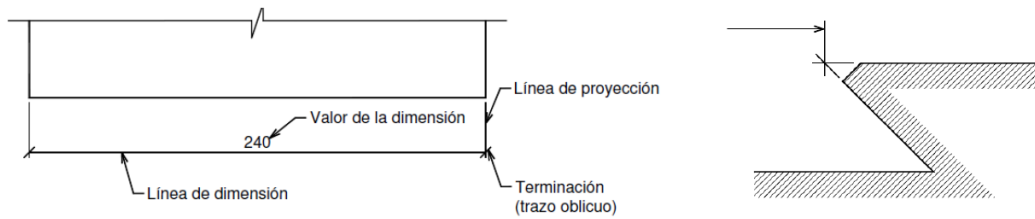


Fuente: BLANCO, Ana. Normas técnicas para dibujo técnico.

Las líneas de proyección deben extenderse ligeramente hacia la respectiva línea de dimensión.

Las líneas de construcción de intersección y las de proyección deben extenderse ligeramente hacia su punto de intersección.

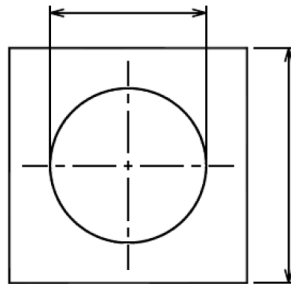
Figura 8. Líneas de intersección y proyección



Fuente: BLANCO, Ana. Normas técnicas para dibujo técnico.

En general, las líneas de proyección y las líneas de dimensión no deben cruzar otras líneas a menos que sea inevitable.

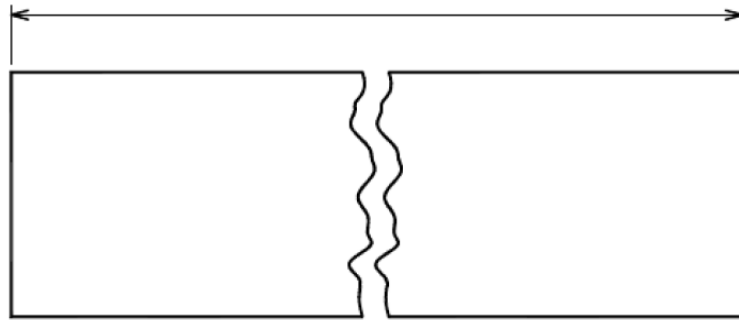
Figura 9. Evitar cruzar otras líneas



Fuente: BLANCO, Ana. Normas técnicas para dibujo técnico.

Una línea de dimensión debe mostrarse no quebrada donde la característica a la cual ésta se refiere se muestre quebrada.

Figura 10. Líneas no quebradas



Fuente: BLANCO, Ana. Normas técnicas para dibujo técnico.

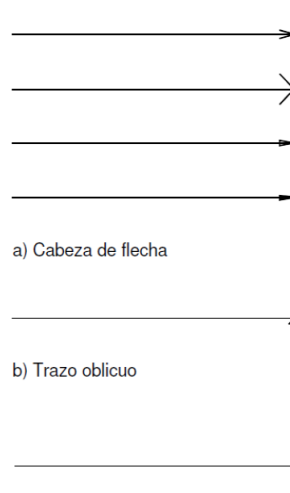
4.3.3 Indicación de terminación y origen. Dentro de la norma NTC 1960 se especifican dos terminaciones de línea de dimensiones y una indicación de origen.

La cabeza de flecha, trazada como líneas cortas formando puntas en cualquier ángulo conveniente incluido entre 15° y 90° . La cabeza de flecha puede ser abierta y cerrada o cerrada y rellena.

El trazo oblicuo, trazado como una línea corta inclinada a 45° .

La indicación de origen, trazada como un círculo abierto pequeño de aproximadamente 3 mm de diámetro.

Figura 11. Cabezas de flechas



Fuente: BLANCO, Ana. Normas técnicas para dibujo técnico.

El tamaño de las terminaciones debe ser proporcional al tamaño del dibujo sobre el cual se usan éstas, pero no más grandes que lo necesario para leer el dibujo.

Sólo debe usarse un estilo de terminación de cabeza de flecha sobre un dibujo simple. Sin embargo, donde el espacio sea muy pequeño para una cabeza de flecha, puede sustituirse por un trazo oblicuo o un punto.

Las cabezas de flecha deben mostrarse dentro de los límites de línea de dimensión donde el espacio esté disponible. Cuando el espacio es limitado, la terminación de cabeza de flecha puede mostrarse afuera de los límites de la línea de dimensión que se extiende para tal propósito.

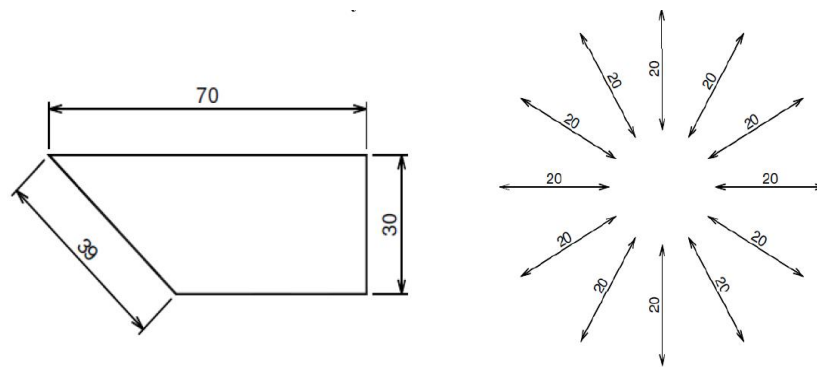
4.3.4 Valores dimensionales. Deben mostrarse sobre los dibujos en caracteres de tamaño suficiente para asegurar legibilidad completa sobre el dibujo original así como sobre reproducciones.

Ellos pueden colocarse de tal modo que no se crucen o separen por alguna otra línea sobre el dibujo.

Deben indicarse los valores sobre un dibujo de acuerdo con uno de los siguientes métodos (Sólo debe usarse un método sobre cualquier dibujo).

- **Método Uno.** Los valores dimensionales deben colocarse paralelos a sus líneas de dimensión y preferiblemente cerca del medio, arriba y sin tocar la línea de dimensión. los valores deben indicarse ya que ellos puedan leerse desde el fondo o desde el lado derecho del dibujo.

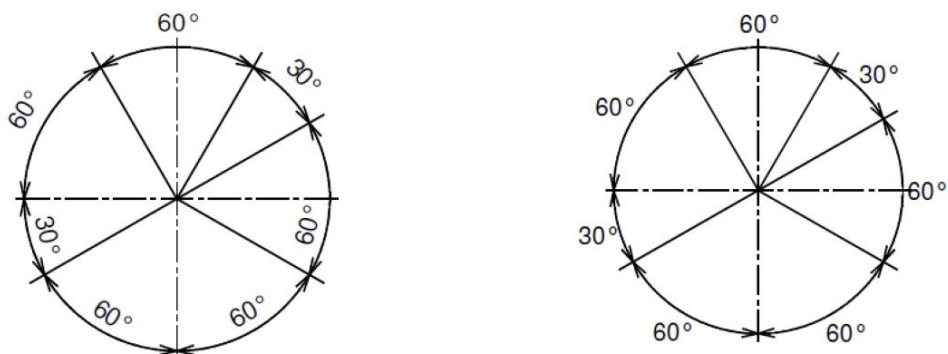
Figura 12. Método uno, valores dimensionales lineales



Fuente: BLANCO, Ana. Normas técnicas para dibujo técnico.

Los valores dimensionales angulares pueden orientarse de la siguiente forma:

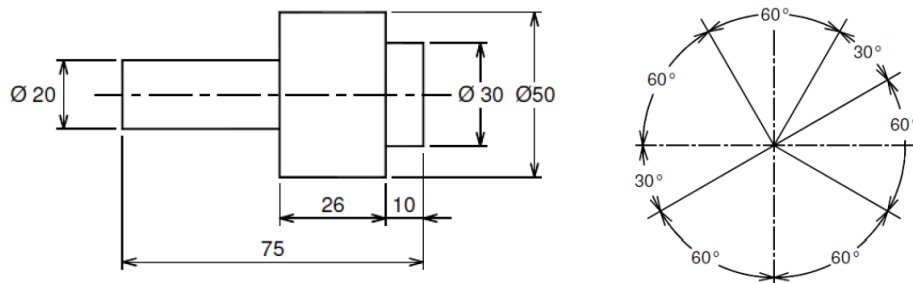
Figura 13. Método uno, valores dimensionales angulares



Fuente: BLANCO, Ana. Normas técnicas para dibujo técnico.

- **Método Dos.** Deben indicarse los valores dimensionales ya que ellos pueden ser leídos desde el fondo de la hoja de dibujo. Las líneas de dimensión no horizontales se interrumpen, preferiblemente cerca del medio ya que el valor puede ser insertado.

Figura 14. Método dos valores dimensionales lineales

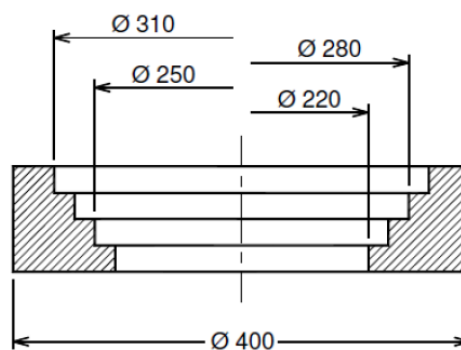


Fuente: BLANCO, Ana. Normas técnicas para dibujo técnico.

La posición de los valores dimensionales frecuentemente necesita adaptarse a diferentes situaciones. Por lo tanto, por ejemplo, los valores pueden estar:

Cercanos a una terminación para evitar seguir una línea de dimensión larga donde solo parte de la línea de dimensión necesita mostrarse.

Figura 15. Posición de valores



Fuente: BLANCO, Ana. Normas técnicas para dibujo técnico.

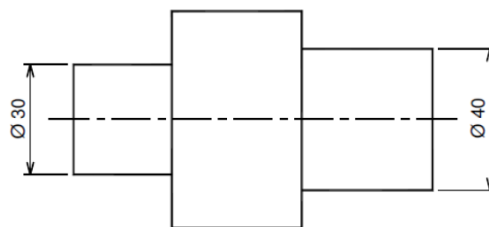
Al final de la línea guía la cual termina sobre una línea dimensional que es demasiado corta para indicar el valor dimensional del modo usual.

Arriba de la extensión de la línea de dimensión hacia una de las terminaciones si el espacio es limitado

Las siguientes indicaciones se usan con dimensiones para mostrar la identificación de forma aplicable y para mejorar la interpretación del dibujo. Pueden omitirse los símbolos de diámetro y cuadrado donde se indique claramente la forma. La indicación aplicable (símbolo) debe preceder el valor para la dimensión.

Figura 16. Indicaciones para dibujo técnico

ϕ	Diámetro	SR	Radio esférico
R	Radio	S ϕ	Diámetro esférico
	Cuadrado		



Fuente: BLANCO, Ana. Normas técnicas para dibujo técnico.

4.4 TOLERANCIAS Y AJUTES

La teoría referente a los ajustes y tolerancias es tan importante que ha despertado el interés en varios autores que han escrito sobre ella, para resaltar la importancia de lograr la perfecta intercambiabilidad y un óptimo montaje económico en la fabricación. Es así como el Autor Luis Francisco Majana Coneo en su texto sobre

Ajuste y tolerancia⁴; presenta la teoría correspondiente a la norma ISO que estipula todos los parámetros referentes a los ajustes y tolerancias en el diseño de piezas mecánicas.

En razón a la imposibilidad de fabricar piezas rigurosamente con dimensiones iguales a las fijadas, se ha adoptado modestamente en los proyectos mecánicos el concepto de tolerancia.

Este concepto resulta muy útil, cuando se trata de fabricar en serie por la posibilidad de intercambiar piezas en el montaje como en el momento que requiera su cambio. Para que las piezas de un conjunto sean intercambiables, las tolerancias deberán ser adecuadas siguiendo los parámetros establecidos y que las cotas efectivas queden dentro de los límites admisibles.

4.4.1 Terminología y definiciones del sistema ISO de tolerancias

- **Cota nominal.** Es el valor de la medida obtenida basándose en los fundamentos técnicos y a la cual se refieren las desviaciones admisibles.

El valor calculado debe en lo posible corresponder a los valores estandarizados sea que utilice el sistema inglés o el internacional.

- **Tolerancia.** Es la variación en torno a la medida nominal dentro de la cual ha de quedar en la práctica cualquier valor de una fabricación, para que esta mantenga calidad e intercambiabilidad.

⁴ MAJANA C, Luis F. Ajustes y tolerancias. 1 ed. Cartagena de Indias.: Universidad Tecnológica de Bolívar, 2008. 103 p. ISBN 97703-1-2.

Es la diferencia entre la medida máxima y la mínima, o dimensión de la zona dentro de la cual ha de quedar la medida práctica para que la pieza sea dada como válida.

- **Dimensión efectiva.** Es la medida real de la pieza después de su fabricación.
- **Dimensiones límites.** Son las dimensiones extremas, entre las cuales ha de quedar la medida para que la pieza se dé como válida.
- **Dimensión máxima.** Es la mayor de las medidas extremas.
- **Dimensión mínima.** Es la menor de las dimensiones extremas.
- **Línea cero.** Es la línea o eje al cual referimos las variantes anteriormente definidas.
- **Diferencia superior.** Es la diferencia algebraica entre la medida máxima y la nominal.
- **Diferencia inferior.** Es la diferencia algebraica entre la medida mínima y la nominal.
- **Diferencia efectiva o real.** Es la diferencia algebraica entre la dimensión real y la nominal.
- **Ajuste.** Es el acoplamiento dimensional de dos piezas, en el que para una de ellas los contactos son exteriores, mientras que para la otra son interiores.

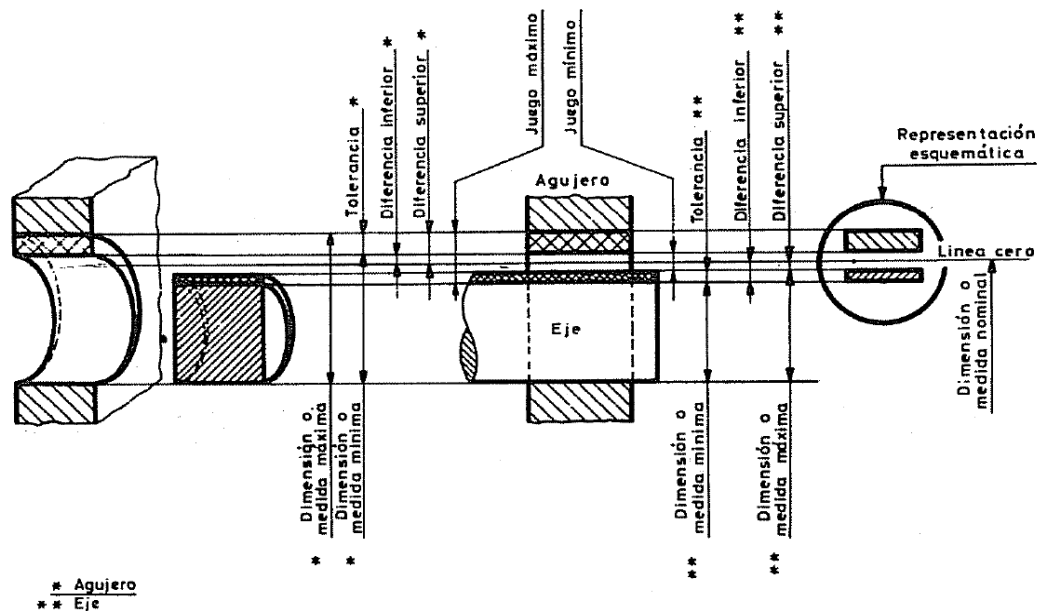
- **Eje.** Es cada una de las partes de una pieza constitutiva de un ajuste, que presenta contacto exterior es decir, la pare contenida.
- **Agujero.** Es cada una de las pares de una pieza constitutiva de un ajuste, que presenta contacto interior, es decir la parte que contiene.
- **Juego.** Es la diferencia entre las medidas del agujero y el eje de un ajuste. Esta diferencia siempre será positiva.
- **Juego máximo.** Es la diferencia entre la medida máxima admisible del agujero y la mínima admisible del eje de un ajuste
- **Juego mínimo.** Es la diferencia entre la medida mínima admisible del agujero y la máxima admisible del eje de un ajuste.
- **Aprieto.** Es la diferencia entra las medidas del agujero y el eje de un ajuste. El valor de esta diferencia siempre es negativo.
- **Aprieto máximo.** Es la diferencia entre la media máxima admisible del eje y la medida mínima admisible del agujero de un ajuste.
- **Apriete mínimo.** Es la diferencia entre la medida mínima admisible del eje y la medida máxima admisible del agujero de un ajuste.
- **Tolerancia de un ajuste.** Es la suma de las tolerancias de los elementos que constituyen al ajuste.
- **Calidad.** Es la mayor o menor amplitud de la tolerancia que referida a la dimensión nominal determina la precisión.

4.4.2 Clases de ajustes. Todas las máquinas están constituidas por diversas piezas unidas o ensambladas de alguna manera determinada, en la cual una o más superficies están en contacto relativo o fijo según el tipo de funcionamiento o trabajo requerido. Dependiendo del tipo de contacto entre la pieza que contiene (agujero) y la pieza contenida (eje). Se pueden clasificar en tres clases de ajustes.

- **Ajuste con juego.** Se tiene cuando la dimensión del agujero, es mayor que el eje.

En la figura 17, se representa un ajuste con juego, seccionado, en el que se observarán acotados cada uno de los conceptos expuestos así como, dentro de un círculo, la representación esquemática de este tipo de ajuste o representación de las zonas de tolerancia del eje y agujero del ajuste, en sus posiciones relativas.

Figura 17. Representación de un ajuste con juego

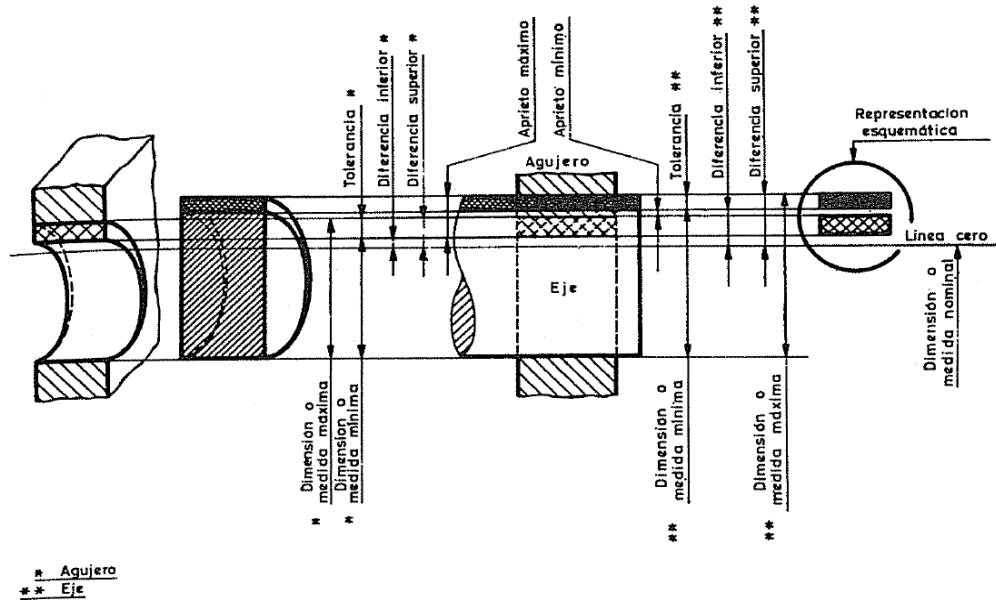


Fuente: JIMÉNEZ, Luis. Prontuario de ajustes y tolerancias

- **Ajuste fijo o con aprieto.** Cuando la dimensión del eje, es mayor que el agujero.

En la figura 18 se representa un ajuste apretado, seccionado, en el que se observarán acotados, cada uno de los conceptos expuestos, así como dentro de un círculo la representación esquemática de este tipo de ajuste o representación de las zonas de tolerancia del eje y agujero del ajuste en sus posiciones relativas.

Figura 18. Representación de un ajuste fijo

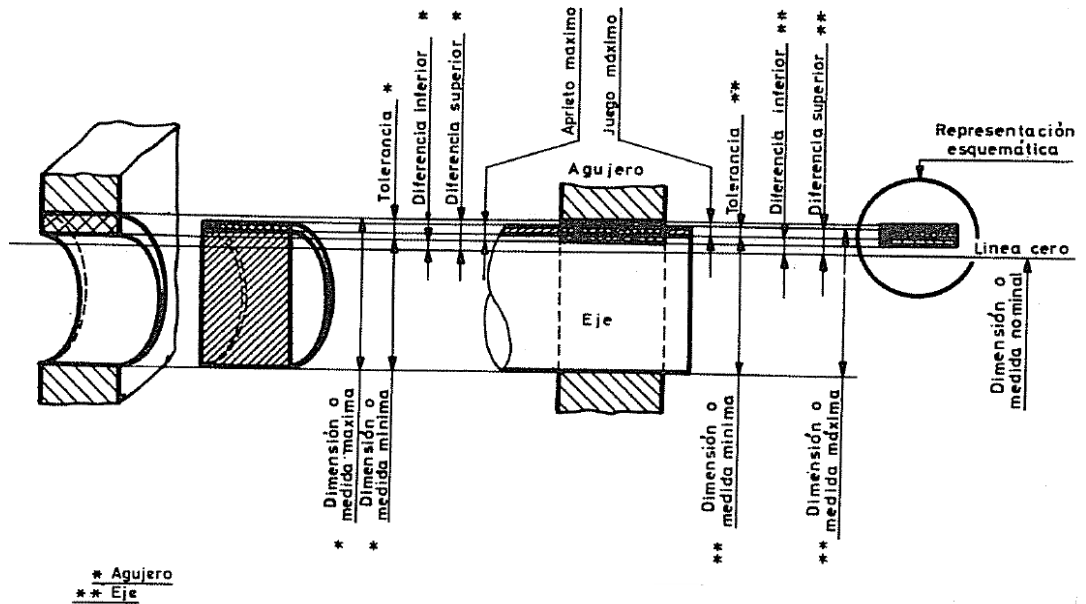


Fuente: JIMÉNEZ, Luis. Prontuario de ajustes y tolerancias

- **Ajuste indeterminado.** Es el que puede dar juego o aprieto según se configuren las medidas prácticas del agujero y eje de un ajuste.

En la figura 19 se representan el ajuste indeterminado en los que se observarán acotados cada uno de los conceptos expuestos, así como dentro de un círculo las representaciones esquemáticas de este tipo de ajuste o representación de las zonas de tolerancia del eje y agujero del ajuste en sus posiciones relativas.

Figura 19. Representación de un ajuste indeterminado



Fuente: JIMÉNEZ, Luis. Prontuario de ajustes y tolerancias

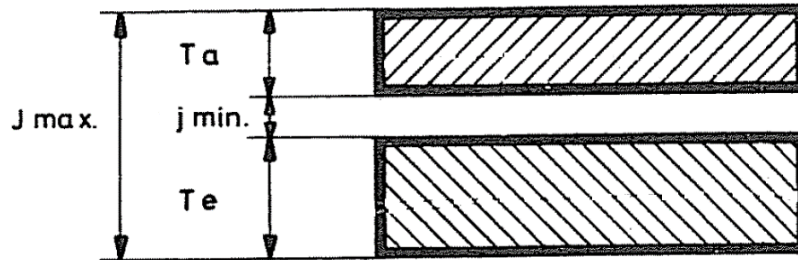
4.4.3 Representación de las tolerancias de un ajuste. La tolerancia de los ajustes se puede expresar en términos de las tolerancias de las piezas individuales, del juego y del apriete según sea el caso. En general la tolerancia de un ajuste es la suma de las tolerancias del agujero y del eje.

Utilizando la siguiente nomenclatura se puede obtener la tolerancia de las diferentes clases de ajustes como se indica para cada caso en particular.

- T = Tolerancia del ajuste
- Te = Tolerancia del eje
- Ta = Tolerancia del agujero
- Amáx. = Apriete máximo
- Amín. = Apriete mínimo
- Jmáx. = Juego máximo
- Jmín. = juego mínimo

- **Tolerancia de un ajuste móvil o con juego.** La tolerancia de un ajuste con juego se expresa siempre en función del juego máximo y el juego mínimo, como se ilustra en la figura 20.

Figura 20. Tolerancia de un ajuste con juego



Fuente: JIMÉNEZ, Luis. Prontuario de ajustes y tolerancias

Donde:

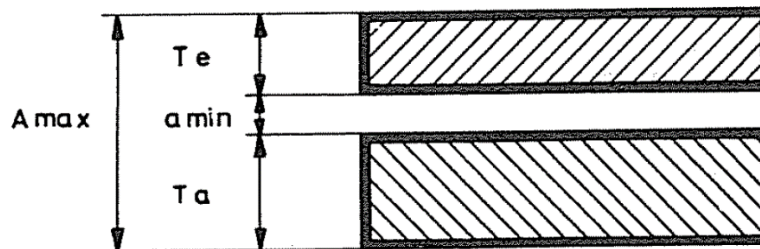
$$T = T_a + T_e$$

$$J_{\text{máx.}} = T_a + T_e + J_{\text{mín.}}$$

$$J_{\text{máx.}} - J_{\text{mín.}} = T$$

- **Tolerancia de un ajuste fijo o apretado.** La tolerancia de un ajuste se expresa siempre en función del aprieto máximo y el aprieto mínimo, como se ilustra en la figura 21.

Figura 21. Tolerancia de un ajuste fijo o apretado



Fuente: JIMÉNEZ, Luis. Prontuario de ajustes y tolerancias

Donde:

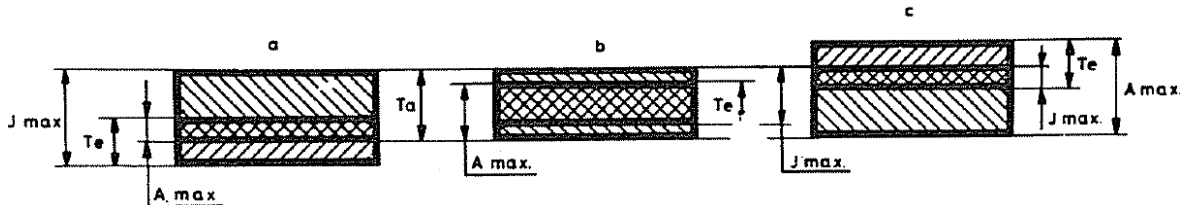
$$T = T_a + T_e$$

$$A_{\max.} = T_a + T_e + A_{\min.}$$

$$A_{\max.} - A_{\min.} = T$$

- **Tolerancia de un ajuste indeterminado.** La indeterminación de un ajuste puede presentarse en tres maneras pero la tolerancia del agujero siempre se expresa en función del juego máximo o el aprieto máximo, como se ilustra en la figura 22.

Figura 22. Tolerancia de un ajuste indeterminado



$$T = T_a + T_e$$

a. $J_{\max} = T_a + T_e - A_{\max}$

$$A_{\max} + J_{\max} = T$$

$$T = T_a + T_e$$

b. $A_{\max} + J_{\max} - T_e = T_a$

$$A_{\max} + J_{\max} = T$$

$$T = T_a + T_e$$

c. $A_{\max} = T_a + T_e - J_{\max}$

$$A_{\max} + J_{\max} = T$$

Fuente: JIMÉNEZ, Luis. Prontuario de ajustes y tolerancias

El caso “a” presenta cuando la tolerancia del agujero (T_a) está por encima de la tolerancia del eje (T_e) con interferencia parcial de los intervalos de tolerancias.

El caso “b” se presenta cuando el intervalo de tolerancia del eje (T_e) está contenido totalmente en el intervalo de tolerancia del agujero o a la inversa.

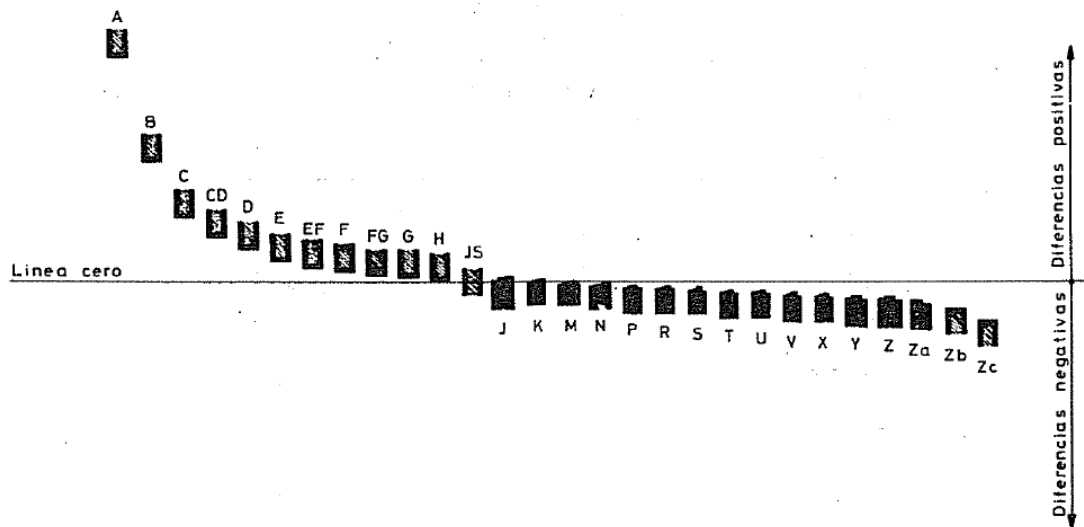
El caso “c” se presenta cuando la tolerancia del eje (T_e) está por encima de la tolerancia del agujero (T_a) con interferencia parcial de los intervalos de tolerancias.

4.4.4 Sistemas de tolerancias ISO. Las definiciones de los términos relacionados anteriormente se aplican para cualquier sistema de tolerancias, pero es necesario conocer las particularidades de cada sistema, y específicamente, para nuestro interés, las que corresponden al sistema internacional de tolerancias ISO.

Puesto que en un ajuste está constituido por el acoplamiento de dos piezas denominamos agujero y eje, el sistema ISO adopta un sistema para dimensionar los agujeros y otros para dimensionar los ejes, cada uno con sus respectivas tolerancias, de manera que conjugados los dos sistemas se pueden obtener diferentes clases de ajustes.

Los agujeros en el sistema ISO se designan con las letras mayúsculas del alfabeto, desde la A hasta Z, y los ejes con las letras minúsculas, desde la a hasta z, definiendo sus posiciones con relación a la línea cero, como se muestra en las figuras 23 y 24.

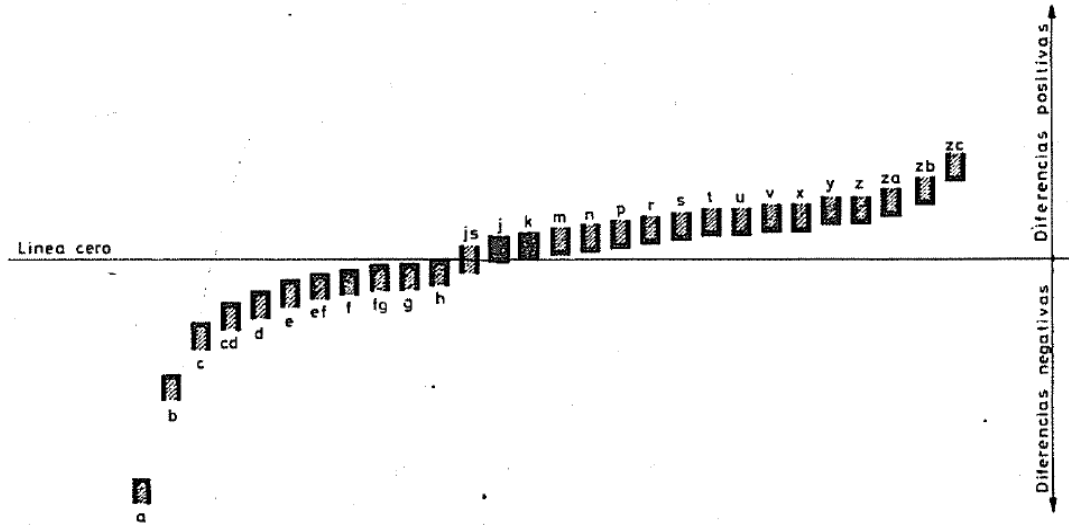
Figura 23. Posiciones de tolerancia de los agujeros ISO



Fuente: JIMÉNEZ, Luis. Prontuario de ajustes y tolerancias

De igual manera el sistema ISO define las posiciones de tolerancia para los ejes, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 24. Posición de tolerancias de los ejes del sistema ISO



Fuente: JIMÉNEZ, Luis. Prontuario de ajustes y tolerancias

- **Sistema de tolerancias ISO de agujero Normal.** Para definir los ajustes entre dos piezas es conveniente fijar las dimensiones de una de las piezas y variar las de la otra, de tal manera que se puedan obtener los ajustes deseados como se han mencionado, con juego, apretados e indeterminados.

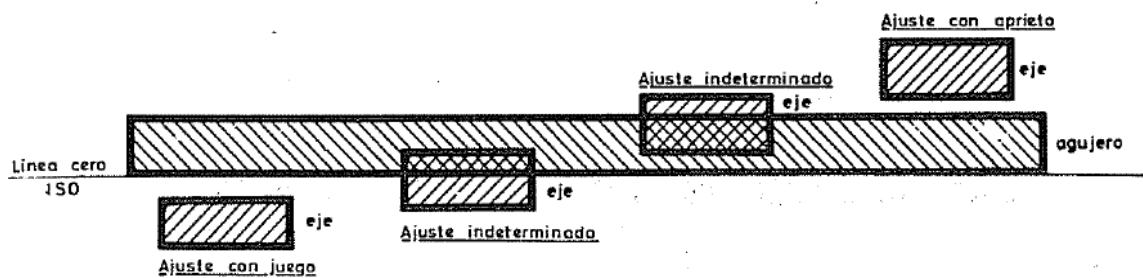
El sistema ISO de agujero normal considera para los ajustes una posición fija de la tolerancia del agujero y varía las posiciones de tolerancia del eje para obtener ajustes.

La posición de la tolerancia del agujero normal es la designada por la letra H (mayúscula), cuya diferencia inferior es cero. Es decir, la línea cero coincide con la parte inferior de la zona de tolerancia, como se muestra en la figura 25.

Las posiciones de tolerancia situadas por encima de la línea cero se designan con las letras mayúsculas, desde A hasta la H, siendo esta última adyacente a la línea cero. Las diferencias serán siempre positivas, y las cotas correspondientes, mayores o al menos iguales a la cota nominal.

Las posiciones de tolerancia situadas por debajo de la línea cero se designan con las letras mayúsculas, desde J hasta Z. las diferencias serán siempre negativas y las cotas correspondientes menores que la cota nominal, salvo para algunos puntos de la posición J.

Figura 25. Sistema de tolerancias ISO de agujero Normal



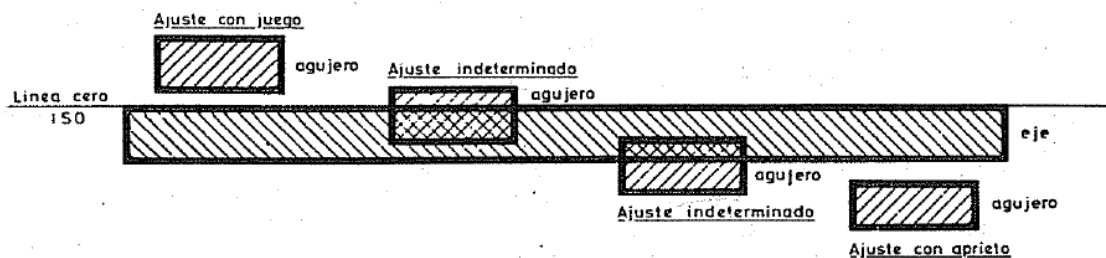
Fuente: JIMÉNEZ, Luis. Prontuario de ajustes y tolerancias

Una aplicación muy frecuente del sistema de agujero normal se presenta cuando se dimensiona un eje teniendo en cuenta las dimensiones de la pista interior (agujero) de los rodamientos para poderlos ajustar debidamente contra el eje. Los rodamientos son elementos de dimensiones estandarizadas, y estas no se deben modificar para lograr los ajustes.

- **Sistema de tolerancias ISO de eje normal.** Cuando todas las elecciones de los ajustes están referidas a una posición determinada de la tolerancia del eje, se dice que el sistema corresponde a un sistema de eje normal. Es decir, con una dimensión fija del eje se obtienen los ajustes deseados variando las dimensiones del agujero.

La posición de tolerancia del eje normal es la designada con la letra h (minúscula), cuya diferencia superior es cero y, por lo tanto, coincide con la línea cero, como se muestra en la figura 26.

Figura 26. Sistema de tolerancias ISO de eje normal



Fuente: JIMÉNEZ, Luis. Prontuario de ajustes y tolerancias

Las posiciones de tolerancias situadas por debajo de la línea cero se designan con letras minúsculas desde a hasta h, siendo esta última adyacente a la línea cero. Las diferencias serán siempre negativas y las cotas correspondientes menores, o al menos iguales a la cota nominal.

Las posiciones de tolerancias situadas por encima de la línea cero se designan con las letras minúsculas, desde j hasta z. Las diferencias serán siempre positivas, y las cotas correspondientes, mayores, o al menos iguales a la cota nominal, salvo para algunos puntos de la posición j.

Una aplicación frecuente del sistema de eje normal se presenta cuando la pista exterior de un rodamiento debe ajustarse a un alojamiento que debe soportar dicho rodamiento. En este caso, la pista exterior es el eje, y sus dimensiones no deben modificarse para obtener el ajuste deseado.

4.4.5 Índice de calidad. La precisión de la fabricación de una pieza está determinada por el índice de calidad adoptado para su fabricación.

La amplitud de la zona de tolerancia, dada en micras, nos dice qué tan precisa debe ser la fabricación de una pieza.

Para cada posición de tolerancia, sea para un agujero o para un eje, existen diferentes calidades. Es decir, para la posición de tolerancias A de los agujeros existen diferentes amplitudes de tolerancia, que van desde el valor de una dimensión mínima (cota nominal + diferencia inferior) que caracteriza la posición de tolerancia hasta una dimensión máxima (cota nominal + diferencia superior) que varía de acuerdo con el grado de precisión que se desea obtener.

El valor de la dimensión mínima para una misma posición de tolerancia siempre es igual para la misma cota nominal y el valor de la dimensión máxima varía con la amplitud de la zona de tolerancia indicada por la precisión que exige la fabricación. Los índices de calidad se designan con los números que van desde 01 hasta 16, conformando un conjunto de 18 calidades. Es decir, se puede construir un agujero con posición de tolerancia A con diferentes grados de precisión, indicados, de conformidad con lo dicho, con las designaciones A01.

Para los agujeros se adopta corrientemente las calidades del 6 al 11 y para los ejes las calidades varían del 5 al 11.

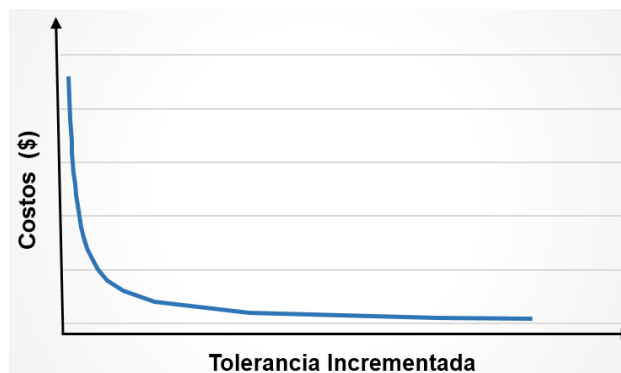
Cuando dos piezas deben acoplarse dimensionalmente para constituir un ajuste, el sentido común indica que éstos deben tener igual índice de calidad, pero rara vez en la práctica ocurre de esta manera por razones de economía y facilidad de las fabricaciones. Generalmente es más difícil y costoso mecanizar una pieza por dentro que por fuera, y esto hace que el eje pueda fabricarse con mayor precisión que el agujero, representada dicha precisión en una diferencia de los índices de calidad asignados al agujero y al eje. Muy raras veces el agujero y el eje de un

ajuste se fabrican con iguales índices de calidad. Casi siempre el eje se fabrica con un índice de calidad menor (mayor precisión) que el agujero. Es decir, si el agujero tiene índice de calidad 8, entonces el eje debe tener índice de calidad 7. Nunca se recomienda el mecanizado de un agujero con mayor precisión que la del eje que debe acoplarse para el ajuste. Siempre el eje podrá fabricarse con mayor precisión con diferencias en sus índices de calidad de no mayor a una unidad. Es decir nunca adopte, por ejemplo, índices de calidad 8 para el agujero y 6 para el eje. Lo correcto sería utilizar 8 para el agujero y 7 para el eje, y en caso de fuerza mayor, los índices de calidad pueden ser iguales.

Al aumentar el número que designa el índice de calidad la precisión disminuye. Los costos de fabricación de piezas están en función de la precisión que se requiera, y la precisión es función de las tolerancias que se seleccionen para producir dichas piezas. Entre mayor es el intervalo de tolerancias, menor precisión se requiere, y por lo tanto la producción es menos costosa.

La variación de los costos de producción en función de las tolerancias adoptadas se muestra en la figura 27.

Figura 27. Costo vs tolerancia



- **Aplicaciones generales de los índices de calidad.** Las dieciocho (18) calidades del sistema ISO de tolerancias generalmente se emplean de la siguiente manera:

- Calidades de 01 hasta 4: para construcciones de alta precisión (aparatos de medidas de laboratorio).
- Calidades de 5 hasta la 12: para construcciones mecánicas corrientes.
- Calidades de 13 hasta la 16: para construcciones de maquinaria agrícola.

- **Intervalos de tolerancias correspondientes a los índices de calidad del sistema ISO.** La siguiente tabla muestra los índices de calidad adoptados por el sistema internacional de tolerancias ISO.

Tabla 1. Tolerancias fundamentales en micras

DIAM (mm) CALL	0,1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	5	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
>3 hasta 6	0,4	0,5	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
>6 hasta 10	0,4	0,5	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	35	58	90	150	220	360	580	900
>10 hasta 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
>18 hasta 30	0,6	1	1,5	2,5	4	5	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
>30 hasta 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
>50 hasta 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
>80 hasta 120	1	1,5	2,5	4	8	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
>120 hasta 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
>180 hasta 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
>250 hasta 315	2,5	4	6	8	12	18	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
>315 hasta 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
>400 hasta 500	4	5	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

La primera fila (Horizontal) indica los índices de calidad, designados con números que van desde 01 hasta 16, para un total de 18 calidades.

Los números que aparecen en cada columna encabezada por el correspondiente índice de calidad se refieren al intervalo de tolerancia en micras para cada pieza o

elemento cuya dimensión nominal se encuentra en el rango indicado en la primera columna.

En la referida tabla puede hacerse las siguientes observaciones:

- a. Para un mismo índice de calidad, entre mayor es la dimensión nominal, mayor es el intervalo de tolerancia.
- b. Para un mismo rango de la dimensión nominal, entre mayor es el índice de calidad, mayor es el intervalo de tolerancias.

- **Procesos de maquinado para trabajos dentro de una tolerancia dada.** Un aspecto importantísimo en la fabricación de piezas consiste en seleccionar adecuadamente el proceso y las máquinas para la producción. La tabla 2 suministra los índices de calidad que se pueden esperar de procesos de mecanizado con mayor frecuencia.

Tabla 2. Índices de calidad para procesos de mecanizado

	Grados										
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Pulido y rectificado											
Esmerilado cilíndrico											
esmerilado de superficie											
Torneado de diamante											
Taladrado de diamante											
Escariado											
Rimado											
Torneado											
Taladrado											
Fresado											
Taladrado											

4.4.6 Designación de los ajustes en el sistema ISO. En los ajustes intervienen las dimensiones y las tolerancias de una parte que se ha denominado agujero y de otra que se ha denominado eje, y por lo tanto, en la designación de un ajuste deben de aparecer las características completas de las partes que constituyen el ajuste.

Para designar un ajuste deben aparecer especificados los siguientes elementos:

1. Dimensión o cota nominal que debe ser igual tanto para el agujero como para el eje.
2. Posición de tolerancia del agujero (indicando con cualquier letra mayúscula, desde A hasta Z).
3. Índice de calidad del agujero.
4. Posición de la tolerancia del eje.
5. Índice de calidad del eje.

El orden de los elementos debe aparecer en la secuencia como se han relacionado para estar de acuerdo con las convenciones internacionales. Es decir, la designación de un ajuste debe ser interpretada con el mismo significado en cualquier parte de la superficie del planeta.

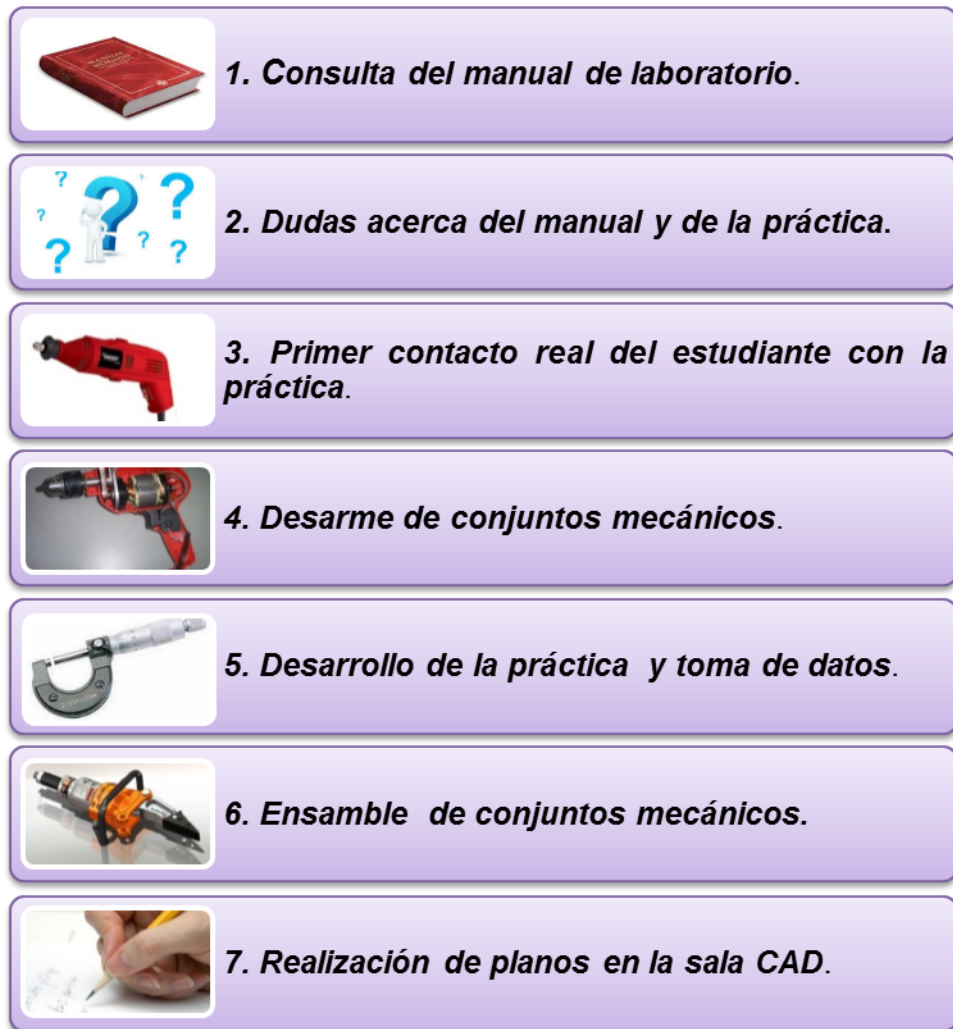
5. METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Se diseña una herramienta pedagógica de fácil y rápido entendimiento sobre el tema de ajustes y tolerancias, la cual estará disponible para todo el estudiantado de la escuela de ingeniería mecánica y de manera especial para los alumnos que cursan el área de diseño gráfico.

En este espacio se brindan las herramientas tanto físicas como teóricas, necesarias para el desarrollo de la práctica.

La metodología está compuesta de siete etapas fundamentales con los cuales se pretende pasar de un componente teórico a un componente práctico como estrategia de aprendizaje, los cuales son:

Figura 28. Resumen Procedimiento de ejecución de las prácticas



5.1 CONSULTA DEL MANUAL DE LABORATORIO.

Aquí los estudiantes podrán encontrar tres manuales compuestos por una serie de documentos referentes al tema de ajustes - tolerancias y conjuntos mecánicos tratados en el transcurso de la experiencia.

El primer manual consta de una introducción que pretende ubicar al estudiante dentro del contexto histórico que reafirma la importancia reflejada en la industria,

el uso de sistemas dinámicos encaminados a la competitividad y al mejoramiento del ritmo de producción, fundamentados en la implementación de un sistema de medición normalizado internacionalmente, que ha permitido el intercambio de piezas y su fabricación en serie. Seguidamente se da paso a una amplia teoría, que busca fundamentar los conceptos referentes a tolerancias, ajustes, metrología y normas técnicas colombianas, para que el estudiante reconozca la variación de una medida nominal que permita mantener la calidad y admita si es requerido un intercambio de piezas y así mismo, pueda establecer con facilidad la representación de las tolerancias dimensionales dentro de un plano y cuándo éstas requieren como complemento las tolerancias geométricas (bajo las normas NTC 1722 y NTC 1831), lo anterior como base al tema de ajustes siendo éste la vinculación de dos piezas con características determinadas por su calidad y la aplicación utilizada. Como complemento al tema de ajustes y tolerancias es pertinente establecer la metrología como ciencia que permite estudiar la medida. Finalmente, se muestra el proceso seguido por el INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS (ICONTEC), para homologación de las normas ISO a normas NTC (ver anexo. A.).

El segundo manual corresponde a la bomba de paletas. De ella se estudia su función la cual es transformar la energía mecánica en energía hidráulica, unido a ello se trata sobre las principales bombas hidráulicas desarrolladas por la industria a través del tiempo. Bajo el principio de trabajo de dicha bomba se determinan las etapas que describen su perfil de funcionamiento. Luego de reconocer sus componentes se describe el procedimiento requerido para el desmontaje y montaje de la bomba de paletas (ver anexo B).

El tercer manual describe todo lo concerniente al motor de dos tiempos; iniciando con su definición seguida de una comparación detallada entre él y el motor de cuatro tiempos cuya diferencia radica en que éste realiza las cuatro etapas del ciclo termodinámico (admisión, compresión, expansión y escape), en dos

movimientos lineales del pistón. Para garantizar el éxito de la práctica se establecen los componentes principales y el funcionamiento de cada pieza, así como sus interacciones dentro del conjunto mecánico. Al finalizar se describe la forma adecuada de desarmar y armar éste conjunto mecánico (ver anexo C).

5.2 DUDAS ACERCA DEL MANUAL Y LA PRÁCTICA.

Es un corto espacio de tiempo que se les otorga a los estudiantes previos al desarrollo de la práctica o toma de datos, en el cual los estudiantes pueden indagar, presentar sus dudas y sugerencias sobre el tema al docente o auxiliar de laboratorio, éstas son las personas encargadas de resolver dichas dudas.

5.3 PRIMER CONTACTO DEL ESTUDIANTE CON LA PRÁCTICA.

Esta será la primera vez que el estudiante pueda tener a la mano los instrumentos con los que cuenta la práctica. Es importante que el estudiante se percate del perfecto estado con el que encuentra el material didáctico que le pertenece al banco de ajustes y tolerancias. Los componentes con los que se cuenta para esta sección de la práctica son: Banco de prácticas (ver figura 29), conjuntos mecánicos: bomba de paletas no compensada (ver figura 30) con su respectivo manual donde se encontrara información referente al conjunto, motor de dos tiempos utilizado en aeromodelismo (ver figura 31) , al igual que la bomba para este conjunto mecánico también se cuenta con un manual de información sobre él, manual de ajustes y tolerancias, herramientas de medición como lo son: calibrador pie de rey, micrómetro (ver figura 32) y por ultimo herramienta de montaje y desmontaje dentro de las cuales se encuentra: llave de apriete número tres cuartos y destornillador de estrella (ver figura 33).

Figura 29. Banco de prácticas



Figura 30. Conjunto mecánico bomba de paletas



Figura 31. Conjunto mecánico motor de dos tiempos



Figura 32. Instrumentos de medición



Figura 33. Instrumentos de arme y desarme



5.4 DESARME DE CONJUNTOS MECÁNICOS.

Es primordial que para el desarrollo adecuado de la práctica y debido a su propósito, el estudiante desarme los conjuntos mecánicos. Por lo tanto se crea un texto guía para los procesos de montaje y desmontaje de los dos conjuntos mecánicos, esto se hace con el fin de ahorrar tiempo y evitar que alguna de las piezas que componen dichos conjuntos se extravíe o se pierda durante el desarrollo de la práctica.

Este texto se encuentra dentro de los manuales de los respectivos conjuntos mecánicos en el capítulo 5.

5.5 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA Y TOMA DE DATOS.

En primer lugar, el estudiante tendrá una parte evaluativa dentro de la practica la cual consiste en dar solución a preguntas de selección múltiple y preguntas de falso y verdadero, este proceso es indispensable para comprobar si el estudiante leyó atentamente el manual de ajustes - tolerancias y también para identificar si

posee el conocimiento adecuado sobre tolerancias geométricas, tolerancias dimensionales, ajustes, aplicaciones de ajustes, metrología y normas técnicas colombianas para tolerancias geométricas.

La segunda parte de la experiencia es la aplicativa en donde el estudiante podrá poner en práctica la teoría de ajustes y tolerancias, para ello es necesario el calibrador pie de rey y el micrómetro. El estudiante trabajará los conceptos de aplicación de ajuste para que por medio de ellos pueda conocer las tolerancias dimensionales de los componentes de un ensamble, luego por medio de graficas dar a conocer cómo se comporta un ajuste, es decir, su holgura o su apriete y a su vez, por medio de pequeños cálculos llegar a la misma conclusión. Todas las medidas tomadas, cálculos hechos y dibujos diseñados quedarán plasmados dentro de la guía de laboratorio la cual contiene el proceso a detalle de lo que se debe hacer. El estudiante deberá llevar al lugar donde se realice la experiencia esta guía impresa y firmada con su nombre y código antes de dar inicio a la primera parte de la experiencia (ver anexo D).

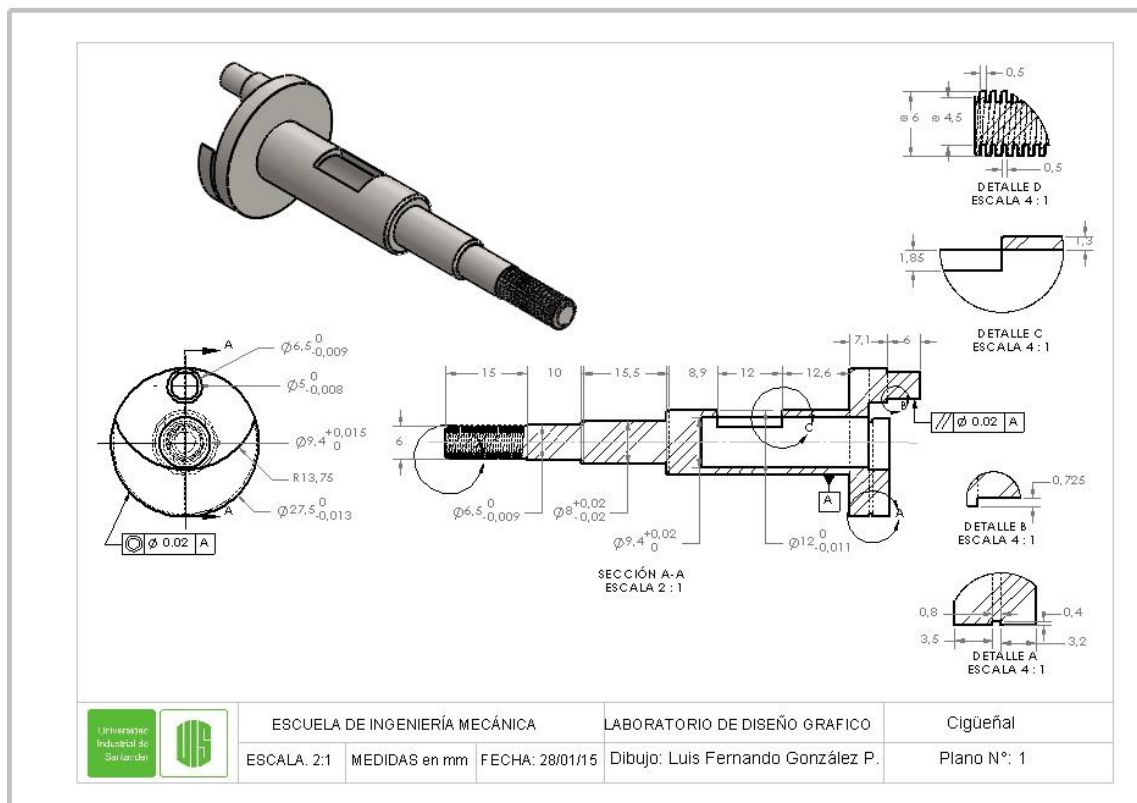
5.6 ENSAMBLE DE CONJUNTOS MECÁNICOS.

En esta etapa el estudiante deberá ensamblar de nuevo los conjuntos mecánicos y ordenarlos adecuadamente dentro del banco de trabajo, al igual debe organizar las herramientas con las cuales se trabajó, ubicarlas dentro de las gavetas que componen el banco de trabajo y por ultimo limpiar los textos en caso de que se hallan manchado para así proceder a guardarlos dentro de su respectiva gaveta. El proceso de ensamble de los conjuntos mecánicos se encuentra plasmado dentro de sus respectivos manuales capítulo 6. Así mismo será necesario disponer nuevamente de las herramientas con las cuales se desarmo.

5.7 REALIZACIÓN DE PLANOS EN LAS SALA C.A.D.

Para culminar con la práctica, el estudiante debe realizar un modelo mediante el software de dibujo SolidWorks de uno de los elementos del conjunto mecánico o elemento que corresponda a la práctica, además debe realizar el respectivo plano para cada pieza modelada, aplicando criterios de dibujo y de representación de tolerancias dentro del plano (ver figura 34).

Figura 34. Ejemplo de un plano acotado con tolerancias.



6. PRUEBA DE ENSAYO Y VERIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA IMPLEMENTADA EN LA PRÁCTICA

Luego de diseñar y construir la herramienta de aprendizaje sobre ajustes y tolerancias, fue preciso poner a prueba los componentes conceptuales preestablecidos en el diseño de la metodología, siendo estos; los manuales y guías de la práctica. Para el correcto desarrollo de la experiencia dentro del laboratorio, se toman como variables de diseño: el tiempo que requieren los estudiantes para la ejecución de la actividad, que el estudiante comprenda lo que se pide en las guías de la práctica, que las preguntas a realizar al inicio de la experiencia se encuentren debidamente formuladas con respecto al manual de ajustes y tolerancias, que el desarmado y armado de los conjuntos mecánicos sea el indicado y que el diseño de la práctica esté acoplado al plan de estudio del área de interés “DISEÑO GRAFICO”.

6.1 OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Establecer si el diseño de la práctica está acorde con el tiempo dispuesto para el desarrollo de la misma, siendo éste dos horas.
- Verificar si el contenido de la guía está acorde con los conceptos utilizados en el manual de ajustes y tolerancias.
- Considerar cambios en los manuales y guías, siguiendo las recomendaciones de los estudiantes que desarrollen la práctica.
- Verificar si se cuenta con los conjuntos mecánicos adecuados para el buen desarrollo de la experiencia.

6.2 SELECCIÓN DE ESTUDIANTES

Los estudiantes fueron seleccionados por el Ingeniero Ricardo Jaimes – docente encargado del área de Diseño Gráfico, siendo estos:

Valeria Bustamante – código del estudiante: 2132911

Víctor Andrés Parra – código del estudiante: 2132159

Luis Felipe Reyes – código del estudiante: 2132197

Sergio Augusto Peña – código del estudiante: 2132830

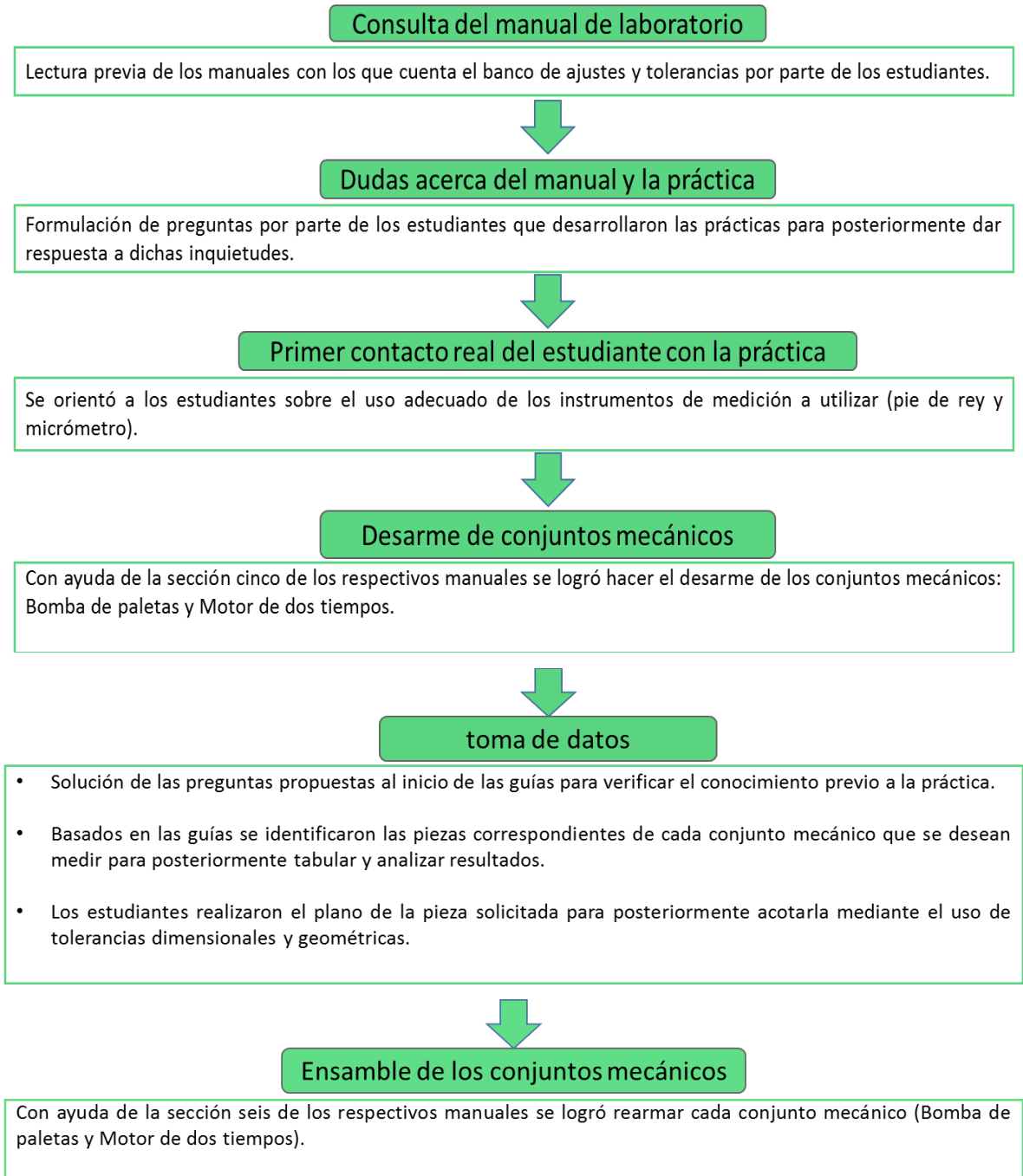
Los estudiantes anteriormente mencionados cursan tercer semestre de ingeniería mecánica en la Universidad Industrial de Santander sede principal.

6.3 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

La práctica se diseñó con dos guías que desarrollan los mismos conceptos sobre ajustes y tolerancias, una de ellas indica el desarme de una bomba de paletas y la otra el desarme de un motor de dos tiempos. Lo anterior con el fin de contar con material suficiente para intercambio semestral.

El procedimiento que se utilizó se muestra en la figura 35.

Figura 35. Desarrollo del procedimiento



Finalmente los estudiantes entregaron las guías resueltas.

6.4 REGISTRO FOTOGRAFICO DE PRACTICA PILOTO

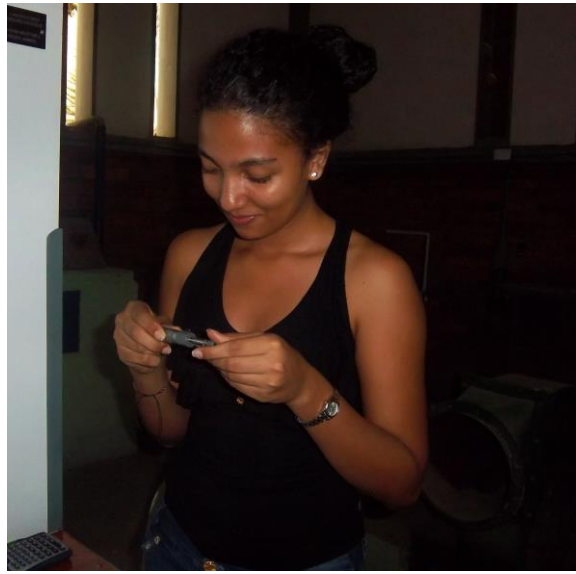
A continuación se adjunta el material fotográfico que muestra el procedimiento implementado en el desarrollo de la práctica y de los conjuntos mecánicos: Bomba de paletas y Motor de dos tiempos.

Figura 36. Elementos que conforman el laboratorio de ajustes y tolerancias



En la figura 37 se muestra una estudiante aprendiendo el buen uso de los instrumentos de medición.

Figura 37. Orientación sobre el uso de los instrumentos de medición



En la figura 38 se muestra a un estudiante respondiendo las de la guía.

Figura 38. Solución de preguntas al inicio de la guía.



Se da inicio al desarme de los instrumentos mecánicos (ver figuras 39 y 40).

Figura 39. Desarme de la bomba de paletas



Figura 40. Desarme y medición de piezas del motor de dos tiempos



En las imágenes 41 se muestra la medición piezas mecánicas y posterior análisis en las figuras 42 y 43.

Figura 41. Medición de las piezas que conforman la bomba de paletas



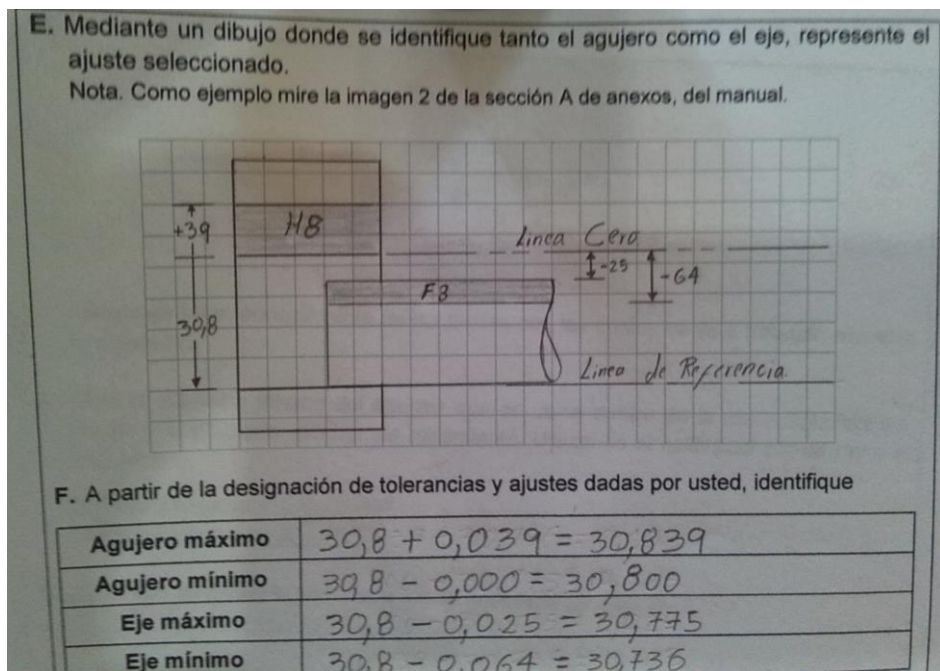
Figura 42. Tabulación y análisis de resultados



Figura 43. Bosquejo inicial de un ajuste



Figura 44. Representación final de un ajuste y sus tolerancias



En las figuras 45 y 46 se muestra la última etapa de la guía de laboratorio.

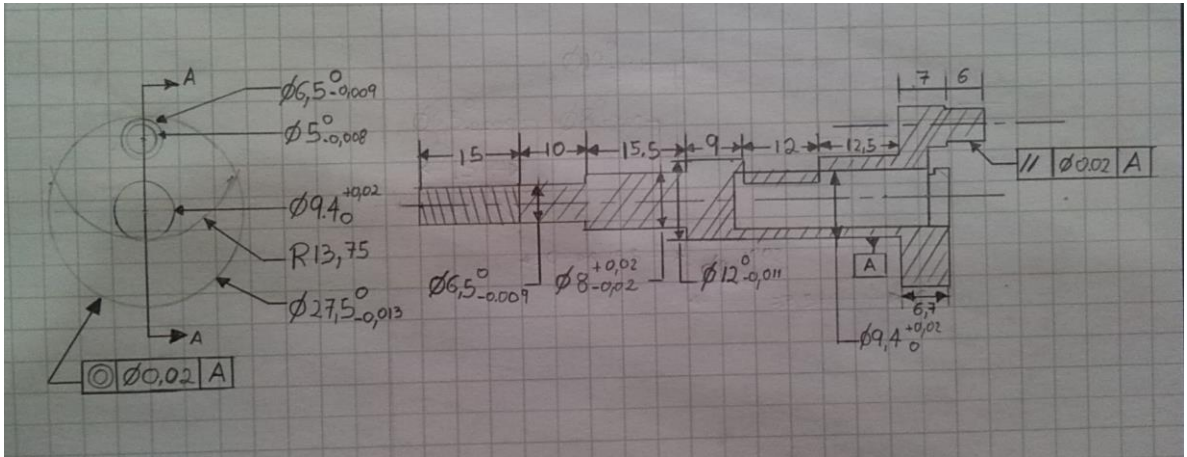
Figura 45. Medidas del cigüeñal del motor para posterior representación grafica



Figura 46. Medidas y representación gráfica de la placa de presión de la bomba de paletas



Figura 47. Plano final del cigüeñal del motor de dos tiempos



En las imágenes 48 y 49 se muestra los estudiantes armando los conjuntos mecánicos

Figura 48. Ensamble de bomba de paletas



Figura 49. Ensamble motor de dos tiempos



6.5 TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA PRÁCTICA

Ya que las dos prácticas se desarrollaron simultáneamente y la distribución del procedimiento es similar, se estipuló que el tiempo de desarrollo para cada etapa fue similar. A continuación se presenta la tabla 3 con el tiempo de duración de cada etapa.

Tabla 3. Tiempos de ejecución de cada etapa de las prácticas.

Etapas	Tiempo de ejecución (minutos)
Dudas y sugerencias.	10
Desarme del conjunto mecánico	5
Solución: primera parte de la guía.	16
Solución: segunda parte de la guía.	16
Solución: tercera parte de la guía.	33
Solución: cuarta parte de la guía. “plano”	30
Ensamble del conjunto mecánico	5

De la tabla anterior podemos verificar que al sumar el tiempo de duración de cada etapa se obtiene un tiempo total de 115 minutos, dando cumplimiento a uno de los objetivos de la práctica el cual dice que dicho tiempo debe ser inferior a dos horas. Así mismo se logra demostrar que la metodología implementada en el desarrollo de la práctica es la indicada, ya que los estudiantes hacen uso de los conocimientos adquiridos en clase de diseño gráfico.

Por parte de los estudiantes no se dio ningún comentario que conllevara a corregir alguna sección de la práctica, por el contrario ellos se mostrarón conformes con la metodología implementada ya que lograrón reforzar la teoría vista en clase.

Los conjuntos mecánicos con los que cuenta el banco permiten la aplicación experimental de los conceptos vistos en el área de diseño gráfico basados en ajustes y tolerancias. Así mismo cabe mencionar que la geometría y tamaño de las piezas que conforman los conjuntos es la adecuada ya que no presentan gran dificultad al momento de ser manipuladas y así mismo cualquiera de los integrantes del grupo puede encargarse de sostener la pieza al momento de medir.

6.6 QUIZ DE LA PRÁCTICA

Simultáneamente los estudiantes no seleccionados por el docente encargado respondieron las preguntas propuestas en las guías como quiz de conocimientos previos del tema.

Este procedimiento se hace para comprobar que las preguntas que anteceden a la práctica se encuentren debidamente formuladas y en correcta relación con el manual de ajustes y tolerancias.

A continuación se presentan las figuras 50 y 51 donde se puede apreciar el formato utilizado en dicho Quiz.

Figura 50. Formato frontal del quiz de ajustes y tolerancias


	
Nombre:	Código:
Seleccione la respuesta correcta	
1. ¿Cuánto equivale una micra en milímetros?	
a. 0.01 mm	
b. 0.001 cm	
c. 0.0001 mm	
d. 0.001 mm	
2. Según la norma colombiana NTC, las tolerancias geométricas las podemos dividir en:	
a. Tolerancias de planicidad, orientación, simetría y planitud.	
b. Tolerancias de forma, simetría, circular y alineación.	
c. Tolerancias de forma, orientación, localización y alineación.	
d. Tolerancias de planicidad, alineación, localización y paralelismo.	
3. ¿En qué momento se debe conocer, el ajuste que se le debe dar a dos a más piezas a ensamblar?	
a. se calcula o prevé antes de que las piezas sean fabricadas.	
b. Después de que las piezas se han fabricado.	
c. Durante el ensamble.	
d. Después de que las piezas se han ensamblado y están listas para ser usadas.	
4. ¿Entre que diferencias o medidas se encuentra comprendida la tolerancia dimensional?	
a. Medida mínima y línea cero.	
b. Medida mínima y medida máxima.	
c. Línea cero y medida máxima.	
d. Ninguna de las anteriores.	
5. ¿Para qué caso se considera que la tolerancia es bilateral?	
a. Cuando los valores de tolerancia tanto superior como inferior sean distintos a cero.	
b. Cuando solo un valor es distinto a cero.	
c. Cuando existe una diferencia entre la medida máxima y mínima.	
d. Tolerancia bilateral no existe.	
6. ¿En qué grupos podemos dividir los ajustes?	
a. Con juego, apriete y posición.	
b. Con apriete e incierto.	
c. Con juego e incierto.	
d. Con juego, apriete e incierto.	
7. ¿La holgura mínima del eje se define como?	
a. El grado de unión mínimo entre dos piezas.	
b. La diferencia dimensional entre el máximo valor de medida del agujero y el mínimo valor de medida del eje.	
c. El grado de separación máximo entre dos piezas	
d. La diferencia dimensional entre el máximo valor de medida del eje y el mínimo valor de medida del agujero.	

Figura 51. Formato posterior de quiz de ajustes y tolerancias

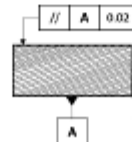


8. ¿A qué tolerancias pertenecen estos símbolos? Completar en las cajas vacías con los nombres de las propiedades toleradas por estos símbolos.



Responda falso o verdadero a cada una de las siguientes afirmaciones

- | | Falso | Verd. |
|--|-------|-------|
| 1. Medida nominal es la medida real con que queda la pieza después de su fabricación. | () | () |
| 2. Se podría lograr la intercambiabilidad en la fabricación de piezas, si se acaban todas las piezas dentro de unas medidas matemáticamente exactas. | () | () |
| 3. El valor de la tolerancia se representa mediante una letra y un valor, la letra puede ser mayúscula o minúscula dependiendo del caso. Si se trata de una letra minúscula, las tolerancias están referidas a un agujero. | () | () |
| 4. Un ajuste se puede generar solo con un elemento o pieza mecánica | () | () |
| 5. Sistema agujero único y sistema eje único, son estos sistemas de referencia para los ajustes. | () | () |
| 6. Tolerancia es la variación entorno a la medida nominal dentro de la cual ha de quedar en la práctica cualquier valor de fabricación, para que ésta mantenga calidad e intercambiabilidad. | () | () |
| 7. Las Tolerancias de forma limitan las diferencias admisibles de un elemento con respecto a su forma ideal geométrica. | () | () |
| 8. La designación 30H7/m6 corresponde al ajuste entre un eje 30H7 y un agujero 30m6 | () | () |
| 9. Observe la disposición que se le da a la tolerancia geométrica de la siguiente figura, ¿se encuentra bien representada? | () | () |



La tabla 4 corresponde a la tabulación de notas obtenidas por los estudiantes que presentaron el quiz.

Tabla 4. Notas del quiz de ajustes y tolerancias

APELLIDO	NOMBRES	CÓDIGO	NOTA
Agredo	Diego	2132195	4,3
Arciniegas	Kevin Yesid	2130402	4,8
Arias	Carlos Junior	2132177	4,0
Carbonó	Nathalie	2132181	3,8
Corredor	Andrés Felipe	2132183	3,6
Hernández	Andrés Felipe	2132795	4,5
Hernández	Cristian Andrés	2132139	3,6
Jaimes	Jose Andrés	2132134	3,3
Maldonado	Javier	2132142	4,3
Molina	Harold Albeiro	2130461	4,3
Monsalve	Oscar Leonardo	2132151	3,6
Sarmiento	Raúl	2130481	3,1
Sierra	Kevin Alfonso	2130444	3,8
Velandia	Yeison Miguel	2132167	5,0

De lo anterior, podemos concluir que las preguntas de la guía de laboratorio se encuentran debidamente formuladas ya que su solución no presento mayor dificultad en los estudiantes y ningún de ellos obtuvo una calificación por debajo de 3,0 para un promedio final superior a 4,0.

5. RECURSO DIGITAL

Como complemento a la metodología expuesta en este proyecto, surge la necesidad de plantear y diseñar un video tutorial en el software de dibujo SolidWorks, éste con el fin de motivar al estudiante en el manejo de la herramienta Cad y reforzar los conocimientos en temas como: ajustes, tolerancias geométricas y tolerancia dimensional.

El video tutorial enseña a manejar algunas de las herramientas con las cuales cuenta éste software y que son útiles al momento de acotar planos con representación de ajustes y tolerancias.

El video tutorial cuenta con:

- **Parte conceptual.** Consta con su respectiva presentación al tema a tratar, seguido de un pequeño marco conceptual con el cual se puede dar a entender:
 - La importancia de las tolerancias en la industria y el concepto general de tolerancia.
 - Como las máquinas están constituidas por diversos ajustes y la clasificación de ajustes en la industria.

- **Entorno tridimensional.** En esta sección del video, se encuentra el cigüeñal del motor de dos tiempos diseñado en SolidWorks. Tomando como base esta pieza, se procede a explicar la importancia y el uso de la herramienta de acotado rápido “esquema de acotación automática” la cual se ubica dentro de la pestaña “TolXpertManager”.

Posterior a ello se explica el correcto uso de la herramienta “DimXpert” la cual se utiliza para editar los valores de desviación de la tolerancia dimensional.

- **Entorno plano.** Se observa un sólido hecho a conveniencia con sus respectivas vistas, se procede a acotarlo utilizando la herramienta “Cota inteligente” luego de ello se editan los valores de desviaciones de tolerancia. Por último se explica el uso de las herramientas “tolerancia geométrica” y “símbolo de indicación de referencia” y se procede a acotar el plano con el uso de estas tolerancias geométricas.

El video tutorial “ajustes y tolerancias en SolidWorks” se deja como anexos digitales en cd del proyecto.

6. CONCLUSIONES

Se dio cumplimiento a los objetivos propuestos en el marco de desarrollo sobre el tema de ajustes y tolerancias, mediante el diseño y construcción de una herramienta de aprendizaje destinada al laboratorio de diseño gráfico.

Gracias al desarrollo del presente proyecto, se logra generar un material capaz de facilitar la destreza en los estudiantes de ingeniería mecánica a la hora de adquirir y asimilar nuevos conocimientos, que les permitirán dar soluciones prácticas al momento de enfrentarse y adaptarse a futuras situaciones de diseño.

Se desarrolló el material académico necesario como referencia de la práctica. El cual consta de: parte teórica sobre los conjuntos utilizados – ajustes y tolerancias, manual para la solución de la práctica y material audio visual.

Se observó que los estudiantes mostraron un mayor interés en el aprendizaje, debido al contacto real con los diferentes elementos mecánicos propios para la medición y el posterior análisis de los ajustes y tolerancias. Los estudiantes aseguran que mediante ésta metodología les resulta más fácil aclarar los conceptos adquiridos en clase.

7. RECOMENDACIONES

Se sugiere que el docente a cargo del laboratorio, asigne un auxiliar capacitado para formular y responder preguntas o inquietudes que puedan surgir a lo largo de la experiencia y que además, cuente con conocimientos previos en metrología, para que éste pueda orientar correctamente a los estudiantes sobre el manejo de los instrumentos de medición.

Con el fin de prevenir posibles fraudes se recomienda que la persona encargada haga pleno aprovechamiento de las dos guías con las que dispone el banco de ajustes y tolerancias, utilizando en un semestre la guía para la bomba de paletas y en el siguiente semestre la guía del motor de dos tiempos.

Para que el aprovechamiento del laboratorio de diseño gráfico por parte de los estudiantes de la escuela de Ingeniería Mecánica sea máximo, es recomendable que siempre se siga el procedimiento diseñado, dispuesto dentro de la guía de laboratorio.

Es preciso que los estudiantes realicen una lectura previa a los capítulos 5 y 6 de los manuales que acompañan cada conjunto mecánico, para que, en el momento de desarmar y ensamblar piezas ninguna se extravié o se dañe.

BIBLIOGRAFÍA

ARENAS, Enoc Y LEÓN, José. Diseño y construcción de una herramienta de aprendizaje en el área de ejes-árboles y transmisión de potencia por elementos flexibles. Bucaramanga 2012. Trabajo de grado (Ingeniería Mecánica) Universidad industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica.

BLANCO, Ana. Normas técnicas para dibujo técnico. Bogotá.: Universidad Piloto de Colombia. 42 p.

CALDUCH, Eduard y otros. Prácticas de laboratorio. Ingeniería de procesos de fabricación. Cataluña.: Universidad Politécnica de Cataluña. 55 p.

CHEVALIER, A. Dibujo industrial. Traducido por Mariano Domingo Padrol. París.: Limusa, 2011. 320 p. ISBN 978-968-18-3948-2.

DURÁN MARTÍNEZ, Álvaro Javier- MORA JAIMES, Hernán Darío. Diseño para el montaje y desarrollo del laboratorio de diseño gráfico. 3aparte: Manual y diseño de prácticas. Bucaramanga 2011. Trabajo de grado (Ingeniería Mecánica) Universidad industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica.

FERNÁNDEZ, José. Gestión del diseño mecánico. Oviedo.: Universidad de Oviedo, 2013. 73 p.

GÓMEZ, Jorge, ROMERO, Javier y SAUZA, Wilver. Dimensionado y tolerado geométrico en las normas técnicas colombianas. Medellín.: Universidad Nacional de Colombia, 2002. 33 - 45 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION.
Tolerancia de dimensiones lineales y angulares. Dibujo técnico. NTC-1722.
Bogotá: El instituto, 2001.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION.
Tolerancias geométricas. Dibujo técnico. NTC-1831. Bogotá: El instituto, 2001.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION.
Tolerancias geométricas. Dibujo técnico. NTC-1831. Bogotá: El instituto, 2001.

JIMENES B, Luis. Prontuario de ajustes y tolerancias. Barcelona.: Alfaomega grupo editor, 1996. 268 p. ISBN 970-15-0178-0.

MAJANA C, Luis F. Ajustes y tolerancias. 1 ed. Cartagena de Indias.: Universidad Tecnológica de Bolívar, 2008. 103 p. ISBN 97703-1-2.

ROJAS, Hernán. Tolerancias y ajustes. Bucaramanga.: Universidad Industria de Santander, 1989.

TERNIUM. Tolerancias y ajustes. Manual de contenido del participante. 84 p. TX-TMP-0003.

ANEXOS

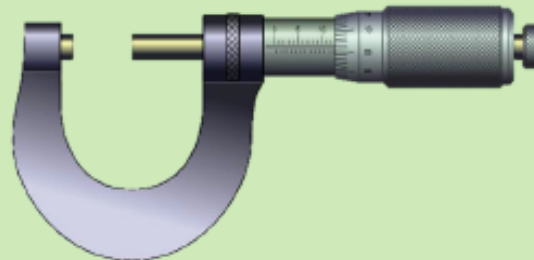
ANEXO A: MANUALES DE AJUSTES Y TOLERANCIAS

**[NOTA LOS ANEXOS PUEDEN SER CONSULTADOS EN
BIBLIOTECA UIS – SALA BASE DE DATOS]**

Escuela de
ingeniería
mecánica

MANUAL DE AJUSTES Y TOLERANCIAS

Practica de ajustes y tolerancias





MANUAL DE AJUSTES Y TOLERANCIAS

PRACTICA DE AJUSTES Y TOLERANCIAS

LUIS FERNANDO GONZÁLEZ PULIDO

**FACULTA DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Bucaramanga, Enero de 2015

CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. TOLERANCIAS	5
2.1 ¿QUÉ ES LA TOLERANCIA?	5
2.1.1 Representación de la tolerancia.....	10
2.1.2 Calidad o grado de acabado.....	13
2.2 TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS.....	22
2.2.1 Clases de tolerancias de forma y posición.....	23
2.2.2 Anotación de las tolerancias de forma y posición.....	24
3. AJUSTES	32
3.1 ¿QUÉ ES UN AJUSTE?.....	32
3.1.1 Sistemas de ajustes.....	34
3.1.2 Clases de ajustes.....	37
3.1.3 Representación de los ajustes.....	48
3.1.4 Calidades de ajustes.....	49
3.1.5 Aplicación de los ajustes.....	51
4. METROLOGÍA.....	57

4.1 MAGNITUDES.....	57
4.2 SISTEMA DE UNIDADES.....	57
4.3 INSTRUMENTOS DE MEDIDA.....	57
4.4 MEDIR.....	57
4.4.1 Medida directa e medida indirecta.....	57
4.5 COMPARAR.....	59
4.6 VERIFICAR.....	60
4.7 INSTRUMENTOS DE MEDIDA DIRECTA DE LONGITUDES.....	60
4.7.1 Cinta Métrica y Regla.....	61
4.7.2 Pie de rey universal.....	61
4.7.3 Micrómetro.....	63
5. LAS NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS EN TOLEREANCIAS GEOMÉTRICAS.....	67
5.1 PROCESO DE NORMALIZACIÓN SEGUIDO POR ICONTEC.....	67
5.1.1 Estudio prenormativo.....	67
5.1.2 Fase de anteproyecto.....	68
5.1.3 Periodo de consulta previa.....	68
5.1.4 Etapa de post consulta pública.....	68
5.1.5 Estudio por parte del consejo técnico.....	68
5.1.6 Ratificación de la norma por parte del consejo directivo.....	68
6. BIBLIOGRAFIA.....	71

1. INTRODUCCIÓN

En la época clásica la habilidad de la mecánica y el buen juicio del operario eran los factores básicos en la ejecución de un trabajo, pero por el crecimiento y aumento de la demanda de productos industriales se ha impuesto la necesidad de sustituir el carácter artesanal de los trabajos por métodos y sistemas dinámicos que permiten acelerar de forma significativa y competitiva el ritmo de producción, esto conlleva a una racionalización total de las fabricaciones en cuanto al dimensionamiento de sus productos.

Sin embargo, tal incremento de la producción y así como la posibilidad de intercambiar piezas, no hubiera sido posible, sino se hubiera implantado un sistema de medición normalizado internacional.

Gracias a este sistema normalizado aceptado por la gran mayoría de los países, los costos de producción y así también como los de mantenimiento, se han reducido notablemente por las ventajas que conlleva la fabricación en serie y la facilidad de intercambio de piezas en los procesos de reparación.

Los objetivos de este manual se orientan al cumplimiento de los siguientes puntos:

- Aplicar y reconocer las tolerancias en elementos mecánicos.
- Aplicar y reconocer los ajustes en conjuntos mecánicos.
- Conocer que normas técnicas colombianas hablan sobre tolerancias.
- Aprender a utilizar cotas con tolerancia en dibujos de detalle.

2. TOLERANCIAS

¿Cómo podemos lograr la intercambiabilidad?

La intercambiabilidad en la fabricación podríamos lograrla, técnicamente acabando todas las piezas a unas medidas matemáticamente exactas y escogidas de tal forma que entre las partes a encajar, hubiese una diferencia de dimensiones correspondiente a las condiciones de ajuste requeridas.

Sin embargo, esto es inaplicable en la práctica. ¿Por qué? porque es materialmente imposible construir una pieza cuyas dimensiones sean matemáticamente exactas o iguales a un valor prefijado.

Por lo tanto, la intercambiabilidad debe lograrse por otro camino: se deben fijar unos límites a las dimensiones reales que pueden tener las piezas que forman un acoplamiento y mediante una adecuada elección de estos límites se logra que los ajustes entre cualquier par de piezas respondan a las exigencias requeridas.

2.1 ¿QUÉ ES LA TOLERANCIA?

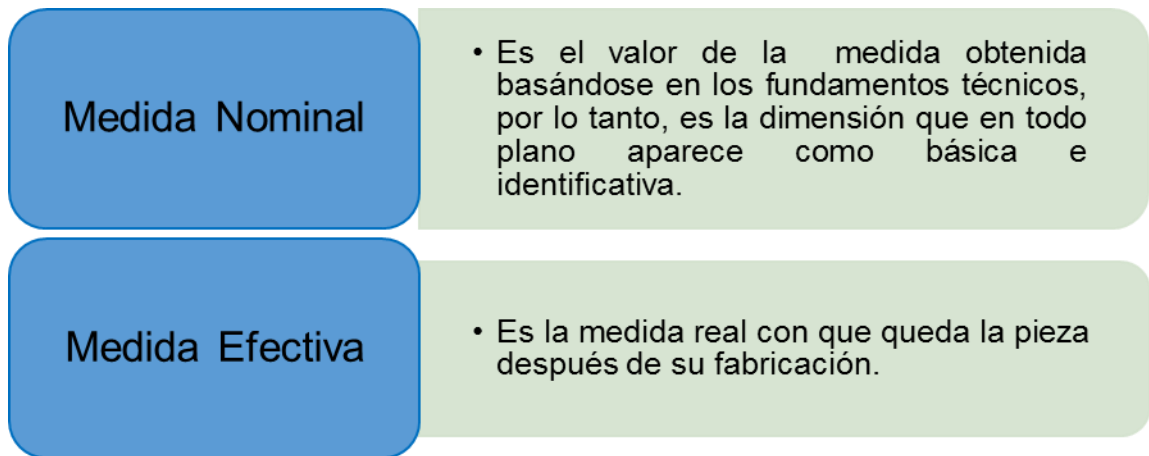
Tolerancia:

- Es la variación en torno a la medida nominal dentro de la cual ha de quedar en la práctica cualquier valor de fabricación, para que ésta mantenga calidad e intercambiabilidad.

La **tolerancia dimensional** está comprendida entre las desviaciones o diferencias:

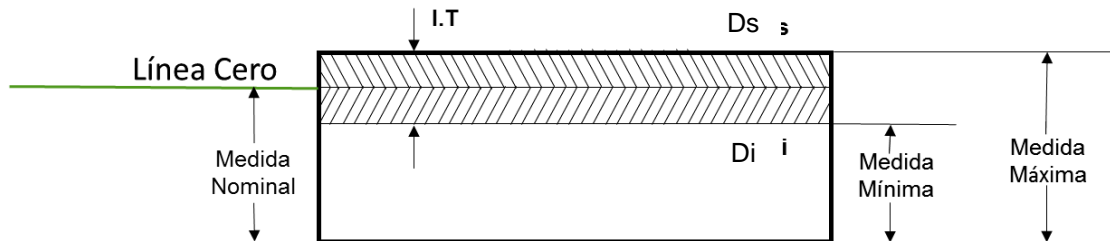
- **Desviación o diferencia inferior:** indica la **medida mínima** que puede tener la dimensión.
- **Desviación o diferencia superior:** indica la **medida máxima** que puede tener la dimensión.

Para el estudio de las tolerancias, el límite inferior se puede representar por las letras **D_i** y el límite superior, por las letras **D_s** .



Observémoslo la figura 1:

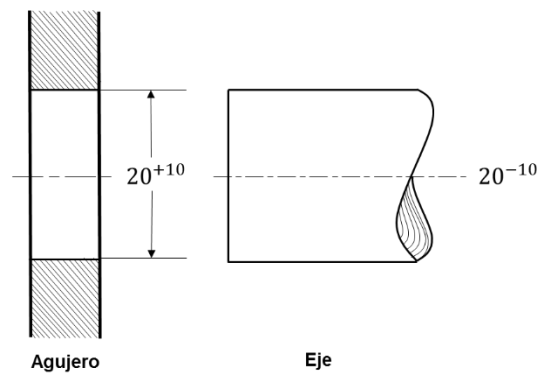
Medida nominal



El grado de ajuste de un encaje se caracteriza por la diferencia entre la dimensión efectiva de la pieza hembra (agujero) y la dimensión efectiva de la pieza macho (eje).

Si quisiéramos que 100 ejes entraran en el mismo agujero, estableceríamos por norma que el agujero se fabricara con 10 milésimas de milímetro más grande que la medida nominal, y que los ejes se rectificaran con 10 milésimas de milímetro más chicos. Esto se representa de la siguiente manera, ver figura 2:

Ejemplo de fabricación de ejes



Lo que hace es permitir una variación en la medida nominal para asegurar que los ejes pasen. Es decir, se está dando una “tolerancia”.

Cuando las tolerancias se dan a medidas acotadas en milímetros, se recomienda hacerlas en milésimas de milímetros (mm). Ésta medida se conoce como micra y se representa con el siguiente signo:

$$\text{Micra} = \mu = 0.001 \text{ mm}$$

Las tolerancias se acostumbra escribirlas delante de la medida nominal. En el caso de los agujeros se escribe arriba y, si son ejes, abajo. Se pueden indicar con números enteros o con decimales. Por ejemplo:

$$\text{Agujero} = 20^{+10} = 20^{+0.010}$$

$$\text{Eje} = 20_{-10} = 20_{-0.010}$$

Si tomamos una de las supuestas 100 piezas y la medimos con un micrómetro, lo que obtenemos, es la “**Medida Real**”, que podría ser:

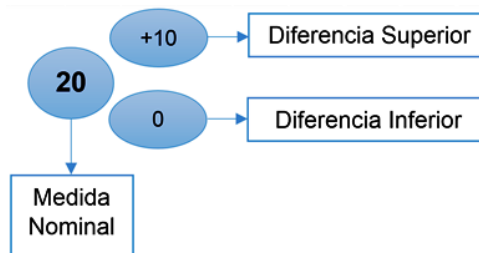
$$\text{Medida Real } (M_T) = 19.995$$

La diferencia entre la medida nominal y la real se conoce como “**Diferencia Real**”.

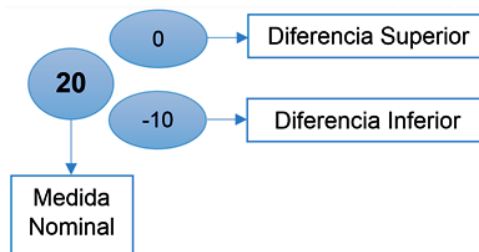
$$\text{Diferencia Real } (D_R) = \text{Medida Nominal} - \text{Medida Real}$$

Cuando la tolerancia solo tiene un valor, se la conoce como “**Tolerancia Unilateral**”, y el otro valor se considera cero (ver figura 3 y 4).

Tolerancia unilateral para el agujero

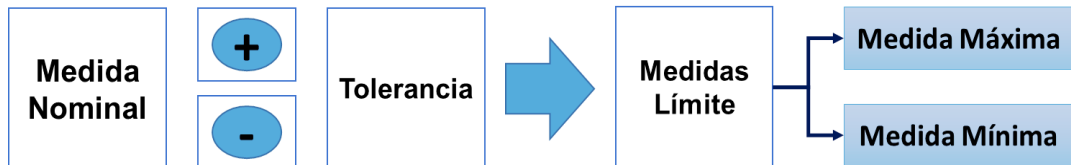


Tolerancia unilateral para el eje



Si sumamos o restamos las tolerancias a la medida nominal, obtenemos las “**Medidas Límite**”, que son dos para cada acotación: **Medida Máxima** y **Medida Mínima** (ver figura 5).

Medidas límite, máxima y mínima



Observemos como obtener las dos medidas máxima y mínima para un agujero y para un eje:

Medidas máxima y mínima

Agujero	$= 20^{+10} = 20^{+0.010}$
AGUJERO	
Medida Nominal	= 20 mm
Medida Máxima	= 20 mm + 0.010 mm = 20.010 mm
Medida Mínima	= 20 mm + 0.000 mm = 20.000 mm

Eje	$= 20_{-10} = 20_{-0.010}$
EJE	
Medida Nominal	= 20 mm
Medida Máxima	= 20 mm - 0.000 mm = 20.000 mm
Medida Mínima	= 20 mm + 0.010 mm = 19.990 mm

La diferencia entre la medida máxima y la medida mínima es el “**Campo de Tolerancia**” o simplemente la “**Tolerancia**”.

Además de la tolerancia unilateral, existe la “**Tolerancia Bilateral**”, que es cuando la diferencia superior e inferior son distintas de cero. También se puede dar el caso que las dos magnitudes sean iguales.

Magnitudes Diferentes

$\varnothing 20_{-5}^{+10}$

Magnitudes Iguales

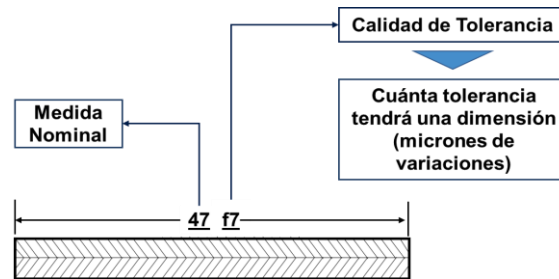
$\varnothing 20^{\pm 10}$

2.1.1 Representación de la tolerancia. Hasta aquí, hemos visto qué es una tolerancia, su importancia en la industria y cómo están representadas.

Ahora veremos cómo las tolerancias están acotadas en los planos.

- **Tolerancias indicadas por símbolos ISO.** Una medida con tolerancia tiene la representación normalizada como se muestra en la figura 6.

Representación Normalizada de una medida con tolerancia



Analicemos cada uno de estos caracteres y su influencia en la medida final de esta cota.

Empecemos con 47, que es la **Medida Nominal**, la medida que teóricamente debe tener esta dimensión y a partir de la cual se da la tolerancia.

Ahora veamos qué significa el número **7** que está después de la letra **f** (esta letra la analizaremos más adelante). Este número representa la **Calidad de Tolerancia** (no tiene nada que ver con la calidad de terminado superficial) además influye en forma directa en cuánta tolerancia tendrá una dimensión; es decir, cuántas milésimas podrá variar la medida de una pieza. Se dice en micrones de variación porque es la unidad de medida usada en tolerancia (1 milésima o micrón = 0.001 mm). Antes de ver su influencia en la tolerancia, digamos que las calidades de tolerancia son 18 y van desde 0.1 hasta 16.

Hasta la calidad 4 se usan para calibres de comparación, bloques patrón, espejos, etc. Desde la 5 hasta la 12, se utilizan para piezas de uso industrial que se van a vincular con otras, ya sea con precisión muy alta o acabados bastos, y desde la 13 a la 16, tenemos calidades para piezas sueltas, es decir, que no se van a ensamblar con otras.

Observemos la tabla 2 con las calidades de tolerancia y sus usos más frecuentes:

Calidades de Tolerancia y sus usos más frecuentes

CALIDAD DE TOLERANCIA	USO MÁS FRECUENTE
0.1 0 1 2 3 4	Calibre de comparación Bloques patrón Espejos, etc.
5 6 7 8 9 10 11 12	Piezas de uso industrial que se unirán con otras
13 14 15 16	Piezas sueltas

Finalmente, podemos decir que, aunque los constructores pueden escoger las tolerancias que deseen para sus fabricaciones para la elaboración de piezas que forman ajustes, la industria por lo general toma las siguientes tolerancias.

Calidades comunes en la fabricación de piezas

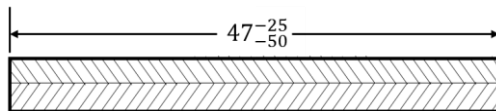


• **Tolerancias indicadas por desviaciones.** Los elementos de la cota con tolerancias se anota en el orden siguiente:

a. Valor nominal

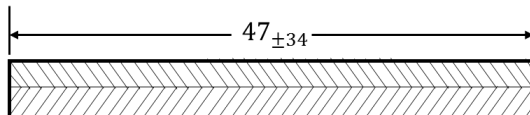
b. Valores de las diferencias o desviaciones. Se anota la desviación superior en la parte alta y la desviación inferior en la parte baja, sea que se trate de un eje o de un agujero (ver figura 8).

Tolerancia indicada por desviaciones



• **Tolerancias situadas simétricamente.** Si la tolerancia está dispuesta simétricamente con relación al valor nominal, el valor de la desviación se escribe una sola vez precedido del signo \pm (ver figura 9).

Tolerancia indicada simétricamente



2.1.2 Calidad o grado de acabado. Los números en la denominación de las tolerancias indican la **Calidad o Grado de Acabado**. En los sistemas de normas se consideran 18 calidades de trabajo, como podemos ver en la tabla 3:

Valores numéricos de las tolerancias fundamentales

DIAM (mm) CALL	0,1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	5	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
>3 hasta 6	0,4	0,5	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
>6 hasta 10	0,4	0,5	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	35	58	90	150	220	360	580	900
>10 hasta 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
>18 hasta 30	0,6	1	1,5	2,5	4	5	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
>30 hasta 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
>50 hasta 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
>80 hasta 120	1	1,5	2,5	4	8	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
>120 hasta 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
>180 hasta 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
>250 hasta 315	2,5	4	6	8	12	18	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
>315 hasta 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
>400 hasta 500	4	5	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

Ultra-
precisión

Calibre y piezas
de gran
precisión

Piezas o elementos
destinados a ajustar

Piezas o elementos
que no han de ajustar

En la tabla 3, podemos ver varios valores que se encuentran encerrados con color. Veamos cómo analizarlos.

Antes de comenzar con el análisis de los ejemplos, debemos decir que los valores de calidad que van del 0,1 al 16 indicarán la cantidad de micrones de tolerancia que tiene una pieza. Además, estos valores, a medida que suben, significa que la calidad disminuye. Es decir, por ejemplo, 12 es peor calidad que 3.

Ahora sí, comencemos con el análisis.

Observemos, primeramente, los cuadros en color gris. Para las medidas nominales que están entre 30 mm hasta 50 mm, elegimos 47 mm. Y esta medida con calidad 7 vemos que tiene 25 micrones de tolerancia. En cambio, si 47 mm tuviera calidad 5, entonces su tolerancia sería de 11 micrones. Y, finalmente, si 47 mm tuviera calidad 10, tendría 100 micrones de tolerancia.

De estos ejemplos podemos deducir que a medida que baja la calidad la cantidad de tolerancia sube.

Observemos ahora los recuadros en azul. Si dejamos fija una calidad, por ejemplo la calidad 12, a medida que las dimensiones nominales suben también suben las tolerancias en micrones. Por ejemplo, 8 mm con calidad 12 tiene 150 micrones de tolerancia, 330 mm con calidad 12 tiene 570 micrones de tolerancia.

¿Qué conclusión podemos sacar de estos ejemplos?

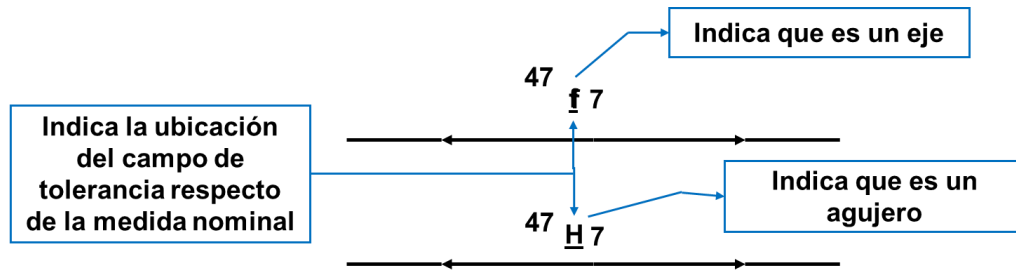
Podemos afirmar que la cantidad de tolerancia que tiene una determinada magnitud depende de 2 factores:

De la medida nominal	<ul style="list-style-type: none">• A mayor medida, más tolerancia y viceversa
De la calidad de la tolerancia	<ul style="list-style-type: none">• A peor calidad, más tolerancia y viceversa

Ahora falta analizar la letra **f** en la notación **47 f7**. La letra en la representación de la tolerancia, puede ser minúscula (como en este ejemplo), pero también puede ser mayúscula. Si se trata de una minúscula, las tolerancias están referidas al eje. Si, en cambio, la letra es mayúscula, se están refiriendo al agujero.

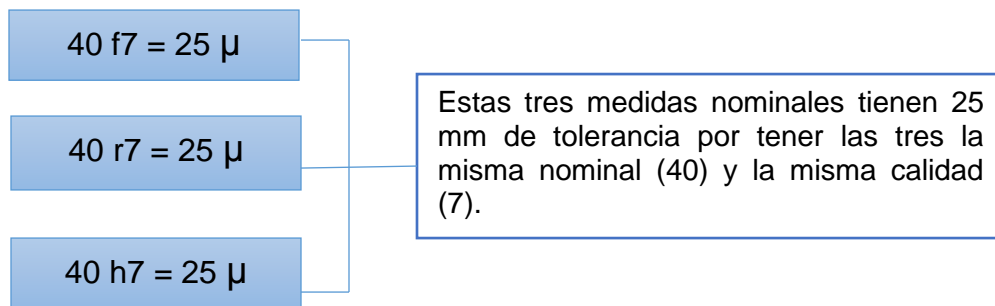
La letra es la encargada de ubicar el campo de tolerancia con respecto a la medida nominal. Quiere decir que de acuerdo a qué letra tenga la medida, esto determina cómo estarán ubicadas las tolerancias, y qué medidas máxima y mínima pueden resultar para esa medida nominal.

Representación normalizada de una medida con tolerancia.



Veamos los siguientes ejemplos: ¿Por qué tienen todos los mismos valores de tolerancia?

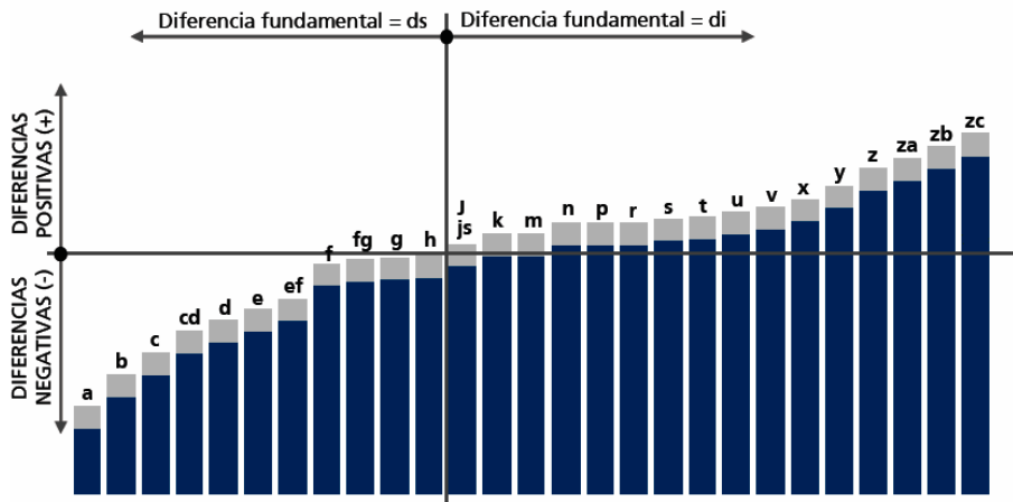
Tolerancias con valores similares.



Sin embargo, al tener diferente letra, van a tener diferente ubicación del campo de tolerancia respecto a la medida nominal.

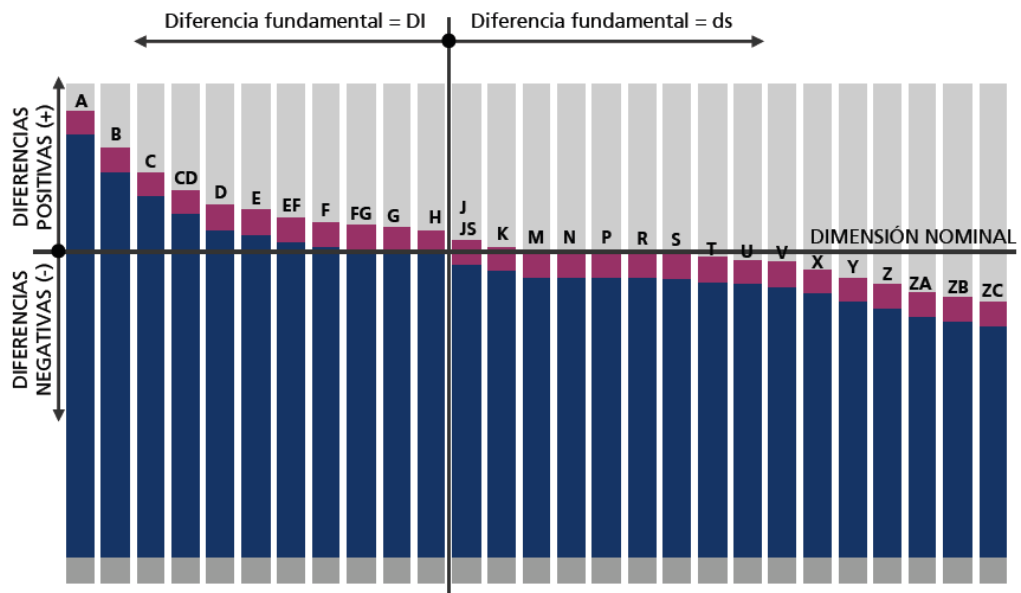
En las figuras 12 y 13, vemos cómo cada letra, ya sea mayúscula o minúscula, ubica el campo de tolerancia con respecto a la medida nominal.

Posición del intervalo de la tolerancia según la letra para los ejes



Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

Posición del intervalo de la tolerancia según la letra para los agujeros

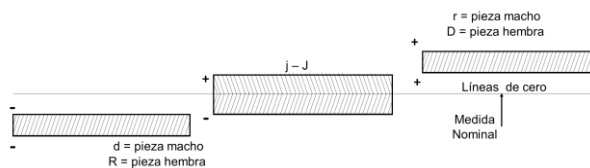


Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

De las dos figuras anteriores podemos observar lo siguiente:

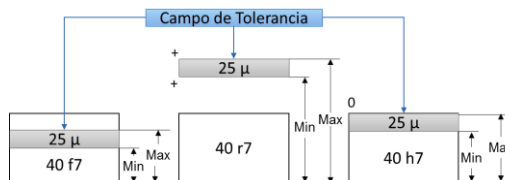
- Hay letras que ubican el campo de tolerancia por debajo de la medida nominal. Por ejemplo, la “d”, en el caso de pieza macho, y la “R”, para el caso de pieza hembra.
- También hay letras que ubican el campo de tolerancia por arriba de la nominal. Por ejemplo, la “E”, para pieza hembra, y “r”, para pieza macho.
- Además, hay letras que ubican el campo de tolerancia sobre la nominal. Por ejemplo, la “j”, tanto para el eje como para el agujero. Observemos el ejemplo en la figura 14:

Tolerancia j para eje y agujero



Luego de esto, y volviendo a los ejemplos planteados ($40 f7$; $40 r7$; $40 h7$), los representamos gráficamente y tendremos (ver figura 15).

Campo de tolerancias



Podemos observar cómo cambian las medidas máximas y mínimas según dónde esté ubicado el campo de tolerancia.

Si bien hemos dicho que las letras ubican el campo de la tolerancia, todavía nos hace falta saber a qué distancia lo ubica.

Es decir, sabemos que las letras ubican el campo de tolerancia por abajo, por arriba o sobre la nominal, pero ¿A qué distancia está **f** con respecto a la medida nominal?

Las tablas de tolerancia tienen una columna con las medidas nominales y filas con letras mayúsculas y minúsculas con diferentes calidades. Una vez ubicada la medida nominal, se busca la letra con la calidad, y se sacan las tolerancias.

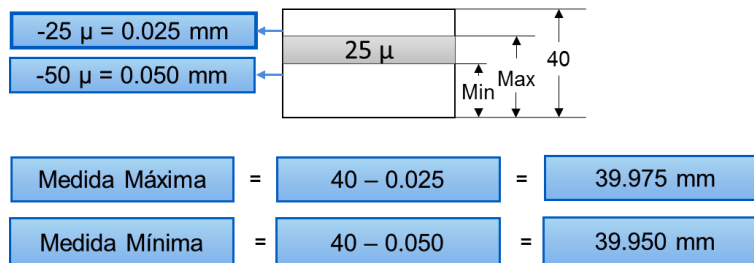
Por ejemplo, si queremos buscar las tolerancias para **40 f7**, tenemos lo siguiente (ver tabla 4).

Tabla de valores de tolerancia

Grupos de dimensiones en mm	Símbolo de tolerancias							
	e7	e8	e9	f4	f5	f6	f7	f8
>0	-14	-14	-14	-6	-6	-6	-6	-6
≤3	-24	-28	-39	-9	-9	-12	-16	-20
>3	-20	-20	-20	-10	-10	-10	-10	-10
≤6	-32	-38	-50	-14	-15	-18	-22	-28
>6	-25	-25	-25	-13	-13	-13	-13	-13
≤10	-40	-47	-61	-17	-19	-22	-28	-35
>10	-32	-32	-32	-16	-16	-16	-16	-16
≤14	-50	-59	-75	-21	-24	-27	-34	-43
>14								
≤18								
>18							-20	-20
≤24			-40	-20	-20		-41	-20
>24			-92	-26	-29			-53
≤30								
>30					-25			
≤40	-50	-50	-50	-25	-25	-25	-25	-25
>40	-75	-89	-112	-32				
≤50							-50	-64

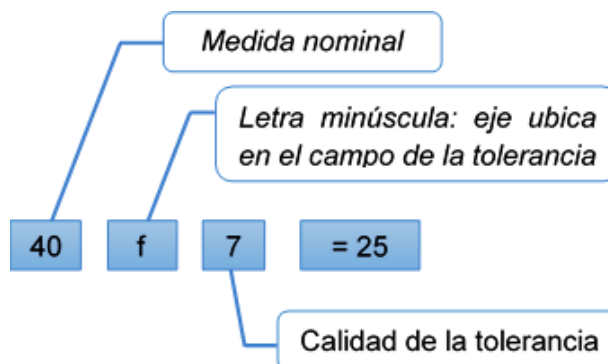
Esto quiere decir que para 40 f7 tendremos, ver figura 16.

Tolerancia 40 f7



De esta manera podemos, con la ayuda de la tabla, averiguar a qué distancia de la medida nominal se encuentra el intervalo de tolerancia de 40 f7.

Tolerancia 40 f7 según la tabla



Las tablas de tolerancias las podrá encontrar en los anexos de este texto.

- **Simbología de tolerancias en un plano.**

Observemos, en el siguiente plano, algunos ejemplos de simbología de las tolerancias:

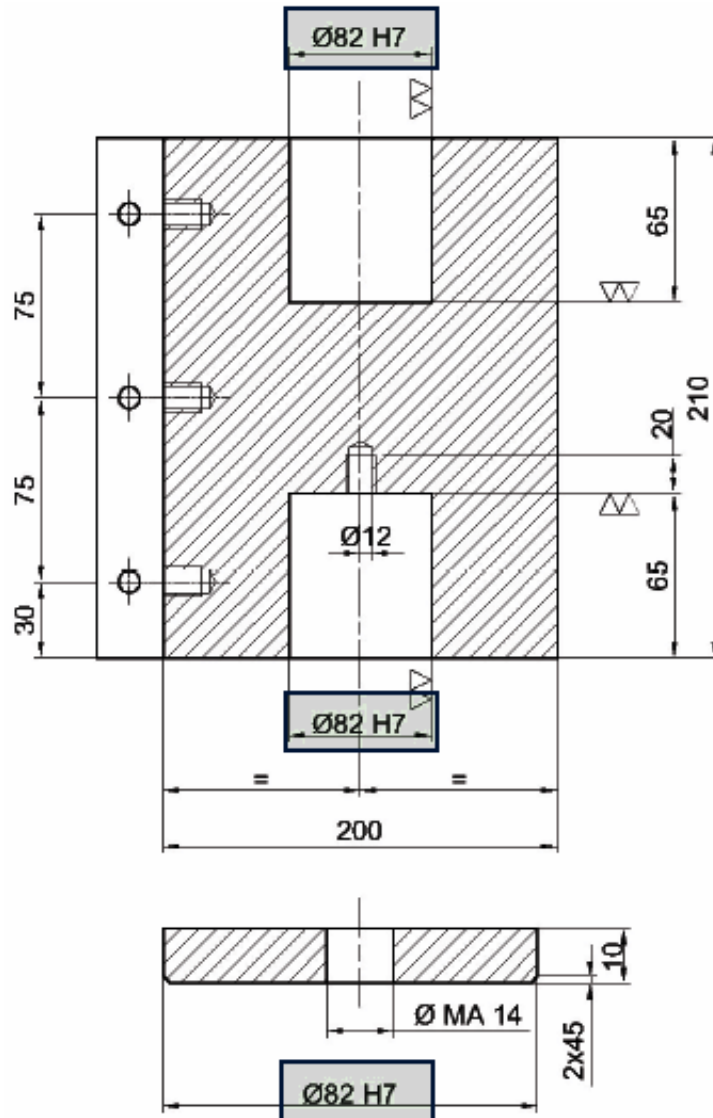
Ejemplo: $\varnothing 82 \text{ H7}$

Ø 82 = Medida Nominal

H = Letra mayúscula para pieza hembra (indica la ubicación del campo de tolerancia)

7 = Calidad de Tolerancia

Ejemplo de tolerancias

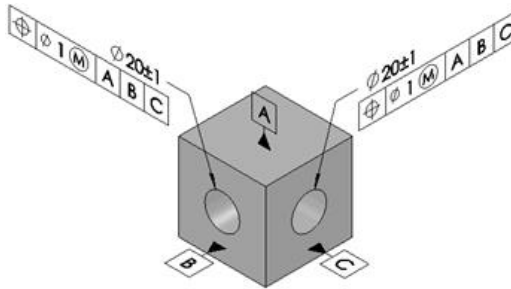


Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

2.2 TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS.

Una pieza se compone de varios elementos de forma geométrica. Es decir que es prácticamente imposible preparar piezas geoméricamente perfectas. En la fabricación suele suceder que se produzcan irregularidades geométricas que pueden afectar a la **forma**, a la **posición** y/o a la **orientación** de los diferentes elementos constructivos de las piezas.

Ejemplo de tolerancias geométricas



Fuente: Tomado de, http://help.solidworks.com/2014/Spanish/SolidWorks/sldworks/t_combining_size_dimensions.htm

¿Cuál es entonces, el objetivo de las tolerancias geométricas?

El objetivo de estas tolerancias es el aseguramiento de condiciones satisfactorias para el funcionamiento y la intercambiabilidad de piezas y de grupos de construcción, aunque hayan sido fabricados en talleres diferentes y por distintos equipos y personas.

Estas tolerancias se utilizarán cuando sean requeridas para la utilidad de función y la fabricación económica de la pieza respectiva. De otra manera, los costos de fabricación y verificación sufrirán un aumento innecesario.

TOLERANCIAS DE FORMA

- Limitan las diferencias admisibles de un elemento con respecto a su **forma ideal geométrica**.
- Determinan la zona de tolerancia dentro de la que ha de quedar el elemento y puede tener cualquier forma.

TOLERANCIAS DE POSICIÓN

- son tolerancias de orientación, localización y alineación.
- Limitan las diferencias admisibles de la **posición ideal geométrica** de dos o más elementos entre sí, de los cuales, generalmente se fija uno como elemento de referencia.

Como elemento de referencia debería elegirse, en lo posible, el elemento que sirve como base de partida también para la función de la pieza.

El elemento de referencia ha de ser de forma exacta suficiente. Si fuera preciso, han de ser anuladas las tolerancias de forma.

Además, en caso de ser necesario, pueden fijarse varios elementos de referencia, por ejemplo, puntos de soporte de ejes.

2.2.1 Clases de tolerancias de forma y posición. En la siguiente tabla vemos cuáles son las diferentes tolerancias de forma y posición, cuáles son las propiedades toleradas por ellas, también los símbolos que se utilizan para representarlas en los planos y un rango de valores de tolerancia.

Tolerancias geométricas

Características y tolerancias		Característica tolerada	símbolo	Tolerancia amplia	Tolerancia reducida
Características sencillas	Tolerancias de forma	Rectitud		0,1 mm/m	0,02 mm/m
		Planitud		0,1 mm/m	0,04 mm/m
		Circularidad		IT8	IT5
		Cilindricidad		0,04 mm/m	0,02 mm/m
Características sencillas o relacionada		Perfil de cualquier línea		-----	-----
		Perfil de cualquier superficie		-----	-----
Característica relacionada	Tolerancias de orientación	Paralelismo		IT9	IT5
		Perpendicularidad		0,4mm/m	0,1
		Angularidad		0,4mm/m	0,1mm/m
	Tolerancias de localización	Posición		IT11	0,02
		Concentricidad		0,02	0,005
		Simetría		IT11	0,02
	Tolerancias de alineación	Alineación circular		-----	-----
		Alineación total		-----	-----

2.2.2 Anotación de las tolerancias de forma y posición. Para anotar las tolerancias de forma y posición en dibujos se usa un rectángulo dividido en dos o

más compartimentos. Estos contienen, de derecha a izquierda, la siguiente información:

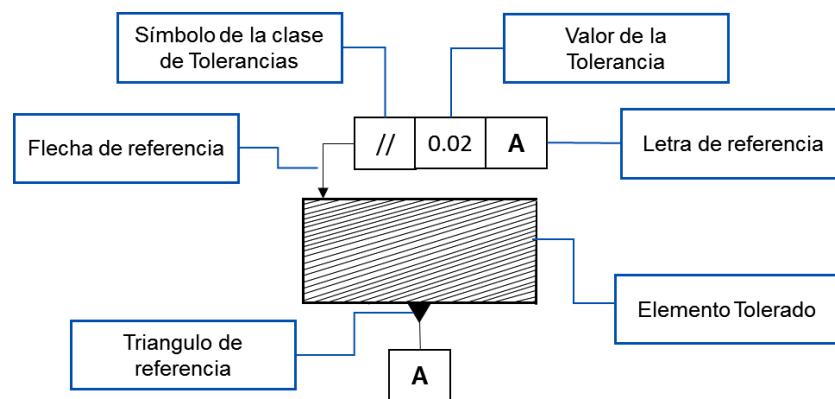
- El símbolo para la propiedad o característica tolerada.
- El valor de tolerancia en la unidad de medida que sirve para el dibujo. Este valor irá precedido por el símbolo \emptyset si la zona de tolerancia es circular o cilíndrica.
- La letra de referencia como indicación al elemento de referencia (si lo hubiera).

Cuando el elemento a controlar se relaciona con una referencia, esta se identifica con una letra mayúscula colocada en un recuadro que va unido a un triángulo de referencia. Es la misma letra que identifica la referencia y que se repite en el rectángulo de tolerancia.

El rectángulo de tolerancia se une al elemento controlado mediante una línea de referencia terminada en flecha.

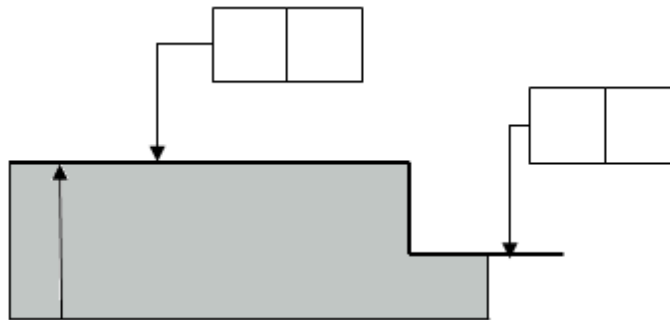
Observemos la figura 20:

Ejemplo de tolerancia geométrica



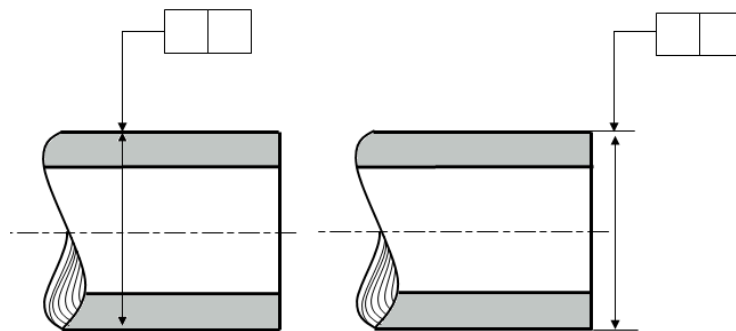
La flecha de referencia se anota correspondiendo al contorno de la figura o en su prolongación cuando el elemento tolerado es una superficie o línea (por ejemplo, línea de envolvente) pero no es eje (ver figura 21).

Flecha de contorno



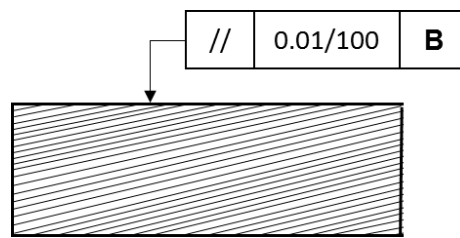
En cambio, si el elemento tolerado es un eje o un plano central del elemento controlado, entonces la flecha de referencia se pone en dirección a la línea de cota (ver figura 22).

Tolerado en un eje



Cuando la tolerancia se aplica a una longitud parcial, en cualquier posición, el valor de dicha longitud debe añadirse detrás del valor de tolerancia, separado por una barra inclinada. Igualmente, si en lugar de una longitud, se refiere a una superficie, se usa la misma indicación (ver figura 23).

Tolerancia aplicada a una longitud parcial



A continuación, veremos la utilización posible de estas tolerancias de forma y posición que encontraremos en los planos (ver tablas 6 y 7).

Tolerancias de forma

CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO	INDICACIÓN EN EL DIBUJO	ZONA DE TOLERANCIA	INTERPRETACIÓN
Rectitud	—			El eje del cilindro deberá estar contenido en el interior de un cilindro de 0.1 mm de diámetro.
Planicidad				La superficie plana deberá estar contenida entre dos planos paralelos separados 0.05 mm.
Redondez				El contorno circular de cualquier sección transversal deberá estar contenido entre dos circunferencias concéntricas cuya diferencia de radios es 0.05 mm.
Cilindricidad				La superficie cilíndrica deberá estar contenida entre dos cilindros coaxiales cuya diferencia de radios es 0.05 mm.
Forma de línea				En cada sección paralela al plano de proyección, el perfil controlado deberá estar contenido entre dos envolventes de círculos de diámetro 0.2 mm, cuyos centros están situados sobre un perfil geoméricamente perfecto.
Forma de superficie				La superficie controlada deberá estar contenida entre dos superficies envolventes de esferas de diámetro 0.2 mm, cuyos centros están situados sobre una superficie geoméricamente perfecta.

Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

Tolerancias de orientación y localización.

CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO	INDICACIÓN EN EL DIBUJO	ZONA DE TOLERANCIA	INTERPRETACIÓN
Paralelismo				El plano controlado deberá estar contenido entre dos planos paralelos separados 0.1 mm y paralelos al plano de referencia A.
Perpendicularidad				El eje del cilindro controlado deberá estar contenido dentro de un cilindro de diámetro 0.03 mm y eje perpendicular al plano de referencia A.
Inclinación				El plano controlado deberá estar contenido entre dos planos paralelos separados 0.1 mm e inclinados 25° con respecto al plano de referencia A.
Posición				Cada uno de los tres ejes taladros deberá estar situado dentro de un cilindro de diámetro 0.2 mm, cuyo eje coincidirá con la posición teórica exacta de los ejes de dichos taladros, la cual ha sido establecida con respecto a los planos de referencia A y B.
Concentricidad y coaxialidad				El eje del cilindro controlado deberá estar situado dentro de un cilindro de diámetro 0.05 mm y coaxial con el eje de referencia A.
Simetría				El plano de simetría de la ranura deberá estar situado entre dos planos paralelos separados 0.05 mm y situados simétricamente con respecto al plano medio A de referencia.

Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

Tolerancias de alineación

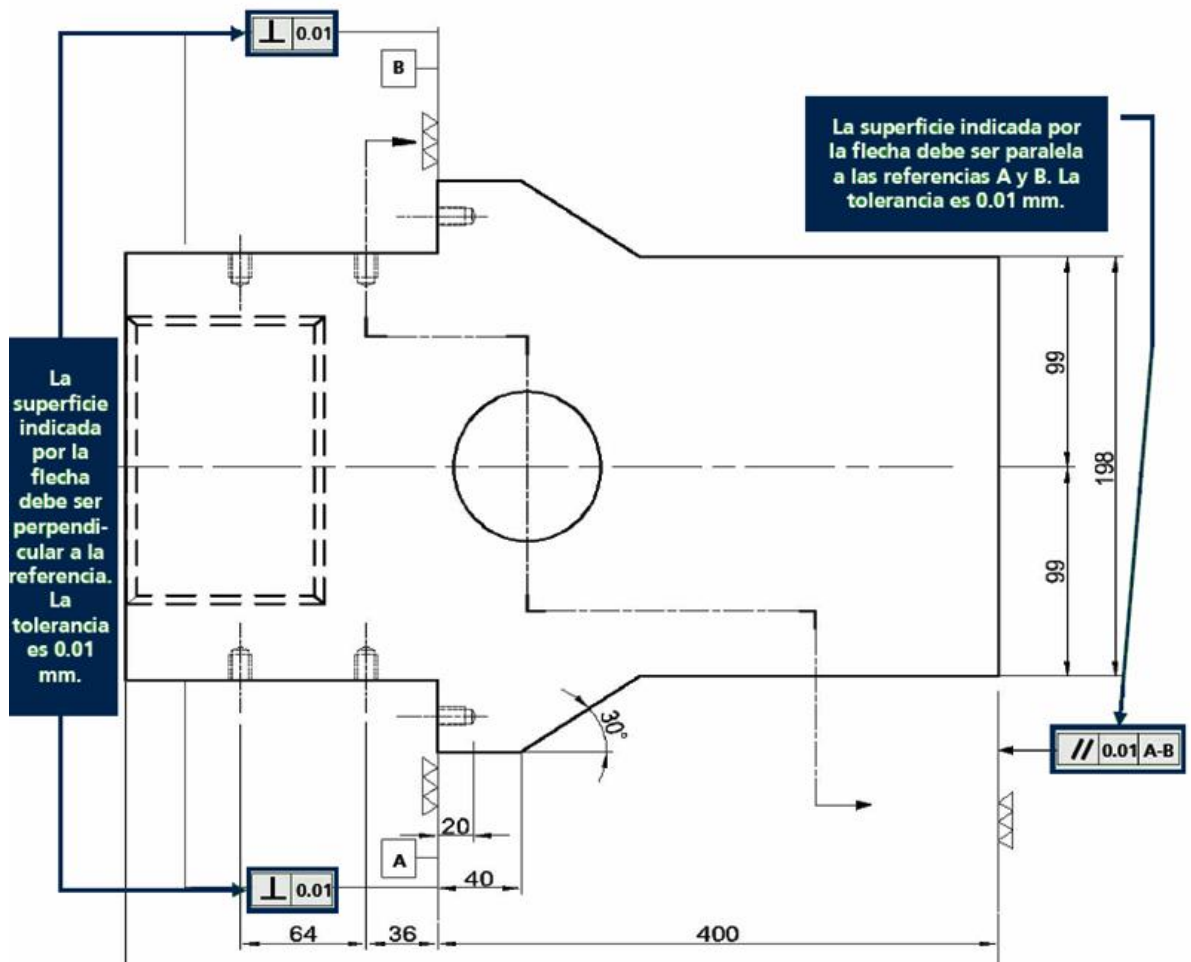
	CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO	INDICACIÓN EN EL DIBUJO	ZONA DE TOLERANCIA	INTERPRETACIÓN
TOLERANCIAS DE OSCILACIÓN	Circular	↗			<p>OSCILACIÓN CIRCULAR RADIAL</p> <p>En cualquier posición de medición radial, la oscilación máxima del contorno de la sección correspondiente está limitada por dos círculos concéntricos cuya diferencia de radios es 0.1 mm y centro coincidente con el eje de referencia A-B, durante una revolución completa de la pieza alrededor de dicho eje.</p>
					<p>OSCILACIÓN CIRCULAR AXIAL</p> <p>En cualquier posición de medición axial, la oscilación máxima del contorno de la sección correspondiente está limitada por dos círculos paralelos separados 0.1 mm y centro coincidente con el eje de referencia A, durante una revolución completa de la pieza alrededor de dicho eje.</p>
	Total	↗↘			<p>OSCILACIÓN TOTAL RADIAL</p> <p>En toda superficie cilíndrica, la máxima oscilación radial que puede presentar la misma está limitada por dos cilindros coaxiales cuya diferencia de radios es de 0.1 mm y cuyos ejes de referencia A-B, durante varias revoluciones de la pieza alrededor de dicho eje y con desplazamiento axial del equipo de medida.</p>
					<p>OSCILACIÓN TOTAL AXIAL</p> <p>En toda la superficie especificada, la máxima oscilación axial que puede presentar la misma está limitada por dos planos paralelos separados 0.1 mm y perpendiculares al eje de referencia A, durante varias revoluciones de la pieza alrededor de dicho eje y con desplazamiento radial del instrumento de medida.</p>

Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

En la siguiente figura, veremos cómo se aplican las tolerancias de forma y posición en los planos.

¿Qué es lo que significa cada una de estas acotaciones en el plano? Observemos qué se pide:

Ejemplo de tolerancias geométricas



Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

3. AJUSTES

3.1 ¿QUÉ ES UN AJUSTE?

Observemos las siguientes imágenes y reflexionemos

Ejemplo de ajuste reloj



¿Cómo se lleva un reloj pulsera?

- Ajustado
- Muy ajustado
- Holgado
- Muy holgado

Fuente: Tomado de,
<http://es.dreamstime.com/fotograf%C3%A1da-de-archivo-reloj-en-la-mano-image13176652>

Ejemplo de ajuste anillo



¿Cómo se lleva un anillo?

- Ajustado
- Muy ajustado
- Holgado
- Muy holgado

Fuente: Tomado de,
<http://www.sdpnoticias.com/estilo-de-vida/2014/01/15/en-que-mano-va-el-anillo-de-compromiso-depende-del-pais-en-el-que-te-encuentres>

El reloj forma un conjunto con la muñeca, así como el anillo con el dedo. En el caso del reloj se suele llevar holgado, ya que, de otra manera, nos cortaríamos la circulación. En cambio, en el anillo, suele llevarse ajustado, porque si no se caería.

¿Qué tipo de relación se establece entre estos dos conjuntos, el reloj con la muñeca y el anillo con el dedo?

Al igual que con los conjuntos que forman las piezas mecánicas, en estos dos conjuntos existe una relación que depende de la función que tengan o de su uso. A esta relación se la llama Ajuste.

¿Cómo definimos Ajuste?

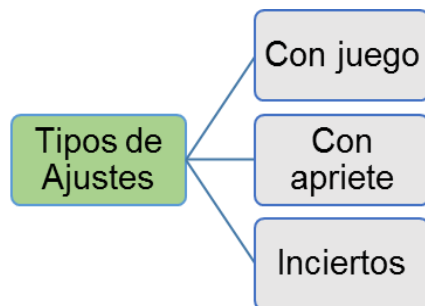
Es el acoplamiento de dos piezas, en el que para una de ellas los contactos son exteriores, mientras que para la otra son interiores.

Cuando dos piezas se vinculan entre sí, forman lo que se conoce como “ajuste”, de esta unión puede resultar que las piezas se muevan o queden fuertemente adheridas una respecto de la otra. Esto dependerá de las medidas finales o efectivas que tengan ambas piezas.

El tipo de unión o ajuste que tendrán las dos piezas, eje y agujero se fundamenta en la necesidad de lograr diferentes tipos de unión entre las dos piezas.

En general, los ajustes tienen nombres característicos, pero los podemos abarcar en tres grandes grupos:

Tipos de ajuste

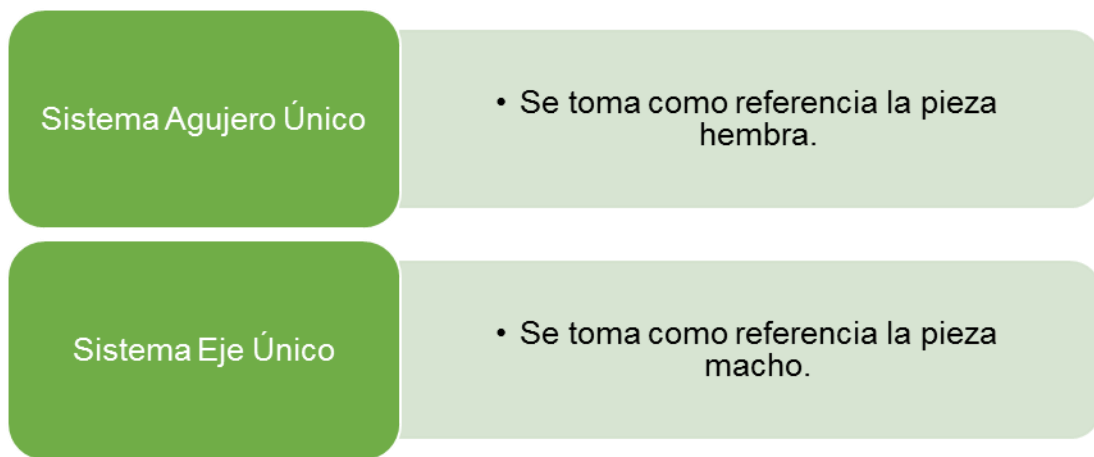


Estos diferentes tipos de ajustes resultarán de la posición que ocupen las zonas de tolerancia de la pieza eje y la pieza agujero, ya que las medidas nominales de ambas piezas son iguales.

Recuerde: El ajuste se calcula o prevé antes de que las piezas sean fabricadas.

3.1.1 Sistemas de ajustes. Cuando se tiene un ajuste entre dos piezas, se toma como referencia una de ellas. Podemos, por ejemplo, elegir el agujero y llegar a medida del eje, o tomar como referencia el eje y llegar a la medida del agujero.

Podemos decir, entonces, que según la pieza que se tome como referencia, existen dos sistemas de ajustes:



- **Ejemplo de sistema agujero único.** Si se quiere montar un rodamiento en un eje, la pieza que se toma como referencia aquí es el rodamiento. Su pista interior hará las veces de pieza hembra y se mecaniza el eje para llegar al correcto montaje y ajuste deseado (ver figura 28).

- **Ejemplo de sistema eje único.** En el caso de una chaveta y su chavetero, la que se toma como referencia es la chaveta, que hace las veces de pieza macho, y se mecaniza el chavetero para lograr el ajuste buscado (ver figura 29).

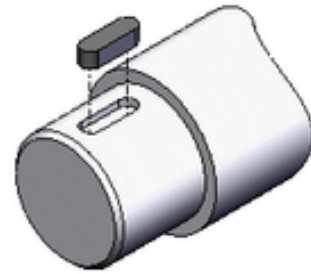
Ejemplo de agujero único



Rodamiento Axial
Sistema agujero único

Fuente: Tomado de,
http://www.nskeurope.es/cps/rde/xchg/eu_es/hs.xsl/rodamientos-de-bolas-de-empuje-o-axiales.html

Ejemplo de eje único



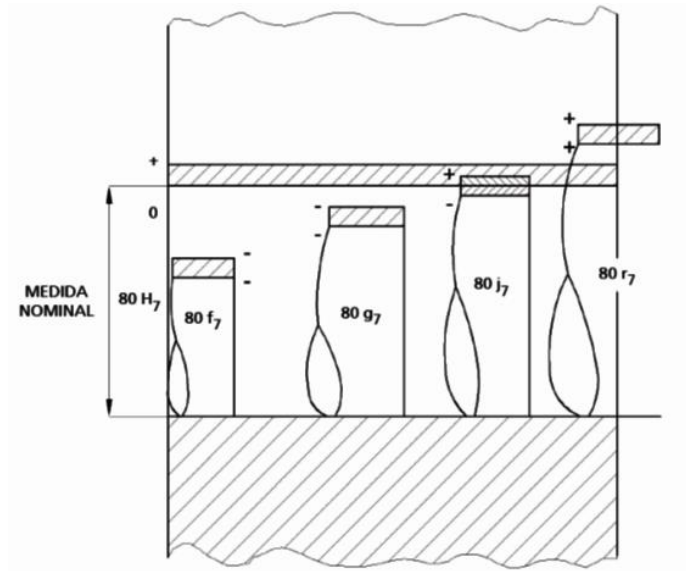
Chaveta y chavetero
Sistema eje único

Fuente: Tomado de,
<http://moblog.whmsoft.net/es/Encuentros.php?keyword=chavetero&language=spanish>

- **Sistema Agujero Único (S.A.U).** En este sistema de ajuste, como ya dijimos, la que se toma como referencia es la pieza hembra, de ahí su nombre. La tolerancia de la pieza macho, cualquiera sea su calidad o medida nominal, se ubica en la posición **H**. Los diferentes ajustes se logran por variación de la ubicación de la tolerancia de la pieza macho.

Observemos la figura 30:

Sistema agujero único



Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

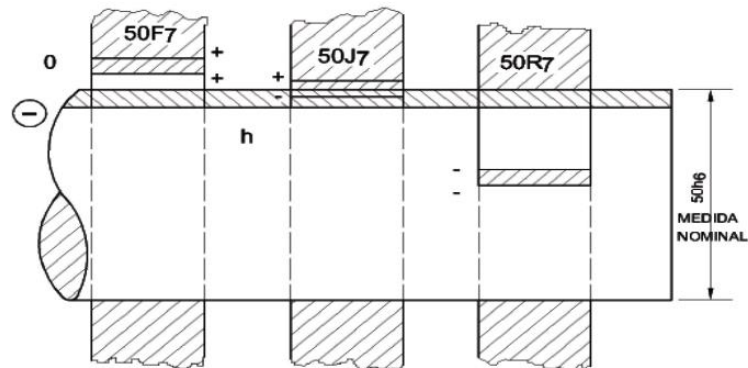
Este sistema es el más empleado en la construcción mecánica y es el recomendado por las normas, resultando el más económico, ya que cada agujero **H** solo requiere un escariador de acabado. Los ejes se pueden rectificar al diámetro necesario correspondiente a cada ajuste.

Algunas aplicaciones son: máquinas herramienta, rodamientos, herramientas neumáticas, etc.

- **Sistema Eje Único (S.E.U).** En el Sistema Eje Único, la tolerancia del eje se mantiene en la posición que ubica la letra **h**. Los diversos ajustes se logran variando la posición de la tolerancia de los agujeros.

Observemos la figura 31:

Sistema eje único



Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

Este sistema se utiliza para facilitar la fabricación en algunos casos en que deban montarse varios elementos con distintos tipos de ajustes sobre ejes calibrados por estirado o rectificado.

3.1.2 Clases de ajustes. Los ajustes o acoplamientos dimensionales entre dos piezas pueden ser con juego, apretados o indeterminados.

- **Ajuste con juego.** En el ajuste con juego, las piezas pueden moverse con mayor o menor libertad una respecto de la otra.

Una vez terminadas las piezas, pueden darse dos casos:

- El eje, o pieza macho, queda más chico que el agujero,
- O el agujero, o pieza hembra, queda más grande que el eje.

Sistema Agujero Único

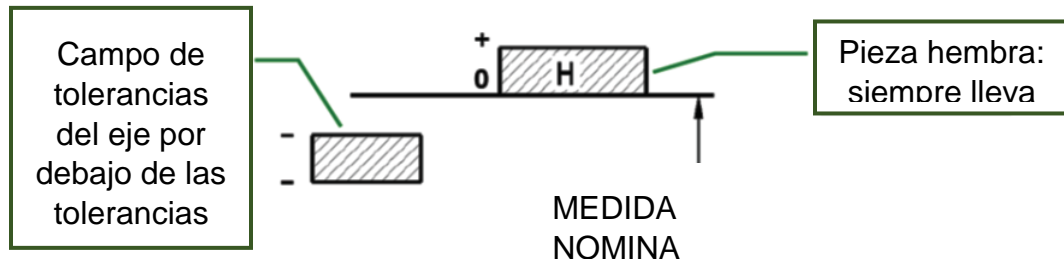
- El eje es más chico que el agujero.

Sistema Eje Único

- El agujero es más grande que el eje.

Ajuste con juego en el Sistema Agujero Único. En el sistema Agujero Único, el eje debe tener las tolerancias por debajo de las tolerancias del agujero o pieza hembra. La pieza hembra siempre lleva la **H** en este sistema (ver figura 32).

Ajuste con juego en el sistema agujero único

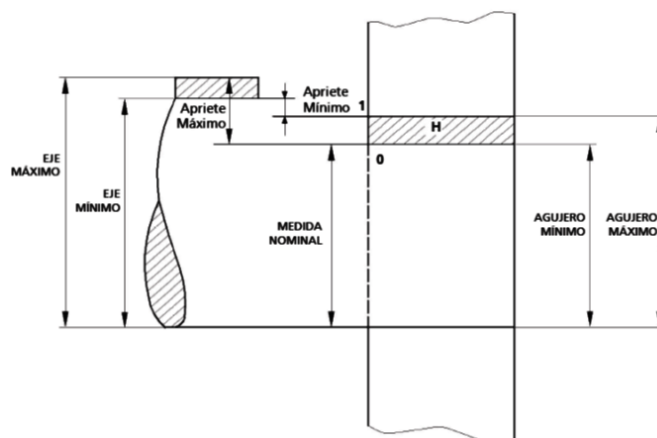


Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

También aquí podemos advertir la variedad de ajustes con apriete. Se cumple nuevamente lo dicho anteriormente para los ajustes con juego.

De acuerdo a las medidas máximas y mínimas permitidas en ambas piezas, se puede producir un **apriete máximo** y un **apriete mínimo** permitidos (ver figura 33).

Ajuste con juego en el sistema agujero único, apriete máximo y mínimo



Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

La expresión de ambos es:

Apriete máximo

• Eje máximo – Agujero mínimo.

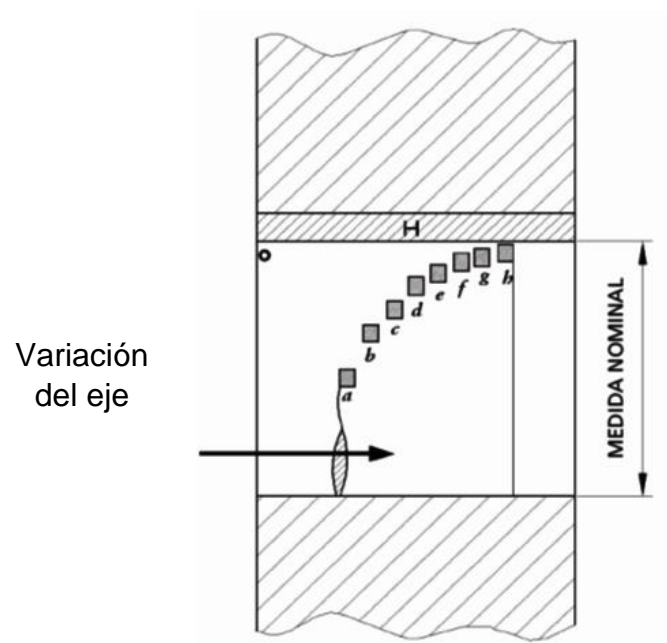
Apriete mínimo

• eje mínimo – Agujero máximo.

Las letras del abecedario que ubican las tolerancias para que resulte un ajuste con juego, van desde la **a** hasta la **h**. Son letras minúsculas porque la que varía es la pieza macho.

Como podemos ver en la figura 34, existen varias alternativas de ajuste con juego. Cada una cumplirá con algún caso especial así requerido.

Letras para un ajuste con juego en el sistema agujero único

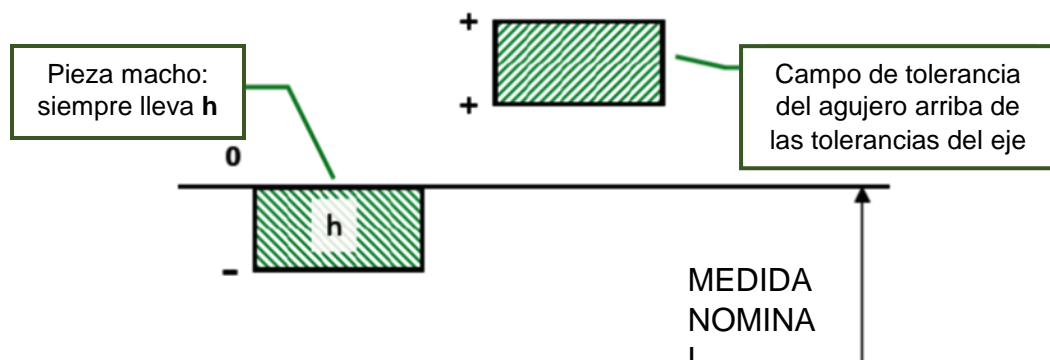


Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

Es decir, tanto la e como la f y la g, dan ajuste con juego. Cada una se usará en algún caso en particular.

Ajuste con juego en el Sistema Eje Único. En el Sistema Eje Único, la pieza macho siempre lleva **h**. Además, para que se produzca el ajuste con juego, el campo de tolerancia del agujero debe estar arriba de las del eje (ver figura 35).

Ajuste con juego en el Sistema Eje Único

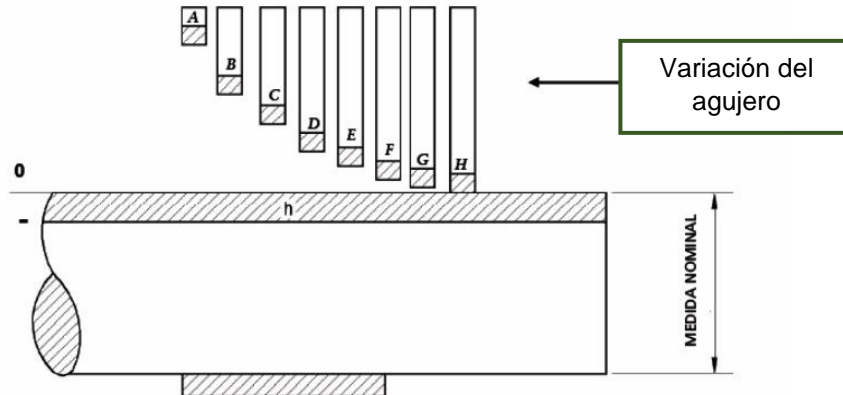


Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

Las letras del abecedario que dan este tipo de ajuste con juego van desde la **A** hasta la **H**. Son letras mayúsculas porque la que varía es la pieza hembra.

Observemos la figura 36, donde podemos ver las distintas alternativas de ajuste con juego en este sistema. Cada una cumplirá con algún caso especial así requerido.

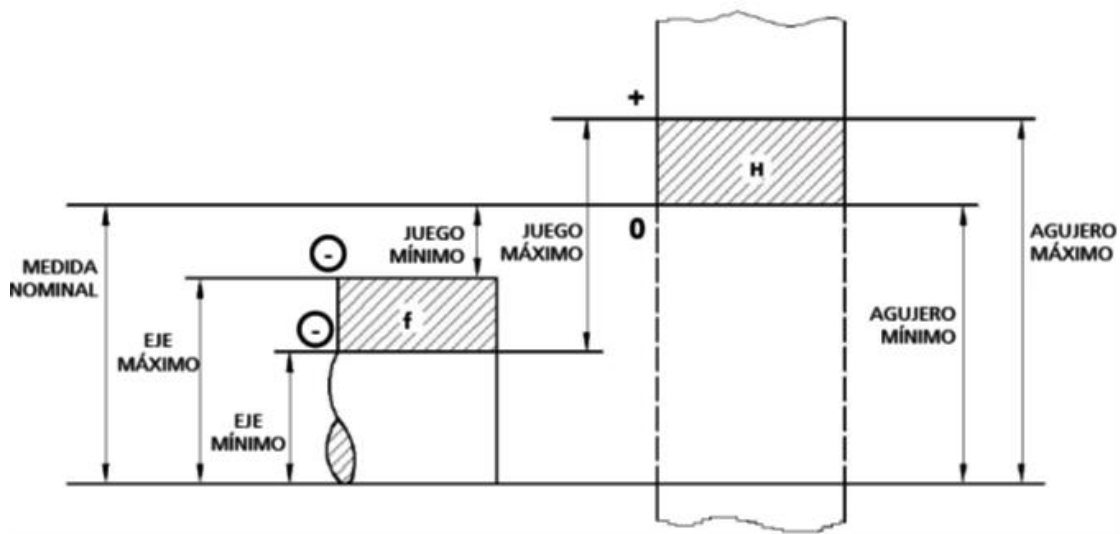
Letras para un ajuste con juego en el sistema eje único



Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

Después de ver el ajuste con juego en los dos sistemas, observamos que, de acuerdo a las medidas máximas y mínimas de ambas piezas, se puede producir entre los dos lo que se conoce como juego máximo y juego mínimo (ver figura 37).

Ajuste con juego en el sistema eje único, apriete máximo y mínimo



Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

La expresión de ambos es:

Juego maximo

- Agujero máximo – Eje mínimo.

Juego minimo

- Agujero mínimo – Eje máximo.

Ejemplo de juego máximo y mínimo

Juego máximo	Juego mínimo
Es la diferencia entre la medida máxima del agujero y la medida mínima del eje. Supongamos	Es la diferencia entre la medida mínima del agujero y la medida máxima del eje. Supongamos
$\begin{array}{r} \text{Agujero máximo} = 35.025 \text{ mm} \\ - \\ \text{Eje mínimo} = 34.995 \text{ mm} \\ \hline \text{Juego máximo} = 0.995 \text{ mm} \end{array}$	$\begin{array}{r} \text{Agujero mínimo} = 35.000 \text{ mm} \\ - \\ \text{Eje máximo} = 34.995 \text{ mm} \\ \hline \text{Juego mínimo} = 0.005 \text{ mm} \end{array}$

• **Ajuste con apriete.** Se produce ajuste con apriete cuando las piezas, una vez montadas, quedan fuertemente unidas una respecto de la otra.

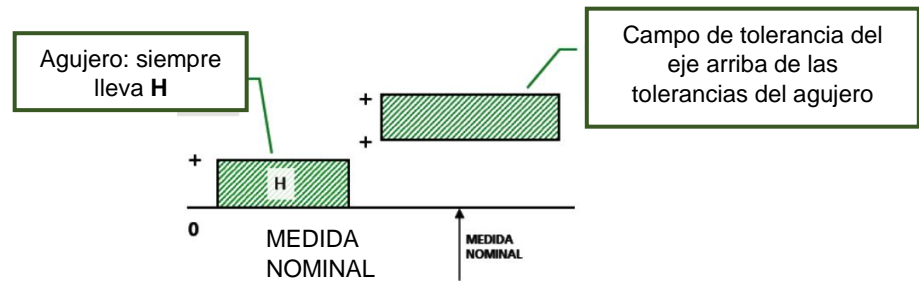
- Que el eje sea más grande que el agujero,
- Que el agujero sea más chico que el eje.

Esto va a depender del punto de vista del sistema de ajuste usado. Por lo tanto, analicémoslo en los dos sistemas de ajuste.

Ajuste con apriete en el Sistema Agujero Único. En el Sistema Agujero Único, la pieza hembra siempre lleva **H**. Además, el campo de tolerancia del eje se encuentra arriba del correspondiente a la pieza hembra o agujero. Esto implica

que, en sus medidas finales, el eje es más grande que el agujero. Observemos la figura 39:

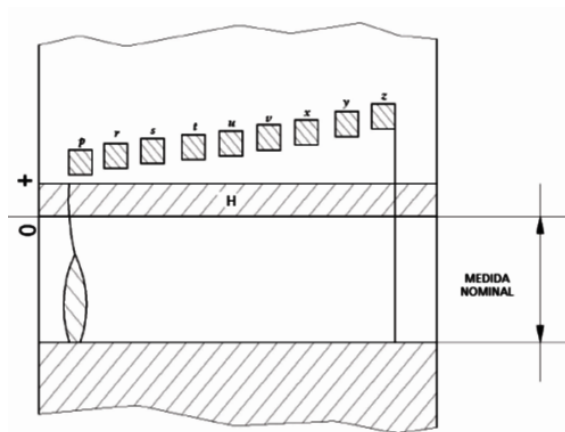
Ajuste con apriete en el sistema agujero único



Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

Las letras que ubican el campo de tolerancia para que se produzca ajuste con apriete van desde la p a la z. Se usan letras minúsculas porque estamos ubicando el campo de tolerancia para el eje y, lo que varía en este sistema es, precisamente el eje (ver figura 40).

Letras para un ajuste con apriete en el sistema agujero único

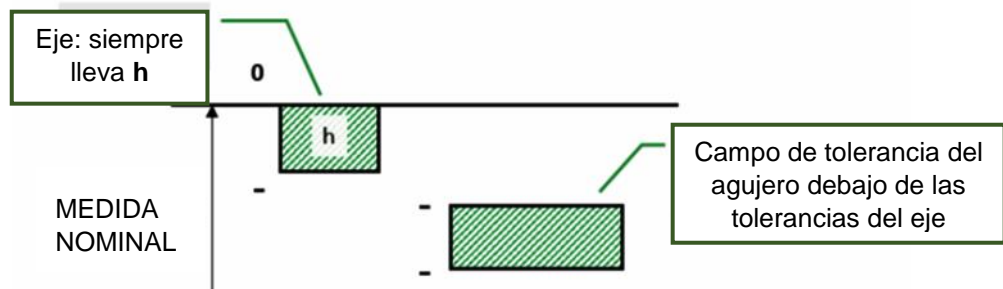


Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

Ajuste con apriete en el Sistema Eje Único. En el Sistema Eje Único, el eje siempre lleva **h** y el campo de tolerancia del agujero está debajo del campo de

tolerancia del eje. Esto implica que, en sus medidas finales, el agujero es más chico que el eje. Observemos la figura 41:

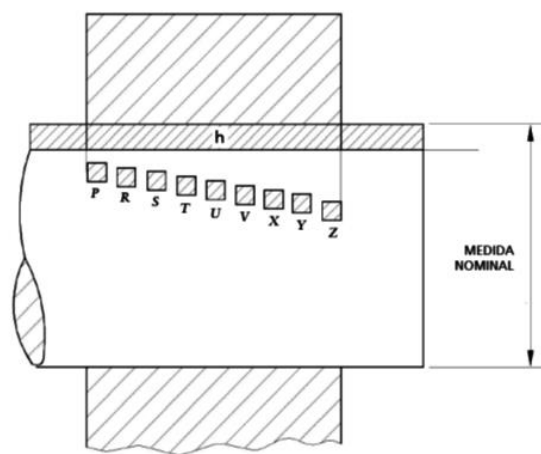
Ajuste con apriete en el sistema eje único



Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

Las letras que ubican el campo de tolerancia para que se produzca ajuste con apriete van desde la P a la Z. En este caso, se usan letras mayúsculas porque la que varía es la pieza hembra o agujero (ver figura 42).

Letras para un ajuste con apriete en el sistema eje único



Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

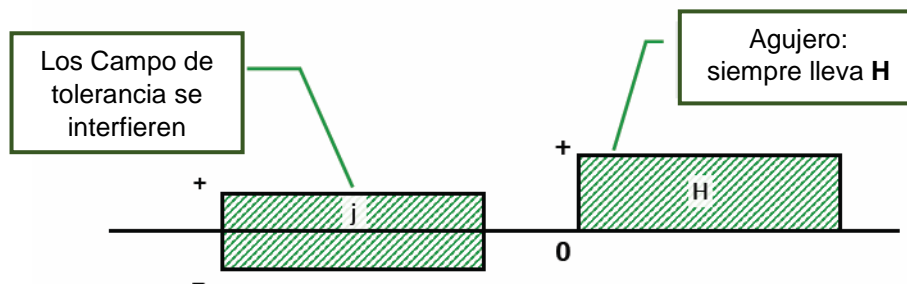
Ejemplo de apriete máximo y mínimo

Apriete máximo	Apriete mínimo
Es la diferencia entre la dimensión máxima del eje y la medida mínima del agujero. supongamos	Es la diferencia entre la dimensión mínima del eje y la medida máxima del agujero. supongamos
Eje máximo = 35.011 mm - Agujero mínimo = 34.000 mm <hr/> apriete máximo = 0.011 mm	Eje mínimo = 35.006 mm - Agujero máximo = 35.003 mm <hr/> apriete mínimo = 0.003 mm

- **Ajuste incierto.** Este tipo de ajuste debe su nombre a que el tipo de vinculación que tendrán las piezas, recién se determinará cuando estén terminadas. Es decir que podrán vincularse tanto con juego como con apriete. Esto se debe a que los campos de tolerancias de ambas piezas se “**interfieren**”, no están arriba o abajo completamente uno de otro.

Ajuste incierto en el Sistema Agujero Único. En el Sistema Agujero Único, la pieza hembra siempre lleva **H**. Observemos cómo se ubican los campos de tolerancia:

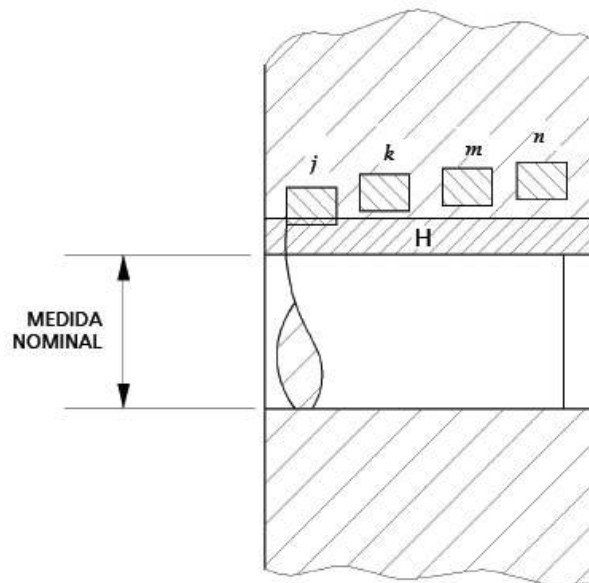
Ajuste incierto en el sistema agujero único



Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

Las letras del abecedario que ubican las tolerancias para que resulte un ajuste incierto en este sistema son j, k, m y n. Son letras minúsculas porque la que varía es la pieza macho (ver figura 45).

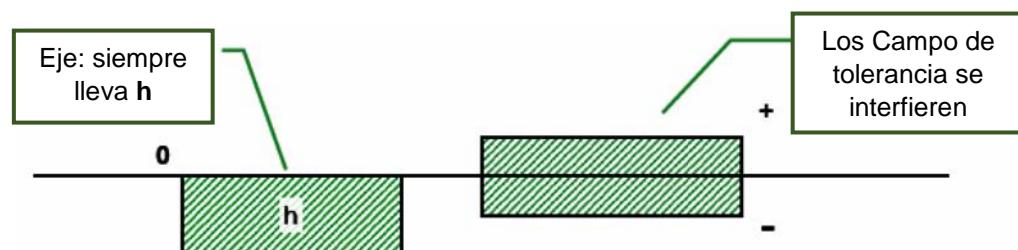
Letras para un ajuste con incierto en el sistema agujero único



Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

- **Ajuste incierto en el Sistema Eje Único.** En el Sistema Eje Único, la pieza macho siempre lleva *h*. Observemos cómo se ubican los campos de tolerancia:

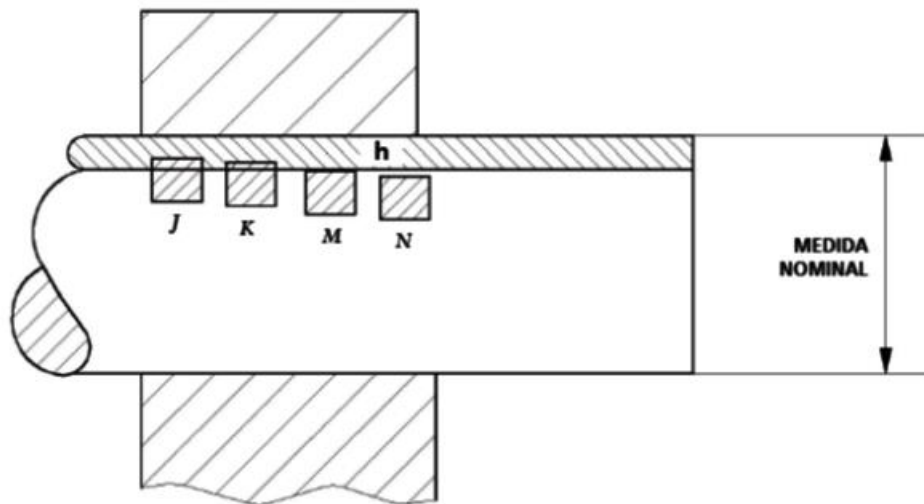
Ajuste incierto en el sistema eje único



Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

Las letras del abecedario que ubican las tolerancias para que resulte un ajuste incierto en este sistema son **J**, **K**, **M** y **N**. Son letras mayúsculas porque la que varía es la pieza hembra (ver figura 47).

Letras para un ajuste con incierto en el sistema eje único



Fuente: Ternium. Manual de contenido del participante. Tolerancias y ajustes

Aquí, de acuerdo a las medidas máximas y mínimas permitidas a ambas piezas, podemos tener un **juego máximo** y un **apriete máximo** entre ellas.

La expresión de ambos es:

Juego máximo

• Agujero máximo – Eje mínimo.

Apriete máximo

• Eje máximo - Agujero mínimo.

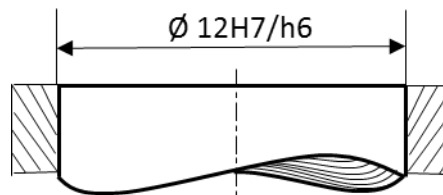
Ejemplo de ajuste incierto máximo y mínimo

Juego máximo	Apriete máximo
Es la diferencia entre las medidas reales del agujero y del eje, cuando existe juego. supongamos	Es la diferencia entre las medidas reales del eje y del agujero, cuando existe apriete. supongamos
$\begin{array}{r} \text{Agujero máximo} = 35.012 \text{ mm} \\ - \\ \text{Eje mínimo} = 35.004 \text{ mm} \\ \hline \text{Juego máximo} = 0.008 \text{ mm} \end{array}$	$\begin{array}{r} \text{Eje máximo} = 35.009 \text{ mm} \\ - \\ \text{Agujero mínimo} = 35.003 \text{ mm} \\ \hline \text{Apriete máximo} = 0.006 \text{ mm} \end{array}$

3.1.3 Representación de los ajustes.

- **Tolerancias indicadas por símbolos ISO.** En los planos o croquis los ajustes se representan de la siguiente manera (ver figura 49).

Representación de un ajuste

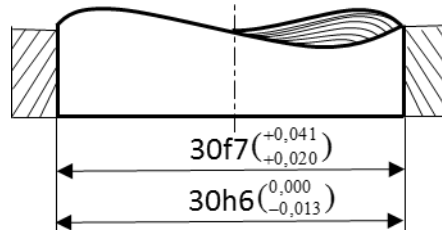


Aquí, 12 es la medida nominal de las dos piezas (eje y agujero). Luego viene una letra mayúscula con su calidad, que presenta las tolerancias para el agujero. Siempre va primero la mayúscula, sea esta letra o no la H . Luego viene la minúscula que, sea o no la h , dará la tolerancia para el eje.

Es importante recordar que las dos letras, o una al menos, deber ser la h para poder determinar en qué sistema de ajuste estamos. Luego, la letra que no es la h , ya sea mayúscula o minúscula, da el tipo de ajuste.

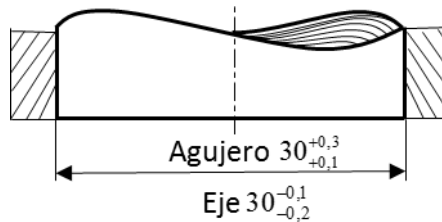
Si es necesario especificar también los valores numéricos de las desviaciones, éstos se escriben entre paréntesis (ver figura 50).

Representación de un ajuste con valores de desviaciones



Tolerancias indicadas por desviaciones. La dimensión de cada componente debe ser precedida por su nombre (agujero o eje) ver figura 51.

Tolerancia indicada por desviaciones



3.1.4 Calidades de ajustes. Se denominan así a los distintos grados de precisión que se pueden determinar para una pieza a construir. Para fijar este concepto, es necesario admitir que no todas las dimensiones de una pieza pueden requerir la misma precisión. Algunas pueden admitir errores apreciables, otras, en cambio, deberán adaptarse a márgenes de tolerancia mucho más estrechos.

Las normas dicen que, para el sistema agujero único, las calidades de tolerancias son H6, H7, H8 y H11, y para el sistema eje único h5, h6, h8, h7 y h11.

A medida que el número sube, la tolerancia sube y la calidad baja.

- **Elección de los ajustes.** Dada la cantidad de ajustes posibles, haría falta disponer de gran cantidad de herramientas (por ejemplo, escariadores), útiles de sujeción (por ejemplo, mandriles de sujeción) y calibres. Pero para limitar estos elementos, en las siguientes tablas podemos encontrar una selección de ajustes suficientes para las aplicaciones prácticas y que deben utilizarse con preferencia.

Elección de ajustes para el sistema agujero único

Elección de Ajustes Sistema Agujero Único				
AGUJERO H7 - AJUSTES APRETADOS				
Ajustes para los ejes	Para gran fuerza de adherencia por cm ²	x8, z9, x7, u6, u7		
	Para fuerza de adherencia mediana por cm ²	s6 y r6		
AGUJERO H7 - AJUSTES INDETERMINADOS				
Ajustes para los ejes	Ajuste fijo. Montado con prensa	n6	Ajuste de retención	k6
	Ajuste de transmisión	m6	Ajuste forzado ligero	j6
AGUJERO H7 - AJUSTES MÓVILES				
Ajustes para los ejes	Ajuste deslizante	h6	Ajuste corredizo flojo	e8
	Ajuste corredizo estricto	g6	Ajuste corredizo holgado	d9
	Ajuste corredizo	f7		
AGUJERO H8 - AJUSTES CORRIENTES				
Ajustes para los ejes	Ajuste deslizante	h8	Ajuste corredizo holgado	d10
	Ajuste corredizo	f8		
AGUJERO H11 - AJUSTES ORDINARIOS				
Ajustes para los ejes	Ajuste ordinario núm. 1	h11	Ajuste ordinario núm. 3	c11 y b11
	Ajuste ordinario núm. 2	d11	Ajuste ordinario núm. 4	a11

Elección de ajustes sistema eje único

Elección de Ajustes Sistema Eje Único				
EJE h6 - AJUSTES APRETADOS				
Ajustes para los agujeros	Para gran fuerza de adherencia por cm ²	Z8, Z9, X7, X8, U6 y U7		
	Para fuerza de adherencia mediana por cm ²	S7 y R7		
EJE h6 - AJUSTES INDETERMINADOS				
Ajustes para los agujeros	Ajuste fijo. Montado con prensa	N7	Ajuste de retención	K7
	Ajuste de transmisión	M7	Ajuste forzado ligero	J7
EJE h6 - AJUSTES MÓVILES				
Ajustes para los agujeros	Ajuste deslizante	H7	Ajuste corredizo flojo	E8
	Ajuste corredizo estricto	G7	Ajuste corredizo holgado	D9
	Ajuste corredizo	F7		
EJE h8 y h9 - AJUSTES CORRIENTES				
Ajustes para los agujeros	Ajuste deslizante	H8	Ajuste corredizo holgado	D10
	Ajuste corredizo	F8		
EJE h11 - AJUSTES ORDINARIOS O BASTOS				
Ajustes para los agujeros	Ajuste basto núm. 1	H11	Ajuste basto núm. 3	G11 y B11
	Ajuste basto núm. 2	D11	Ajuste basto núm. 4	A11

3.1.5 Aplicación de los ajustes

- **Ajustes apretados.** Para transmitir grandes fuerzas periféricas o longitudinales por fricción. Sólo realizables con prensa o por diferencia térmica

Para gran fuerza de adherencia por cm². Cubos de ruedas dentadas, ruedas móviles y volantes; bridas de ejes (z9 para grandes diámetros y u6 para pequeños).

Para fuerza de adherencia mediana por cm². Cubos de acoplamiento; coronas de bronce sobre cubos de fundición gris; casquillos de cojinete en carcazas, ruedas y bielas (s6 para grandes diámetros, r6 para pequeños).

- **Ajustes indeterminados.** Hay que asegurarlos suplementariamente contra el momento de giro.

Ajuste fijo montado con prensa. Utilizado para piezas que deban quedar sólidamente acopladas en cualquier caso, para poder acoplarse o desacoplarse únicamente por medio de presión, el movimiento de giro debe asegurarse por medio de chaveta u otro.

Algunas aplicaciones: ejes montados para vagonetas, ejes de dinamos y motores eléctricos, ruedas dentadas y poleas partidas sobre ejes motores, coronas de bronce sobre núcleos de hierro fundido para dentar después de montadas, manubrios o manivelas sobre ejes, palancas oscilantes, muñones o botones de manivelas sobre platos.

Ajuste de transmisión. Utilizado en piezas con acoplamiento fijo que solo puedan acoplarse o desacoplarse a golpe de martillo pesado; el movimiento de giro debe asegurarse por medio de chaveta u otro.

Algunas aplicaciones: ruedas dentadas y poleas, anillos de rodamientos a bolas montadas sobre ejes para cargas normales, palancas, casquillos.

Ajustes de retención. Utilizado para piezas que tengan acoplamiento fijo, y su desmontaje no sea frecuente, para poder acoplarse o desacoplarse a golpe de martillo corriente de mano en pequeñas piezas, y martillo fuerte en las grandes; es preciso asegurar el movimiento, de giro por medio de chaveta u otro, así como el movimiento longitudinal.

Algunas aplicaciones: casquillos en ruedas, poleas y bielas, platos para acoplamientos de ejes, excéntricas de distribución sobre ejes, rodamientos a bolas sobre ejes para cargas medias, volantes, rodets de turbinas y bombas centrifugas, pernos en bielas, inducidos sobre sus ejes, discos de freno, manguitos de prensaestopas; crucetas de timón y casquillos de bocinas, arbotantes y tambores de cabrestantes en construcción naval.

Ajuste forzado ligero. Se utiliza en piezas que deben acoplarse y desacoplarse a mano o golpe suave con el mazo de madera.

Algunas aplicaciones: anillos interiores de rodamientos a bolas para cargas pequeñas y anillos exteriores de rodamientos a bolas en sus cajas, ruedas de cajas de velocidades, anillos de fijación, pernos y bulones de artículos de bielas y horquillas de distribución, casquillos en soportes de frecuente desmontaje, tapas en soporte de cojinetes.

- **Ajustes móviles**

Ajuste de deslizante. Se utiliza para piezas que bien engrasadas se las pueda acoplar y desacoplar a mano.

Algunas aplicaciones: anillos de fijación, pistones en frenos de aceite, platos de acoplamiento deslizantes, ruedas de cambio sobre ejes, poleas de una pieza con chaveta, columnas o barras, portabrocas de taladros, acoplamiento de fricción montados en sus ejes, torneado de muñones en ejes cigüeñales y de manubrios o manivelas.

Ajuste corredizo estricto. Se utiliza en piezas que deban tener una holgura no muy perceptible.

Algunas aplicaciones: ruedas dentadas deslizantes en cajas de cambio de marcha, acoplamientos deslizantes, mecanismos para reguladores, cojinetes de máquinas rectificadoras, cojinetes de ejes cigüeñales.

Ajuste corredizo. Se utilizan en piezas que deban tener una holgura bien perceptible.

Algunas aplicaciones: aros de pistón, cojinetes de ejes cigüeñales, cojinetes de ejes de levas, correderas en sus guías, cojinetes principales en fresadoras, tornos y taladros, cojinetes exactos, en transmisiones normales, ejes cardan.

Ajuste corredizo flojo. Se utilizan en piezas que deban tener una holgura bastante apreciable entre ambas.

Algunas aplicaciones. Ejes con cojinetes múltiples, husillos de tornos en sus soportes.

Ajuste corredizo holgado. Se utiliza en piezas que deban tener una holgura amplia entre ambas.

Algunas aplicaciones: cojinetes de turbo generadores, transmisiones de máquinas con elevado número de revoluciones, casos especiales en los que se precise holgura con gran exactitud.

- **Ajuste corriente.** Empleado cuando las exigencias de las medidas o exactitud no sean tan precisas como las que requiere el AJUSTE DE PRECISIÓN Y FINO, y se aplica solamente en ajustes móviles, siendo sus características las siguientes:

Ajuste de deslizante. Se utiliza en piezas que deban acoplarse fácilmente y cuyo desplazamiento pueda hacerse con un ligero esfuerzo.

Algunas aplicaciones: polea de transmisión de una pieza, anillos de fijación, acoplamientos, ruedas dentadas, etc., elementos que deban deslizarse por los ejes.

Ajuste corredizo. Se utiliza en piezas que acopladas tengan movimiento recíproco y cuya holgura pueda ser desde la más sensible hasta una prudente amplitud.

Algunas aplicaciones: cojinetes de motores eléctricos y dinamos, cojinetes principales en ejes cigüeñales, cojinetes de manivelas o manubrios, guías de vástagos de pistones, vástagos de correderas, varillas o vástagos de válvulas ubicados en los motores de combustión, embolo tipo buzo en su prensaestopas; anillos de prensaestopas, cojinetes de bombas centrifugas y ventiladores,

cojinetes de ejes de distribución y de muñones en crucetas de vástagos, manguetas de ejes delanteros en automóviles.

Ajuste corredizo holgado. Se utiliza en piezas que acopladas tengan gran holgura recíproca.

Algunas aplicaciones: poleas locas, transmisiones ordinarias, piezas de prensaestopas, ranuras de aros de pistón, cojinetes de maquinaria agrícola, casquillos para ejes delanteros de camiones.

- **Ajuste ordinario.** Se utilizan en ajustes de piezas que tengan holgura amplia y una gran tolerancia de fabricación; muy conveniente para mecanismos expuestos a la oxidación, tales como aparatos de maniobra en la cubierta de buques.

Ajuste ordinario núm. 1. Para piezas fácilmente acoplables, con juego pequeño y gran tolerancia.

Algunas aplicaciones: órganos de máquinas agrícolas enclavijadas, atornilladas o sujetas a presión sobre los ejes: casquillos de distancia: pernos de charnelas para puertas de los hogares.

Ajuste ordinario núm. 2. Para juego movable seguro entre piezas con gran tolerancia.

Algunas aplicaciones: palancas desmontables, pernos de palanca; soportes para rodillos y guías.

Ajuste ordinario núm. 3. Para juego movable amplio entre piezas con gran tolerancia. Pernos de horquillas en los varillajes de frenos de los automóviles; gorriones giratorios, pivotes de engatillado.

Ajuste ordinario núm. 4. Para juego movable muy amplio entre piezas con gran tolerancia.

Algunas aplicaciones: árboles de regulación en las locomotoras; suspensiones de resorte y freno; cojinetes de árboles de freno, pernos de acoplamiento para locomotoras.

- **Ajustes con apriete.** Para facilitar el montaje de los ajustes prensados y evitar tensiones excesivas a los materiales durante el montaje, es conveniente calentar el agujero a una temperatura muy superior a la del eje. La dilatación del agujero facilita el montaje: una vez enfriado, disminuye el diámetro del agujero y el apriete resulta más fuerte.

A continuación, se presenta en la tabla 11, la diferencia de temperatura entre pieza eje y pieza agujero. Estas diferencias que aparecen en cada casilla se han de entender que corresponden a diámetros nominales.

Tabla 5. Diferencia de temperatura entre pieza eje y pieza agujero

MATERIAL	MONTAJE	GRUPOS DE DIAMETROS (mm)	DIFERENCIAS DE TEMERATURA EN °C ENTRE LAS 2 PIEZAS A AJUSTAR								
			H6n5	H7n6	H6n6	H7n6	H7n7 H7n6	H7s6 H7n6	H7u7	H8k7	H8u7
ACERO	MARTILLO O PRENSA	HASTA 18	100		150	100	190	200	260	100	260
		A 50	80		110	80	140	180	270	80	270
		>50	50		80	60	90	160	150	60	150
	MANO	HASTA 18	160	160	220	160	300	320	420	160	420
		A 50	130	130	180	130	240	280	430	130	430
		>50	90	90	90	90	140	160	240	90	240
ALEACIÓN LIGERA	MARTILLO O PRENSA	HASTA 18	50			60			140	50	140
		A 50	40			40			140	40	140
		>50	30			40			80	40	80
	A MANO	HASTA 18	80						220	90	220
		A 50	60	70	70	70			220	70	220
		>50	40	60	60	60			130	60	120

4. METROLOGÍA

La Metrología es la ciencia que estudia todo lo referente a la medida.

4.1 MAGNITUDES.

Toda propiedad de un cuerpo que se puede medir en: tiempo, longitud, masa, fuerza, etc., éstas son magnitudes susceptibles de medición.

4.2 SISTEMA DE UNIDADES.

Para medir con exactitud dentro de una comunidad (país, región, estado etc.) Es necesario fijar un sistema de unidades de referencia. Históricamente, la humanidad ha ido estableciendo diferentes sistemas para medir magnitudes. De todos ellos, destaca por su importancia el llamado sistema internacional de medidas (SI).

4.3 INSTRUMENTOS DE MEDIDA.

Son los aparatos desarrollados para poder medir cualquier magnitud. En metrología dimensional podemos destacar: el Pie de Rey, el Micrómetro, el Goniómetro, el Comparador, etc.

4.4 MEDIR.

Consiste en determinar el tamaño de una magnitud respecto a una unidad; el valor hallado por medio de instrumento de calibración lo llamamos medida.

4.4.1 Medida directa e medida indirecta. Podemos clasificar las medidas según el método utilizado para efectuarlas. Algunas veces utilizaremos instrumento de lectura directa y, otras veces habrá que utilizar unos de medida indirecta, estos últimos, nos proporcionarán un valor intermedio que, mediante operaciones de cálculo, nos permitirán obtener el valor final deseado.

- Una medida es directa cuando el valor de la magnitud se obtiene de forma inmediata leyendo la escala del instrumento (ver figura 52).

Pie de Rey



- Una medida es indirecta cuando el valor de la magnitud no se obtiene directamente con el instrumento de medida, sino que requiere un cálculo posterior. Por ejemplo, para determinar la dureza de un material, entendida como la resistencia de éste a ser penetrado por un indentador (ver figura 53), por los sistemas Brinell o Vickers, hay que medir previamente la huella dejada por el indentador sobre la pieza, posteriormente, mediante una fórmula de cálculo, determinaremos el grado de dureza del material

Maquina identificadora



Fuente: Tomado de, <http://www.finegrouptest.com/spanish/brinell-hardness-testing-machine.html>

4.5 COMPARAR.

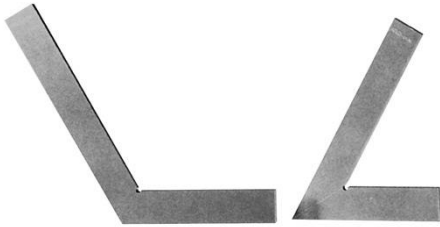
Operación con la que se examinan dos o más objetos geométricos, para descubrir sus relaciones, diferencias y semejanzas. Uno de los objetos a comparar será el de referencia que llamaremos patrón.

Llamamos pieza **patrón** a un objeto de forma y medidas prefijadas con un grado de exactitud superior al objeto a comparar (ver figuras 54 y 55).

Con esta operación se comprueba si son iguales las dos piezas (la patrón y la que queremos comparar), si tienen la misma forma, pero sin expresar numéricamente su valor. Por ejemplo, se está comparando cuando se examina:

- Si dos superficies forman un ángulo igual a otro, mediante una escuadra patrón
- Si una curva tiene o no un radio determinado, mediante unas galgas.
- Si la distancia entre dos superficies es igual o no en todos sus puntos, mediante un compás el paralelismo de una de las caras de una pieza respecto a una superficie de referencia, mediante un comparador de reloj montado sobre un soporte adecuado.

Escuadra patrón



Fuente: Tomado de, <http://www.kalkumezquerra.com/instrumentos-de-medida/escuadras/escuadras->

Galgas



Fuente: Tomado de, <http://www.bt-ingenieros.com/herramientas-de-mecanica/19-galga-para-espesores-de-26-medidas.html>

4.6 VERIFICAR.

A veces, no interesa conocer el valor de la magnitud de una pieza sino tan solo saber si cumple o no unas determinadas características preestablecidas como, por ejemplo:

- Las dimensiones.
- La calidad superficial.
- La uniformidad geométrica.
- La forma.
- El material.

La verificación tiene como fundamento básico determinar si la pieza fabricada está de acuerdo con el diseño previamente establecido.

4.7 INSTRUMENTOS DE MEDIDA DIRECTA DE LONGITUDES

En mecánica, los instrumentos más utilizados para la medida directa de longitudes son la Cinta Métrica, la Regla, el Pie de Rey y el Micrómetro.

4.7.1 Cinta Métrica y Regla. Los metros son cintas o varillas graduadas en centímetros o milímetros construidos en madera, acero o de aleaciones de aluminio y materiales plásticos. No se utilizan en el mundo de la mecánica de precisión.

Hay metros que se enrollan dentro de una caja metálica que llamamos Cinta Métrica, la cual si se usa bastante en mecánica para su comodidad (Fig. 56). La Regla graduada es una barra prismática rectangular fabricada en acero laminado y templado (endurecido para evitar su desgaste). Generalmente está graduada en milímetros y en medios milímetros. Se fabrican en varias longitudes para satisfacer cualquier necesidad (Fig. 57). Se utiliza mucho para el trazado de piezas.

Cinta métrica



Fuente: Tomado de, <http://www.johnsonlevel.es/productDetail.asp?ID=42&pID=169>

Regla metálica



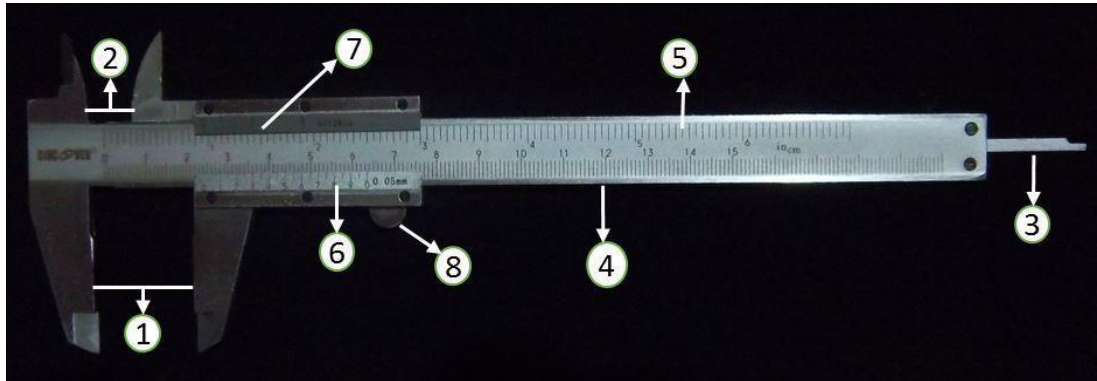
Fuente: Tomado de, <http://herramientas-bricolaje.com/tag/regla-metalica-graduada>

4.7.2 Pie de rey universal. Es un instrumento de precisión que nos permite medir longitudes exteriores, tomar medidas interiores y profundidades.

Antes de realizar una medición, debe asegurarse de que el objeto a medir debe estar frío, limpio y sin rebaba para que la medición sea lo más precisa posible.

Para poder comenzar a medir con este instrumento, es necesario conocer las partes de este instrumento (ver figura 58):

Partes de un calibrador pie de rey



1. Mordazas para medidas exteriores.
2. Mordazas para medidas interiores.
3. Punta para medida de profundidades.
4. Escala con divisiones en centímetros y milímetros.
5. Escala con divisiones en pulgadas y fracciones de pulgada.
6. Nonius para la lectura de las fracciones de milímetros en que esté dividido.
7. Nonius para la lectura de las fracciones de pulgada en que esté dividiendo.
8. Botón de deslizamiento y freno.

- **Medición en el sistema métrico (mm).** La escala principal, está dividida en mm, cada 10 mm es 1 centímetro, en algunos casos los números en la escala, indican la cantidad de mm, es decir en vez de salir un 1 sale un 10. Cada división de la escala, equivale a 1mm.

La escala del nonio, está dividida en 20 partes, cada dos líneas hay un número (1, 2, 3, etc.) y cada línea en el nonio equivale a 0.05 mm, que es la resolución en mm del instrumento.

- **Como leer el pie de rey en mm.**

1. Observar cuantas líneas de la escala Principal hay entre la línea 0 de la escala

principal y la línea 0 de la escala del nonio y multiplicar esta cantidad por 1 milímetro.

2. Observar que línea de la escala del nonio del Pie de Rey coincide con alguna línea de la escala principal y contar cuantas hay entre la línea 0 del nonius y la línea de la escala principal que coincide.

3. Luego multiplicar esta cantidad de líneas por 0,05 mm o simplemente ir sumándolas a medida que se cuentan.

4. Sumar los resultados de paso 1 y 2.

4.7.3 Micrómetro. Es un instrumento de medida más precisa que el pie de rey, dado que es capaz de medir centésimas y milésimas de milímetro. (ver figura 59). El Micrómetro consta de un cuerpo principal en forma de herradura que lleva incorporados una hembra fija en un extremo y un palpador fijo que hace de tope al otro. El tornillo micrométrico está enroscado en la hembra fija de manera que, si se hace girar en el sentido de las agujas del reloj, avanza hacia el palpador fijo y viceversa. Habitualmente, los Micrómetros se fabrican con un paso de rosca de medio milímetro, por lo que si damos una vuelta completa de caracol, este avanza 0,5mm.

El tornillo micrométrico acaba también en un tope de contacto llamado palpador móvil, que se encara perfectamente con el palpador fijo del cuerpo. Por el otro extremo está acoplado el tambor graduado giratorio.

Sobre el cuerpo principal y, a continuación de la hembra, se acopla un cuerpo graduado con una escala expresada en milímetros y en medios milímetros. El tambor lleva graduado en centésimas de milímetro un nonio de 50 divisiones. Al

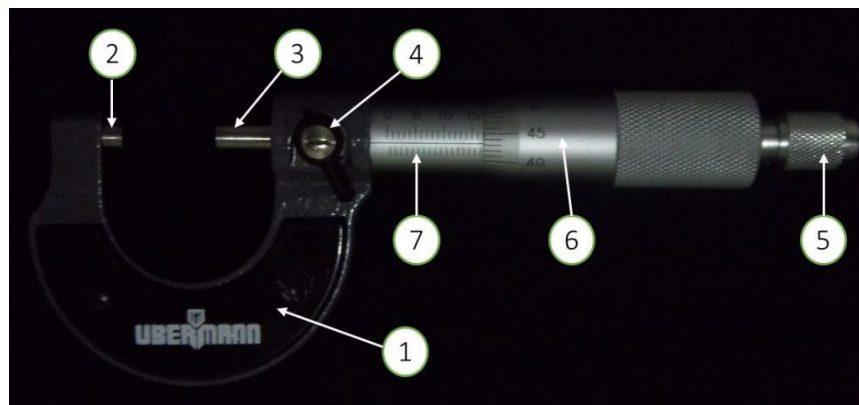
girar el tambor, éste se desplaza sobre la escala del cuerpo de forma que, junto al tambor indica la separación entre los palpadores.

Micrómetro



- **Partes de un micrómetro.** En este micrómetro podemos diferenciar las siguientes partes (ver figura 60):

Partes de un micrómetro



1. Marco o cuerpo
2. Yunque

3. Husillo
4. Seguro
5. Perilla de trinquete
6. Manguito
7. Escala graduada

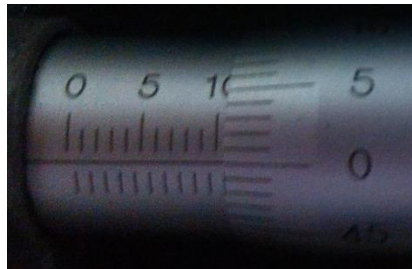
- **Lectura en milímetros.** En el cuerpo del micrómetro existe la graduación en milímetros y medios milímetros.

Esta graduación puede alternar su posición, es decir los milímetros pueden estar marcados en la parte inferior y los medios milímetros en la parte superior o viceversa.

El tambor muestra una graduación de 50 divisiones, lo que permite leer en 0,01 mm

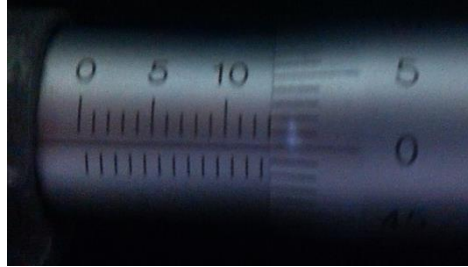
La figura nos da la lectura de 10,50 mm, para ello es necesario hacer coincidir el borde del tambor con la línea siguiente al 10 (o sea + 0,5 mm), pero teniendo presente que la línea 0 del tambor graduado, coincide con la línea central de la regla fija.

10.5 mm Medida tomada con un micrómetro



Para leer medidas en centésimas de milímetros, se hace coincidir el borde del tambor graduado con la línea del milímetro 13, cuidando que el cero del tambor graduado quede una línea debajo de la línea central de la regla fija.

13 mm Medida tomada con un micrómetro



5. LAS NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS EN TOLEREANCIA

El sistema de Dimensionado y Tolerado Geométrico “DTG”, es un lenguaje de acotado empleado en dibujo técnico–mecánico, que empezó a gestarse en Inglaterra en la década de 1930 y que hoy en los países industrializados es de amplia utilización.

El dimensionado y tolerado convencional se apoya en la "medida rectilínea unidimensional" que es la que brinda gran parte de instrumentos de medida como: el pie de rey y el micrómetro, por ejemplo. Siempre y cuando la verificación geométrica de una pieza pueda ser lograda de esta forma, la pieza es controlada; de lo contrario, la verificación geométrica resulta deficiente o simplemente se desconoce.

5.1 PROCESO DE NORMALIZACIÓN SEGUIDO POR ICONTEC.

Es nimia la información en español que circula en Colombia sobre DTG, una notable excepción son las Normas Técnicas Colombianas “NTC” que intentan normalizar su aplicación. De acuerdo al reglamento del Servicio de Normalización Nacional del ICONTEC, el proceso de normalización se desarrolla a través de varias etapas de acuerdo a parámetros internacionales. De manera breve dichas etapas son:

5.1.1 Estudio prenormativo. Etapa donde se evalúa el interés existente en la comunidad de que se establezca una norma para regular una actividad. Comprende también la búsqueda de normas afines en el ámbito internacional que pudiesen ser homologadas (como lo son las normas ISO).

5.1.2 Fase de anteproyecto. Donde el Comité Técnico respectivo se reúne para analizar la norma internacional que servirá de base para adaptarla haciéndole las modificaciones necesarias.

En el caso de las NTC sobre DTG el Comité Técnico es el 000003 Dibujo Técnico.

5.1.3 Periodo de consulta previa. Tiempo durante el cual se somete a la opinión de todos los interesados (industria, universidades, gobierno, institutos de investigación y usuarios expertos), el proyecto que se encuentra en estudio.

5.1.4 Etapa de post consulta pública. Si durante las etapas anteriores se reciben observaciones de carácter técnico sustentadas, el comité técnico se reúne nuevamente para analizar y dar trámite a dichas observaciones.

5.1.5 Estudio por parte del consejo técnico. Es un estudio de revisión a fin de darle el visto bueno a la norma para su aprobación.

5.1.6 Ratificación de la norma por parte del consejo directivo. En esta fase se da la legitimación como oficial de una norma por parte de representantes del gobierno nacional entre otros.

Posteriormente, viene la Divulgación de la norma a través de centros de información, puntos de venta en las cuatro ciudades principales del país.

5.2 HOMOLOGACIÓN DE NORMAS ICONTEC.

En términos generales, las NTC son una homologación de las normas ISO. Lo anterior se da en razón a que: por un lado el ICONTEC es la institución que por Colombia hace parte de la ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL PARA LA NORMALIZACION -ISO- y por otro, existe el acuerdo de que cada institución miembro de ISO ante la necesidad de implementar una norma en su respectivo país, adopta la norma ISO correspondiente, siempre que sea posible y sin

modificarla, y solo iniciará el desarrollo de normas no contempladas en ISO, en aquellas circunstancias en que las normas ISO no sean pertinentes de homologación.

Algunas de las normas NTC homologadas de las normas ISO se presentan en la tabla 12.

Normas colombianas con su referente ISO

Norma técnica Colombiana	Norma ISO correspondiente
NTC 1831 Dibujo técnico. Tolerancias geométricas. Tolerancias de Forma, orientación, localización y alineación. Generalidades, definiciones, símbolos e indicaciones en dibujos. Fecha: 1988-04-20 (Reaprobada 2001-09-26)	ISO 1101 Technical drawings - Geometrical tolerancing - Tolerancing of form, orientation, location, and run - out - Generalities, definitions, symbols, indications on drawings. 1983 - 12 - 01.
NTC 2130 Dibujo técnico. Tolerancias geométricas. Referencias y sistemas de referencia para tolerancias geométricas. Fecha: 1986-07-16 (Reaprobada 2000-11-22)	Iso 5459 Technical drawing - Geometrical tolerancing - Datums and datum - systems for geometrical tolerances. 1981 - 11 - 01.
NTC 2498 Dibujo técnico. Principio fundamental de tolerancia. Fecha: 1988-11-16 (Reaprobada 2000-11-22)	ISO 8015 Technical drawings - Fundamental tolerancing principle. 1985 - 12 - 15
NTC 1876 Dibujo Técnico. Tolerancias geométricas. Principio del material máximo. Fecha: 1996-10-23 (Reaprobada 2000-11-22)	ISO 2692 Technical drawings - Geometrical tolerancing - Maximum material principle. 1988 - 12 - 15. ISO 2692 Amd. 1 least material requirement. 1992 - 10 - 01.
NTC 1877 Dibujo técnico. Dimensionamiento y tolerancias de los perfiles. Fecha: 1999-04-28 (Reaprobada 2000-11-22)	ISO 1660 Technical drawings - Dimensioning and tolerancing of profiles. 1987 - 11 - 01.
NTC 2493 Dibujo técnico. Símbolos para tolerancias geométricas. Proporciones y dimensiones. Fecha: 1988-12-07 (Reaprobada 2000-11-22)	ISO 7083 Technical drawings - Symbols for Geometrical tolerancing - proportions and dimensions. 1983 - 06 - 15. Corrected and reprinted - 1983 - 10 - 15.

<p>NTC 3331 Dibujo técnico. Tolerancias generales. Tolerancias geométricas para características sin indicaciones de tolerancia individual. Fecha: 1992-02-19</p>	<p>ISO 2768 General tolerances - part 2: Geometrical tolerances for features without individual tolerance indications. 1989 - 11 - 15.</p>
<p>NTC 2529 Dibujo técnico. Tolerancias geométricas, tolerancias de forma, orientación, posición y desarrollo. Principios y métodos de verificación. Fecha 1989-03-01</p>	<p>ISO/TR 5460. Technical drawings - Geometrical tolerancing - tolerancing of form, orientation, location and run-out. Verification principles and methods - Guidelines. Fecha: 1985 - 05 - 15.</p>
<p>NTC 1722 Dibujo técnico. Tolerancias dimensionales lineales y angulares. Fecha 2001-10-16</p>	<p>ISO Technical drawings - Tolerancing of linear and angular dimensions. Fecha: 2000-06-30</p>

6. BIBLIOGRAFIA

Majana Coneo, Luis Francisco. Ajustes y tolerancias. Cartagena de Indias, Colombia: Universidad tecnológica de Bolívar, nov. 2008 [consultado en oct., 2014]. ISBN 97703-1-2.

Chevalier, A. Dibujo industrial. Mexico: Limusa, 2011 [consultado en oct., 2014]. ISBN 978-968-18-3948-2.

Jiménez Balboa, Luis. Prontuario de ajustes y tolerancias. Barcelona, España: Marcombo, 1996 [consultado oct. 2014]. ISBN 970-15-0178-0.

Tolerancias y ajustes. Manual de contenido del participante [En línea]. Ternium, [consultado oct. 2014]. Disponible en: <
<http://www.eet6sannicolos.edu.ar/biblioteca/alumnos/1polimodal/Tolerancias%20y%20ajustes/TX-TMP-0003%20MP%20Tolerancias%20y%20Ajustes.pdf> >.

Gómez, Jorge y otros. Dimensionado y tolerado geométrico en las normas técnicas colombianas [en línea]. Medellín, Colombia: universidad nacional de Colombia, nov. 2002 [consultado en ene., 2015]. Disponible en: <
<http://www.redalyc.org/pdf/496/49613704.pdf> >.

ROJAS GARCIA, Hernán. Tolerancias y ajustes. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander, 1985. p. 48.

Calduch, Eduard. Prácticas de laboratorio. Ingeniería de procesos de fabricación. Cataluña, España: Universidad Politécnica de Cataluña, [consultado en dic. 2014]. Disponible en: <
<http://ocw.upc.edu/sites/default/files/materials/15013923/47570-4350.pdf> >.

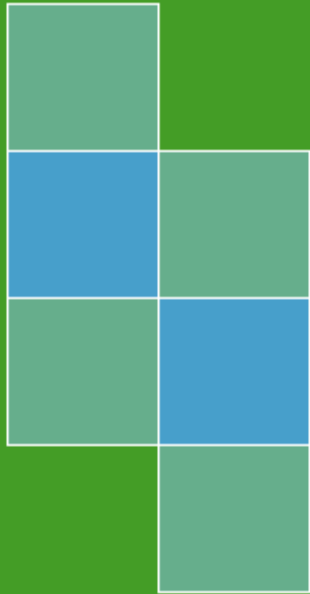
Casillas, A. Cálculos de taller. Máquinas. Madrid, España: 23 ed. Copyright, [consultado en ene. 2015].

Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación. Inscripción de tolerancias lineales y angulares. NTC-1722. Bogotá.

Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación. Tolerancia geométricas, tolerancias de forma, orientación localización y alineación. NTC-1831. Bogotá.

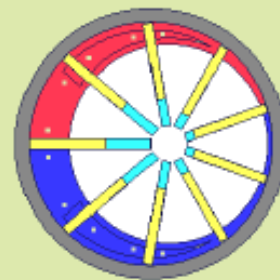
ANEXO B. MANUAL DE BOMBA DE PALETAS

Escuela de
ingeniería
mecánica



MANUAL BOMBA DE PALETAS

Practica de ajustes y tolerancias





MANUAL BOMBA DE PALETAS

PRACTICA DE AJUSTES Y TOLERANCIAS

LUIS FERNANDO GONZÁLEZ PULIDO

**FACULTA DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Bucaramanga, Enero de 2015

Contenido

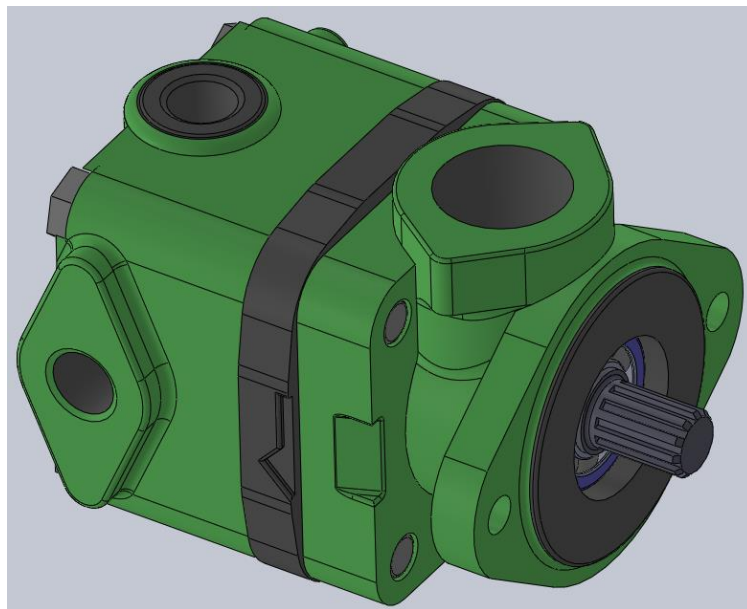
	Pág.
1. CARACTERÍSTICAS.....	3
2. TIPOS DE BOMBAS	5
2.1 BOMBAS DE ENGRANAJES EXTERNOS.....	5
2.2 BOMBAS DE LÓBULOS.....	6
2.3 BOMBAS DE ENGRANAJES INTERNOS.....	7
2.4 BOMBAS GEROTOR.....	8
2.5 BOMBAS DE PALETAS.....	9
2.6 BOMBAS DE PISTONES AXIALES EN LÍNEA.....	10
2.7 BOMBAS DE PISTONES RADIALES.....	11
3. FUNCIONAMIENTO.....	12
3.1 ETAPA UNO.....	12
3.2 ETAPA DOS.....	13
3.3 ETAPA TRES.....	13
4. PARTES DE UNA BOMBA DE PALETAS.....	14
6. PROCESO DE MONTAJE DE UNA BOMBA DE PALETAS.....	20
7. BIBLIOGRAFÍA	26

1. CARACTERÍSTICAS

Su función de las bombas consiste en transformar la energía mecánica en energía hidráulica, impulsando el fluido hidráulico en el sistema.

Las bombas hidrostáticas o de desplazamiento positivo suministran una cantidad determinada de fluido en cada carrera, revolución o ciclo. Su desplazamiento, exceptuando las pérdidas por fugas, es independiente de la presión de salida, lo que las hace muy adecuadas para la transmisión de potencia.

Bomba hidrostática



Las bombas se clasifican generalmente por su presión máxima de funcionamiento y por su caudal de salida en l/min a una velocidad de rotación determinada.

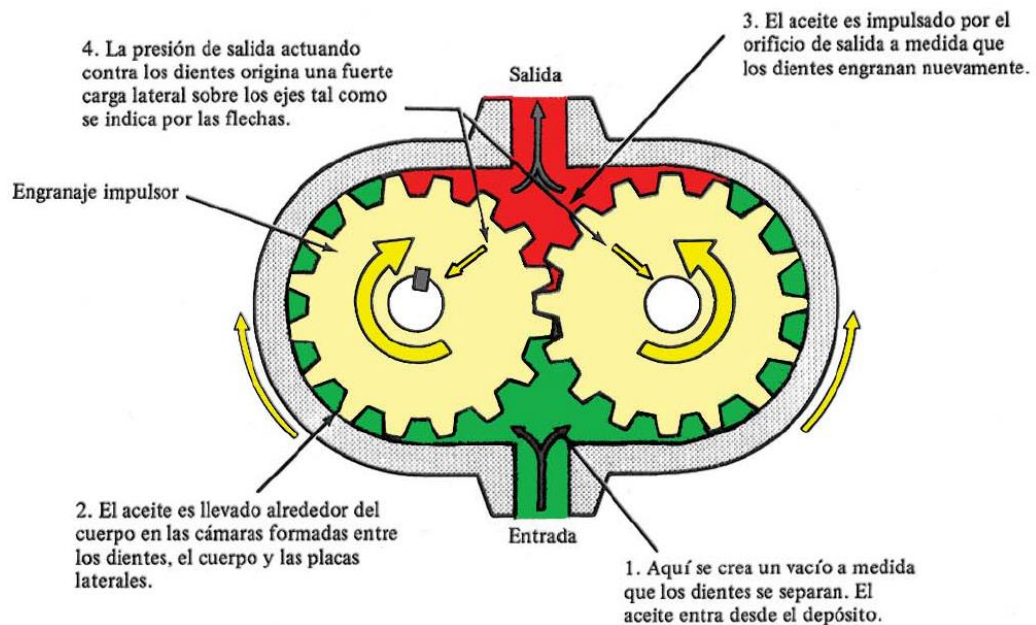
Caudal. Una bomba viene caracterizada por su caudal nominal en litros por minuto: por ejemplo, 40l/min. En realidad puede bombear más caudal en ausencia de carga y menos a su presión de funcionamiento nominal. Su desplazamiento es también proporcional a la velocidad de rotación.

2. TIPOS DE BOMBAS

2.1 BOMBAS DE ENGRANAJES EXTERNOS.

Una bomba de engranajes externos produce caudal al transportar el fluido en las cámaras formadas por el espacio entre los dientes de los engranajes, el cuerpo de la bomba y las placas laterales.

Bomba de engranajes externos



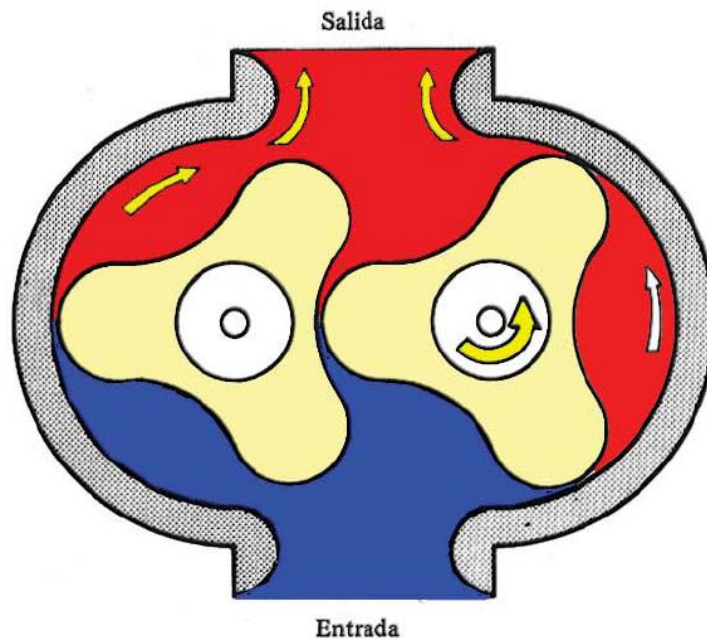
Fuente: manual Vickers

2.2 BOMBAS DE LÓBULOS.

Las bombas de lóbulos son bombas rotativas de engranajes externos, que difieren principalmente de éstas en la forma en que son accionados los engranajes (en este caso lóbulos).

Mientras en la bomba de engranajes externos un engranaje hace girar al otro, en las bombas de lóbulos ambos son accionados independientemente por medio de un sistema de engranajes, externo a la cámara de bombeo. La figura 4 muestra esquemáticamente una bomba de lóbulos.

Bomba de lóbulos



Fuente: manual Vickers

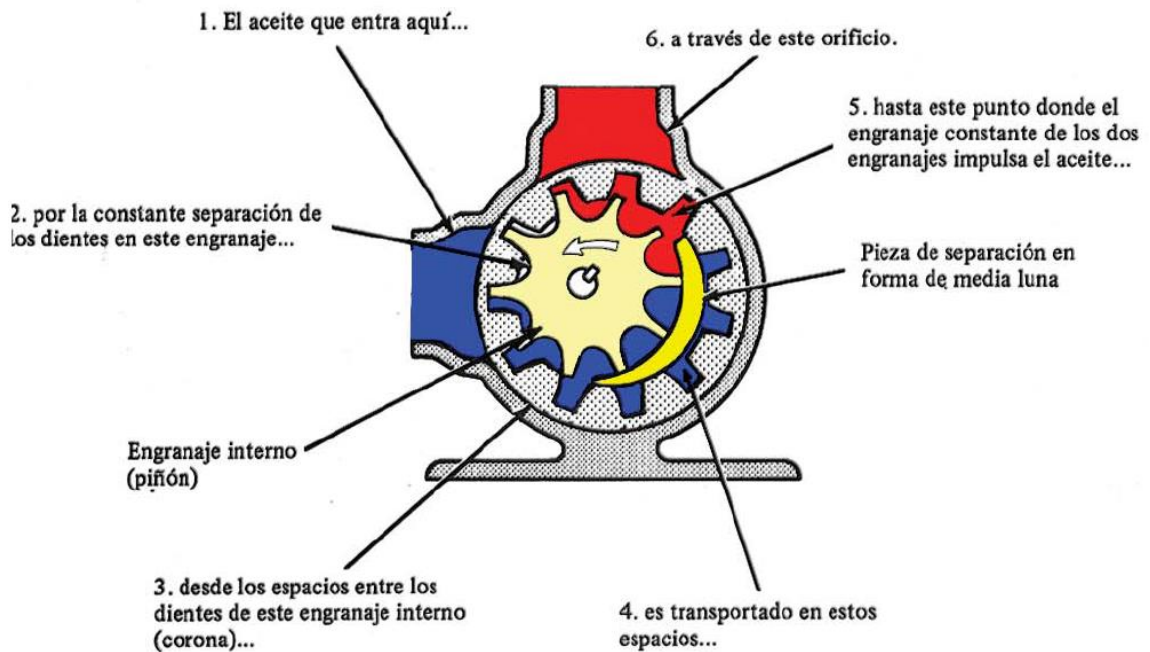
2.3 BOMBAS DE ENGRANAJES INTERNOS.

En este tipo de bombas hay, entre los dos engranajes, una pieza de separación en forma de media luna (semiluna).

Esta pieza está situada entre los orificios de entrada y salida.

El fluido hidráulico se introduce en la bomba y es transportado hacia la salida por el espacio existente entre la semiluna y los dientes de ambos engranajes.

Bomba de engranajes internos



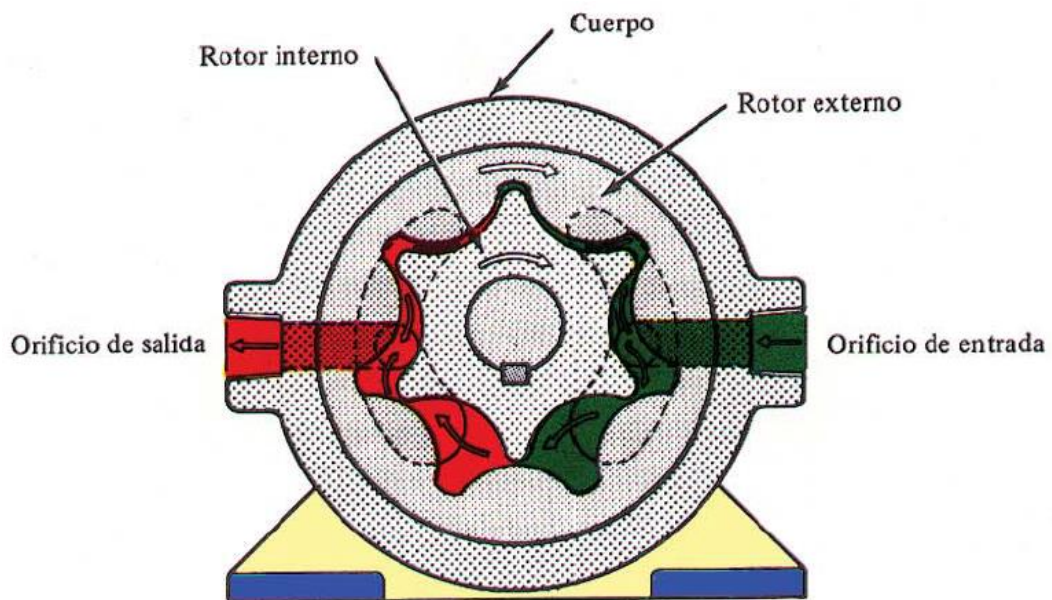
Fuente: manual Vickers

2.4 BOMBAS GEROTOR.

Este tipo de bombas consiste en un par de engranajes donde el rotor interno (motriz) arrastra al rotor externo, que a su vez tiene un diente más, y giran ambos en la misma dirección (Figura 6).

El fluido entra en la cámara cuando los dientes empiezan a separarse (creándose una aspiración), y es expulsado cuando éstos vuelven a entrelazarse.

Bomba Gerotor

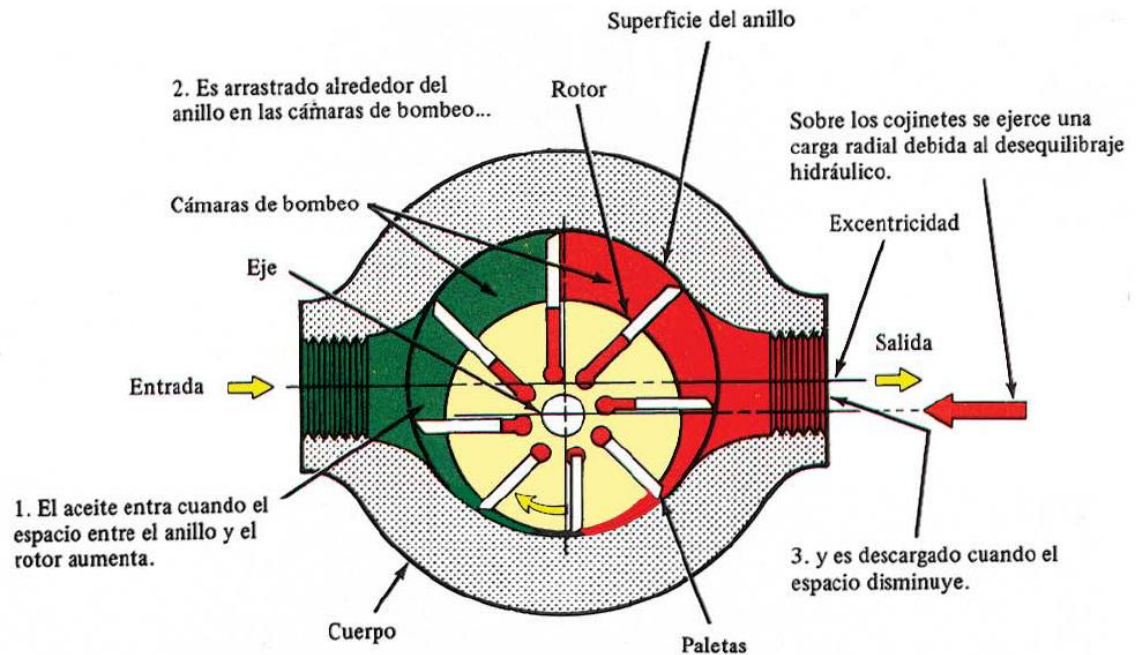


Fuente: manual Vickers

2.5 BOMBAS DE PALETAS.

En estas bombas un determinado número de paletas se deslizan en el interior de unas ranuras de un rotor que a su vez gira en un alojamiento o anillo (Figura 6). Las cámaras de bombeo se forman entre las paletas, el rotor, y el alojamiento, y este conjunto queda cerrado lateralmente por las placas laterales.

Bomba de paletas



Fuente: manual Vickers

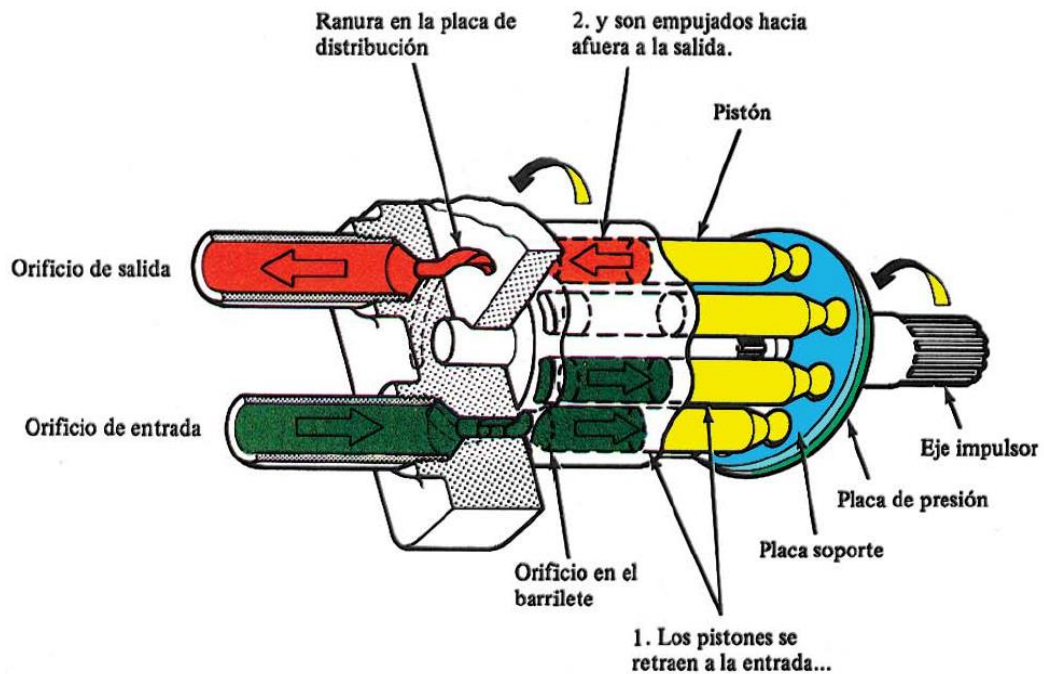
2.6 BOMBAS DE PISTONES AXIALES EN LÍNEA.

En este tipo de bomba de pistones axiales, el barrilete de cilindros gira, accionado por el eje motriz. Los pistones, alojados en los orificios del barrilete, se conectan al plato inclinado.

A medida que el barrilete gira, los pistones se mueven linealmente con respecto al eje, en un movimiento alternativo.

Los orificios, en la placa de distribución, están dispuestos de tal forma que los pistones pasan por el orificio de entrada o aspiración cuando empiezan a salir de sus alojamientos, y por la salida cuando están nuevamente entrando en sus alojamientos.

Bomba de pistones axiales



Fuente: manual Vickers

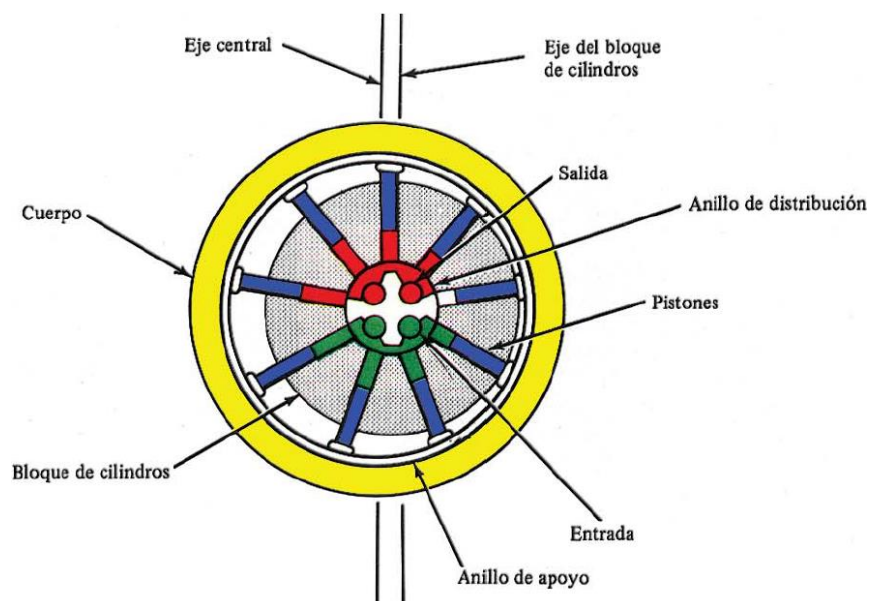
2.7 BOMBAS DE PISTONES RADIALES.

En estas bombas los pistones están colocados radialmente en un bloque de cilindros; estos pistones se mueven perpendicularmente con relación al eje.

El bloque de cilindros gira sobre un pivote en el interior de un rotor. A medida que el bloque gira, la fuerza centrífuga, hace que el pistón siga la superficie interna del rotor, que está desplazada con relación al eje del bloque de cilindros.

Los orificios localizados en el anillo de distribución permiten que los cilindros, aspiren el fluido cuando se expanden, y lo expulsen cuando se mueven hacia dentro.

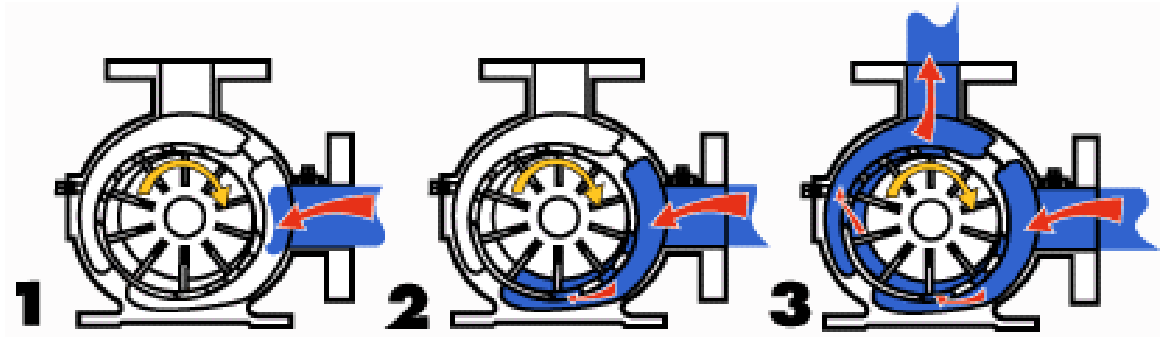
Bomba de pistones radiales



Fuente: manual Vickers

3. FUNCIONAMIENTO

Funcionamiento de una bomba de paletas no equilibrada



Fuente: manual Vickers

A continuación se describen en tres etapas el funcionamiento de la bomba de paletas no equilibrada

3.1 ETAPA UNO.

Un rotor ranurado o impulsor, esta acoplado al eje de accionamiento colocado dentro de un anillo (también llamado carcasa o leva tipo anillo). Entre el rotor y el anillo se tienen unas cavidades en forma de medialuna. En el caso de las bombas no equilibradas hidráulicamente se forma una cavidad, la cual se debe al espacio que queda entre el rotor ubicado excéntricamente y el anillo, en este caso circular.

En las bombas equilibradas hidráulicamente el anillo tiene forma elíptica, formándose dos cavidades simétricas a lado y lado del rotor ubicado en el centro del anillo.

El rotor está sellado dentro del anillo por dos placas laterales. Las paletas o aspas encajan dentro de las ranuras del impulsor. A medida que el impulsor rota (flecha amarilla) y el fluido entra a la bomba, la fuerza centrífuga y la presión hidráulica, fuerzan las paletas a que sigan la superficie interna del anillo. Generalmente, se requiere una velocidad mínima de 600 r.p.m. en el arranque para que la fuerza centrífuga y la presión aplicada en la parte inferior de las paletas las mantenga apoyadas contra el anillo.

El estrecho sello entre las paletas, el rotor, el anillo y las placas laterales, es lo que ocasiona las buenas características de succión comunes a todas las bombas de paletas.

3.2 ETAPA DOS.

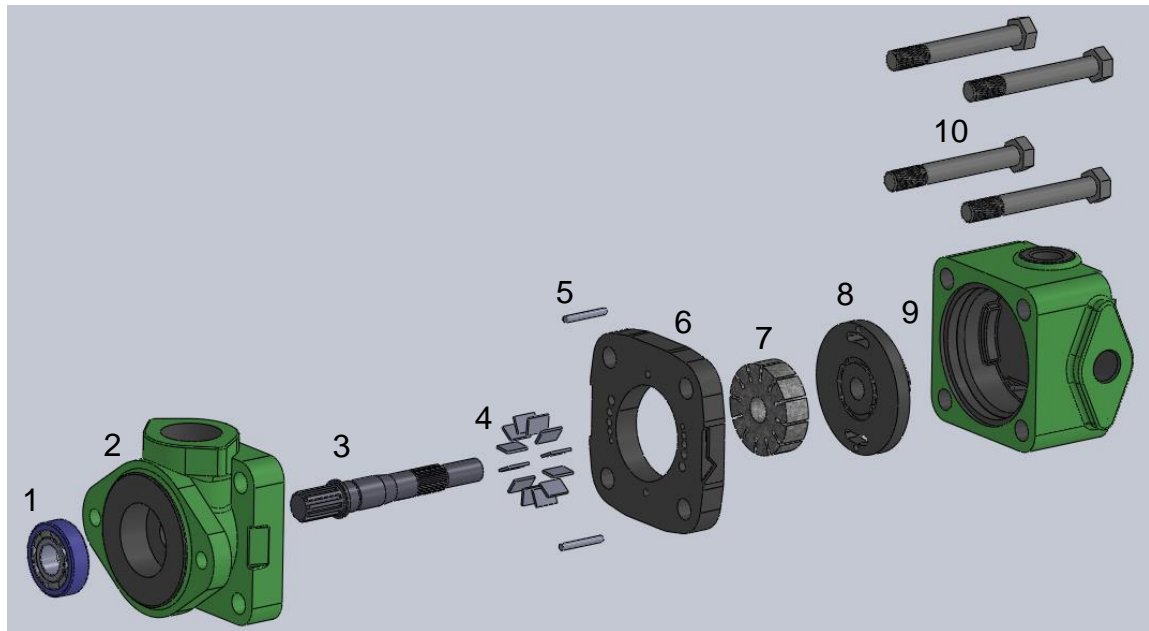
El fluido entra en las cámaras de bombeo a través de unos agujeros en las paredes del anillo (flechas rojas en la parte inferior de la bomba). El líquido entra a las cavidades creadas por las paletas, el rotor, el anillo y las placas laterales.

3.3 ETAPA TRES.

A medida que el impulsor continúa girando las paletas arrastran el fluido al lado opuesto de la medialuna, donde es expulsado a través de los agujeros de descarga en las paredes del anillo (flecha roja pequeña al lado de la bomba). Entonces el fluido sale de la bomba. El desplazamiento de la bomba depende de la anchura del anillo, del rotor y de la distancia que la paleta pueda extenderse desde la superficie del rotor a la del anillo. El contacto entre la superficie interna del anillo y la punta de las paletas significa que ambos están sometidos a desgaste. Para mantener un grado constante de contacto, las paletas salen más de sus ranuras cuando se desgastan.

4. PARTES DE UNA BOMBA DE PALETAS

Componentes de una bomba de paletas



Fuente: autor

- | | |
|-------------------------|-------------------|
| 1. Rodamiento de bolas | 6. Anillo estator |
| 2. Tapa | 7. Rotor |
| 3. Eje de accionamiento | 8. Placa de apoyo |
| 4. Paletas | 9. Cuerpo |
| 5. Pasador | 10. Pernos |

5. PROCEDIMIENTO DE DESMONTAJE DE LA BOMBA DE PALETAS

1. Como primer paso del proceso de desmontaje de una bomba de paletas, tomamos una llave de apriete número $\frac{3}{4}$ para retirar los pernos. En la figura 11 se muestra la guía del proceso.

Extracción de los pernos



2. Proceda a separar el cuerpo de la bomba tal como muestra la figura 12.

Separación del cuerpo de la bomba



3. Retire la placa de apoyo y el rotor como se muestra en la figura 13.

Desmonte la placa de apoyo y el rotor



4. Proceda a extraer el anillo estator. Observe la figura 14.

Retire anillo estator



5. Aísle el rotor del eje de accionamiento tal como se muestra en la figura 15

Extracción del rotor



6. Retire las paletas del rotor. Remítase a la figura 16 para seguir el proceso.

Retire paletas



7. El proceso de desmontaje culmina, extrayendo el eje de accionamiento. Observar la figura 17.

Retire eje de accionamiento



8. La figura 18 muestra la finalización del proceso.

Fin del desmontaje



Fuente: autor

¡EL PROCESO DE DESMONTAJE HA TERMINADO CON ÉXITO!

6. PROCESO DE MONTAJE DE UNA BOMBA DE PALETAS

1. Iniciamos el montaje, ubicando las paletas en el rotor tal como muestra la figura 19.

Coloque las paletas en el rotor



2. Introduzca a presión el eje de accionamiento en la tapa de la bomba. Como ilustra la figura 20.

Ensamble del eje de accionamiento



3. Instale los pasadores como se muestra en la figura 21.

Ensamble de pasadores



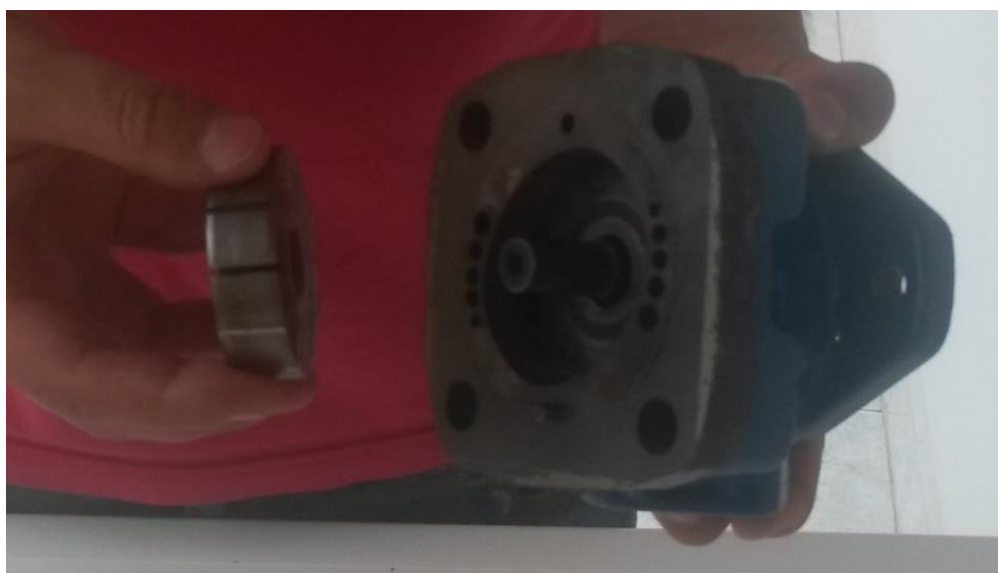
4. Seguidamente acomode el anillo estator. Observe la figura 22.

Acople anillo estator



5. Instale el rotor asegurándose que las paletas se encuentren completas y bien ubicadas. La figura 23 guía éste proceso.

Instale el rotor



Montaje: tapa-eje de accionamiento-anillo estator y rotor



6. Ubique la placa de apoyo como muestra la figura 25.

Empalme de la placa de apoyo



7. Dispóngase a acoplar el cuerpo de la bomba siguiendo la figura 26.

Acople del cuerpo de la bomba



8. Finalmente, con ayuda de la llave de apriete $\frac{3}{4}$, fije los pernos al cuerpo de la bomba tal como muestra la figura 27.

Ensamble de pernos



9. La figura 28 muestra el montaje terminado.

Montaje completo



¡EL PROCESO DE MONTAJE HA FINALIZADO CON ÉXITO!

7. BIBLIOGRAFÍA

Bomba de paletas constante. Tipo PVV y PVQ (Rexroth Bosch Group). [En línea]. 2005. [Consultado en Nov 2014]. Disponible en: <
http://www.boschrexroth.com/RDSearch/rd/r_10335/rs10335_2005-10.pdf >.

Manual básico de oleohidraulica. [En línea]. Mayo 2005. [Consultado en Nov 2014]. Disponible en: <
http://www.sohipren.com/imagenes/pdf1/Manual_Basico_de_Oleohidraulica.pdf >.

Bombas de paletas. Catálogo General (EParker). [En línea]. Oct 2004. [Consultado en Dic 2014]. Disponible en: <
http://www.parker.com/literature/Vane_Pump/PDF%20Literature/Vane_PUMP_T7-ES.pdf >.

Manual de hidráulica industrial (Vickers). [En línea]. [Consultado en Dic 2014]. Disponible en: <
http://www.susferrinmaquinas.com.ar/images/MAT_CONS_Hidraulica_industrial.pdf >

ANEXO C. MANUAL MOTOR DE DOS TIEMPOS

Escuela de
ingeniería
mecánica

MANUAL MOTOR DE DOS TIEMPOS

Practica de ajustes y tolerancias





MANUAL BOMBA DE PALETAS

PRACTICA DE AJUSTES Y TOLERANCIAS

LUIS FERNANDO GONZÁLEZ PULIDO

FACULTA DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Bucaramanga, Enero de 2015

Contenido

	pág.
1. DEFINICIÓN.....	3
2. CARACTERÍSTICAS Y DIFERENCIAS ENTRE EN MOTOR DE DOS Y CUATRO TIEMPOS.....	5
3. FUNCIONAMIENTO.....	6
3.1 CARRERA DESCENDENTE.....	6
3.1.2 Segundo tercio de recorrido.....	7
3.1.3 Último tercio de recorrido.....	8
3.2 CARRERA ASCENDENTE.....	8
3.2.1 Primer tercio de recorrido.....	9
3.2.1 Segundo tercio de recorrido.....	9
3.2.3 Tercer tercio de recorrido.....	9
4. COMPONENTES DE UN MOTOR DE DOS TIEMPOS, UTILIZADOS PARA AVIONES DE AEROMODELISMO.....	10
5. DESARME DEL MOTOR DE DOS TIEMPOS.....	20
6. ENSAMBLE DE UN MOTOR DE DOS TIEMPOS.....	28
7. BIBLIOGRAFÍA.....	35

1. DEFINICIÓN

El motor de dos tiempos, también denominado motor de dos ciclos, es un motor de combustión interna que realiza las cuatro etapas del ciclo termodinámico (admisión, compresión, expansión y escape) en dos movimientos lineales del pistón (una vuelta del cigüeñal). Se diferencia del más conocido y frecuente motor de cuatro tiempos de ciclo de Otto, en el que este último realiza las cuatro etapas en dos revoluciones del cigüeñal.

Motor de dos tiempos para aeromodelismo



Fuente: manual básico, todo sobre motores

Las diferencias estructurales más importantes vienen dadas por el apartado de la distribución. En este caso no hay válvulas, ni por tanto sistemas de accionamiento. La culata es únicamente una tapa del cilindro en la que se instala la bujía de encendido. Por su parte el cárter se encarga de la función de alimentación, conectándose con él los conductos exteriores de admisión, y de él salen a su vez otros denominados “transfers” o “conductos de transferencia”, que lo conectan lateralmente con el cilindro, salvando el pistón.

Aunque existen otras versiones de motores para aeromodelismo, uno de los más utilizado es el motor de 2 tiempos que trabaja con combustible tipo glow aunque no precisamente significa que sea el mejor motor.

La finalidad del motor es producir un trabajo, cuando se adquiere un motor se busca una solución que entregue la potencia necesaria para mover adecuadamente el modelo al que va destinado, y ello unido a un peso apropiado. La relación potencia /peso, y en algunos casos el tamaño o el consumo de combustible, es la clave de la selección.

2. CARACTERÍSTICAS Y DIFERENCIAS ENTRE EN MOTOR DE DOS Y CUATRO TIEMPOS

El motor de dos tiempos se diferencia en su construcción, del motor de cuatro tiempos Otto en las siguientes características:

- Ambas caras del pistón realizan una función simultáneamente, a diferencia del motor de cuatro tiempos en el que únicamente esta activa la cara superior.
- La entrada y salida de gases al motor se realiza a través de las lumbreras (orificios situados en el cilindro). Este motor carece de las válvulas que abren y cierran el paso de los gases en los motores de cuatro tiempos. El pistón dependiendo de la posición que ocupa en el cilindro en cada momento abre o cierra el paso de gases a través de las lumbreras.
- El cárter del cigüeñal debe estar sellado y cumple la función de cámara de precompresión. En el motor de cuatro tiempos, por el contrario, el cárter sirve de depósito de lubricante.
- La lubricación, que en el motor de cuatro tiempos se efectúa mediante el cárter, en el motor de dos tiempos se consigue mezclando aceite con el combustible en una proporción que varía entre el 2 y el 5 por ciento. Dado que esta mezcla está en contacto con todas las partes móviles del motor se consigue la adecuada lubricación.

3. FUNCIONAMIENTO

Aunque el motor de dos tiempos funciona en base a un ciclo con cuatro fases, éstas se realizan únicamente en dos carreras del pistón, que corresponden con una vuelta del cigüeñal. Para poder realizar todos los trabajos en un periodo de tiempo tan corto, este motor debe utilizar no sólo la parte superior del pistón como cámara en la que los gases tienen sus procesos, sino también la parte inferior. La zona superior, limitada por la cabeza del pistón y la culata, se encarga del proceso de combustión, con las correspondientes fases de admisión, compresión, explosión y escape, solapándose la primera y la última, de modo que, al contrario que en un cuatro tiempos en el que únicamente coincidían en un corto período de tiempo denominado “cruce de válvulas”, en este motor se realizan casi conjuntamente. Esto obliga a realizar una parcelación del cilindro, de manera que los gases quemados y los frescos no se mezclan.

La zona comprendida entre la parte inferior del pistón y el cigüeñal se encarga al mismo tiempo de los procesos de admisión, realizando la tarea previa de introducir el gas desde el exterior en el motor. Para unir ambas zonas se realizan los transfers, que unen de manera intermitente las dos cámaras creadas.

Con el fin de facilitar la comprensión del funcionamiento del motor de dos tiempos, a continuación se detalla el funcionamiento de dicho motor, teniendo como referencia las dos carreras que efectúa el pistón. Dichas carreras, se dividen en tres tercios aproximadamente cada una de ellas:

3.1 CARRERA DESCENDENTE

3.1.1 Primer tercio de recorrido. El pistón se encuentra en el P.M.S (punto muerto superior) y el salto de chispa acaba de producirse provocando el desplazamiento del pistón hacia P.M.I (punto muerto inferior). Las lumbreras de escape y de transferencia se encuentran cerradas, mientras la de admisión se encuentra abierta, y comienza a ser eficaz la precompresión.

Primer tercio carrera descendente



Fuente: puesta a punto de un motor de 2 tiempos

3.1.2 Segundo tercio de recorrido. En el cárter se produce el tiempo de precompresión que finalizara con la apertura de las lumbreras de transferencia. Por la parte superior comienza a descubrirse la lumbrera de escape, iniciándose el escape espontaneo y tras un pequeño recorrido del pistón se descubren las lumbreras de transferencia.

Segundo tercio de carrera descendente



Fuente: puesta a punto de un motor de 2 tiempos

3.1.3 Último tercio de recorrido. Termina el tiempo de precompresión al abrirse las lumbreras de transferencia y se produce la entrada de gases frescos en el interior del cilindro, provocando además la expulsión del resto de los gases de escape (barrido).

Último tercio de carrera descendente



Fuente: puesta a punto de un motor de 2 tiempos

3.2 CARRERA ASCENDENTE

3.2.1 Primer tercio de recorrido. Tanto las lumbreras de transferencias como las de escape permanecen abiertas.

3.2.1 Segundo tercio de recorrido. Se cierran las lumbreras de transferencias, mientras la lumbrera de escape permanece abierta.

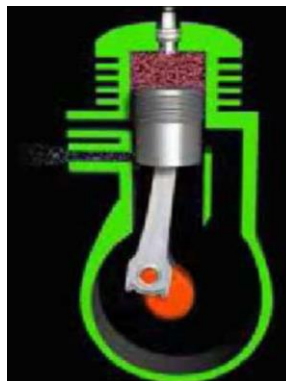
Segundo tercio de carrera ascendente



Fuente: puesta a punto de un motor de 2 tiempos

3.2.3 Tercer tercio de recorrido. Se cierra la lumbrera de escape y se produce la compresión de la mezcla al tiempo que se abre la lumbrera de admisión comenzando el proceso de admisión.

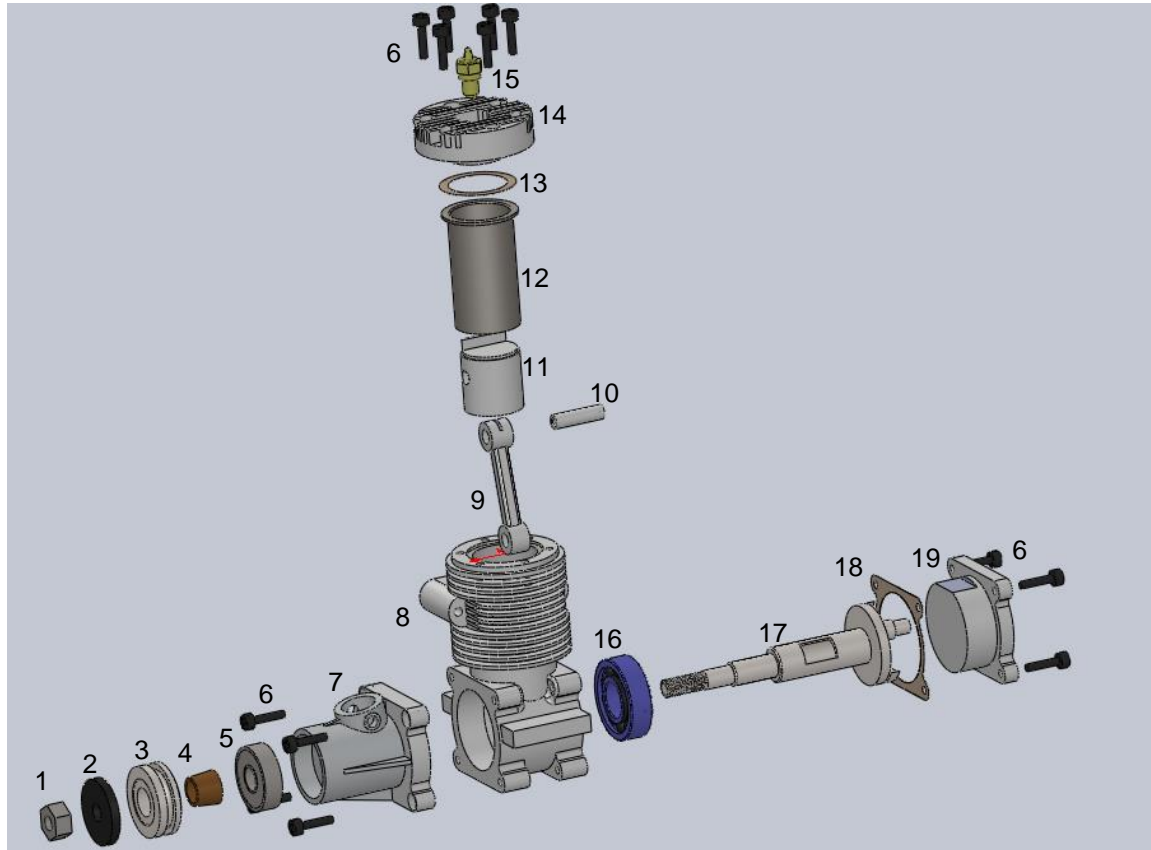
Último tercio de carrera ascendente



Fuente: puesta a punto de un motor de 2 tiempos

4. COMPONENTES DE UN MOTOR DE DOS TIEMPOS, UTILIZADOS PARA AVIONES DE AEROMODELISMO

Partes de un motor de dos tiempos utilizado en aeromodelismo



Fuente: autor

Componentes de un motor de aeromodelismo

N° de pieza	Descripción	N° de pieza	Descripción
1.	Tuerca de fijación de hélice	11.	Pistón
2.	Arandela de fijación de hélice	12.	Camisa
3.	Plato de hélice.	13.	Junta de culata
4.	Pinza de fijación de hélice	14.	Culata
5.	Rodamiento delantero	15.	Bujía

6.	Tornillos	16.	Rodamiento trasero
7.	Parte delantera de Cáster	17.	Cigüeñal
8.	Cáster	18.	Junta del Cáster
9.	Biela	19.	Tapa del cartel
10.	Bulón		

A. Cáster: en un motor de dos tiempos RC es el modulo, carcasa o célula; que permite acoplar en su interior todas las piezas móviles y fijas, que permiten tener el motor con todos sus mecanismos en condición para que este funcione correctamente.

Cáster



Una característica muy importante es que Cáster en su interior tiene una serie de canaletas o concavidades que permiten orientar el combustible atomizado que genera el carburador y que posteriormente fluye por el conducto que tiene el eje del cigüeñal.

Cavidades del Cárter



Fuente: imagen tomada de. <http://www.rcmecanica.cl/>

Otra característica importante que proporciona el Cárter, es permitir la hermeticidad necesaria para que los accesorios y mecanismos del motor funcionen correctamente.

B. Cilindro o Camisa: esta pieza de acero en forma de cilindro se encuentra ubicada al interior del Cárter y permite en su interior el movimiento lineal ascendente y descendente del pistón. Moviéndose el pistón entre dos posiciones extremas; el Punto Muerto Superior “P.M.S” y el Punto Muerto Inferior “P.M.I”.

Cilindro



Fuente: imagen tomada de. <http://www.rcmecanica.cl/>

La distancia que separa el PMS y el PMI se llama carrera, respecto a esta distancia que llamamos carrera dentro del cilindro. Es importante destacar que cuando el pistón se desplaza desde P.M.S al P.M.I, el cigüeñal gira 1/4 de vuelta.

El cilindro o camisa alrededor de su pared pose una serie de concavidades que tienen propósitos definidos y extremadamente importantes, estas concavidades se llaman “Lumbreras” y son de dos tipos; lumbreras de admisión y lumbrera de escape.

Lumbreras del cilindro



Fuente: imagen tomada de. <http://www.rcmecanica.cl/>

C. El pistón: es una pieza móvil de aluminio en forma de vaso invertido, en la cual se pueden distinguir dos partes; la cabeza plana en su parte superior y la falda. La falda tiene un orificio transversal al eje de movimiento del pistón, en donde se acopla un buje que permite fijar la parte superior de la biela al pistón.

Pistón



El vaso invertido por una de sus caras tiene un sacado que permite la lubricación en el punto de acoplamiento entre el pistón y la parte superior de la biela “pie”, este sacado en el pistón deja una entrada libre hacia el sector que requiere ser lubricado por la mezcla. El cual ingresa por las lumbreras de admisión frontal y lateral.

Sacado para lubricación



Fuente: imagen tomada de. <http://www.rcmecanica.cl/>

Recordemos nuevamente que como motor de dos tiempos el combustible posee un porcentaje de aceite que permite lubricar las piezas móviles y proteger de la oxidación aquellas piezas que no son móviles.

Este pistón se desplaza linealmente al interior del cilindro o camisa, describiendo un movimiento ascendente y descendente.

Al momento de producirse la fase de explosión en la cámara de compresión, es el pistón una de las piezas que recibe directamente la fuerza que generan los gases en expansión producto del encendido de la mezcla.

Esta fuerza hace mover el pistón en forma descendente iniciando el movimiento de todas las piezas móviles al interior del motor.

El pistón tiene como misión hacer mover consigo la biela que se encuentra unida al pistón, ya que es la biela el elemento que hace girar el cigüeñal.

El pistón posee una serie de características que aseguran su funcionamiento, como también alargar la vida útil del motor de dos tiempos RC:

1. Debe tener una estructura resistente, que permita soportar los esfuerzos a los que es sometido en las zonas más críticas, siendo estas la cabeza plana del pistón y la zona de unión entre el pistón y la biela.

2. Su diseño debe permitirle tener el menor peso posible y estar correctamente balanceado, con el propósito que no produzca golpes laterales, campaneos y esfuerzos de inercia.

3. Además su diseño debe asegurar que sean resistentes al desgaste, a las altas temperaturas que se generan en estos motores de dos tiempos de RC y a los agentes oxidantes y contaminantes del nitro metano.

D. La biela: es una pieza de aluminio que está formada por; en pie, cuerpo de biela y cabeza.

Biela



La biela es la pieza que permite la unión entre el pistón y el cigüeñal. Tiene como propósito transformar el movimiento lineal ascendente y descendente del pistón en

un movimiento rotatorio permanente. Que permitirá hacer girar el cigüeñal en forma continua en el sentido de giro de los punteros del reloj.

Conjunto Pistón - Cigüeñal



E. El Cigüeñal: es un eje de acero que se encuentra situado en el eje longitudinal del cárter del motor, este eje en su extensión tiene varios diámetros diferentes, los cuales permiten acoplar o acoplarse a diferentes piezas móviles y fijas que componen el cárter del motor.

Además, en el caso de los motores de dos tiempos, tiene varias funciones muy importantes e insustituibles. Que permiten el funcionamiento del motor.

Cigüeñal



El cigüeñal denominado también “**árbol motor**” tiene como misión convertir el movimiento lineal ascendente y descendente del pistón, en un movimiento giratorio. Este movimiento giratorio actúa directamente sobre el conjunto

embrague, en donde los engranajes de la campana del embrague hacen girar la corona del diferencial central.

G.- Tapa trasera del Cárter del motor: en este tipo de motores la tapa trasera del motor, particularmente tiene dos propósitos:

1.- El primero es que permite tapan el Cárter del motor por su parte trasera, proporcionando la hermeticidad que se requiere para el eficiente desarrollo de cada una de las cuatro fases; admisión, compresión, explosión y escape.

Tapa trasera del Cárter



2.- La segunda es que la tapa del Cárter en su parte interna tiene unas concavidades que permiten direccionar el flujo de la mezcla que sale desde el conducto del contrapeso del cigüeñal, hacia las canaletas que permiten guiar esta mezcla hacia las lumbreras de admisión.

Cabida de la tapa trasera del cárter



H. Culata: La culata es la pieza que permite tapar el cilindro en forma hermética, tiene forma cilíndrica y su grosor es de 7 mm., está construida de aluminio y además en su centro se atornilla la bujía.

Culata



I. Disipador de temperatura: como el funcionamiento de estos motores genera una alta temperatura, la cual dañaría el motor si no se contara con un elemento que permitiera eliminar este exceso de temperatura, se diseñó una pieza construida de aluminio que fuera capaz de disipar estas altas temperaturas. Esta pieza o parte es un cilindro que está conformado por una serie de aletas circulares concéntricas que forman una sola pieza unidas por su eje.

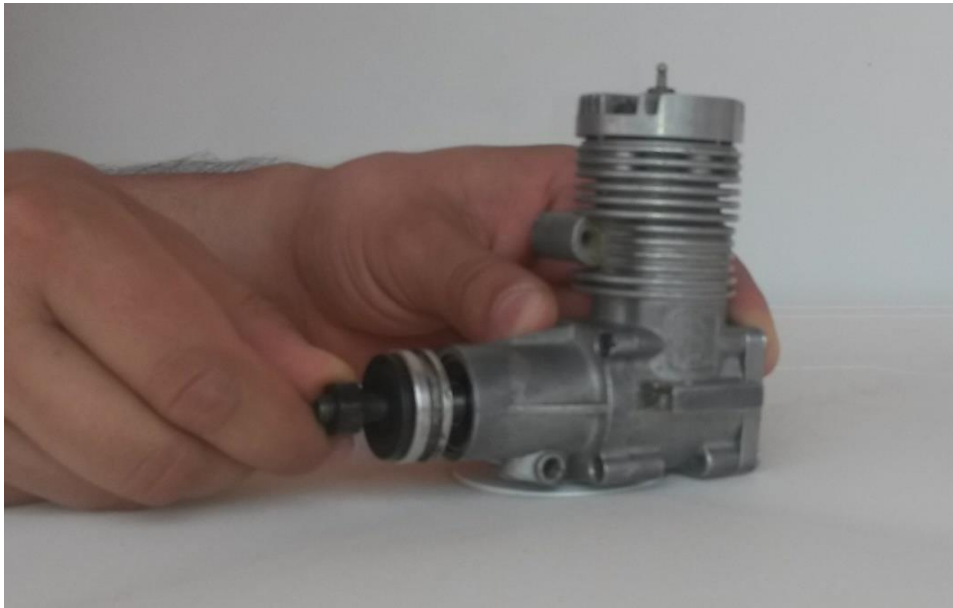
Disipador de temperatura



5. DESARME DEL MOTOR DE DOS TIEMPOS

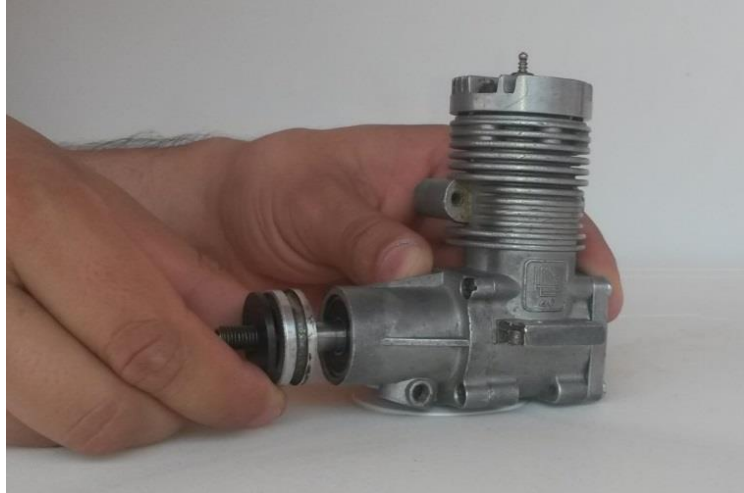
1. Iniciamos el proceso de desarme del motor de dos tiempos extrayendo la tuerca de fijación de hélice como se muestra en la figura 21.

Extracción de la tuerca de hélice



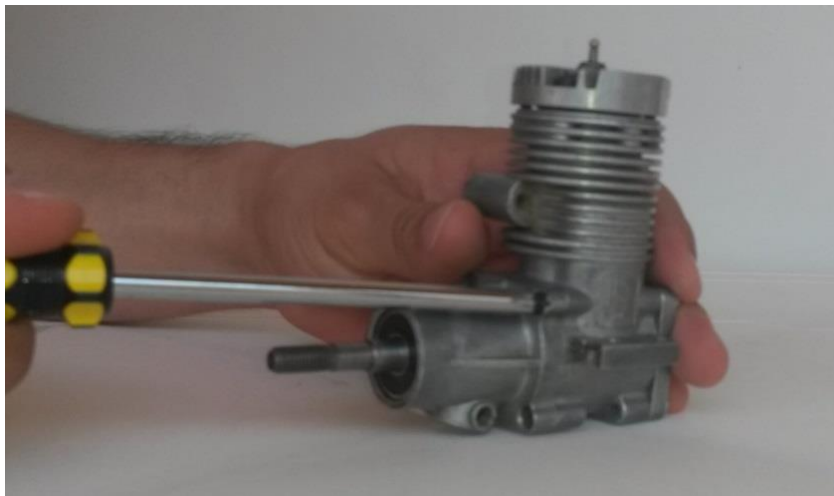
2. Seguidamente retire la arandela de fijación de hélice junto con el plato de hélice como muestra la ilustración 22.

Retirada de la arandela y plato de fijación de hélice



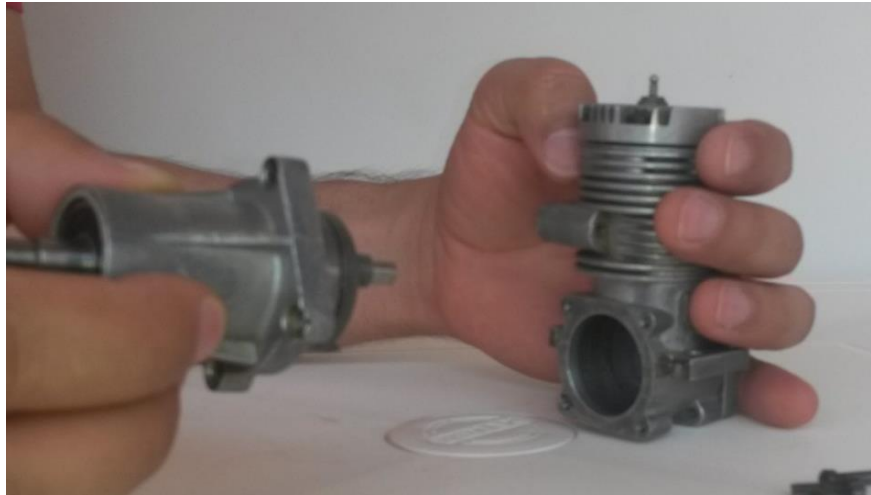
3. Utilice un destornillador de estrella para retirar cada uno de los tornillos que mantiene unida la parte delantera del cárter con el cárter. Remítase a la ilustración 23 para guiar su proceso.

Desaloje los tornillos del cárter.



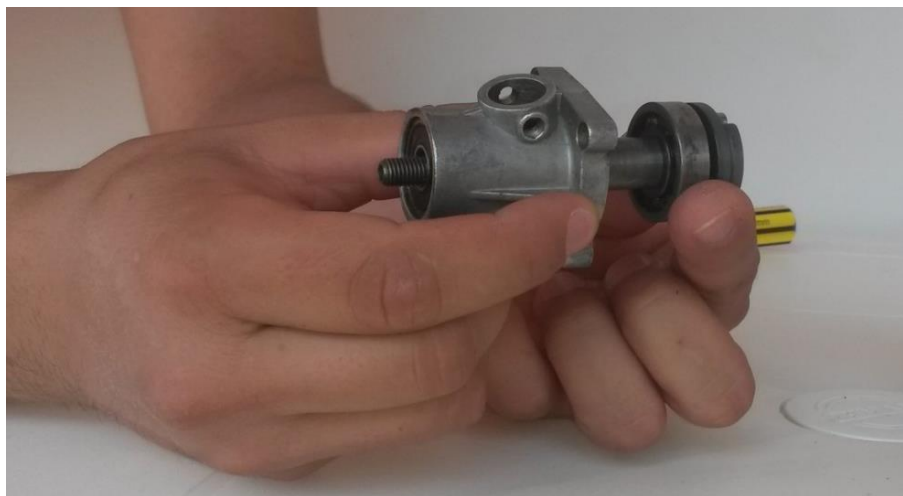
4. Separe las dos piezas que conforman el cárter. Diríjase a la figura 24 donde se muestra el proceso.

Separación parte posterior del cárter.



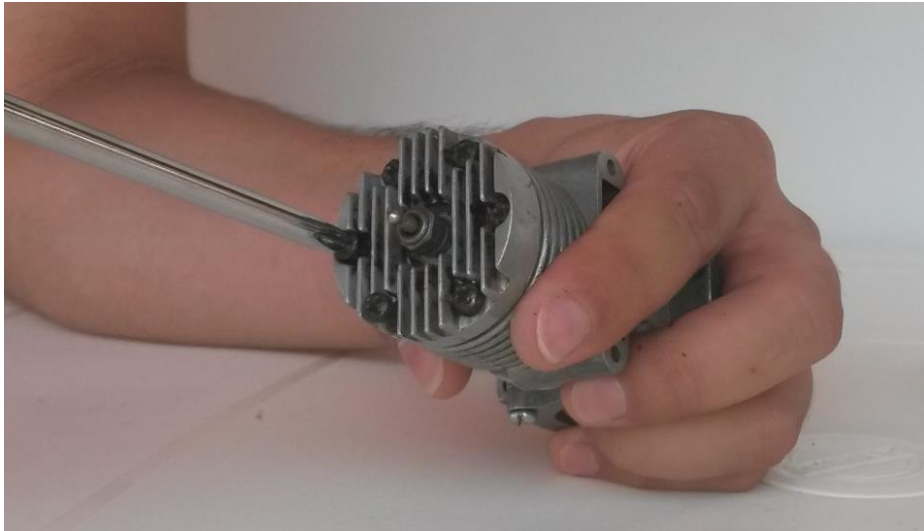
5. Saque el cigüeñal que se encuentra situado en el eje longitudinal del cárter del motor. La figura 25 ilustra dicho proceso.

Extracción del cigüeñal.



6. Apoyados en la herramienta de desmontaje - destornillador estrella, extraiga los tornillos que fijan la culata al cilindro del cárter. Observe la figura 26 que dirige el proceso.

Retire tornillos de la culata.



7. Desacople la culata del cárter como se muestra en la figura 27.

Desacople de culata



8. Aísle el pistón del cárter siguiendo la figura 28.

Nota: en el momento de dicha separación se puede distinguir la biela y el bulón.

Aislación del pistón.



9. Dispóngase a desunir el bulón del pistón haciendo presión con el destornillador estrella en el orificio de ingreso. Las figuras 29 y 30 aclaran el proceso.

Presión con el destornillador en el orificio de ingreso del bulón



Extracción del bulón

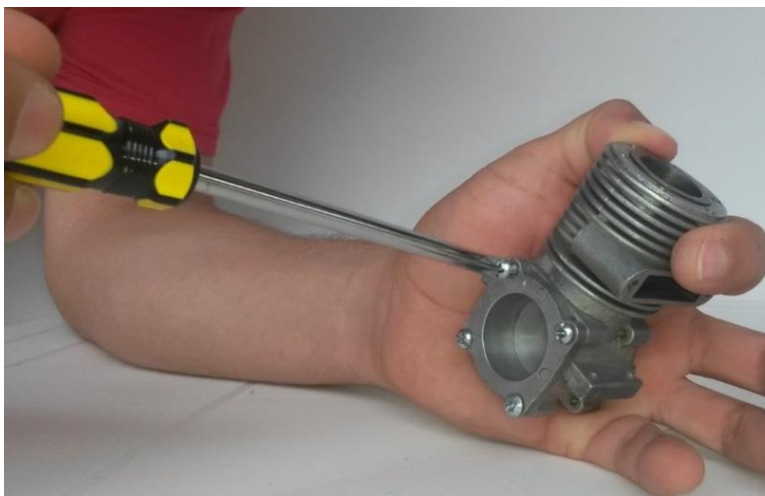


De izquierda a derecha: Biela, pistón y bulón.



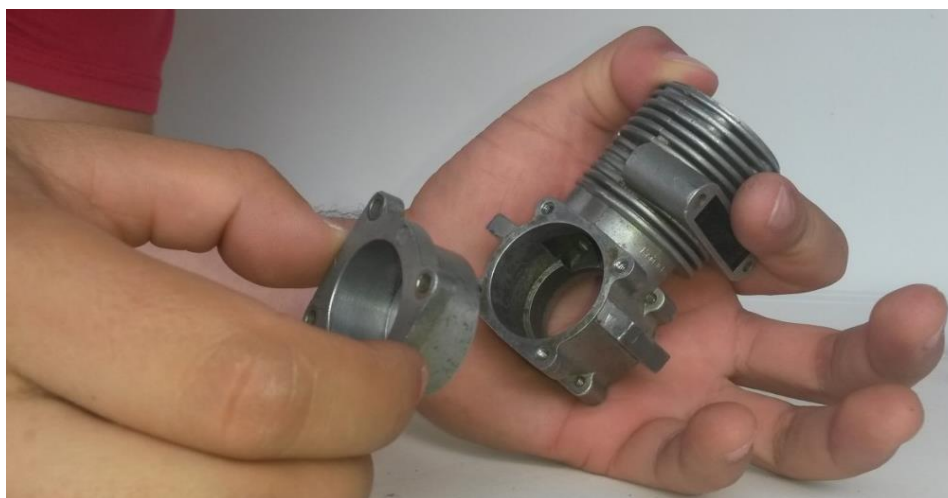
10. Retire cada uno de los tornillos de la tapa trasera del cárter como muestra la figura 32.

Retirada de tornillos de la tapa del cárter



11. Para finalizar el proceso de desmontaje, separe la tapa trasera del cárter siguiendo la figura 33.

Desacople tapa trasera del cárter.



Motor desmontado.

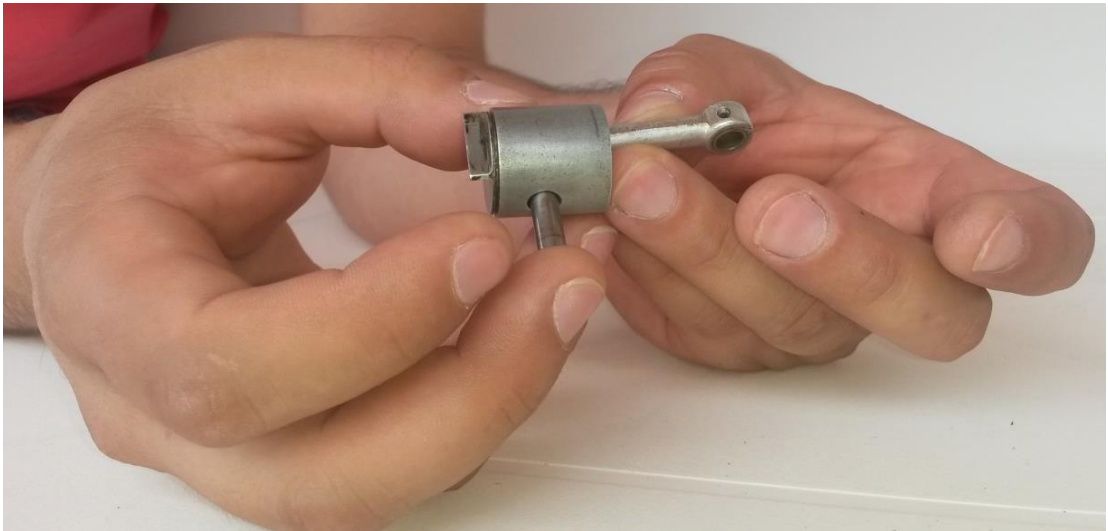


¡HA CULMINADO CON ÉXITO EL PROCESO DE DESMONTAJE DE UN MOTOR DE DOS TIEMOS ¡.

6. ENSAMBLE DE UN MOTOR DE DOS TIEMPOS

1. Comenzamos el proceso de montaje, incorporando la biela y el bulón al pistón. Representado en la figura 35.

Acople biela y bulón al pistón



2. Ahora bien, tomamos el pistón anteriormente acoplado y lo ajustamos al cárter, siguiendo la figura 36.

Ajustamos el pistó al cárter.



Ensamble el cigüeñal al cárter asegurándose que quede debidamente acoplado al pistón. La figura 37 y 38 Muestra el proceso.

Ensamble cigüeñal- cárter.



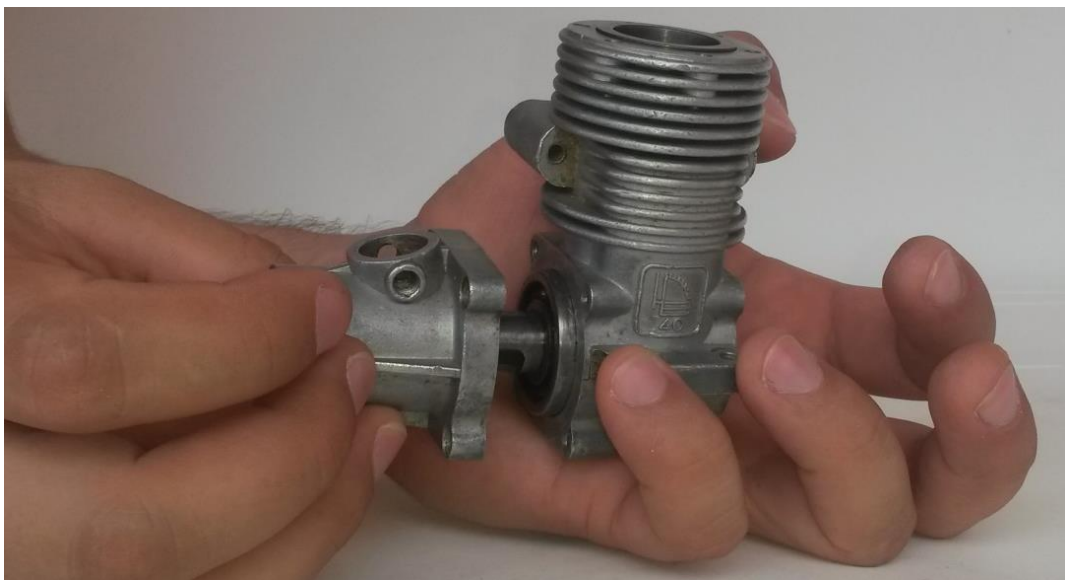
Ensamble del muñón del cigüeñal y la biela



3. Como paso a seguir, una la parte delantera del cárter al ensamble ya existente.

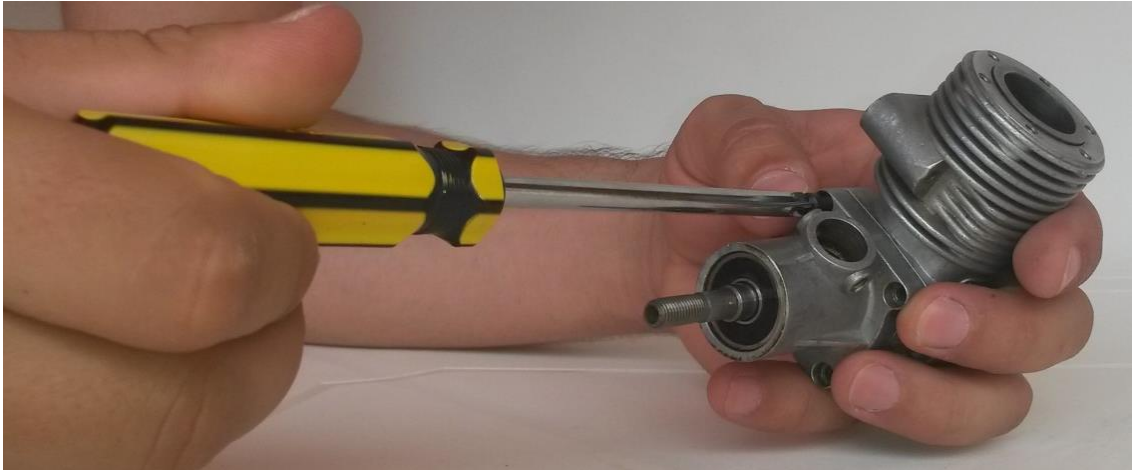
Observe la figura 39 para guiarse en el proceso.

Ensamble del cárter



4. Tome los tornillos de cabeza en cruz para insertarlos al cárter. Al igual que en el desmontaje la herramienta base es el destornillador estrella. la figura 40 ilustra el proceso.

Roscado de tornillos al cárter



5. Incorpore la tapa trasera del cárter como muestra la figura 41.

Incorpore tapa trasera del cárter



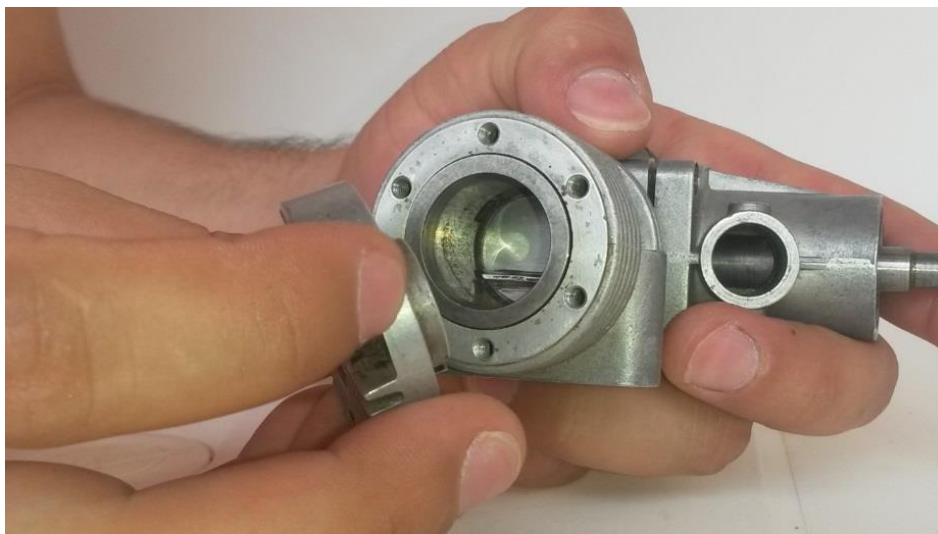
6. Seguidamente, tome los tornillos del desmontaje y el destornillador de estrella para sujetar la tapa trasera del cárter. Observe la figura 42 para guiar el proceso.

Ajuste de la tapa trasera del cárter



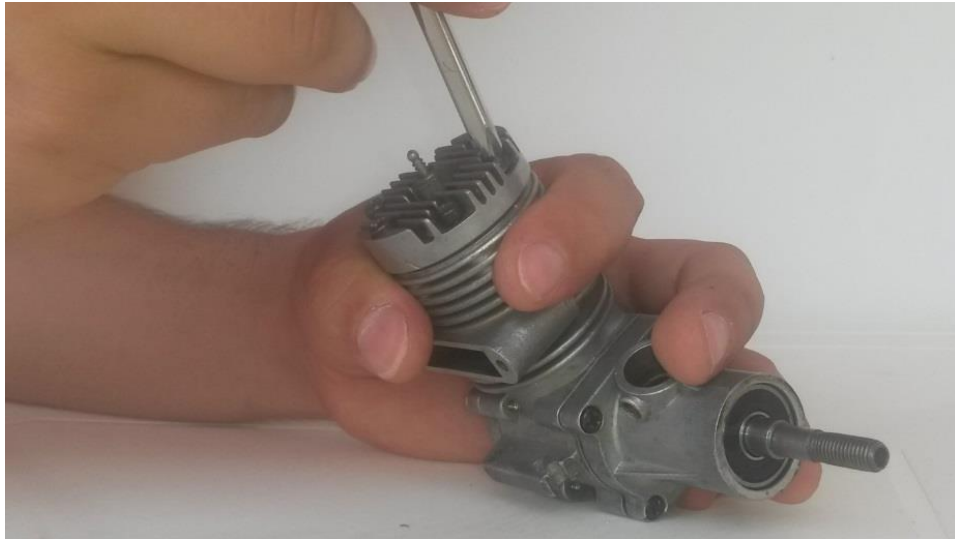
7. Proceda a colocar la culata sobre el dissipador de temperatura. Observe la figura 43 que guía el proceso.

Ubicar culata



8. Con ayuda del destornillador de estrella coloque cada uno de los tornillos y ensamble la culata al dissipador de temperatura. Ver figura 44.

Ensamble de la culata.



9. Coloque la arandela de fijación y el plato de hélice sobre el eje del cigüeñal. La figura 45 ilustra el proceso.

Ensamble arandela de fijación y plato de hélice



10. Por último, introduzca la tuerca de fijación de la hélice y enrosque con la mano. Remítase a la figura 46 y culmine el proceso.

Fijación de la tuerca de hélice



11. La figura 47 muestra el motor finalizado el proceso de montaje.

Finalización del proceso de montaje



¡HA FINALIZADO CON ÉXITO EL PROCESO DE ENSAMBLE!

7. BIBLIOGRAFÍA

ARBELOA, M. Puesta a punto de un motor de 2 tiempos [en línea]. Pamplona, Junio de 2010. [Citado Dic 2014].

CARLOS, M. como mejorar los motores de dos tiempos para modelismo [en línea]. España, agosto del 2006. [Citado Dic 2014]. Disponible en:
<<http://www.clubalasdeorduna.webs.com/motores-v1.0.pdf>>.

Todo sobre motores. Manual básico [en línea]. [Citado Ene 2015]. Disponible en:
<<http://www.aeromodelnet.com.ar> />.

Rc Mecánica. Mecánica para automodelismo a radio control. May 2013 [en línea].
<<http://www.rcmecanica.cl/funcionamiento-partes-y-piezas-de-un-motor-de-dos-tiempos-rc-de-un-buggy-o-truggy/>>. [Citado Ene 2015].

ANEXO D: GUÍAS DE LABORATORIO DE AJUSTES Y TOLERANCIAS



UNIVERSIDAD INDUSTRIA DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO BÁSICO

Nombre	Código	Firma.	Fecha.
			Reviso.

OBJETIVOS

- Aplicar los conceptos de ajustes y tolerancias sobre un conjunto mecánico.
- Seleccionar los distintos tipos de tolerancias que se pueden encontrar el conjunto mecánico bomba de paletas.
- Aprender a representar las tolerancias de un componente mecánico en un plano.

PRIMER PASO

- Inspeccionar la bomba de paletas al igual que su manual.
- Localizar el manual de ajustes y tolerancias.
- Ubicar y reconocer las herramientas necesarias.

PREGUNTAS SOBRE EL MANUAL DE AJUSTES Y TOLERANCIAS

1. Seleccione la respuesta correcta

1. ¿Cuánto equivale una micra en milímetros?

- a. 0.01 mm
- b. 0.001 cm
- c. 0.0001 mm
- d. 0.001 mm

2. Según la norma colombiana NTC, las tolerancias geométricas las podemos dividir en:

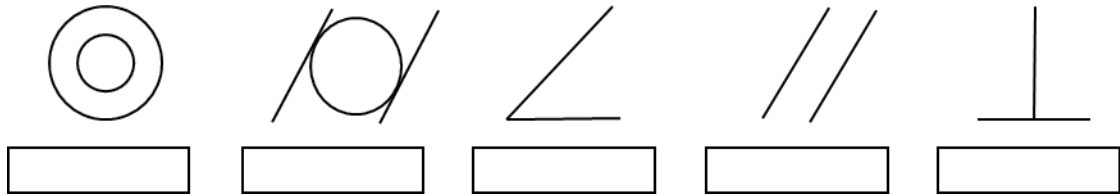
- a. Tolerancias de planicidad, orientación, simetría y planitud.

- b. Tolerancias de forma, simetría, circular y alineación.
- c. Tolerancias de forma, orientación, localización y alineación.
- d. Tolerancias de planicidad, alineación, localización y paralelismo.

3. ¿En qué momento se debe conocer, el ajuste que se le debe dar a dos a más piezas a ensamblar?

- a. se calcula o prevé antes de que las piezas sean fabricadas.
- b. Después de que las piezas se han fabricado.
- c. Durante el ensamble.
- d. Después de que las piezas se han ensamblado y están listas para ser usadas.

4. ¿A qué tolerancias pertenecen estos símbolos? Completar en las cajas vacías con los nombres de las propiedades toleradas por estos símbolos.

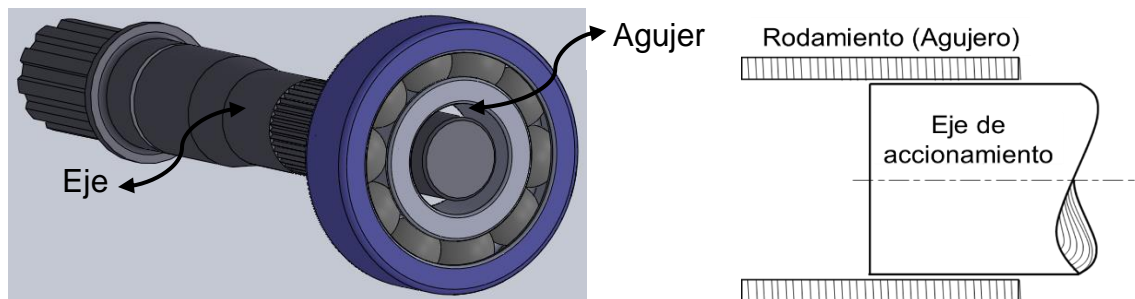


2. Responda falso o verdadero a cada una de las siguientes afirmaciones

	Falso	Verd.
1. Medida nominal es la medida real con que queda la pieza después de su fabricación.	()	()
2. Se podría lograr la intercambiabilidad en la fabricación de piezas, si se acaban todas las piezas dentro de unas medidas matemáticamente exactas.	()	()
3. El valor de la tolerancia se representa mediante una letra y un valor, la letra puede ser mayúscula o minúscula dependiendo del caso. Si se trata de una letra minúscula, las tolerancias están referidas a un agujero.	()	()
4. Un ajuste se puede generar solo con un elemento o pieza mecánica.	()	()
5. Sistema agujero único y sistema eje único, son estos sistemas de referencia para los ajustes.	()	()

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

1. Desarmar la bomba de paletas y localizar el ensamble que se forma entre el eje de accionamiento de la bomba y el rodamiento. El conjunto solicitado se representa en la siguiente gráfica.



Luego de tener conocimiento de las piezas con las cuales va a trabajar, resuelva lo siguiente.

- A.** Mida el diámetro interno del agujero que se ubica dentro del rodamiento y el diámetro externo del eje. Utilizando el calibrador pie de rey o el micrómetro.
Por favor de estas medidas en milímetros para facilitar la elaboración del informe.
Diámetro Externo = _____
Diámetro Interno = _____
- B.** ¿Qué tipo de ajuste le pertenece a este ensamble (nombre)?
Nota. Para tener mayor información, diríjase a la sección 3.1.5 aplicación de los ajustes del manual de ajuste y tolerancias.

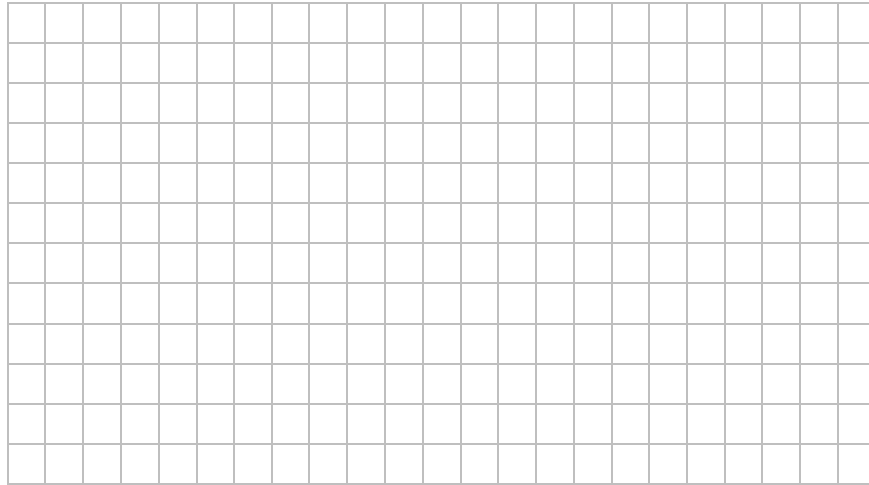
- C.** Represente el ajuste seleccionado.
Nota. Diríjase a la tabla 9 dentro del manual de ajustes y tolerancias, y observe que esta asigna valores de tolerancia tanto al eje como al agujero.

- D.** Represente las tolerancias del ajuste por diferencias o desviaciones.
Nota. Para conocer los valores de las tolerancias diríjase a la sección de anexos B del manual de ajustes y tolerancias, y en ellos encontrara las tablas de tolerancia.
La representación por diferencias o desviaciones, la podrá encontrar en el la sección 2.1.1 representación de la tolerancia.

- E.** Mediante un dibujo donde se identifique tanto el agujero como el eje, represente el

ajuste seleccionado.

Nota. Como ejemplo mire la imagen 2 de la sección A de anexos, del manual.



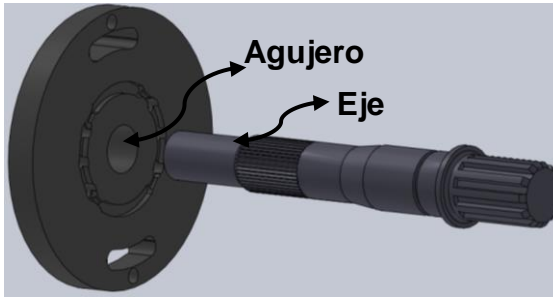
F. A partir de la designación de tolerancias y ajustes dadas por usted, identifique

Agujero máximo	
Agujero mínimo	
Eje máximo	
Eje mínimo	

Juego máximo	Agujero Máx. – Eje min.	
Juego mínimo	Agujero min. – Eje Máx.	
Apriete máximo	Eje Máx. – Agujero min.	
Apriete mínimo	Eje min. – Agujero Máx.	

Teniendo en cuenta los resultados anteriores. ¿Qué ocurre con el ajuste de este ensamble?

2. Localice el ensamble que se forma entre la placa de apoyo y el eje de accionamiento de la bomba de paletas. El conjunto solicitado se representa en la siguiente gráfica.



Luego de tener conocimiento de las piezas con las cuales va a trabajar, resuelva lo siguiente.

- A.** Mida el diámetro interno del agujero que se ubica dentro de la placa de apoyo y el diámetro externo del eje. Utilizando el calibrador pie de rey o el micrómetro.

Diámetro Externo = _____

Diámetro Interno = _____

- B.** ¿Qué tipo de ajuste le pertenece a este ensamble (nombre)?

- C.** Represente el ajuste seleccionado.

- D.** Represente las tolerancias del ajuste por diferencias o desviaciones.

- E.** Mediante un dibujo donde se identifique tanto el agujero como el eje, represente el ajuste seleccionado.



F. A partir de la designación de tolerancias y ajustes dadas por usted, identifique

Agujero máximo	
Agujero mínimo	
Eje máximo	
Eje mínimo	

Juego máximo	Agujero Máx. – Eje min.	
Juego mínimo	Agujero min. – Eje Máx.	
Apriete máximo	Eje Máx. – Agujero min.	
Apriete mínimo	Eje min. – Agujero Máx.	

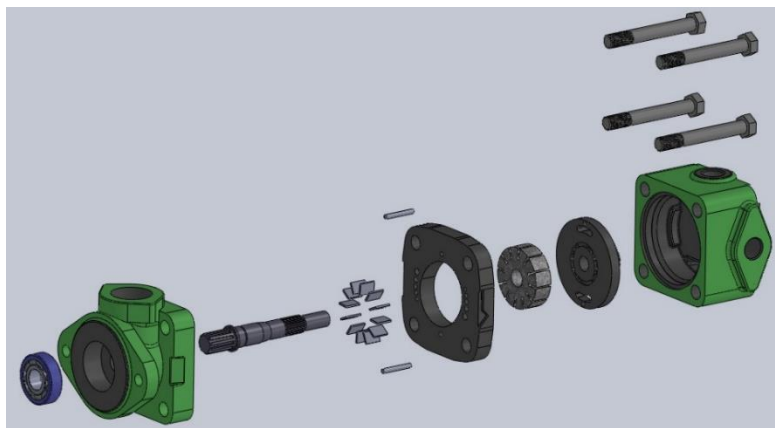
¿Qué conclusión podría sacar de estos valores?

3. Luego de desarmar la bomba de paletas y comprender su funcionamiento.

Llene el siguiente cuadro de acuerdo con los ensambles que se dan a continuación. Para ello primero tendrá que hacer uso del calibrador pie de rey, midiendo los componentes que se piden.

Nota.

- Sistema hace referencia a: sistema de agujero único (S.A.U) o un sistema de eje único (S.E.U), para información mayor diríjase a la sección 3.1.1 del manual.
- Para determinar cómo se dibujan los ajustes, vaya a la sección 3.1.2 clases de ajustes, y tome como referencia las imágenes utilizadas.
- Para saber cómo se representa la tolerancia por desviaciones, diríjase a la sección 3.1.3 representación de los ajustes del manual de ajustes y tolerancias.



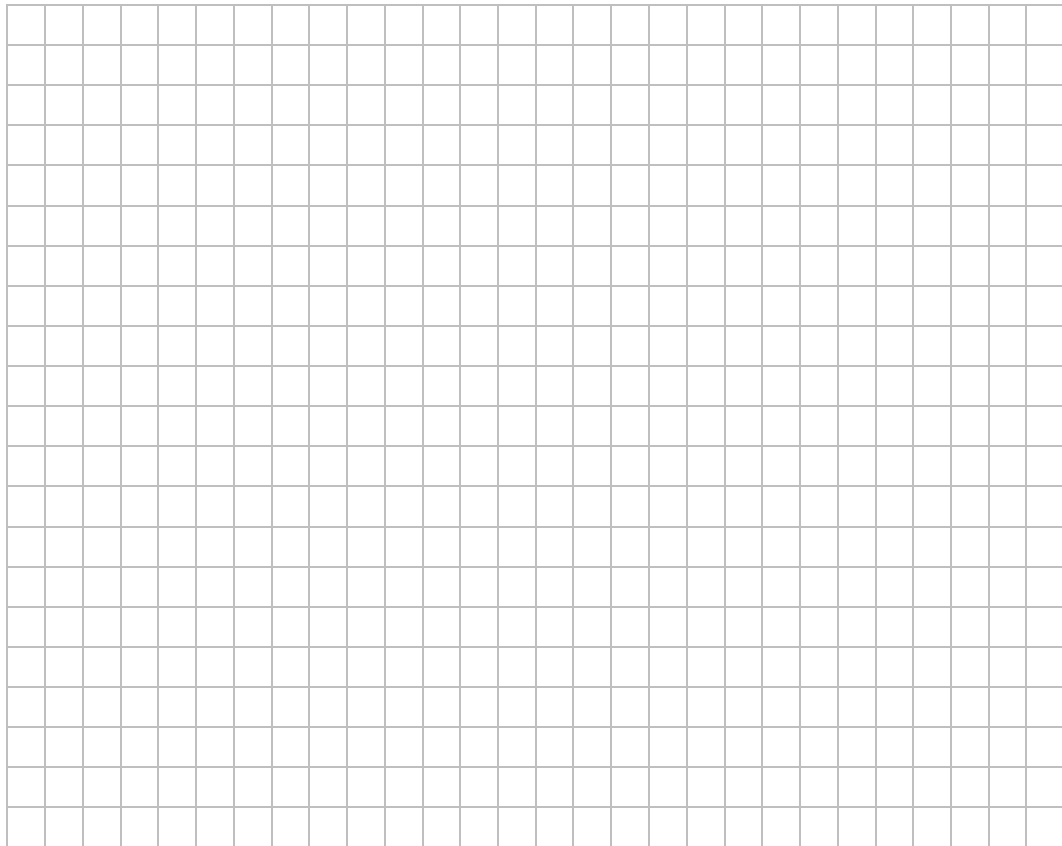
A. Entre anillo estator y rotor.

- B. Entre Rotor y paletas.
- C. Entre la tapa de la bomba y el rodamiento.
- D. Entre el pasador y la tapa de la bomba.
- E. Entre el pasador y el anillo estator.
- F. Entre el pasador y la placa de apoyo.
- G. Entre el cuerpo y la placa de apoyo.
- H. Entre en eje y el rotor.

	Tipo de ajuste y sistema de ajuste	Representación Del ajuste	Tolerancia indicada por desviaciones	Dibuje el ajuste seleccionado
A.				
B.				
C.				
D.				
E.				
F.				

H				
---	--	--	--	--

- 4.** Tome las medidas necesarias de la placa de apoyo de la bomba de paletas y con ellas realice el plano respectivo a mano alzada en la cuadrícula siguiente, utilizando tolerancias geométricas y tolerancias dimensionales acote el plano.



- 5.** Dibuje la placa de apoyo de la bomba de paletas en el software de dibujo SolidWorks y represéntelo por medio de planos, acote utilizando las herramientas de tolerado geométrico y dimensional que ofrece este programa.



**UNIVERSIDAD INDUSTRIA DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DISEÑO BÁSICO**

Nombre	Código	Firma.	Fecha.
			Reviso.

OBJETIVOS

- Aplicar los conceptos de ajustes y tolerancias sobre un conjunto mecánico.
- Seleccionar los distintos tipos de tolerancias que se pueden encontrar el conjunto mecánico motor de dos tiempos.
- Aprender a representar las tolerancias de un componente mecánico en un plano.

PRIMER PASO

- Inspeccionar el motor de dos tiempos al igual que su manual.
- Localizar el manual de ajustes y tolerancias.
- Ubicar y reconocer las herramientas necesarias.

PREGUNTAS SOBRE EL MANUAL DE AJUSTES Y TOLERANCIAS

1. Seleccione la respuesta correcta

1. ¿Entre que diferencias o medidas se encuentra comprendida la tolerancia dimensional?

- a. Medida mínima y línea cero.
- b. Medida mínima y medida máxima.
- c. Línea cero y medida máxima.
- d. Ninguna de las anteriores.

2. ¿Para qué caso se considera que la tolerancia es bilateral?

- a. Cuando los valores de tolerancia tanto superior como inferior sean distintos a cero.
- b. Cuando solo un valor es distinto a cero.
- c. Cuando existe una diferencia entre la medida máxima y mínima.

d. Tolerancia bilateral no existe.

3. ¿En qué grupos podemos dividir los ajustes?

- a. Con juego, apriete y posición.
- b. Con apriete e incierto.
- c. Con juego e incierto.
- d. Con juego, apriete e incierto.

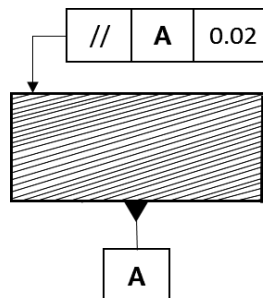
4. ¿La holgura mínima del eje se define como?

- a. El grado de unión mínimo entre dos piezas.
- b. La diferencia dimensional entre el máximo valor de medida del agujero y el mínimo valor de medida del eje.
- c. El grado de separación máximo entre dos piezas
- d. La diferencia dimensional entre el máximo valor de medida del eje y el mínimo valor de medida del agujero.

2. Responda falso o verdadero a cada una de las siguientes afirmaciones

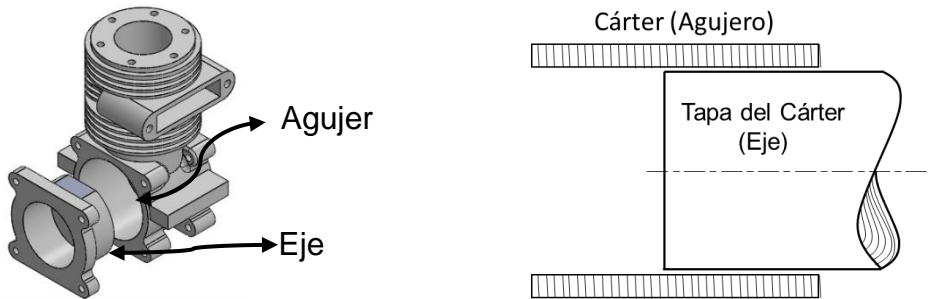
Falso Verd.

- 1. Tolerancia es la variación entorno a la medida nominal dentro de la cual ha de quedar en la práctica cualquier valor de fabricación, para que ésta mantenga calidad e intercambiabilidad. () ()
- 2. Las Tolerancias de forma limitan las diferencias admisibles de un elemento con respecto a su forma ideal geométrica. () ()
- 3. La designación 30H7/m6 corresponde al ajuste entre un eje 30H7 y un agujero 30m6 () ()
- 4. Observe la disposición que se le da a la tolerancia geométrica de la siguiente figura, ¿se encuentra bien representada? () ()



DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

1. Desarmar el motor de dos tiempos y localizar el ensamble que se forma entre el Cárter del motor y la tapa del Cárter. El conjunto solicitado se representa en la siguiente gráfica.



Luego de tener conocimiento de las piezas con las cuales se va a trabajar, resuelva lo siguiente.

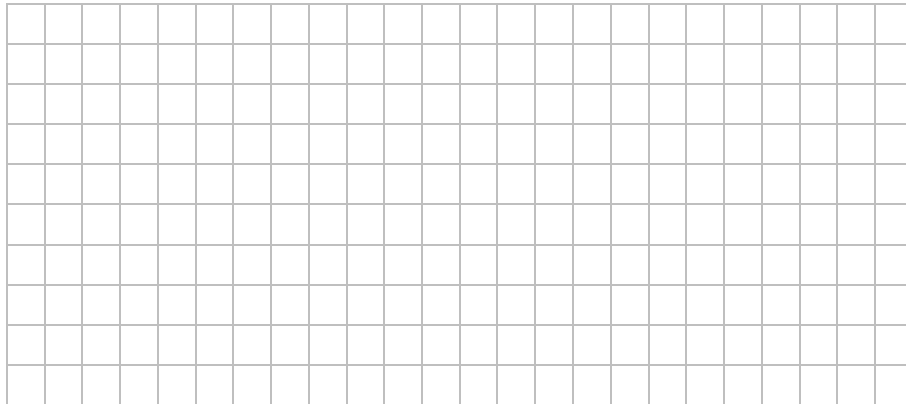
- A. Mida el diámetro interno del agujero que se ubica dentro del Cárter y el diámetro externo de la tapa del Cárter. Utilizando el calibrador pie de rey o el micrómetro. Por favor de estas medidas en milímetros para facilitar la elaboración del informe.
Diámetro Externo = _____
Diámetro Interno = _____
- B. ¿Qué tipo de ajuste le pertenece a este ensamble (nombre)?
Nota. Para tener mayor información sobre aplicación de ajuste, diríjase al capítulo de ajustes del manual de ajustes y tolerancias.

- C. Represente el ajuste seleccionado.
Nota. Diríjase a la tabla 9 dentro del manual de ajustes y tolerancias, y observe que esta asigna valores de tolerancia tanto al eje como al agujero.

- D. Represente las tolerancias del ajuste por diferencias o desviaciones.
Nota. Para conocer los valores de las tolerancias diríjase a la sección de anexos B del manual de ajustes y tolerancias, y en ellos encontrará las tablas de tolerancia. La representación por diferencias o desviaciones, la podrá encontrar en el la sección 2.1.1 representación de la tolerancia.

- E. Mediante un dibujo donde se identifique tanto el agujero como el eje, represente el ajuste seleccionado.

Nota. Como ejemplo mire la imagen 2 de la sección A de anexos, del manual.



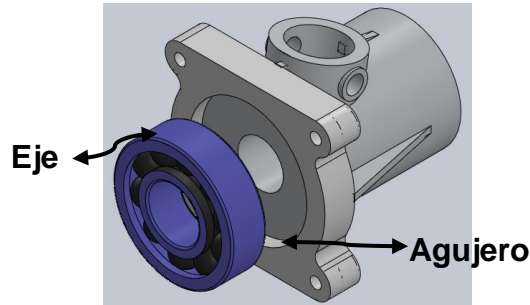
F. A partir de la designación de tolerancias y ajustes dadas por usted, identifique

Agujero máximo	
Agujero mínimo	
Eje máximo	
Eje mínimo	

Juego máximo	Agujero Máx. – Eje min.	
Juego mínimo	Agujero min. – Eje Máx.	
Apriete máximo	Eje Máx. – Agujero min.	
Apriete mínimo	Eje min. – Agujero Máx.	

¿Qué conclusión se puede obtener de estos valores?

2. Localice el ensamble que se forma entre la parte delantera Cáster y el rodamiento trasero del motor de dos tiempos. El conjunto solicitado se representa en la siguiente gráfica.



Luego de tener conocimiento de las piezas con las cuales se va a trabajar, resuelva lo siguiente.

- A. Mida el diámetro interno del agujero que se ubica dentro de la parte delantera del Cárter y el diámetro externo del rodamiento. Utilizando el calibrador pie de rey o el micrómetro.

Diámetro Externo = _____

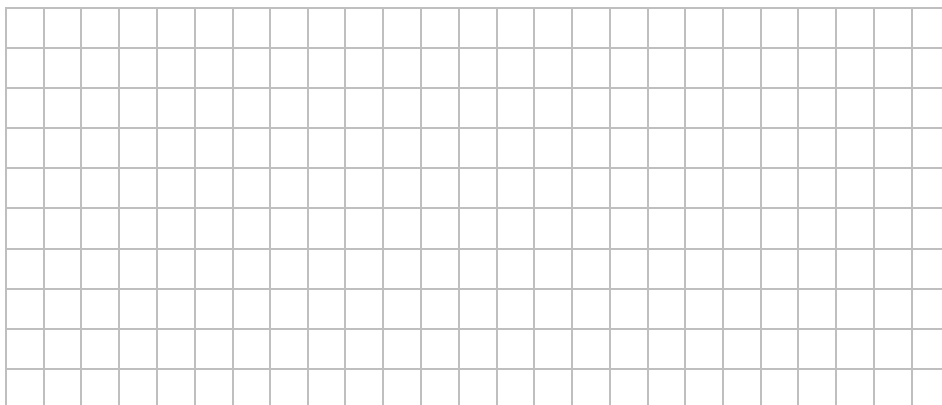
Diámetro Interno = _____

- B. ¿Qué tipo de ajuste le pertenece a este ensamble (nombre)?

- C. Represente el ajuste seleccionado.

- D. Represente las tolerancias del ajuste por diferencias o desviaciones.

- E. Mediante un dibujo donde se identifique tanto el agujero como el eje, represente el ajuste seleccionado.



F. A partir de la designación de tolerancias y ajustes dadas por usted, identifique

Agujero máximo	
Agujero mínimo	
Eje máximo	
Eje mínimo	

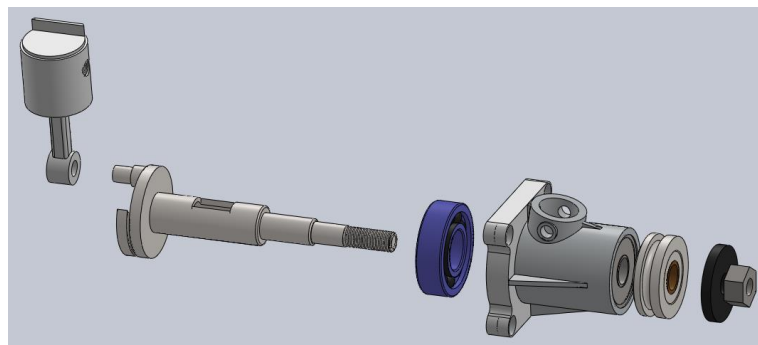
Juego máximo	Agujero Máx. – Eje min.	
Juego mínimo	Agujero min. – Eje Máx.	
Apriete máximo	Eje Máx. – Agujero min.	
Apriete mínimo	Eje min. – Agujero Máx.	

¿Qué conclusión podría sacar usted de estos valores?

3. Encuentre los ajustes y tolerancias entre los siguientes componentes. Mida utilizando el micrómetro.

Nota.

- Sistema hace referencia a: sistema de agujero único (S.A.U) o un sistema de eje único (S.E.U), para información mayor diríjase a la sección 3.1.1 del manual.
- Para determinar cómo se dibujan los ajustes, vaya a la sección 3.1.2 clases de ajustes, y tome como referencia las imágenes utilizadas.
- Para saber cómo se representa la tolerancia por desviaciones, diríjase a la sección 3.1.3 representación de los ajustes del manual de ajustes y tolerancias.



- A. Entre el cigüeñal y el cojinete de la biela.
- B. Entre el cigüeñal y el rodamiento trasero.
- C. Entre el cigüeñal y el cárter delantero.

D. Entre el cigüeñal y la pinza de fijación de la hélice.

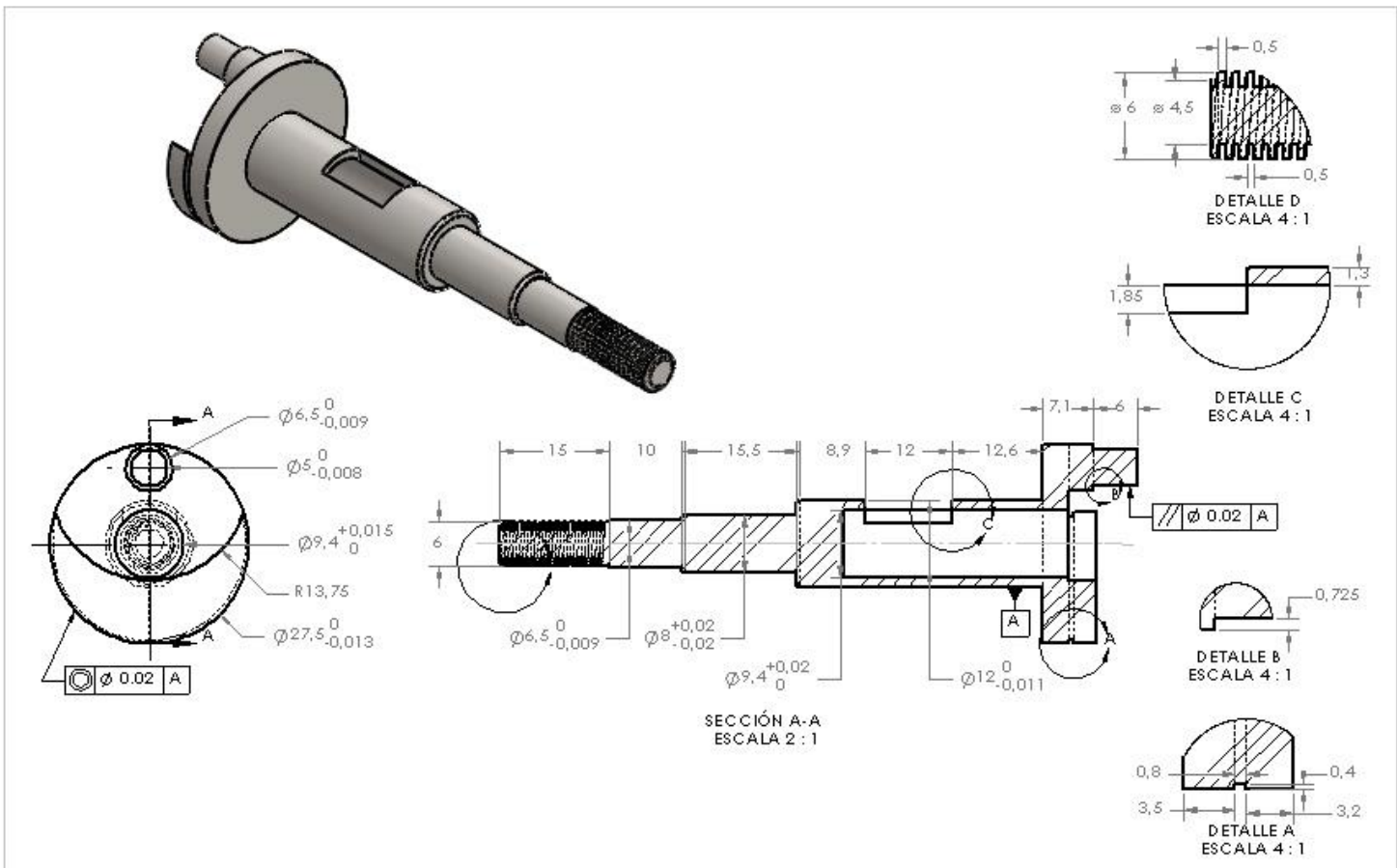
	Tipo de ajuste	Representación Del ajuste	Tolerancia indicada por desviaciones	Dibuje el ajuste seleccionado
A.				
B.				
C.				
D.				


4. Tome las medidas necesarias del cigüeñal del motor de dos tiempos y con ellas realice el plano respectivo a mano alzada en la cuadrícula de la siguiente hoja, utilizando tolerancias geométricas y tolerancias dimensionales acote el plano.
Tome las respectivas medidas utilizando el micrómetro el cual ayuda a dar las medidas más precisas lo cual no se puede hacer con el calibrador.
5. Dibuje el cigüeñal en el software de dibujo SolidWorks y represéntelo por medio de planos, acote utilizando las herramientas de tolerado geométrico y dimensional que ofrece este programa.

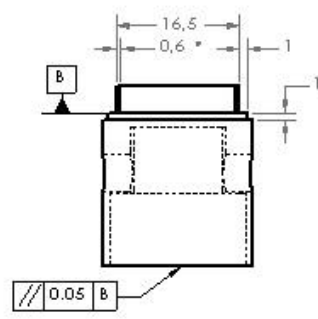
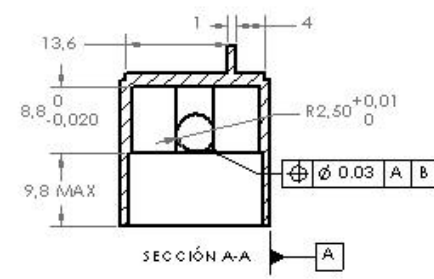
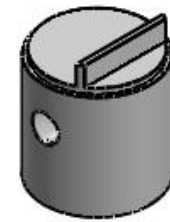
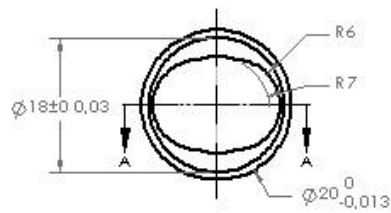
CIGÜEÑAL MOTOR DE DOS TIEMPOS



**ANEXO E. PLANOS DE PIEZAS QUE COMPONEN
EL MOTOR DE DOS TIEMPOS**



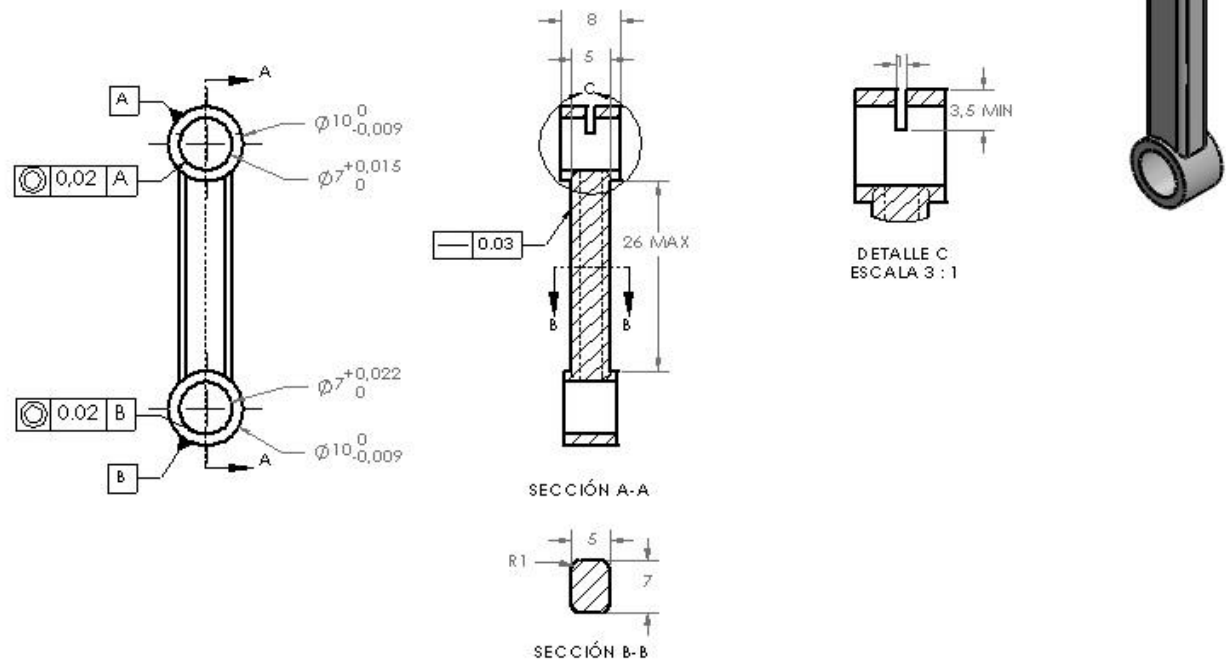
 	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		LABORATORIO DE DISEÑO GRÁFICO		Cigüeñal
	ESCALA: 2:1	MEDIDAS en mm	FECHA: 28/01/15	Dibujo: Luis Fernando González P.	Plano N°: 1



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
 ESCALA. 2 : 1 MEDIDAS en mm FECHA: 28/01/15

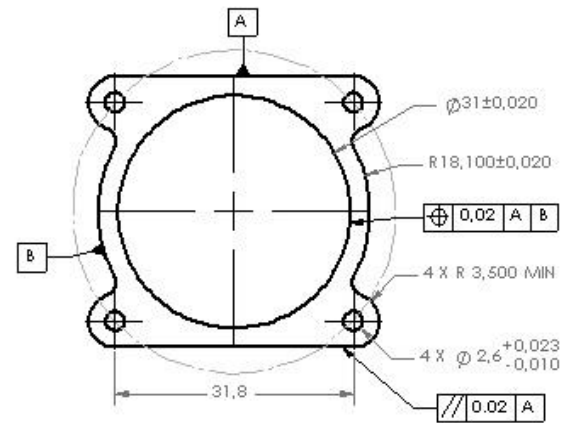
LABORATORIO DE DISEÑO GRAFICO
 Dibujo: Luis Fernando González P.

PISTÓN
 Plano N°: 2



 	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		LABORATORIO DE DISEÑO GRÁFICO	Biela
	ESCALA. 2 : 1	MEDIDAS en mm	FECHA: 28/01/15	Dibujo: Luis Fernando González P.

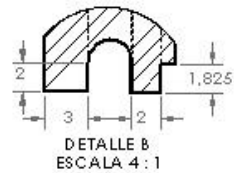
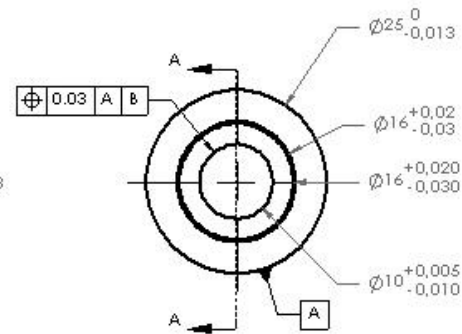
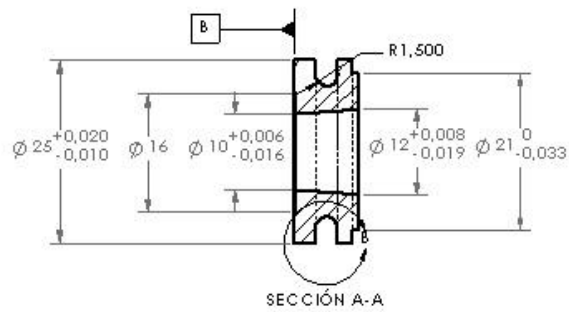
Nota:
Espesor de la junta 0,55 mm



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESCALA: 2:1 MEDIDAS en mm FECHA: 28/01/15

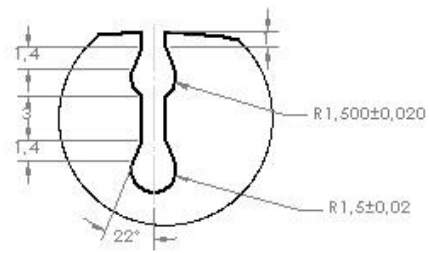
LABORATORIO DE DISEÑO GRAFICO
Dibujo: Luis Fernando González P.

Junta de la tapa del cárter
Plano N°: 4



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			LABORATORIO DE DISEÑO GRÁFICO	Plato de la helice
ESCALA: 2:1	MEDIDAS en mm	FECHA: 28/01/15	Dibujo: Luis Fernando González P.	Plano N°: 5

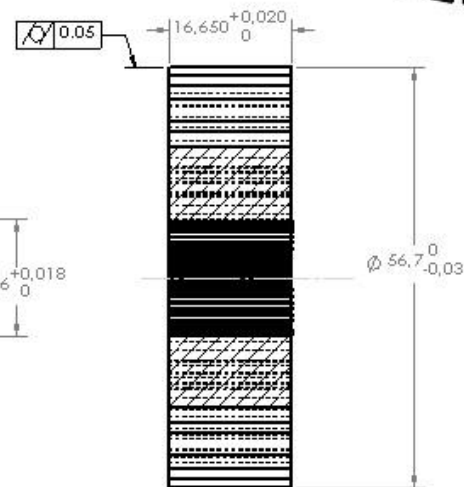
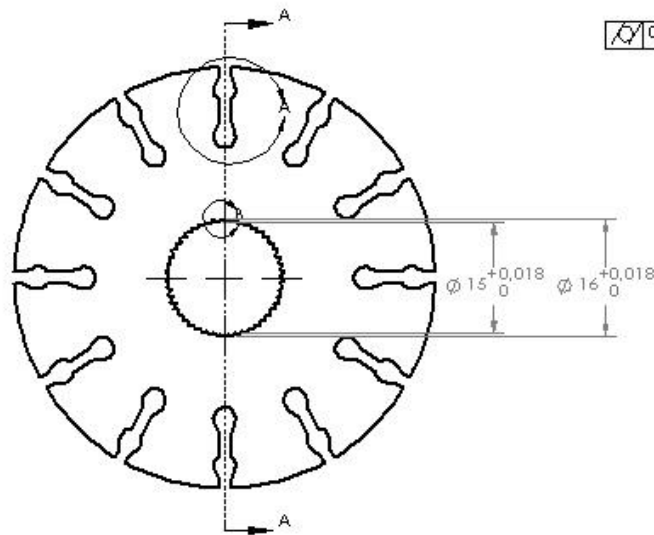
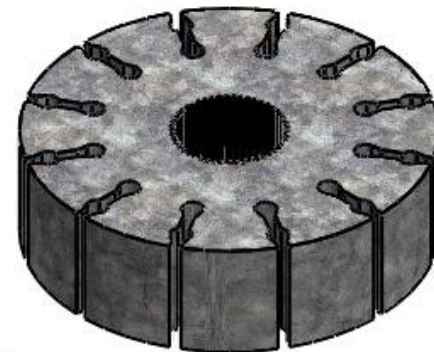
**ANEXO F. PLANOS DE PIEZAS QUE COMPONEN
LA BOMBA DE PALETAS**



DETALLE A
ESCALA 4 : 1



DETALLE B
ESCALA 8 : 1



SECCIÓN A-A



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

LABORATORIO DE DISEÑO GRÁFICO

Rotor

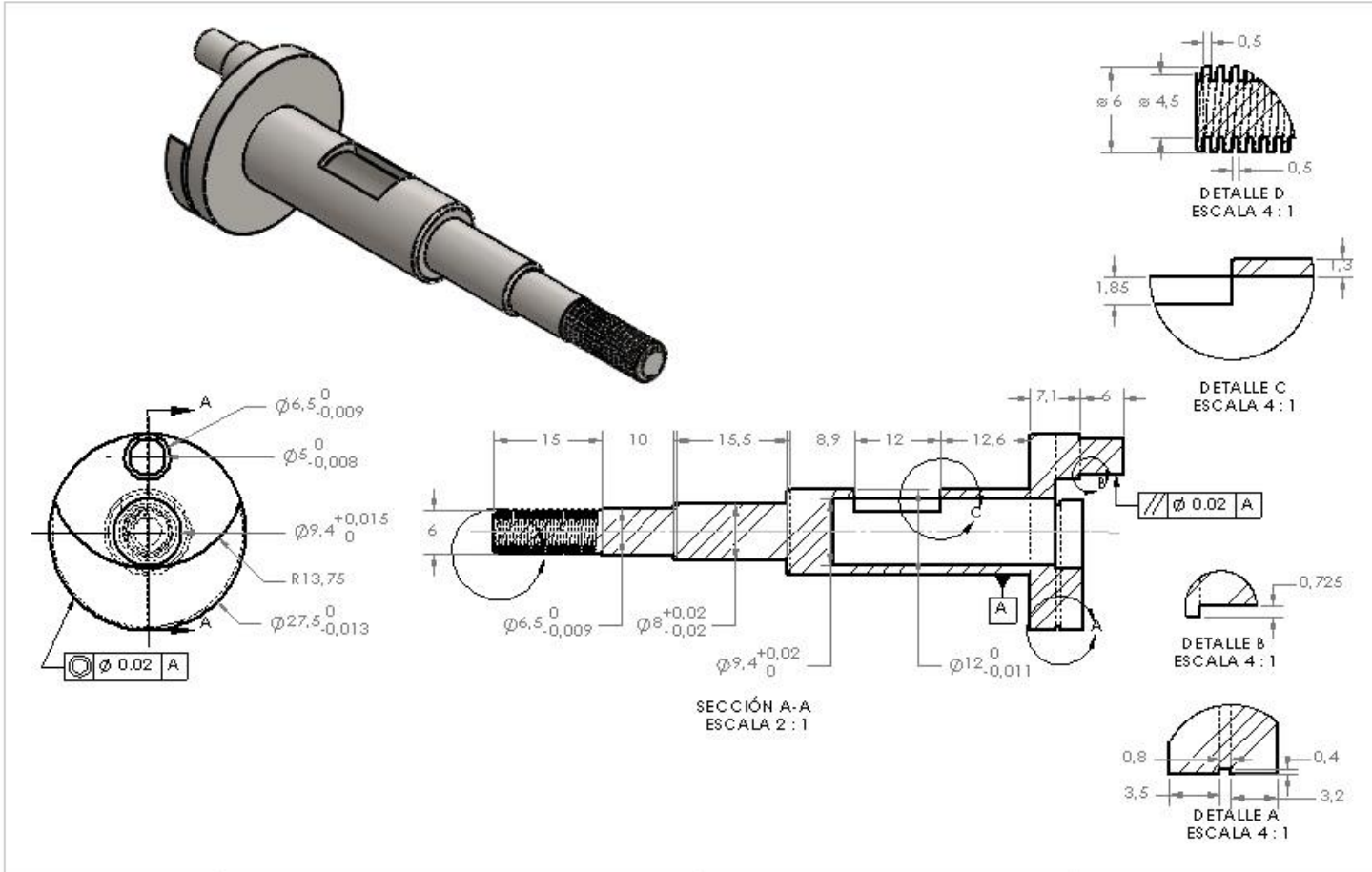
ESCALA: 2:1

MEDIDAS en mm

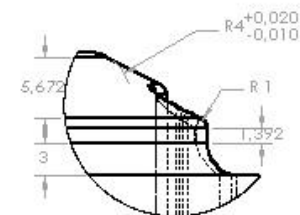
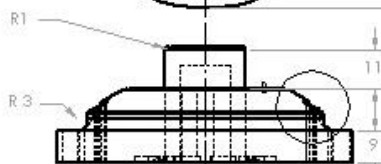
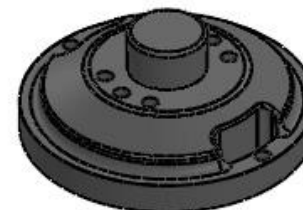
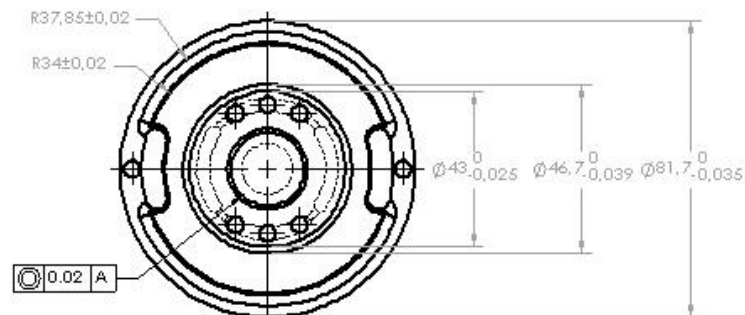
FECHA: 28/01/15

Dibujo: Luis Fernando González P.

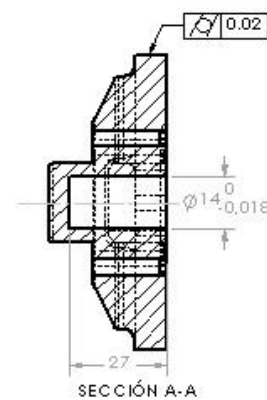
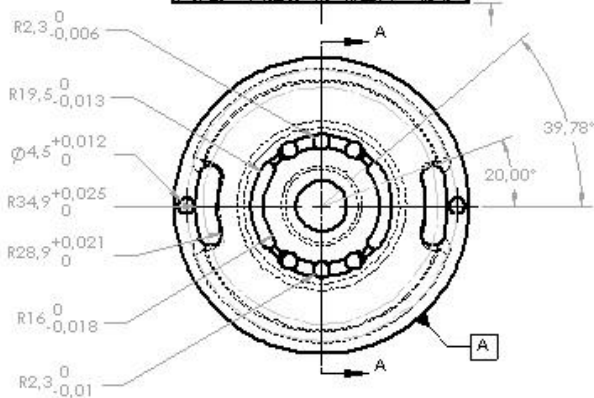
Plano N°: 6



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		LABORATORIO DE DISEÑO GRÁFICO		Cigüeñal
ESCALA: 2:1	MEDIDAS en mm	FECHA: 28/01/15	Dibujo: Luis Fernando González P.	Plano N°: 1



DETALLE B
ESCALA 3 : 1



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

LABORATORIO DE DISEÑO GRÁFICO

Placa de presión

ESCALA: 1:1 MEDIDAS en mm FECHA: 28/01/15

Dibujo: Luis Fernando González P.

Plano N°: 1