

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE PREVIO  
A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“ANÁLISIS DE MEDIOS LUBRICANTES DE LOS RODAMIENTOS 6202  
Y NJ202E. TYP2 Y SU INCIDENCIA EN LA VELOCIDAD DE  
DESGASTE”**

---

**AUTOR: DIEGO ARMANDO MONTALVO LIMA**

**TUTOR: ING. MG. HENRY VACA**

**AMBATO – ECUADOR**

**2013**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación, bajo el tema “ANÁLISIS DE MEDIOS LUBRICANTES DE LOS RODAMIENTOS 6202 Y NJ202E. TYP2 Y SU INCIDENCIA EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE”, desarrollado por el estudiante Diego Armando Montalvo Lima, egresado de la Facultad de ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal Examinador designado por el Consejo Directivo de esta facultad.

Ambato, Octubre del 2013

## **EL TUTOR**

.....  
Ing. Mg. Henry Vaca

## **AUTORÍA DE LA TESIS**

Declaro que los criterios expresados en la investigación denominada “ANÁLISIS DE MEDIOS LUBRICANTES DE LOS RODAMIENTOS 6202 Y NJ202E. TYP2 Y SU INCIDENCIA EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE”, así como también las ideas, análisis, conclusiones y propuesto son auténticas y de exclusiva responsabilidad de mi persona como autor de la presente investigación de grado.

Ambato, Octubre del 2013

## **EL AUTOR**

.....  
Egdo. Diego Armando Montalvo Lima.

C.I. 040164709-4

## **DEDICATORIA**

La vida de estudiante una realidad muy difícil, y a su vez muy hermosa e inolvidable:

Deseo dedicar este trabajo investigativo a Dios quien nunca me abandonó y siempre ha estado presente, para entregarme fuerza y valor para superar todos los obstáculos presentes en el camino.

A lo más valioso que la vida me ha dado mi familia; mis padres Piedad Lima y Rodrigo Montalvo; mis hermanos Liliana, Danilo y Mayra; mi abuelita Emérita, todos ellos son mi fuente de energía e inspiración, quienes nunca me dejaron solo en esta lucha por conseguir un objetivo, una meta y un sueño, sobre todo entregándome ese amor sincero y brindándome un apoyo constante e insaciable en todo momento de mi vida y mi etapa estudiantil.

Quien nunca les dejará de amar Diego Montalvo.

## **AGRADECIMIENTO**

Las palabras permiten expresar lo que el corazón siente.

Quiero agradecer a la vida por darme la oportunidad de haber estudiado esta profesión tan linda en donde he aprendido muchas cosas para desempeñarme en el campo profesional.

Al Ing. Mg Henry Vaca tutor y guía del presente trabajo, quien con sus conocimientos y buena voluntad me ayudado, gracias por su dedicación y tiempo brindado para culminar mi tesis.

A quien en este transcurso estudiantil se convirtió en mi segundo hogar de formación la Universidad Técnica de Ambato y a mi querida Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, en donde por medio de todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Mecánica; aprendí a formarme como un profesional, gracias por compartir sus enseñanzas que me serán de gran utilidad.

A todas las personas que siempre me apoyaron desde el primer día que comencé mis estudios universitarios, mi familia y a todos mis amigos que conozco en esta hermosa ciudad, gracias por su apoyo brindado.

Diego Montalvo

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### PÁGINAS PRELIMINARES

Página del título.....	I
Página de aprobación por el tutor.....	II
Página de autoría de la Tesis.....	III
Página de dedicatoria.....	IV
Página de agradecimiento.....	V
Índice de contenidos .....	VI
Índice de gráficos y tablas.....	XI
Resumen Ejecutivo.....	XII

### CAPÍTULO I

#### EL PROBLEMA

1.1 TEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1 Contextualización del problema.....	1
1.2.2 Análisis crítico.. .....	2
1.2.3 Prognosis.....	3
1.2.4 Formulación del problema.....	3
1.2.5 Preguntas Directrices.....	3
1.2.6 Delimitación.....	4
1.2.6.1 Delimitación de contenido.....	4
1.2.6.2 Delimitación espacial.....	4
1.2.6.3 Delimitación temporal.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivo Específico.....	6

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	7
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	8
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	9
2.4 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
2.4.1 Tribología.....	9
2.4.1.1 Lubricación industrial y automotriz.....	10
2.4.1.2 Sistema tribológico.....	10
2.4.1.3 Sistema tribotécnico.....	10
2.4.1.4 Fricción.....	11
2.4.1.5 Cálculo del ahorro de energía por menor fricción.....	11
2.4.1.6 Cálculo del número de Reynolds.....	12
2.4.2 Métodos de lubricación.....	13
2.4.2.1 Lubricación manual por goteo.....	13
2.4.2.2 Lubricación de baño.....	13
2.4.2.3 Lubricante con chorro.....	13
2.4.2.4 Lubricación por grasa.....	14
2.4.2.5 Lubricación por aceite.....	15
2.4.3 Clasificación de los lubricantes.....	15
2.4.3.1 Según su génesis.....	15
2.4.3.2 Según su estado físico.....	15
2.4.3.3 Clasificación por viscosidad.....	16
2.4.3.4 Clasificación por las condiciones de servicio.....	17
2.4.3.6 Ventajas del lubricante multigrado con respecto al lubricante monogrado.....	17
2.4.4 Análisis de los lubricantes.....	18
2.4.4.1 Lubricantes.....	18
2.4.4.2 Propiedad de los lubricantes.....	19

2.4.4.3 Degradación del aceite.....	21
2.4.4.4 Beneficios de utilizar el análisis de aceite.....	22
2.4.5 Nuevos estudios en los rodamientos.....	23
2.4.5.1 Medición geométrica.....	24
2.4.5.2 Análisis y ensayos de lubricantes.....	25
2.4.5.3 Cantidad y clase de impurezas.....	25
2.4.5.4 Control del estado del material.....	25
2.4.6 Minimizar la fatiga en el material.....	26
2.4.6.1 Discontinuidades en el material.....	26
2.4.8 Velocidad de desgaste.....	29
2.4.8.1 Fallo por desgaste.....	30
2.4.8.2 Síntomas de fallo.....	30
2.5 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	32
2.6 HIPÓTESIS.....	33
2.7 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.....	33
2.7.1 Variable independiente.....	33
2.7.2 Variable dependiente.....	33

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA**

3.1 ENFOQUE.....	34
3.2 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
3.2.1 Investigación experimental.....	34
3.2.2 Investigación bibliográfica.....	35
3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	35
3.3.1 Exploratorio.....	35
3.3.2 Estudio de casos .....	35
3.3.2.1 Tipos de lubricantes.....	35
3.3.2.2 Tipos de rodamiento.....	36
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	36



3.5 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA.....	37
3.6 OPERACIÓN DE VARIABLES.....	38
3.7 RECOPIACIÓN DE DATOS.....	40
3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	40

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1 PROCESO DE OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	41
4.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	43
4.2.1 Análisis del lubricante 85W-140 y el rodamiento 6202.....	44
4.2.2 Análisis del lubricante 85W-140 y el rodamiento NJ202.....	53
4.2.3 Análisis del lubricante 25W-50 y el rodamiento 6202.....	62
4.2.4 Análisis del lubricante 25W-50 y el rodamiento NJ202.....	71
4.2.5 Análisis del lubricante 15W-40 y el rodamiento 6202.....	80
4.2.6 Análisis del lubricante 15W-40 y el rodamiento NJ202.....	89
4.2.7 Análisis del lubricante ABRO NLG #3 y el rodamiento 6202.....	98
4.2.8 Análisis del lubricante ABRO NLG #3 y el rodamiento NJ202.....	107
4.2.9 Análisis del lubricante MYTIK NLG #2 y el rodamiento 6202.....	116
4.2.10 Análisis del lubricante MYTIK NLG #2 y el rodamiento NJ202.....	125
4.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	134
4.3.1 Interpretación de los resultados del ensayo de desgaste.....	134
4.3.1.1 Tabulación de resultados.....	134
4.4 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	147
4.4.1 Verificación de la hipótesis por selección estadístico.....	148
4.4.1.1 Supuestos del modelo T de Student para dos muestras relacionadas.....	148
4.4.1.2 Cálculo estadístico.....	149
4.4.1.3 Nivel de significancia ( $\alpha$ ).....	150
4.4.1.4 Verificación de la hipótesis de los aceites Multiger EP 85W-140, Ursa LA-3 SAE 25W-50, Ursa Premium TDX Plus SAE 15W-40, y el	150

rodamiento NJ202.....	
4.4.1.5 Cálculo estadístico con Excel.....	151
4.4.2 Verificación dela hipótesis de los aceites Multiger EP 85W-140, Ursa LA-3 SAE 25W-50, Ursa Premium TDX Plus SAE 15W-40, y el rodamiento 6202.....	152
4.4.2.1 Cálculo estadístico con Excel.....	154
4.4.3 Verificación dela hipótesis de las grasas ABRO SYNTHETIC LITHIUMG NLG #3 y MYTIK NLG #2, y el rodamiento NJ202.....	155
4.4.3.1 Cálculo estadístico con Excel.....	156
4.4.4 Verificación dela hipótesis de las grasas ABRO SYNTHETIC LITHIUMG NLG #3 y MYTIK NLG #2, y el rodamiento 6202.....	157
4.4.4.1.- Cálculo estadístico con Excel.....	158

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 CONCLUSIONES.....	160
5.2 RECOMENDACIONES.....	162

## **CAPITULO VI**

### **PROPUESTA**

6.1 FLUJOGRAMA PARA EL DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	164
6.2 DATOS INFORMATIVOS.....	167
6.3 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	167
6.4 JUSTIFICACIÓN.....	168
6.5 OBJETIVOS.....	168
6.5.1 General.....	168
6.5.2 Específicos.....	169

6.6 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	170
6.7 FUNDAMENTACIÓN.....	170
6.8 METODOLOGÍA.....	171
6.9 ADMINISTRACIÓN.....	187
6.10 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	189

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

### FIGURAS

<b>Figura: 2.1</b> (a) superficies A y B se encuentran en reposo. (b) superficie A en movimiento comienza el bombeo de aceite. (c) superficies A y B están completamente separadas por una película fluida.....	12
<b>Figura 2.2</b> Intervalos de rellenado de grasa.....	14
<b>Figura 2.3</b> Comparación entre los lubricantes monogrado y multigrado.....	18
<b>Figura 2.4</b> Forma del perfil del camino de rodadura de un rodamiento rígido de bolas con estrías de desgaste.....	24
<b>Figura 2.5</b> Huellas de rodadura por contaminación.....	27
<b>Figura 2.6</b> Huellas de rodadura por carga axial.....	28
<b>Figura 2.7</b> Huellas de rodadura por fatiga.....	29
<b>Figura 2.8</b> Huellas de rodadura por mala lubricación .....	30
<b>Figura 2.9</b> Red de categorías fundamentales.....	32
<b>Figura 4.1</b> Comparación de la temperatura promedio de los medios lubricantes con el rodamiento 6202.....	139
<b>Figura 4.2</b> Comparación del porcentaje de desgaste en el rodamiento 6202.....	140
<b>Figura 4.3</b> Tamaño de la huella en el rodamiento 6202, de marca FBJ.....	140
<b>Figura 4.4</b> Comportamiento de la temperatura promedio del lubricante (°C).....	141
<b>Figura 4.5</b> Comportamiento del porcentaje de desgaste en el rodamiento 6202 ...	142
<b>Figura 4.6</b> Comparación de la temperatura promedio (° C), con una fuerza de 10 (lb).....	142
<b>Figura 4.7</b> Comparación del porcentaje de desgaste en el rodamiento NJ202.....	143

<b>Figura 4.8</b> Tamaño de la huella en el rodamiento NJ202, de marca SKF.....	144
<b>Figura 4.9</b> Comportamiento de la temperatura promedio del lubricante (°C).....	144
<b>Figura 4.10</b> Comportamiento del porcentaje de desgaste en el rodamiento NJ202...	145
<b>Figura 4.11</b> Tamaño de la huella en el rodamiento NJ202, de marca SKF.....	145
<b>Figura 4.12</b> extrema presión soportada por cada lubricante.....	146
<b>Figura 4.13</b> Prueba de hipótesis para $\sigma$ desconocida, $\alpha= 0.025$ , con 20 grados de libertad.....	152
<b>Figura 4.14</b> Prueba de hipótesis para $\sigma$ desconocida, $\alpha= 0.025$ , con 20 grados de libertad.....	154
<b>Figura 4.15</b> Prueba de hipótesis para $\sigma$ desconocida, $\alpha= 0.025$ , con 13 grados de libertad.....	156
<b>Figura 4.16</b> Prueba de hipótesis para $\sigma$ desconocida, $\alpha= 0.025$ , con 13 grados de libertad.....	158
<b>Figura 6.1</b> Limpieza de los rodamientos 6202 y NJ202.....	174
<b>Figura 6.2</b> Pesado de los rodamientos 6202 y NJ202.....	174
<b>Figura 6.3</b> Clasificación de las muestras para los ensayos.....	176
<b>Figura 6.4</b> Matrices para ensayo de rodamientos 6202 y NJ202.....	176
<b>Figura 6.5</b> Limpieza del tanque de aceite.....	177
<b>Figura 6.6</b> Colocación del aceite a ensayar.....	178
<b>Figura 6.7</b> Control de temperatura.....	179
<b>Figura 6.8</b> Control de la capa lubricante.....	179
<b>Figura 6.9</b> selección del contrapeso.....	180
<b>Figura 6.10</b> Control de tiempo por medio de un cronometro o un timer.....	181
<b>Figura 6.11</b> Variación de la temperatura en el lubricante.....	182
<b>Figura 6.12</b> Peso final del rodamiento.....	183
<b>Figura 6.13</b> Longitud máxima de la huella en el rodamiento NJ202 y 6202.....	183

## TABLAS

<b>Tabla 2.1</b> Comparación de lubricantes por grasa y aceite.....	12
<b>Tabla 3.1</b> Valores máximos de Z utilizados, según el valor de $\alpha$ .....	36
<b>Tabla 3.2</b> Operacionalización variable independiente.....	38

<b>Tabla 3.3</b> Operacionalizacion variable dependiente.....	39
<b>Tabla 4.1</b> Ensayo de desgaste en el rodamiento 6202.....	43
<b>Tabla 4.2</b> Ensayo de desgaste en el rodamiento NJ202.....	43
<b>Tabla 4.3</b> Ensayo de extrema presión en el lubricante.....	43
<b>Tabla 4.4</b> Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento 6202 y el aceite 85W-140 con una fuerza constante de 10 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.....	134
<b>Tabla 4.5</b> Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento NJ202 y el aceite 85W-140 con una fuerza constante de 10 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.....	134
<b>Tabla 4.6</b> Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento 6202 y el aceite 25W-50 con una fuerza constante de 10 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.....	135
<b>Tabla 4.7</b> Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento NJ202 y el aceite 25W-50 con una fuerza constante de 10 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.....	135
<b>Tabla 4.8</b> Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento 6202 y el aceite 15W-40 con una fuerza constante de 10 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.....	136
<b>Tabla 4.9</b> Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento NJ202 y el aceite 15W-40 con una fuerza constante de 10 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.....	136
<b>Tabla 4.10</b> Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento 6202 y la grasa ABRO SYNTHETIC LITHIUM # 3 con una fuerza constante de 3 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.....	136
<b>Tabla 4.11</b> Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento NJ202 y la grasa ABRO SYNTHETIC LITHIUM # 3 con una fuerza constante de 3 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.....	137
<b>Tabla 4.12</b> Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento 6202 y la grasa MYSTIK # 2 con una fuerza constante de 3 lb	137

evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.....	
<b>Tabla 4.13</b> Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento NJ202 y la grasa MYSTIK # 2 con una fuerza constante de 3 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.....	138
<b>Tabla 4.14</b> Interpretación de los resultados del ensayo de extrema presión...	146
<b>Tabla 4.15</b> Contraste de medias, desconocida la varianza poblacional de las diferencias: estadístico T.....	149
<b>Tabla 4.16</b> Datos obtenidos en el rodamiento NJ202.....	151
<b>Tabla 4.17</b> Prueba T para medias de dos muestras emparejadas.....	151
<b>Tabla 4.18</b> Datos obtenidos en el rodamiento 6202.....	153
<b>Tabla 4.19</b> Prueba t para medias de dos muestras emparejadas.....	154
<b>Tabla 4.20</b> Datos obtenidos en el rodamiento NJ202.....	155
<b>Tabla 4.21</b> Prueba t para medias de dos muestras emparejadas.....	156
<b>Tabla 4.22</b> Datos obtenidos en el rodamiento 6202.....	157
<b>Tabla 4.23</b> Prueba t para medias de dos muestras emparejadas.....	158
<b>Tabla 6.3</b> El análisis económico se presenta en la en donde se expone los costos necesarios para el desarrollo del presente estudio.....	186

**“Análisis de medios lubricantes de los rodamientos 6202 Y NJ202E. TYP2 y su incidencia en la velocidad de desgaste”**

**Autor:** Diego Montalvo.

**Tutor:** Ing.Mg. Henry Vaca.

**Fecha:** 16/10/2013

**RESUMEN**

El presente estudio se fundamenta en el análisis de medios lubricantes, para reducir la velocidad de desgaste en los rodamientos, el trabajo se realizó por medio de ensayos con cinco tipos de lubricantes los cuales son Multiger EP 85W-140, Ursa LA-3 SAE 25W-50, Ursa Premium TDX Plus SAE 15W-40, ABRO SYNTHETIC LITHIUMG NLG #3 y MYTIK NLG #2, y dos tipos de rodamientos 6202 y NJ202.

Para los ensayos se determinó una muestra de siete pruebas por lubricante y por cada rodamiento, en donde los lubricantes fueron evaluados con parámetros iguales en tiempo, carga, temperatura inicial y velocidad de giro.

Los ensayos se realizaron con la ayuda de la máquina de pruebas para lubricantes, en donde se puede someter al rodamiento a una carga constante con una película de lubricante durante un determinado periodo de tiempo, luego se procede a evaluar el desgaste por medio de diferencia de pesos y analizar la longitud de desgaste máxima que queda asentada en el rodamiento.

Al realizar el análisis de los resultados se puede apreciar la diferencia que existe entre lubricantes, tomando en cuenta el desgaste máximo que se ha ocasionado durante el ensayo y evaluando otros cambios que se producen en el lubricante y el rodamiento

Al final se puede concluir y determinar el lubricante más óptimo de los ensayados, determinando el porcentaje mínimo de desgaste en el rodamiento en nuestro caso se seleccionó en los aceites a Ursa LA-3 SAE 25W-50, y en las grasas MYTIK NLG #2 los cuales presentaron un menor desgaste en los rodamientos.

## **CAPÍTULO I**

### **1.- EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1.- TEMA DE INVESTIGACIÓN.**

ANÁLISIS DE MEDIOS LUBRICANTES DE LOS RODAMIENTOS 6202 Y NJ202E. TYP2 Y SU INCIDENCIA EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE.

#### **1.2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

##### **1.2.1.- CONTEXTUALIZACIÓN.**

En la industria Internacional se realizaron investigaciones en la Universidad de Guanajuato; en colaboración con la empresa LUBRI LAB, localizada en la ciudad de Irapuato, quien se especializa en realizar estudios tribológicos, los cuales trabajaron en conjunto para llevar a cabo un proyecto el cual permita determinar la magnitud de desgaste que se produce en los rodamientos, los mismos que realizaron ensayos en la máquina Timken, establecida en la norma ASTM D2782; logrando determinar la máxima carga que puede soportar un lubricante sin ocasionar daño a los rodamientos.

La industria Ecuatoriana ocupa una gran cantidad de maquinaria, la misma que está compuesta por varios elementos que se encuentran en constante movimiento y con una carga de trabajo considerable, uno de sus elementos que son seleccionados para una vida finita son los rodamientos, los mismos que tienen una gran variedad en su aplicación determinando parámetros muy importantes como la capacidad de carga tanto estática y dinámica; la velocidad límite y de referencia,



en el transcurso del tiempo se realizaron varios estudios en sus materiales y lubricantes que poseen logrando avances considerables que han aumentado su confiabilidad.

Tras una investigación en los años ochenta se publicó nuevos resultados sobre el cálculo de la vida alcanzable de los rodamientos, el método de cálculo de vida ampliada está basado en recomendaciones de normas internacionales; investigaciones extensivas así como experiencia y práctica. Tiene en cuenta la probabilidad de fallo, material, lubricación, magnitud de la carga, tipo de rodamiento y limpieza, ello demuestra que podemos contar con rodamientos seguros si conseguimos una película lubricante completamente portante, un elevado grado de limpieza y unos esfuerzos reales.

En la actualidad los rodamientos son diseñados de forma práctica, los datos necesarios para diseñar rodamientos fiables y económicos, incluyen información aplicable a todos los tipos de rodamientos, por ejemplo, dimensionamiento, datos de rodamientos, partes adyacentes, lubricación, mantenimiento, montaje y desmontaje.

En ingeniería mecánica los rodamientos son estudiados bajo catálogos los mismos que presentan las características y factores a los que puede trabajar un rodamiento, el estudio de velocidad de desgaste requiere conocer en detalle el comportamiento del rodamiento en el medio de lubricación y analizar la variación del lubricante y la velocidad de desgaste del rodamiento basándonos en la norma establecida.

### **1.2.2.- ANÁLISIS CRÍTICO.**

Las investigaciones realizadas sobre los rodamientos han contribuido con su desarrollo, pero en la industria siguen presentándose problemas con la velocidad de desgaste en los rodamientos, por lo que se propone un análisis de medios lubricantes de los rodamientos 6202 y NJ202, y su incidencia en la velocidad de desgaste, por medio de este estudio experimental se pretende determinar los parámetros fundamentales que inciden en la velocidad de desgaste del rodamiento, logrando con esto que exista una mejor orientación en la investigación de nuevos

materiales o lubricantes que permitan reducir la velocidad de desgaste en los rodamientos, ya que es un problema considerable para la industria ocasionando inseguridad en las máquinas y pérdidas económicas debido a paros de la producción.

### **1.2.3.- PROGNOSIS.**

Los rodamientos son elementos fundamentales en las máquinas y deben ser seleccionados bajo un criterio profesional siguiendo el proceso adecuado que indica la norma DIN/ISO, ya que los problemas empiezan cuando no seleccionamos de una forma adecuada un rodamiento ocasionando que la velocidad de desgaste en los rodamientos sea más rápida y proporcione problemas a la empresa, debido a que el cambio de un rodamiento puede implicar un desmontaje total de la maquinaria y esto implica una pérdida de tiempo y dinero para la empresa, al parecer un rodamiento es algo insignificante pero se debe tomar en cuenta que sobre él están ensamblados ejes que rotan a grandes velocidades y si falla el rodamiento puede ocasionar un gran daño al operador de la máquina y también a otras partes de la maquinaria.

Los rodamientos requieren de un mantenimiento preventivo en el cambio de su lubricante e inspección de los rodillos o bolas que conforman el rodamiento ya que durante el funcionamiento de la máquina se presentan sobre cargas y pérdidas de energía que pueden afectar en forma directa al rodamiento.

### **1.2.4.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Qué avance se puede obtener en la velocidad de desgaste de los rodamientos 6202 y NJ202, al variar el medio de lubricación?

### **1.2.5.- PREGUNTAS DIRECTRICES.**

¿Qué parámetros se deben considerar para reducir la velocidad de desgaste en los rodamientos 6202 y NJ202?

¿Los medios de lubricación contribuyen en la reducción de desgaste de los rodamientos 6202 y NJ202?

¿Qué parámetros se puede controlar para reducir la velocidad de desgaste en los rodamientos 6202 y NJ202?

¿Qué propiedades se debe considerar en los medios de lubricación para que reduzcan la velocidad de desgaste en los rodamientos 6202 y NJ202?

### **1.2.6.- DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

#### **1.2.6.1.- DELIMITACIÓN DE CONTENIDO.**

El campo científico, el área y el aspecto en el que se ubica el problema es el siguiente:

- Estudio Tribotécnico
- Materiales
- Ingeniería Mecánica

#### **1.2.6.2.- DELIMITACIÓN ESPACIAL.**

La investigación requiere de estudios experimentales y bibliográficos, lo que se desarrollaran en la Universidad Técnica de Ambato, campus Huachi, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, Laboratorios de Ingeniería de los materiales y biblioteca de la facultad.

#### **1.2.6.3.- DELIMITACIÓN TEMPORAL.**

El tiempo estimado para el desarrollo del trabajo investigativo se lo considerará desde el mes de febrero de 2013 hasta septiembre del 2013, en este tiempo se determinara el lubricante adecuado para reducir el desgaste en los rodamientos.

### **1.3.- JUSTIFICACIÓN.**

La ciencia que estudia el rozamiento entre dos superficies en movimiento es la tribología; la cual analiza los problemas que relacionan la confiabilidad, mantenimiento, y desgaste. La correcta aplicación de esta ciencia, implica tener conocimientos de varias disciplinas incluyendo la física, química, matemáticas aplicada, mecánica de sólidos, mecánica de fluidos, termodinámica, transferencia de calor, ciencia de los materiales, diseño de máquinas, entre las más importantes.

La investigación en el Ecuador sobre estudios tribológicos es mínima; y la información sobre estos temas es restringida, tomando en cuenta esta situación se propone realizar un estudio, por medio de la construcción en la máquina de ensayos de Timken la misma que permitirá investigar como los medios lubricantes reducen la velocidad de desgaste que existe en los rodamientos (6220 y NJ202 ); la cual está respaldada con la norma ASTM D2782, en donde se indica la prueba de Timken la que consiste en una duración de diez minutos, lapso de tiempo en el que es medido diferentes valores, entre los que destacan la temperatura del aceite y del punto de contacto entre la probeta y el disco rotatorio.

Sin embargo, a pesar de que existe una capa de película fluida de lubricante entre la probeta y el disco rotatorio, se presenta el caso de contacto “casi seco” entre los cuerpos, esto gracias al aumento de la fuerza en el brazo de palanca, permitiendo que las rugosidades microscópicas que poseen los elementos estén en contacto y ocasionando con ello un rozamiento que cause desgaste, dejando por último una huella en la probeta, el tamaño de la huella resulta ser bastante importante, ya que dependiendo de su tamaño indica la calidad del aceite que fue puesto a prueba.

### **1.4.- OBJETIVOS.**

#### **1.4.1.- OBJETIVO GENERAL.**

Analizar la influencia del medio de lubricación para reducir la velocidad de desgaste en los rodamientos 6202 y NJ202.

### **1.4.2.- ESPECÍFICOS.**

- Definir los parámetros más relevantes que incidan con el desgaste en los rodamientos 6202 y NJ202.
- Estudiar las propiedades de los medios de lubricación que contribuyen en la reducción de desgaste de los rodamientos 6202 y NJ202.
- Determinar que parámetros se pueden controlar para reducir la velocidad de desgaste en los rodamientos 6202 y NJ202.
- Determinar el lubricante que ocasione menor daño en los rodamientos 6202 y NJ202.

## CAPÍTULO II

### 2.- MARCO TEÓRICO

#### 2.1.- ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

El presente estudio investigativo se basa en documentos relacionados con el tema de los cuales se ha tomado puntos importantes que contribuyan a un mejor desarrollo del mismo.

**Fuente:** Tesis

**Autores:** Luis Giovanni Viteri Bonilla

Juan Carlos Jaramillo Hidalgo

**Año de Publicación:** 2011

**Lugar:** Riobamba, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

**Tema:** Análisis de la degradación de aceites lubricantes y propuesta de planes de mejora para el mantenimiento del equipo pesado del ilustre municipio del cantón Archidona

**Repositorio Digital EPN:**

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/947/1/65T00018.pdf>

**Fuente:** Memoria de Veranos de la Investigación Científica UG 2011

**Autores:** Alejandro Suárez Hernández

Juan Gabriel Aviña Cervantes

**Año de Publicación:** 2011

**Lugar:** Cuerpo académico de Diseño y Manufactura pertenecientes a la División de Ingenierías Campus Irapuato- Salamanca de la Universidad de Guanajuato,

en colaboración con la empresa LUBRI LAB S.A. de C.V., localizada en la ciudad de Irapuato.

**Tema:** Evaluación de la velocidad de desgaste usando máquina Timken mediante procesamiento de video.

**Fuente:** Libro

**Autores:** Pedro Ramón Albarracín Aguillón

**Año de Publicación:** 1993

**Lugar:** Colombia

**Tema:** Tribología y lubricación industrial y automotriz

**Repositorio Digital EPN:** [www.pedroalbarracinaguillon.com/.../libro\\_tribología](http://www.pedroalbarracinaguillon.com/.../libro_tribología).

**Fuente:** Catalogo

**Autores:** Druckeriei

**Año de Publicación:** 2002

**Lugar:** Barcelona

**Tema:** catálogo de rodamientos de bolas y de rodillos

**Repositorio Digital EPN:**

**Fuente:** Tesis

**Autores:** Francisco Ros Rodríguez

**Año de Publicación:** 2010

**Lugar:** Madrid

**Tema:** Estudio del efecto de la carga en rodamientos.

**Repositorio Digital EPN:**

## **2.2.- FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.**

El desarrollo de la presente investigación pretende analizar los medios de lubricación en los rodamientos 6202 y NJ202, y su incidencia en la velocidad de desgaste, procedimiento en el cual influyen diversos factores como la variación de temperatura en el lubricante, la diferencia de pesos y longitud máxima de la huella

producidos por el desgaste en los rodamientos, por lo cual se plantea una orientación crítico propositivo ya que por medio de esta se considera la participación de los factores involucrados en el problema.

Mediante el paradigma crítico propositivo se relacionara la función causa efecto permitiendo establecer la solución al problema, brindando un desarrollo de fácil comprobación y comprensión.

El paradigma permite el cambio de ser necesario, debido a nuevas investigaciones realizadas por el hombre o la sociedad en el ambiente industrial, permitiendo modifica el proceso para enfocar a las necesidades del entorno.

### **2.3.- FUNDAMENTACIÓN LEGAL.**

Para el desarrollo de la investigación no se ha determinado una norma que indique como realizar el análisis de medios lubricantes de los rodamientos 6202 y NJ202, y su incidencia en la velocidad de desgaste.

Por consecuencia el estudio se respalda en las siguientes normas:

- Norma A.P.I. (American Petroleum Institute)
- Norma SAE (Society of Automotive Engineers)
- Norma GOST23.002.78 (Clasificación de la fricción desgaste y lubricación.)
- Norma DIN 625 (Rodamientos rígidos de bolas de una hilera)
- Norma DIN 5412 (Rodamientos de una hilera de rodillos cilíndricos)
- Norma ASTM D 2782 (Descripción de la prueba de Timken)

### **2.4.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.**

#### **2.4.1.- TRIBOLOGÍA.**

El hombre necesita controlar la fricción y el desgaste, ya que en todas las acciones cotidianas requiere la existencia de la fricción. Sin embargo, bajo otras



circunstancias el exceso de fricción causaría problemas, como el caso del movimiento relativo de los mecanismos que conforman una máquina, por medio del desarrollo tecnológico se logró reducir la fricción y aumentar la durabilidad en mecanismos.

Considerando la lubricación como una ciencia íntimamente relacionada con la fricción y desgaste de los materiales, todo esto se resume en lo que se conoce como tribología.

La vida útil de un equipo solo se puede lograr si este se involucra dentro de un sistema tribológico, por lo cual la responsabilidad la tiene el fabricante al realizar un diseño óptimo con materiales que garanticen un desgaste mínimo, el usuario deberá garantizar una buena calidad de mantenimiento y controlar la operación normal del equipo.

#### **2.4.1.1.- Lubricación industrial y automotriz.**

Si en la industria se controla los factores tribológicos los equipos lograrían alcanzar su vida útil obteniendo una mayor productividad. La tribología ha tenido gran despliegue y desarrollo en la industria logrando una incidencia importante en los aspectos técnicos económicos relacionados con el incremento de la durabilidad de las partes de una máquina.

#### **2.4.1.2.- Sistema tribológico.**

Es un sistema natural o artificial de elementos materiales, por lo menos dos, donde se presenta la fricción y en casos extremos el desgaste.

#### **2.4.1.3.- Sistema tribotécnico.**

En este sistema existen varios puntos de fricción, los cuales tienen la función de transmitir energía o movimiento. Un proceso tribológico mal utilizado puede ocasionar graves pérdidas a una empresa, considerando a la tribología una ciencia interdisciplinaria y sin ella no es posible el avance industrial, eficiente y rentable.

Dentro de un sistema tribotécnico; no basta utilizar lubricantes de calidad, es necesario utilizar repuestos fabricados con materiales que se encuentren acordes con el diseño del equipo.

#### **2.4.1.4.- Fricción.**

Es la pérdida de energía mecánica durante el inicio, desarrollo y final del movimiento relativo entre dos zonas materiales en contacto, como fricción externa entre cuerpos diferentes o fricción interna entre partículas de un mismo cuerpo.

- a) **Fricción pura.** Es un estado de fricción en el cual el sistema tribológico está constituido por dos elementos que corresponden a los materiales.
- b) **Fricción sólida.** El sistema tribológico está constituido por tres elementos sólidos; durante la fricción el tercer elemento está presente en forma de capas de un compuesto adheridas al metal base.
- c) **Fricción fluida.** En este estado uno de los tres elementos presenta propiedades líquidas, condicionándose por un lubricante que constituye un sistema tribológico.
- d) **Fricción hidrodinámica.** Estado en el cual las condiciones se logran a través del movimiento relativo del par friccionante, en este estado resaltan las características del lubricante ya que el coeficiente de fricción depende de la viscosidad.
- e) **Fricción hidrostática.** Se presenta en aquellos mecanismos que giran a bajas velocidades y que soportan altas cargas, donde el lubricante se inyecta antes y durante el movimiento del mecanismo.

#### **2.4.1.5.- Cálculo del ahorro de energía por menor fricción.**

En la práctica el desgaste de las superficies metálicas es el resultado de la remoción de la capa del lubricante que se encuentra adherida a las superficies debido al cambio del tipo de flujo, que puede pasar de laminar ( $Re \leq 2000$ ) a turbulento ( $Re > 2000$ ), haciendo que el desorden del fluido genere fricciones directamente con la superficie ocasionando desgaste.

#### 2.4.1.6.- Cálculo del número de Reynolds.

$$Re = v * d / \mu$$

*Ecuación 2-1*

Re: Número de Reynolds, adimensional.

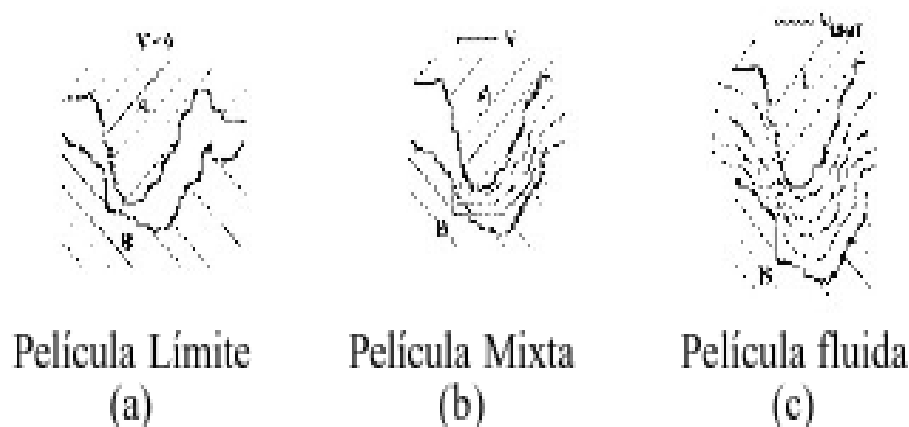
V: velocidad del aceite.

d: diámetro de la tubería.

$\mu$ : Viscosidad cinemática del aceite.

Un mecanismo estará expuesto a un menor nivel de desgaste bajo condiciones de película fluida mientras se pueda garantizar que el tipo de flujo es laminar el cual depende de la estabilidad de la viscosidad del aceite con los cambios de temperatura

Idealmente el desgaste de un mecanismo que trabaja bajo condiciones de lubricación fluida sería cero si la viscosidad del aceite no variara con la temperatura, para contra restar esta situación se recomienda utilizar lubricantes con altos índices de viscosidad. (Pedro, 1993, p 25-30)



**Figura: 2.1** (a) superficies A y B se encuentran en reposo. (b) superficie A en movimiento comienza el bombeo de aceite. (c) superficies A y B están completamente separadas por una película fluida

**Fuente:** Pedro Albarracín Aguilón. (1993). Análisis tribológico. Pág. 27.

## 2.4.2.- MÉTODOS DE LUBRICACIÓN.

La Asociación Estadounidense de cadena recomienda tres tipos de lubricación que depende de la velocidad de funcionamiento y la potencia que se trasmite

### 2.4.2.1.- Lubricación manual por goteo.

Para lubricación manual, el aceite se aplica en forma copiosa con una brocha o un canalón con vertedero, al menos una vez cada ocho horas de funcionamiento. Para lubricación por goteo, el aceite alimenta directamente a las placas de eslabón de cada hilera de la cadena.

### 2.4.2.2.- Lubricación de baño.

La cubierta proporciona de aceite, en el que se sumerge el elemento en forma continua. También se puede fijar un disco un lanzador a uno de los ejes, para que eleve el aceite hasta un canal, entonces el canal entrega una corriente de aceite al elemento. Así el elemento no necesita sumergirse en el aceite.

### 2.4.2.3.- Lubricante con chorro.

Una bomba de aceite envía un flujo continuo en la parte superior del elemento. (Robert, 2006, p 291-294)

**Tabla 2.1:** Comparación de lubricantes por grasa y aceite.

ÍTEM	LUBRICACIÓN GRASA	LUBRICACIÓN ACEITE
Estructura de alojamiento modelo simple	Simple	Puede ser complicada requiere mantenimiento
Velocidad	Velocidad limite 65-80% de lubricación por aceite	Alta velocidad limite
Efecto refrigerante	Pobre	Posible desaparición de calor mediante circulación de aceite
Fluidez	Pobre	Buena

Sustitución total del lubricante	Difícil	Fácil
Eliminación de cuerpos extraños	Imposible con grasa	Fácil
Contaminación externa debido a fugas	Entorno raras veces contaminación por fugas	Fugas frecuentes si no se toman medidas. No aconsejable si se debe evitar contaminación exterior

Fuente: NSK. (2010). Lubricación. Pág. 1.

#### 2.4.2.4.- Lubricación por grasa.

La cantidad de grasa que se suministrar en el alojamiento depende del diseño del mismo y el espacio disponible, características de la grasa y temperatura ambiente. Por ejemplo, los rodamientos de eje principal de máquina herramienta, en los cuales la precisión puede ser afectada por pequeños incrementos de temperatura, sólo requieren una pequeña cantidad de grasa.

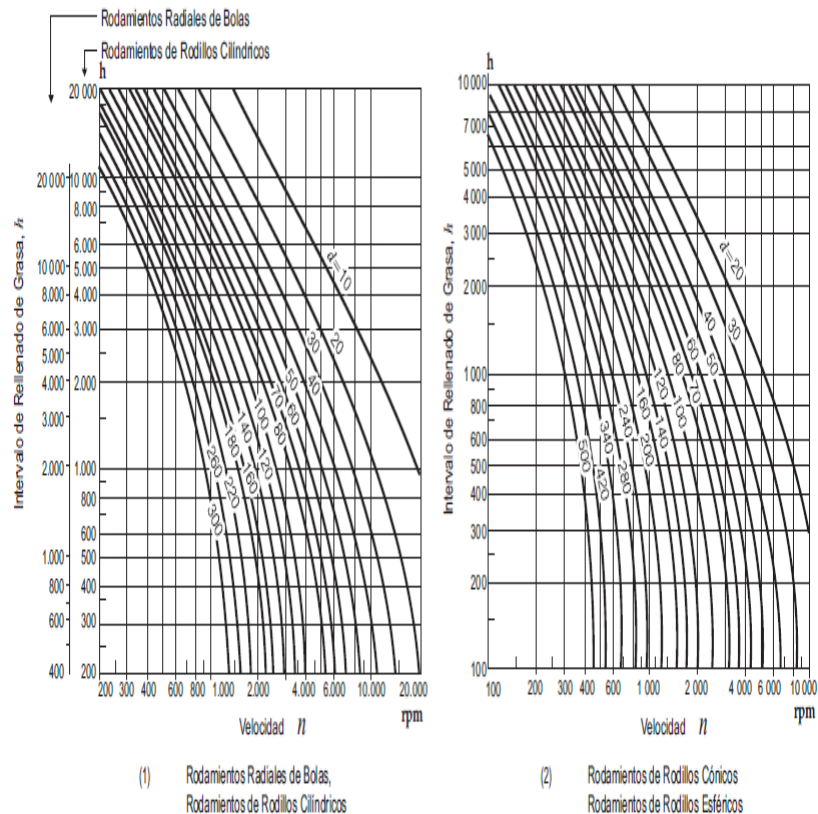


Figura 2.2 Intervalos de relleno de grasa.

Fuente: NSK. (2010). Lubricación. Pág. 2.

#### **2.4.2.5.- Lubricación por aceite.**

- a) **Lubricación en Baño de Aceite.-** La lubricación en baño de aceite es ampliamente utilizada en los casos de velocidades bajas o medias. El nivel de aceite debe estar en el centro del elemento de rodadura más bajo. Es aconsejable disponer de un indicador de nivel visual con el fin de comprobar que se mantiene el nivel de aceite óptimo.
- b) **Lubricación por Goteo de Aceite.-** La lubricación por goteo se utiliza habitualmente en rodamientos de bolas pequeños funcionando a velocidades relativamente altas. El aceite se almacena en un depósito visible. La cadencia de goteo se controla mediante un tornillo situado sobre el depósito.
- c) **Lubricación por Salpicadura.-** Mediante este método de lubricación, el aceite es salpicado sobre los rodamientos mediante engranajes o simples discos giratorios, normalmente se utiliza este sistema en la transmisión de automóviles y en engranajes finales de transmisión.  
(NSK, 2010, P 1-9)

#### **2.4.3.- CLASIFICACIÓN DE LOS LUBRICANTES.**

##### **2.4.3.1.- Según su génesis:**

- Lubricantes orgánicos.
- Lubricantes minerales.
- Lubricantes sintéticos.

##### **2.4.3.2.- Según su estado físico:**

- Lubricantes líquidos.
- Lubricantes semisólidos.
- Lubricantes sólidos.
- Lubricantes gaseosos.

- a) **Lubricantes orgánicos.** Estos pueden ser de origen animal o vegetal, aunque en la actualidad estos no son muy utilizados debido a la gran variación de su viscosidad con la temperatura; pero se emplean en pequeñas cantidades para mejorar la adhesividad.
- b) **Lubricantes minerales.** Son los lubricantes obtenidos a partir del petróleo, y se tiene tres grupos principales.
- c) **Parafinico.** Son aceites de baja densidad y volatilidad, bajo poder disolvente y poca variación de viscosidad con la temperatura.
- d) **Nafténica.** Este tipo de aceites presentan densidad relativamente alta, grandes variaciones de la viscosidad con la temperatura, poder disolvente relativamente alto y mayor volatilidad que los aceites de origen parafinico.
- e) **Aromático.** Presenta alta densidad, variación apreciable de la viscosidad con la temperatura alto poder disolvente, se oxida fácilmente provocando la formación de productos asfálticos.
- f) **Lubricantes sintéticos.** Son lubricantes de origen vegetal o animal están constituido por compuestos químicos distintos de los hidrocarburos, la mayoría de los lubricantes sintéticos se utilizan como aditivos de los lubricantes minerales para obtener determinadas propiedades.
- g) **Lubricantes semisólidos.** Estos lubricantes más conocidos como grasas son la combinación de un aceite con un jabón o mezcla de jabones. La lubricación con grasa se logra por el siguiente mecanismo: las moléculas del jabón son absorbidas por las superficies metálicas creando una película de gran adhesividad que evita el contacto entre las superficies.

#### **2.4.3.3.- Clasificación por viscosidad.**

Los lubricantes se especifican según los grados de viscosidad los que limitan su utilización según la temperatura de trabajo.

**2.4.3.4.- Clasificación por las condiciones de servicio.** Para esta clasificación se considera las condiciones de servicio al que se somete el lubricante, dependiendo de las características técnicas de la maquina en la que está trabajando.

**2.4.3.5.- Clasificación SAE.** Esta clasificación toma como referencia la viscosidad del lubricante en función de la temperatura de funcionamiento.

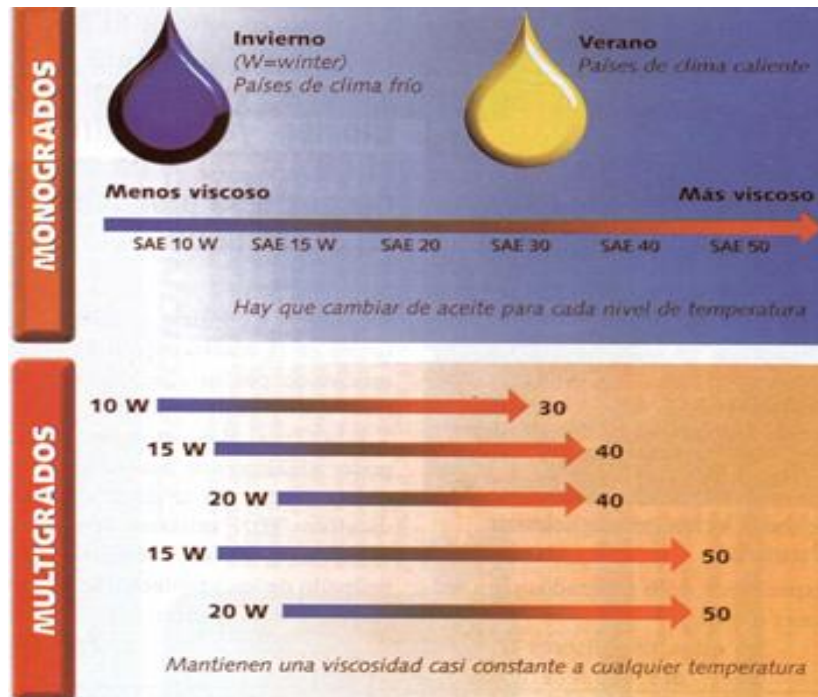
Establece una escala numérica dividida en dos grupos que comienza en el grado SAE 0, indicativo de la mínima viscosidad del lubricante o de su máxima fluidez.

- a) **Primer grupo.** Se evalúa con una temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ , lo que representa su viscosidad en condiciones de arranque en frío y se divide en SAE 0W, SAE 5W, SAE 10W, SAE 15W, SAE 20W, y SAE 25W. Donde W es distintiva de los lubricantes que se utilizan en invierno y los grados indican la temperatura mínima de utilización del lubricante conservando su viscosidad para circular.
- b) **Segundo grupo.** La viscosidad se mide a una temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$ , lo que da idea de la fluidez del lubricante cuando se encuentra funcionando y se establecen en SAE 20, SAE 30, SAE 40 y SAE 50.
- c) **Lubricante multigrado.** Estos lubricantes contienen un bajo grado SAE y una fluidez suficiente para circular libremente formando películas de espesor más fino como son SAE 5W-30 y SAE 10W-40

**2.4.3.6.- Ventajas del lubricante multigrado con respecto al lubricante monogrado**

- Son más estables ante el cambio de temperatura.
- Baja viscosidad en frío.
- Arranque rápido en frío con menor desgaste
- Eliminan cambios estacionales del aceite.
- Mayor fluidez a bajas temperaturas que reduce las pérdidas de energía





**Figura 2.3.** Comparación entre los lubricantes monogrado y multigrado.  
**Fuente:** José Pérez. (2011). Clasificación de los aceites lubricantes. Pág. 5.

#### 2.4.4.- ANÁLISIS DE LOS LUBRICANTES.

Las funciones principales de los lubricantes son:

- Controlar la fricción.
- Controlar el desgaste.
- Controlar la corrosión.
- Controlar la temperatura.
- Controlar la contaminación.
- Transmitir potencia, en el caso de circuitos hidráulicos.

##### 2.4.4.1.- Lubricantes.

Un lubricante se lo puede definir como el producto que se interpone entre dos superficies en movimiento relativo, permite la reducción del coeficiente de rozamiento entre ellas. El lubricante debe cumplir con los requisitos de calidad como son la formación de lodos, gomas y barnices, así como de espuma.

#### **2.4.4.2.- Propiedad de los lubricantes.**

##### **a) Viscosidad.**

Es la característica principal de un lubricante representa la resistencia que ofrece una capa de aceite para deslizarse sobre otra, si el líquido circula con facilidad es poco viscoso. En el funcionamiento, las capas externas de la película de aceite en la circulación se adhieren a las superficies metálicas, produciéndose un frotamiento entre las distintas subcapas. La viscosidad es la que determina la mayor o menor dificultad con que se producen estos movimientos internos de la película, la viscosidad no debe confundirse con la densidad.

La viscosidad relativa se determina midiendo el tiempo que tarda una cierta cantidad del líquido en fluir a través de un orificio calibrado a una temperatura establecida, el índice de viscosidad se define por un número arbitrario que indica el cambio de viscosidad al variar la temperatura. Un lubricante que tiene una viscosidad relativa estable a temperaturas extremas tiene un índice de viscosidad elevado.

Viscosidad cinemática esta viscosidad se determina mediante viscosímetros adecuados, la cual tiene por objeto relacionar la viscosidad dinámica y el peso específico y se expresa en Stokes o centistokes.

Con relación a la viscosidad de un lubricante podemos distinguir el espesor y la fluidez. El espesor está relacionado con la resistencia de una película a su penetración por la aplicación de fuertes cargas, la fluidez hace referencia a la mayor o menor dificultad con la que es capaz de circular el aceite a través de las canalizaciones de engrase y cojinetes interponiéndose entre las superficies.

##### **b) Punto de Inflamación.**

Se llama punto de inflamación a la temperatura mínima en la cual un aceite empieza a emitir vapores inflamables.

Está relacionada con la volatilidad del aceite cuanto más bajo sea este punto, más volátil será el aceite y tendrá más tendencia a la inflamación.

Un punto de inflamación alto es signo de calidad en el aceite. En los aceites industriales el punto de inflamación suele estar entre 80 y 232 °C, y en los de automoción entre 260 y 354 °C.

**c) Punto de Combustión.**

Se llama así a la temperatura a la cual los vapores emitidos por un aceite se inflaman, y permanecen ardiendo al menos 5 segundos al acercársele una llama, el punto de combustión suele estar entre 30 y 60 °C por encima del punto de inflamación.

**d) Punto de Congelación o de fluidez.**

Es la menor temperatura a que se observa fluidez en el aceite al ser enfriado. Se expresa en múltiplos de 3 °C.

En los aceites nafténicos este punto se alcanza por la disminución de la densidad causa por el descenso de la temperatura; en los parafínicos se debe principalmente a la cristalización de sustancias parafínicas.

El punto de congelación se alcanza siempre a temperatura inferior a la del punto de enturbiamiento. Al igual que este, es una característica importante en aquellos aceites que operan a muy bajas temperaturas ambientales.

**e) Aditivos detergentes y dispersantes.**

Las altas temperaturas que alcanzan los lubricantes durante su funcionamiento hacen que la película de lubricante se destruya parcialmente lo cual produce depósitos alquitranados, para prevenir estos depósitos se añade al lubricante aditivos detergentes que permiten lavar la superficie evitando así la formación de estos depósitos.

También se añade al lubricante aditivos dispersantes, cuyo contenido es evitar la coagulación y sedimentación de cualquier partícula, haciendo que estas permanezcan en suspensión.

#### **f) Aditivos antidesgaste.**

El desgaste es la pérdida de metal con el subsiguiente cambio en la luz entre las superficies móviles. Si continúa, resultará en un mal funcionamiento del equipo. Entre los principales factores causantes de desgaste son el contacto metal - metal, presencia de abrasivos, y ataque de ácidos corrosivos.

El contacto entre metales puede ser prevenido adicionando compuestos formadores de capas que protejan la superficie, bien por absorción física o por reacción química. Los ditiofosfatos de zinc se usan ampliamente para este propósito y son particularmente efectivos para reducir el desgaste en los árboles de levas. Otros aditivos contienen fósforo, azufre, o combinaciones de estos elementos.

El desgaste por abrasión se puede prevenir por la remoción de las partículas por filtración del aire que entra al motor, y del aceite.

El desgaste por corrosión resulta principalmente de los compuestos ácidos formados por la combustión. Este tipo de desgaste se puede prevenir usando aditivos alcalinos tales como fenatos básicos y sulfonatos.

#### **2.4.4.3.- Degradación del aceite.**

Se define como el proceso por el cual se va reduciendo la capacidad del aceite para cumplir las funciones para las que se diseña, esto es: lubricar, proteger, refrigerar, limpiar y sellar.

Todo ello originado por la propia alteración de las propiedades físicas y químicas las variaciones de las propiedades físicas y químicas del aceite se deben a las

condiciones a las que se ve sometido durante su uso, y que en el caso de combustión alternativa son muy significativas factores como elevadas temperaturas, grandes velocidades de cizallamiento, ambientes corrosivos, contaminación, etc. Favorecen la velocidad de la degradación del aceite lubricante.

La velocidad de degradación del aceite es la rapidez con la que el aceite pierde sus propiedades físico-químicas iniciales, depende básicamente del estado y mantenimiento del motor, de la calidad de partida del aceite, del tipo de combustible empleado, y del tipo de servicio al que está destinado el motor.

La utilización de aceites de mejor calidad, definida como una mayor adaptación del aceite a las condiciones de servicio y tipo de motor, retardan el proceso de degradación del mismo.

La velocidad y nivel de degradación del aceite aumentan cuando se producen fallos o condiciones en el motor que introducen contaminantes o deterioran los componentes propios del aceite.

#### **2.4.4.4.- Beneficios de utilizar el análisis de aceite.**

Para llevar adelante la estrategia Proactiva es fundamental establecer dos tipos de alarmas:

- Alarmas Absolutas
- Alarmas Estadísticas

Las alarmas absolutas son límites condenatorios que se aplican al estado de contaminación del lubricante, y se pueden tomar las recomendaciones del fabricante del equipo, en el caso que las hubiera o en su defecto las recomendaciones del Laboratorio de Análisis de Lubricantes.

Mientras que las alarmas estadísticas están basadas en los propios valores registrados en el equipo, como es el análisis de la tendencia estadística la cual

permite identificar fallas iniciales. No se debe olvidar la variabilidad inherente a la propia exactitud de las pruebas que se realizan.

Resulta muy importante para poder identificar las causas de falla tener en cuenta las condiciones operativas y ambientales, tal como es evidente aún en dos máquinas idénticas en condiciones operativas y ambientales similares no requerirán las mismas intervenciones de mantenimiento, ni presenten las mismas clases de fallas. Pero para el caso de equipos idénticos en condiciones operativas similares, se pueden utilizar las mismas alarmas estadísticas.

Así mismo, es fundamental conocer la metalurgia de las partes móviles que tienen contacto con el lubricante, para eventualmente identificar el origen de los metales de desgaste.

Para llevar adelante una estrategia proactiva el primer paso es seleccionar los equipos a incluir dentro del programa, y definir los objetivos de limpieza, y luego tomar acciones para llevarlos a cabo.

Para seleccionar los puntos de lubricación a monitorear mediante análisis de aceite, tal como ya se mencionó anteriormente, debe tenerse un criterio del componente y en cómo afecta éste a la confiabilidad y disponibilidad de la máquina.

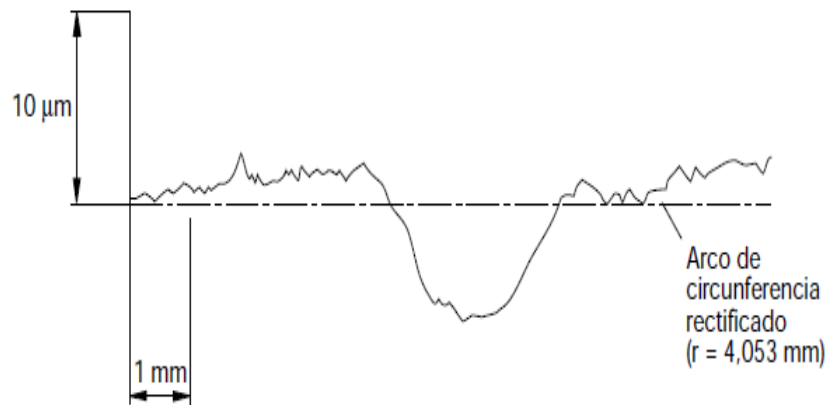
Incluso debe incluirse en el programa un reductor de dos litros de capacidad, si éste afecta la confiabilidad y seguridad de la máquina. Para éste caso no se esperan beneficios extendiendo la vida del aceite, sino desde el punto de vista del. (Luis, 2011, p 32-50)

#### **2.4.5.- NUEVOS ESTUDIOS EN LOS RODAMIENTOS.**

En la mayor parte de los daños de rodamientos que se dan en la práctica, las causas de estos se esclarecen a partir de un examen de las características del deterioro, unido al conocimiento de las condiciones de servicio. De los casos que quedan en principio sin explicación, la causa de los daños de una gran parte de

ellos se puede esclarecer con ayuda de un estereomicroscopio, sólo una parte muy pequeña de los fallos en rodamientos requiere una investigación más profunda de las características del deterioro y un análisis intensivo de las condiciones de empleo.

Para ello, en FAG se cuenta con una gran diversidad de posibilidades de investigación de gran perfeccionamiento técnico, en parte muy específicas, que se aplican en el marco de la investigación y desarrollo, como estas investigaciones también pueden requerir un gran costo, antes de su aplicación se ha de considerar cuidadosamente si el beneficio obtenido compensa los costos.



**Figura 2.4** Forma del perfil del camino de rodadura de un rodamiento rígido de bolas con estrías de desgaste

**Fuente:** FAG. (2008) Sales Europea GmbH – España. Pág. 61.

#### 2.4.5.1.- Medición geométrica.

- Mediciones de la rugosidad hasta la centésima de micrómetro.
- Control de tolerancias de forma y de posición en sistemas de medición de forma (FMS) y máquinas de medición de coordenadas, incluso en piezas constructivas de forma muy irregular
- Verificación de valores de juego interno de rodamientos y precisiones de giro en piezas individuales

#### **2.4.5.2.- Análisis y ensayos de lubricantes.**

Para la investigación de la calidad y la aptitud de los lubricantes para el empleo en rodamientos, mantiene laboratorios y un campo de ensayos. Análisis de laboratorio de lubricantes procedentes de rodamientos averiados proporcionan a menudo las informaciones decisivas para el esclarecimiento de la causa del fallo.

Entre las posibilidades de investigación más importantes se cuentan las siguientes:

#### **2.4.5.3.- Cantidad y clase de impurezas.**

- Sólidas,
- Líquidas (humedad)
- Utilización de antioxidante
- Envejecimiento
- Variación de la viscosidad
- Contenido de aditivos (disminución degradación)
- Relación aceite/jabón en grasas
- En muchos casos, también determinación del tipo y clase de lubricante.

Sin embargo, para obtener informaciones fiables en base al estudio de lubricantes, el principal requisito es una toma de muestras adecuada. A partir de los resultados de los análisis de impurezas se puede deducir casi siempre su origen.

Así, por ejemplo, se obtienen datos indicativos directos sobre posibles medidas contra el desgaste. Asimismo, a partir del conocimiento del estado general de un aceite o una grasa tras un determinado tiempo de servicio se puede llegar a conclusiones sobre los plazos adecuados de cambio de lubricante.

#### **2.4.5.4.- Control del estado del material.**

El estado del material de todas las piezas de un rodamiento es de importancia decisiva si se desea que el rodamiento alcance su máximo rendimiento, si bien son



muy poco frecuentes en los rodamientos los deterioros debidos a defectos del material o de fabricación, sin embargo en casos de duda un ensayo de material puede proporcionar información al respecto.

En una serie de casos se producen también variaciones del estado del material debido a condiciones de servicio del rodamiento imprevistas.

(FAG, 2008, p 60-63)

#### **2.4.6.- MINIMIZAR LA FATIGA EN EL MATERIAL.**

La fatiga de cualquier pieza de la máquina, sea cojinete, rodamiento, soporte, engranaje u otra pieza es consecuencia de vibraciones, temperaturas, fricciones, presiones, u otras condiciones controlables.

El uso de una grasa con máxima protección, máxima calidad de aceite básico, viscosidad de aceite básico correcta para la pieza, y consistencia NGL 1 correcta para el equipo, reducirá la temperatura y la fricción por intervalos razonables mientras se limita la cantidad aplicada.

La contaminación por tierra o partículas de desgaste también causan fatiga por las presiones que transfieren a la estructura de la pieza. En esta foto podemos ver las impresiones hechas en el cojinete por tierra o partículas metálicas apretadas entre las superficies.

Al golpear y dejar su impresión, se compacta la estructura del cojinete, cada vez más profunda, debilitándola hasta que se quiebra, entre más limpia se conserva la grasa, mayor es la vida útil del cojinete.

##### **2.4.6.1- Discontinuidades en el material.**

###### **a) Apoyo no uniforme de los aros del rodamiento.**

Huellas de asiento no situadas en la zona de carga esperada. Estructura de acabado de las superficies de ajuste desgastada en algunas zonas y mantenida todavía por

completo en otras zonas. Como consecuencia, daños por fatiga y roturas debidos a una distribución no uniforme de la carga y flexión de los aros.

En el caso de apoyo axial insuficiente de aros interiores de rodamientos con rodillos cónicos, también roturas del borde, y fenómenos de asentamiento en el caso de superficies de contacto demasiado pequeñas.

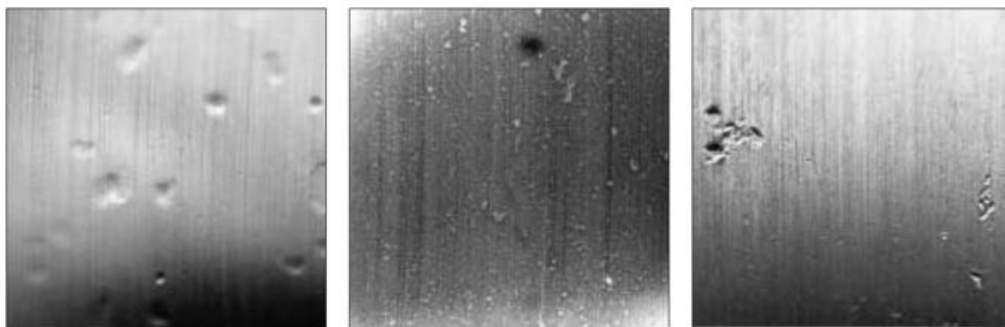
#### **b) Huellas de rodadura.**

Los elementos rodantes, sometidos a movimiento giratorio y carga, dejan tras de sí huellas sobre las pistas de rodadura, estas huellas suelen tener un aspecto claro si la película de lubricante tiene una buena capacidad de separación.

Sin embargo, la forma de manifestación individual de las huellas de rodadura depende en gran medida de la iluminación de la superficie.

#### **c) Huellas de rodadura en caso de contaminación en el rodamiento o en el lubricante.**

Entre las impurezas líquidas del lubricante aparece con frecuencia el agua, en ciertas cantidades pequeñas, puede ser absorbida por el lubricante, aunque empeora el efecto lubricante y provoca con frecuencia huellas de rodadura como las de las figuras.



Cuerpos extraños blandos

Cuerpos extraños de acero templado

Cuerpos minerales duros

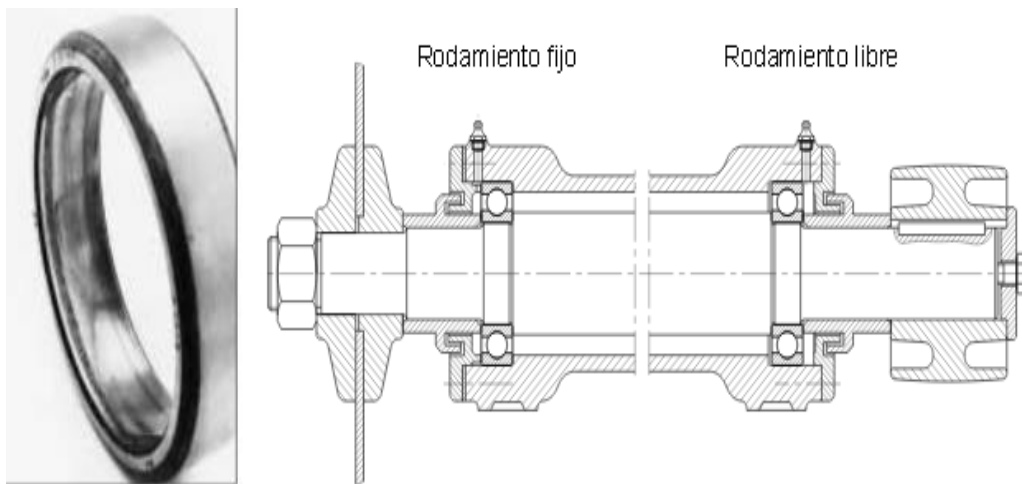
**Figura 2.5** Huellas de rodadura por contaminación

**Fuente:** FAG. (2008) Sales Europea GmbH – España. Pág. 23.

En caso de cantidades relativamente grandes de humedad en el rodamiento se forman huellas de aspecto mate en el camino de rodadura y a continuación se produce corrosión, o en el caso de carga elevada, también huellas de rodadura pulidas por la presión con daños por fatiga.

**d) Huellas de rodadura en el caso de precarga axial.**

En el caso de apoyo fijo, sólo deben formarse huellas de rodadura pronunciadas en el rodamiento fijo, como las que se forman en el caso de carga axial. En el rodamiento libre debe ser perceptible a lo sumo una proporción reducida de carga axial.



**Figura 2.6** Huellas de rodadura por carga axial

**Fuente:** FAG. (2008) Sales Europea GmbH – España. Pág. 25.

**e) Huellas de rodadura por fatiga.**

La fatiga en un rodamiento se produce incluso en condiciones de servicio muy favorables, es decir, película lubricante con efecto separador hidrodinámico, máxima limpieza del lubricante y temperaturas moderadas, este tipo de daños clásicos por fatiga en los que al principio se producen grietas por debajo de la superficie debido a una lubricación desfavorable.

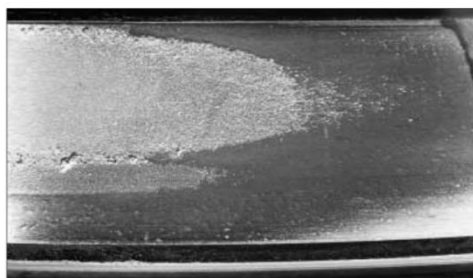


**Figura 2.7** Huellas de rodadura por fatiga

**Fuente:** FAG. (2008) Sales Europea GmbH – España. Pág. 27

**f) Huellas producidas por una mala lubricación.**

Dependiendo de la carga, en el caso de una mala lubricación pueden producirse diversos cuadros de daño, cuando la carga es relativamente baja existencia simultánea de deslizamientos, se producen roturas superficiales minúsculas, en el caso de carga elevada y lubricante contaminado s se forman pittings poco profundos y cuando el estado de lubricación es deficiente se produce zona de calentamiento. (FAG, 2008, p 20-33)



micropittings



Fatiga en forma de concha

**Figura 2.8** Huellas de rodadura por mala lubricacion

**Fuente:**h FAG. (2008) Sales Europea GmbH – España. Pág. 33.

**2.4.8.- VELOCIDAD DE DESGASTE.**

La velocidad de desgaste en los rodamientos crea una gran variedad de patrones de datos relacionados con los problemas de una máquina, por lo que el sistema

automático de diagnóstico permite un acercamiento a la detección del desgaste en rodamientos, y debe ser capaz de interpretar una enorme cantidad de patrones de espectros y de diferenciar las causas de fallas en distintas máquinas o causas externas. Aunque el conocimiento de la geometría de los rodamientos, puede ser útil en calcular la frecuencia en que se presentan las fallas, un sistema de diagnóstico versátil debe ser capaz de detectar el desgaste de rodamientos sin requerir de esta información.

#### **2.4.8.1.- Fallo por desgaste**

Se produce fundamentalmente por la entrada de suciedades, partículas duras y fluidos corrosivos. El desgaste va aumentando el juego entre las partes del rodamiento, conduciendo a una operación ruidosa y una falla prematura.

Una lubricación adecuada minimiza los efectos de partículas abrasivas estableciendo una película de suficiente espesor para facilitar el paso de contaminantes entre las superficies de apoyo. Además el lubricante reduce los contactos entre metal aumentando la vida del rodamiento. (Héctor, 2002, p 147)

#### **2.4.8.2.- Síntomas de fallo.**

Los rodamientos son tipo de elemento mecánico que muestra síntomas evidentes cuando su funcionamiento es inadecuado, para diagnosticar un rodamiento es fundamental detectar los primeros síntomas.

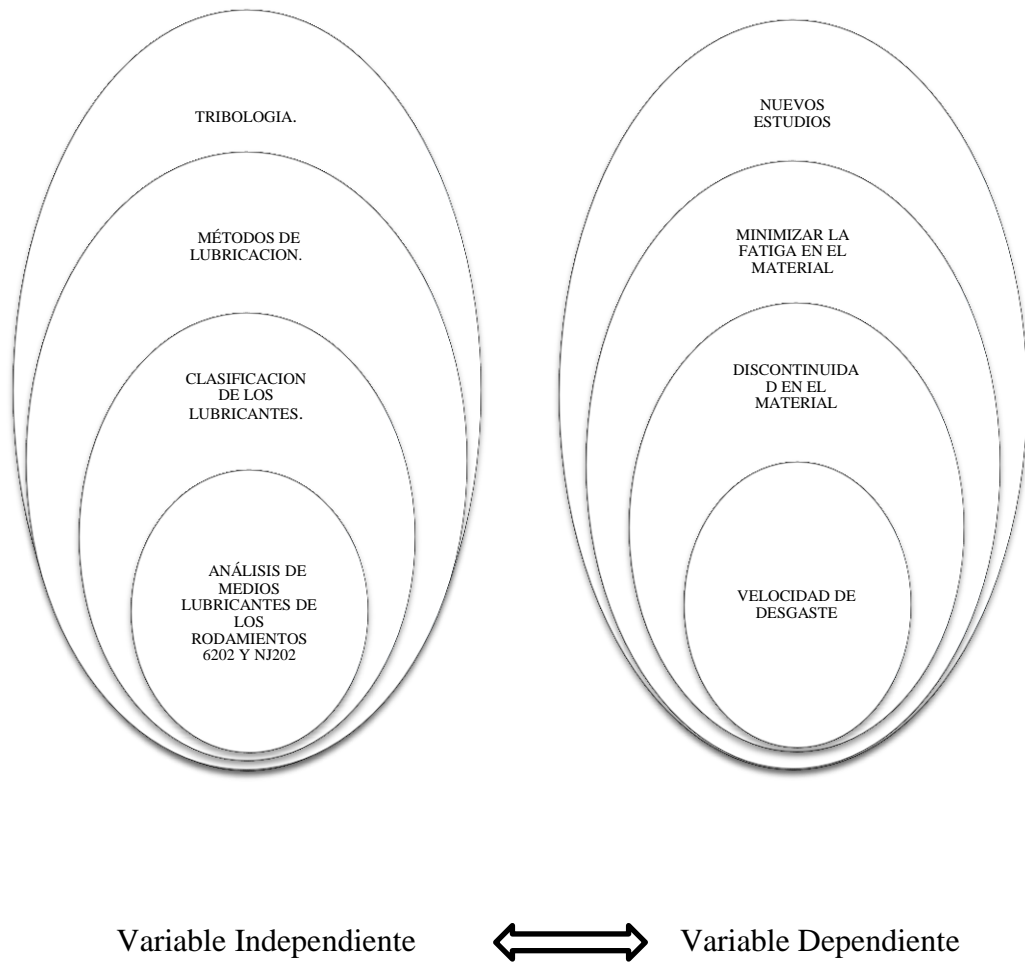
- a) **Rodamiento sobrecalentado.** Los rodamientos sufren dos tipos de fricción debido a la rodadura del elemento y la fricción viscosa producida por el lubricante. Cuando la lubricación es adecuada la fricción viscosa no existe, en cambio la fricción por rodadura siempre estará presente, provocando calor que termina incrementando la temperatura en el rodamiento ocasionando un funcionamiento en régimen térmico permanente. La temperatura de régimen permanente depende de, tipo y tamaño de rodamiento, el tipo de lubricación la carga que soporta, temperatura y humedad ambiente, el soporte y la bancada en la que opera por estos motivos resulta prácticamente

imposible crear un modelo que permita predecir la condición térmica de funcionamiento.

- b) **Rodamiento ruidoso.** El deterioro de un rodamiento conlleva un cambio en el ruido que genera y se transmite por vibración a través del soporte
- c) **Vibración.** Muchas causas de mal funcionamiento de un rodamiento conllevan un incremento de la intensidad de vibración en el mismo. La vibración de un rodamiento está relacionada con el ruido y con frecuencia se produce al mismo tiempo. La medida de vibraciones es un método muy eficiente para comprobar el buen funcionamiento de un rodamiento
- d) **Funcionamiento poco satisfactorio de la máquina.** Cuando uno o varios rodamientos fallan la máquina refleja un pobre rendimiento de funcionamiento. Muchas veces este síntoma no es directamente medible y solamente es captado por la intuición del operador reconociendo un rendimiento menor que en otros periodos, se puede reflejar en la calidad del producto; realizando un trabajo defectuoso.
- e) **Rodamiento suelto en el eje.** Un rodamiento sin daños y correctamente montado debe dar la sensación de estar rígidamente unido al eje que soporta, cualquier otra sensación distinta de la rigidez es un síntoma de un mal montaje o de deterioro interno del rodamiento.
- f) **El eje se resiste al giro.** El eje debe girar fácilmente teniendo un movimiento suave y sin vibraciones. Durante la inspección, cualquier sensación de que se requiera una fuerza excesiva para girar el eje constituye un síntoma claro de que el rodamiento está defectuoso o de que su montaje es deficiente.

(Francisco, 2006, p 149-152)

## 2.5.- RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.



**Figura 2.9** Red de categorías fundamentales.

**Fuente:** Autor

## **2.6.- HIPÓTESIS.**

El análisis entre medios lubricantes para los rodamientos 6202 y NJ202E. TYP2 permitirá determinar el lubricante más óptimo que reduzca la velocidad de desgaste.

## **2.7.- SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.**

### **2.7.1.- VARIABLE INDEPENDIENTE.**

El análisis de medios lubricantes de los rodamientos 6202 y NJ202E. TYP2

### **2.7.2.- VARIABLE DEPENDIENTE.**

Velocidad de desgaste.



## **CAPÍTULO III**

### **3.- METODOLOGÍA**

#### **3.1 .- ENFOQUE.**

Para la investigación del proyecto se tiene un enfoque Cuantitativo, ya que mediante la toma de datos durante el desarrollo de los ensayos se registrara la variación de temperatura que sufra el lubricante, el desgaste y la longitud máxima de la huella que se produzca en el rodamiento, se obtendrá valores al variar el medio de lubricación, los mismos que serán comparados, tabulados y analizados para determinar el lubricante más eficiente, los datos se conseguirá por medio de la máquina de ensayos de lubricantes, una balanza analítica, calibrador digital y un sensor de temperatura.

#### **3.2 .- MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN.**

Proyecto factible con verificación de hipótesis lo que indica realizar una investigación experimental y bibliográfica.

##### **3.2.1.- INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL.**

Esta investigación se realizara en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Mecánica, en el área de Ingeniería de los Materiales; en donde se realizaran ensayos y pruebas de funcionamiento que influyen en el proceso de lubricación y desgaste por medio de la máquina de ensayos de lubricantes Timken.

### **3.2.2.- INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

En la investigación a realizarse hay que considerar varios referentes bibliográficos dado que necesitamos conocer, comparar, ampliar, profundizar y deducir diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre una cuestión determinada, basándose en documentos, por lo tanto en el presente trabajo se utilizará la documentación acorde al tema.

### **3.3.- NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

En el presente trabajo de investigación se empleó los siguientes tipos:

#### **3.3.1.- EXPLORATORIO.**

El tipo de investigación exploratorio se lo realiza para temas que no se han estudiado anteriormente, en este caso tiene como objetivo realizar el análisis en los medios de lubricación tomando los parámetros más importantes como temperatura desgaste y tiempo en el lubricante y rodamiento.

#### **3.3.2.- ESTUDIO DE CASO.**

El número de casos para el estudio se selecciona al azar y se han tomado en cuenta diez casos

# **DE CASOS** = 5 tipos de lubricantes x 2 tipos de rodamientos

# **DE CASOS** = 10 casos

##### **3.3.2.1.- Tipos de lubricantes:**

Multiger EP 85W-140, Ursa LA-3 SAE 25W-50, Ursa Premium TDX Plus SAE 15W-40, ABRO SYNTHETIC LITHIUMG NLG #3 y MYTIK NLG #2.

**3.3.2.2.- Tipos de rodamiento. - Rodamiento 6202 y Rodamiento NJ202.**

### **3.4.- POBLACIÓN Y MUESTRA.**

Para el desarrollo de la investigación se realiza una estimación del tamaño de la muestra al conocer una proporción de la población que tiene las características obtenidas en este estudio. Los datos estadísticos ayudan a conocer los parámetros de la población, consiguiendo con esto determinar el tamaño de la muestra necesaria, para la estimación de parámetros con una determinada precisión.

La población toma en cuenta los medios de lubricación los cuales están designados para los ensayos dos tipos de grasas ABRO SYNTHETIC LITHIUMG NLG #3 y MYTIK NLG #2, y tres tipos de aceites Multiger EP 85W-140, Ursa LA-3 SAE 25W-50, Ursa Premium TDX Plus SAE 15W-40, en donde cada lubricante será ensayado con los rodamientos 6202 y NJ202, la determinación de los ensayos se lo realiza utilizando la siguiente ecuación

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 * p_o * q_o}{d^2} \qquad \text{Ecuación 3-1}$$

La ecuación depende de tres factores los cuales son:

$P_o$  = nivel de confianza

$q_o$  = valor aproximado del que queremos medir

$d$  = precisión o error

**Tabla 3.1** Valores máximos de Z utilizados, según el valor de  $\alpha$

<b><math>\alpha</math></b>	0.10	0.05	0.01	0.001
<b><math>Z_{\alpha}</math></b>	1.645	1.960	2.576	3.291

**Fuente:** Tomado de (fuentelsaz, 2004)

### 3.5.- DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA.

Considerando un error de 9%, y aplicando la ecuación y tabla 3.1 se obtiene un tamaño de muestra como se indica en la siguiente tabla.

<b>p</b>	<b>q</b>	<b>(p*q)</b>	<b><math>Z_{\alpha}</math></b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b>Error</b>	<b>Tamaño de la muestra</b>
0.98	0.02	0.018	1.645	0.1	9%	6.54

Por lo consiguiente el estudio se realizara mediante la utilización de 7 probetas para cada caso que se requiere (rodamiento – lubricante) por lo que se tendrá una probabilidad de 98% de que el 90% de la producción tendrá las características obtenidas en el estudio y con un error máximo del 9%.

### 3.5.- OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

**Variable Independiente:** Análisis de medios lubricantes de los rodamientos 6202 y NJ202.

**Tabla 3.2** Operacionalizacion variable independiente

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	ÍNDICE	TÉCNICAS HERRAMIENTAS
<b>Lubricantes.</b> Toda sustancia sólida, semisólida, líquida o gaseosa de origen animal, vegetal, mineral, o sintético que se introduce por el hombre en lo fines se denomina lubricantes sistemas tribológicos con determinados objetivos	Parámetros del medio lubricante y rodamiento	Tipo de lubricante	Sólido líquido	Control de temperatura Tabulación de datos
		Fuerza de aplicación (lb)	2- 50	Pesas, palanca de fuerza Tabulación de datos
		Tiempo de aplicación (min)	5-35	Temporizador, cronometro Tabulación de datos

**Variable Dependiente:** Velocidad de desgaste.

**Tabla 3.3** Operacionalización variable dependiente

<b>CONCEPTO</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ÍNDICE</b>	<b>TÉCNICAS HERRAMIENTAS</b>
<p><b>Velocidad de desgaste.</b> Es la rapidez con la que un material pierde parte de su material se ocasiona por diferentes factores como corrosión, fatiga, cavitación, oxidante, abrasivo los mismos que pueden ocasionarse en movimiento o en reposo</p>	<p>Parámetros de desgaste</p>	<p>Diferencia de peso en el rodamiento (gr)</p> <p>Longitud máxima de huella (mm)</p> <p>% de desgaste</p> <p>Variación de temperatura lubricante (°C)</p>	<p>0.001 – 0.1</p> <p>0.1-5</p> <p>0 - 50</p> <p>3-20</p>	<p>Balanza digital Tabulación de datos</p> <p>Calibrador digital Tabulación de datos</p> <p>Cálculos Tabulación de datos</p> <p>Ensayos de laboratorio Tabulación de datos</p>

### **3.6.- RECOPIACIÓN DE DATOS.**

Para el desarrollo del presente trabajo investigativo se realizará estudios de tipo bibliográfico y experimental, los cuales se desarrollaran en la biblioteca y laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, como también se recopilara información del internet para obtener datos técnicos de los medios lubricantes los mismos que contribuirán en el desarrollar del proyecto.

En el desarrollo del proyecto se obtendrán datos reales al realizando ensayos con cada uno de los lubricantes y rodamiento propuestos, los mismos que se registraran de forma práctica; y se notificaran en formatos establecidos para luego ser analizados y poder obtener conclusiones y recomendaciones del estudio propuesto.

### **3.7.- PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.**

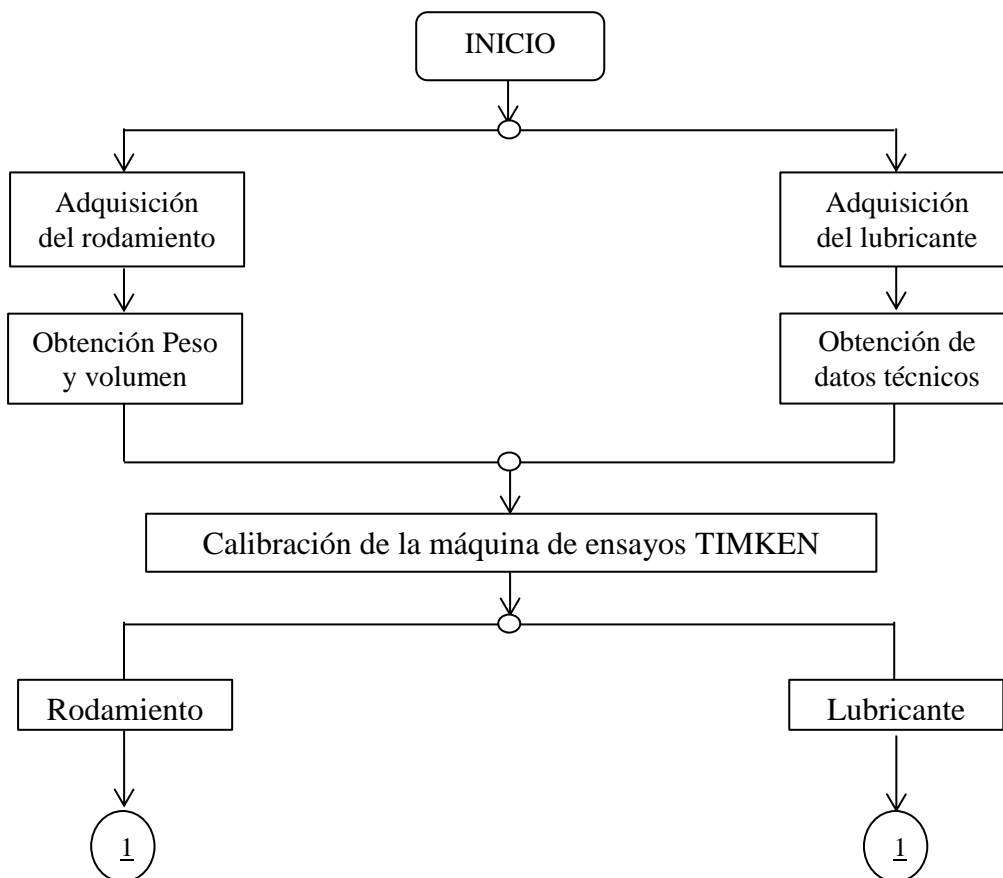
- Revisión adecuada de la información bibliográfica recogida.
- Selección de la información más importante adquirida.
- Realizar y analizar los ensayos para obtener la información más adecuada.
- Representación con fotografías de los resultados.
- Análisis de los resultados.
- Interpretación de los resultados, basándose en la información obtenida (marco teórico).
- Analizar e interpretar resultados.
- Crear conclusiones y recomendaciones de los estudios realizados.

## CAPÍTULO IV

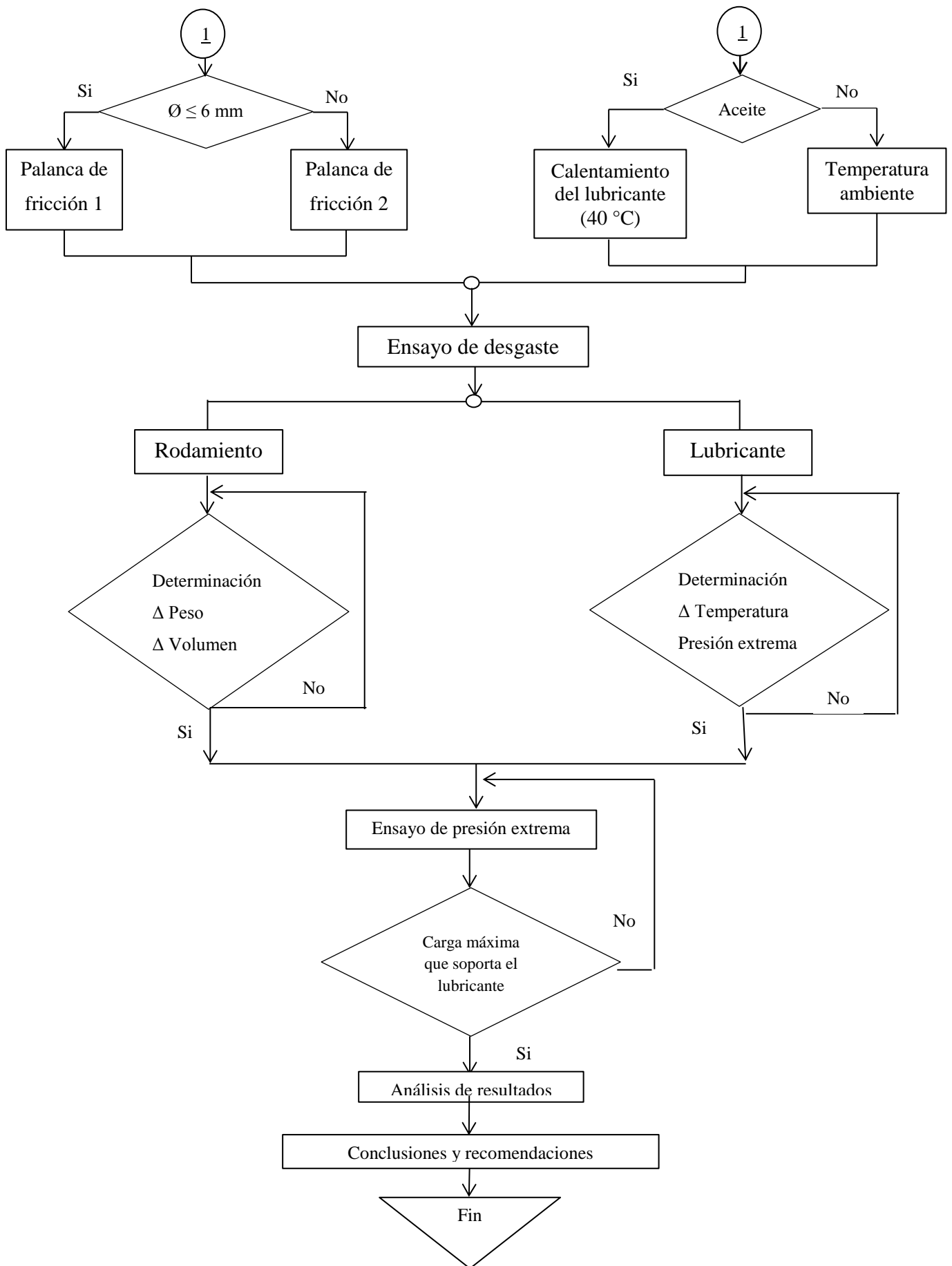
### 4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

#### 4.1.2.- PROCESO DE OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

El siguiente diagrama de flujo muestra el proceso de obtención de resultados el cual ha sido adaptado al. Análisis de medios lubricantes de los rodamientos 6202 y NJ202E. TYP2 y su incidencia en la velocidad de desgaste







## 4.2.- PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Los resultados que se presentan a continuación son los obtenidos en el análisis de medios de lubricación los que se realizaron en los lubricantes SAE 40W-185 y los rodamientos 6202 y NJ202, los cuales se encuentran establecidos en formatos para indicar los datos y resultados de los ensayos

**Tabla 4.1.** Ensayo de desgaste en el rodamiento 6202.

<b>Tipo de lubricante</b>	<b>Probeta (rodamiento 6202)</b>
Ursa Multigear EP 85W-140	Probetas 1.1-1.2-1.3-1.4.1.5-1.6-1.7
Ursa LA-3 SAE 25W-50	Probetas 2.1-2.2-2.3-2.4-2.5-2.6-2.7
Ursa Premium TDX Plus SAE15W-40	Probetas 3.1-3.2-3.3-3.4-3.5-3.6-3.7
ABRO SYNTHETIC LITHIUM NLG #3	Probetas 4.1-4.2-4.3-4.4-4.5-4.6-4.7
MYTIK NLG # 2	Probetas 5.1-5.2-5.3-5.4-5.5-5.6-5.7

**Fuente:** Autor

**Tabla 4.2.** Ensayo de desgaste en el rodamiento nj202.

<b>Tipo de lubricante</b>	<b>Probeta (rodamiento NJ202)</b>
Ursa Multigear EP 85W-140	Probetas 1.1-1.2-1.3-1.4.1.5-1.6-1.7
Ursa LA-3 SAE 25W-50	Probetas 2.1-2.2-2.3-2.4-2.5-2.6-2.7
Ursa Premium TDX Plus SAE15W-40	Probetas 3.1-3.2-3.3-3.4-3.5-3.6-3.7
ABRO SYNTHETIC LITHIUM NLG #3	Probetas 4.1-4.2-4.3-4.4-4.5-4.6-4.7
MYTIK NLG # 2	Probetas 5.1-5.2-5.3-5.4-5.5-5.6-5.7



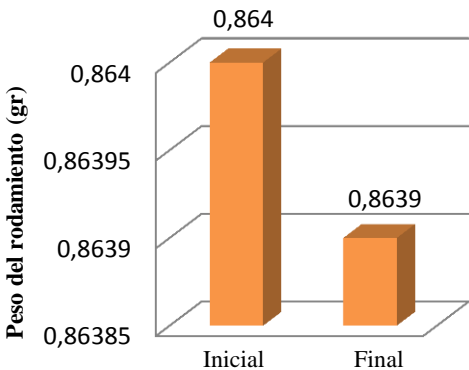
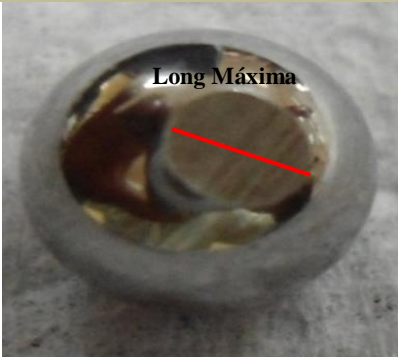
**Fuente:** Autor

**Tabla 4.3.** Ensayo de extrema presión en el lubricante.

<b>Tipo de lubricante</b>	<b>Probeta (rodamiento 6202)</b>
Ursa Multigear EP 85W-140	Probetas 6.1
Ursa LA-3 SAE 25W-50	Probetas 7.1
Ursa Premium TDX Plus SAE15W-40	Probetas 8.1
ABRO SYNTHETIC LITHIUM NLG #3	Probetas 9.1
MYTIK NLG # 2	Probetas 10.1

**Fuente:** Autor

#### 4.2.1.- ANÁLISIS DEL LUBRICANTE 85W-140 EN EL RODAMIENTO 6202

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
<b>ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO</b>			
<b>Datos Informativos:</b>			
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	1( probeta 1.1)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	24/07/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API GL-5.		
<b>DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE</b>			
<b>Características del lubricante</b>		<b>Características del rodamiento</b>	
Tipo de lubricante:	SAE 85W - 140	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa Multigear	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.899 (kg/L)	Peso inicial	<b>0.8629</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	333.7.3 ( cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	96	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		
<b>RESULTADO:</b>			
<b>Diferencia de peso del rodamiento</b>		<b>Huella resultante del ensayo</b>	
 <p>Bar chart showing the weight difference of the bearing. The Y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0,86385 to 0,864. The X-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar reaches 0,864 and the 'Final' bar reaches 0,8639.</p>		 <p>Photograph of the bearing showing a wear mark. A red line indicates the 'Long Máxima' (Maximum Length) of the wear mark.</p>	
<b>Resultados lubricante</b>		<b>Resultados rodamiento</b>	
Tiempo de lubricación (min)	<b>35</b>	Peso final (gr)	<b>0.8597</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>58</b>	% de desgaste en masa	<b>0.371</b>
Extrema presión (Lb)	<b>40.7</b>	Longitud huella (mm)	<b>2.66</b>
<b>Observaciones:</b>			
Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 1)			



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	2 (probeta 1.2)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	24/07/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API GL-5.		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	SAE 85W - 140	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa Multigear	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.899 (kg/L)	Peso inicial	<b>0.8623</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	333.7.3 ( cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	96	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>The bar chart displays two orange bars representing the weight of the bearing at different stages. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.859 to 0.863. The 'Inicial' bar reaches 0.8623, and the 'Final' bar reaches 0.8605.</p>	<p>The photograph shows a close-up of a bearing with a visible wear mark. A red line is drawn across the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>30</b>	Peso final (gr)	<b>0.8605</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>56</b>	% de desgaste en masa	<b>0.209</b>
Extrema presión (Lb)	<b>40.7</b>	Longitud huella (mm)	<b>2.21</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 1)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	3 (probeta 1.3)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	24/07/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API GL-5.		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante (anexo 1)		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	SAE 85W - 140	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa Multigear	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.899 (kg/L)	Peso inicial	<b>0.8632 (gr)</b>
Viscosidad cinemática 40 ° C	333.7.3 ( cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	96	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two orange bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.861 to 0.8635. The x-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar reaches the 0.8632 mark, and the 'Final' bar reaches the 0.8619 mark.</p>	<p>A close-up photograph of a metal bearing. A dark, circular wear track is visible on its surface. A red horizontal line is drawn across the track, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>25</b>	Peso final (gr)	<b>0.8619</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>55</b>	% de desgaste en masa	<b>0.151</b>
Extrema presión (Lb)	<b>40.7</b>	Longitud huella (mm)	<b>2.13</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 1)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	4 (probeta 1.4)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	24/07/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API GL-5.		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante (anexo 1)		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	SAE 85W - 140	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa Multigear	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.899 (kg/L)	Peso inicial	<b>0.8634 (gr)</b>
Viscosidad cinemática 40 ° C	333.7.3 ( cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	96	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>The bar chart displays two orange 3D bars. The first bar, labeled 'Inicial', reaches a value of 0.8634 on the y-axis. The second bar, labeled 'Final', reaches a value of 0.8624. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.8615 to 0.8635.</p>	<p>The photograph shows a metallic bearing with a visible wear mark on its surface. A red line is drawn across the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>20</b>	Peso final (gr)	<b>0.8624</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>54</b>	% de desgaste en masa	<b>0.116</b>
Extrema presión (Lb)	<b>40.7</b>	Longitud huella (mm)	<b>2.05</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 1)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	5 (probeta 1.5)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	24/07/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API GL-5.		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante (anexo 1)		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	SAE 85W - 140	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa Multigear	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.899 (kg/L)	Peso inicial	<b>0.8630</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	333.7.3 ( cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	96	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>The bar chart displays two orange bars representing the weight of the bearing at different stages. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.8618 to 0.863. The x-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar reaches the 0.863 mark, and the 'Final' bar reaches the 0.8623 mark.</p>	<p>The photograph shows a close-up of a bearing with a visible wear mark. A red line is drawn across the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>15</b>	Peso final (gr)	<b>0.8623</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>52</b>	% de desgaste en masa	<b>0.081</b>
Extrema presión (Lb)	<b>40.7</b>	Longitud huella (mm)	<b>1.78</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 1)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	6 (probeta 1.6)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	24/07/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API GL-5.		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante (anexo 1)		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	SAE 85W - 140	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa Multigear	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.899 (kg/L)	Peso inicial	<b>0.8630 (gr)</b>
Viscosidad cinemática 40 ° C	333.7.3 ( cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	96	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>The bar chart displays two orange bars representing the weight of the bearing at different stages. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.8622 to 0.863. The x-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar reaches the 0.863 mark, and the 'Final' bar reaches the 0.8625 mark.</p>	<p>The photograph shows a spherical bearing with a dark, circular wear mark on its surface. A red line is drawn across the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>10</b>	Peso final (gr)	<b>0.8625</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>51</b>	% de desgaste en masa	<b>0.058</b>
Extrema presión (Lb)	<b>40.7</b>	Longitud huella (mm)	<b>1.98</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 1)





**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	7 (probeta 1.7)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	24/07/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API GL-5.		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante (anexo 1)		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	SAE 85W - 140	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa Multigear	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.899 (kg/L)	Peso inicial	<b>0.8633</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	333.7.3 ( cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	96	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two orange bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.8627 to 0.8633. The first bar, labeled 'Inicial', reaches the 0.8633 mark. The second bar, labeled 'Final', reaches the 0.8629 mark.</p>	<p>A photograph of a metal bearing with a dark, circular wear mark on its surface. A red line is drawn across the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>5</b>	Peso final (gr)	<b>0.8629</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>50</b>	% de desgaste en masa	<b>0.046</b>
Extrema presión (Lb)	<b>40.7</b>	Longitud huella (mm)	<b>1.39</b>

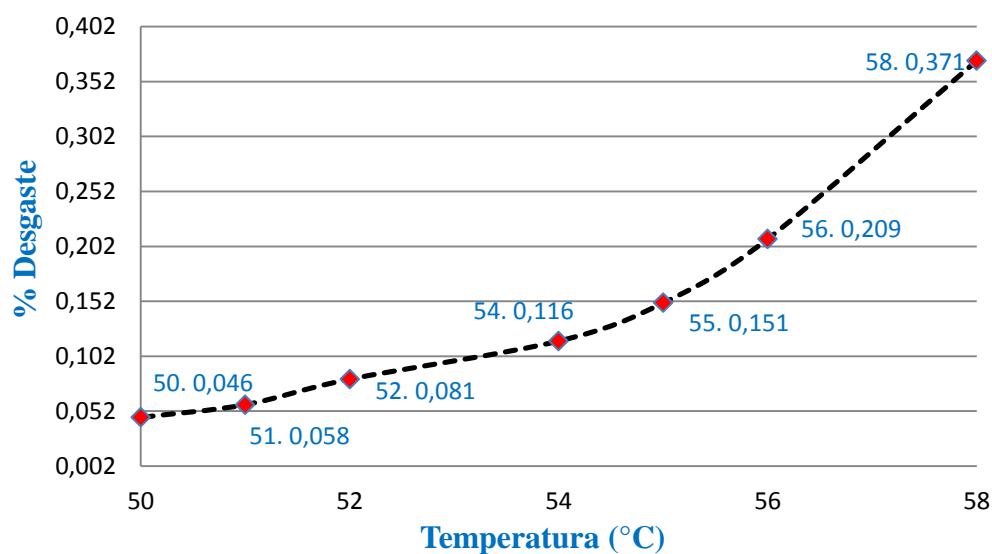
**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 1)



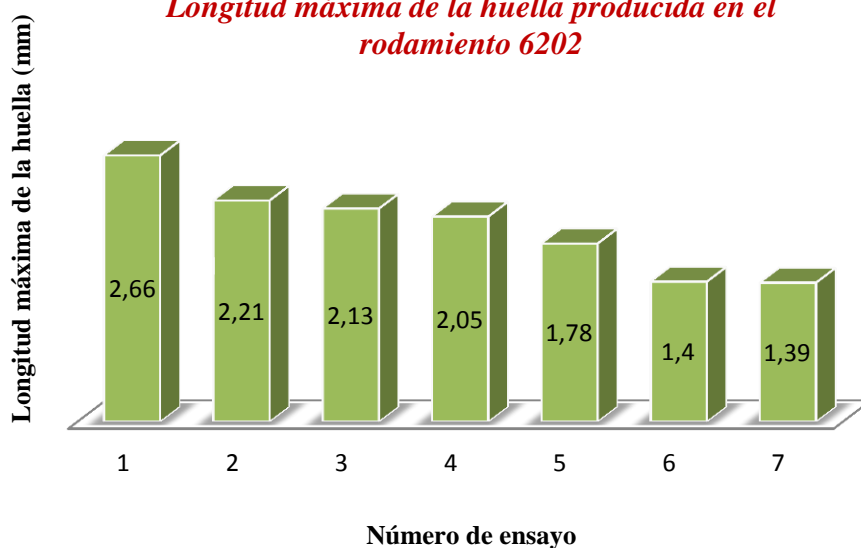
La grafica representa el comportamiento entre el lubricante 85W-140 y el rodamiento 6202; evaluados en intervalos de 5 minutos con una fuerza de 10 lbf. Adquiriendo datos de variación de temperatura en el lubricante y diferencia de peso en el rodamiento.

### *Desgaste del rodamiento Vs Temperatura del lubricante*



En este grafico interpreta la longitud máxima de la huella; que se produce en el rodamiento analizado durante el ensayo, para lo cual se requiere de un calibrador digital para una mejor apreciación del resultado.

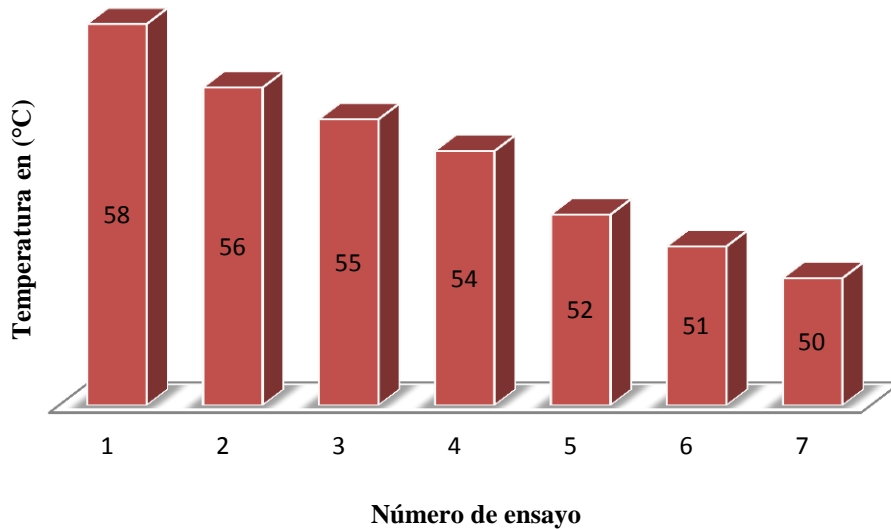
### *Longitud máxima de la huella producida en el rodamiento 6202*



La representación del incremento de temperatura esta dado en ° C, y se evaluó en el lubricante 85W-140 al final de cada ensayo, obteniendo la temperatura máxima del lubricante.

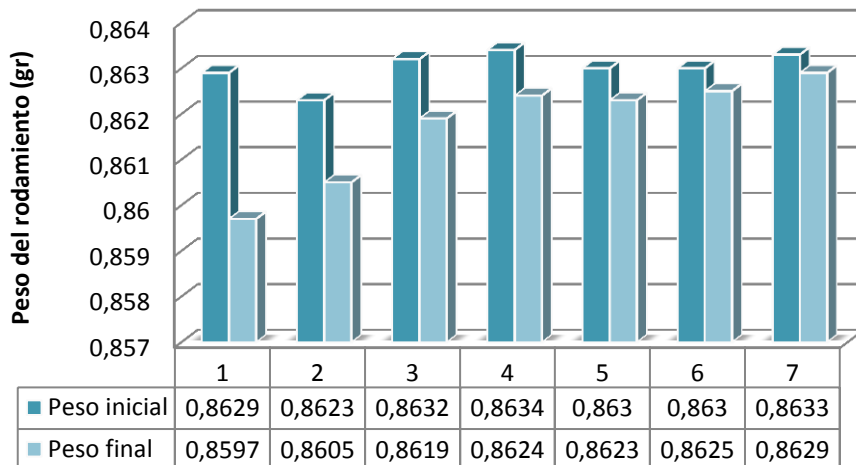
El lubricante inicia en todos los ensayos con una temperatura de 40 ° C.

*Incremento de temperatura en el lubricante 85W-140*



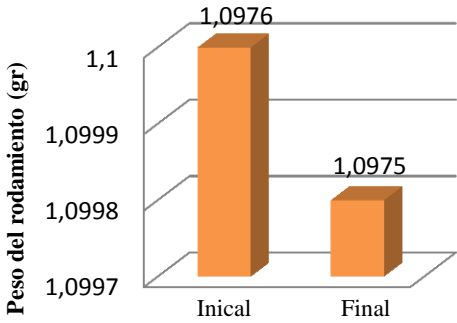



La variación de peso de los rodamientos se determinó; con la ayuda de la balanza analítica la cual tiene una precisión de 0.0001 (gr), lo cual nos permite tener datos precisos para la interpretación de los resultados.

*Diferencia de pesos en el rodamiento 6202*



#### 4.2.2.- ANÁLISIS DEL LUBRICANTE 85W-140 EN EL RODAMIENTO NJ202

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
<b>ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO</b>			
<b>Datos Informativos:</b>			
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N°:	1( probeta 1.1)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	24/07/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API GL-5.		
<b>DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE</b>			
<b>Características del lubricante</b>		<b>Características del rodamiento</b>	
Tipo de lubricante:	SAE 85W - 140	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa Multigear	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.899 (kg/L)	Peso inicial	<b>1.0976</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	333.7.3 ( cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	96	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		
<b>RESULTADO:</b>			
<b>Diferencia de peso del rodamiento</b>		<b>Huella resultante del ensayo</b>	
 <p>Peso del rodamiento (gr)</p> <p>Inical: 1,0976</p> <p>Final: 1,0975</p>		 <p>Long Máxima</p>	
<b>Resultados lubricante</b>		<b>Resultados rodamiento</b>	
Tiempo de lubricación (min)	<b>5</b>	Peso final (gr)	<b>1.0975</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>45</b>	% de desgaste en masa	<b>0.09</b>
Extrema presión (Lb)	<b>40.7</b>	Longitud huella (mm)	<b>1.3</b>
<b>Observaciones:</b>			
Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 1)			



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	2( probeta 1.2)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	24/07/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API GL-5.		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 85W - 140	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa Multigear	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.899 (kg/L)	Peso inicial	<b>1.0998</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	333.7.3 ( cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	96	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two orange bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,0995 to 1,0998. The first bar, labeled 'Inicial', reaches the 1,0998 mark. The second bar, labeled 'Final', reaches the 1,0996 mark.</p>	<p>A photograph of a cylindrical metal bearing. A dark, semi-circular wear mark is visible on its surface. A red horizontal line is drawn across the widest part of the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>10</b>	Peso final (gr)	<b>1.0996</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>51</b>	% de desgaste en masa	<b>0.018</b>
Extrema presión (Lb)	<b>40.7</b>	Longitud huella (mm)	<b>2.9</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 1)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	3( probeta 1.3)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	24/07/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API GL-5.		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 85W - 140	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa Multigear	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.899 (kg/L)	Peso inicial	<b>1.0993</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	333.7.3 ( cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	96	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento		Huella resultante del ensayo	
<p>The bar chart displays the weight of the bearing at two stages: 'Inicial' (Initial) and 'Final'. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,0988 to 1,0993. The 'Inicial' bar reaches 1,0993, and the 'Final' bar reaches 1,099.</p>		<p>The photograph shows a cylindrical bearing with a dark, elongated wear mark on its surface. A red horizontal line is drawn across the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>	
Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>15</b>	Peso final (gr)	<b>1.099</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>54</b>	% de desgaste en masa	<b>0.027</b>
Extrema presión (Lb)	<b>40.7</b>	Longitud huella (mm)	<b>3.05</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 1)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	4( probeta 1.4)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	24/07/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API GL-5.		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 85W - 140	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa Multigear	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.899 (kg/L)	Peso inicial	<b>1.0995</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	333.7.3 ( cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	96	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>Bar chart showing the weight difference of the bearing. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,0984 to 1,0996. The x-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar is at 1,0995 and the 'Final' bar is at 1,0988.</p>	<p>Photograph of a bearing showing a wear mark. A red line indicates the 'Long Máxima' (Maximum Length) of the wear mark.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>20</b>	Peso final (gr)	<b>1.0988</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>56</b>	% de desgaste en masa	<b>0.064</b>
Extrema presión (Lb)	<b>40.7</b>	Longitud huella (mm)	<b>3.37</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 1)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	5( probeta 1.5)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	24/07/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API GL-5.		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 85W - 140	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa Multigear	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.899 (kg/L)	Peso inicial	<b>1.0995</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	333.7.3 ( cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	96	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two orange bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,0980 to 1,0995. The x-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar reaches the 1,0995 mark, and the 'Final' bar reaches the 1,0986 mark.</p>	<p>A photograph of a cylindrical bearing with a dark, horizontal wear mark on its surface. A red horizontal line is drawn across the mark, and the text 'Long Máxima' is written above it.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>25</b>	Peso final (gr)	<b>1.0986</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>58</b>	% de desgaste en masa	<b>0.082</b>
Extrema presión (Lb)	<b>40.7</b>	Longitud huella (mm)	<b>3.39</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 1)





**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	6( probeta 1.6)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	24/07/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API GL-5.		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 85W - 140	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa Multigear	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.899 (kg/L)	Peso inicial	<b>1.0997</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	333.7.3 ( cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	96	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two orange bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,0980 to 1,1000. The first bar, labeled 'Inicial', reaches the 1,0997 mark. The second bar, labeled 'Final', reaches the 1,0987 mark.</p>	<p>A photograph of a cylindrical metal bearing. A dark, oval-shaped wear mark is visible on its surface. A horizontal red line is drawn across the widest part of the mark, with the text 'Long Máxima' written above it.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>30</b>	Peso final (gr)	<b>1.0987</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>60</b>	% de desgaste en masa	<b>0.091</b>
Extrema presión (Lb)	<b>40.7</b>	Longitud huella (mm)	<b>3.96</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 1)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	7( probeta 1.7)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	24/07/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API GL-5.		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 85W - 140	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa Multigear	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.899 (kg/L)	Peso inicial	<b>1.0993</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	333.7.3 ( cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	96	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two orange bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,0975 to 1,0995. The first bar, labeled 'Inicial', reaches the 1,0993 mark. The second bar, labeled 'Final', reaches the 1,0981 mark.</p>	<p>A photograph of a cylindrical metal bearing. A dark, oval-shaped wear mark is visible on its surface. A red horizontal line is drawn across the widest part of the mark, with the text 'Long Máxima' written above it.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>35</b>	Peso final (gr)	<b>1.0981</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>63</b>	% de desgaste en masa	<b>0.109</b>
Extrema presión (Lb)	<b>40.7</b>	Longitud huella (mm)	<b>4.05</b>

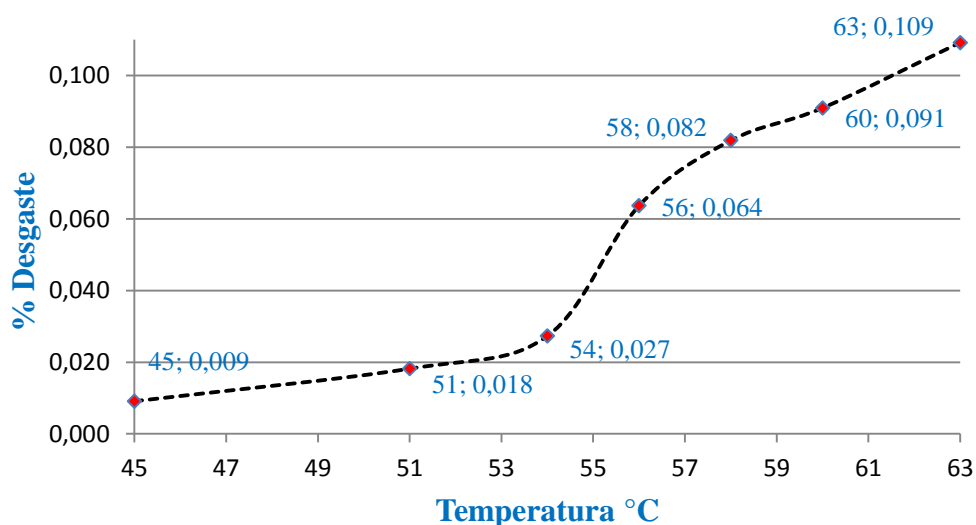
**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 1)



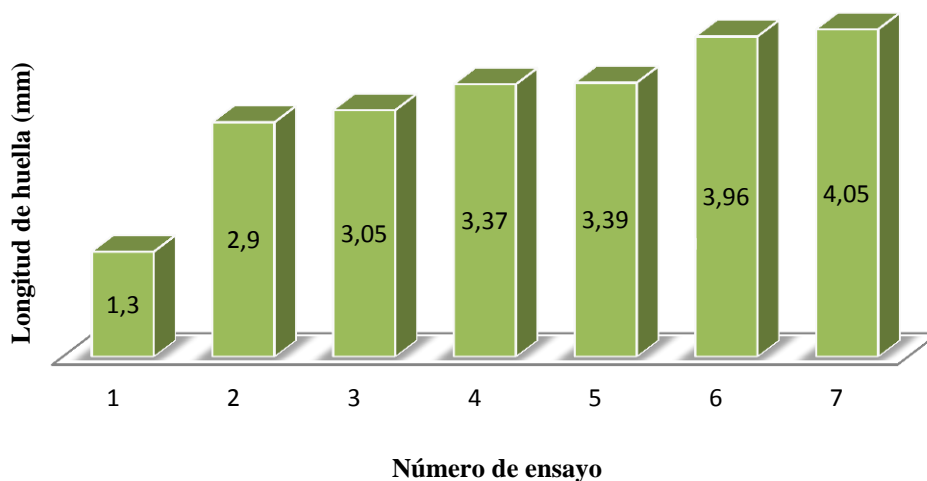
La grafica representa el comportamiento entre el lubricante 85W-140 y el rodamiento NJ202; evaluados en intervalos de 5 minutos con una fuerza de 10 lb. Adquiriendo datos de variación de temperatura en el lubricante y diferencia de peso en el rodamiento.

### Desgaste del rodamiento Vs Temperatura lubricante



En este grafico interpreta la longitud máxima de la huella; que se produce en el rodamiento analizado durante el ensayo, para lo cual se requiere de un calibrador digital para una mejor apreciación del resultado.

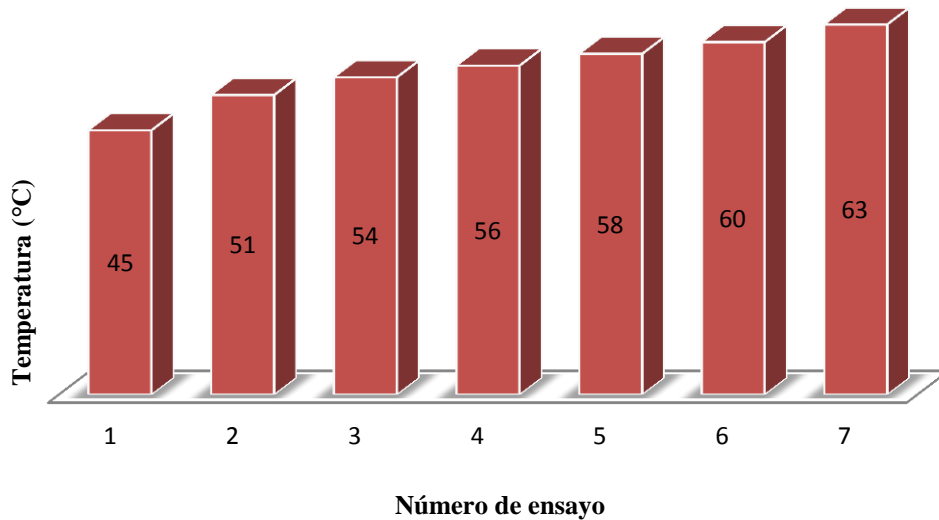
### Longitud máxima de la huella en el rodamiento NJ202



La representación del incremento de temperatura esta dado en ° C, y se evaluó en el lubricante 85W-140 al final de cada ensayo, obteniendo la temperatura máxima del lubricante.

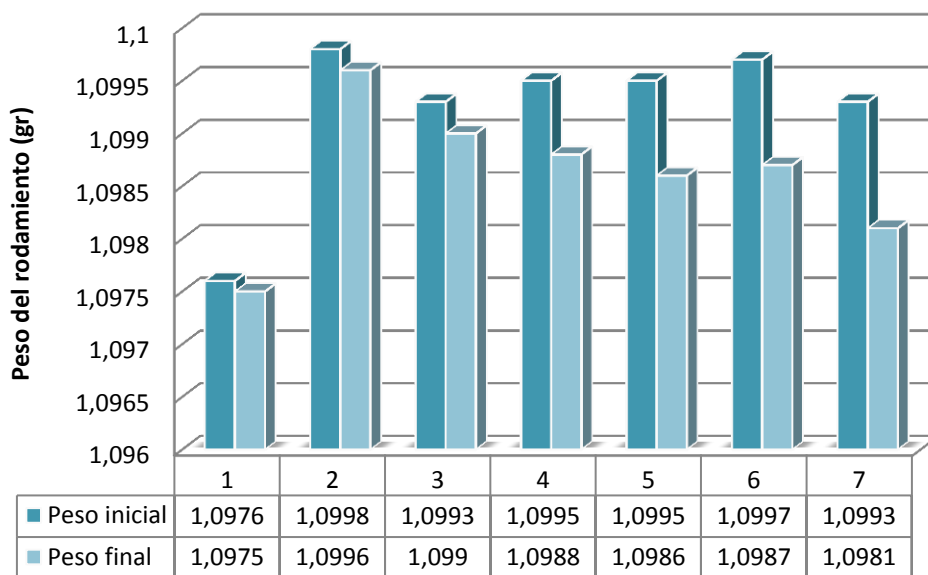
El lubricante inicia en todos los ensayos con una temperatura de 40 ° C.

***Incremento de temperatura en el lubricante 85W-140***






La variación de peso de los rodamientos se determinó; con la ayuda de la balanza analítica la cual tiene una precisión de 0.0001 (gr), lo cual nos permite tener datos precisos para la interpretación de los resultados.

***Diferencia de pesos del rodamiento NJ202***



#### 4.2.3.- ANÁLISIS DEL LUBRICANTE 25W-50 EN EL RODAMIENTO 6202

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA									
<b>ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO</b>									
<b>Datos Informativos:</b>									
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	1( probeta 2.1)						
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	03/09/2013						
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.						
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API SF								
<b>DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE</b>									
<b>Características del lubricante</b>		<b>Características del rodamiento</b>							
Tipo de lubricante:	SAE 25W - 50	Tipo de rodamiento	6202						
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	FBJ						
Densidad 15.5 ° C	0.894 (kg/L)	Peso inicial	<b>0.864</b> (gr)						
Viscosidad cinemática 40 ° C	177.5 (cSt)	Volumen inicial	0.3 ml						
Índice de viscosidad	121	Carga aplicada	10 (Lb)						
Temperatura inicial	40 (° C)								
<b>RESULTADO:</b>									
<b>Diferencia de peso del rodamiento</b>		<b>Huella resultante del ensayo</b>							
 <p>Peso del rodamiento (gr)</p> <table border="1"> <tr><th>Estado</th><th>Peso (gr)</th></tr> <tr><td>Inicial</td><td>0,864</td></tr> <tr><td>Final</td><td>0,8639</td></tr> </table>		Estado	Peso (gr)	Inicial	0,864	Final	0,8639	 <p>Long Máxima</p>	
Estado	Peso (gr)								
Inicial	0,864								
Final	0,8639								
<b>Resultados lubricante</b>		<b>Resultados rodamiento</b>							
Tiempo de lubricación (min)	<b>5</b>	Peso final (gr)	<b>0.8639</b>						
Temperatura máxima (° C)	<b>42</b>	% de desgaste en masa	<b>0.012</b>						
Extrema presión (Lb)	<b>13.6</b>	Longitud huella (mm)	<b>1.2</b>						
<b>Observaciones:</b>									
Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 2)									



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	2( probeta 2.2)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	03/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API SF		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 25W - 50	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.894 (kg/L)	Peso inicial	<b>0.8646 (gr)</b>
Viscosidad cinemática 40 ° C	177.5 (cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	121	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two orange bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.8643 to 0.8646. The first bar, labeled 'Inical', reaches the 0.8646 mark. The second bar, labeled 'Final', reaches the 0.8644 mark.</p>	<p>A close-up photograph of a dark, spherical bearing. A red diagonal line is drawn across a lighter-colored wear mark on the surface. The text 'Long Máxima' is written above the line.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>10</b>	Peso final (gr)	<b>0.8644</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>44</b>	% de desgaste en masa	<b>0.023</b>
Extrema presión (Lb)	<b>13.6</b>	Longitud huella (mm)	<b>1.29</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 2)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	3( probeta 2.3)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	03/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API SF		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 25W - 50	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.894 (kg/L)	Peso inicial	<b>0.8641</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	177.5 (cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	121	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>The bar chart displays two orange bars. The first bar, labeled 'Inicial', reaches a value of 0.8641 on the y-axis. The second bar, labeled 'Final', reaches a value of 0.8637. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.8634 to 0.8642.</p>	<p>The photograph shows a spherical bearing with a dark, circular wear mark on its surface. A red line is drawn across the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>15</b>	Peso final (gr)	<b>0.8637</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>46</b>	% de desgaste en masa	<b>0.046</b>
Extrema presión (Lb)	<b>13.6</b>	Longitud huella (mm)	<b>1.34</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 2)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	4( probeta 2.4)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	03/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API SF		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 25W - 50	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.894 (kg/L)	Peso inicial	<b>0.8640</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	177.5 (cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	121	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0,8632 to 0,864. The x-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar is orange and reaches the 0,864 mark. The 'Final' bar is also orange and reaches the 0,8635 mark.</p>	<p>A photograph of a metal bearing. A dark, circular wear mark is visible on its surface. A red arrow points from the text 'Long Máxima' to the center of this mark.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>20</b>	Peso final (gr)	<b>0.8635</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>49</b>	% de desgaste en masa	<b>0.058</b>
Extrema presión (Lb)	<b>13.6</b>	Longitud huella (mm)	<b>1.4</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 2)





**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	5( probeta 2.5)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	03/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API SF		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 25W - 50	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.894 (kg/L)	Peso inicial	<b>0.8643</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	177.5 (cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	121	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>The bar chart displays two orange bars representing the weight of the bearing at different stages. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.8634 to 0.8644. The 'Inicial' bar reaches 0.8643, and the 'Final' bar reaches 0.8637.</p>	<p>The photograph shows a metallic bearing with a dark, circular wear mark on its surface. A red line is drawn across the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>25</b>	Peso final (gr)	<b>0.8637</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>52</b>	% de desgaste en masa	<b>0.069</b>
Extrema presión (Lb)	<b>13.6</b>	Longitud huella (mm)	<b>1.49</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 2)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	6( probeta 2.6)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	03/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API SF		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 25W - 50	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.894 (kg/L)	Peso inicial	<b>0.8641</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	177.5 (cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	121	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.8628 to 0.8642. The first bar, labeled 'Inicial', has a value of 0.8641. The second bar, labeled 'Final', has a value of 0.8633.</p>	<p>A photograph of a spherical bearing with a dark, circular wear mark on its surface. A red line is drawn across the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>30</b>	Peso final (gr)	<b>0.8633</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>53</b>	% de desgaste en masa	<b>0.093</b>
Extrema presión (Lb)	<b>13.6</b>	Longitud huella (mm)	<b>1.52</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 2)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	7( probeta 2.7)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	03/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API SF		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 25W - 50	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.894 (kg/L)	Peso inicial	<b>0.8635</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	177.5 (cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	121	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>Bar chart showing the weight difference of the bearing. The initial weight is 0.8641 gr and the final weight is 0.8633 gr. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.8625 to 0.8645.</p>	<p>Photograph of a bearing showing a dark, elongated wear mark. A red arrow points to the mark, which is labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>35</b>	Peso final (gr)	<b>0.8623</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>56</b>	% de desgaste en masa	<b>0.139</b>
Extrema presión (Lb)	<b>13.6</b>	Longitud huella (mm)	<b>1.56</b>

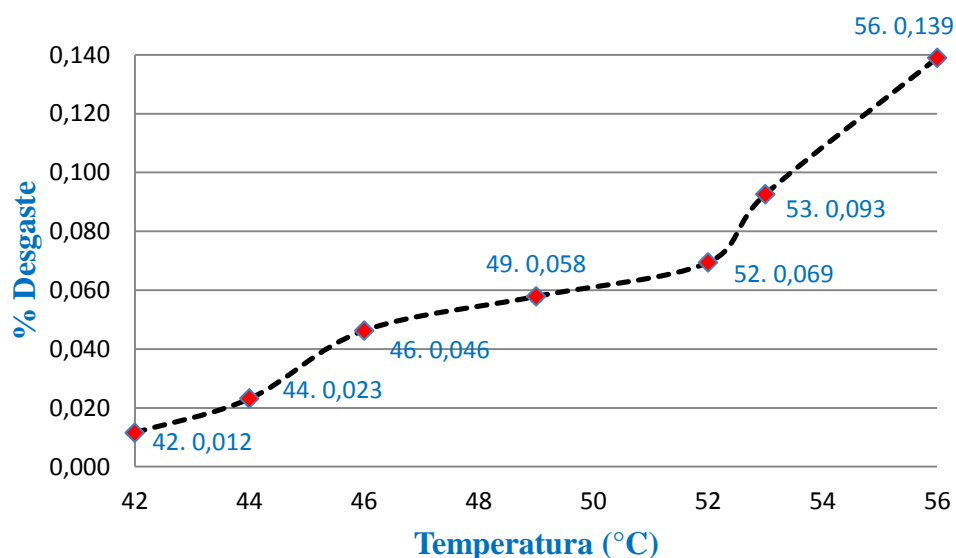
**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 2)



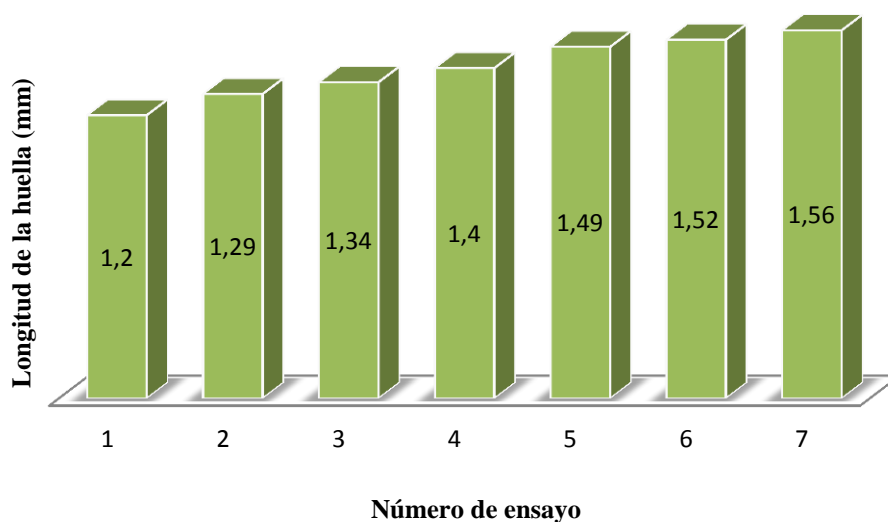
La grafica representa el comportamiento entre el lubricante 25W-50 y el rodamiento 6202; evaluados en intervalos de 5 minutos con una fuerza de 10 lbf. Adquiriendo datos de variación de temperatura en el lubricante y diferencia de peso en el rodamiento.

### *Desgaste del rodamiento Vs Temperatura del lubricante*



En este grafico interpreta la longitud máxima de la huella; que se produce en el rodamiento analizado durante el ensayo, para lo cual se requiere de un calibrador digital para una mejor apreciación del resultado.

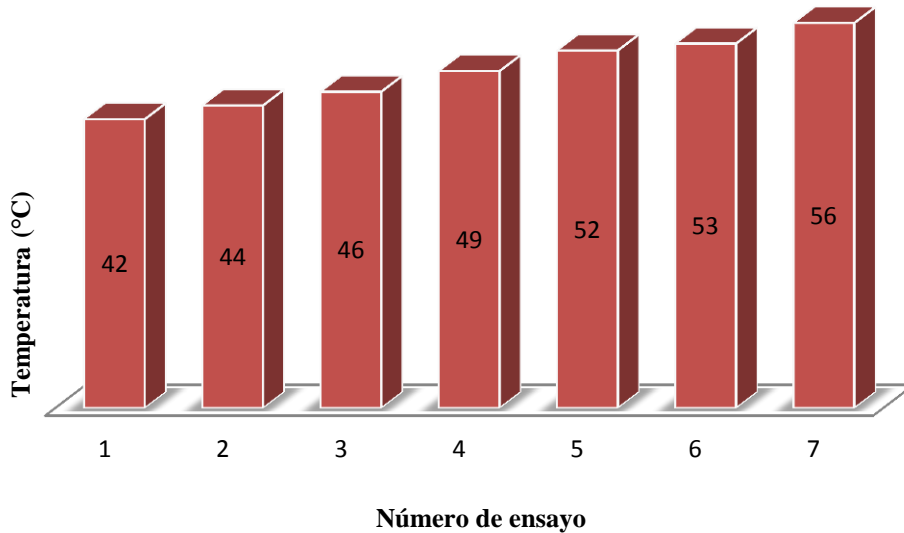
### *Longitud máxima de la huella en el rodamiento 6202*



La representación del incremento de temperatura esta dado en ° C, y se evaluó en el lubricante 25W-50 al final de cada ensayo, obteniendo la temperatura máxima del lubricante.

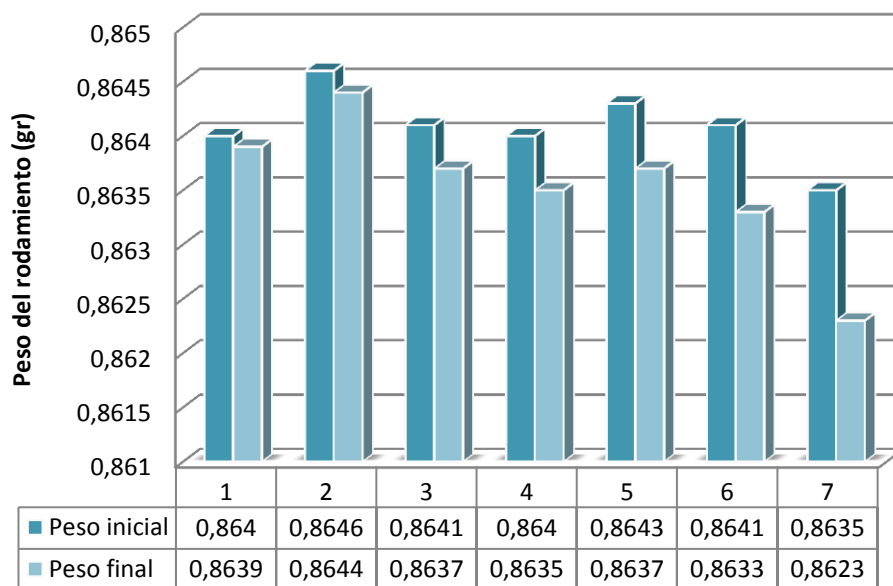
El lubricante inicia en todos los ensayos con una temperatura de 40 ° C.

***Incremento de temperatura en el lubricante 25W-50***



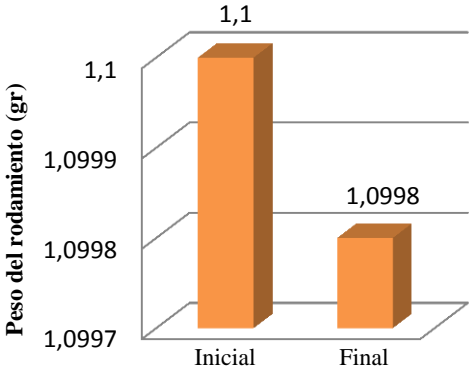



La variación de peso de los rodamientos se determinó; con la ayuda de la balanza analítica la cual tiene una precisión de 0.0001 (gr), lo cual nos permite tener datos precisos para la interpretación de los resultados.

***Diferencia de pesos del rodamiento 6202***



#### 4.2.4.- ANÁLISIS DEL LUBRICANTE 25W-50 EN EL RODAMIENTO NJ202

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO			
Datos Informativos:			
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	1( probeta 2.1)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	04/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API SF		
DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE			
Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 25W - 50	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.894 (kg/L)	Peso inicial	<b>1.1</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	177.5 (cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	121	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		
RESULTADO:			
Diferencia de peso del rodamiento		Huella resultante del ensayo	
 <p>Peso del rodamiento (gr)</p> <p>Inicial: 1,1</p> <p>Final: 1,0998</p>		 <p>Long Máxima</p>	
Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>5</b>	Peso final (gr)	<b>1.0998</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>41</b>	% de desgaste en masa	<b>0.018</b>
Extrema presión (Lb)	<b>13.6</b>	Longitud huella (mm)	<b>1.69</b>
<b>Observaciones:</b>			
Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 2)			



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	2( probeta 2.2)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	04/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API SF		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 25W - 50	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.894 (kg/L)	Peso inicial	<b>1.1004</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	177.5 (cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	121	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two orange bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and has values 1,099, 1,0995, 1,1, and 1,1005. The first bar has a value of 1,1004 and the second bar has a value of 1,0997.</p>	<p>A photograph of a bearing surface with a dark, horizontal wear mark. A red line is drawn across the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>10</b>	Peso final (gr)	<b>1.0997</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>45</b>	% de desgaste en masa	<b>0.064</b>
Extrema presión (Lb)	<b>13.6</b>	Longitud huella (mm)	<b>2.07</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 2)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	3( probeta 2.3)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	04/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API SF		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 25W - 50	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.894 (kg/L)	Peso inicial	<b>1.0999</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	177.5 (cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	121	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo						
<p align="center"> <table border="1"> <tr><th>Estado</th><th>Peso (gr)</th></tr> <tr><td>Inicial</td><td>1,0999</td></tr> <tr><td>Final</td><td>1,099</td></tr> </table> </p>	Estado	Peso (gr)	Inicial	1,0999	Final	1,099	
Estado	Peso (gr)						
Inicial	1,0999						
Final	1,099						

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>15</b>	Peso final (gr)	<b>1.099</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>49</b>	% de desgaste en masa	<b>0.082</b>
Extrema presión (Lb)	<b>13.6</b>	Longitud huella (mm)	<b>2.96</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 2)





**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	4( probeta 2.4)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	04/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API SF		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 25W - 50	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.894 (kg/L)	Peso inicial	<b>1.1016</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	177.5 (cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	121	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo						
<p align="center"> <table border="1"> <tr> <th>Categoría</th> <th>Peso (gr)</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>1,1016</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>1,1005</td> </tr> </table> </p>	Categoría	Peso (gr)	Inicial	1,1016	Final	1,1005	
Categoría	Peso (gr)						
Inicial	1,1016						
Final	1,1005						

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>20</b>	Peso final (gr)	<b>1.1005</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>53</b>	% de desgaste en masa	<b>0.1</b>
Extrema presión (Lb)	<b>13.6</b>	Longitud huella (mm)	<b>3.08</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 2)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	5( probeta 2.5)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	04/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API SF		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 25W - 50	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.894 (kg/L)	Peso inicial	<b>1.1015</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	177.5 (cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	121	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,0995 to 1,1015. The x-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar is orange and reaches the 1,1015 mark. The 'Final' bar is also orange and reaches the 1,1003 mark.</p>	<p>A photograph of a cylindrical metal bearing. A dark, horizontal, elongated mark is visible on its surface, indicating wear. A red horizontal line is drawn across the widest part of this mark, with the text 'Long Máxima' written above it.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>25</b>	Peso final (gr)	<b>1.1003</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>54</b>	% de desgaste en masa	<b>0.109</b>
Extrema presión (Lb)	<b>13.6</b>	Longitud huella (mm)	<b>3.19</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 2)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	6( probeta 2.6)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	04/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API SF		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 25W - 50	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.894 (kg/L)	Peso inicial	<b>1.1015</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	177.5 (cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	121	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo						
<p align="center"> <table border="1"> <tr> <th>Categoría</th> <th>Peso (gr)</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>1,1015</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>1,1002</td> </tr> </table> </p>	Categoría	Peso (gr)	Inicial	1,1015	Final	1,1002	
Categoría	Peso (gr)						
Inicial	1,1015						
Final	1,1002						

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>30</b>	Peso final (gr)	<b>1.1002</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>56</b>	% de desgaste en masa	<b>0.118</b>
Extrema presión (Lb)	<b>13.6</b>	Longitud huella (mm)	<b>3.22</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 2)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	7( probeta 2.7)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	04/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API SF		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 25W - 50	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.894 (kg/L)	Peso inicial	<b>1.1017</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	177.5 (cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	121	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,099 to 1,102. The x-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar is orange and reaches the value 1,1017. The 'Final' bar is also orange and reaches the value 1,1001.</p>	<p>A photograph of a bearing surface. A dark, elongated, and somewhat irregular mark is visible on the surface, indicating wear. A red line is drawn across the mark, and the text 'Long Máxima' is written above it.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>35</b>	Peso final (gr)	<b>1.1001</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>59</b>	% de desgaste en masa	<b>0.145</b>
Extrema presión (Lb)	<b>13.6</b>	Longitud huella (mm)	<b>3.27</b>

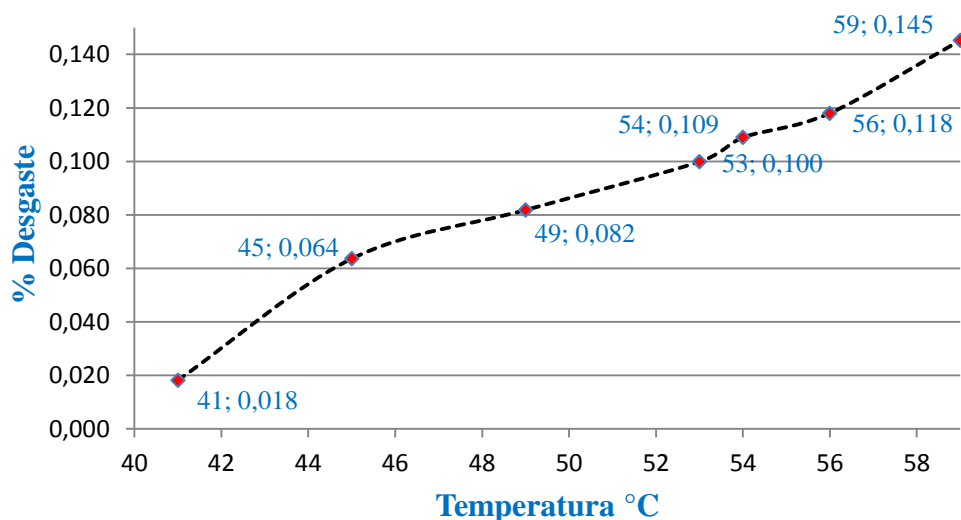
**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 2)



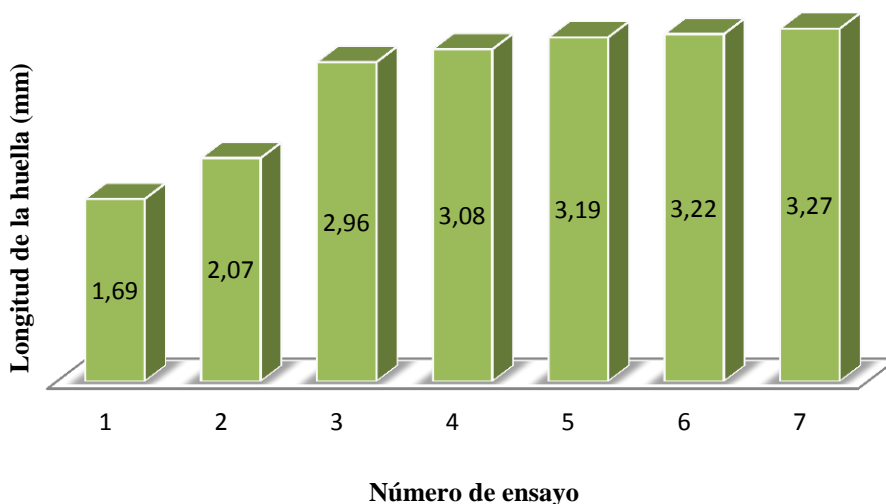
La grafica representa el comportamiento entre el lubricante 25W-50 y el rodamiento NJ202; evaluados en intervalos de 5 minutos con una fuerza de 10 lbf. Adquiriendo datos de variación de temperatura en el lubricante y diferencia de peso en el rodamiento.

*Desgaste del rodamiento Vs Temperatura lubricante*



En este grafico interpreta la longitud máxima de la huella; que se produce en el rodamiento analizado durante el ensayo, para lo cual se requiere de un calibrador digital para una mejor apreciación del resultado.

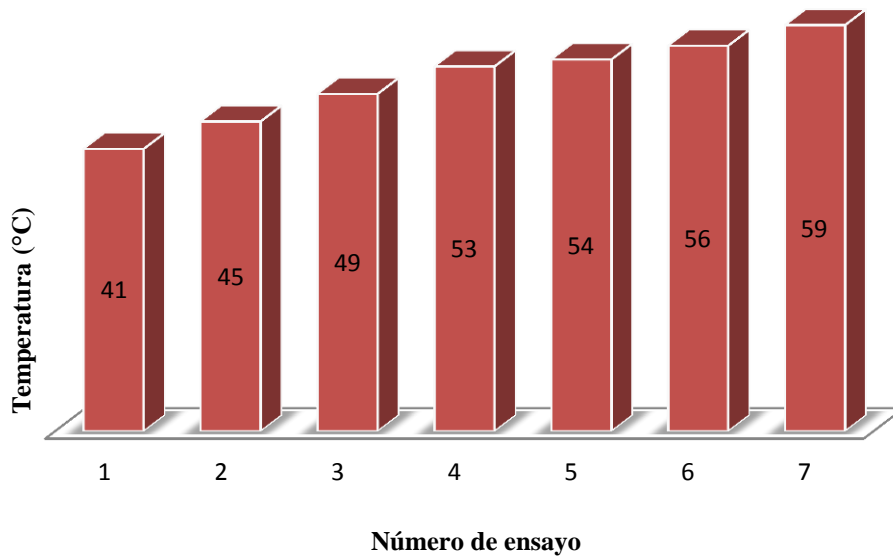
*Longitud máxima de la huella en el rodamiento NJ202*



La representación del incremento de temperatura esta dado en ° C, y se evaluó en el lubricante 25W-50 al final de cada ensayo, obteniendo la temperatura máxima del lubricante.

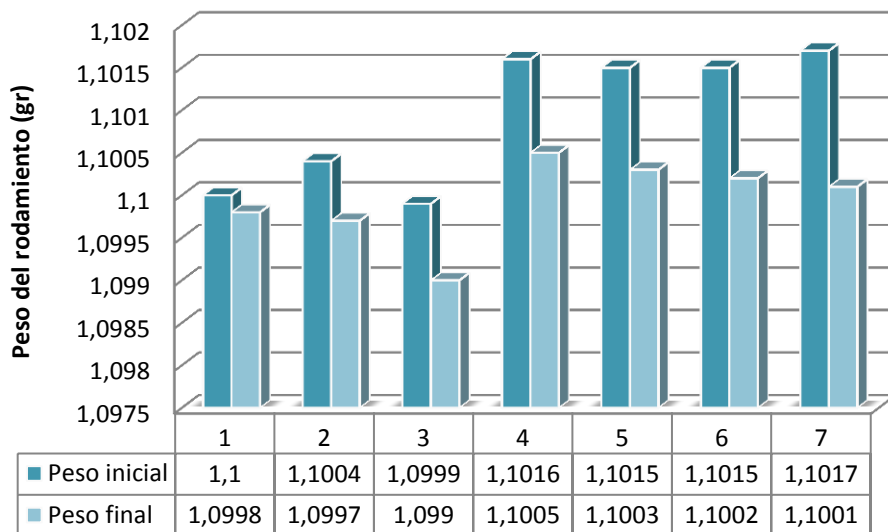
El lubricante inicia en todos los ensayos con una temperatura de 40 ° C.

### *Incremento de temperatura en el lubricante 25W-50*



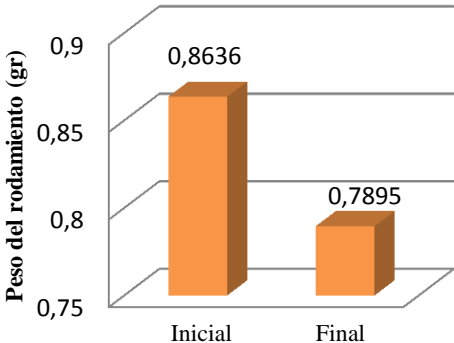
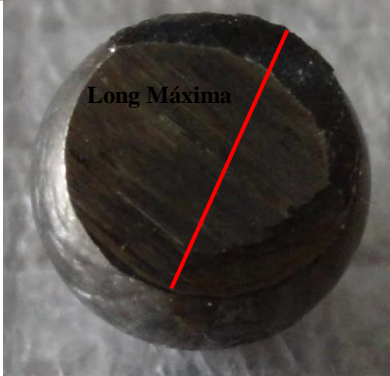


La variación de peso de los rodamientos se determinó; con la ayuda de la balanza analítica la cual tiene una precisión de 0.0001 (gr), lo cual nos permite tener datos precisos para la interpretación de los resultados.

### *Diferencia de pesos*



#### 4.2.5.- ANÁLISIS DEL LUBRICANTE 15W-40 EN EL RODAMIENTO 6202

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO			
Datos Informativos:			
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	1( probeta 3.1)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	04/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API CI-4		
DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE			
Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 15W - 40	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.894 (Kg/L)	Peso inicial	<b>0.8636</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	114.7 (cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	138	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		
RESULTADO:			
Diferencia de peso del rodamiento		Huella resultante del ensayo	
 <p>Peso del rodamiento (gr)</p> <p>Inicial: 0,8636 Final: 0,7895</p>		 <p>Long Máxima</p>	
Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>5</b>	Peso final (gr)	<b>0.7895</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>42</b>	% de desgaste en masa	<b>8.58</b>
Extrema presión (Lb)	<b>11</b>	Longitud huella (mm)	<b>4.94</b>
<b>Observaciones:</b>			
Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 3)			



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	2( probeta 3.2)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	04/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API CI-4		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 15W - 40	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.894 (Kg/L)	Peso inicial	<b>0.8639</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	114.7 (cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	138	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two orange bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.7 to 0.9. The first bar, labeled 'Inicial', has a value of 0.8639. The second bar, labeled 'Final', has a value of 0.78.</p>	<p>A photograph of a bearing's inner surface showing a dark, circular wear track. A vertical red line is drawn across the track, labeled 'Long Máxima' at the bottom.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>10</b>	Peso final (gr)	<b>0.78</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>45</b>	% de desgaste en masa	<b>9.712</b>
Extrema presión (Lb)	<b>11</b>	Longitud huella (mm)	<b>4.16</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 3)





**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	3( probeta 3.3)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	04/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API CI-4		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 15W - 40	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.894 (Kg/L)	Peso inicial	<b>0.8639</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	114.7 (cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	138	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.65 to 0.9. The x-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar is orange and reaches the value 0.8639. The 'Final' bar is also orange and reaches the value 0.7498.</p>	<p>A photograph of a bearing with a dark, circular wear mark on its surface. A red vertical line is drawn across the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>15</b>	Peso final (gr)	<b>0.7498</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>49</b>	% de desgaste en masa	<b>13.208</b>
Extrema presión (Lb)	<b>11</b>	Longitud huella (mm)	<b>5.46</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 3)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	4( probeta 4.1)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	04/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API CI-4		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 15W - 40	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.894 (Kg/L)	Peso inicial	<b>0.8629</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	114.7 (cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	138	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two orange bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.65 to 0.9. The first bar, labeled 'Inicial', has a value of 0.8629. The second bar, labeled 'Final', has a value of 0.7395.</p>	<p>A photograph of a bearing surface with a dark, circular wear mark. A red diagonal line is drawn across the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>20</b>	Peso final (gr)	<b>0.7395</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>52</b>	% de desgaste en masa	<b>14.909</b>
Extrema presión (Lb)	<b>11</b>	Longitud huella (mm)	<b>5.25</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 3)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	5( probeta 3.5)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	04/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API CI-4		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 15W - 40	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.894 (Kg/L)	Peso inicial	<b>0.8639</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	114.7 (cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	138	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>Bar chart showing the difference in weight of the bearing. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.65 to 0.9. The x-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar is at 0.8639 and the 'Final' bar is at 0.7351.</p>	<p>Photograph of a bearing with a red vertical line indicating the maximum length of the wear mark. The text 'Long Máxima' is written above the line.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>25</b>	Peso final (gr)	<b>0.7351</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>54</b>	% de desgaste en masa	<b>14.909</b>
Extrema presión (Lb)	<b>11</b>	Longitud huella (mm)	<b>4.89</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 3)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	6( probeta 3.6)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	04/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API CI-4		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 15W - 40	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.894 (Kg/L)	Peso inicial	<b>0.8645 (gr)</b>
Viscosidad cinemática 40 ° C	114.7 (cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	138	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.65 to 0.9. The first bar, labeled 'Inicial', has a value of 0.8645. The second bar, labeled 'Final', has a value of 0.7321.</p>	<p>A photograph of a bearing surface showing a dark, circular wear mark. A red line is drawn across the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>30</b>	Peso final (gr)	<b>0.7321</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>61</b>	% de desgaste en masa	<b>15.315</b>
Extrema presión (Lb)	<b>11</b>	Longitud huella (mm)	<b>4.87</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 3)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	7( probeta 3.7)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	04/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782, API CI-4		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 15W - 40	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	FBJ
Densidad 15.5 ° C	0.894 (Kg/L)	Peso inicial	<b>0.8641 (gr)</b>
Viscosidad cinemática 40 ° C	114.7 (cSt)	Volumen inicial	0.3 ml
Índice de viscosidad	138	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two orange bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.65 to 0.9. The first bar, labeled 'Inicial', has a value of 0.8641. The second bar, labeled 'Final', has a value of 0.7243.</p>	<p>A photograph of a bearing with a dark, circular wear mark. A red horizontal line is drawn across the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>35</b>	Peso final (gr)	<b>0.7243</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>63</b>	% de desgaste en masa	<b>15.315</b>
Extrema presión (Lb)	<b>11</b>	Longitud huella (mm)	<b>5.45</b>

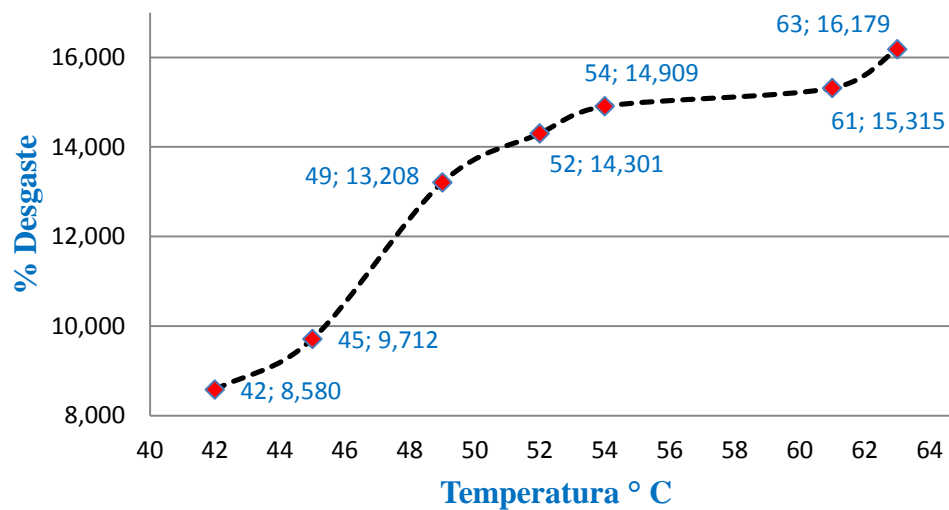
**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 3)



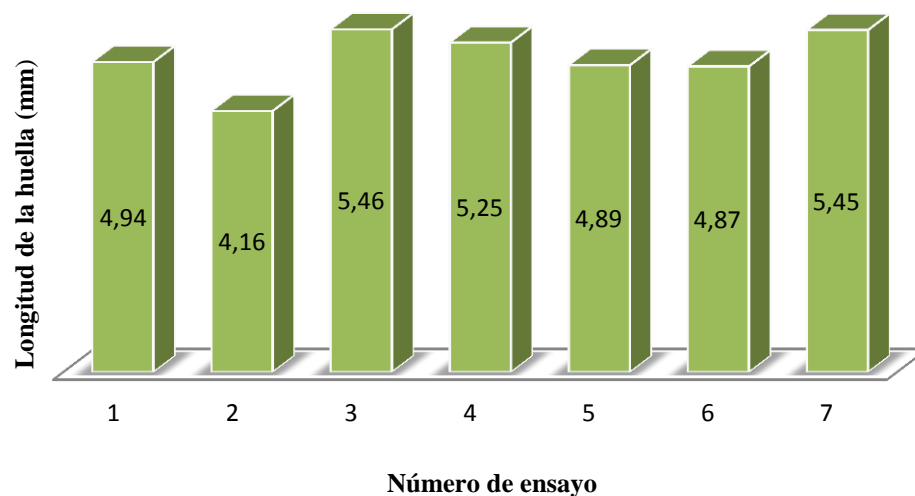
La grafica representa el comportamiento entre el lubricante 15W-40 y el rodamiento 6202; evaluados en intervalos de 5 minutos con una fuerza de 10 lbf. Adquiriendo datos de variación de temperatura en el lubricante y diferencia de peso en el rodamiento.

### *Desgaste del rodamiento Vs Temperatura del lubricante*



En este grafico interpreta la longitud máxima de la huella; que se produce en el rodamiento analizado durante el ensayo, para lo cual se requiere de un calibrador digital para una mejor apreciación del resultado.

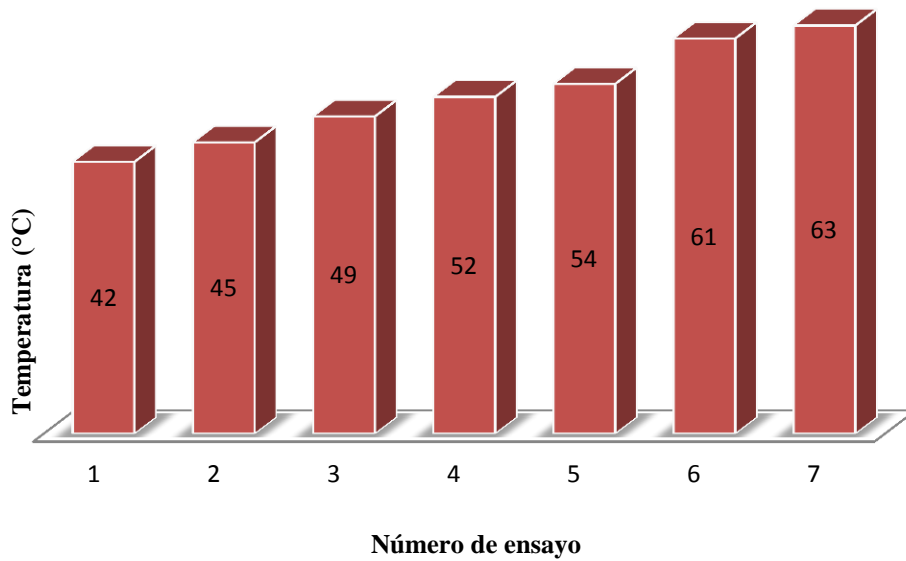
### *Longitud máxima de la huella en el rodamiento 6202*



La representación del incremento de temperatura esta dado en ° C, y se evaluó en el lubricante 15W-40 al final de cada ensayo, obteniendo la temperatura máxima del lubricante.

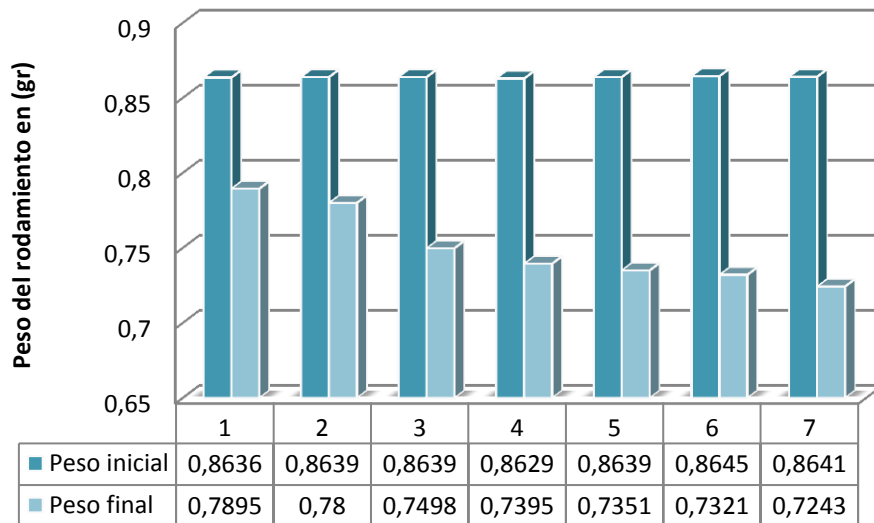
El lubricante inicia en todos los ensayos con una temperatura de 40 ° C.

### *Incremento de temperatura en el lubricante*



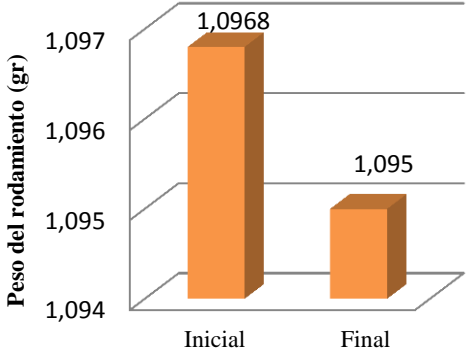
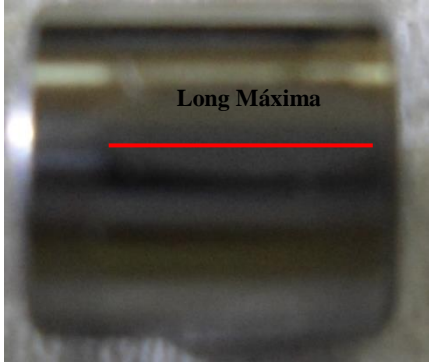


La variación de peso de los rodamientos se determinó; con la ayuda de la balanza analítica la cual tiene una precisión de 0.0001 (gr), lo cual nos permite tener datos precisos para la interpretación de los resultados.

### *Diferencia de pesos en el rodamiento 6202*



#### 4.2.6.- ANÁLISIS DEL LUBRICANTE 15W-40 EN EL RODAMIENTO NJ202

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO			
Datos Informativos:			
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	1( probeta 3.1)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	05/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API CI-4		
DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE			
Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 15W - 40	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.894 (Kg/L)	Peso inicial	<b>1.0968</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	114.7 (cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	138	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		
RESULTADO:			
Diferencia de peso del rodamiento		Huella resultante del ensayo	
 <p>Peso del rodamiento (gr)</p> <p>Inicial: 1,096.8 Final: 1,095</p>		 <p>Long Máxima</p>	
Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>5</b>	Peso final (gr)	<b>1.095</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>43</b>	% de desgaste en masa	<b>0.164</b>
Extrema presión (Lb)	<b>11</b>	Longitud huella (mm)	<b>4.2</b>
Observaciones:			
Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 3)			





**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	2( probeta 3.2)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	05/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API CI-4		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 15W - 40	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.894 (Kg/L)	Peso inicial	<b>1.0974</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	114.7 (cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	138	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,093 to 1,098. The first bar, labeled 'Inicial', has a value of 1,0974. The second bar, labeled 'Final', has a value of 1,0945.</p>	<p>A photograph of a bearing surface showing a dark, horizontal wear track. A red horizontal line is drawn across the track, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>10</b>	Peso final (gr)	<b>1.0945</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>46</b>	% de desgaste en masa	<b>0.264</b>
Extrema presión (Lb)	<b>11</b>	Longitud huella (mm)	<b>4.95</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 3)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	3( probeta 3.3)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	05/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API CI-4		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 15W - 40	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.894 (Kg/L)	Peso inicial	<b>1.1018</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	114.7 (cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	138	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo						
<p align="center"> <table border="1"> <tr> <th>Estado</th> <th>Peso (gr)</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>1,1018</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>1,0977</td> </tr> </table> </p>	Estado	Peso (gr)	Inicial	1,1018	Final	1,0977	
Estado	Peso (gr)						
Inicial	1,1018						
Final	1,0977						

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>15</b>	Peso final (gr)	<b>1.0977</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>48</b>	% de desgaste en masa	<b>0.372</b>
Extrema presión (Lb)	<b>11</b>	Longitud huella (mm)	<b>5.32</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 3)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	4( probeta 3.4)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	05/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API CI-4		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 15W - 40	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.894 (Kg/L)	Peso inicial	<b>1.102</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	114.7 (cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	138	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo						
<p align="center"> <table border="1"> <tr><th>Estado</th><th>Peso (gr)</th></tr> <tr><td>Inicial</td><td>1,102</td></tr> <tr><td>Final</td><td>1,097.4</td></tr> </table> </p>	Estado	Peso (gr)	Inicial	1,102	Final	1,097.4	
Estado	Peso (gr)						
Inicial	1,102						
Final	1,097.4						

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>20</b>	Peso final (gr)	<b>1.0974</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>52</b>	% de desgaste en masa	<b>0.417</b>
Extrema presión (Lb)	<b>11</b>	Longitud huella (mm)	<b>5.34</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 3)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	5( probeta 3.5)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	05/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API CI-4		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 15W - 40	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.894 (Kg/L)	Peso inicial	<b>1.1024 (gr)</b>
Viscosidad cinemática 40 ° C	114.7 (cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	138	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with the y-axis labeled 'Peso del rodamiento (gr)' ranging from 1,094 to 1,104. The x-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar is orange and reaches the 1,1024 mark. The 'Final' bar is also orange and reaches the 1,0976 mark.</p>	<p>A photograph of a cylindrical metal bearing. A horizontal red line is drawn across the center of the bearing's surface, indicating the length of the maximum wear mark. The text 'Long Máxima' is written above the line.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>25</b>	Peso final (gr)	<b>1.0976</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>57</b>	% de desgaste en masa	<b>0.435</b>
Extrema presión (Lb)	<b>11</b>	Longitud huella (mm)	<b>5.36</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 3)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	6( probeta 3.6)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	05/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API CI-4		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 15W - 40	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.894 (Kg/L)	Peso inicial	<b>1.1018</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	114.7 (cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	138	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo						
<p align="center"> <table border="1"> <tr> <th>Estado</th> <th>Peso (gr)</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>1,1018</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>1,0968</td> </tr> </table> </p>	Estado	Peso (gr)	Inicial	1,1018	Final	1,0968	
Estado	Peso (gr)						
Inicial	1,1018						
Final	1,0968						

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>30</b>	Peso final (gr)	<b>1.0968</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>59</b>	% de desgaste en masa	<b>0.454</b>
Extrema presión (Lb)	<b>11</b>	Longitud huella (mm)	<b>5.36</b>

**Observaciones:**

Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 3)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	7( probeta 3.7)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	05/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782, API CI-4		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante:	SAE 15W - 40	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	Ursa LA 3	Marca del rodamiento	SKF
Densidad 15.5 ° C	0.894 (Kg/L)	Peso inicial	<b>1.1018</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	114.7 (cSt)	Volumen inicial	0.5 ml
Índice de viscosidad	138	Carga aplicada	10 (Lb)
Temperatura inicial	40 (° C)		

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo						
<p align="center"> <table border="1"> <tr> <th>Estado</th> <th>Peso (gr)</th> </tr> <tr> <td>Inicial</td> <td>1,1018</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>1,0968</td> </tr> </table> </p>	Estado	Peso (gr)	Inicial	1,1018	Final	1,0968	
Estado	Peso (gr)						
Inicial	1,1018						
Final	1,0968						

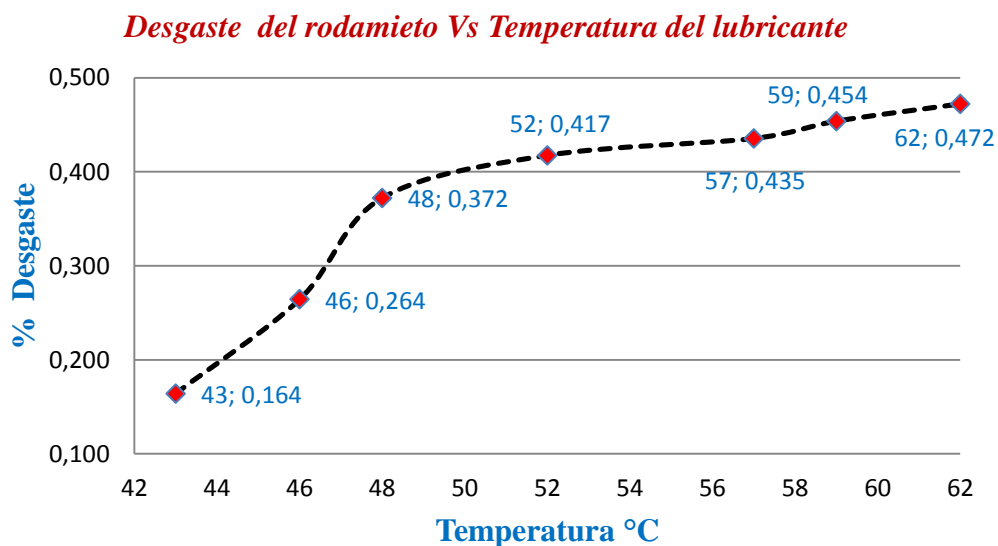
Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>30</b>	Peso final (gr)	<b>1.0968</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>59</b>	% de desgaste en masa	<b>0.454</b>
Extrema presión (Lb)	<b>11</b>	Longitud huella (mm)	<b>5.36</b>

**Observaciones:**

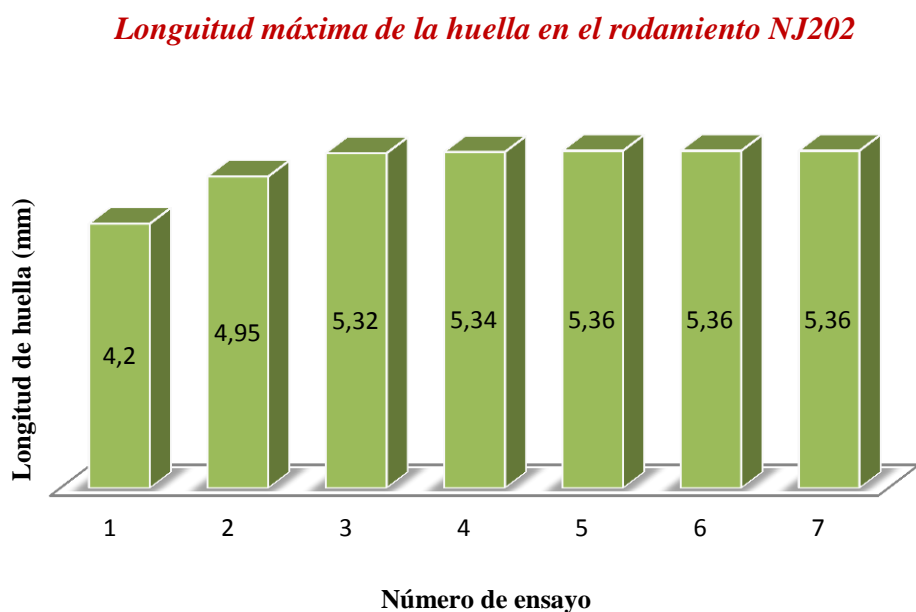
Las propiedades de lubricante fueron obtenidas del catálogo de chevron. (Anexo A. 3)



La grafica representa el comportamiento entre el lubricante 15W-40 y el rodamiento 6202; evaluados en intervalos de 5 minutos con una fuerza de 10 lb. Adquiriendo datos de variación de temperatura en el lubricante y diferencia de peso en el rodamiento.



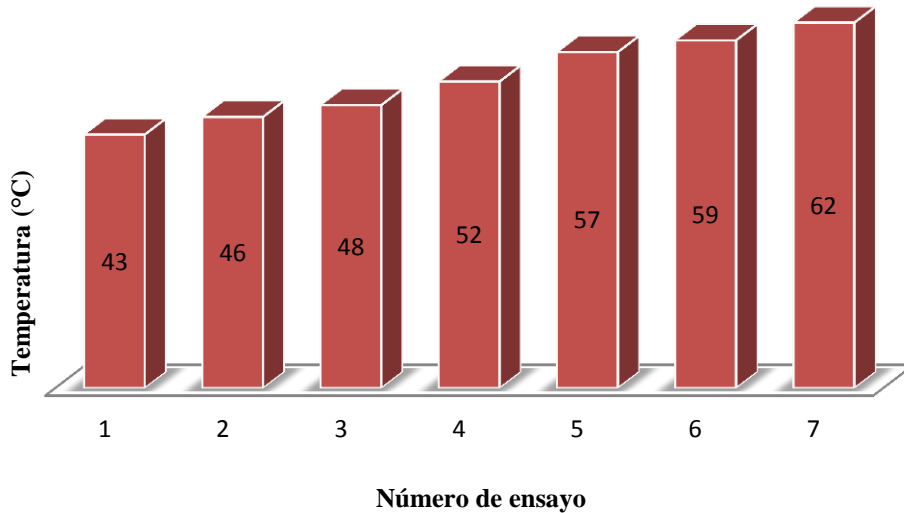
En este grafico interpreta la longitud máxima de la huella; que se produce en el rodamiento analizado durante el ensayo, para lo cual se requiere de un calibrador digital para una mejor apreciación del resultado.



La representación del incremento de temperatura esta dado en ° C, y se evaluó en el lubricante 15W-40 al final de cada ensayo, obteniendo la temperatura máxima del lubricante.

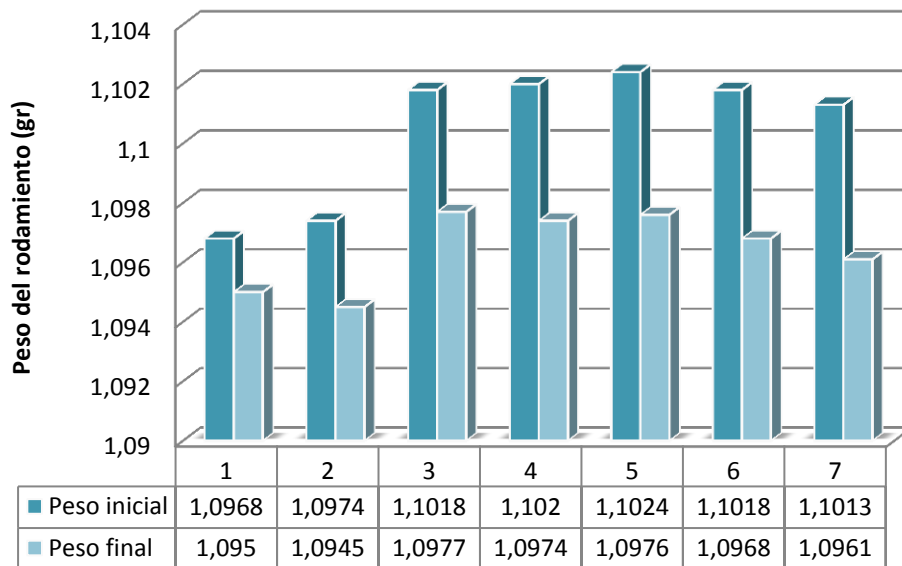
El lubricante inicia en todos los ensayos con una temperatura de 40 ° C.

***Incremento de temperatura en el lubricante***





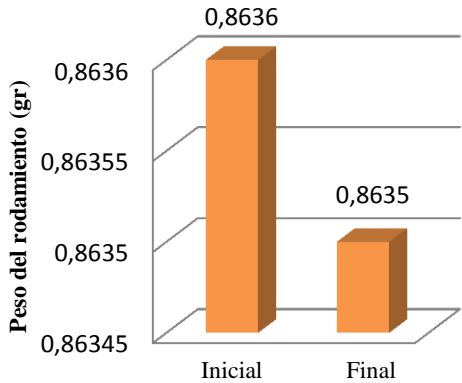

La variación de peso de los rodamientos se determinó; con la ayuda de la balanza analítica la cual tiene una precisión de 0.0001 (gr), lo cual nos permite tener datos precisos para la interpretación de los resultados.

***Diferencia de pesos en el rodamiento NJ202***





#### 4.2.7.- ANÁLISIS DE LA GRASA ABRO NLG #3 EN EL RODAMIENTO 6202

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 							
ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO							
Datos Informativos:							
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	1( probeta 4.1)				
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	11/09/2013				
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.				
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782						
DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE							
Características del lubricante		Características del rodamiento					
Tipo de lubricante	Grasa NLG #3	Tipo de rodamiento	6202				
Marca del lubricante	ABRO	Marca del rodamiento	FBJ				
Índice de viscosidad	80	Peso inicial	<b>0.8636</b> (gr)				
Viscosidad cinemática 40 ° C	120-130	Volumen inicial	0.3 ml				
Temperatura inicial	19 ° C	Carga aplicada	3 (Lb)				
RESULTADO:							
Diferencia de peso del rodamiento		Huella resultante del ensayo					
 <p>Peso del rodamiento (gr)</p> <table border="1"> <tr> <td>Inicial</td> <td>0,8636</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>0,8635</td> </tr> </table>		Inicial	0,8636	Final	0,8635		
Inicial	0,8636						
Final	0,8635						
Resultados lubricante		Resultados rodamiento					
Tiempo de lubricación (min)	<b>5</b>	Peso final (gr)	<b>0.8635</b>				
Temperatura máxima (° C)	<b>22</b>	% de desgaste en masa	<b>0.012</b>				
Extrema presión (Lb)	<b>8</b>	Longitud huella (mm)	<b>Raspadura</b>				
<b>Observaciones:</b>							



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	2( probeta 4.2)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	11/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #3	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	ABRO	Marca del rodamiento	FBJ
Índice de viscosidad	80	Peso inicial	<b>0.8641</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	120-130	Volumen inicial	0.3 ml
Temperatura inicial	19 ° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two bars. The first bar, labeled 'Inicial', has a value of 0,8641. The second bar, labeled 'Final', has a value of 0,8639. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0,8638 to 0,8641.</p>	<p>A close-up photograph of a bearing surface. It shows a dark, circular area of wear or discoloration in the center, surrounded by a lighter, textured surface.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>10</b>	Peso final (gr)	<b>0.8639</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>24</b>	% de desgaste en masa	<b>0.023</b>
Extrema presión (Lb)	<b>8</b>	Longitud huella (mm)	<b>Raspadura</b>

**Observaciones:**



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	3( probeta 4.3)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	11/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #3	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	ABRO	Marca del rodamiento	FBJ
Índice de viscosidad	80	Peso inicial	<b>0.8638</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	120-130	Volumen inicial	0.3 ml
Temperatura inicial	19 ° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>The bar chart displays two orange bars representing the weight of the bearing at different stages. The 'Inicial' bar reaches the 0.8638 mark on the y-axis, and the 'Final' bar reaches the 0.8635 mark. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.8633 to 0.8638.</p>	

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>15</b>	Peso final (gr)	<b>0.8635</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>27</b>	% de desgaste en masa	<b>0.035</b>
Extrema presión (Lb)	<b>8</b>	Longitud huella (mm)	<b>Raspadura</b>

**Observaciones:**



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	4( probeta 4.4)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	11/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #3	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	ABRO	Marca del rodamiento	FBJ
Índice de viscosidad	80	Peso inicial	<b>0.8616 (gr)</b>
Viscosidad cinemática 40 ° C	120-130	Volumen inicial	0.3 ml
Temperatura inicial	19 ° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento		Huella resultante del ensayo	
<p>The bar chart displays two orange 3D bars. The first bar, labeled 'Inicial', reaches a value of 0.8616 on the y-axis. The second bar, labeled 'Final', reaches a value of 0.8448. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.83 to 0.87.</p>			
Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>20</b>	Peso final (gr)	<b>0.8448</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>30</b>	% de desgaste en masa	<b>1.95</b>
Extrema presión (Lb)	<b>8</b>	Longitud huella (mm)	<b>Raspadura</b>

**Observaciones:**



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

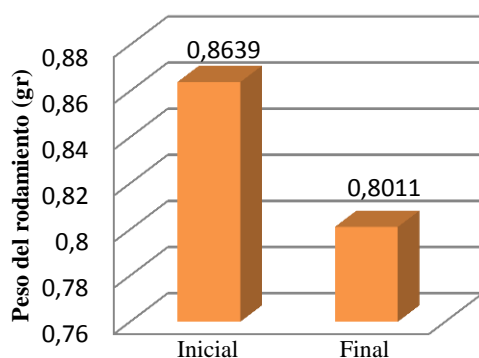
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	5( probeta 4.5)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	11/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

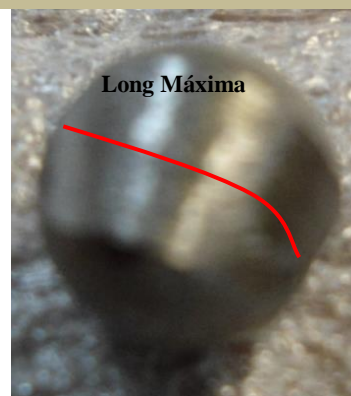
Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #3	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	ABRO	Marca del rodamiento	FBJ
Índice de viscosidad	80	Peso inicial	<b>0.8639</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	120-130	Volumen inicial	0.3 ml
Temperatura inicial	19 ° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

**Diferencia de peso del rodamiento**



**Huella resultante del ensayo**



**Resultados lubricante**

Tiempo de lubricación (min)	<b>25</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>35</b>
Extrema presión (Lb)	<b>8</b>

**Resultados rodamiento**

Peso final (gr)	<b>0.8011</b>
% de desgaste en masa	<b>7.269</b>
Longitud huella (mm)	<b>3.44</b>

**Observaciones:**



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	6( probeta 4.6)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	11/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #3	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	ABRO	Marca del rodamiento	FBJ
Índice de viscosidad	80	Peso inicial	<b>0.863</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	120-130	Volumen inicial	0.3 ml
Temperatura inicial	19 ° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>Bar chart showing the weight difference of the bearing. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.7 to 0.9. The x-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar has a value of 0.863 and the 'Final' bar has a value of 0.7786.</p>	<p>Photograph of the bearing surface showing a wear track. A red line is drawn across the track, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>30</b>	Peso final (gr)	<b>0.7786</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>42</b>	% de desgaste en masa	<b>9.78</b>
Extrema presión (Lb)	<b>8</b>	Longitud huella (mm)	<b>4.07</b>

**Observaciones:**



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	7( probeta 4.7)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	11/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #3	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	ABRO	Marca del rodamiento	FBJ
Índice de viscosidad	80	Peso inicial	<b>0.864</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	120-130	Volumen inicial	0.3 ml
Temperatura inicial	19 ° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo				
<p><b>Peso del rodamiento (gr)</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Inicial</td> <td>0,863</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>0,7786</td> </tr> </table>	Inicial	0,863	Final	0,7786	<p><b>Long Máxima</b></p>
Inicial	0,863				
Final	0,7786				

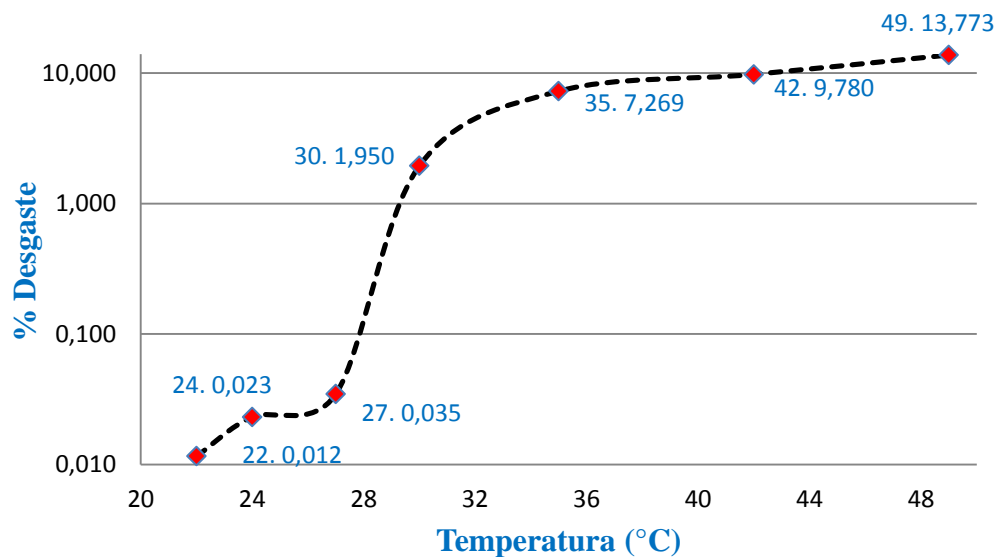
Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>35</b>	Peso final (gr)	<b>0.745</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>49</b>	% de desgaste en masa	<b>13.773</b>
Extrema presión (Lb)	<b>8</b>	Longitud huella (mm)	<b>5.05</b>

**Observaciones:**



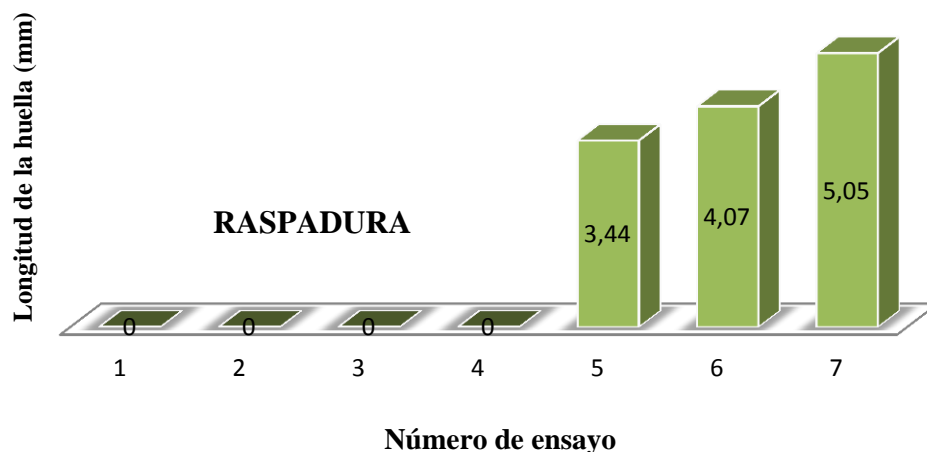
La grafica representa el comportamiento entre la grasa ABRO Synthetic lithium NLG # 3 y el rodamiento 6202; evaluados en intervalos de 5 minutos con una fuerza de 3 lb. Adquiriendo datos de variación de temperatura en el lubricante y diferencia de peso en el rodamiento.

### Desgaste del rodamiento Vs Temperatura del lubricante



En este grafico interpreta la longitud máxima de la huella; que se produce en el rodamiento analizado durante el ensayo, para lo cual se requiere de un calibrador digital para una mejor apreciación del resultado.

### Longitud máxima de la huella en el rodamiento 6202

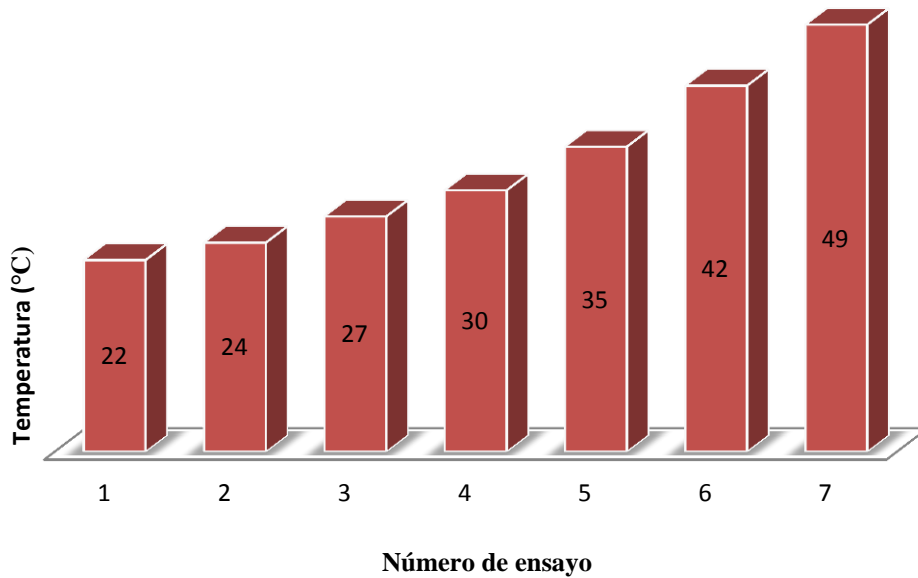




La representación del incremento de temperatura esta dado en ° C, y se evaluó en la grasa ABRO Synthetic lithium NLG #3 al final de cada ensayo, obteniendo la temperatura máxima del lubricante.

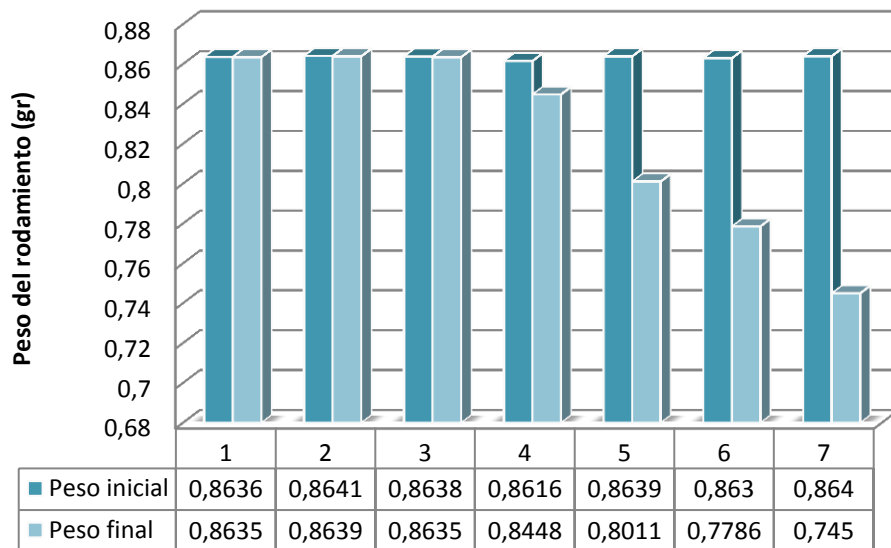
El lubricante inicia en todos los ensayos con una temperatura de 19 ° C.

***Incremento de temperatura en la grasa ABRO NLG #3***



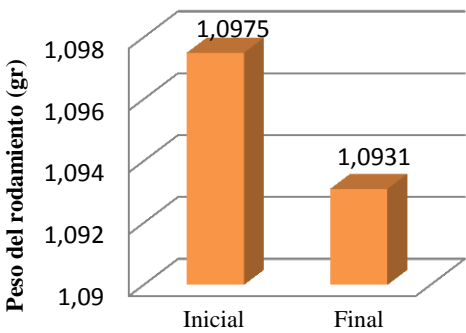
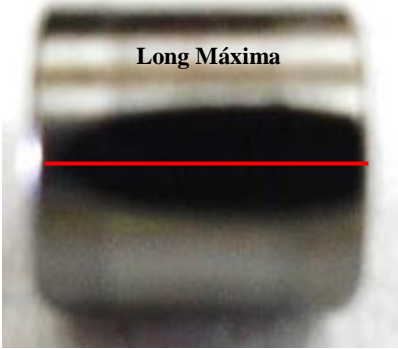


La variación de peso de los rodamientos se determinó; con la ayuda de la balanza analítica la cual tiene una precisión de 0.0001 (gr), lo cual nos permite tener datos precisos para la interpretación de los resultados.

***Diferencia de pesos en el rodamiento 6202***



#### 4.2.8.- ANÁLISIS DE LA GRASA ABRO NLG #3 EN EL RODAMIENTO NJ202

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA									
<b>ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO</b>									
<b>Datos Informativos:</b>									
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	1( probeta 4.1)						
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	11/09/2013						
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.						
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782,								
<b>DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE</b>									
<b>Características del lubricante</b>		<b>Características del rodamiento</b>							
Tipo de lubricante	Grasa NLG #3	Tipo de rodamiento	NJ202						
Marca del lubricante	ABRO	Marca del rodamiento	SKF						
Índice de viscosidad	80	Peso inicial	<b>1.0975</b> (gr)						
Viscosidad cinemática 40 ° C	120-130	Volumen inicial	0.5 ml						
Temperatura inicial	19 ° C	Carga aplicada	3 (Lb)						
<b>RESULTADO:</b>									
<b>Diferencia de peso del rodamiento</b>		<b>Huella resultante del ensayo</b>							
 <p>Peso del rodamiento (gr)</p> <table border="1"> <tr><th>Estado</th><th>Peso (gr)</th></tr> <tr><td>Inicial</td><td>1,0975</td></tr> <tr><td>Final</td><td>1,0931</td></tr> </table>		Estado	Peso (gr)	Inicial	1,0975	Final	1,0931	 <p>Long Máxima</p>	
Estado	Peso (gr)								
Inicial	1,0975								
Final	1,0931								
<b>Resultados lubricante</b>		<b>Resultados rodamiento</b>							
Tiempo de lubricación (min)	<b>5</b>	Peso final (gr)	<b>1.0931</b>						
Temperatura máxima (° C)	<b>28</b>	% de desgaste en masa	<b>0.41</b>						
Extrema presión (Lb)	<b>8</b>	Longitud huella (mm)	<b>5.94</b>						
<b>Observaciones:</b>									



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	2( probeta 4.2)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	11/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #3	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	ABRO	Marca del rodamiento	SKF
Índice de viscosidad	80	Peso inicial	<b>1.0977</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	120-130	Volumen inicial	0.5 ml
Temperatura inicial	19 ° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>Bar chart showing the difference in weight of the bearing. The Y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,088 to 1,098. The X-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar reaches 1,097.7 and the 'Final' bar reaches 1,092.1.</p>	<p>Photograph of the bearing showing the resulting wear mark. A red line indicates the 'Long Máxima' (Maximum Length).</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>10</b>	Peso final (gr)	<b>1.0921</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>30</b>	% de desgaste en masa	<b>0.51</b>
Extrema presión (Lb)	<b>8</b>	Longitud huella (mm)	<b>5.96</b>

**Observaciones:**



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	3( probeta 4.3)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	11/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #3	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	ABRO	Marca del rodamiento	SKF
Índice de viscosidad	80	Peso inicial	<b>1.0976 (gr)</b>
Viscosidad cinemática 40 ° C	120-130	Volumen inicial	0.5 ml
Temperatura inicial	19 ° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>Bar chart showing the difference in weight of the bearing. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,088 to 1,098. The x-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar is at 1,0976 and the 'Final' bar is at 1,0917.</p>	<p>Photograph of the bearing surface showing a wear track. A red line is drawn across the track, labeled 'Long Máxima'.</p>

-Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>15</b>	Peso final (gr)	<b>1.0917</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>31</b>	% de desgaste en masa	<b>0.538</b>
Extrema presión (Lb)	<b>8</b>	Longitud huella (mm)	<b>5.97</b>

**Observaciones:**



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

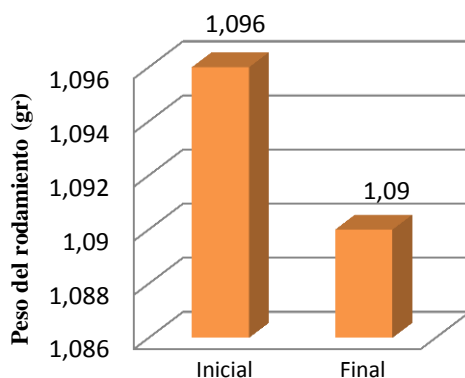
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	4( probeta 4.4)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	11/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

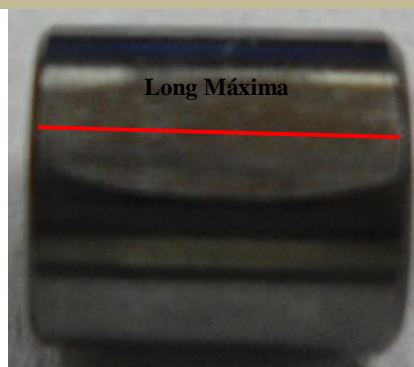
Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #3	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	ABRO	Marca del rodamiento	SKF
Índice de viscosidad	80	Peso inicial	<b>1.096</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	120-130	Volumen inicial	0.5 ml
Temperatura inicial	19 ° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

**Diferencia de peso del rodamiento**



**Huella resultante del ensayo**



**Resultados lubricante**

Tiempo de lubricación (min)	<b>20</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>33</b>
Extrema presión (Lb)	<b>8</b>

**Resultados rodamiento**

Peso final (gr)	<b>1.09</b>
% de desgaste en masa	<b>0.547</b>
Longitud huella (mm)	<b>5.97</b>

**Observaciones:**



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	5( probeta 4.5)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	11/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #3	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	ABRO	Marca del rodamiento	SKF
Índice de viscosidad	80	Peso inicial	<b>1.0979</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	120-130	Volumen inicial	0.5 ml
Temperatura inicial	19 ° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>Bar chart showing the weight difference of the bearing. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,085 to 1,1. The x-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar is at 1,0979 and the 'Final' bar is at 1,091.</p>	<p>Photograph of the bearing showing a wear mark. A red horizontal line is drawn across the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>25</b>	Peso final (gr)	<b>1.091</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>35</b>	% de desgaste en masa	<b>0.628</b>
Extrema presión (Lb)	<b>8</b>	Longitud huella (mm)	<b>5.96</b>

**Observaciones:**



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	6( probeta 4.6)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	11/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #3	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	ABRO	Marca del rodamiento	SKF
Índice de viscosidad	80	Peso inicial	<b>1.0961 (gr)</b>
Viscosidad cinemática 40 ° C	120-130	Volumen inicial	0.5 ml
Temperatura inicial	19 ° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>Bar chart showing the weight difference of the bearing. The Y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,084 to 1,098. The X-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar reaches 1,096.1 and the 'Final' bar reaches 1,089.2.</p>	<p>Photograph of the bearing surface showing a wear track. A red horizontal line is drawn across the track, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>30</b>	Peso final (gr)	<b>1.0892</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>37</b>	% de desgaste en masa	<b>0.630</b>
Extrema presión (Lb)	<b>8</b>	Longitud huella (mm)	<b>5.95</b>

**Observaciones:**



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	7( probeta 4.7)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	11/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #3	Tipo de rodamiento	NJ202
Marca del lubricante	ABRO	Marca del rodamiento	SKF
Índice de viscosidad	80	Peso inicial	<b>1.097</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	120-130	Volumen inicial	0.5 ml
Temperatura inicial	19 ° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo				
<p><b>Peso del rodamiento (gr)</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Inicial</td> <td>1,0999</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>1,0985</td> </tr> </table>	Inicial	1,0999	Final	1,0985	<p><b>Long Máxima</b></p>
Inicial	1,0999				
Final	1,0985				

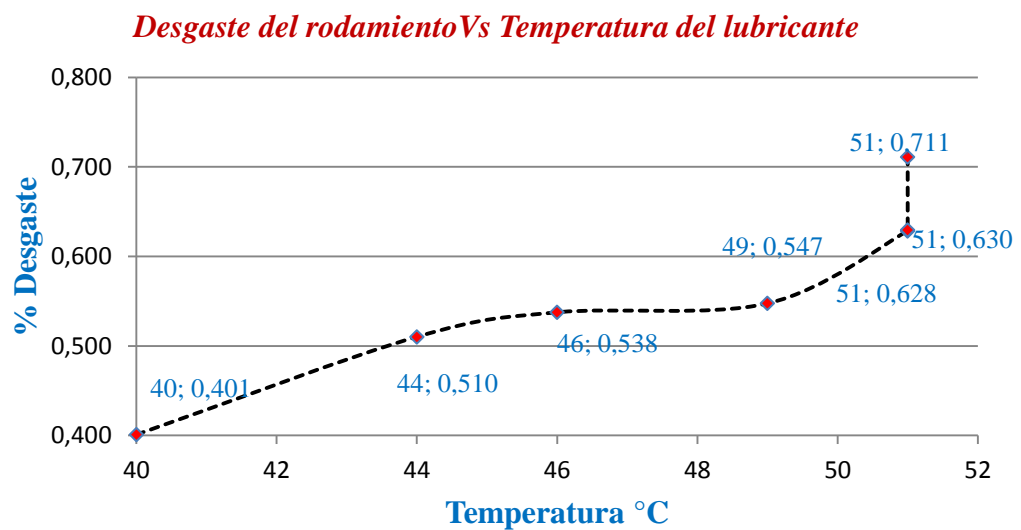
Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>35</b>	Peso final (gr)	<b>1.0892</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>35</b>	% de desgaste en masa	<b>0.711</b>
Extrema presión (Lb)	<b>8</b>	Longitud huella (mm)	<b>5.96</b>

**Observaciones:**

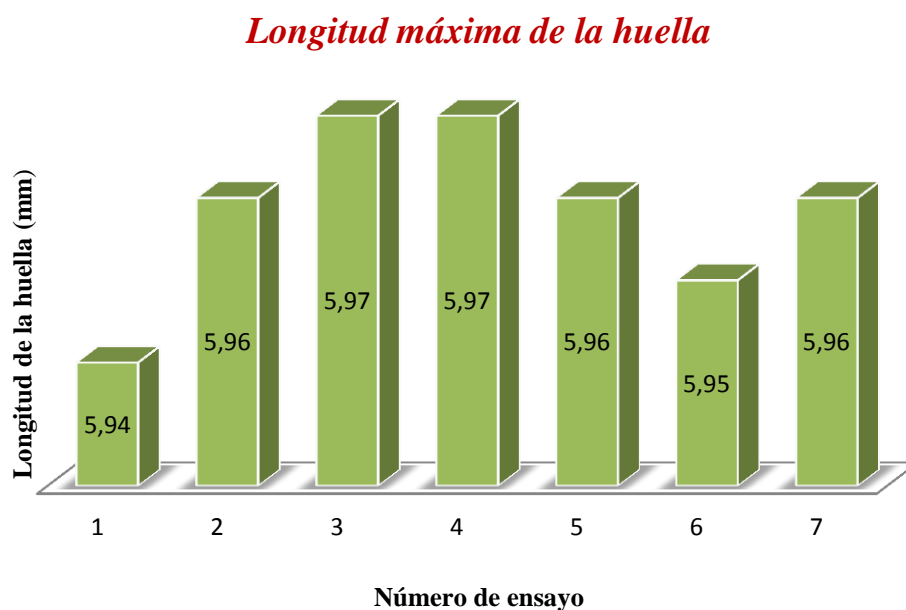




La grafica representa el comportamiento entre la grasa ABRO SYNTHETIC LITHIUM # 3 y el rodamiento NJ202; evaluados en intervalos de 5 minutos con una fuerza de 3 lbf. Adquiriendo datos de variación de temperatura en el lubricante y diferencia de peso en el rodamiento.



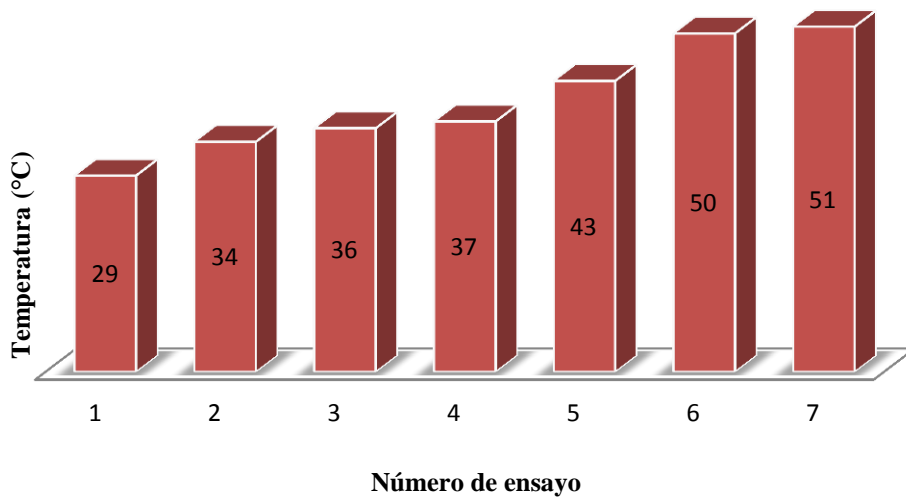
En este grafico interpreta la longitud máxima de la huella; que se produce en el rodamiento analizado durante el ensayo, para lo cual se requiere de un calibrador digital para una mejor apreciación del resultado.



La representación del incremento de temperatura esta dado en ° C, y se evaluó en la grasa ABRO al final de cada ensayo, obteniendo la temperatura máxima del lubricante.

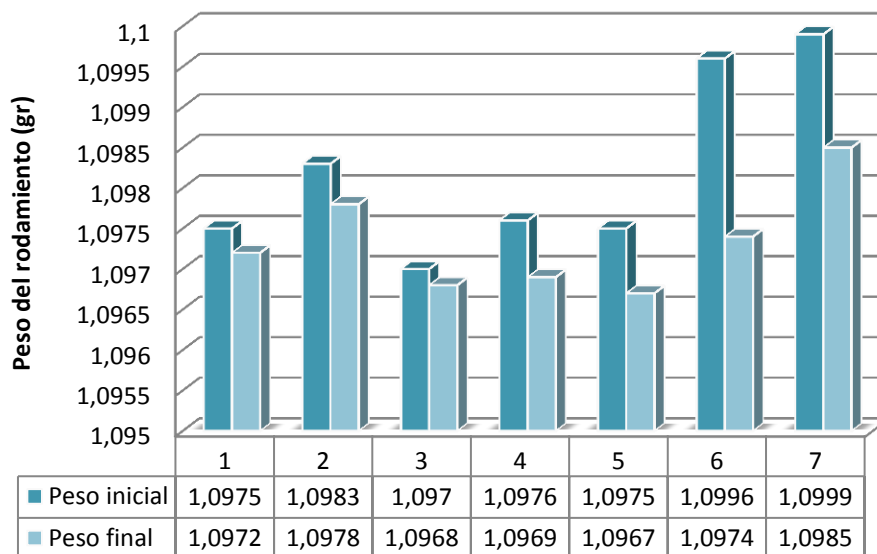
El lubricante inicia en todos los ensayos con una temperatura de 19 ° C.

### *Incremento de temperatura en el lubricante*



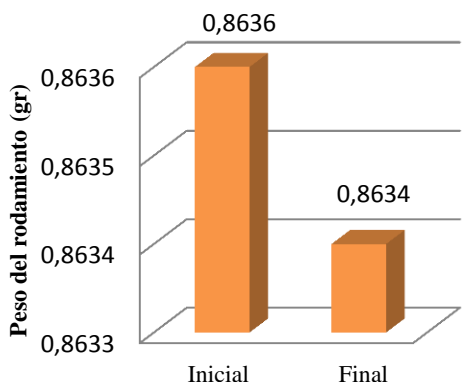



La variación de peso de los rodamientos se determinó; con la ayuda de la balanza analítica la cual tiene una aproximación de 0.0001, lo cual nos permite tener datos precisos para la interpretación de los resultados.

### *Diferencia de pesos en el rodamiento 6202*



#### 4.2.9.- ANÁLISIS DE LA GRASA MYSTIK NLG #2 EN EL RODAMIENTO 6202

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
<b>ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO</b>			
<b>Datos Informativos:</b>			
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	1( probeta 5.1)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	12/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782,		
<b>DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE</b>			
<b>Características del lubricante</b>		<b>Características del rodamiento</b>	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #2	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	MYSTIK	Marca del rodamiento	FBJ
Índice de viscosidad	116	Peso inicial	<b>0.8636</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	663	Volumen inicial	0.3 ml
Temperatura inicial	21° C	Carga aplicada	3 (Lb)
<b>RESULTADO:</b>			
<b>Diferencia de peso del rodamiento</b>		<b>Huella resultante del ensayo</b>	
 <p>Bar chart showing the difference in weight of the bearing. The Y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0.8633 to 0.8636. The X-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar is at 0.8636 and the 'Final' bar is at 0.8634.</p>			
<b>Resultados lubricante</b>		<b>Resultados rodamiento</b>	
Tiempo de lubricación (min)	<b>5</b>	Peso final (gr)	<b>0.8634</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>25</b>	% de desgaste en masa	<b>0.023</b>
Extrema presión (Lb)	<b>5</b>	Longitud huella (mm)	<b>Raspaduras</b>
<b>Observaciones:</b>			
Los datos técnicos de la grasa Mystik se obtuvieron del (Anexo A. 4)			



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	2( probeta 5.2)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	12/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #2	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	MYSTIK	Marca del rodamiento	FBJ
Índice de viscosidad	116	Peso inicial	<b>0.8642 (gr)</b>
Viscosidad cinemática 40 ° C	663	Volumen inicial	0.3 ml
Temperatura inicial	21° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo				
<p>Peso del rodamiento (gr)</p> <table border="1"> <tr> <td>Inicial</td> <td>0,8642</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>0,8639</td> </tr> </table>	Inicial	0,8642	Final	0,8639	
Inicial	0,8642				
Final	0,8639				

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>10</b>	Peso final (gr)	<b>0.8639</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>29</b>	% de desgaste en masa	<b>0.035</b>
Extrema presión (Lb)	<b>5</b>	Longitud huella (mm)	<b>Raspaduras</b>

**Observaciones:**

Los datos técnicos de la grasa Mystik se obtuvieron del (Anexo A. 4)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	3( probeta 5.3)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	12/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #2	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	MYSTIK	Marca del rodamiento	FBJ
Índice de viscosidad	116	Peso inicial	<b>0.8647</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	663	Volumen inicial	0.3 ml
Temperatura inicial	21° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two orange bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0,8637 to 0,8642. The x-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar reaches the 0,8642 mark, and the 'Final' bar reaches the 0,8639 mark.</p>	<p>A close-up photograph of a spherical bearing. A dark, circular mark is visible on the top surface, indicating the area of wear after the test.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>15</b>	Peso final (gr)	<b>0.8641</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>31</b>	% de desgaste en masa	<b>0.035</b>
Extrema presión (Lb)	<b>5</b>	Longitud huella (mm)	

**Observaciones:**

Los datos técnicos de la grasa Mystik se obtuvieron del (Anexo A. 4)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	4( probeta 5.4)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	12/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #2	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	MYSTIK	Marca del rodamiento	FBJ
Índice de viscosidad	116	Peso inicial	<b>0.8645 (gr)</b>
Viscosidad cinemática 40 ° C	663	Volumen inicial	0.3 ml
Temperatura inicial	21° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>The bar chart displays two orange bars representing the weight of the bearing at different stages. The first bar, labeled 'Inicial', reaches a value of 0.8645 on the y-axis. The second bar, labeled 'Final', reaches a value of 0.8637. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and has tick marks at 0.863, 0.8635, 0.864, and 0.8645.</p>	<p>A top-down photograph of a metal bearing. The surface shows a distinct, dark, circular area of wear or discoloration in the center, indicating the result of the test.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>20</b>	Peso final (gr)	<b>0.8637</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>36</b>	% de desgaste en masa	<b>0.093</b>
Extrema presión (Lb)	<b>5</b>	Longitud huella (mm)	

**Observaciones:**

Los datos técnicos de la grasa Mystik se obtuvieron del (Anexo A. 4)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	5( probeta 5.5)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	12/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #2	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	MYSTIK	Marca del rodamiento	FBJ
Índice de viscosidad	116	Peso inicial	<b>0.8647</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	663	Volumen inicial	0.3 ml
Temperatura inicial	21° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo				
<p>Peso del rodamiento (gr)</p> <table border="1"> <tr> <td>Inicial</td> <td>0,8647</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>0,8638</td> </tr> </table>	Inicial	0,8647	Final	0,8638	
Inicial	0,8647				
Final	0,8638				

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>25</b>	Peso final (gr)	<b>0.8638</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>37</b>	% de desgaste en masa	<b>0.104</b>
Extrema presión (Lb)	<b>5</b>	Longitud huella (mm)	

**Observaciones:**

Los datos técnicos de la grasa Mystik se obtuvieron del (Anexo A. 4)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	6( probeta 5.6)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	12/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #2	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	MYSTIK	Marca del rodamiento	FBJ
Índice de viscosidad	116	Peso inicial	<b>0.8649</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	663	Volumen inicial	0.3 ml
Temperatura inicial	21° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo				
<p>Peso del rodamiento (gr)</p> <table border="1"> <tr> <td>Inicial</td> <td>0,8649</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>0,8639</td> </tr> </table>	Inicial	0,8649	Final	0,8639	
Inicial	0,8649				
Final	0,8639				

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>30</b>	Peso final (gr)	<b>0.8639</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>39</b>	% de desgaste en masa	<b>0.116</b>
Extrema presión (Lb)	<b>5</b>	Longitud huella (mm)	

**Observaciones:**

Los datos técnicos de la grasa Mystik se obtuvieron del (Anexo A. 4)





**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	7( probeta 5.7)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	12/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 625, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #2	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	MYSTIK	Marca del rodamiento	FBJ
Índice de viscosidad	116	Peso inicial	<b>0.8647</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	663	Volumen inicial	0.3 ml
Temperatura inicial	21° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>Bar chart showing the weight difference of the bearing. The Y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 0,863 to 0,865. The X-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar has a value of 0,8649 and the 'Final' bar has a value of 0,8639.</p>	

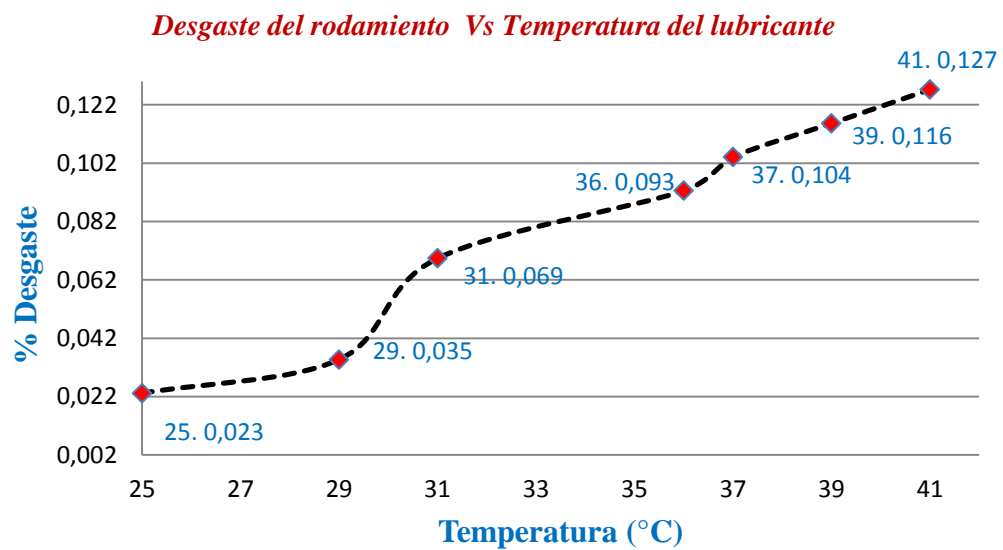
Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>35</b>	Peso final (gr)	<b>0.8636</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>41</b>	% de desgaste en masa	<b>0.127</b>
Extrema presión (Lb)	<b>5</b>	Longitud huella (mm)	

**Observaciones:**

Los datos técnicos de la grasa Mystik se obtuvieron del (Anexo A. 4)



La grafica representa el comportamiento entre la grasa MYSTIK NLG # 2 y el rodamiento 6202; evaluados en intervalos de 5 minutos con una fuerza de 3 lbf. Adquiriendo datos de variación de temperatura en el lubricante y diferencia de peso en el rodamiento.

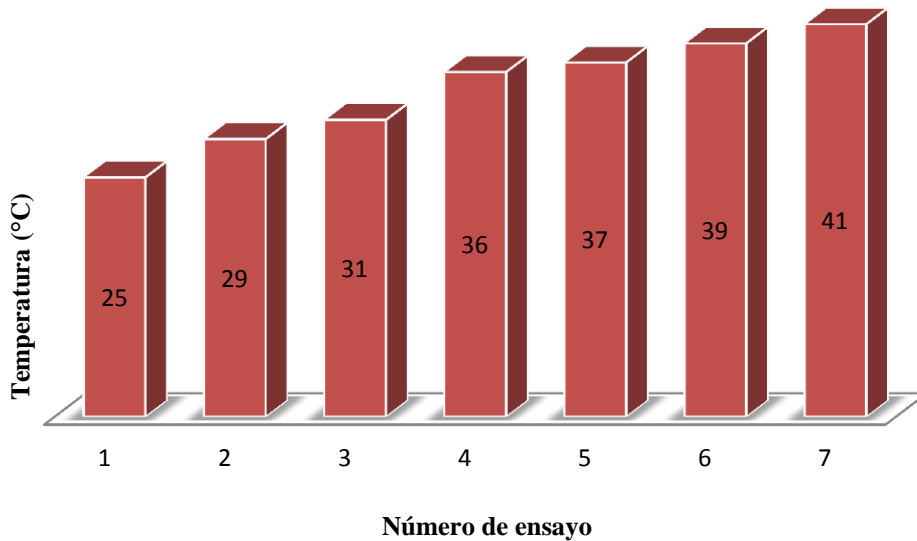


En este caso no se presenta ninguna longitud de huella en los rodamientos 6202, presentandose una raspadura muy fina que no es apreciable ni considerable.

La representación del incremento de temperatura esta dado en ° C, y se evaluó en la grasa MYSTIK NLG # 2 al final de cada ensayo, obteniendo la temperatura máxima del lubricante.

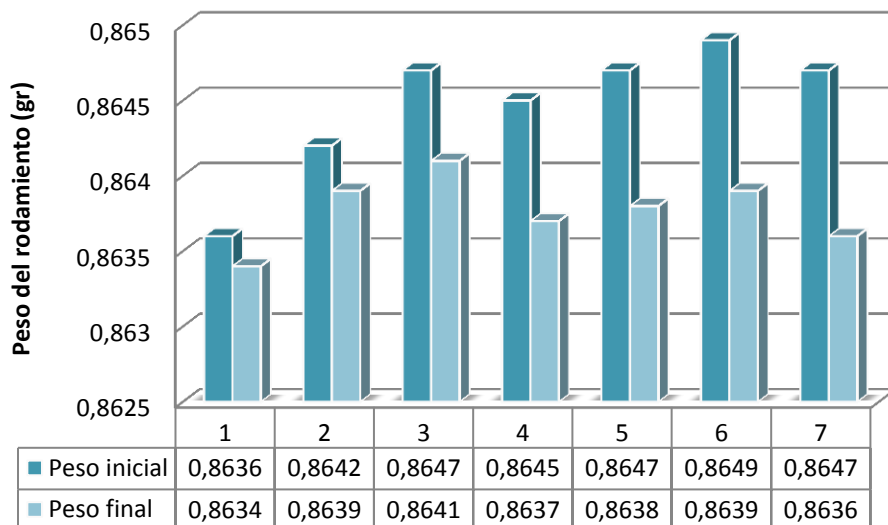
El lubricante inicia en todos los ensayos con una temperatura de 21 ° C.

### *Incremento de temperatura en el lubricante*



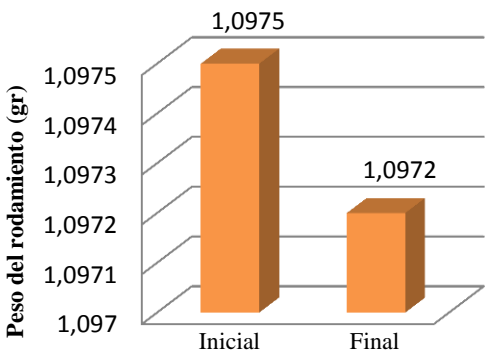
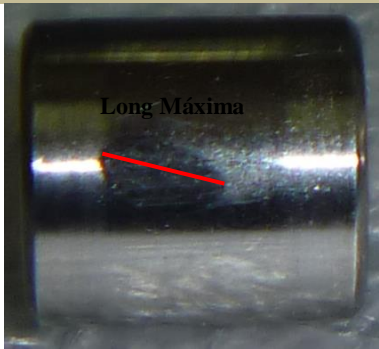


La variación de peso de los rodamientos se determinó; con la ayuda de la balanza analítica la cual tiene una precisión de 0.0001 (gr), lo cual nos permite tener datos precisos para la interpretación de los resultados.

### *Diferencia de pesos en el rodamiento 6202*



**4.2.10.- ANÁLISIS DE LA GRASA MYSTIK NLG #2 EN EL RODAMIENTO NJ202**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
<b>ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO</b>			
<b>Datos Informativos:</b>			
Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	1( probeta 5.1)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	12/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782,		
<b>DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE</b>			
<b>Características del lubricante</b>		<b>Características del rodamiento</b>	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #2	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	MYSTIK	Marca del rodamiento	SKF
Índice de viscosidad	116	Peso inicial	<b>1.0975 (gr)</b>
Viscosidad cinemática 40 ° C	663	Volumen inicial	0.5 ml
Temperatura inicial	21° C	Carga aplicada	3 (Lb)
<b>RESULTADO:</b>			
<b>Diferencia de peso del rodamiento</b>		<b>Huella resultante del ensayo</b>	
			
<b>Resultados lubricante</b>		<b>Resultados rodamiento</b>	
Tiempo de lubricación (min)	<b>5</b>	Peso final (gr)	<b>1.0972</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>29</b>	% de desgaste en masa	<b>0.027</b>
Extrema presión (Lb)	<b>5</b>	Longitud huella (mm)	<b>2.02</b>
<b>Observaciones:</b>			
Los datos técnicos de la grasa Mystik se obtuvieron del (Anexo A. 4)			



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	2( probeta 5.2)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	12/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #2	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	MYSTIK	Marca del rodamiento	SKF
Índice de viscosidad	116	Peso inicial	<b>1.0983</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	663	Volumen inicial	0.5 ml
Temperatura inicial	21° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>Bar chart showing the weight difference of the bearing. The Y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,0974 to 1,0984. The X-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar is at 1,0983 and the 'Final' bar is at 1,0978.</p>	<p>Microscopic image of the bearing surface showing a wear track. A red line indicates the 'Long Máxima' (Maximum Length) of the wear track.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>10</b>	Peso final (gr)	<b>1.0978</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>34</b>	% de desgaste en masa	<b>0.046</b>
Extrema presión (Lb)	<b>5</b>	Longitud huella (mm)	<b>2.5</b>

**Observaciones:**

Los datos técnicos de la grasa Mystik se obtuvieron del (Anexo A. 4)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	3( probeta 5.3)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	12/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #2	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	MYSTIK	Marca del rodamiento	SKF
Índice de viscosidad	116	Peso inicial	<b>1.0974 (gr)</b>
Viscosidad cinemática 40 ° C	663	Volumen inicial	0.5 ml
Temperatura inicial	21° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two orange bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,0964 to 1,0974. The first bar, labeled 'Inicial', reaches the 1,0974 mark. The second bar, labeled 'Final', reaches the 1,0968 mark.</p>	<p>A microscopic image of a bearing surface. A dark, elongated wear mark is visible. A red line is drawn across the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>15</b>	Peso final (gr)	<b>1.0968</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>36</b>	% de desgaste en masa	<b>0.055</b>
Extrema presión (Lb)	<b>5</b>	Longitud huella (mm)	<b>3.36</b>

**Observaciones:**

Los datos técnicos de la grasa Mystik se obtuvieron del (Anexo A. 4)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	4( probeta 5.4)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	12/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #2	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	MYSTIK	Marca del rodamiento	SKF
Índice de viscosidad	116	Peso inicial	<b>1.0976 (gr)</b>
Viscosidad cinemática 40 ° C	663	Volumen inicial	0.5 ml
Temperatura inicial	21° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two orange bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,0964 to 1,0976 in increments of 0.0002. The first bar, labeled 'Inicial', reaches the 1,0976 mark. The second bar, labeled 'Final', reaches the 1,0969 mark.</p>	<p>A photograph of a cylindrical bearing with a dark, horizontal wear mark. A red line is drawn across the mark, labeled 'Long Máxima'.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>20</b>	Peso final (gr)	<b>1.0969</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>37</b>	% de desgaste en masa	<b>0.064</b>
Extrema presión (Lb)	<b>5</b>	Longitud huella (mm)	<b>2.46</b>

**Observaciones:**

Los datos técnicos de la grasa Mystik se obtuvieron del (Anexo A. 4)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	5( probeta 5.5)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	12/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #2	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	MYSTIK	Marca del rodamiento	SKF
Índice de viscosidad	116	Peso inicial	<b>1.0975</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	663	Volumen inicial	0.5 ml
Temperatura inicial	21° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two orange bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,096 to 1,0975. The x-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar reaches the 1,0975 mark, and the 'Final' bar reaches the 1,0967 mark.</p>	<p>A photograph of a cylindrical bearing with a dark, circular wear mark on its surface. A red line is drawn across the mark, and the text 'Long Máxima' is written above it.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>25</b>	Peso final (gr)	<b>1.0967</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>43</b>	% de desgaste en masa	<b>0.073</b>
Extrema presión (Lb)	<b>5</b>	Longitud huella (mm)	<b>2.9</b>

**Observaciones:**

Los datos técnicos de la grasa Mystik se obtuvieron del (Anexo A. 4)





**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	6( probeta 5.6)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	12/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #2	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	MYSTIK	Marca del rodamiento	SKF
Índice de viscosidad	116	Peso inicial	<b>1.0985 (gr)</b>
Viscosidad cinemática 40 ° C	663	Volumen inicial	0.5 ml
Temperatura inicial	21° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with two orange bars. The y-axis is labeled 'Peso del rodamiento (gr)' and ranges from 1,0965 to 1,0985. The first bar, labeled 'Inicial', reaches the 1,0985 mark. The second bar, labeled 'Final', reaches the 1,0974 mark.</p>	<p>A photograph of a cylindrical metal bearing. A dark, elongated wear mark is visible on its surface. A red horizontal line is drawn across the widest part of the mark, with the text 'Long Máxima' written above it.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>30</b>	Peso final (gr)	<b>1.0974</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>50</b>	% de desgaste en masa	<b>0.1</b>
Extrema presión (Lb)	<b>5</b>	Longitud huella (mm)	<b>3.2</b>

**Observaciones:**

Los datos técnicos de la grasa Mystik se obtuvieron del (Anexo A. 4)



**ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO**

**Datos Informativos:**

Tipo de estudio:	De laboratorio	Ensayo N °:	7( probeta 5.7)
Lugar de estudio:	Lab. de Materiales FICM	Fecha:	12/09/2013
Realizado por:	Egdo. Montalvo D.	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Normas aplicables:	DIN 5412, ASTM D 2782,		

**DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE**

Características del lubricante		Características del rodamiento	
Tipo de lubricante	Grasa NLG #2	Tipo de rodamiento	6202
Marca del lubricante	MYSTIK	Marca del rodamiento	SKF
Índice de viscosidad	116	Peso inicial	<b>1.0999</b> (gr)
Viscosidad cinemática 40 ° C	663	Volumen inicial	0.5 ml
Temperatura inicial	21° C	Carga aplicada	3 (Lb)

**RESULTADO:**

Diferencia de peso del rodamiento	Huella resultante del ensayo
<p>A 3D bar chart with the y-axis labeled 'Peso del rodamiento (gr)' ranging from 1,0975 to 1,1. The x-axis has two categories: 'Inicial' and 'Final'. The 'Inicial' bar reaches the 1,0999 mark, and the 'Final' bar reaches the 1,0985 mark.</p>	<p>A photograph of a cylindrical metal bearing. A dark, elongated wear mark is visible on its surface. A horizontal red line is drawn across the mark, with the text 'Long Máxima' written above it.</p>

Resultados lubricante		Resultados rodamiento	
Tiempo de lubricación (min)	<b>35</b>	Peso final (gr)	<b>1.0985</b>
Temperatura máxima (° C)	<b>51</b>	% de desgaste en masa	<b>0.127</b>
Extrema presión (Lb)	<b>5</b>	Longitud huella (mm)	<b>2.8</b>

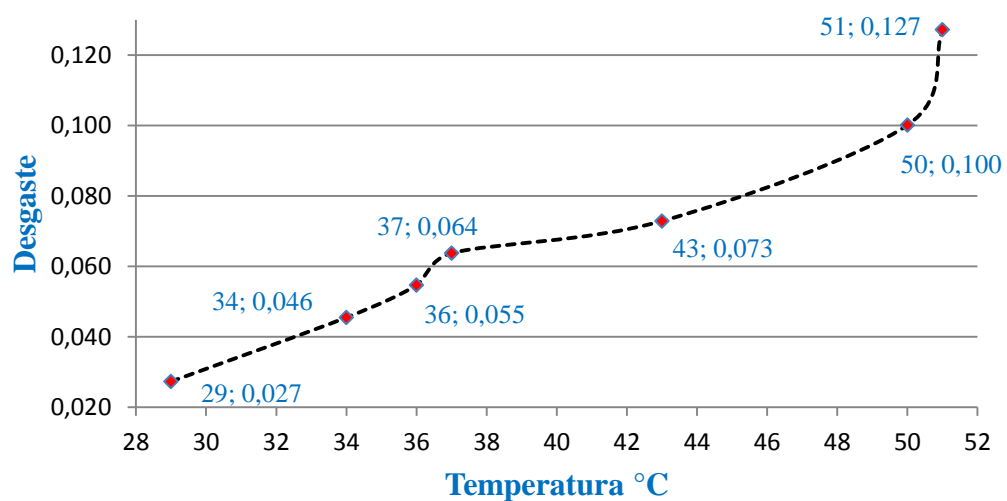
**Observaciones:**

Los datos técnicos de la grasa Mystik se obtuvieron del (Anexo A. 4)



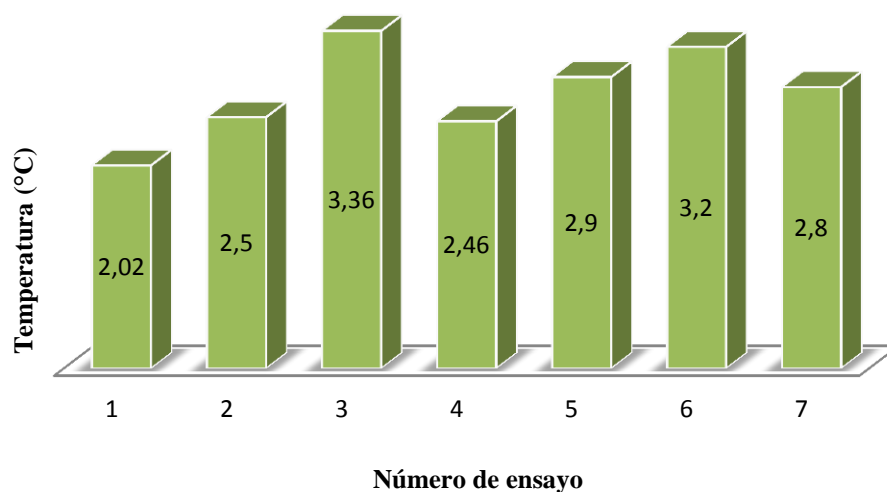
La grafica representa el comportamiento entre la grasa MYSTIK NLG # 2 y el rodamiento NJ202; evaluados en intervalos de 5 minutos con una fuerza de 3 lb. Adquiriendo datos de variación de temperatura en el lubricante y diferencia de peso en el rodamiento.

### *Desgaste del Rodamiento Vs Temperatura del lubricante*



En este grafico interpreta la longitud máxima de la huella; que se produce en el rodamiento analizado durante el ensayo, para lo cual se requiere de un calibrador digital para una mejor apreciación del resultado.

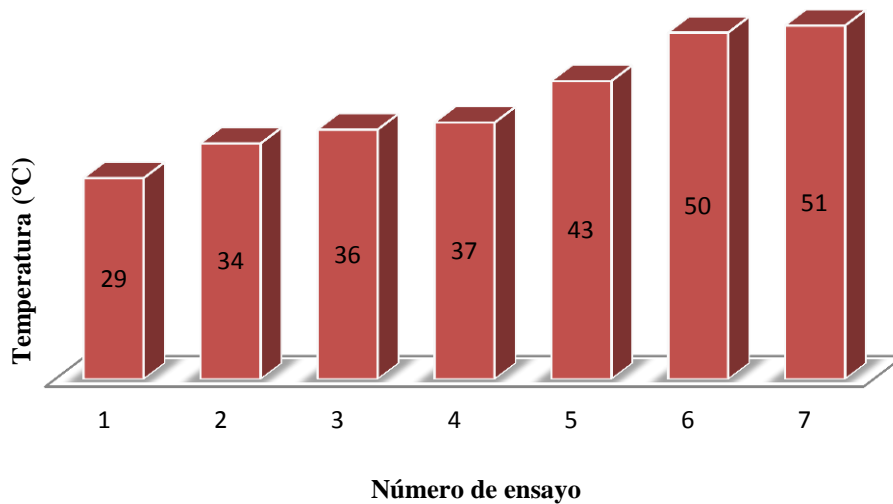
### *Longitud máxima de la huella en el rodamiento NJ202*



La representación del incremento de temperatura esta dado en ° C, y se evaluó en la grasa MYSTIK NLG #2 al final de cada ensayo, obteniendo la temperatura máxima del lubricante.

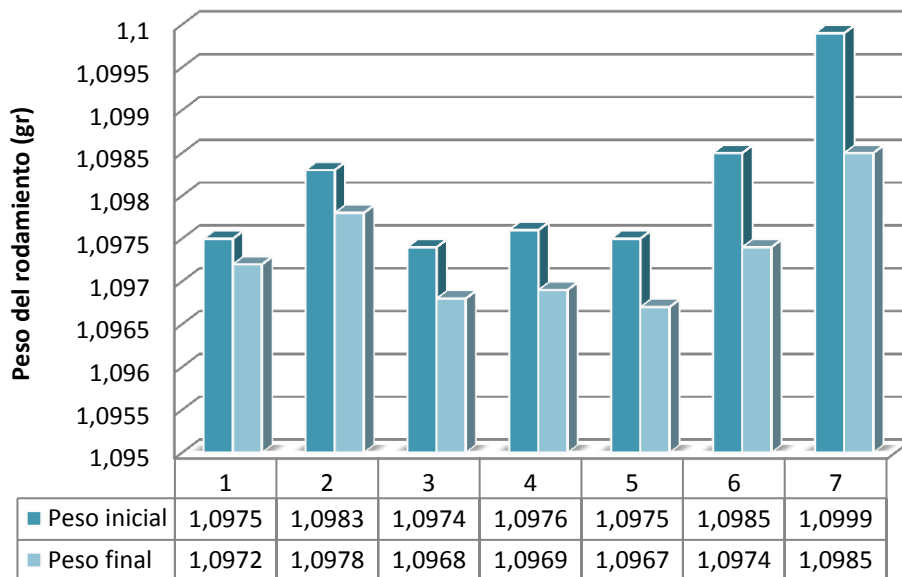
El lubricante inicia en todos los ensayos con una temperatura de 21 ° C.

***Incremento de temperatura en la grasa MYSTIK NLG #2***



La variación de peso de los rodamientos se determinó; con la ayuda de la balanza analítica la cual tiene una precisión de 0.0001 (gr), lo cual nos permite tener datos precisos para la interpretación de los resultados.

***Diferencia de pesos en el rodamiento NJ202***



### 4.3.- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

#### 4.3.1.- INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE DESGASTE.

##### 4.3.1.1.- Tabulación de resultados

**Tabla 4.4.** Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento 6202 y el aceite 85W-140 con una fuerza constante de 10 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.

	Tiempo (min)	Tf (°C)	Desgaste (%)	Long. Huella (mm)	Diferencia de pesos (gr)
PROBETA 1,1	35	58	0,371	2,66	0,0032
PROBETA 1,2	30	56	0,209	2,21	0,0018
PROBETA 1,3	25	55	0,151	2,13	0,0013
PROBETA 1,4	20	54	0,116	2,05	0,0010
PROBETA 1,5	15	52	0,081	1,78	0,0007
PROBETA 1,6	10	51	0,058	1,40	0,0005
PROBETA 1,7	5	50	0,046	1,39	0,0004
PROMEDIO	20	53,71	0,147	1,95	0,0013

(Fuente: Autor)

**Tabla 4.5.** Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento NJ202 y el aceite 85W-140 con una fuerza constante de 10 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.

	Tiempo (min)	Tf (°C)	Desgaste (%)	Long. Huella (mm)	Diferencia de pesos (gr)
PROBETA 1,1	5	45	0,009	1,30	0,0001
PROBETA 1,2	10	51	0,018	2,90	0,0002
PROBETA 1,3	15	54	0,027	3,05	0,0003
PROBETA 1,4	20	56	0,064	3,37	0,0007
PROBETA 1,5	25	58	0,082	3,39	0,0009
PROBETA 1,6	30	60	0,091	3,96	0,0010
PROBETA 1,7	35	63	0,109	4,05	0,0012
PROMEDIO	20	55,29	0,057	3,15	0,0006

**Tabla 4.6.** Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento 6202 y el aceite 25W-50 con una fuerza constante de 10 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.

	Tiempo (min)	Tf (°C)	Desgaste (%)	Long. Huella (mm)	Diferencia de pesos (gr)
PROBETA 2,1	5	42	0,012	1,20	0,0001
PROBETA 2,2	10	44	0,023	1,29	0,0002
PROBETA 2,3	15	46	0,046	1,34	0,0004
PROBETA 2,4	20	49	0,058	1,40	0,0005
PROBETA 2,5	25	52	0,069	1,49	0,0006
PROBETA 2,6	30	53	0,093	1,52	0,0008
PROBETA 2,7	35	56	0,139	1,56	0,0012
PROMEDIO	20	48,86	0,063	1,40	0,0005

(Fuente: Autor)

**Tabla 4.7.** Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento NJ202 y el aceite 25W-50 con una fuerza constante de 10 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.

	Tiempo (min)	Tf (°C)	Desgaste (%)	Long. Huella (mm)	diferencia de pesos (gr)
PROBETA 2,1	5	41	0,018	1,69	0,0002
PROBETA 2,2	10	45	0,064	2,07	0,0007
PROBETA 2,3	15	49	0,082	2,96	0,0009
PROBETA 2,4	20	53	0,100	3,08	0,0011
PROBETA 2,5	25	54	0,109	3,19	0,0012
PROBETA 2,6	30	56	0,118	3,22	0,0013
PROBETA 2,7	35	59	0,145	3,27	0,0016
PROMEDIO	20	51	0,091	2,78	0,0010

(Fuente: Autor)

**Tabla 4.8.** Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento 6202 y el aceite 15W-40 con una fuerza constante de 10 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.

	Tiempo (min)	Tf (°C)	Desgaste (%)	Long. Huella (mm)	Diferencia de pesos (gr)
PROBETA 3,1	5	42	8,580	4,94	0,0741
PROBETA 3,2	10	45	9,712	4,16	0,0839
PROBETA 3,3	15	49	13,208	5,46	0,1141
PROBETA 3,4	20	52	14,301	5,25	0,1234
PROBETA 3,5	25	54	14,909	5,30	0,1288
PROBETA 3,6	30	61	15,315	4,89	0,1324
PROBETA 3,7	35	63	16,179	5,45	0,1398
PROMEDIO	<b>20</b>	<b>52,29</b>	<b>13,17</b>	<b>5,06</b>	<b>0,1140</b>

(Fuente: Autor)

**Tabla 4.9.** Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento NJ202 y el aceite 15W-40 con una fuerza constante de 10 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.

	Tiempo (min)	Tf (°C)	Desgaste (%)	Long. Huella (mm)	Diferencia de pesos (gr)
PROBETA 3,1	5	43	0,164	4,20	0,0018
PROBETA 3,2	10	46	0,264	4,95	0,0029
PROBETA 3,3	15	48	0,372	5,32	0,0041
PROBETA 3,4	20	52	0,417	5,34	0,0046
PROBETA 3,5	25	57	0,435	5,36	0,0048
PROBETA 3,6	30	59	0,454	5,36	0,0050
PROBETA 3,7	35	62	0,472	5,36	0,0052
PROMEDIO	<b>20</b>	<b>52,43</b>	<b>0,368</b>	<b>5,13</b>	<b>0,0040</b>

(Fuente: Autor)

**Tabla 4.10.** Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento 6202 y la grasa ABRO SYNTHETIC LITHIUM # 3 con una fuerza constante de 3 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.

	Tiempo (min)	Tf (°C)	Desgaste (%)	Long. Huella (mm)	Diferencia de pesos (gr)
PROBETA 4,1	5	22	0,012	0	0,0001
PROBETA 4,2	10	24	0,023	0	0,0002
PROBETA 4,3	15	27	0,035	0	0,0003
PROBETA 4,4	20	30	1,950	0	0,0168
PROBETA 4,5	25	35	7,269	3.44	0,0628
PROBETA 4,6	30	42	9,780	4.07	0,0844
PROBETA 4,7	35	49	13,773	5.05	0,1190
PROMEDIO	20	32,71	4,692	1.79	0,0405

(Fuente: Autor)

**Tabla 4.11.** Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento NJ202 y la grasa ABRO SYNTHETIC LITHIUM # 3 con una fuerza constante de 3 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.

	Tiempo (min)	Tf (°C)	Desgaste (%)	Long. Huella (mm)	Diferencia de pesos (gr)
PROBETA 4,1	5	40	0,401	5,94	0,0044
PROBETA 4,2	10	44	0,510	5,96	0,0056
PROBETA 4,3	15	46	0,538	5,97	0,0059
PROBETA 4,4	20	49	0,547	5,97	0,0060
PROBETA 4,5	25	51	0,628	5,96	0,0069
PROBETA 4,6	30	51	0,630	5,95	0,0069
PROBETA 4,7	35	51	0,711	5,96	0,0078
PROMEDIO	20	47,43	0,566	5,96	0,0060

(Fuente: Autor)

**Tabla 4.12.** Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento 6202 y la grasa MYSTIK # 2 con una fuerza constante de 3 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.

	Tiempo (min)	Tf (°C)	Desgaste (%)	Long. Huella (mm)	Diferencia de pesos (gr)
PROBETA 5,1	5	25	0,023	0	0,0002
PROBETA 5,2	10	29	0,035	0	0,0003
PROBETA 5,3	15	31	0,069	0	0,0006
PROBETA 5,4	20	36	0,093	0	0,0008



<b>PROBETA 5,5</b>	25	37	0,104	0	0,0009
<b>PROBETA 5,6</b>	30	39	0,116	0	0,0010
<b>PROBETA 5,7</b>	35	41	0,127	0	0,0011
<b>PROMEDIO</b>	<b>20</b>	<b>34</b>	<b>0,081</b>	<b>0</b>	<b>0,0007</b>

(Fuente: Autor)

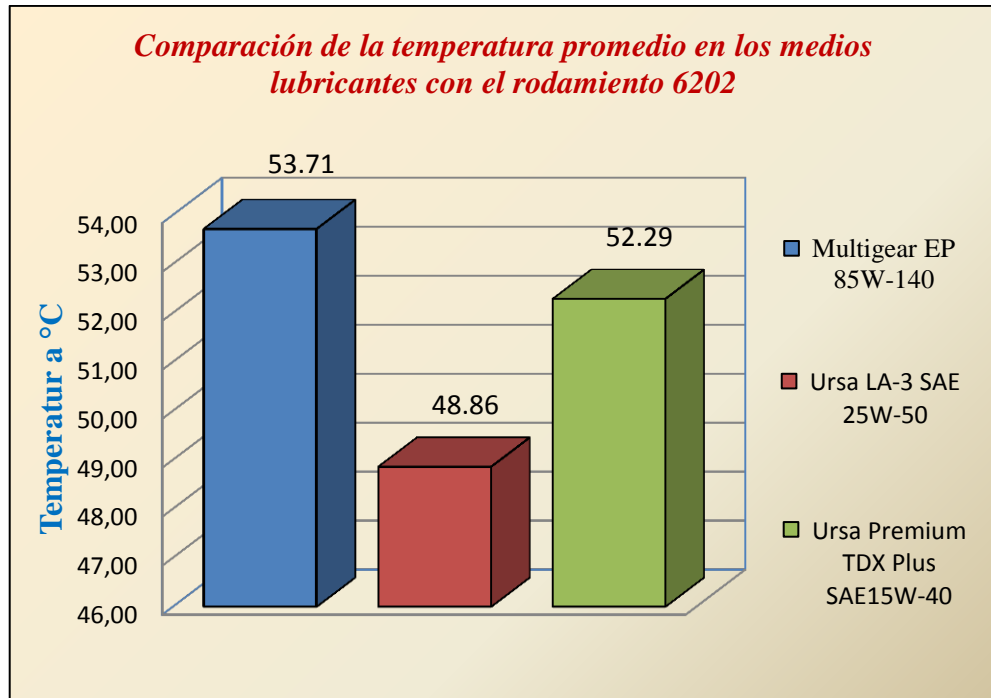
**Tabla 4.13.** Resultados de los ensayos de velocidad de desgaste entre el rodamiento NJ202 y la grasa MYSTIK # 2 con una fuerza constante de 3 lb evaluados en diferentes tiempos con incrementos de 5 min.

	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Tf (°C)</b>	<b>Desgaste (%)</b>	<b>Long. Huella (mm)</b>	<b>Diferencia de pesos (gr)</b>
<b>PROBETA 5,1</b>	5	29	0,027	2,02	0,0003
<b>PROBETA 5,2</b>	10	34	0,046	2,50	0,0005
<b>PROBETA 5,3</b>	15	36	0,055	3,36	0,0006
<b>PROBETA 5,4</b>	20	37	0,064	2,46	0,0007
<b>PROBETA 5,5</b>	25	43	0,073	2,90	0,0008
<b>PROBETA 5,6</b>	30	50	0,100	3,20	0,0011
<b>PROBETA 5,7</b>	35	51	0,127	2,80	0,0014
<b>PROMEDIO</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>0,070</b>	<b>2,75</b>	<b>0,0008</b>

(Fuente: Autor)

#### 4.3.1.1.- Representación gráfica de resultados

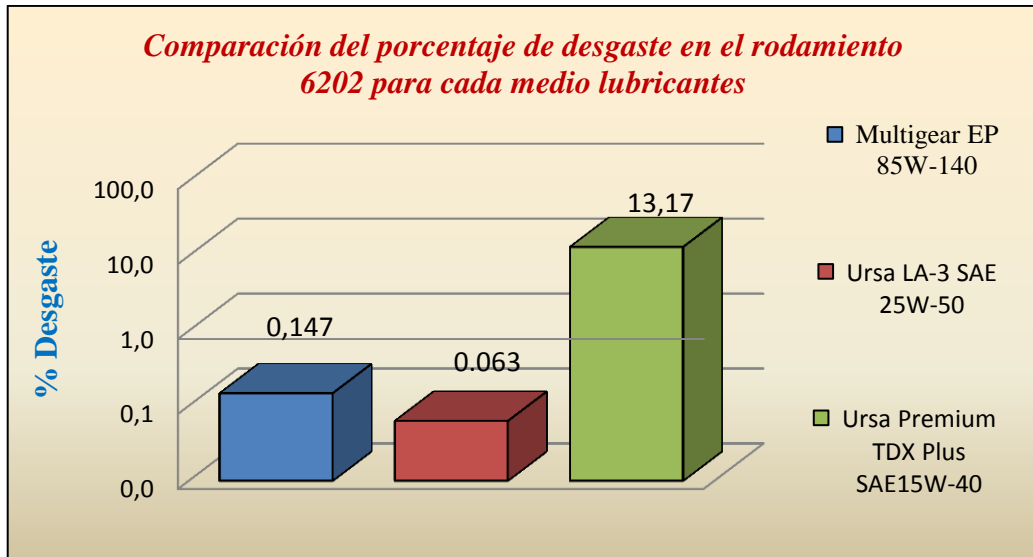
Los resultados obtenidos en los ensayos con los rodamientos 6202 y NJ202 y los lubricantes 85W-140, 25W-50 y 15W-40, se los compara entre sí por medio de graficas de barras las mismas que permiten apreciar de una forma más clara los cambios que se producen durante los ensayos, logrando comparar los cambios producidos en el lubricante y el rodamiento.



**Figura 4.1** Temperatura promedio de los lubricantes; con el rodamiento 6202

**Fuente:** Autor

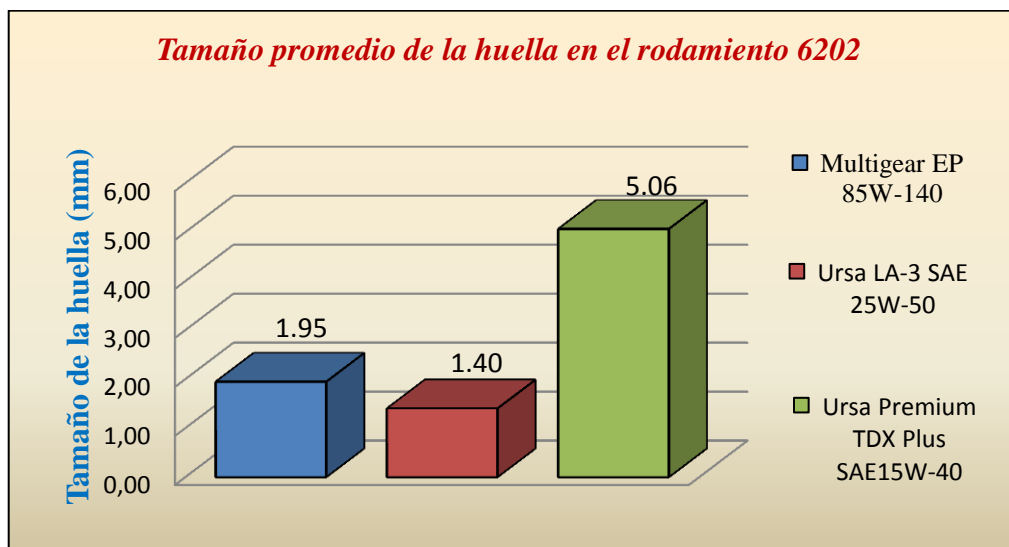
En la figura 4.1 se puede observar el comportamiento de la temperatura promedio en los lubricantes, los cuales están evaluados bajo las mismas condiciones de trabajo como son tiempo promedio 20 minutos, temperatura inicial de 40 °C, velocidad constante de 800 rpm y fuerza de 10 lb. Por lo que se puede apreciar que los lubricantes 85W-140, 25W-50 y 15W-40 alcanzan temperaturas similares en un mismo periodo de tiempo, tomando en cuenta el desempeño de cada lubricante la temperatura influye directamente en la variación de sus propiedades y por consecuencia en el desgaste de los rodamientos.



**Figura 4.2** Porcentaje de desgaste en el rodamiento 6202

**Fuente:** Autor

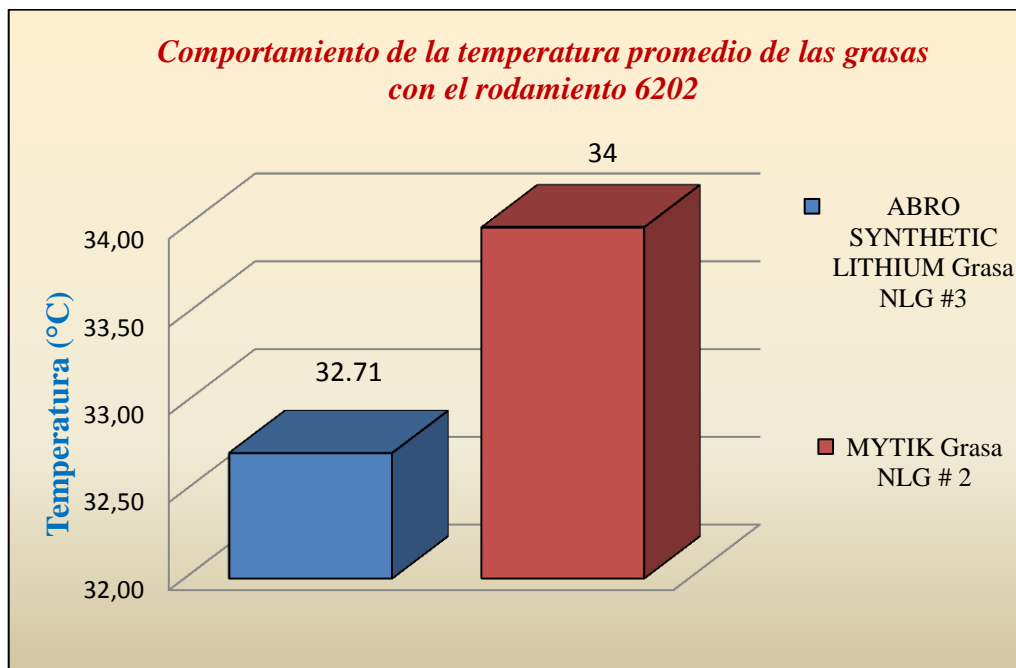
La figura 4.2 indica el porcentaje de desgaste en el rodamiento 6202 durante un tiempo de 20 min, fuerza 10 lb y velocidad 800 rpm, donde resalta un desgaste acelerado con el lubricante 15W-40 alcanzando un valor del 13.17% de desgaste relacionado con los lubricantes 85W-140 y 25W-50 el desgaste es considerable existiendo una variación aproximada del 12%.



**Figura 4.3** Tamaño de la huella en el rodamiento 6202, de marca FBJ.

**Fuente:** Autor

La figura 4.3 indica la longitud máxima promedio que se ocasiona durante el ensayo con el rodamiento 6202 y los lubricantes seleccionados, observando la variación que existe al aplicar diferentes tipos de aceite, tomando en cuenta que el lubricante 15W-40 que genera la mayor longitud de desgaste 5.06 mm; los lubricantes 85W-140 y 25W-50 tienen una diferencia de 0.5 mm. La misma que se obtiene por medio de un calibrador digital el cual ayuda a reducir el porcentaje de error.

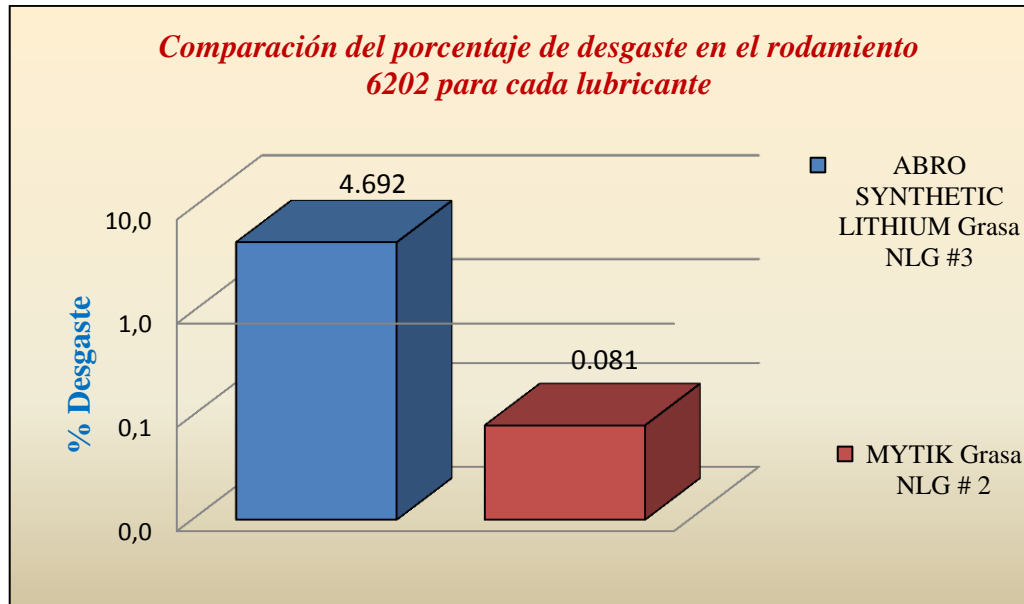


**Figura 4.4** Comportamiento de la temperatura promedio del lubricante

**Fuente:** Autor

La figura 4.4 enseña el incremento de temperatura que presentan las grasas al someterse a una carga constante de 3 lb, velocidad de 800 rpm y tiempo promedio de 20 min; las misas que inician con una temperatura ambiente de 20 °C.

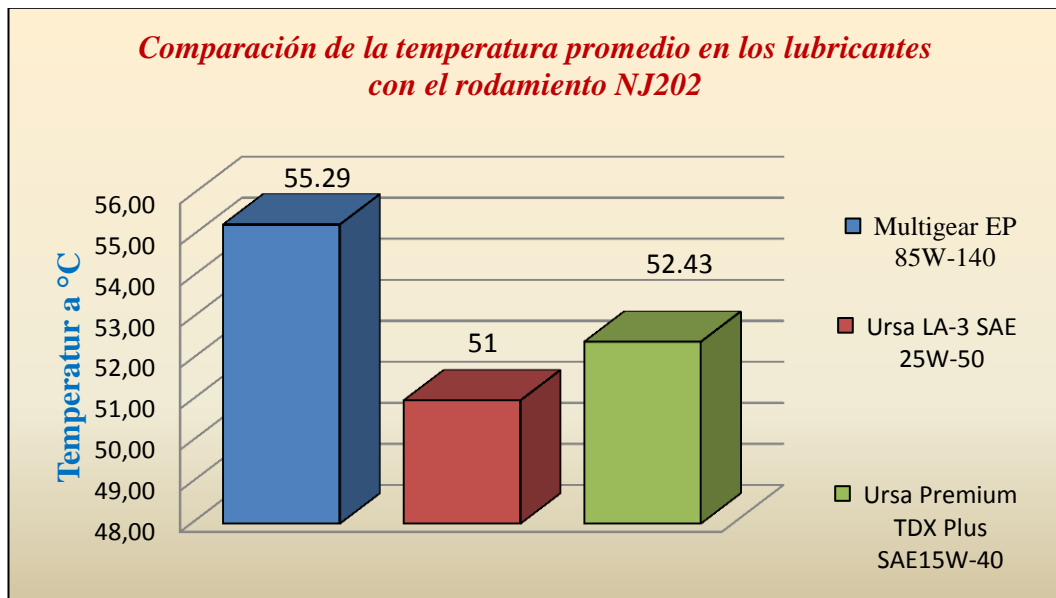
Observando una mínima diferencia de 1.3 °C en su incremento de temperatura, comparando en este caso que la temperatura tiene una diferencia mínima; pero en el desgaste si existe una diferencia significativa dentro del estudio.



**Figura 4.5** Comportamiento del porcentaje de desgaste en el rodamiento 6202

**Fuente:** Autor

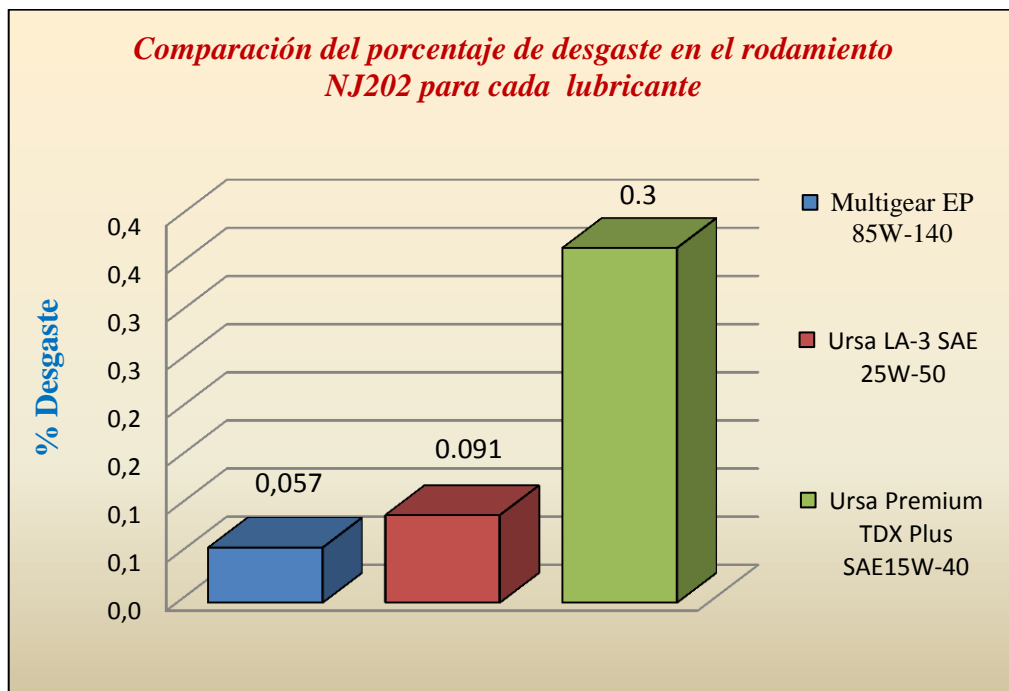
La figura 4.5 indica el porcentaje desgastado en el rodamiento 6202 durante el ensayo con las grasas indicadas, determinando que la grasa ABRO SYNTHETIC LITHIUM NLG #3 ocasiona un mayor desgaste al rodamiento de 4% con relación a la grasa MYTIK NLG #2



**Figura 4.6** Comparación de la temperatura promedio (° C), con una fuerza de 10 (lb)

**Fuente:** Autor

En la figura 4.6 se puede observar el comportamiento de la temperatura promedio de los lubricantes, en donde se evaluaron bajo las mismas condiciones de trabajo tiempo promedio de 20 minutos, temperatura inicial de 40 °C, velocidad constante de 800 rpm y fuerza de 10 lb. Por lo que se puede apreciar que los lubricantes 85W-140, 25W-50 y 15W-40 alcanzan temperaturas similares en un mismo periodo de tiempo, considerando que el ambiente en donde se realice el ensayo puede alterar en un mínimo porcentaje la temperatura.

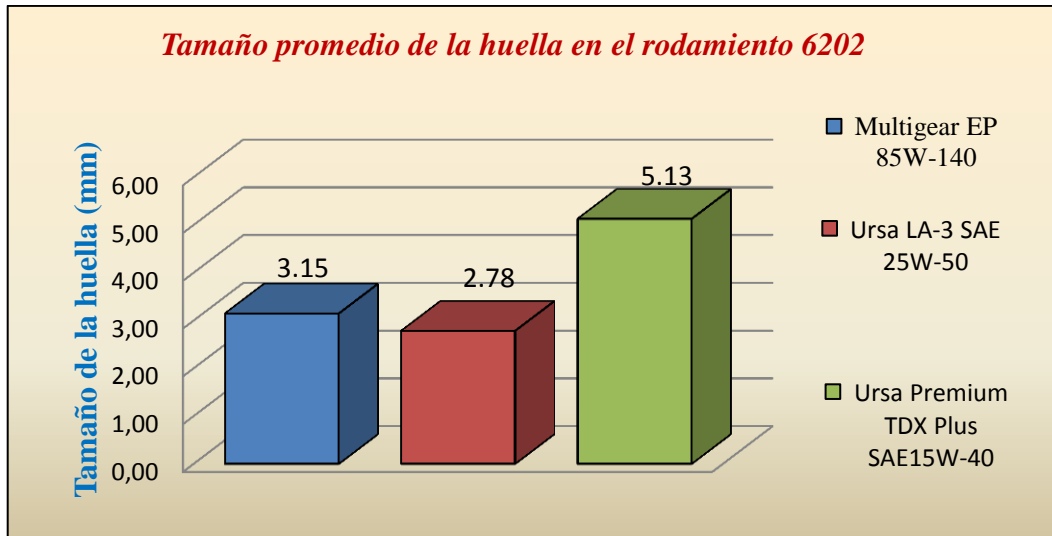


**Figura 4.7** Comparación del porcentaje de desgaste en el rodamiento NJ202

**Fuente:** Autor

La figura 4.7 indica el porcentaje de desgaste ocasionado en el rodamiento NJ202 durante un tiempo promedio de 20 min, fuerza 10 lb y velocidad 800 rpm, donde el máximo desgaste es de 0.3% con el lubricante 15W-40.

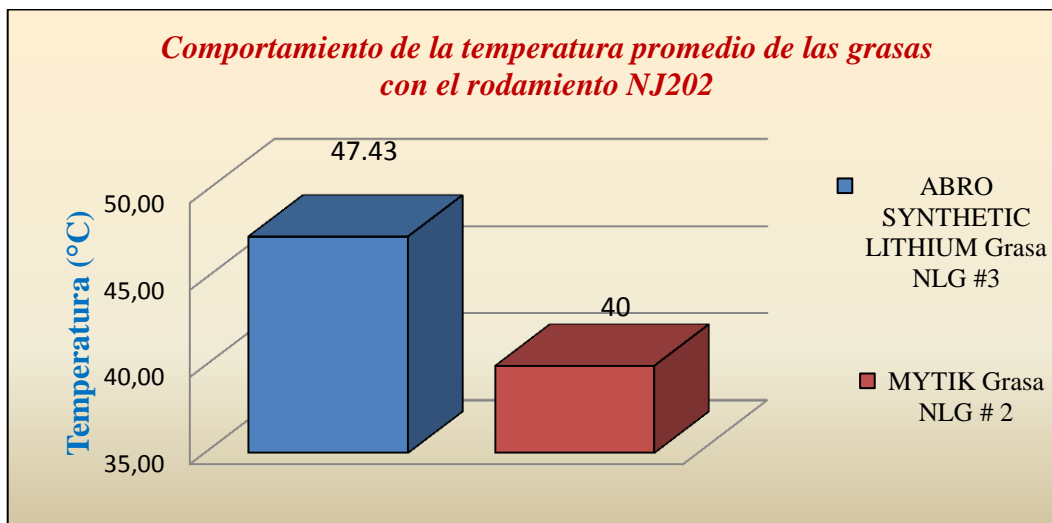
El desgaste se evaluó en intervalos de cinco minutos tomando siete probetas para cada lubricante; tomando su peso inicial al principio del estudio y analizando su peso final al culminar el ensayo; por medio de esta diferencia establecemos el desgaste en el rodamiento.



**Figura 4.8** Tamaño de la huella en el rodamiento NJ202, de marca SKF.

**Fuente:** Autor

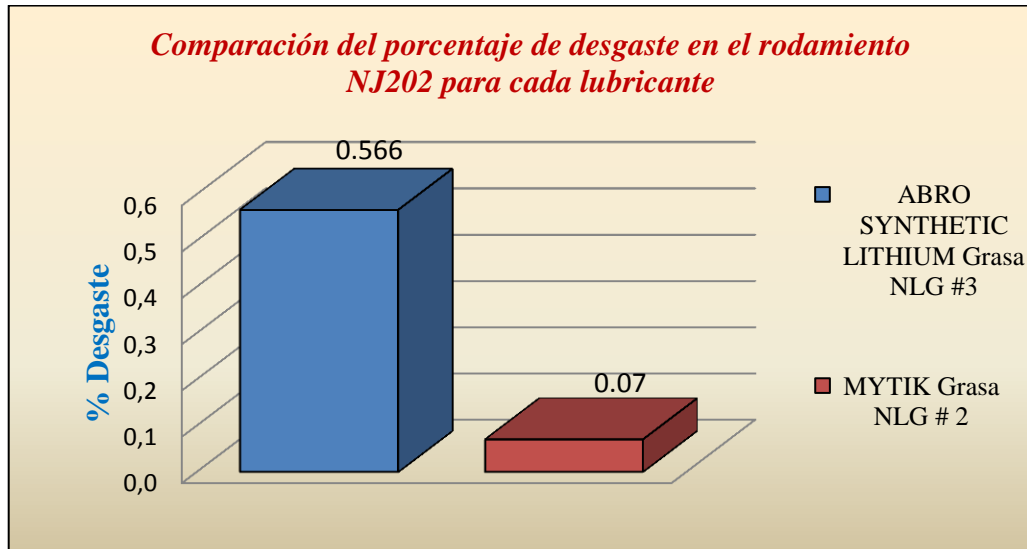
La figura 4.8 indica la longitud máxima promedio que se ocasiona durante el ensayo con el rodamiento NJ202 y los lubricantes seleccionados, observando la variación que existe al aplicar diferentes tipos de aceite, tomando en cuenta que el lubricante 15W-40 que genera la mayor longitud de desgaste 5.13 mm; los lubricantes 85W-140 y 25W-50 tienen una diferencia de 0.5 mm. La misma que se obtiene por medio de un calibrador digital el cual ayuda a reducir el porcentaje de error.



**Figura 4.9** Comportamiento de la temperatura promedio del lubricante (°C)

**Fuente:** Autor

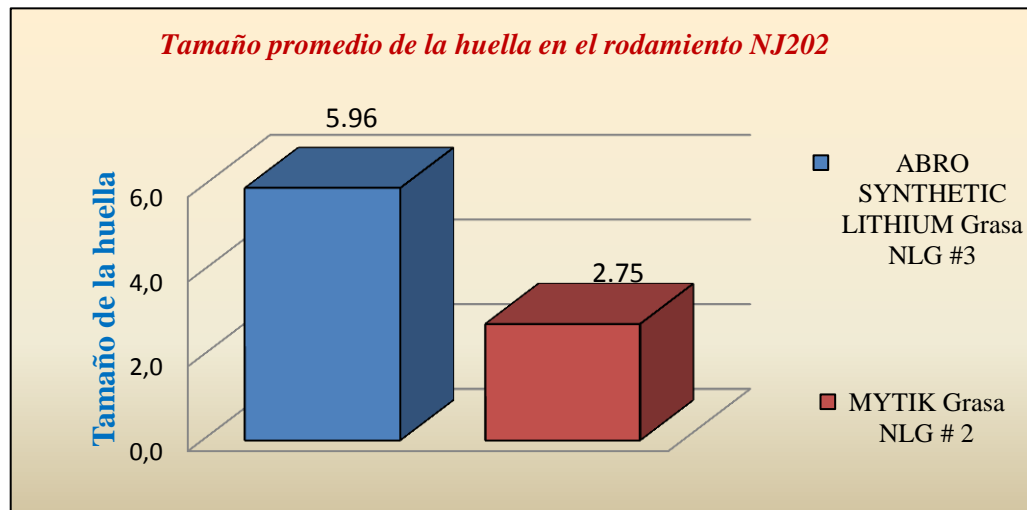
La figura 4.9 indica el incremento que sufren las grasas al someterse a una carga constante de 3 lb, velocidad de 800 rpm y un tiempo promedio de 20 min; las misas que inician con una temperatura ambiente de 20 °C.



**Figura 4.10** Comportamiento del porcentaje de desgaste en el rodamiento NJ202

**Fuente:** Autor

La figura 4.10 indica el porcentaje desgastado en el rodamiento NJ202 durante el ensayo con las grasas indicadas, determinando que la grasa ABRO NLG #3 ocasiona un mayor desgaste al rodamiento de 0.4% con relación a la grasa MYTIK NLG #2



**Figura 4.11** Tamaño de la huella en el rodamiento NJ202, de marca SKF.

**Fuente:** Autor

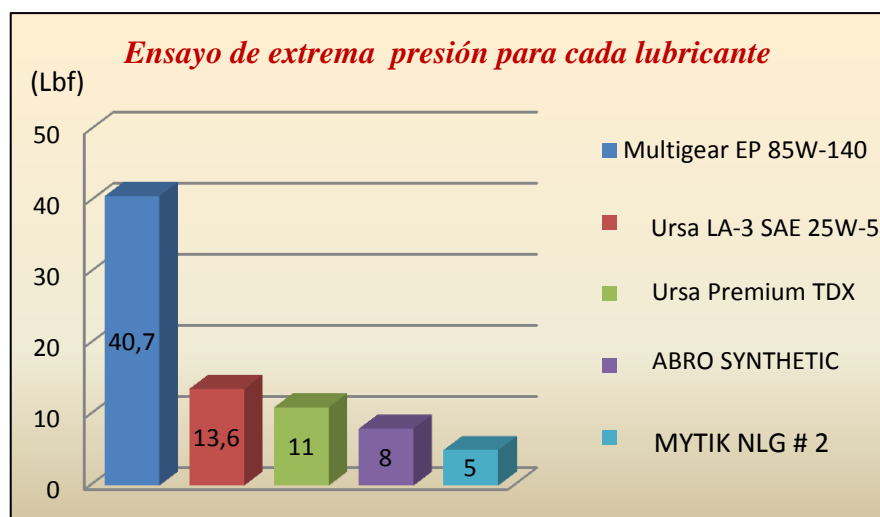


La figura 4.11 indica la longitud máxima promedio que se ocasiona durante el ensayo con el rodamiento NJ202 y los lubricantes seleccionados, observando la variación que existe al aplicar diferentes tipos de grasas, ya que la gras ABRO SYNTHETIC LITHIUM NLG #3, tiene una mayor longitud de desgaste 5.96 mm con respecto de la grasa MYTIK NLG #2, con una longitud de desgaste 2.75 mm.

**Tabla 4.14.** Interpretación de los resultados del ensayo de extrema presión.

	Lubricante	FUERZA (LB)
PROBETA 6,1	Multigear EP 85W-140	40.7
PROBETA 7,1	Ursa LA-3 SAE 25W-50	13.6
PROBETA 8,1	Ursa Premium TDX Plus SAE15W-40	11
PROBETA 9,1	ABRO SYNTHETIC LITHIUM NLG #3	8
PROBETA 10,1	MYTIK NLG # 2	5

(Fuente: Autor)



**Figura 4.12** Extrema presión soportada por cada lubricante.

Fuente: Autor

La figura 4.12 indica el comportamiento de cada lubricante al ser sometido a una presión por medio de pesos; los mismos que son colocados en forma consecutiva hasta observar que la capa del lubricante no soporta más peso y ocasiona un gran daño al rodamiento, de esta forma se puede apreciar en la figura la carga máxima que soporto cada lubricante y analizando los cinco lubricantes se observa que el lubricante Multigear EP 85W-140 tiene una mayor soporte para que se rompa la

capa lubricante consiguiendo soportar un peso de 40.7 libras, para este ensayo se realizó tres probetas por cada lubricante y se tomó su valor promedio.

#### **4.4.- VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.**

**HIPÓTESIS:** El análisis de medios lubricantes de los rodamientos 6202 y NJ202 permitirá reducir la velocidad de desgaste.

- Una vez que se ha realizado los ensayos de desgaste en los rodamientos 6202 y NJ202, analizados con los lubricantes Multigear EP 85W-140, Ursa LA-3 SAE 25W-50, Ursa Premium TDX Plus y SAE 15W-40 los cuales fueron evaluados con una fuerza de 10 lb, velocidad de 800 rpm, temperatura inicial de 40 °C, cada rodamiento se ensayó siete veces variando el tiempo en intervalos de 5 minutos, se puede comprobar dentro del estudio de los tres lubricantes existe variación en la temperatura, y en los dos rodamientos observamos diferente desgaste, longitud de hulla y diferencia de pesos en los rodamientos.
- Para los ensayos con las grasas ABRO SYNTHETIC LITHIUM NLG #3 y MYTIK NLG #2, se los realizo con una fuerza de 3 lb, velocidad de 800 rpm, temperatura ambiente 20 °C, en donde se realizaron siete ensayos con cada rodamiento, variando el tiempo en intervalos de 5 minutos, consiguiendo de esta forma obtener datos de variación de temperatura en el lubricante, y en el rodamiento diferencia de pesos, porcentaje de desgaste y longitud de la huella.
- Tanto en los aceites como en las grasa se obtuvo la variación de temperatura, recalcando que los aceites inician el ensayo con una temperatura de 40 °C y las grasas inician con una temperatura de 20 °C en comparación entre aceites y grasas, como muestran las figuras 4.1, 4.4, 4.6 y 4.9, donde se puede notar el incremento de temperatura en los diferentes medios lubricante siendo diferentes entre sí y relacionando en forma directa al desgaste.

- El porcentaje de desgaste se incrementa con respecto al tiempo del ensayo, lo que se puede verificar en las figuras 4.2, 4.5, 4.7, 4.10, donde el desgaste tiende a ser mayor en el rodamiento 6202 con un valor promedio de desgaste de 3.6%, mientras que en el rodamiento NJ202 existe un valor promedio de 0.23%.
- El análisis en el tamaño de la huella se representa en las figuras 4.3, 4.8, 4.11, inspeccionando que en el rodamiento NJ202 se produce una mayor longitud de huella debido a una mayor área de contacto que en el rodamiento 6202, considerando que la longitud de la huella no está relacionada directamente con el porcentaje de desgaste.
- Para el estudio de extrema presión en los medios de lubricación los cuales son 85W-140, 25W-50, 15W-40, ABRO SYNTHETIC LITHIUM NLG #3 y MYTIK NLG #2, las mismas que se verifican en la gráfica 4.12, lo que indica la capacidad máxima de carga que puede ser sostenida por el lubricante, en el estudio se analizan los cinco medios de lubricación determinando la carga máxima que soporta cada uno de ellos.

#### **4.4.1.- VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS POR SELECCIÓN ESTADÍSTICO.**

En nuestro caso el modelo estadístico que emplearemos es la prueba T para dos muestras relacionadas, ya que nuestro interés es verificar la condición inicial y final del rodamiento al variar el medio de lubricación.

##### **4.4.1.1.- Supuestos del modelo T de Student para dos muestras relacionadas**

- Nivel de medida de las variables.
- Distribución normal o aproximadamente normal.
- Tipo de diseño: Equilibrado.
- Varianza de la diferencia de medidas.
- Observaciones.

- Hipótesis que se pone a prueba.

**Tabla 4.15.** Contraste de medias, desconocida la varianza poblacional de las diferencias: estadístico T

<b>Hipótesis estadística</b>		
<b>Bilateral</b>	<b>Unilateral izquierdo</b>	<b>Unilateral derecho</b>
Ho: $\mu_D = 0$	Ho: $\mu_D \geq 0$	Ho: $\mu_D \leq 0$
Ho: $\mu_D \neq 0$	Ho: $\mu_D < 0$	Ho: $\mu_D > 0$

**Fuente:** Learning. Prueba T de Student para dos muestras relacionadas. Pag3.

#### 4.4.1.2.- Cálculo estadístico.

Estadístico de contraste:

$$\bar{T} = \frac{\bar{X} - 0}{\hat{s}_{\bar{D}}} \quad \text{Ecuación 4-1}$$

$$\bar{D} = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2 = \sum \frac{D_j}{n} \quad \text{Ecuación 4-2}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum \bar{D}}{n} \quad \text{Ecuación 4-3}$$

$$D_j = \bar{D} - \bar{x} \quad \text{Ecuación 4-4}$$

$$\hat{S}_D = \sqrt{\frac{\sum (D_j - \bar{D})^2}{n-1}} = \text{desviacion estandar}(D_j) \quad \text{Ecuación 4-5}$$

$$\hat{S}_{\bar{D}} = \frac{\hat{S}_D}{\sqrt{n}} \quad \text{Ecuación 4-6}$$

$$gl = (n - 1) \quad \text{Ecuación 4-7}$$

Dónde:

$\bar{T}$  = Prueba T para muestras relacionadas.

$\bar{D}$  = Diferencia entre el dato inicial y final.

$D_j$  = Diferencia entre el  $\bar{D}$  -  $\bar{X}$

$\bar{Y}_1$  = Dato inicial.

$\bar{Y}_2$  = Dato final.

$\bar{X}$  = Media aritmética.

n = número de datos.

$\widehat{S}_D$  = Desviación típica de la diferencia menos la diferencia de medias.

$\widehat{S}_{\bar{D}}$  = Error típico de la diferencia de medias.

gl = grados de libertad

#### **4.4.1.3.- NIVEL DE SIGNIFICANCIA ( $\alpha$ ).**

El nivel de significancia seleccionado es del 5% (0.05) para la comprobación de la hipótesis, con un contraste bilateral o de dos colas asumiendo que puede existir diferencia; sin especificar si se situaran por encima o por debajo de los valores asignados

En nuestro caso asumimos que la hipótesis nula establece que las medias de las dos muestras son iguales.

#### **4.4.1.4.- Verificación de la hipótesis de los aceites Multiger EP 85W-140, Ursa LA-3 SAE 25W-50, Ursa Premium TDX Plus SAE 15W-40, y el rodamiento NJ202.**

**Tabla 4.16.** Datos obtenidos en el rodamiento NJ202

Peso inicial del rodamiento (gr)	Peso Final del rodamiento (gr)	$\bar{D}$	$D_j$
1,0976	1,0975	0,0001	0,000100000
1,0998	1,0996	0,0002	0,000200000
1,0993	1,0990	0,0003	0,000300000
1,0995	1,0988	0,0007	0,000700000
1,0995	1,0986	0,0009	0,000900000
1,0997	1,0987	0,0010	0,001000000
1,0993	1,0981	0,0012	0,001200000
1,1000	1,0998	0,0002	0,000200000
1,1004	1,0997	0,0007	0,000700000
1,0999	1,099	0,0009	0,000900000
1,1016	1,1005	0,0011	0,001100000
1,1015	1,1003	0,0012	0,001200000
1,1015	1,1002	0,0013	0,001300000
1,1017	1,1001	0,0016	0,001600000
1,0968	1,0950	0,0018	0,001800000
1,0974	1,0945	0,0029	0,002900000
1,1018	1,0977	0,0041	0,004100000
1,102	1,0974	0,0046	0,004600000
1,1024	1,0976	0,0048	0,004800000
1,1018	1,0968	0,0050	0,005000000
1,1013	1,0961	0,0052	0,005200000
<b>Σ</b>	<b>23,1048</b>	<b>23,065</b>	<b>0,0398</b>
<b>Cálculos</b>			
Media Aritmética ( $\bar{X}$ )			0,0019
Desviación típica ( $\widehat{S}_D$ )			0,0018
Error típico de la diferencia de medias ( $\widehat{S}_{\bar{D}}$ )			0,0004
Prueba T para muestras relacionadas ( $\bar{T}$ )			4,9572

**Fuente:** Autor

#### 4.4.1.5.- Cálculo estadístico con Excel

**Tabla 4.17** Prueba T para medias de dos muestras emparejadas

	<b>Variable 1</b>	<b>Variable 2</b>
Media	1,1002286	1,0983333
Varianza	0,0000026	0,0000029
Observaciones	21	21
Coefficiente de correlación de Pearson	0,438235992	

Grados de libertad	20	
Estadístico t	4,957255	
P(T<=t) una cola	0,000038	
Valor crítico de t (una cola)	1,724718	
P(T<=t) dos colas	0,000076	
Valor crítico de t (dos colas)	2,085963	

Fuente: Autor

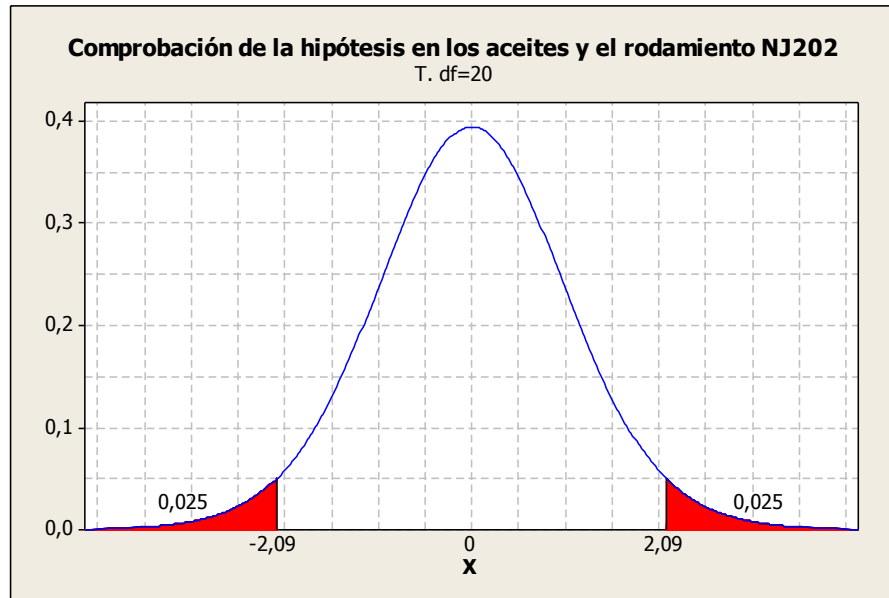


Figura 4.13 Prueba de hipótesis para  $\sigma$  desconocida,  $\alpha=0.025$ , con 20 grados de libertad

Fuente: Autor

Del (Anexo B. 3) se tiene que para 20 grados de libertad y un nivel de confianza  $\alpha = 5\% \rightarrow 0.05$ , los valores críticos son, los valores críticos son  $\pm 2.09$  entonces se aplica la siguiente regla de decisión:

$$H_0 \text{ si } T < -t = -2.09$$

$$H_0 \text{ si } T > t = +2.09$$

De otra manera no se rechaza  $H_0$ , entonces:

De la ecuación 4-1

$$t = 4.95$$

Encontrando el valor de  $t = 4.95$  el cual se encuentra fuera del rango de aceptación, se rechaza la hipótesis nula y se considera reprobada la hipótesis en donde los aceites analizados lograron reducir el desgaste en el rodamiento NJ202, indicando con esto que no existen datos suficientes para ser utilizados en la industria.

**4.4.2.- Verificación de la hipótesis de los aceites Multiger EP 85W-140, Ursa LA-3 SAE 25W-50, Ursa Premium TDX Plus SAE 15W-40, y el rodamiento 6202 .**

**Tabla 4.18** Datos obtenidos en el rodamiento 6202

Peso inicial del rodamiento (gr)	Peso Final del rodamiento (gr)	$\bar{D}$	$D_j$
0,8629	0,8597	0,0032	0,003200000
0,8623	0,8605	0,0018	0,001800000
0,8632	0,8619	0,0013	0,001300000
0,8634	0,8624	0,0010	0,001000000
0,8630	0,8623	0,0007	0,000700000
0,863	0,8625	0,0005	0,000500000
0,8633	0,8629	0,0004	0,000400000
0,8640	0,8639	0,0001	0,000100000
0,8646	0,8644	0,0002	0,000200000
0,8641	0,8637	0,0004	0,000400000
0,8640	0,8635	0,0005	0,000500000
0,8643	0,8637	0,0006	0,000600000
0,8641	0,8633	0,0008	0,000800000
0,8635	0,8623	0,0012	0,001200000
0,8636	0,7895	0,0741	0,074100000
0,8639	0,7800	0,0839	0,083900000
0,8639	0,7498	0,1141	0,114100000
0,8629	0,7395	0,1234	0,123400000
0,8639	0,7351	0,1288	0,128800000
0,8645	0,7321	0,1324	0,132400000
0,8641	0,7243	0,1398	0,139800000
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>18,1365</b>	<b>17,3273</b>	<b>0,8092</b>
<b>Cálculos</b>			
Media Aritmética ( $\bar{X}$ )			0,0385



Desviación típica ( $\widehat{S_D}$ )	0,056248745
Error típico de la diferencia de medias ( $\widehat{S_{\bar{D}}}$ )	0,012274482
Prueba T para muestras relacionadas ( $\bar{T}$ )	3,139304

Fuente: Autor

#### 4.4.2.1.- Cálculo estadístico con Excel.

Tabla 4.19. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	Variable 1	Variable 2
Media	0,86364286	0,825109524
Varianza	0,00000036	0,003148162
Observaciones	21	21
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,22720915	
Grados de libertad	20	
Estadístico t	3,13930411	
P(T<=t) una cola	0,00258146	
Valor crítico de t (una cola)	1,72471824	
P(T<=t) dos colas	0,00516292	
Valor crítico de t (dos colas)	2,08596345	

Fuente: Autor

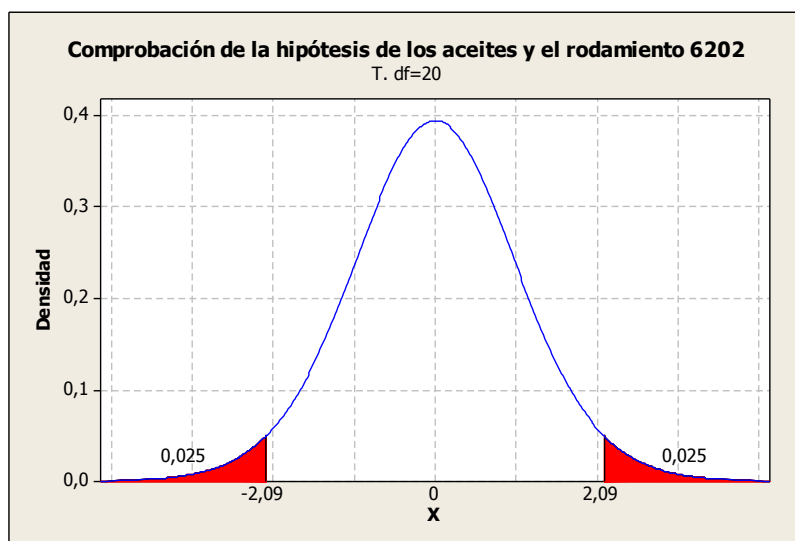


Figura 4.14 Prueba de hipótesis para  $\sigma$  desconocida,  $\alpha= 0.025$ , con 20 grados de libertad

Fuente: Autor

Del (Anexo B. 3) se tiene que para 20 grados de libertad y un nivel de confianza  $\alpha = 5\% \rightarrow 0.05$ , los valores críticos son, los valores críticos son  $\pm 2.09$  entonces se aplica la siguiente regla de decisión:

$$H_0 \text{ si } T < -t = -2.09$$

$$H_0 \text{ si } T > t = +2.09$$

De otra manera no se rechaza  $H_0$ , entonces:

De la ecuación 4-1

$$t = 3.03$$

Encontrando el valor de  $t = 3.03$  el cual se encuentra fuera del rango de aceptación, se rechaza la hipótesis nula y se considera reprobada la hipótesis en donde los aceites analizados lograron reducir el desgaste en el rodamiento 6202, significando que del 0.05 no existen datos suficientes para decir que las diferencias son significativas y rechazar una aplicación en la industria.

#### 4.4.3.- Verificación de la hipótesis de las grasas ABRO SYNTHETIC LITHIUM NLG #3 y MYTIK NLG #2, y el rodamiento NJ202.

**Tabla 4.20.** Datos obtenidos en el rodamiento NJ202

Peso inicial del rodamiento (gr)	Peso Final del rodamiento (gr)	$\bar{D}$	$D_j$
1,0975	1,0931	0,0044	0,004400000
1,0977	1,0921	0,0056	0,005600000
1,0976	1,0917	0,0059	0,005900000
1,096	1,09	0,0060	0,006000000
1,0979	1,091	0,0069	0,006900000
1,0961	1,0892	0,0069	0,006900000
1,097	1,0892	0,0078	0,007800000
1,0975	1,0972	0,0003	0,000300000
1,0983	1,0978	0,0005	0,000500000
1,0974	1,0968	0,0006	0,000600000
1,0976	1,0969	0,0007	0,000700000
1,0975	1,0967	0,0008	0,000800000
1,0985	1,0974	0,0011	0,001100000
1,0999	1,0985	0,0014	0,001400000
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>15,3665</b>	<b>0,0489</b>	<b>0,04890000</b>

Cálculos	
Media Aritmética ( $\bar{X}$ )	0,0035
Desviación típica ( $\widehat{S}_D$ )	0,002904504
Error típico de la diferencia de medias ( $\widehat{S}_{\bar{D}}$ )	0,000776261
Prueba T para muestras relacionadas ( $\bar{T}$ )	4,499589

Fuente: Autor

#### 4.4.3.1.- Cálculo estadístico con Excel.

Tabla 4.21. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	Variable 1	Variable 2
Media	1,09760714	1,094114
Varianza	0,00000092	0,000012
Observaciones	14	14
Coefficiente de correlación de Pearson	0,694192758	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	4,456731053	
P(T<=t) una cola	0,000323291	
Valor crítico de t (una cola)	1,770933396	
P(T<=t) dos colas	0,000646582	
Valor crítico de t (dos colas)	2,160368656	

Fuente: Autor



Figura 4.15 Prueba de hipótesis para  $\sigma$  desconocida,  $\alpha=0.025$ , con 13 grados de libertad

Fuente: Autor

Del (Anexo B. 3) se tiene que para 13 grados de libertad y un nivel de confianza  $\alpha = 5\% \rightarrow 0.05$ , los valores críticos son, los valores críticos son  $\pm 2.16$  entonces se aplica la siguiente regla de decisión:

$$H_0 \text{ si } T < -t = -2.16$$

$$H_0 \text{ si } T > t = +2.16$$

De otra manera no se rechaza  $H_0$ , entonces:

De la ecuación 4-1

$$t = 4.45$$

Encontrando el valor de  $t = 4.4$  el cual se encuentra fuera del rango de aceptación, se rechaza la hipótesis nula y se considera reprobada la hipótesis en donde las grasas analizadas lograron reducir el desgaste en el rodamiento NJ202, considerando un nivel significativo del 0.05 donde no existen datos suficientes que puedan impedir una aplicación industrial.

#### 4.4.4.- Verificación de la hipótesis de las grasas ABRO SYNTHETIC LITHIUM NLG #3 y MYTIK NLG #2, y el rodamiento 6202.

**Tabla 4.22.** Datos obtenidos en el rodamiento 6202

Peso inicial del rodamiento (gr)	Peso Final del rodamiento (gr)	$\bar{D}$	$D_j$
0,8636	0,8635	0,0001	0,000100000
0,8641	0,8639	0,0002	0,000200000
0,8638	0,8635	0,0003	0,000300000
0,8616	0,8448	0,0168	0,016800000
0,8639	0,8011	0,0628	0,062800000
0,863	0,7786	0,0844	0,084400000
0,864	0,745	0,1190	0,119000000
0,8636	0,8634	0,0002	0,000200000
0,8642	0,8639	0,0003	0,000300000
0,8647	0,8641	0,0006	0,000600000
0,8645	0,8637	0,0008	0,000800000

	0,8647	0,8638	0,0009	0,000900000
	0,8649	0,8639	0,0010	0,001000000
	0,8647	0,8636	0,0011	0,001100000
<b>Σ</b>	<b>12,0953</b>	<b>11,8068</b>	<b>0,2885</b>	<b>0,28850000</b>
<b>Cálculos</b>				
Media Aritmética ( $\bar{X}$ )				0,0206
Desviación típica ( $\widehat{S}_D$ )				0,038798859
Error típico de la diferencia de medias ( $\widehat{S}_{\bar{D}}$ )				0,010369431
Prueba T para muestras relacionadas ( $\bar{T}$ )				1,987297

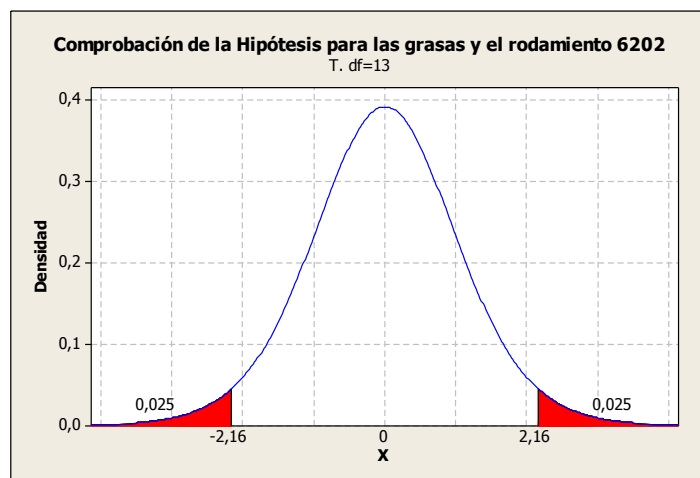
**Fuente:** Autor

#### 4.4.4.1.- Cálculo estadístico con Excel.

**Tabla 4.23.** Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	Variable 1	Variable 2
Media	0,86395	0,84334286
Varianza	0,00000074	0,00152357
Observaciones	14	14
Coefficiente de correlación de Pearson	0,28150667	
Grados de libertad	13	
Estadístico t	1,987297299	
P(T<=t) una cola	0,03418837	
Valor crítico de t (una cola)	1,770933396	
P(T<=t) dos colas	0,068376741	
Valor crítico de t (dos colas)	2,160368656	

**.Fuente:** Autor



**Figura 4.16** Prueba de hipótesis para  $\sigma$  desconocida,  $\alpha= 0.005$ , con 13 grados de libertad

**Fuente:** Autor

Del (Anexo B. 3) se tiene que para 13 grados de libertad y un nivel de confianza  $\alpha = 5\% \rightarrow 0.05$ , los valores críticos son, los valores críticos son  $\pm 2.16$  entonces se aplica la siguiente regla de decisión:

$$H_0 \text{ si } T < -t = -2.16$$

$$H_0 \text{ si } T > t = +2.16$$

De otra manera no se rechaza  $H_0$ , entonces:

De la ecuación 4-1

$$t = 1.97$$

Encontrando el valor de  $t = 1.97$  el cual se encuentra dentro del rango de aceptación, se rechaza la hipótesis nula y se considera aprobada la hipótesis en donde las grasas analizadas lograron reducir el desgaste en el rodamiento 6202, considerando de esta forma que los datos pueden ser utilizados dentro de la industria.

## **CAPITULO V**

### **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1.- CONCLUSIONES.**

Una vez que se ha realizado el Análisis de medios lubricantes de los rodamientos 6202 y NJ202E. TYP2 y su incidencia en la velocidad de desgaste se puede anotar las siguientes conclusiones.

- Los parámetros que inciden en la velocidad de desgaste en los rodamientos son la viscosidad dinámica de lubricante, la temperatura, el área de contacto, la fuerza aplicada.
- Se concluye que la viscosidad es un parámetro fundamental para el análisis de desgaste; ya que si la viscosidad dinámica en el lubricante es demasiado baja no cumple con el objetivo de lubricar entre los medios de contacto y si la viscosidad dinámica es muy alta la capa lubricante no soporta la carga aplicada.
- El incremento de temperatura influye directamente en la viscosidad dinámica del lubricante, por lo que el desgaste no se presenta en intervalos constantes en los rodamientos.
- Al comparar el incremento de temperatura promedio de los medios de lubricación, en los ensayos con el rodamiento 6202 y NJ202 se puede determinar que el lubricante presenta un mayor incremento de temperatura al

ser analizado con el rodamiento NJ202; ya que con este rodamiento se presenta una mayor área de contacto entre las superficies.

- Se determina que 50 °C es una temperatura crítica en los aceites SAE 85W-140, SAE 25W-50 y SAE 15W-40 ya que cuando sobrepasa esta temperatura el desgaste se acelera, por lo que se concluye que la viscosidad dinámica disminuye y el lubricante no posee la misma capacidad de carga.
- Se puede concluir que el incremento de temperatura en el lubricante no es la causa directa del desgaste del rodamiento, analizando que al aumentar la temperatura en el lubricante; existe una superior fluidez y mejora la lubricación en el área de contacto.
- Una vez analizado los rodamientos 6202 y NJ202 bajo los mismos parámetros fuerza, velocidad y temperatura inicial se concluye que los rodamientos 6202 sufren un mayor porcentaje promedio de desgaste de 3.4% con respecto al rodamiento NJ202, esto se presenta por diferentes factores, la calidad del rodamiento, los rodamientos NJ202 están diseñados para soportar más carga que los rodamientos 6202.
- Se concluye que la longitud de la huella en el rodamiento 6202 es menor que en los rodamientos NJ202, ya que este rodamiento presenta una mayor área de contacto que el rodamiento 6202.
- Al interpretar los resultados obtenidos en los ensayos se determina que de los aceites Multiger EP 85W-140, Ursa LA-3 SAE 25W-50 y Ursa Premium TDX Plus SAE 15W-40, el lubricante Ursa LA-3 SAE 25W-50 es el que ocasiona menor daño a los rodamientos 6202 y NJ202, debido a que el lubricante desde el arranque del ensayo permite un desgaste mínimo al rodamiento, manteniendo incrementos de temperatura constante en cada intervalo; lo que indica que sus propiedades son aceptables al inicio y al final del ensayo.



- En el ensayo con grasa se determina que el lubricante MYTIK NLG #2, garantiza una mejor conservación en los rodamientos 6202 y NJ202, con relación a la grasa ABRO SYNTHETIC LITHIUMG NLG #3.
- Bajo las siguientes condiciones de velocidad de 800 rpm, carga 3 lb y temperatura inicial 20 °C la grasa ABRO SYNTHETIC LITHIUMG NLG #3, presenta un desgaste acelerado en el rodamiento 6202 cuando su temperatura pasa de los 35 °C, apreciando que a esta temperatura la grasa no puede soportar la misma carga aplicada, debido al incremento de temperatura.
- Al realizar los ensayos de extrema presión en los aceites Multiger EP 85W-140, Ursa LA-3 SAE 25W-50 y Ursa Premium TDX Plus SAE 15W-40, se determinó que el aceite que tenga una mayor viscosidad soportara más carga aplicada.
- Se concluye que las grasas son adecuadas para trabajos donde la carga aplicada sea baja; de esta forma se podrá garantizar la conservación del rodamiento.
- En el caso de los aceites se puede aplicar cuando se requiera soportar una mayor carga; considerado en los aceites que si la viscosidad dinámica es baja mayor será la carga aplicada.

## **5.2.- RECOMENDACIONES.**

- Al iniciar un ensayo con aceite se recomienda calibrar la temperatura de inicio, ya que podría variar los resultados si no verificamos la temperatura correcta.
- Antes de realizar un ensayo se verifica que la máquina de pruebas no se encuentre desnivelada, pudiendo ocasionar una posición diferente de

contacto entre el rodamiento y la pista giratoria entregándonos resultados distorsionados.

- Previamente al inicio del ensayo se inspecciona que el bloque de prueba este totalmente cubierto por el lubricante y recircule dentro del sistema hidráulico, lo cual nos ayuda a culminar con éxito la prueba.
- Para la obtención del peso inicial y final de los rodamientos es recomendable realizarlo en una balanza analítica con una aproximación de 0.0001, debido a que en ocasiones el desgaste es mínimo y no se puede apreciar sin la ayuda de la balanza analítica.
- Al tomar el peso de los rodamientos se debe retirar cualquier tipo de impureza que pueda distorsionar el dato inicial y final del peso del rodamiento
- Para la evaluación de la temperatura máxima del lubricante se lo realiza en la zona que se genera la fricción entre el rodamiento la pista y el lubricante.
- Cuando se requiera ensayar otro tipo de lubricante, se inspecciona que el anterior lubricante se deseche por completo, evitando que se mezclen las propiedades de los lubricantes.
- Para iniciar un nuevo ensayo es prudente revisar que la temperatura del lubricante y de la pista retornen a su temperatura inicial, ya que si se somete un nuevo ensayo en condiciones diferentes los resultados cambiaran.
- En el ensayo de extrema presión para los medios de lubricación, se requiere de variedad de pesas para poder establecer la carga máxima que es capaz de soportar el lubricante.
- Durante la ejecución del ensayo el operador debe tener precaución en la manipulación de la máquina evitando daños físicos en el operador.

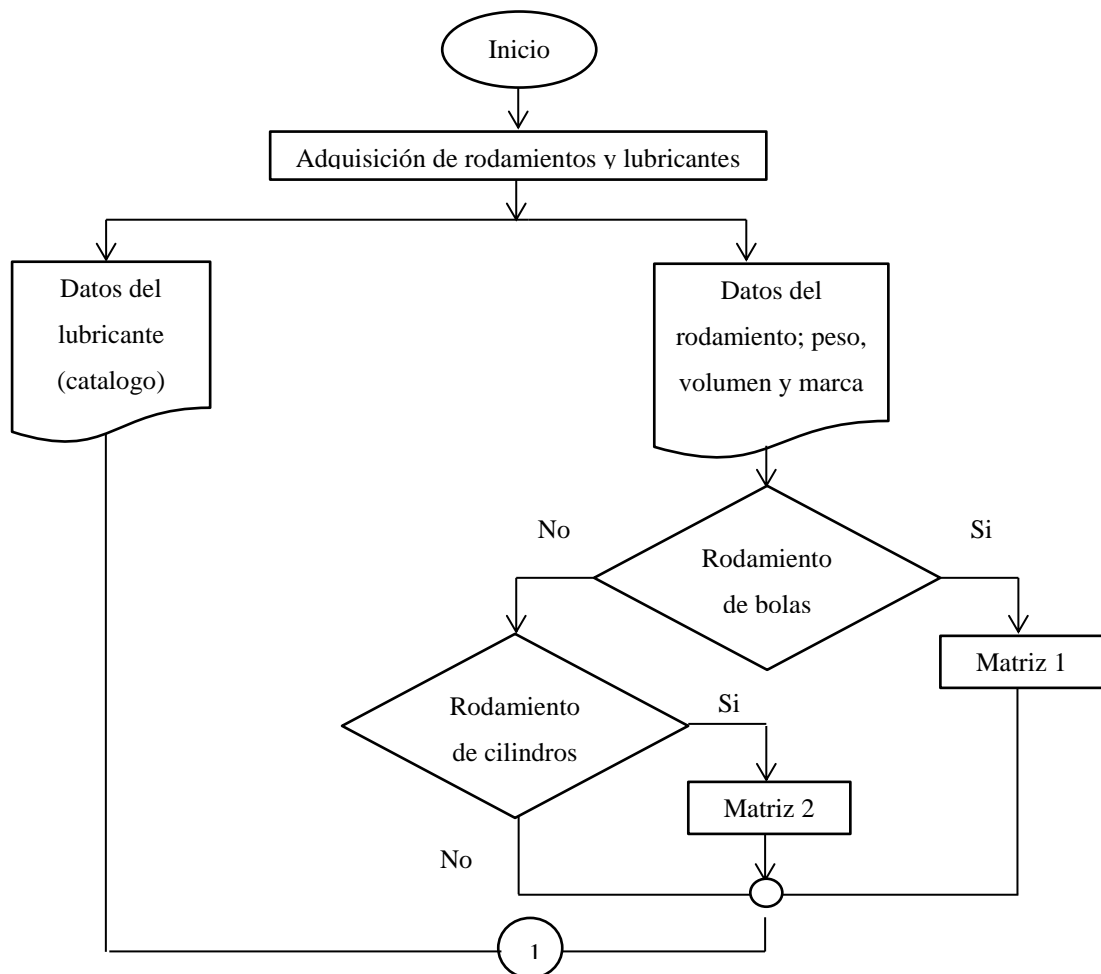
- La máquina de ensayos debe trabajar con un volumen de aceite mínimo de 2 litros y una temperatura de 40 °C, para la retención de limalla producto del desgaste se recomienda colocar imanes en el ingreso de la bomba para no causar averías.
- Es importante rectificar la longitud máxima de la huella, ya que resulta complejo su medición en forma exacta, para reducir el error se requiere de un calibrador digital el mismo que favorece en gran forma en la obtención del dato.

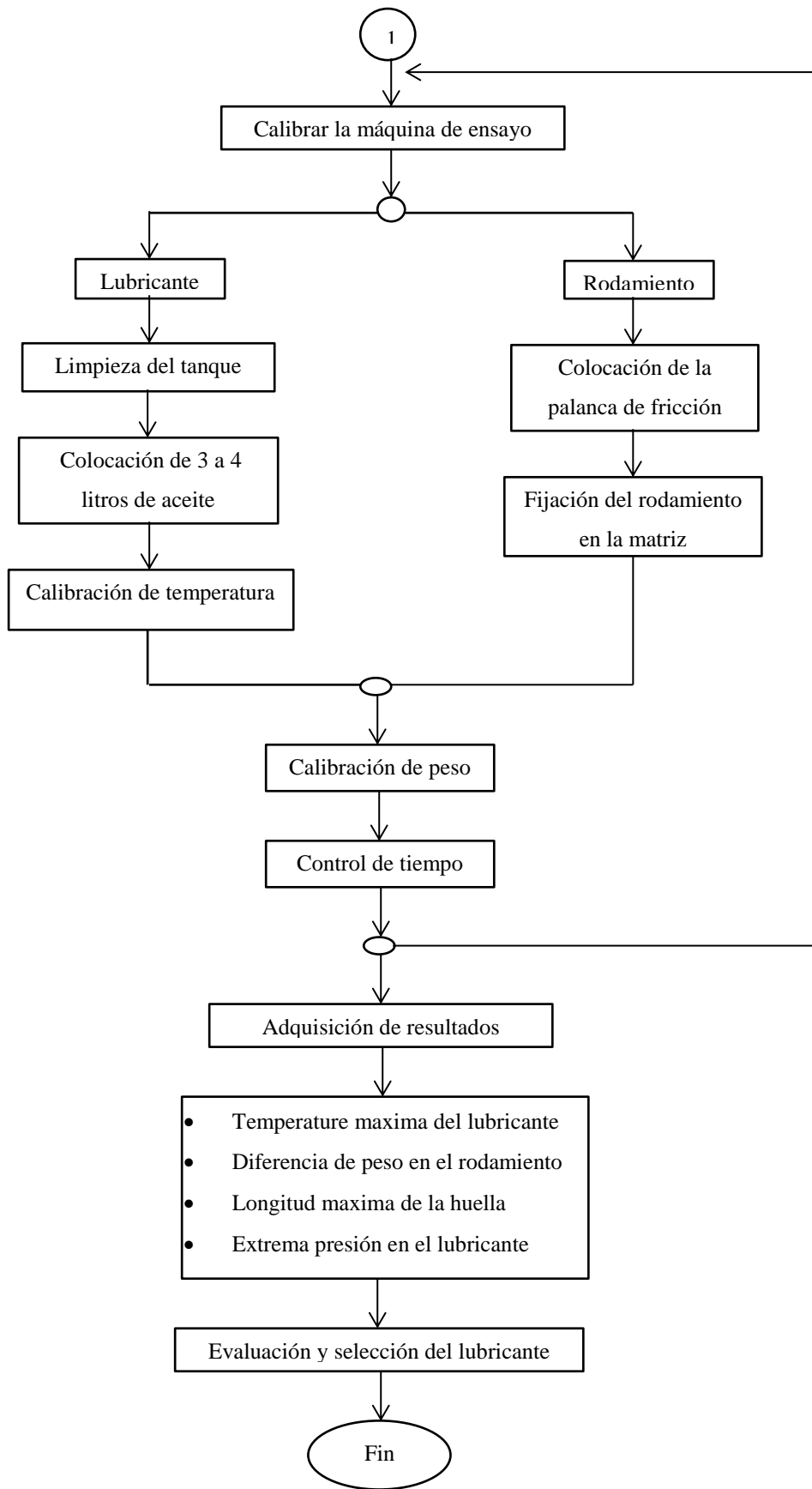
## CAPITULO VI

### 6 PROPUESTA

“DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ANÁLISIS EN MEDIOS LUBRICANTES CON RODAMIENTOS y DETERMINAR SU VELOCIDAD DE DESGASTE”.

#### 6.1.- FLUJOGRAMA PARA EL DESARROLLO DE LA PROPUESTA





## **6.2.- DATOS INFORMATIVOS.**

Una vez concluido los ensayos en los medios de lubricación; Multiger EP 85W-140, Ursa LA-3 SAE 25W-50, Ursa Premium TDX Plus SAE 15W-40, ABRO SYNTHETIC LITHIUMG NLG #3 y MYTIK NLG #2, se ha determinado el aceite que reducen un mayor porcentaje en el desgaste de los rodamientos 6202 y NJ202, en un periodo promedio de tiempo de 20 minutos con una fuerza de 10 lb, temperatura de 40 °C y una velocidad de 800 rpm es el Ursa LA-3 SAE 25W-50. Comparando los resultados con las grasas se determina que la grasa MYTIK NLG #2, reduce el desgaste de mejor manera en los rodamientos ensayados, los cuales se evaluaron bajo los siguientes parámetros temperatura ambiente 20 °C, fuerza 3 lb, velocidad 800 rpm y un tiempo promedio de 20 minutos.

El estudio de los medios de lubricación contribuye un aporte importante en la tribología y en el área de materiales, debido a que se ha investigado la influencia de un medio lubricante para reducir el desgaste de un material, y permitiendo una mejor selección del lubricante que se requiera aplicar. Constituyéndose además una base para realizar estudios posteriores para otros tipos de lubricantes y materiales que se requieran analizar.

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Materiales de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua; para el desarrollo del estudio se requiere de la máquina de ensayos de timken, balanza analítica, calibrador digital, herramientas manuales; todos estos equipos e instrumentos fueron útiles para realizar el análisis.

## **6.3.- ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.**

En la actualidad existen investigaciones sobre lubricantes pero es difícil coincidir con el estudio propuesto del análisis de los lubricantes Multiger EP 85W-140, Ursa LA-3 SAE 25W-50, Ursa Premium TDX Plus SAE 15W-40, ABRO SYNTHETIC LITHIUMG NLG #3 y MYTIK NLG #2, en los rodamientos 6202 y NJ202. En el estudio de la velocidad de desgaste en los rodamientos se

presentan variantes como el tiempo, temperatura, velocidad, fuerza y marca, que no han sido analizados con anterioridad.

Luego de realizar la investigación en los medios de lubricación expuestos anteriormente se ha determinado que el aceite Ursa LA-3 SAE 25W-50 y la grasa MYTIK NLG #2, con las condiciones de trabajo mencionadas, estos lubricantes reducen el desgaste de mejor manera en los rodamientos 6202 y NJ202.

#### **6.4.- JUSTIFICACIÓN.**

El estudio de los medios de lubricación en los rodamientos 6202 y NJ202, permitió determinar el comportamiento del rodamiento con el lubricante; y analizar su desgaste en condiciones similares de trabajo, evaluando de esta forma los cambios que sufren el lubricante y el rodamiento, contribuyendo a generar nuevos avances tecnológicos.

En la industria se requiere implementar nuevos sistemas que se expongan a un desgaste durante el trabajo ejercido, para lo cual es necesario realizar un estudio del lubricante más óptimo para reducir el desgaste en piezas que se encuentren en contacto, este método de análisis contribuyo para seleccionar el lubricante más óptimo en un nuevo par tribológico.

Para realizar las pruebas de lubricantes; se requiere disponer de procedimiento técnico de ensayos donde indique los parámetros fundamentales de funcionamiento; los cuales ayudará a los estudiantes de Ingeniería Mecánica para posteriores estudios de diferentes lubricantes y materiales.

#### **6.5.- OBJETIVOS.**

##### **6.5.1.- General.**

- Elaborar un procedimiento para realizar ensayos con medios lubricantes en los rodamientos y determinar su velocidad de desgaste.

### **6.5.2.- Específicos.**

- Describir el funcionamiento de la máquina de ensayos para lubricantes.
- Establecer los parámetros que se pueden controlar durante el ensayo de los medios de lubricación.
- Realizar el procedimiento de verificación e interpretación de resultados en el desgaste de rodamientos.
- Especificar las condiciones para la selección del mejor lubricante que se estudie.

### **6.6.- ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.**

La presente propuesta es factible de realizar ya que se cuenta con los instrumentos, equipos y el recurso humano para el desarrollo tomando en cuenta el que los lubricantes y rodamientos se los puede conseguir fácilmente en el mercado, existiendo información disponible con la que se cuenta, los laboratorios de materiales de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica dispone de los equipos y herramientas necesarias para poder realizar la presenta propuesta.

Para el desarrollo del ensayo se requiere, máquina de ensayos para lubricantes, balanza analítica, calibrador digital, contra pesos, termómetro y el lubricante y rodamiento que se desea analizar



### **6.7.- FUNDAMENTACIÓN.**

La presente propuesta se basa en la información recolectada en el Capítulo II, IV y V los cuales están relacionados con el marco teórico, análisis e interpretación de resultados y conclusiones y recomendaciones respectivamente, estos capítulos son el respaldo del estudio en donde se presenta la fundamentación teórica necesaria, los resultados obtenidos y conclusiones y recomendaciones en los diferentes



ensayos realizados en la presente investigación, hasta que se determinó el lubricante que más adecuado para reducir la velocidad de desgaste en los rodamientos estudiados, en nuestro caso fue el lubricante Ursa LA-3 SAE 25W-50 y MYTIK NLG #2, los mismos que otorgaron un menor desgaste en los rodamientos 6202 y NJ202.

## 6.7.- METODOLOGÍA.

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
<b>Procedimiento para realizar ensayos con medios lubricantes en los rodamientos y su determinación en la velocidad de desgaste.</b>			
Realizado por:	Diego Montalvo	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Lugar de estudio:	UTA	Fecha:	27/09/2013
Tipo de lubricante		Tipo de rodamiento	
<p><b>1. OBJETIVO.</b></p> <p>Describir un procedimiento de apoyo técnico, que sirva de guía para el desarrollo en forma adecuada en, “El análisis de medios lubricantes en los rodamientos y su determinación de la velocidad de desgaste”.</p> <p><b>2. ALCANCE.</b></p> <p>El procedimiento sirve para realizar el ensayo de un lubricante y rodamiento determinado, estableciendo condiciones iniciales y finales en el estudio.</p> <p><b>3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA</b></p> <p>La información de referencia se encuentra establecida en el marco teórico investigado en el capítulo II, y en los anexos correspondientes al trabajo investigativo.</p> <p><b>4. GENERALIZACIÓN.</b></p> <p>El ensayo de medios lubricantes permitió determinar el comportamiento del lubricante y el rodamiento; al someterlo a una determinada fuerza, velocidad y tiempo de trabajo, en este caso se estableció el lubricante más óptimo para trabajar con el rodamiento. En la industria este tipo de ensayo puede ser aplicado a cualquier par tribológico.</p>			



**Procedimiento para realizar ensayos con medios lubricantes en los rodamientos y su determinación en la velocidad de desgaste.**

Realizado por:	Diego Montalvo	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Lugar de estudio:	UTA	Fecha:	27/09/2013
Tipo de lubricante		Tipo de rodamiento	

## 5. REALIZACIÓN

Para la realización del ensayo en medios lubricantes en los rodamientos y la determinación de la velocidad de desgaste se siguen los siguientes pasos:

- Adquisición del rodamiento que se requiera ensayar.
- Adquisición del lubricante que se requiere ensayar.
- Recopilación de datos en el rodamiento y lubricante.
- Preparación de las probetas a utilizar en los ensayos.
- Calibración de la máquina de ensayos.
- Adquisición de resultados.
- Evaluación de resultados.
- Lubricante recomendado.
- Ensayo de extrema presión

### 5.1.- Adquisición del rodamiento que se requiera ensayar.

Para analizar la velocidad de desgaste en los rodamientos, se determina el rodamiento que se desea analizar, los cuales pueden ser adquiridos por los diferentes proveedores de rodamientos, los cuales se presentan en la siguiente lista.

Proveedor	Ubicación	Contacto
BOWER	Av. 12 de noviembre y unidad nacional, Ambato, Tungurahua	2826049



**Procedimiento para realizar ensayos con medios lubricantes en los rodamientos y su determinación en la velocidad de desgaste.**

Realizado por:	Diego Montalvo	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Lugar de estudio:	UTA	Fecha:	27/09/2013
Tipo de lubricante		Tipo de rodamiento	

HGB	Av. los Pinos Ines de medina Ecuador, Quito	2408731
PANASIDER	Av. Juan Tanca Marengo Edif, executive Ecuador, Guayaquil	2158380
VXB	E-mail info@vxb.com	714-4422740

**5.2.- Adquisición del lubricante que se requiere ensayar.**

En la adquisición del lubricante se requirió realizar un pre estudio de sus características técnicas para apreciar de mejor manera los cambios que se puedan efectuar durante el ensayo, sin embargo el estudio se lo puede ejecutar con cualquier medio de lubricación. Para local se presenta la siguiente lista de proveedores.

Proveedor	Ubicación	Contacto
CONAUTO	Ambato Av. Bolivariana Km 2.5 vía a Baños	2845447
UBX	Av. 10 de Agosto y Luis Tufiño Ecuador, Quito	2480342
FILTROCORP	Urb, Mirador Norte Ecuador, Guayaquil	2240011

**5.3.- Recopilación de datos en el rodamiento y lubricante.**

Antes de comenzar con el estudio se requiere tomar datos iniciales en los rodamientos y lubricante, los mismos que se obtuvieron de catálogos y fichas técnicas y se describen en el siguiente proceso.



**Procedimiento para realizar ensayos con medios lubricantes en los rodamientos y su determinación en la velocidad de desgaste.**

Realizado por:	Diego Montalvo	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Lugar de estudio:	UTA	Fecha:	27/09/2013
Tipo de lubricante		Tipo de rodamiento	

5.3.1.- Limpieza total del lubricante que posee el rodamiento y elementos que puedan variar su peso inicial.



**Figura 6.1.** Limpieza de los rodamientos 6202 y NJ202

**Fuente:** Autor

5.3.2.- Pesar los rodamientos en forma individual, con la ayuda de una balanza analítica, se debe evitar el contacto directo con las manos y permitir que la balanza se estabilice para registrar el dato.



**Figura 6.2.** Pesado de los rodamientos 6202 y NJ202

**Fuente:** Autor



**Procedimiento para realizar ensayos con medios lubricantes en los rodamientos y su determinación en la velocidad de desgaste.**

Realizado por:	Diego Montalvo	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Lugar de estudio:	UTA	Fecha:	27/09/2013
Tipo de lubricante		Tipo de rodamiento	

5.3.3.- Determinar el volumen inicial de los rodamientos. Para lo cual se requiere tomar el diámetro del rodamiento y en caso de un rodamiento de rodillos su longitud, y se procede a utilizar las siguientes fórmulas como se indica en el ejemplo.

Rodamiento 6202

Diámetro del rodamiento de bolas = 5.93 mm

$$V = \frac{4\pi r^3}{3}$$

*Ecuación 6-1*

$$V = 109.2 \text{ mm}^3$$

Rodamiento NJ202

Diámetro del rodamiento de rodillos = 5.46 mm

Altura = 5.97 mm

$$V = \pi r^2 * h$$

*Ecuación 6-2*

$$V = 139.78 \text{ mm}^3$$

5.3.4.- En el ensayo de un lubricante se requiere de siete probetas (rodamientos) las mismas que se evaluaron al inicio y al final, es aconsejable clasificar las probetas en forma individual para evitar confusiones en la obtención de resultados o su vez rectificar o volver a tomar algún valor requerido.



**Procedimiento para realizar ensayos con medios lubricantes en los rodamientos y su determinación en la velocidad de desgaste.**

Realizado por:	Diego Montalvo	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Lugar de estudio:	UTA	Fecha:	27/09/2013
Tipo de lubricante		Tipo de rodamiento	



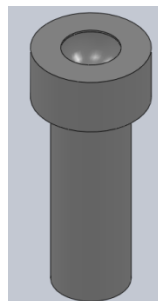
**Figura 6.3.** Clasificación de las muestras para los ensayos.

**Fuente:** Autor.

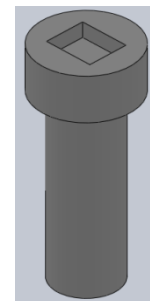
**5.4.- Preparación de las probetas a utilizar en los ensayos.**

Para realizar una adecuada prueba se requiere de una matriz ajustada al rodamiento seleccionado, en el caso estudiado contamos con dos tipos de matrices para el rodamiento 6202 y NJ202; las mismas que se elaboraron considerando las dimensiones de los rodamientos.

Matriz rodamiento 6202



Matriz rodamiento NJ202



**Figura 6.4.** Matrices para ensayo de rodamientos 6202 y NJ202

**Fuente:** Autor



**Procedimiento para realizar ensayos con medios lubricantes en los rodamientos y su determinación en la velocidad de desgaste.**

Realizado por:	Diego Montalvo	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Lugar de estudio:	UTA	Fecha:	27/09/2013
Tipo de lubricante		Tipo de rodamiento	

**5.5.- Calibrar la máquina de ensayos.**

Al iniciar con los ensayos se requiere verificar las condiciones iniciales de la máquina como son:

**5.5.1.- Evaluación del lubricante.**

Al iniciar el ensayo se requiere estabilizar la temperatura inicial del lubricante, para lo cual se cuenta con el siguiente procedimiento.

5.5.1.1.- Limpieza completa del tanque de aceite; eliminando otra sustancia que altere las propiedades del lubricante, se debe utilizar algún tipo de desengrasante y realizar la limpieza con un paño que no deje residuos que puedan afectar al sistema hidráulico.



**Figura 6.5.** Limpieza del tanque de aceite.

**Fuente:** Autor





**Procedimiento para realizar ensayos con medios lubricantes en los rodamientos y su determinación en la velocidad de desgaste.**

Realizado por:	Diego Montalvo	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Lugar de estudio:	UTA	Fecha:	27/09/2013
Tipo de lubricante		Tipo de rodamiento	

5.5.1.2.- Colocación del lubricante que se requiere analizar; para los ensayos con aceite su nivel máximo es de cuatro litros y un mínimo de tres litros, para realizar el ensayo el lubricante tiene que ser de la misma marca ya que la variación puede variar su calidad; y por consecuencia los resultados del ensayo.



**Figura 6.6.** Colocación del aceite a ensayar.

**Fuente:** Autor

5.5.1.3.- Control de temperatura en el lubricante; el calentamiento del lubricante se registra con la ayuda de un control de temperatura el cual consta de una resistencia y un a termocupla, los mismos que permiten ensayar al lubricante a una temperatura diferente, en el estudio realizado la temperatura inicial del aceite es de 40 °C, esta temperatura se verificara y calibrara al inicio de cada ensayo; consiguiendo de esta forma tener un punto de inicio para la evaluación entre lubricantes.



**Procedimiento para realizar ensayos con medios lubricantes en los rodamientos y su determinación en la velocidad de desgaste.**

Realizado por:	Diego Montalvo	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Lugar de estudio:	UTA	Fecha:	27/09/2013
Tipo de lubricante		Tipo de rodamiento	



**Figura 6.7.** Control de temperatura

**Fuente:** Autor

5.5.1.4.- Control del flujo del lubricante; el lubricante debe cubrir en su totalidad el bloque de ensayo antes de que se someta a una evaluación con carga, el paso del flujo lo permite una llave de bola, la misma que regular el caudal que se requiera en el ensayo.

En el ensayo con grasa se procede a cerrar el paso del aceite; y se coloca en forma manual la grasa seleccionada observando que la capa de lubricante sea uniforme



**Figura 6.8.** Control de la capa lubricante.

**Fuente:** Autor



**Procedimiento para realizar ensayos con medios lubricantes en los rodamientos y su determinación en la velocidad de desgaste.**

Realizado por:	Diego Montalvo	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Lugar de estudio:	UTA	Fecha:	27/09/2013
Tipo de lubricante		Tipo de rodamiento	

5.5.1.5.- Selección del contra peso para evaluar la velocidad de desgaste el contrapeso es otro factor importante, por lo cual se toma un peso adecuado que puedan soportar los lubricantes que requieren ser ensayados, determinado con el ensayo de extrema presión. El contra peso se ubica cuando el lubricante ya se encuentre circulando en el bloque de prueba; y se retira una vez que concluya el tiempo del ensayo su posición es sobre la palanca de carga la misma que transmite la fuerza hacia la palanca de fricción.



**Figura 6.9.** Selección del contrapeso.

**Fuente:** Autor

Control del tiempo de ensayo para poder evaluar el desgaste de los rodamientos se varía los intervalos de tiempo obteniendo con esto una gráfica real de desgaste vs tiempo en el rodamiento y lubricante evaluado, el control del tiempo se lo realiza en forma manual o semiautomática con la ayuda de un timer o un cronometro, el tiempo empieza cuando el bloque de ensayo este lubricado y con el contrapeso seleccionado.



**Procedimiento para realizar ensayos con medios lubricantes en los rodamientos y su determinación en la velocidad de desgaste.**

Realizado por:	Diego Montalvo	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Lugar de estudio:	UTA	Fecha:	27/09/2013
Tipo de lubricante		Tipo de rodamiento	



**Figura 6.10.** Control de tiempo por medio de un timer o cronometro

**Fuente:** Autor

### 5.6.- Adquisición de resultados.

En la adquisición de resultados se requiere evaluar la temperatura final que alcanza el lubricante, una diferencia de peso en el rodamiento, la longitud máxima de desgaste y el porcentaje de desgaste, los mismos que se describen a continuación.

#### 5.6.1.- Evaluación de la temperatura en el lubricante.

Para determinar el incremento máximo de temperatura, se requiere de un termómetro el cual permite registrar la variación de temperatura que se produce en el lubricante durante el tiempo de ensayo; y se lo realiza lo más cerca posible a la capa de aceite que fluye entre la pista y el rodamiento; evitando el contacto directo entre el termómetro y el rodamiento.



**Procedimiento para realizar ensayos con medios lubricantes en los rodamientos y su determinación en la velocidad de desgaste.**

Realizado por:	Diego Montalvo	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Lugar de estudio:	UTA	Fecha:	27/09/2013
Tipo de lubricante		Tipo de rodamiento	



**Figura 6.11.** Variación de la temperatura en el lubricante.

**Fuente:** Autor

### 5.6.2.- Comparación de pesos de los rodamientos.

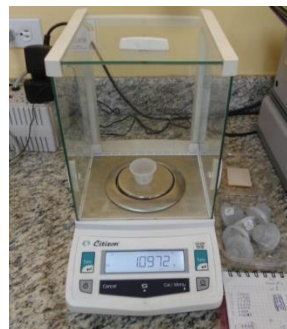
La evaluación del peso final se lo determina en la balanza analítica; y se requiere que el rodamiento este totalmente limpio para que los resultados no se alteren, dentro del procedimiento esta los siguientes puntos.

- Encender la balanza analítica y esperar 30 segundos para que se estabilice.
- Encerar la balanza analítica con el recipiente que contendrá el rodamiento
- Colocar el rodamiento ensayado con una piza y serrar la cámara de pesado.
- Observar que la balanza se ha estabilizado para tomar el dato.
- Retirar el rodamiento.
- Apagar la balanza.
- Realizar la diferencia de pesos e interpretar los resultados.



**Procedimiento para realizar ensayos con medios lubricantes en los rodamientos y su determinación en la velocidad de desgaste.**

Realizado por:	Diego Montalvo	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Lugar de estudio:	UTA	Fecha:	27/09/2013
Tipo de lubricante		Tipo de rodamiento	



**Figura 6.14.** Peso final del rodamiento

**Fuente:** Autor

**5.6.3.- Determinación de la longitud máxima de la huella.**

En este procedimiento se requiere de un calibrador digital para medir la longitud de la huella que se ha ocasionado durante el ensayo, la apreciación del calibrador es confiable, pero se requiere observar la huella y tomar la longitud mayor ya que se presenta en forma irregular.



**Figura 6.15.** Longitud máxima de la huella en el rodamiento NJ202 y 6202

**Fuente:** Autor



**Procedimiento para realizar ensayos con medios lubricantes en los rodamientos y su determinación en la velocidad de desgaste.**

Realizado por:	Diego Montalvo	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Lugar de estudio:	UTA	Fecha:	27/09/2013
Tipo de lubricante		Tipo de rodamiento	

**5.7.- Evaluación de resultados.**

Para la evaluación de resultados se presenta un formato técnico; el mismo que consta de datos informativos, datos técnicos del lubricante y el rodamiento, fotografías y resultados obtenidos que se encuentra en el (Anexo B),

Los resultados obtenidos en el capítulo IV; se analizarán y registrarán en tablas y gráficas las mismas que indicarán las respectivas variaciones que presentan el rodamiento y el lubricante en el momento de ser ensayados.

**6.8.- Lubricante recomendado.**

Una vez interpretados los resultados se procedió a seleccionar el lubricante que tenga un mejor comportamiento con los rodamientos; sin ocasionar cambios bruscos tanto en el lubricante como en el rodamiento, revisando que el lubricante que ocasione un menor desgaste será el más adecuado para aplicarlo en forma industrial y en un nuevo par tribológico; contribuyendo a controlar la fricción, el desgaste y la lubricación en un mecanismo.

**6.9 Ensayo de extrema presión.**

El ensayo de extrema presión nos ayuda a determinar la carga máxima que puede soportar el lubricante sin ocasionarle un desgaste acelerado al material, ya que cuando la carga sobrepasa el límite del lubricante se produce un desgaste



**Procedimiento para realizar ensayos con medios lubricantes en los rodamientos y su determinación en la velocidad de desgaste.**

Realizado por:	Diego Montalvo	Aprobado por:	Ing. Mg. Vaca H.
Lugar de estudio:	UTA	Fecha:	27/09/2013
Tipo de lubricante		Tipo de rodamiento	

similar al desgaste en seco.

Para el desarrollo de este ensayo se describe el siguiente procedimiento.

1. Colocar el bloque de prueba en la palanca de fricción, asegurándose de que está bien asentado; pero evitando la posible distorsión de apriete excesivo
2. Calibrar la máquina de ensayos con el lubricante que se requiera realizar la prueba.
3. Revisar que la película del lubricante cubra todo el bloque de prueba.
4. Ubicar los contra pesos en forma escalonada observando el comportamiento del lubricante.
5. Determinar la carga máxima que soporto el lubricante.



## 6.8.- ADMINISTRACIÓN.

**Tabla 6.3** Análisis económico se presenta en la en donde se expone los costos necesarios para el desarrollo del presente estudio.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS</b>					
1	Rodamiento G9349110	2	N/A	12.50	\$25.00
2	Pista de acero 1R55*65*30	2	N/A	12.00	\$24.00
3	Motor WEG monofásico 2Hp	1	Hp	150.00	\$120.00
4	Bomba de aceite	1	N/A	100.00	\$100.00
5	Contactador LG	2	N/A	25.00	\$50.00
6	Relé térmico	2	N/A	20.00	\$40.00
7	Resistencia eléctrica 2000 W	1	W	22.00	\$22.00
8	Amperímetro 0-50	1	Amperios	15.00	\$15.00
9	Transformador CPS-33 60/5	1	Amperios	13.10	\$13.10
10	Termocupla 600C5*200mmc	1	N/A	15.30	\$15.30
11	Control de temperatura	1	N/A	80.00	\$80.00
12	Interruptor CSC 6P 63A	1	N/A	41.20	\$41.20
13	Cable sucre flexible 3*12	3	m	3.20	\$9.60
14	Enchufe trifásico	1	N/A	5.00	\$5.00
15	Bancada	1	N/A	100.00	\$100.00
16	Bloque de ensayos	1	N/A	150.00	\$150.00
17	Tablero de control	1	N/A	80.00	\$80.00
18	Acabados	1	N/A	50.00	\$50.00
<b>TOTAL MATERIALES, para la construcción de la máquina de ensayos</b>					<b>\$940.20</b>
<b>MATERIALES PARA EL DESARROLLO DEL ENSAYO</b>					
19	Rodamientos 6202	8	N/A	1.00	\$8.00
20	Rodamientos NJ202	4	N/A	30.00	\$120.00
21	Aceite 85W-140	3	Litros	6.00	\$18.00
22	Aceite 25W-50	3	Litros	5.50	\$16.50

23	Aceite 15W-40	3	Litros	5.50	\$16.50
24	Grasa ABRO NLG #3	1	Libra	3.00	\$3.00
25	Grasa MYTIK NLG #2	1	Libra	6.00	\$6.00
<b>TOTAL MATERIALES, para la construcción de la máquina de ensayos</b>					<b>\$188.00</b>
<b>RECURSOS HUMANOS</b>					
26	Técnico industrial	1	N/A	350.00	\$350.00
27	Investigador	1	N/A	500.00	\$500.00
<b>TOTAL RECURSOS HUMANOS</b>					<b>\$850.00</b>
<b>VARIOS</b>					
28	Materiales de oficina	1	N/A	100.00	\$100.00
29	Transporte	1	N/A	30.00	\$30.00
30	Internet	1	N/A	40.00	\$40.00
31	Impresión y empastado	1	N/A	200.00	\$200.00
<b>TOTAL VARIOS</b>					<b>\$370.00</b>
<b>TOTAL</b>					<b>\$2 348.20</b>

## **6.9.- PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.**

Una vez concluido el presente trabajo de investigación, el mismo que fue realizado en el laboratorio de Materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato. En donde se ha determinado el proceso para realizar ensayos en medios de lubricación y su incidencia en la velocidad de desgaste.

La investigación constituye un aporte importante en la tribología estableciendo un proceso de análisis de medios de lubricación que puede ser aplicado en elementos de maquinaria que tienen contacto directo entre materiales, ayudando con el estudio a seleccionar el lubricante más óptimo que logre mantener al material en mejores condiciones, disminuyendo con esto tiempos de parada de máquina por reparación y la fabricación, cambio o reparación del elemento desgastado.

Por medio de la investigación se pretende aprovechar al máximo las propiedades del lubricante, contribuyendo de esta forma a reducir su consumo y darle una correcta aplicación de trabajo, extendiendo la investigación a la generación de nuevos lubricantes.

El estudio realizado puede servir como referencia para iniciar nuevos análisis de lubricantes y otros materiales distintos, determinando parámetros importantes que se destaquen durante el ensayo y aplicarlos en la industria.

## 7.- BIBLIOGRAFÍA

- Albarracín, P. (1993). *Tribología y Lubricación industrial y automotriz*. Litochoa:  
[http://www.pedroalbarracinaguillon.com/inicio/images/files/libro\\_tribologia\\_y\\_lubricacion.pdf](http://www.pedroalbarracinaguillon.com/inicio/images/files/libro_tribologia_y_lubricacion.pdf).
- Aviña, J. (2011). *Evaluación de la velocidad de desgaste usando máquina Timken mediante procesamiento de video*. Irapuato: Veranos.
- Cal. (2005). *clasificación de los lubricantes según la norma SAE*. Argentina:  
<http://www.cal.org.ar/clasificacion.pdf>.
- Corel. (2009). *Catálogo de lubricantes*. Bogotá:  
[http://www.corel.com.co/documentacion/DURAFLEX/Catalogo\\_RUEDAS\\_INDUSTRIALES\\_H.D.\\_.pdf](http://www.corel.com.co/documentacion/DURAFLEX/Catalogo_RUEDAS_INDUSTRIALES_H.D._.pdf).
- Druckerei. (2002). *Catálogo Rodamientos de bolas y rodillos FAG*. Barcelona:  
<http://www.baleromex.com/catalogos/C-FAG.pdf>.
- FAG. (2002). *Averías de los rodamientos*. Barcelona:  
[http://www.rodaunion.com/descargas/catalogos/pdf/rodamientos\\_y\\_accesorios/fag/Averias\\_de\\_Rodamientos\\_WL82102-2\\_SB\\_0502.pdf](http://www.rodaunion.com/descargas/catalogos/pdf/rodamientos_y_accesorios/fag/Averias_de_Rodamientos_WL82102-2_SB_0502.pdf).
- Farías, J. (2008). *Selección de lubricantes a usarse en máquinas y equipos*. Guayaquil:  
[http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/REVISTA\\_CICYT/Articulo/81.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/REVISTA_CICYT/Articulo/81.pdf).
- Galo, N. (2004). *Tutoría Investigación Científica*. Quito: Diemerino.
- Hernández, H. (2002). *Mecánica de fricción y análisis de falla*. Bogotá: Colección Sede.
- Kuby, J. (2008). *Estadística elemental*. México: Cengage Learning.
- Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México: Universidades.

- NSK. (2010). *Catálogo de Lubricación*.  
[http://www.nskamericas.com/cps/rde/xbcr/na\\_es/NSK\\_BearingDoctor\\_Catálogo\\_de\\_Fallas.pdf](http://www.nskamericas.com/cps/rde/xbcr/na_es/NSK_BearingDoctor_Catálogo_de_Fallas.pdf).
- R.Torres. (2007). *El Análisis Experimental de Esfuerzos en la Optimización de Diseños Mecánicos*. Mexico: Cicata.
- Ros, F. (2010). *Estudio de la carga en rodamientos defectuosos*. Madrid.
- Sanchez, F. (2006). *Mantenimiento Mecánico de Máquinas*. España: Jaume.
- SKF. (2009). *rodamientos SKF*. Gotemburgo:  
<http://www.latinrodamientos.com/files/rodamientos.pdf>.
- Trico. (2010). *Catálogo Soluciones completas para manejo de lubricación*.  
 Guayaquil: <http://www.cisealco.com/catalogos/lubricadores-trico.pdf>.
- Vera, E. (2009). *Desgaste por fatiga en deslizamiento y por contacto de rodadura*. Mexico: Instituto Politécnico Nacional  
<http://www.sepi.esimez.ipn.mx/posgradomecanica/tesis/2009/Desgaste%20por%20fatiga%20en%20deslizamiento%20y%20por%20contacto%20de%20rodadura%20en%20aceros%20AISI%204320%208620%204140%20y%20O1%20base%20y%20con%20recubrimientos>.
- Viteri, L. (2011). *Análisis de la degradación de aceites lubricantes y propuesta de planes de mejora para el mantenimiento*. Riobamba:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/947/1/65T00018.pdf>.

#### **INTERNET:**

- Chevron. (2010). *Ursa LA-3 SAE 25W-50*. Ambato:  
[http://www.conauto.com.ec/images/stories/pdf/chevron\\_hojas\\_tecnicas/inventario-normal/ursa\\_la-3\\_sae-25w50.pdf](http://www.conauto.com.ec/images/stories/pdf/chevron_hojas_tecnicas/inventario-normal/ursa_la-3_sae-25w50.pdf).

- Chevron. (2011). *Ursa Premium TDX Plus 15W-40*. Ambato:  
[http://www.conauto.com.ec/images/stories/pdf/chevron\\_hojas\\_tecnicas/inventario-normal/ursa\\_premium\\_tdx\\_plus\\_sae\\_15w40.pdf](http://www.conauto.com.ec/images/stories/pdf/chevron_hojas_tecnicas/inventario-normal/ursa_premium_tdx_plus_sae_15w40.pdf).
- Chevron. (2009). *Multigear EP SAE 85W-140*. Ambato:  
[http://www.conauto.com.ec/images/stories/pdf/chevron\\_hojas\\_tecnicas/inventario-normal/multigear\\_ep\\_sae\\_80w90-85w140.pdf](http://www.conauto.com.ec/images/stories/pdf/chevron_hojas_tecnicas/inventario-normal/multigear_ep_sae_80w90-85w140.pdf).
- Daniel. (2006). *Valores críticos para la prueba t student*. Quito:  
<http://www.mat.uda.cl/hsalinas/cursos/2008/probabilidad/Tablat.pdf>.
- ABRO. (2010). *Grasas multiuso litio #3 azul*. Guayaquil:  
<http://www.abro.com/productos/cuidado-automotriz/grasas/?product=246>.
- lubricants, M. (2012). *Grasas para altas temperaturas*. Texas:  
[http://docs.mystiklubes.com/msds\\_pi/M20026-S.pdf](http://docs.mystiklubes.com/msds_pi/M20026-S.pdf).
- FBJ. (2008). *Rodamientos rígidos de bolas*. Mexico:  
<http://es.scribd.com/doc/95304841/Fbj-Mexico-11-1>.
- SKF. (2009). *rodamientos SKF*. Gotemburgo:  
<http://www.latinrodamientos.com/files/rodamientos.pdf>.

# ANEXOS



## MULTIGEAR EP

### SAE 80W-90, 85W-140

---

Multigear EP es una serie de aceites lubricantes para engranajes automotrices, formulados con bases minerales y aditivos de extrema presión para lubricación de diferenciales y cajas de transferencia.

#### APLICACIONES

La serie Multigear EP está recomendada para la lubricación de diferenciales (de engranajes helicoidales o hipoidales) encontrados en camiones, pick-ups, jeeps, vans, ómnibus, camionetas y automóviles, cuando se requiere un aceite API GL-5.

La serie Multigear EP puede también ser usada en transmisiones, direcciones mecánicas, mandos finales u otras aplicaciones cuando los fabricantes solicitan un producto de clasificación API GL5.

Los aceites Multigear EP no deben utilizarse en diferenciales autoblocantes.

Los Multigear EP<sup>1</sup> cumplen:

- Categorías de servicio API
  - GL-5
- Especificaciones militares
  - MIL-L-2105D

#### BENEFICIOS

La serie Multigear EP proporciona:

- Durabilidad de las piezas mecánicas — debido a sus aditivos de extrema presión, evita el desgaste de las piezas en operaciones con elevadas cargas.
- Larga vida del aceite — debido a su resistencia a la oxidación, evitando la formación de lodos y/o depósitos.
- Excelente protección contra herrumbre y corrosión — en función de los inhibidores que protegen las superficies.
- Uso temperaturas ambientes variadas — sus características de multiviscosidad garantiza un buen flujo a baja temperatura y la formación de una adecuada película lubricante en elevadas temperaturas.

#### MANEJO

Para información sobre seguridad en el manejo de este producto, referirse a la hoja de seguridad o contacte a su representante de ventas.

---

1. Productos manufacturados en Colombia, Ecuador, El Salvador y Venezuela



CARACTERÍSTICAS TÍPICAS:

Grado SAE	Método ASTM	80W-90	85W-140
Código de producto	-	2316	2317
Código de hoja de seguridad MSDS	-	-	-
Densidad (@ 15,5 °C)	D-4052	0,893	0,899
Viscosidad cinemática cSt (@ 40-C cSt (@ 100-C)	D-445 D-445	143,5 14,72	337,3 25,0
Viscosidad a baja temperatura (Brookfield), -12°C, cP -26°C, cP	D-5293 D-5293	- 140.500	54.500 -
Índice de viscosidad	D-2270	102	96
Punto de inflamación, -C	D-92	208	227
Punto de fluidez, -C	D-97	- 30	- 21

Las características típicas son valores promedio. En la manufactura se pueden encontrar ligeras variaciones las cuales no afectan la calidad del producto, ni el rendimiento.

(FUENTE: Catalogo de chevron características y aplicación del lubricante Multigear EP 85W-140)



## URSA<sup>®</sup> LA-3 SAE 25W-50

---

El producto Ursa LA-3 SAE 25W-50 es un aceite multigrado de buena calidad, para uso en motores diesel los cuales operan en todo tipo de servicio.

### APLICACIONES

El Ursa LA-3 SAE 25W-50 puede ser usado en motores de servicio moderado y pesado con desgaste y/o de servicio prolongado, en los cuales se ha verificado que las tolerancias no permiten la aplicación de un grado SAE 15W-40 que debiera ser el recomendado. El particular grado SAE 25W-50, permite mejorar la compresión, en motores con excesivo desgaste y que están próximos a un "overhaul".

Puede ser usado en flotas mixtas, porque también cumple la especificación API SF para motores a gasolina de cuatro tiempos.

También puede ser utilizado en buses y camiones, en equipos de construcción, minería, marítimos, equipos agrícolas y motores estacionarios, en los cuales se haya verificado que requieren este particular grado de viscosidad.

El Ursa LA-3 SAE 25W-50<sup>1</sup> cumple:

- Categorías de servicio API
  - CF<sup>2</sup>
  - SF<sup>2</sup>

### BENEFICIOS

El Ursa LA-3 SAE 25W-50 proporciona:

- **Buen arranque del motor** — debido a sus características de multiviscosidad .
- **Limpeza en las partes vitales del motor** — como resultado de sus aditivos detergentes y dispersantes especialmente seleccionados.
- **Control de depósitos** — la buena estabilidad a la oxidación protege contra el espesamiento.
- **Protección al motor** — debido a los aditivos que protegen las partes con sobrecarga, minimizando el desgaste.

### MANEJO:

Para información sobre seguridad en el manejo de este producto, referirse a la hoja de seguridad o contacte a su representante de ventas.

---

1. producto manufacturado en Ecuador  
2. especificaciones obsoletas

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS:

	Método ASTM	SAE 26W60
Código de producto	-	42621
Código de hoja de seguridad, MSDS	-	11001 ECU
Densidad @15°C, g/cm <sup>3</sup>	D-4052	0,894
Viscosidad cinemática cSt @ 40°C cSt @ 100°C	D-445 D-445	177,5 19,03
Índice de viscosidad	D-2270	121
Viscosidad a baja temperatura (CCB) - 10°C, cP	D-5293	5.500
Punto de inflamación, °C	D-92	250
Punto de fluidez, °C	D-97	- 27
Número base total, mg KOH/g,	D-2896	10,84

Las características típicas son valores promedio. En la manufactura se pueden encontrar ligeras variaciones las cuales no afectan la calidad del producto, ni el rendimiento.

(FUENTE: Catalogo de chevron características y aplicación del lubricante Ursa LA 3 25W-50)



## URSA<sup>®</sup> PREMIUM TDX PLUS SAE 15W-40

### DESCRIPCIÓN DE PRODUCTO

El producto Ursa Premium TDX Plus SAE 15W-40 es un aceite multigrado para motores diesel de rendimiento muy alto (super high performance diesel - SHPD), formulado con tecnología ISOSYN<sup>®</sup> y ha sido especialmente diseñado para uso en motores turboalimentados con largos intervalos de cambio. La tecnología ISOSYN<sup>®</sup> utiliza bases lubricantes grupo II altamente refinadas y aditivos avanzados.

### BENEFICIOS PARA EL CLIENTE

Ursa Premium TDX Plus SAE 15W-40 proporciona:

- **Bajo desgaste** – suministrando larga vida útil de los componentes y bajos costos de mantenimiento.
- **Excelente limpieza en el motor** – ofreciendo una operación eficiente con bajo consumo de combustible.
- **Largos intervalos de cambio de aceite** – lo cual lleva a bajos costos de mantenimiento.
- **Control de consumo de aceite** – controla el desgaste y depósitos en el pistón, lo cual promueve a bajas emisiones.
- **Larga vida al motor** – debido a los aditivos que protegen las partes con sobrecarga, lo cual suministra bajo desgaste.
- **Excelente estabilidad de corte** - provee baja pérdida de viscosidad, incluso en las operaciones largas y condiciones severas de operación, presentando bajo desgaste y amplia vida útil del motor.
- **Alto nivel de dispersantes sin ceniza** - ayuda a mantener el hollín en suspensión y por lo tanto minimiza el riesgo de que se tape el filtro, grandes cantidades de lodo en la cabeza del cilindro, desgaste abrasivo por pulido, incremento de alta



viscosidad y gelación del aceite. Estos problemas pueden resultar en un desgaste excesivo y fallas de la chumacera durante el arranque, sin indicación previa para el operador.

### APLICACIONES

Ursa Premium TDX Plus SAE 15W-40 se recomienda para motores diesel de cuatro tiempos con aspiración natural ó turboalimentados de vehículos de transporte que operan en todo tipo de servicio.

Es ideal para equipo pesado de construcción, minería, marítimos, equipos agrícolas, motores estacionarios y otras aplicaciones de servicio severo.

Puede ser usado en flotas mixtas, por sus especificaciones para motores de cuatro tiempos a gasolina.

Ursa Premium TDX Plus SAE 15W-40 cumple con:

- **Categorías de servicio API**
  - CI-4 Plus
  - SL
- **Secuencias Europeas ACEA**
  - E7-04
- **Especificaciones Globales**
  - Global DHD-1
- **Requerimientos de fabricantes de motores diesel**
  - Caterpillar ECF-2
  - Cummins CES 20078, 20077, 20076, 20072 y 20071
  - Detroit 93K214
  - Mack EO-N Premium Plus 03
  - MAN M3275 y 271
  - Mercedes Benz 228.3
  - MTU Categoría 2
  - Volvo VDS-3

Producto(s) manufacturado(s) en Colombia y El Salvador.

Confirme siempre que el producto seleccionado cumple con las recomendaciones del fabricante del equipo respecto a sus condiciones de operación y las prácticas de mantenimiento del cliente.

Un producto de la empresa **Chevron**

13 Junio 2011

©2010-2011 Chevron U.S.A. Inc. Todos los derechos reservados.

Chevron, el Logo Estrella Texaco y Ursa son marcas registradas propiedad de Chevron Intellectual Property LLC. Todas las otras marcas registradas son propiedad de sus respectivos titulares.

### CARACTERÍSTICAS TÍPICAS

Grau SAE	Método ASTM	15W-40
Código de Producto	-	43086
Código de hoja de seguridad, MSDS Colombia El Salvador	-	28831 28832
Densidad a 15°C, kg/L	D-4052	0,882
Viscosidad cinemática cSt a 40°C cSt a 100°C	D-445 D-445	114,7 15,2
Índice de Viscosidad	D-2270	138
Punto de Inflamación, °C	D-92	215
Punto de fluidez, °C	D-97	-24
Número base total (TBN), mg KOH/g	D-2896	11,02

Las características típicas son valores promedio. En la manufactura se pueden encontrar ligeras variaciones, las cuales no afectan la calidad del producto, ni el rendimiento.

Confirme siempre que el producto seleccionado cumple con las recomendaciones del fabricante del equipo respecto a sus condiciones de operación y las prácticas de mantenimiento del cliente.

13 Junio 2011

(FUENTE: Catalogo de chevron características y aplicación del lubricante Ursa Premiun TDX Plus 15W-40)

## ANEXO A. 4

# MYSTIK® JT-6® HI-TEMP GREASES



Date 06/04

### Certificación NLGI GC-LB

#### DESCRIPCIÓN:

Estas grasas de Complejo de Litio para alta temperatura, combinan sus excelentes propiedades multipropósito con un elevado punto de gota, lo que les permite aplicaciones en un intervalo amplio de temperaturas. Las grasas Mystik® JT-6® Hi-Temp poseen un elevado valor de soporte de carga Timken además de un excelente comportamiento en los ensayos de 4 Bolas Desgaste y EP. Brindan una protección superior al ser aptas para lubricar una gran variedad de equipos automotores, agrícolas, mineros, de construcción e industriales, así como una inigualable protección contra las cargas de impacto o choque. La grasa JT-6® Hi-Temp No. 2 posee un comportamiento extremadamente versátil convirtiéndola en la mejor recomendación para los cojinetes de los frenos de disco, además de estar específicamente aprobada para ser usada en las juntas universales (crucetas) Rockwell y Spicer. Esta grasa suministra una excelente protección en aplicaciones con cargas severas en industrias, minería y construcción. La grasa JT-6® Hi-Temp No. 1 fue desarrollada para aplicaciones donde las condiciones de operación sugieren el uso de una grasa de consistencia más suave. Ambas satisfacen los más altos estándares de rendimiento, GC para cojinetes de puntas de eje y LB para lubricación de chasis, especificados en la norma ASTM D-4950 Sistema de Clasificación de Grasas Automotrices, además de poseer la certificación NLGI GC-LB para servicio dual.

#### APLICACIONES:

- La grasa Mystik® JT-6® Hi-Temp suministra excelente protección en aplicaciones de servicio severo como los cojinetes de los frenos de disco, quinta rueda y cojinetes de transportadores.
- En operaciones de minería, plantas de arena/grava y equipos de construcción donde se presentan cargas de impacto sobre los cojinetes, los cuales se benefician por utilizar la grasa Mystik® JT-6® Hi-Temp Grease.

#### CLASIFICACION:

La División de Juntas Universales (Crucetas) Spicer de Dana Corporations ha aprobado la grasa Mystik® JT-6® Hi-Temp (Código 665005) por satisfacer los requisitos de la especificación M-2006-J de Lubricantes para Alta Temperatura.

## PROPIEDADES TÍPICAS:

### MYSTIK® JT-6® HI-TEMP GREASES

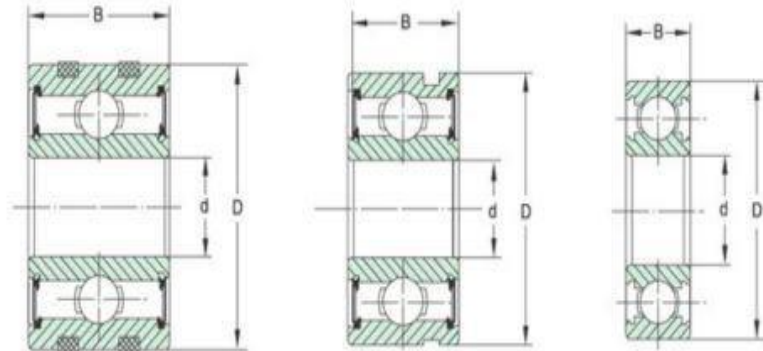
Código del Producto	665003002	665005002
Consistencia NLGI	1	2
Certificación NLGI, ASTM D 4950	GC-LB	GC-LB
Espesante	Complejo de Litio	Complejo de Litio
Textura	Suave, pegajosa	Suave, pegajosa
Color, observado	Roja	Roja
Penetración trabajada 60 golpes, ASTM D 217 dmm	310-340	265-295
Punto de gota, ASTM D 2265, °C (°F)	260 (500)	288 (550)
Fuga punta de eje, ASTM D 4290, pérdida g	8.1	2.0
Lavado por agua, ASTM D 1264, % pérdida	9.4 a 175°F.	2.5 a 175°F.
Prevención herrumbre, ASTM D 1743, rating	Pasa	Pasa
Corrosión al cobre, ASTM D 4048, rating	1B Max.	1B Max.
Estabilidad oxidación, ASTM D 942, caída psi	2 a 100 hrs.	2 a 100 hrs.
Separación aceite, ASTM D 1742, % pérdida	2	1
Carga OK Timken, ASTM D 2509, lbs.	80	80
4-Bolas desgaste, ASTM D 2266, mm	0.45	0.45
4-Bolas EP, pto. soldadura, ASTM D 2596, kgf	315	315
4-Bolas EP índice desgaste, ASTM D 2596, kgf	50	50
4-Bolas EP máx. carga sin rayadura, ASTM D 2596, kgf	80	80
Rango de aplicación, °C (°F)	-23 a 163 (-10 a 325)	-23 a 163 (-10 a 325)
Viscosidades :		
a 100°C, cSt.	44.0	44.0
a 40°C, cSt.	633	633
a 210°F, cSt. (SUS)	45.6 (214)	45.6 (214)
a 100°F, cSt. (SUS)	728 (3370)	728 (3370)
Índice de viscosidad	116	116

(FUENTE: [http://www.docs.citgo.com/msds\\_pi/844397.pdf](http://www.docs.citgo.com/msds_pi/844397.pdf))

## ANEXO A. 5

### 汽车发电机轴承

### AUTOMOTIVE GENERATOR BEARING



型号 Bearing No.	内径 I.D d mm	外径 O.D D mm	宽度 Width B/C mm	型号 Bearing No.	内径 I.D d mm	外径 O.D D mm	宽度 Width B/C mm
B8-23D	8	23	14	B15-69	15	35	13
B8-74D	8	22	11	6202SRR	15	35	13
B8-79D	8	23	11	7109Z	15	35	9
B8-85D	8	23	14	8750zRR	15	35	12.7
B10-46D	10	23	11	949100-3330	17	52	24/26
B10-50D	10	27	11	6403-2RS	17	62	17
B10-27D	10	27	14	B17-107D	17	47	19
W6000-2RS	10	26	10	B17-116D	17	52	18
B9000DRR	10	27	14	B17-47D	17	47	24
W6200RR	10	30	14.3	B17-99D	17	52	17
949100-2140	12	35	18	62303-2RS	17	47	19
B12-32D	12	32	10	W6203-2RS	17	40	17.5
B12-23DW	12	32	13	87503RR	17	40	14.3
W6001-2RS	12	28	12	WC87503ZZ	17	40	14.3
62201-2RS	12	32	16	REF382	17	47	24
W6201-2RS	12	32	16	B3042DRR	17	52	16
6201RRU	12	35	18	62304-2RS/17	17	52	21
6201RR	12	32	10	6904DW	18.8	37	9
B15-86D	15	47	14	5904WB	20	37	8.5
949100-3190	15	43	13	62322	22	56	21
949100-3360	15	46	14	87605RR	25	62	21
949100-3480	15	38	19	W6205-2RS	25	52	20.6
949100-3820	15	52	16	W6305-2RS	25	62	25.4
B15-83D	15	47	18	3051	25	62	19
B17-52D	15	52	24	6906DW	30	47	9
949100-2790	15	35	13	W6306-2RS	30	72	30.2
949100-3660	15	32	11	3306-2RS	30	72	30.2
W6200RR	15	32	11				

(FUENTE: Catalogo de rodamientos FBJ características del rodamiento 6202)





## ANEXO B. 1

Cylindrical roller bearings, single row												
Product information												
Tolerances, see also text												
Radial internal clearance, cylindrical bore, tapered bore, unsealed, see also												
Recommended fits												
Shaft and housing tolerances												
Principal dimensions			Basic load ratings			Fatigue load limit		Speed ratings		Mass		Angle ring
d	D	B	C	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub>	Reference speed	Limiting speed	kg	Designation	Designation	
mm	mm	mm	mm	mm	kN	kN	r/min	r/min	kg			
15	35	11	12,5	10,2	1,22	1,22	22000	26000	0,049	NJ 202 ECP	-	-
15	35	11	12,5	10,2	1,22	1,22	22000	26000	0,047	NU 202 ECP	-	-
15	35	11	12,5	10,2	1,22	1,22	22000	34000	0,047	NU 202 ECPHA	-	-
17	40	12	17,2	14,3	1,73	1,73	19000	22000	0,066	N 203 ECP	-	-
17	40	12	17,2	14,3	1,73	1,73	19000	34000	0,070	NJ 203 ECML	-	-
17	40	12	17,2	14,3	1,73	1,73	19000	22000	0,070	NJ 203 ECP	-	-
17	40	12	17,2	14,3	1,73	1,73	19000	34000	0,068	NU 203 ECML	-	-
17	40	12	17,2	14,3	1,73	1,73	19000	22000	0,068	NU 203 ECP	-	-
17	40	12	17,2	14,3	1,73	1,73	19000	22000	0,073	MUP 203 ECP	-	-
17	40	16	23,8	21,6	2,65	2,65	19000	22000	0,095	NJ 2203 ECP	-	-
17	40	16	23,8	21,6	2,65	2,65	19000	22000	0,092	NU 2203 ECP	-	-
17	40	16	23,8	21,6	2,65	2,65	19000	22000	0,097	MUP 2203 ECP	-	-
17	47	14	24,6	20,4	2,55	2,55	15000	20000	0,12	N 303 ECP	-	-
17	47	14	24,6	20,4	2,55	2,55	15000	20000	0,12	NJ 303 ECP	-	-
17	47	14	24,6	20,4	2,55	2,55	15000	20000	0,12	NU 303 ECP	-	-
20	47	14	25,1	22	2,75	2,75	16000	19000	0,11	N 204 ECP	-	-
20	47	14	25,1	22	2,75	2,75	16000	19000	0,12	NF 204 ECP	-	-
20	47	14	25,1	22	2,75	2,75	16000	30000	0,11	NJ 204 ECML	-	-
20	47	14	25,1	22	2,75	2,75	16000	19000	0,11	NJ 204 ECP	-	-
20	47	14	25,1	22	2,75	2,75	16000	30000	0,11	NU 204 ECML	-	-
20	47	14	25,1	22	2,75	2,75	16000	19000	0,11	NU 204 ECP	-	-
20	47	14	25,1	22	2,75	2,75	16000	24000	0,11	NU 204 ECPHA	-	-
20	47	14	25,1	22	2,75	2,75	16000	30000	0,12	MUP 204 ECML	-	-
20	47	14	25,1	22	2,75	2,75	16000	19000	0,12	MUP 204 ECP	-	-
20	47	14	25,1	22	2,75	2,75	16000	24000	0,12	MUP 204 ECPHA	-	-

(FUENTE: Catalogo de rodamientos SKF, características del rodamiento NJ202)

## ANEXO B. 2

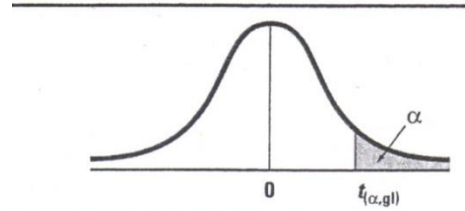
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 			
<b>ANÁLISIS EN LA VELOCIDAD DE DESGASTE DEL RODAMIENTO</b>			
<b>Datos Informativos:</b>			
Tipo de estudio:		Ensayo N °:	
Lugar de estudio:		Fecha:	
Realizado por:		Aprobado por:	
Normas aplicables:			
<b>DATOS PARA EL ENSAYO DE LA VELOCIDAD DE DESGASTE</b>			
<b>Características del lubricante</b>		<b>Características del rodamiento</b>	
Tipo de lubricante:		Tipo de rodamiento	
Marca del lubricante		Marca del rodamiento	
Densidad 15.5 ° C		Peso inicial	
Índice de viscosidad		Volumen inicial	
Viscosidad cinemática 40 ° C		Carga aplicada (Lb)	
Temperatura inicial			
<b>RESULTADO:</b>			
<b>Diferencia de peso del rodamiento</b>		<b>Huella resultante del ensayo</b>	
<b>Resultados lubricante</b>		<b>Resultados rodamiento</b>	
Tiempo de lubricación (min)		Peso final (gr)	
Temperatura máxima (° C)		% de desgaste en masa	
Extrema presión (Lb)		Longitud huella (mm)	
<b>Observaciones:</b>			

(FUENTE: Formato para la evaluación del lubricante y rodamiento AUTOR)

**Anexo B. 3**

**Tabla E.3 Valores críticos de t**

Para un número dado de grados de libertad,  $e$  elemento representa el valor crítico de  $t$  que corresponde a un área de la cola superior especificada ( $\alpha$ )



Grados de libertad	Áreas de la cola superior					
	.25	.10	.05	.025	.01	.005
1	1.0000	3.0777	6.3138	12.7062	31.8207	63.6574
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9646	9.9248
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8409
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7764	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0322
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9980	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5177	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7969
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3006	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800
50	0.6794	1.2987	1.6759	2.0086	2.4033	2.6778

continúa

(FUENTE: [http://www.fisterra.com/mbe/investiga/t\\_student/t\\_student.asp](http://www.fisterra.com/mbe/investiga/t_student/t_student.asp))

## ANEXO B. 4



Designation: D 2782 – 02

An American National Standard



240/84

# Standard Test Method for Measurement of Extreme-Pressure Properties of Lubricating Fluids (Timken Method)<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation D 2782; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscripted epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or approval.

### 1. Scope\*

1.1 This test method covers the determination of the load-carrying capacity of lubricating fluids by means of the Timken Extreme Pressure Tester.

Note 1—This test method is suitable for testing fluids having a viscosity of less than about 5000 cSt (5000 mm<sup>2</sup>/s) at 40°C. For testing fluids having a higher viscosity, refer to Note 5 in 9.1.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as standard. Because the equipment used in this test method is available only in inch-pound units, SI units are omitted when referring to the equipment and the test specimens.

1.3 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. Specific precautionary statements are given in 7.1, 7.2, 8.1, 8.2, 9.4, and 9.9.

### 2. Referenced Documents:

#### 2.1 ASTM Standards:

- D 2509 Test Method for Measurement of Load-Carrying Capacity of Lubricating Grease (Timken Method)<sup>2</sup>
- D 4175 Terminology Relating to Petroleum, Petroleum Products, and Lubricants<sup>3</sup>
- G 40 Terminology Relating to Wear and Erosion<sup>4</sup>

#### 2.2 ASTM Adjuncts:

- Three Glossy Prints of Test Blocks Showing Scars (D 2782)<sup>5</sup>

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D02 on Petroleum Products and Lubricants and is the direct responsibility of Subcommittee D02.10 on Industrial Lubricants.

Current edition approved Nov. 10, 2002. Published January 2003. Originally approved in 1969. Last previous edition approved in 2001 as D 2782-01.

This test method was adopted as a joint ASTM-IP Standard.

This test method was prepared under the joint sponsorship of the American Society of Lubrication Engineers. Accepted by STLE January 1969.

<sup>2</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 05.01.

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 05.02.

<sup>4</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.02.

<sup>5</sup> Available from ASTM International Headquarters, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19380. Order ADJDC509.

### 3. Terminology

#### 3.1 Definitions:

3.1.1 *extreme pressure (EP) additive, n, in a lubricant*—a substance that minimizes damage to metal surfaces in contact under high-stress rubbing conditions. D 4175

3.1.2 *lubricant, n*—any substance interposed between two surfaces for the purpose of reducing friction or wear between them. G 40

3.1.3 *scoring, n, in tribology*—a severe form of wear characterized by the formation of extensive grooves and scratches in the direction of sliding. G 40

3.1.4 *wear, n*—damage to a solid surface generally involving progressive loss of material, due to relative motion between that surface and a contacting substance or substances. G 40

#### 3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *load-carrying capacity of a lubricant*—as determined by this test method, the maximum load or pressure that can be sustained by the lubricant (when used in the given system under specific conditions) without failure of the sliding contact surfaces as evidenced by scoring or seizure or asperity welding.

3.2.2 *OK value, n*—as determined by this test method, the maximum mass (weight) added to the load lever weight pan, at which no scoring or seizure occurs.

3.2.3 *score value, n*—as determined by this test method, the minimum mass (weight) added to the load lever weight pan, at which scoring or seizure occurs.

3.2.3.1 *Discussion*—When the lubricant film is substantially maintained, a smooth scar is obtained on the test block, but when there is a breakdown of the lubricant film, scoring or surface failure of the test block takes place, as shown in Figs. 1 and 2. In its simplest and most recognized form, scoring is characterized by the furrowed appearance of a wide scar on the test block and by excessive pick-up of metal on the surface of the test cup. The form of surface failure more usually encountered, however, consists of a comparatively smooth scar, which shows local damage that usually extends beyond the width of the scar. Scratches or striations that occur in an otherwise

\*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

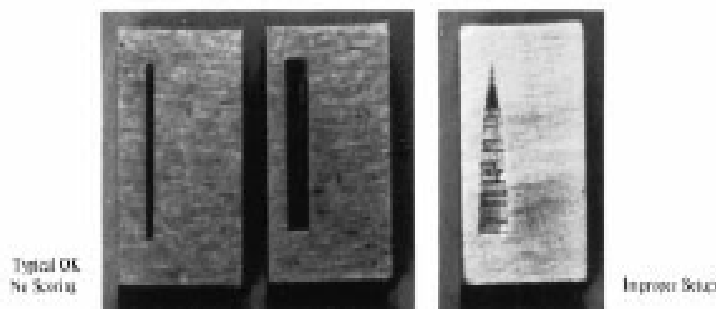


FIG. 1 Test Blocks Showing Various Types of Scar

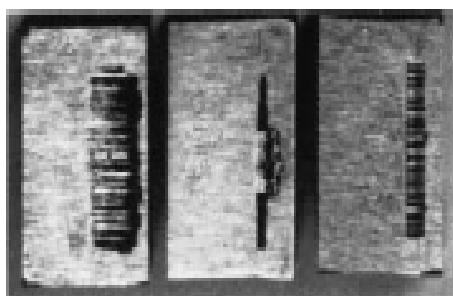


FIG. 2 Scoring

smooth scar and that do not extend beyond the width of the scar are not considered as evidence of scoring.

3.2.4 *scuffing or asperity welding*—localized fusion of metal between the rubbing surfaces of the test pieces. Scuffing is usually indicated by streaks appearing on the surface of the test cup, an increase in friction and wear, or unusual noise and vibration. Throughout this test method the term *scuffing* is understood to mean *scuffing or asperity welding*.

#### 4. Summary of Test Method

4.1 The tester is operated with a steel test cup rotating against a steel test block. The rotating speed is  $123.71 \pm 0.77$  m/min ( $405.88 \pm 2.54$  ft/min) which is equivalent to a spindle speed of  $800 \pm 5$  rpm. Fluid samples are preheated to  $37.8 \pm 2.8^\circ\text{C}$  ( $100 \pm 5^\circ\text{F}$ ) before starting the test.

4.2 Two determinations are made: the minimum load (score value) that will rupture the lubricant film being tested between the rotating cup and the stationary block and cause scoring or seizure; and the maximum load (OK value) at which the rotating cup will not rupture the lubricant film and cause scoring or seizure between the rotating cup and the stationary block.

#### 5. Significance and Use

5.1 This test method is used widely for the determination of extreme pressure properties for specification purposes. Users are cautioned to carefully consider the precision and bias statements herein when establishing specification limits.

#### 6. Apparatus

6.1 *Timken Extreme Pressure Tester*,<sup>6</sup> described in detail in Annex A1 and illustrated in Fig. 3.

6.2 *Sample Feed Device*,<sup>6</sup> for supplying the test specimens with fluid is described in Annex A1.

6.3 *Loading Mechanism*,<sup>6</sup> for applying and removing the load weights without shock at the uniform rate of 0.91 to 1.36 kg/s (2 to 3 lb/s). A detailed description is given in Annex A1.

6.4 *Microscope*,<sup>6</sup> low-power ( $50\times$  to  $60\times$ ) having sufficient clearance under objective to accommodate the test block. It should be fitted with a filar micrometer so that the scar width may be measured with an accuracy of  $\pm 0.05$  mm ( $\pm 0.002$  in.).

6.5 *Timer*, graduated in minutes and seconds.

#### 7. Reagents and Materials

7.1 *Acetone*, reagent grade. (Warning—Extremely flammable. Harmful when inhaled. See A3.1.)

7.2 *Stoddard Solvent or White Spirit*, reagent grade. (Warning—Flammable. See A3.2.)

7.3 *Test Cup*,<sup>7</sup> of carburized steel, having a Rockwell Hardness "C" Scale Number of 58 to 62, or a Vickers Hardness Number of 653 to 756. The cups have a width of  $0.514 \pm 0.002$  in., a perimeter of  $6.083 \pm 0.009$  in., a diameter of  $1.938 + 0.001, - 0.005$  in. and a maximum radial run-out of 0.0005 in. The axial surface roughness should lie between 0.51 and  $0.76 \mu\text{m}$  (20 and 30  $\mu\text{in.}$ ) C.L.A.

7.4 *Test Blocks*,<sup>8</sup> with test surfaces  $0.485 \pm 0.002$  in. wide and  $0.750 \pm 0.016$  in. long, of carburized steel, having a Rockwell Hardness "C" Scale Number of 58 to 62, or a Vickers Hardness Number of 653 to 756. Each block is supplied with four ground faces and the surface roughness should lie between 0.51 and  $0.76 \mu\text{m}$  (20 and 30  $\mu\text{in.}$ ) C.L.A.

#### 8. Preparation of Apparatus

8.1 Clean the apparatus with (1) Stoddard solvent or White Spirit, and (2) acetone and blow dry. (Warning—Extremely

<sup>6</sup> The sole source of supply of the apparatus known to the committee at this time is Falex Corp., 1020 Airpark Dr., Sugar Grove, IL 60554. If you are aware of alternative suppliers, please provide this information to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee<sup>1</sup>, which you may attend.

<sup>7</sup> Available from Falex Corp., under Part No. F-2581.

<sup>8</sup> Available from Falex Corp., under Part No. F-2580.

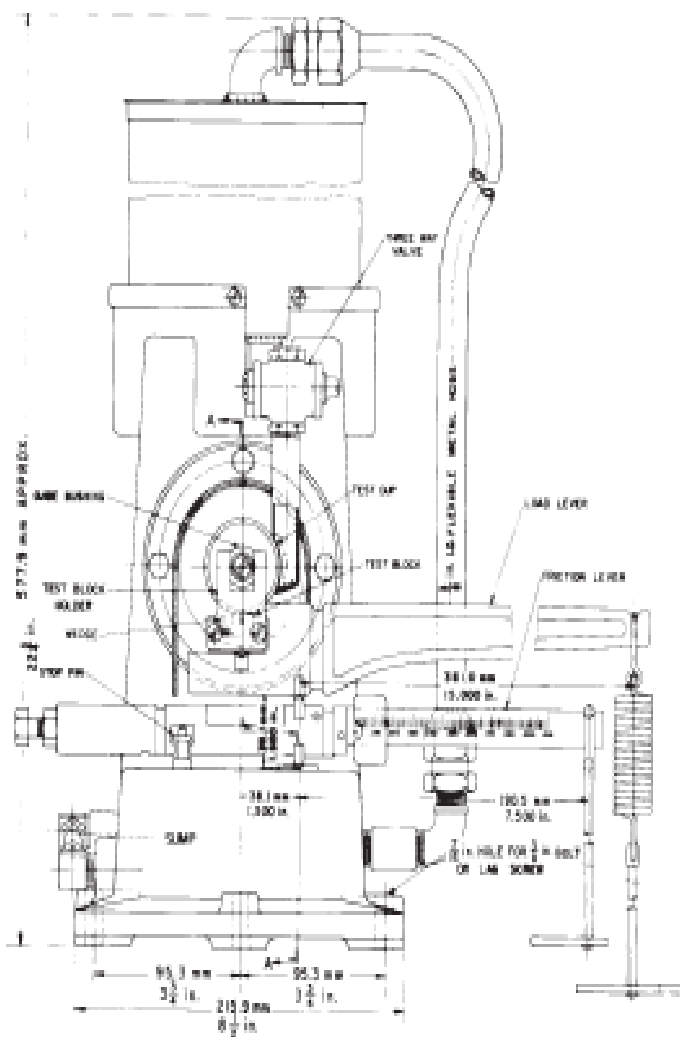


FIG. 3 Timken Tester

flammable. Harmful when inhaled. See A3.1.) (Warning—Flammable. See A3.2.) Flush with approximately 1 L (1 qt) of the fluid to be tested. Discard the flushing fluid. (Warning—Since acetone is highly flammable, use the minimum quantity.)

8.2 Select a new test cup and block, wash with Stoddard solvent or White Spirit (Warning—Flammable. See A3.2.) and dry with a clean soft cloth or paper. Immediately before use rinse the test cup and block with acetone and blow them dry. Do not use solvents such as carbon tetrachloride or others that may inherently possess load-carrying properties which may affect the results.

Note 2—This cleaning may be done in an ultrasonic cleaner.

8.3 Assemble the tester carefully (Fig. 4), placing the test cup on the spindle and making certain that it is well seated, drawing it up firmly but avoiding possible distortion from excessive tightening (Note 3). Place the test block in the test block holder and adjust the levers so that all the knife edges are in proper alignment. Exercise special care in placing the stirrup of the spring-weight platform assembly (selection of which will depend on the loading device) in the groove of the

load-lever arm to avoid pressure shock to the test block when the load is applied. To ensure that the test block, test block holder, and lever arms are properly aligned and seated, coat the test block and test cup with the lubricant to be tested, and rotate the machine slowly for a few revolutions either by hand or by suitable control mechanism. When the parts are in alignment, the fluid will be wiped off the cup over its entire width.

Note 3—At this point it is recommended that a dial indicator used to check the radial run-out of the cup to be not exceed 0.025 mm (0.001 in.) total indicator movement.

## 9. Procedure

9.1 Fill the reservoir of the tester to within 76 mm (3 in.) of the top (approximately 3 L or 3 qt) with the fluid to be tested. Preheat the fluid to  $37.8 \pm 2.8^\circ\text{C}$  ( $100 \pm 5^\circ\text{F}$ ).

Note 4—The fluid may be heated by the use of an immersion heater located in the tester reservoir or by heating the fluid prior to filling the reservoir. If an immersion heater is used, localized overheating must be avoided. This may be done by stirring or by circulating prior to the assembly of the lever arm.

Note 5—Fluids having a viscosity above about 5000 cSt (5000 mm<sup>2</sup>/s)

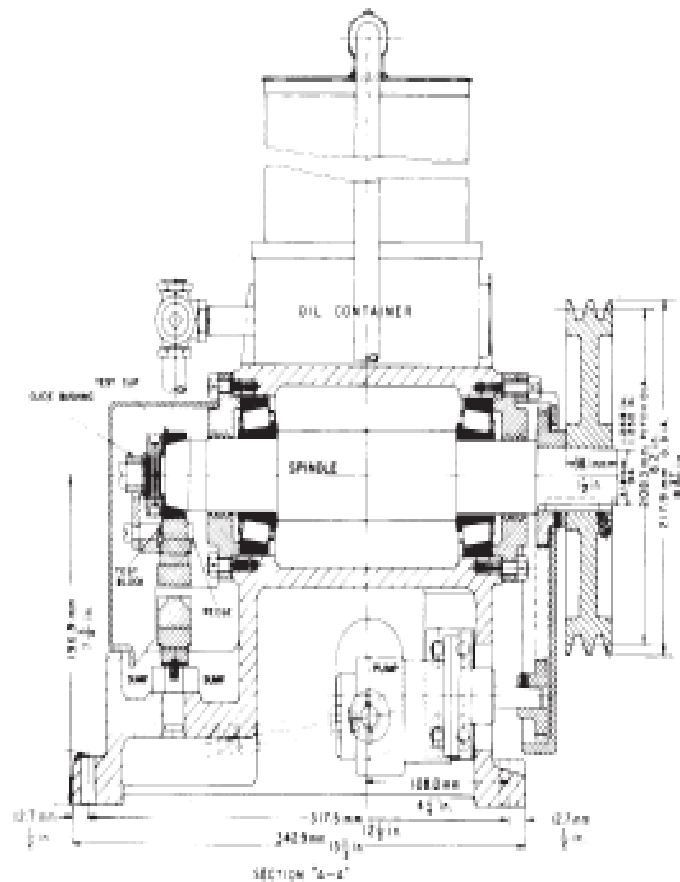


FIG. 3 (continued)

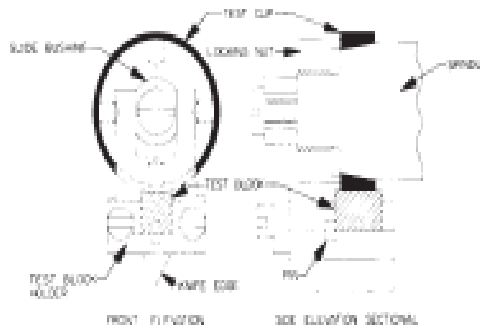


FIG. 4 Assembly of Tester Showing Test Pieces

at 40°C often cannot be tested at the prescribed fluid temperature of 37.8 ± 2.0°C (100 ± 5°F) because of inability of the pump to recirculate the fluid at this temperature. However, results from limited cooperative tests, covered in Tables A1.1 and A1.2, indicate that the starting fluid temperature could be increased to 65.6°C (150°F) to obtain adequate flow without affecting OK or score values. Testing of such high-viscosity fluids at room temperature in the Test Method D 2500 grease feeder also appears valid but may be difficult because of fluid leakage.

9.2 Set the discharge valve at full open. Allow the lubricant to flood the test cup and block. When the sump is about half filled with the fluid, start the motor and run for 30 s to break-in.

If the equipment used is equipped with acceleration control, start the motor and increase the spindle speed gradually to achieve 800 ± 5 rpm after 15 s. Run for a further 15 s to complete the break-in.

9.3 After a break-in period of 30 s, start the timer and apply at 8.9 to 13.3 N/s (2 to 3 lbf/s), a load that is less than the expected score load. In the absence of a better estimate, a starting load of 30 lbf is recommended. The load-lever arm, spring-weight platform assembly is not considered a part of the applied load. In the event a lower starting load is used, it must be a multiple of 6. Then allow the machine to run at 800 ± 5 rpm for 10 min ± 15 s after load application is initiated, unless a score is detected before that period.

9.4 If, after the load has been applied, scoring is evident by vibration or noise, stop the tester at once, turn off the flow of lubricant, and remove the load. Since the excessive heat developed with deep scoring may alter the surface characteristics of the entire block, discard the test block. (Warning—The machine and test pieces may be hot at this point and care should be exercised in their handling.)

9.5 If no scoring is detected, allow the tester to run for 10 min ± 15 s from the start of the application of the load. At the end of the 10-min ± 15-s period, reverse the loading device and remove the load from the lever arm. Turn off the motor,

allow the spindles to come to rest, then turn off the flow of fluid. Remove the load lever and inspect the condition of the test block surface at 1× magnification. Microscopical observations shall not be used to define when scoring has occurred. The lubricant has failed at the imposed load if the wear scar indicates any scoring or welding.

*Note 6*—A microscope may be used to examine the wear scar for further information as required in 9.9.

9.6 If no score is observed, turn the test block to expose a new surface of contact and, with a new test cup, repeat the test, as in 9.5, at 10-lbf increments until a load that produces a score is reached. At this point decrease the load by 5 lbf for the final determination.

*Note 7*—Before each test in 9.6-9.8 cool the fluid in the reservoir to  $37.8 \pm 2.8^\circ\text{C}$  ( $100 \pm 5^\circ\text{F}$ ), cool the shaft to less than  $65.6^\circ\text{C}$  ( $150^\circ\text{F}$ ), install a new test cup, and turn the test block to expose a new surface of contact. When scoring has occurred, discard the entire test block since excessive heat, developed when scoring occurs, may alter the surface characteristics of the entire block.

9.7 If a score is produced at the 30-lbf load, reduce the load by 6-lbf decrements until no scoring is realized. At this point, increase the load by 3 lbf for the final determination.

9.8 When the wear scar evidence at any load stage makes the definition of the onset of scoring questionable, repeat the test at the same load. If the second test produces a score, record a score rating for this load. Similarly, if the second test produces no scoring, record a no score rating. If the second test again yields a questionable result, simply withhold judgment of the rating at this load stage and test the fluid at the immediately next higher load stage (see Annex A2). Then assign a rating to the load stage in question that is identical to the rating obtained at the immediately next higher load stage employed.

9.9 After the OK value has been determined, remove the test block and wash with Stoddard solvent or White Spirit, rinse with acetone (Warning—Extremely flammable. Harmful when inhaled. See A3.1.) (Warning—Flammable. See A3.2.), and blow dry. By means of a filar micrometer microscope, measure the width of the scars on those blocks which successfully carried this load. Make all measurements to 0.05 mm (0.002 in.).

## 10. Calculation

10.1 When desired, the contact (unit) pressure that exists between the cup and block at the conclusion of the test can be calculated. Calculate the contact pressure,  $C$ , as follows:

$$C, \text{ psi} = [L(X + G)]/YZ \text{ or } (30(X + G))/YZ \quad (1)$$

$$C, \text{ MPa} = 0.81[L(X + 0.454G)]/YZ \quad (2)$$

where:

$L$  = mechanical advantage of load-lever arm, 10,

$G$  = load-lever constant (value is stamped on lever arm of each tester),

$X$  = mass (weight) placed on the weight pan, lb,

$X'$  = mass (weight) placed on the weight pan, kg,

$Y$  = length of test scar ( $\frac{1}{8}$  in.),

$Y'$  = length of test scar (12.7 mm),

$Z$  = average width of test scar, in., and

$Z'$  = average width of test scar, mm.

10.2 For convenience, contact (unit) pressures in pounds per square inch are listed in Table X3.1.

## 11. Report

11.1 Report the OK and score values in terms of the mass (weight) placed on the weight pan hanging from the end of the load-lever arm; do not include the mass (weight) of the pan assembly. Report the values in multiples of 5 lb above 30 lb and in multiples of 3 lb below 30 lb.

## 12. Precision and Bias<sup>9</sup>

12.1 The precision and bias of this test method as determined by the statistical examination of interlaboratory test results is as follows:

12.1.1 *Repeatability*—The difference between successive results obtained by the same operator with the same apparatus under constant operating conditions on identical test material would, in the long run, in the normal and correct operation of the test method exceed the following values only in one case in twenty:

*Repeatability* = 30 % of the mean value

12.1.2 *Reproducibility*—The difference between two single and independent results obtained by different operators working in different laboratories on identical test material would, in the long run, exceed the following values only in one case in twenty:

*Reproducibility* = 74 % of the mean value

*Note 8*—Precision data were obtained from round-robin tests by eleven laboratories on seven paraffinic base oil blends.<sup>9</sup> A table of raw data from the round robin is provided in Appendix X1 for information only.

*Note 9*—The precision values given in Section 12 are considered applicable for samples having, in the long run, an average Timken OK load of 15 lbf minimum.

*Note 10*—The following equipment, as listed in RR:D02-1223,<sup>9</sup> was used to develop the precision statement and no statistically significant differences were found between these pieces of equipment: (1) Falex Timken EP Tester, 1620 Airpark Drive, Skaper Grove, IL 60555. (2) The Timken Company, Canton, OH. To date, no other equipment has demonstrated through ASTM interlaboratory testing the ability to meet the precision of this test. This is not an endorsement or certification by ASTM.

## 13. Keywords

13.1 EP; extreme pressure; load carrying capacity; lubricant; Timken

<sup>9</sup> Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR: D02-1223.



ANNEXES

(Mandatory Information)

A1. TIMKEN EXTREME PRESSURE TESTER

A1.1 *Timken Extreme Pressure Tester<sup>a</sup>*, consisting essentially of a steel test cup rotating against a steel test block loaded from below. The test cup is attached to a horizontal spindle mounted in two roller bearings and driven at  $800 \pm 5$  rpm by a 2-hp (1.5-W) synchronous motor. The test block is mounted in a holder upon knife-edge bearings, designed to promote correct alignment and uniform pressure between the test cup and block. The machine must be mounted rigidly as results are affected by vibration. See Table A1.1 and Table A1.2 for test results.

A1.1.1 *Test Block Holder*, fitted with a pin, is provided with a steel wedge to hold the test block in position. It also has a pair of arms which fit around a cast iron guide bushing on the spindle. The bottom of the holder is mounted on knife edges on the load lever.

A1.1.2 *Test Cup Spindle*, tapered to receive the test cup which is locked in position by a locking nut with a left-hand thread. The spindle has a maximum radial run out of 0.013 mm (0.0005 in.); if the assembled cup and spindle has a radial run out greater than 0.025 mm (0.001 in.), test results can be affected. This value would indicate a badly worn or damaged spindle which should be replaced. Periodic checking of an assembled cup and spindle is recommended.

A1.1.3 *Lever System*, consisting of two levers: the upper or load lever and the bottom or friction lever. The load lever carries the test block holder and is mounted on knife edges on the friction lever. The friction lever, pivoted on a knife edge, is provided with a stop at the unloaded end.

A1.1.4 *Load-Lever Constant*—The mechanical advantage of the load lever is 10; that is, 1 lb placed on the notch at the outer end will exert a force of 10 lbf on the test block. The effective weight of the load-lever arm and weight pan system is stamped on the lever arm of each tester.

A1.1.5 *Sample Feed Device*—A 3785-mL (1-gal) capacity reservoir and piping allows gravity flow of test fluid over test cup and block. The reservoir is fitted with an electric heater so that test fluid may be heated. The test fluid flows into a sump and is removed by a pump which returns the fluid to the reservoir. A 100-mesh screen placed in the sump outlet prevents wear particles from entering the fluid system. A magnet placed in the sump outlet is also suggested for this purpose. Flow rate of fluid onto the test cup and block is controlled by a three-way valve at the reservoir outlet.

A1.2 *Loading Mechanism<sup>b</sup>*, consists of a power-operated loading platform so arranged that the weights are applied to the end of the load lever at a uniform rate of 0.91 to 1.36 kg/s (2 to 3 lbf/s), thus eliminating any errors due to a non-uniformity of load application. The weights are applied vertically to the center of the pan at the end of the load lever. Note that the loading rate is a function of the velocity of the loading mechanism and the deflection rate of the weight carrier springs. To measure the loading rate of the mechanism, the following procedure can be used.

A1.2.1 Place a piece of paper on the loading platform. Over it place the weight pan, with a 10 or 20-lb (4.54 or 9.07-kg) mass (weight) on the pan. An edge of the paper must be left exposed.

A1.2.2 Start the loading platform. When loading begins (indicated by loss of slack in the pan suspension apparatus) begin timing using a stopwatch.

A1.2.3 Grip the paper under the weight pan firmly. When the paper slides out from between the pan and platform, the stopwatch must be stopped. The time elapsed is the time to apply the load on the pan.

A1.2.4 Repeat A1.2.1, A1.2.2, and A1.2.3 at 10 or 20-lbf increments through the maximum load to be used on the tester (smaller increments may be necessary if the loading spring is very non-linear).

A1.2.5 Plot corresponding load versus time values and draw a curve through them. The slope at all points should be between 8.9 to 13.3 N/s (2 and 3 lbf/s). Alternatively, the loading rate for each load increment can be calculated as illustrated as follows, for a 20-lbf (89-N) increment between 20 and 40 lbf (89 and 177.9 N).

Load lbf = N	Time to Apply, s
0	0
20	7.8
40	14.6
60	21.3

Rate

$$(20 \text{ to } 40 \text{ lbf}) = \frac{40 \text{ lbf} - 20 \text{ lbf}}{14.6 \text{ s} - 7.8 \text{ s}} = \frac{20 \text{ lbf}}{6.8 \text{ s}} = 2.9 \text{ lbf/s} \quad (\text{A1.1})$$

$$(89 \text{ to } 177.9 \text{ N}) = \frac{177.9 \text{ N} - 89 \text{ N}}{14.6 \text{ s} - 7.8 \text{ s}} = \frac{88.9 \text{ N}}{6.8 \text{ s}} = 13.07 \text{ N/s} \quad (\text{A1.2})$$

TABLE A1.1 Results of 4-Machine, 3-Laboratory Study of Flow Rates of High-Viscosity Fluids in Timken Tester

Fluid Viscosity, cSt (mm <sup>2</sup> /s) at 37.8°C	Flow Rate, <sup>a</sup> mL/min, at 37.8 ± 1.1°C (100 ± 2°F), Valve Full Open	
	Lowest	Highest
314	1600	2250
640	593	794
1519	256	321
2202	162	208

<sup>a</sup> Calculated from the time for delivery of 500 mL of fluid from full reservoir.

**TABLE A1.2 Viscosities and Estimated Flow Rates for Two Fluids (Low and High Viscosity)**

	Viscosity, <i>cSt</i> SUS			Estimated Flow Rate, <sup>a</sup> mL/min, D 2782, Valve Full Open			
	37.0°C (100°F)	52.5°C (125°F) (ref.)	65.0°C (150°F) (ref.)	99°C (210°F)	37.0°C (100°F)	52.5°C (125°F)	65.0°C (150°F)
Fluid A	218.5 (1 013)	103.1 (470)	53.8 (250)	18.44 (86)	1650–2300	3500–4500	6500–8000
Fluid B	5 505 (25 500)	1 651 (7 600)	624 (2 900)	105.5 (462)	70–80	240–300	570–600

<sup>a</sup> Estimates from plot of temperature versus flow rate data on the four fluids shown in Table A1.1.

All increments must show values in the range from 98.9 to 13.3 N/s (2.0 to 3.0 lbf/s).

A1.2.6 Once the loading rate has been established, it can be adjusted, if necessary, by either changing the platform descent

rate, or by switching to a spring having different elongation behavior when loaded.

### A2. PROCEDURE FOR ASSIGNING RATING IN CASE OF QUESTIONABLE EVIDENCE OF SCORING

A2.1 The procedure to be followed in the assignment of a score or non-score rating to a load stage at which the evidence of the onset of scoring is questionable is illustrated by considering the following examples. In each example it is assumed that in accordance with 9.8 duplicate results have previously been obtained at the load stage in question, and that the examination of wear scars so produced made the assignment of either score or no-score ratings uncertain.

A2.1.1 If a fluid is tested in duplicate at a load of 40 lbf (177.9 N) in accordance with 9.8, and the examination of both wear scars produced leaves some question regarding the onset of scoring, the operator must next test the fluid at a load of 45 lbf (200.2 N). If no score is observed at this higher load, a no-score rating will be entered for the 40 lbf (177.9 N) load, and testing will proceed at the next usual load increment, for example, 50 lbf (222.4 N). If a score is observed at the 45-lbf

(200.2-N) load, a score rating will be entered for the 40-lbf (177.9-N) load. In this case in accordance with 9.6 the next and final test would be conducted at the 35-lbf (155.7-N) load.

A2.1.2 If a fluid is tested in duplicate at a load of 24 lbf (106.8 N) in accordance with 9.8, and the examination of both wear scars produced leaves some question regarding the onset of scoring, the operator should next test the fluid at a load of 27 lbf (120.1 N). If a score is observed at this higher load, a score rating will be entered for the 24-lbf (106.8-N) load, and testing will proceed at the next usual load decrement, for example, 18 lbf (80.1 N). If no score is observed at the 27-lbf (120.1-N) load, a no-score rating will be entered for the 24-lbf (106.8-N) load. In this case in accordance with 9.7 no further testing is required since no-score ratings are recorded for the 24 and 27-lbf (106.8 and 120.1-N) loads and scoring had presumably previously been observed at the 30-lbf (133.4-N) load.

### A3. PRECAUTIONARY STATEMENTS

#### A3.1 Acetone

Harmful if inhaled. Vapors may cause flash fire.

Keep away from heat, sparks, and open flame.

Keep container closed.

Use with adequate ventilation.

Avoid buildup of vapors and eliminate all sources of ignition, especially nonexplosion-proof electrical apparatus and heater.

Avoid prolonged breathing of vapor or spray mist.

Avoid prolonged or repeated skin contact.

#### A3.2 Stoddard Solvent or White Spirit

Vapor may cause flash fire.

Keep away from heat, sparks, and open flame.

Keep container closed.

Use with adequate ventilation.

Avoid buildup of vapors and eliminate all sources of ignition, especially nonexplosion-proof electrical devices and heaters.

Avoid prolonged breathing of vapor or spray mist.

Avoid prolonged or repeated skin contact.

**APPENDICES**

(Nonmandatory Information)

**XI. EXAMPLES OF TYPICAL TIMKEN OK LOADS**

X1.1 Shown in Tables X1.1 and X1.2 are Timken OK values for samples studied in an interlaboratory test program to determine the current test method precision. A pair of results is shown by each laboratory for each sample. According to instructions for the interlaboratory round robin, replicate results were obtained by the same operator with the same

apparatus under constant operating conditions during a short period of time. This data is provided solely as an illustration of the values that might be obtained within and between laboratories on various lubricating oil samples in the normal use of this test method.

**TABLE X1.1 Raw Data from 1985 Interlaboratory Study to Determine Test Method Precision for Test Method D 2782**

Note 1—For Sample 102, several values are reported as multiples of 5 lb. This illustrates improper reporting or determination of the OK load. (See 9.7 and 10.1.)

Note 2—For Sample 106, several values were reported as “100 + lb.” In these cases, cooperators indicated they were unable to determine the fail load due to lack of sufficient weights or by choice did not exceed 100 lb on the lever arm.

Sample		Timken OK Load, lb						
Laboratory	Run	101	102	103	104	105	106	107
1	1	75	6	45	65	60	100+	21
	2	80	6	35	80	75	100+	35
2	1	65	5	30	65	45	65	30
	2	35	9	30	65	45	65	30
3	1	65	9	24	75	65	65	50
	2	60	6	18	75	60	110	50
4	1	65	9	55	60	60	65	55
	2	70	9	35	70	70	60	50
5	1	70	3	9	60	65	60	15
	2	30	3	15	90	65	65	15
6	1	65	10	60	70	70	100+	55
	2	65	10	55	65	65	100+	45
7	1	40	9	30	50	35	100+	50
	2	45	9	45	45	35	100+	45
8	1	75	5	35	60	70	100+	40
	2	75	5	30	60	75	100+	40
9	1	65	10	50	65	55	100	25
	2	75	10	40	70	65	100	45
10	1	70	12	12	60	65	65	40
	2	70	9	9	55	50	90	50
11	1	65	6	12	60	45	75	45
	2	70	6	15	60	50	75	35
Average		64	6	21	67	65	62	39

TABLE X1.2 Raw Data from 1998 Mini Interlaboratory Study

Note 1—With 7 cooperators and one test lubricant to study variability of Timken results on a Typical ISO 220 VQ Sulfur/Phosphorus Industrial Gear Oil (Lubriol C6#92133F).

Laboratory	Machine	Run No.	O.K. Load, lb	Unit Load <sup>a</sup> , psi	Avg Scar Diam, mm	Avg Scar Diam, in
1	1	1	65	36 620	0.80	0.0385
		2	60	33 603	0.80	0.0385
		3	60	36 266	0.84	0.0351
		4	65	37 654	0.87	0.0343
	2	1	60	30 763	0.86	0.0380
		2	60	32 750	0.83	0.0366
		3	60	31 423	0.87	0.0382
		4	60	30 176	1.01	0.0398
2	1	1	70			0.0000
	2	1	65			0.0000
3	1	1	65	27 214	1.21	0.0478
		2	75	28 571	1.49	0.0587
4	1	1	65	29 536	1.12	0.0440
		2	65	29 185	1.13	0.0445
5	1	1	55	24 573	1.14	0.0448
		2	55	27 021	1.03	0.0407
6	1	1	65	29 430	1.12	0.0442
		2	65	27 748	1.19	0.0489
7	1	1	60	27 460		0.0437
		2	60	23 346		0.0514
	2	1	60	30 303		0.0390
		2	60	31 250		0.0384

<sup>a</sup> Calculated using formula: Unit Load (psi) = (20 × O.K. Load(lb))/(avg scar. (in))

X2. EXAMPLES OF USE OF THE PRECISION STATEMENT

X2.1 *Repeatability*—Two determinations of the Timken OK load are made within a short period of time by the same operator on identical samples of Oil A. The same equipment is used for both determinations. Result 1 = 50 lb. Result 2 = 65 lb. Are these results within the repeatability of the test method?

- Result 1 = 50 lb
- Result 2 = 65 lb
- X = Average of the two results = 58 lb
- Y = Repeatability limits for the two results
  - 30 % of the mean value X
  - 0.30 × 58 lb
  - 17 lb
- Z = Difference between results
  - 65 lb - 50 lb
  - 15 lb

Since the difference between the two determinations (Z) is less than the repeatability limits for the two determinations (Y), the two results are considered within the repeatability of the test method.

X2.2 *Reproducibility*—Single determinations of the Timken OK load are made by two laboratories on identical samples of Oil A. The laboratory results are Laboratory 1 = 40 lb and Laboratory 2 = 75 lb. Are these results within the reproducibility of the test method?

- Laboratory 1 = 40 lb
- Laboratory 2 = 75 lb
- X = Average of the two results = 58 lb
- Y = Reproducibility limits for the two results
  - 74 % of the mean value X
  - 0.74 × 58 lb

- 43 lb
- Z = Difference between results
  - 75 lb - 40 lb
  - 35 lb

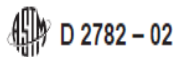
Since the difference between the two determinations (Z) is less than the reproducibility limits for the two determinations (Y), the two results are considered within the reproducibility of the test method.

X2.3 As additional examples of the precision limits, Table X2.1 gives repeatability and reproducibility limits for selected average Timken OK loads. The difference between two determinations of given average OK load should exceed the values shown in Table X2.1 only one in twenty times.

TABLE X2.1 Repeatability and Reproducibility Limits

Note 1—The values in Table X2.1 are calculated as shown in the examples in X2.1 and X2.2, and are not, therefore, necessarily multiples of 3 or 5 lb.

Average OK Load, lb	Repeatability, lb	Reproducibility, lb
15	4.5	11
30	9	22
40	12	30
50	15	37
60	18	44
70	21	52
80	24	59



### X3. UNIT PRESSURE

X3.1 Shown in Table X3.1 are unit pressures in pounds per square inch. If determination of unit pressure is desired, measure the width of the wear scar after the 10-min run. Obtain the contact pressure from Table X3.1 by locating the wear scar width in inches for the corresponding load.



### SUMMARY OF CHANGES

Committee D02 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (D 2782-01) that may impact the use of this standard.

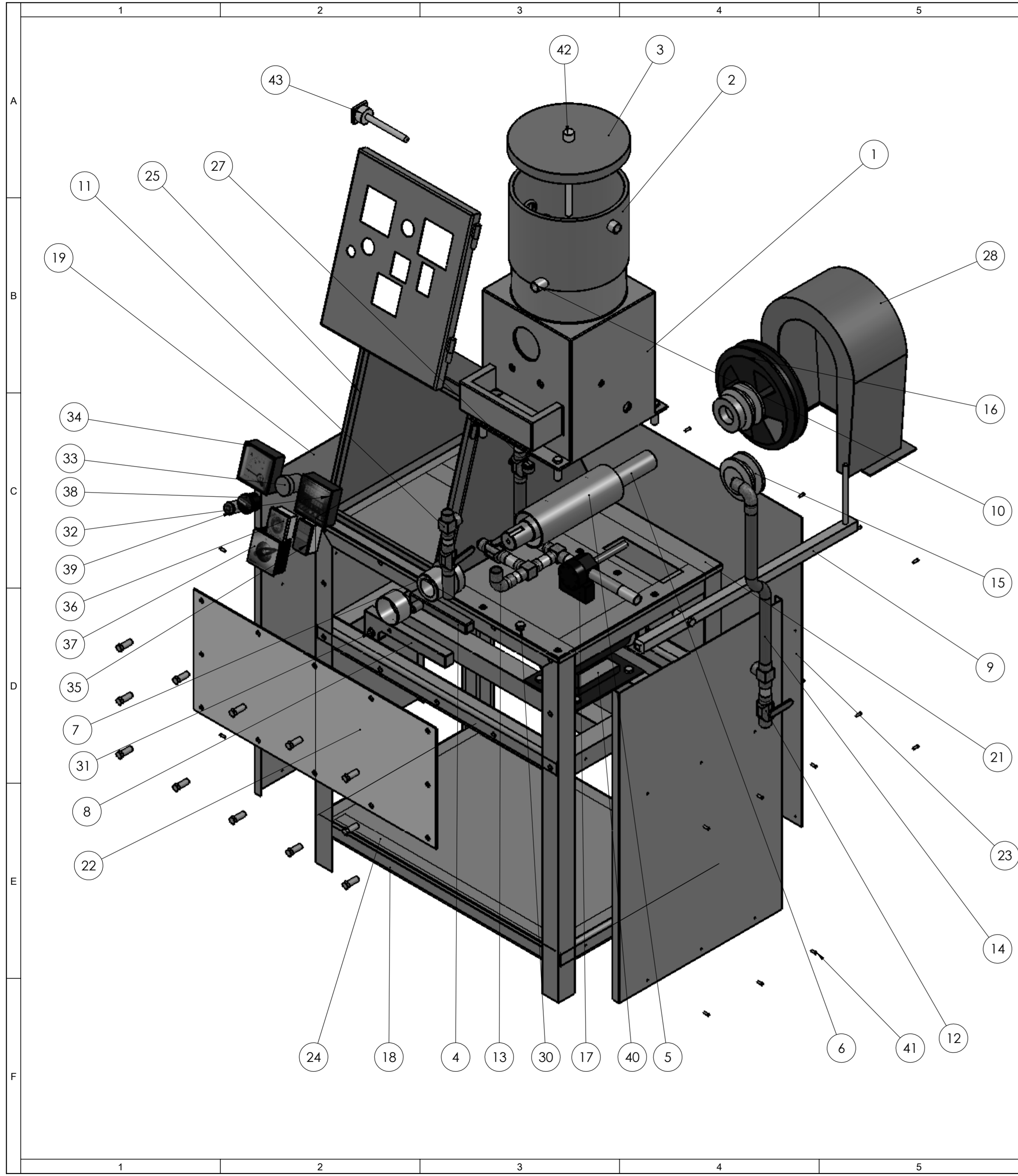
- |   |   |
|---|---|
| (1) Deleted specifications for Stoddard solvent and acetone from 2.1, 7.1, and 7.2. | (3) Corrected several footnotes.  |
| (2) Added note concerning ultrasonic cleaner to 8.2.                                | (4) Divided original 10.1 into two logical subsections: 9.9 for microscopic examination, and 10.1 for calculations. |

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

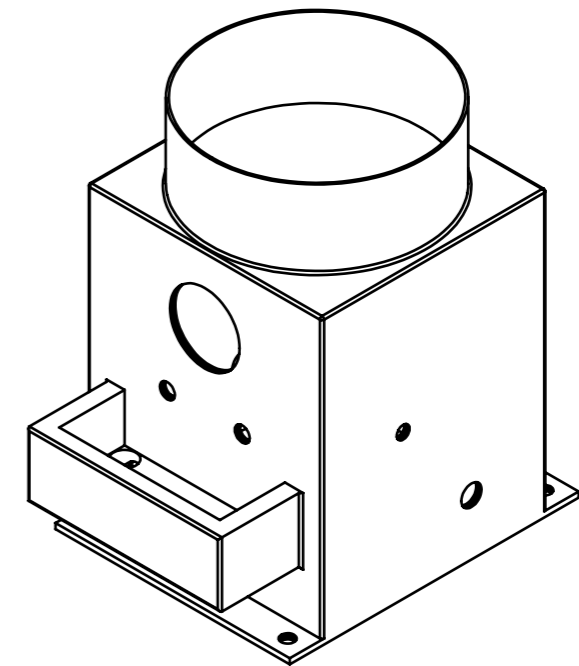
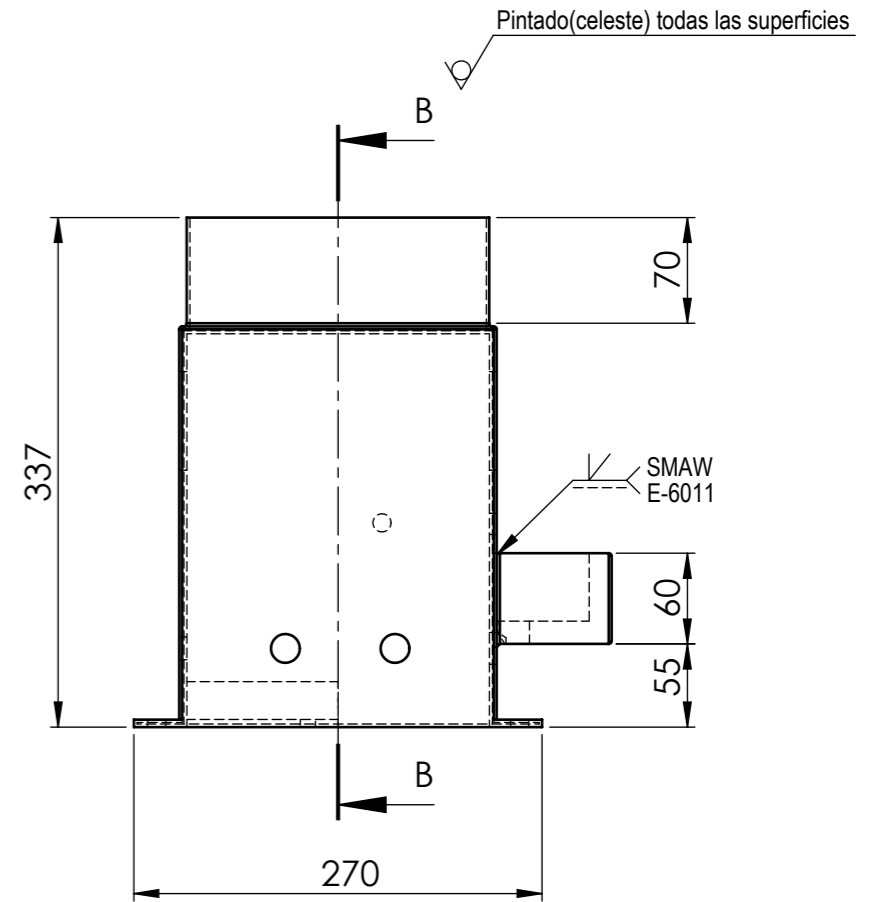
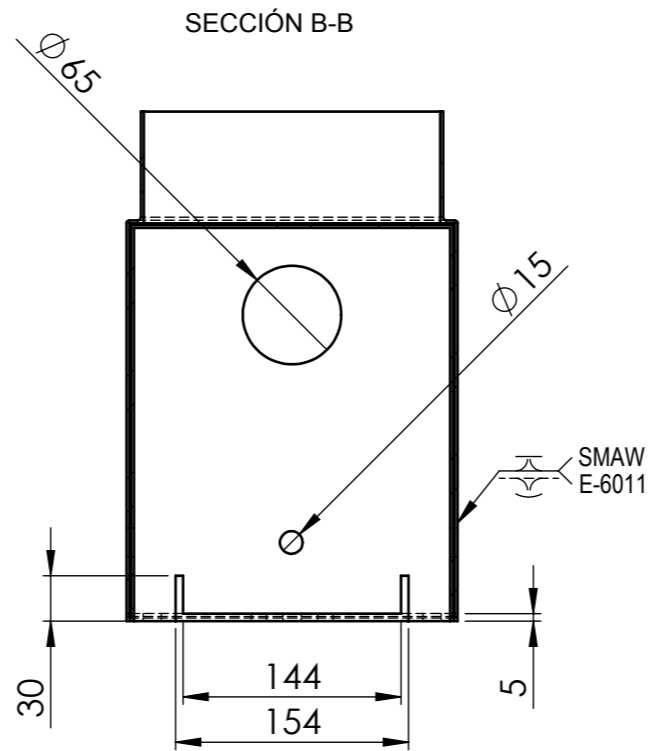
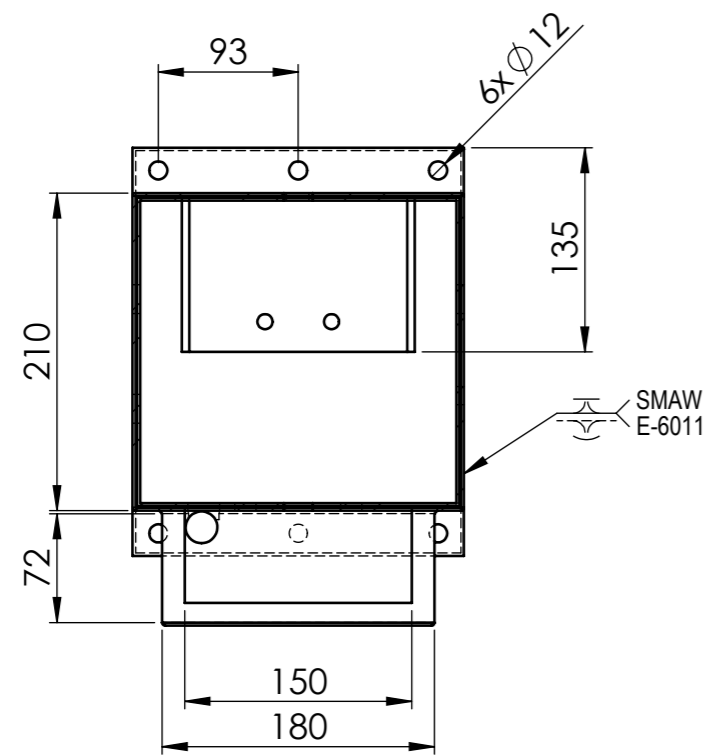
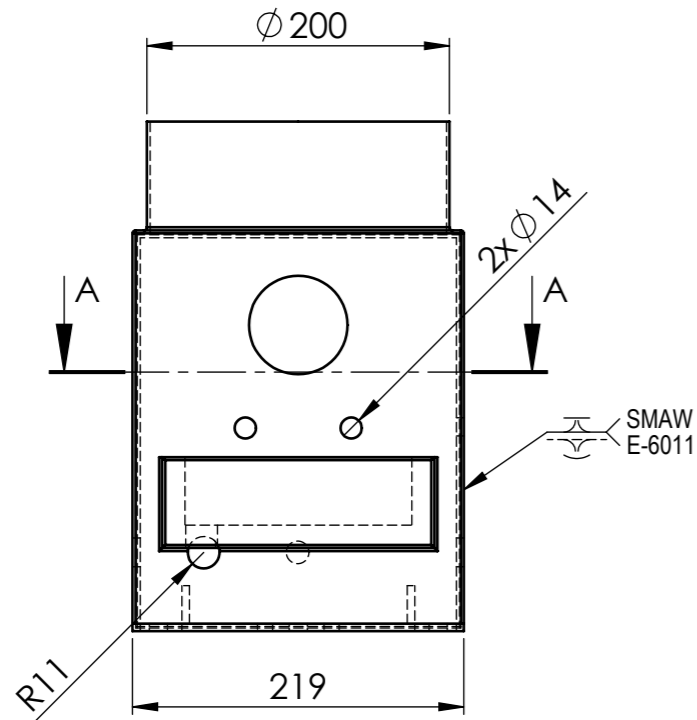
*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or [service@astm.org](mailto:service@astm.org) (e-mail); or through the ASTM website ([www.astm.org](http://www.astm.org)).*

**PLANOS**



43	Resistencia electrica	200 W	1
42	Termocupla	Tipo J	1
41	Remache	Estandar	22
40	Motor	Trifásico de 2HP 1800rpm	1
39	Seguro	Chapa de palanca	1
38	Encendido secundario	Botonera de dos entradas	1
37	Encendido principal	30 A	1
36	Timer	60seg a 60min	1
35	Botonera	Encendido y apagado	1
34	Amperimetro	0-120 A	1
33	Luz piloto	color verde	1
32	Control de temperatura	SASSIN 3S-C700	1
31	Perno de 8mm	Acero	5
30	Perno 14mm	Acero	11
29	Perno 12mm	Acero	12
28	Protección de poleas	Lamina de acero A 36 de 1mm	1
27	Tapón	Para tuberia 3/4 galvanizado	2
26	Panel de control	Lamina de acero 2mm	1
25	Base del tablero de control	Lamina de acero A 36 de 1mm	1
24	Forro inferior	Lamina de acero A-36 de 1mm	1
23	Forro posterior	Lamina de acero A-36 de 1mm	1
22	Forro frontal	Lamina de acero A-36 de 1mm	1
21	Forro superior	Lamina de acero A-36 de 1mm	1
19	Forro lateral	Lamina de acero A-36 de 1mm	2
18	BANCADA	Tubo cuadrado de 40x40x4 y angulo de 35x35x4	1
17	Bomba de aceite	Bomba exterior de disco	1
16	Polea 21mm	Hierro fundido	1
15	Polea 12mm	Aluminio	3
14	Tubería de cobre	Tubería de cobre 3/4	1
13	Codo	3/4 galvanizado	4
12	Llave de bola	3/4 galvanizada	4
11	T	3/4 galvanizada	4
10	Neplo	3/4 galvanizado	13
9	Palanca de carga	Acero 1020	1
8	Palanca de fricción	Acero 1020	1
7	Bocin para sujeción	Aluminio	1
6	Eje principal	Acero AISI 304	1
5	Soporte del eje	Acero AISI 304	1
4	Soporte de la palanca de fricción	Acero ASTM A-36	1
3	Tapa del tanque de aceite	Acero AINSI 316	1
2	Tanque de aceite	Acero AINSI 316	1
1	Caja de ensayos	ACERO A-36	1
ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

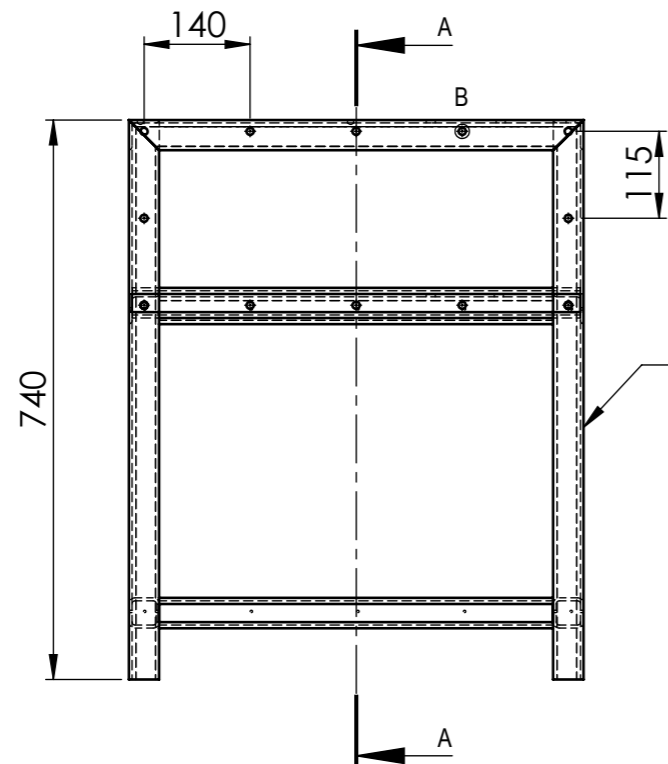
Tolerancia		(Peso)	Materiales:	
±0,1		86 Kg	Varios	
Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
Dibujó: 14/10/13	Montalvo D.	MÁQUINA DE ENSAYOS		1:5
Revisó: 15/10/13	Ing.Mg. Vaca H.	Número del dibujo: 01 de 19		
Aprobó: 17/10/13	Ing.Mg. Vaca H.	(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	
			UTA Ing. Mecánica	



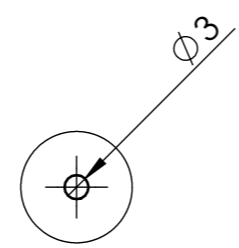
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	12.6 Kg	Acero ASTM A-36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 14/10/13	Montalvo D.		
				Revisó: 15/10/13	Ing.Mg.Vaca H		
				Aprobó: 17/10/13	Ing.Mg.Vaca H	<b>BLOQUE DE ENSAYO</b>	1:5
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



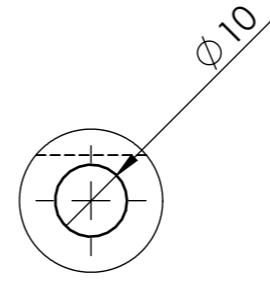
Pintado(plomo) todas las superficies



Ángulo 35x35x4



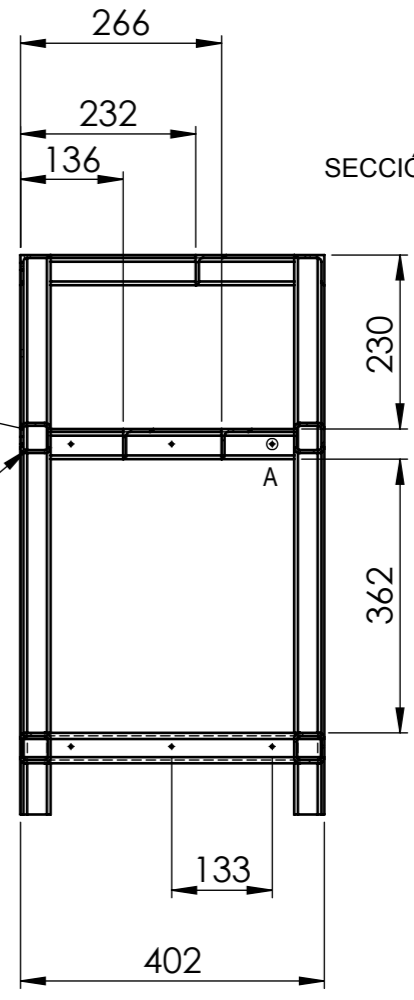
DETALLE A  
ESCALA 1:1



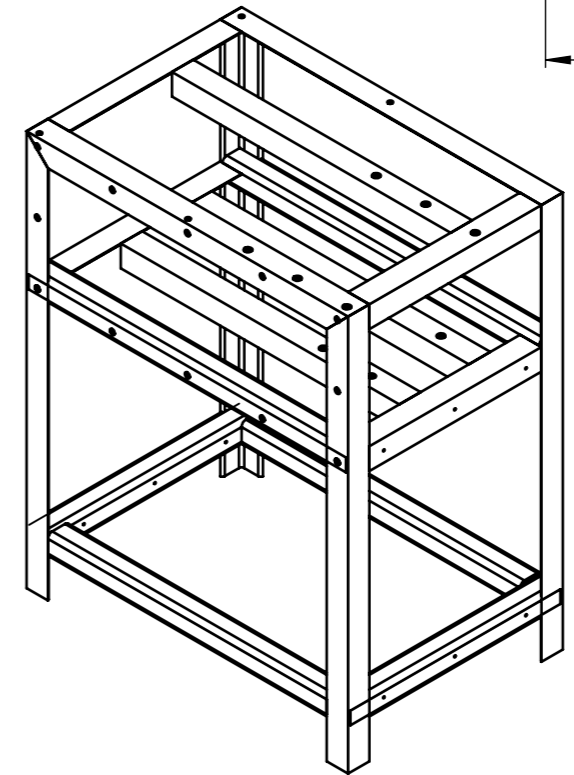
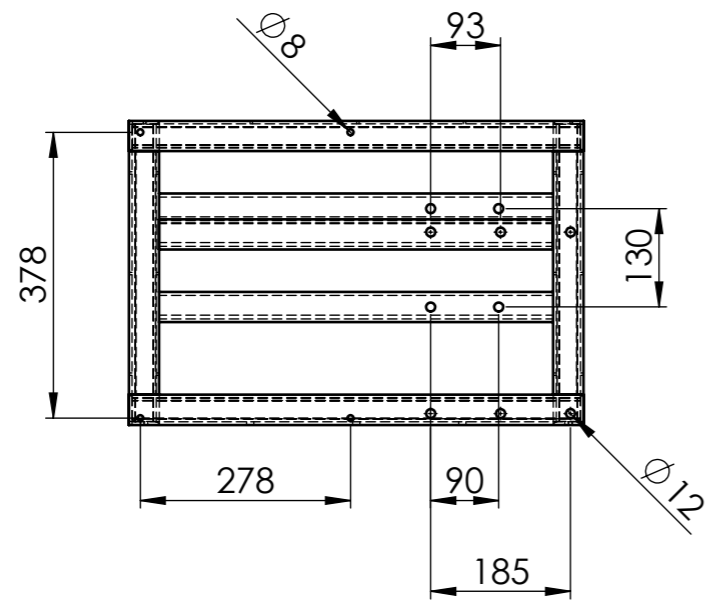
DETALLE B  
ESCALA 1:1

Tubo cuadrado 40x40x4

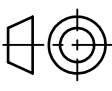
SMAW  
E-6011

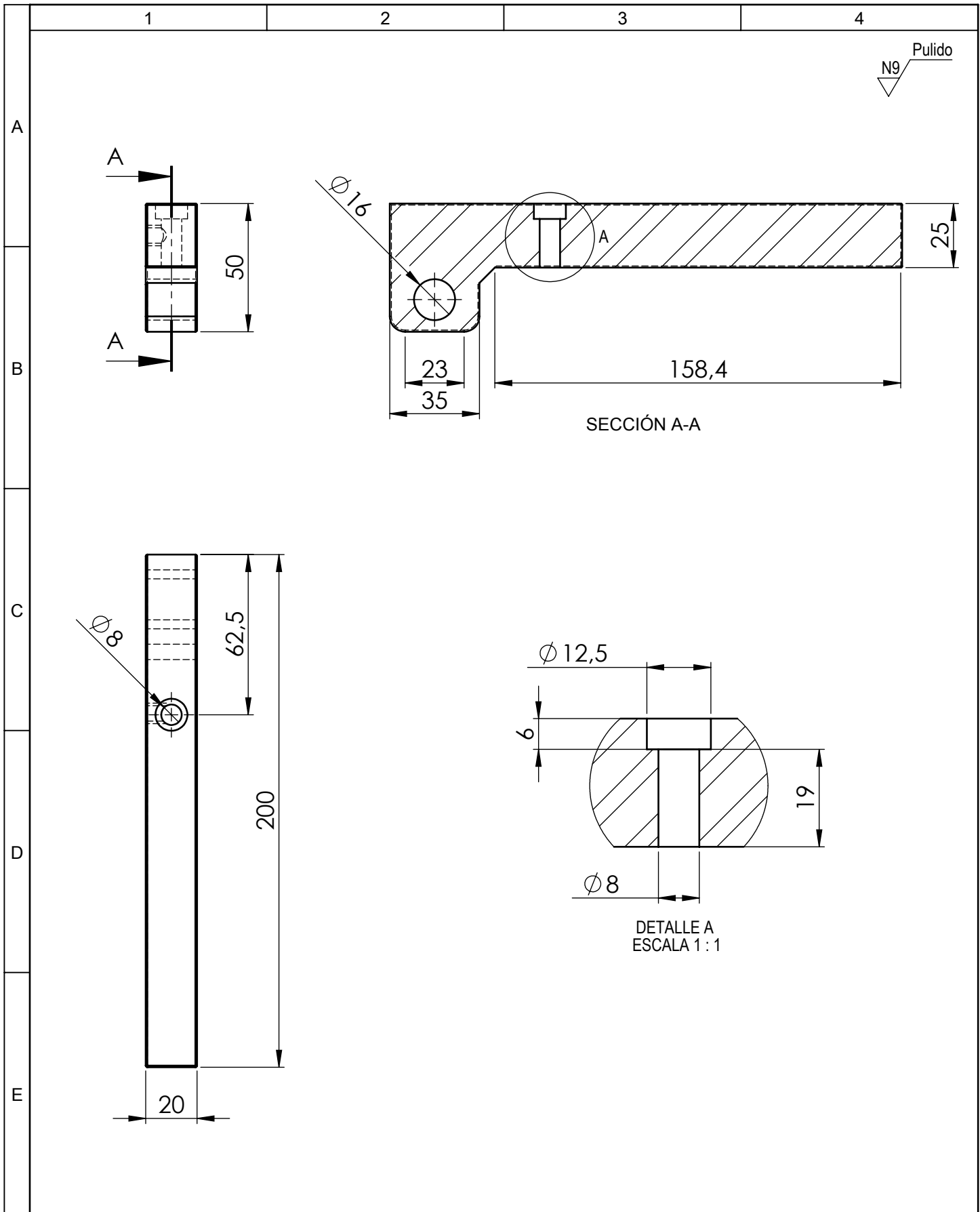


SECCIÓN A-A

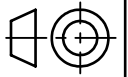


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±1	28.9 Kg	Acero ASTM A-36	
					Fecha	Nombre	Denominación: <b>BANCADA</b>
				Dibujó:	14/10/13	Montalvo D.	
				Revisó:	15/10/13	Ing.Mg.Vaca H	
				Aprobó:	17/10/13	Ing.Mg.Vaca H	Número del dibujo: 03 de 19
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	





				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				$\pm 0,5$	0.85 Kg	Acero AISI 1020		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:	
				Dibujó: 14/10/13	Montalvo D.			
				Revisó: 15/10/13	Ing.Mg.Vaca H.			
				Aprobó: 17/10/13	Ing.Mg.Vaca H.	<b>PALANCA DE FRICCIÓN</b>	1:2	
				UTA				Número del dibujo: 04 de 19
				Ing. Mecánica				
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		



1

2

3

4

N5 Torneado

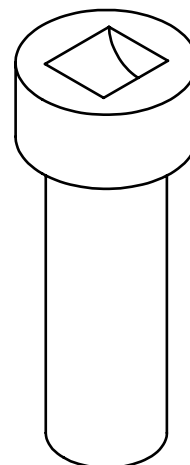
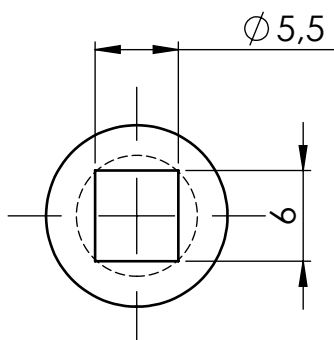
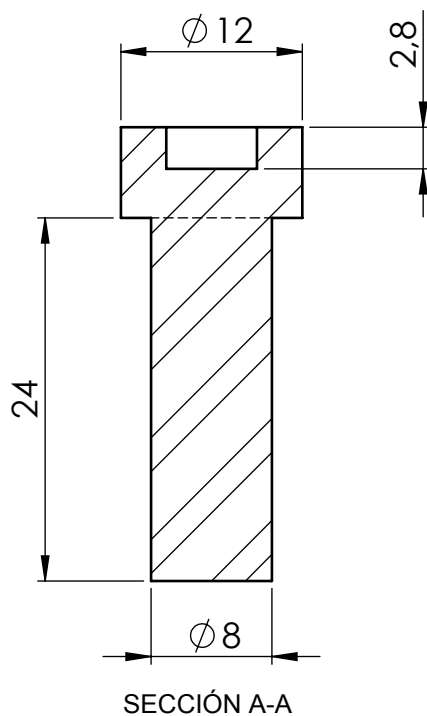
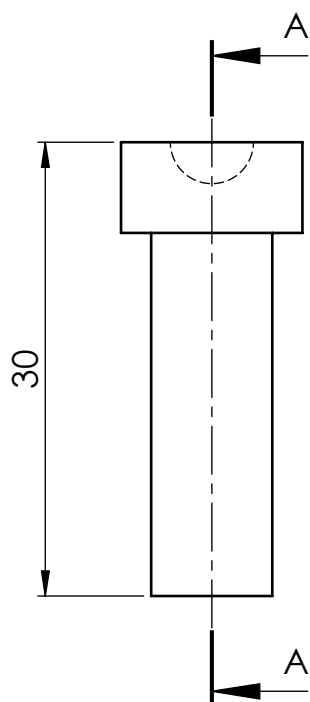
A

B

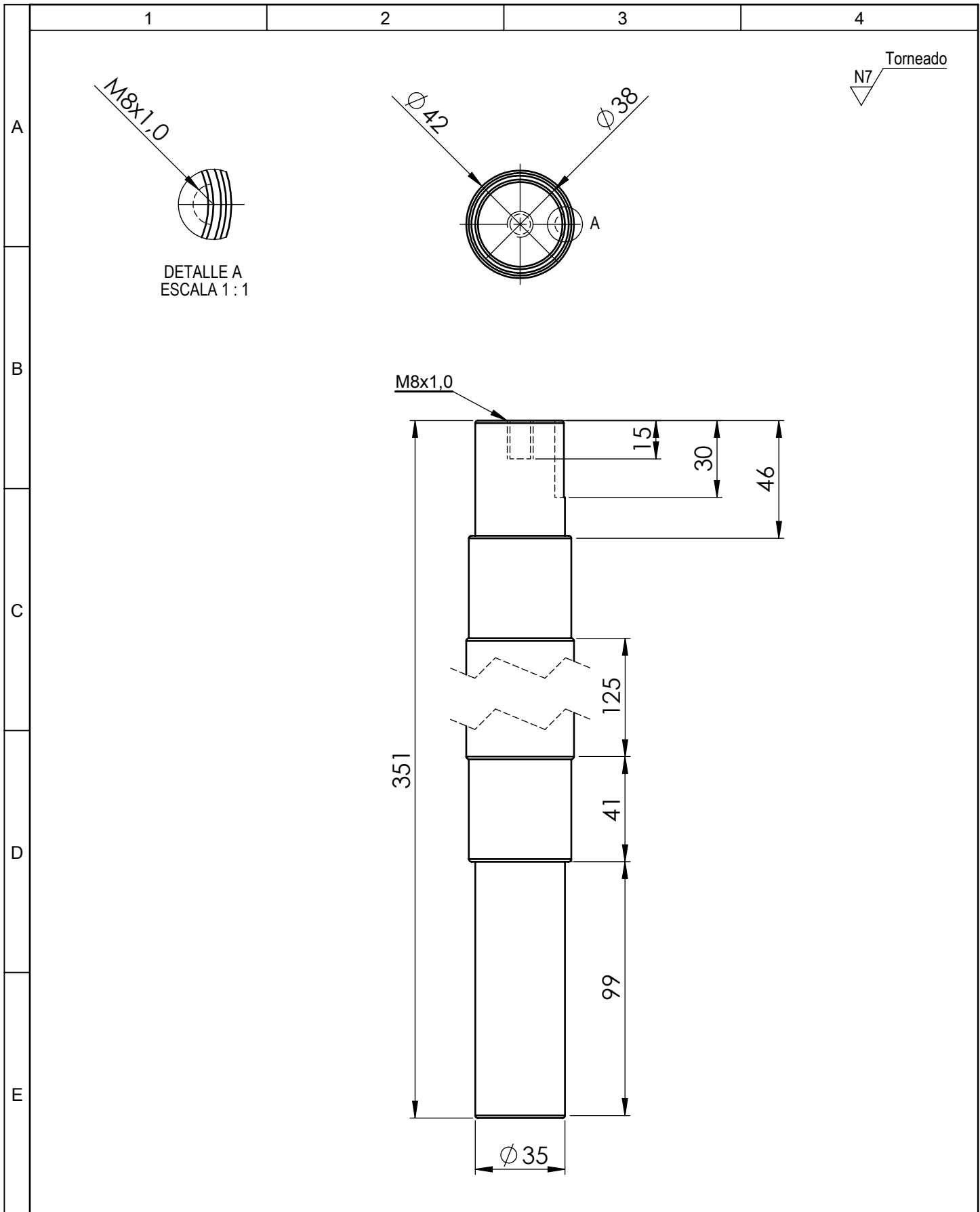
C

D

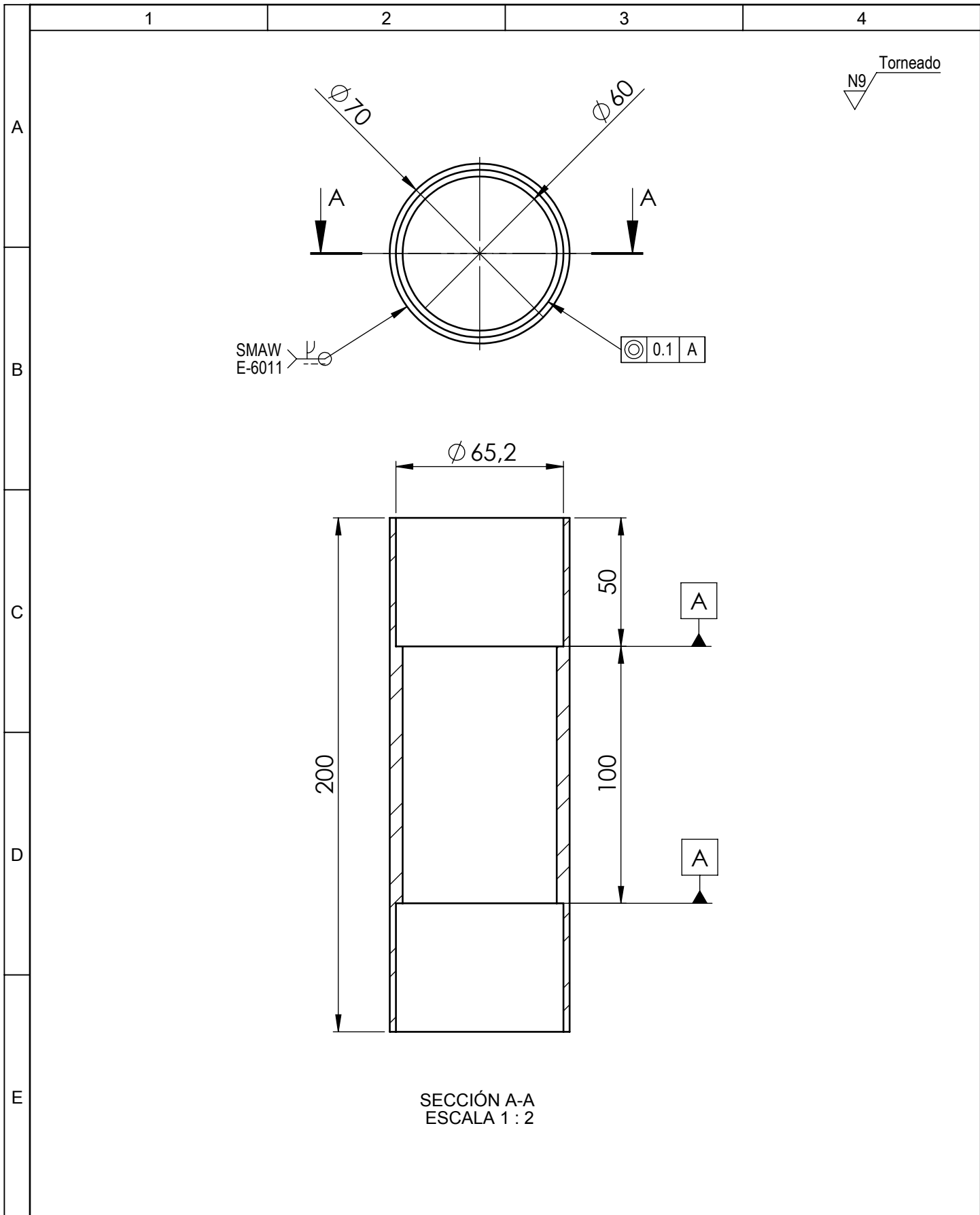
E



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,1$	0.02Kg	Acero AISI 1020	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 14/10/13	Montalvo D.		
				Revisó: 15/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				Aprobó: 17/10/13	Ing.Mg.Vaca H.	<h1>PORTA PROBETA</h1>	1:1
				UTA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	3.3 Kg	Acero AISI 1020	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	09/10/13	Montalvo D.		
			Revisó:	15/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
			Aprobó:	17/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo:	06 de 19
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 2

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,1$	1.3 Kg	Acero AISI1020	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 09/10/13	Montalvo D.		
				Revisó: 15/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				Aprobó: 17/10/13	Ing.Mg.Vaca H.	<b>SOPORTE DEL EJE</b>	1:2
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

4

N5 Torneado

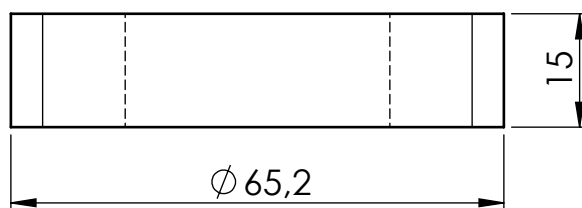
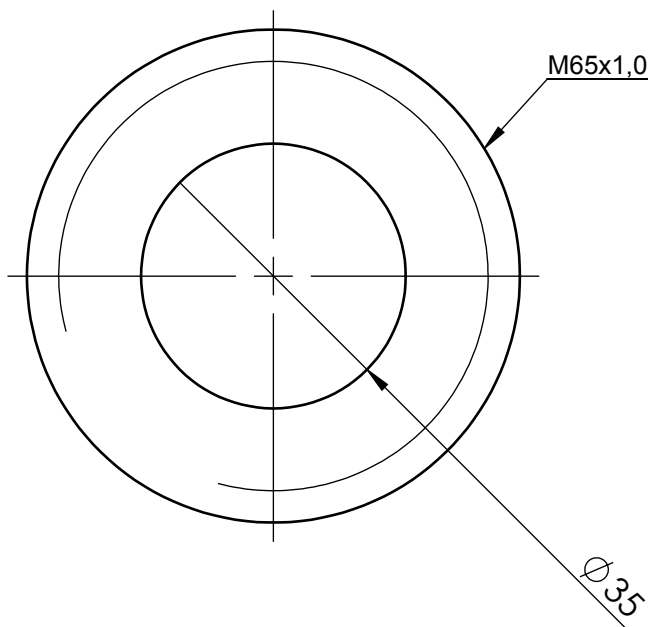
A

B

C

D

E



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	0.28 Kg	Acero AISI 1020	
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>TAPA FRONTAL</b>	Escala: 1:1
				Dibujó: 09/10/13	Montalvo D.		
				Revisó: 15/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				Aprobó: 17/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 08 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

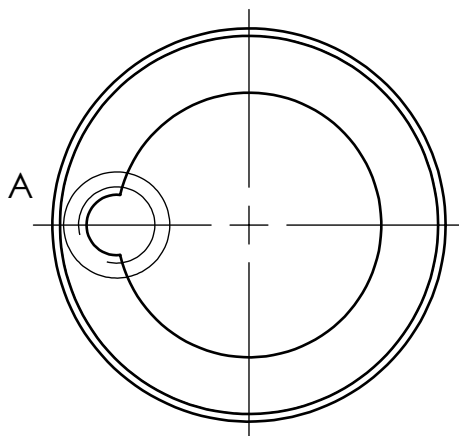
2

3

4

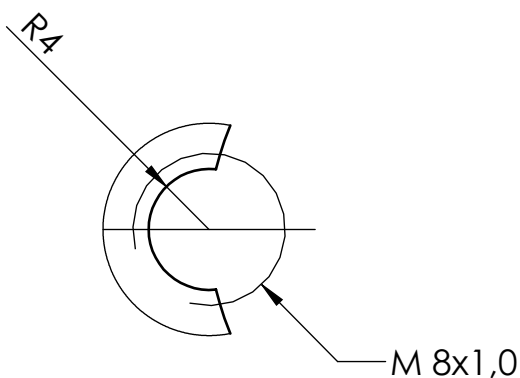
N9 Torneado

A



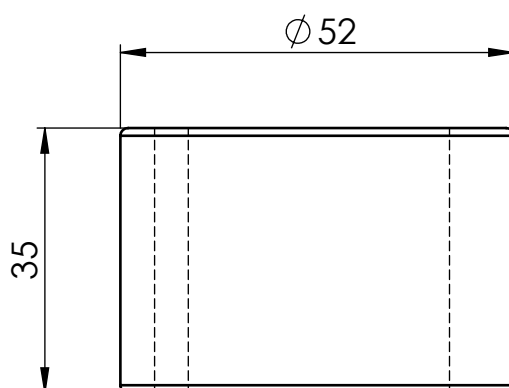
B

C



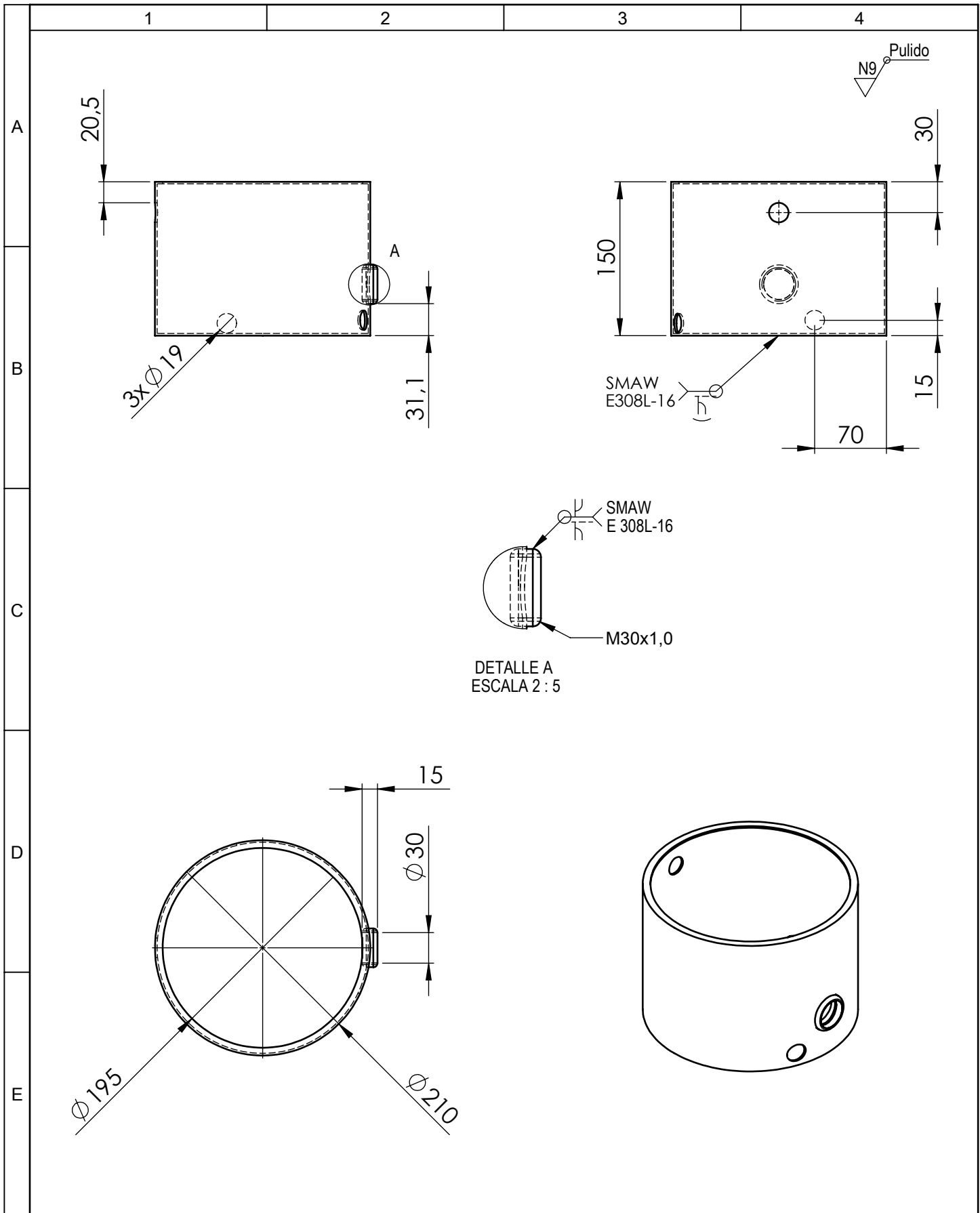
DETALLE A  
ESCALA 2 : 1

D

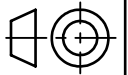


E

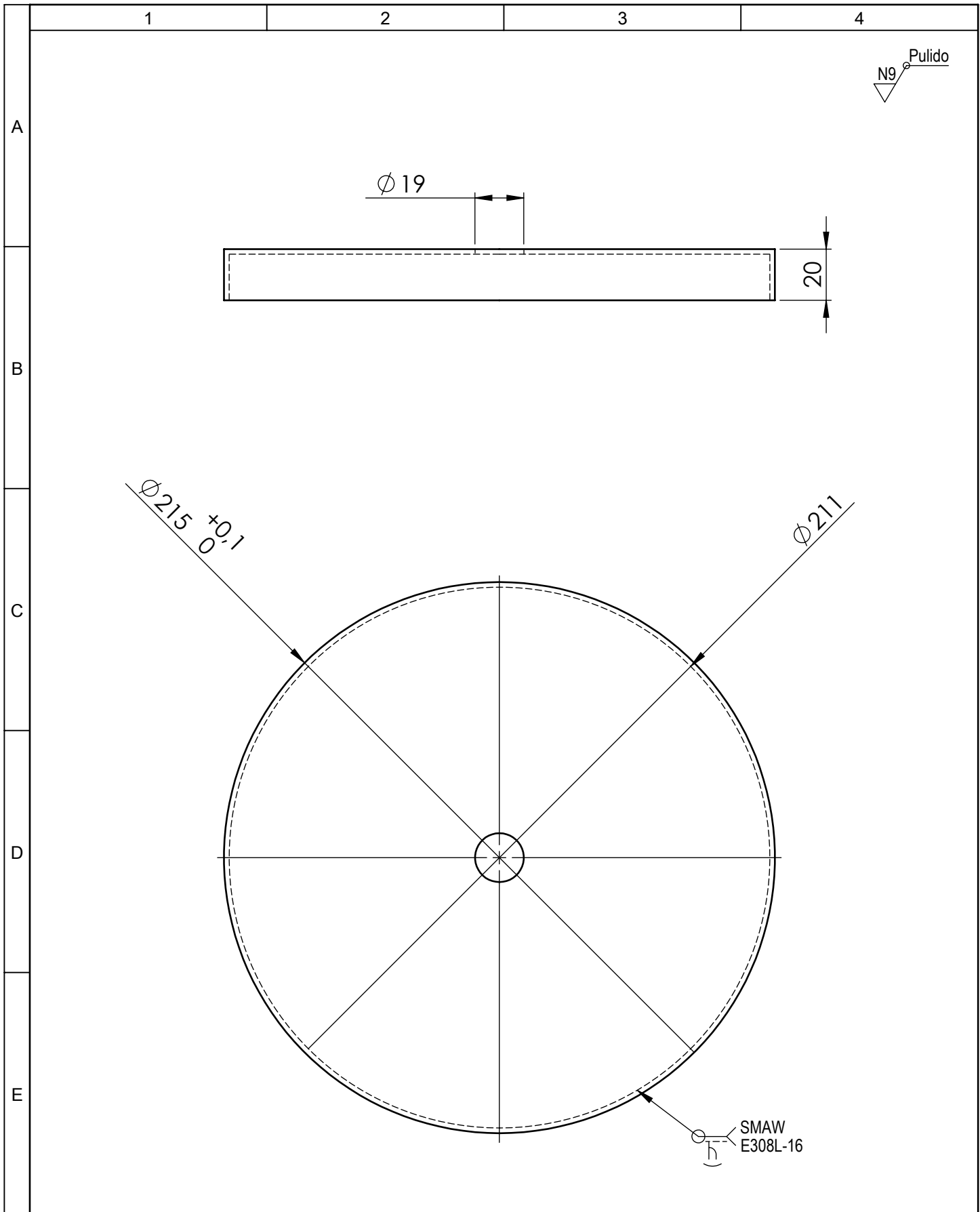
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	0.11 Kg	Aleación de aluminio 1060	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 14/10/13	Montalvo D.		
				Revisó: 15/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				Aprobó: 17/10/13	Ing.Mg.Vaca H.	<p style="text-align: center;"><b>Bocin</b></p>	1:1
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	2.2 Kg	Acero Inoxidable AISI 316	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	09/10/13	Montalvo D.		
			Revisó:	15/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				Aprobó:	17/10/13	Ing.Mg.Vaca H.	1:10
				UTA		Número del dibujo: 10 de 19	
				Ing. Mecánica			(Sustitución)
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				







				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	0.75 Kg	Acero Inoxidable AISI 316	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	13/10/13	Montalvo D.		
			Revisó:	15/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				Aprobó:	17/10/13	Ing.Mg.Vaca H.	1:2
				UTA		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		11 de 19	
						(Sustitución)	

# Tapa del tanque de aceite

1

2

3

4

A

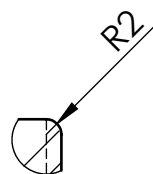
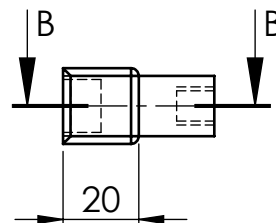
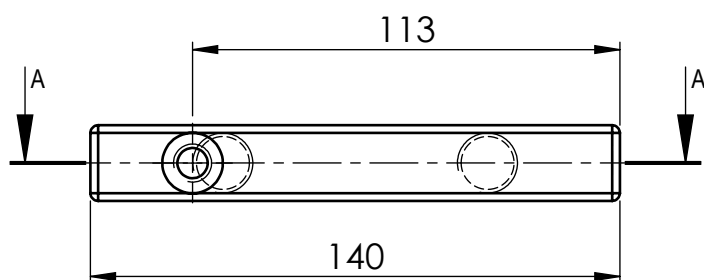
B

C

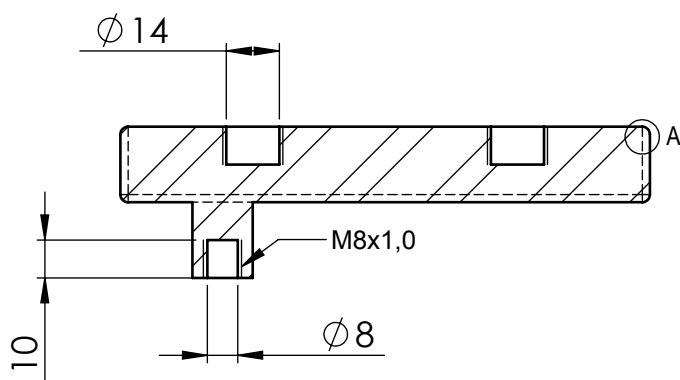
D

E

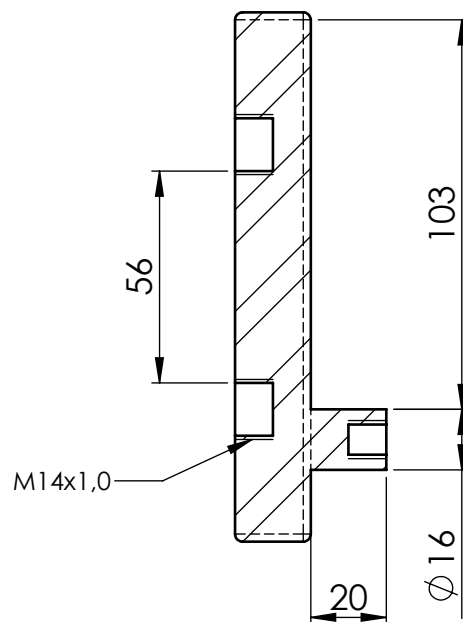
Pintado (celeste) todas las superficies

DETALLE A  
ESCALA 1:1

SECCIÓN B-B



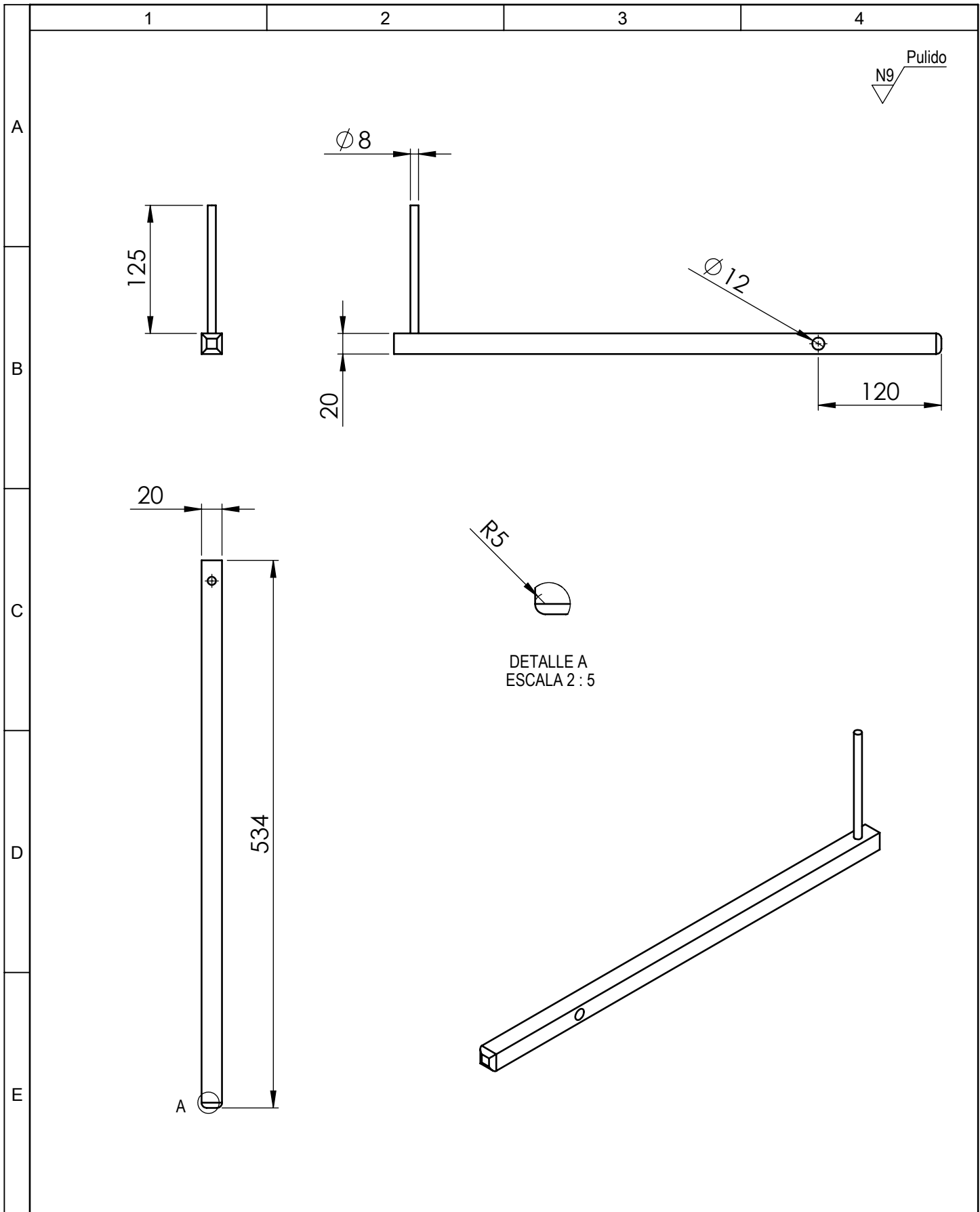
SECCIÓN A-A



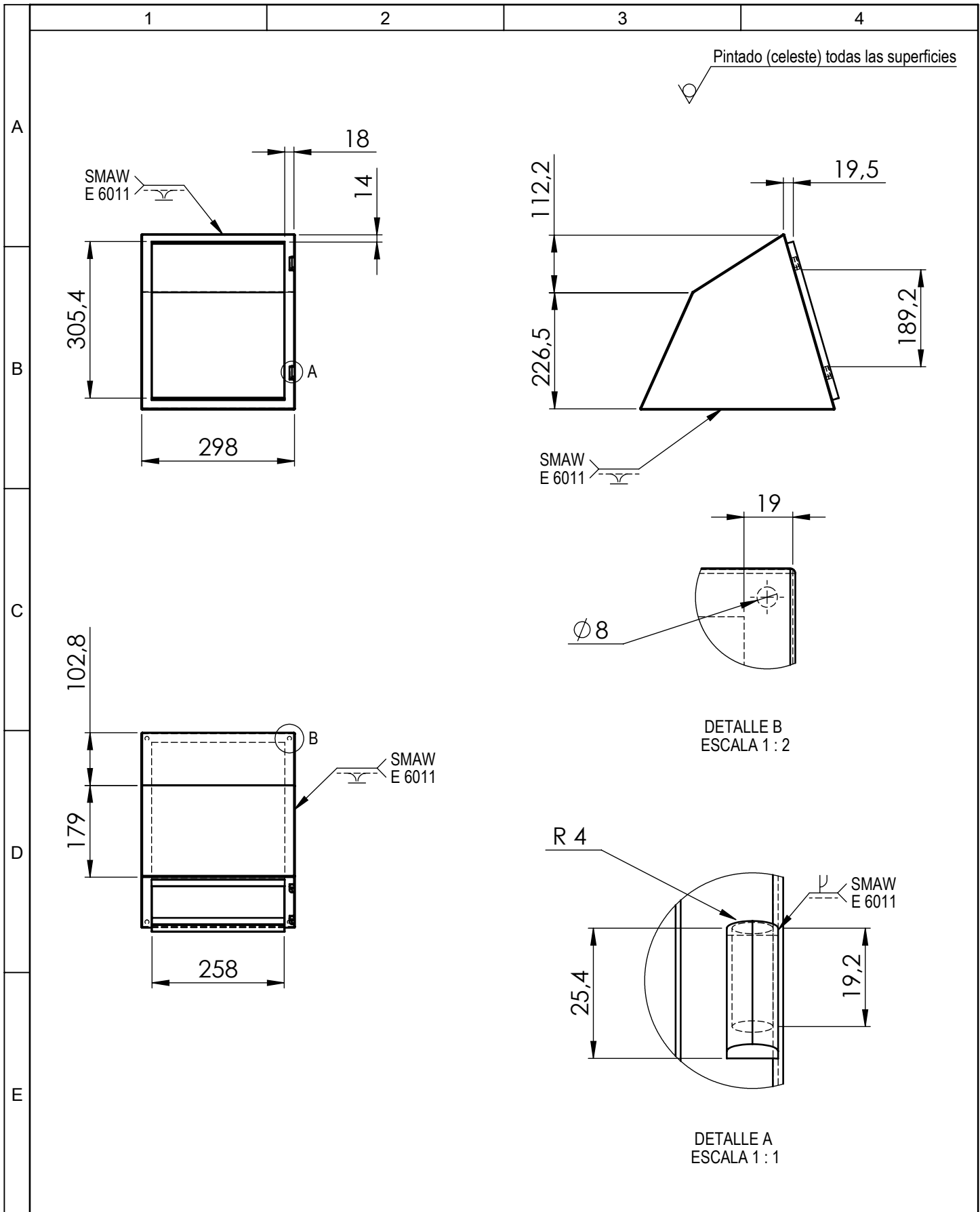
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,1$	0.44Kg	Acero AISI 1020	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 14/10/13	Montalvo D.		
				Revisó: 15/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				Aprobó: 17/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				UTA		Número del dibujo:	12 de 19
				Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

**SOPORTE**

1:2

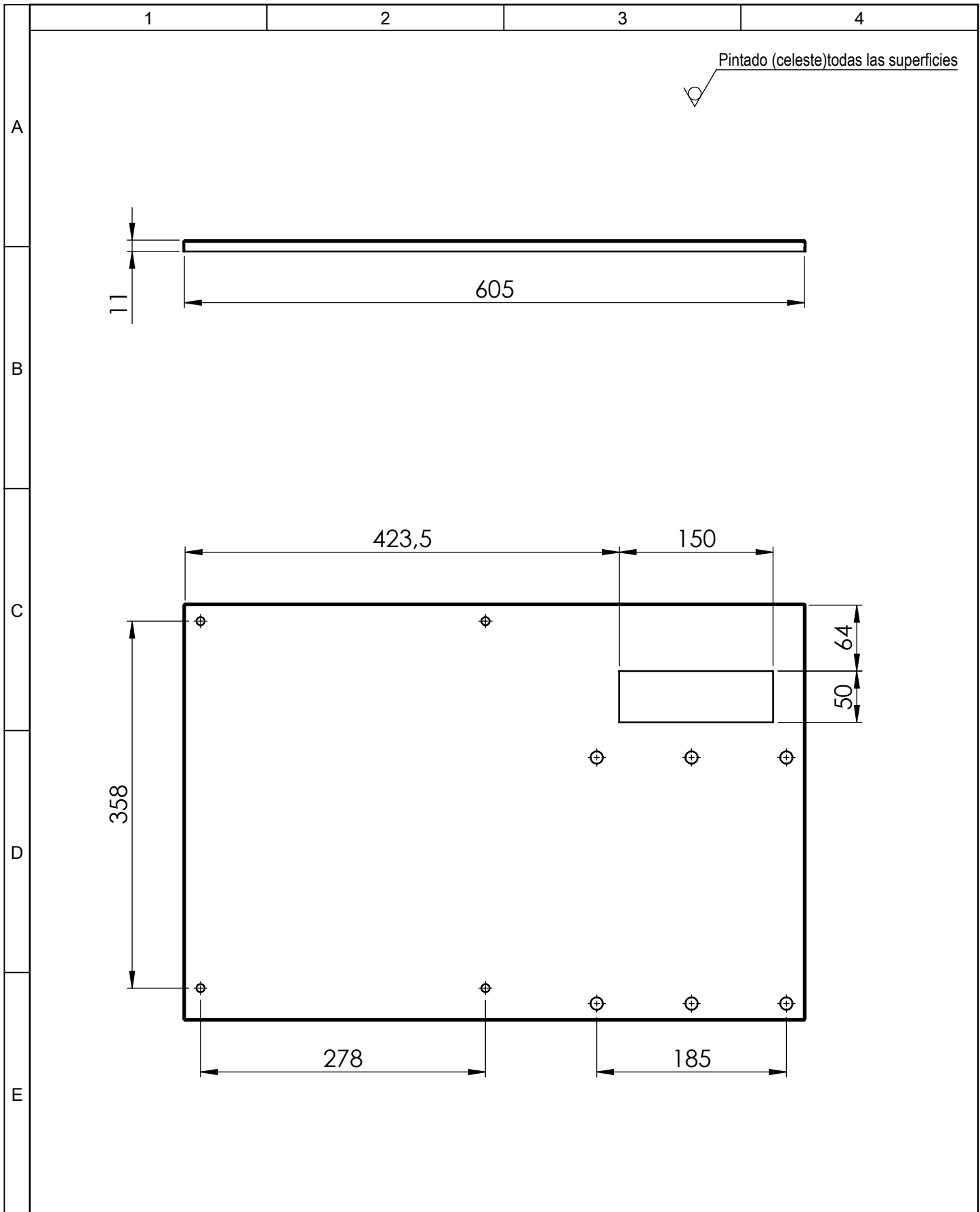


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				$\pm 0,5$	1.7 Kg	Acero AISI 1020		
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:	
				Dibujó: 14/10/13	Montalvo D.			
				Revisó: 15/10/13	Ing.Mg Vaca H.			
				Aprobó: 17/10/13	Ing.Mg Vaca H.	<b>PALANCA DE CARGA</b>	1:10	
				UTA				Número del dibujo: 13 de 19
				Ing. Mecánica				
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		

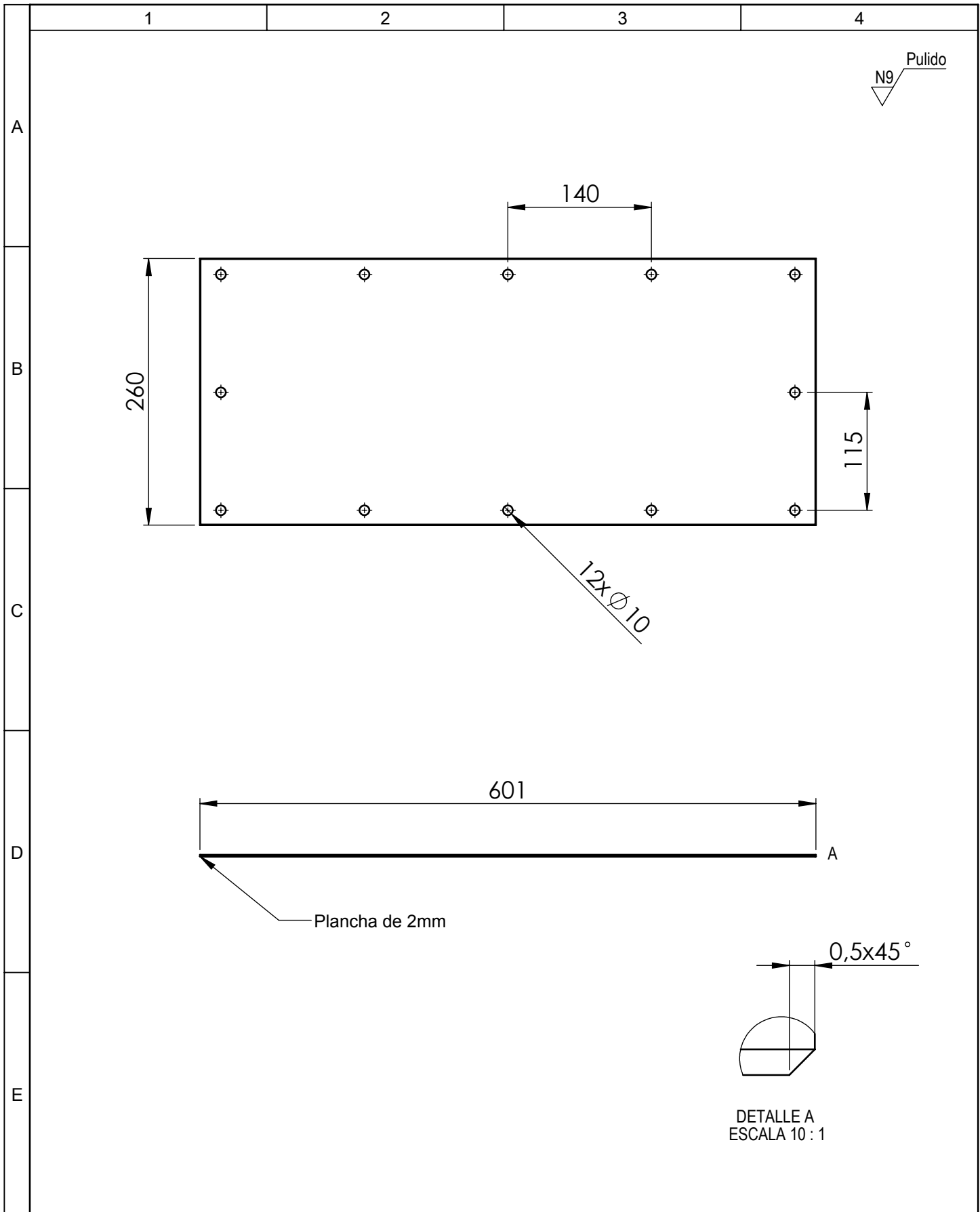


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,2	3 Kg	Acero ASTM A-36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	09/10/13	Montalvo D.		
			Revisó:	15/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				Aprobó:	17/10/13	Ing.Mg.Vaca H.	1:10
				UTA		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		14 de 19	
						(Sustitución)	

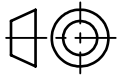
# BASE DEL TABLERO

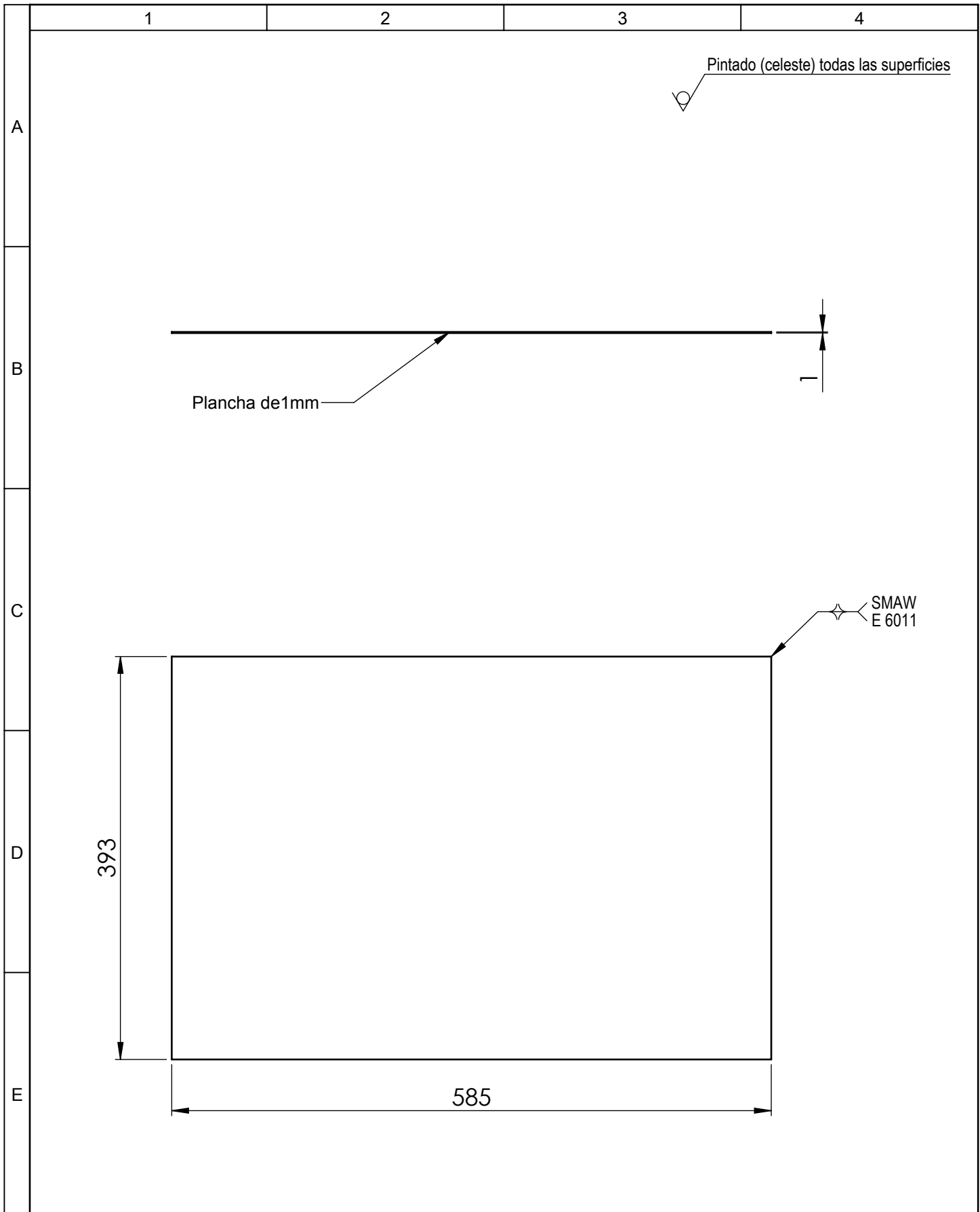


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	2 Kg	Acero ASTM A-36	
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>FORRO SUPERIOR</b>	Escala: 1:5
				Dibujó: 29/09/13	Montalvo D.		
				Revisó: 15/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				Aprobó: 17/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 15 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

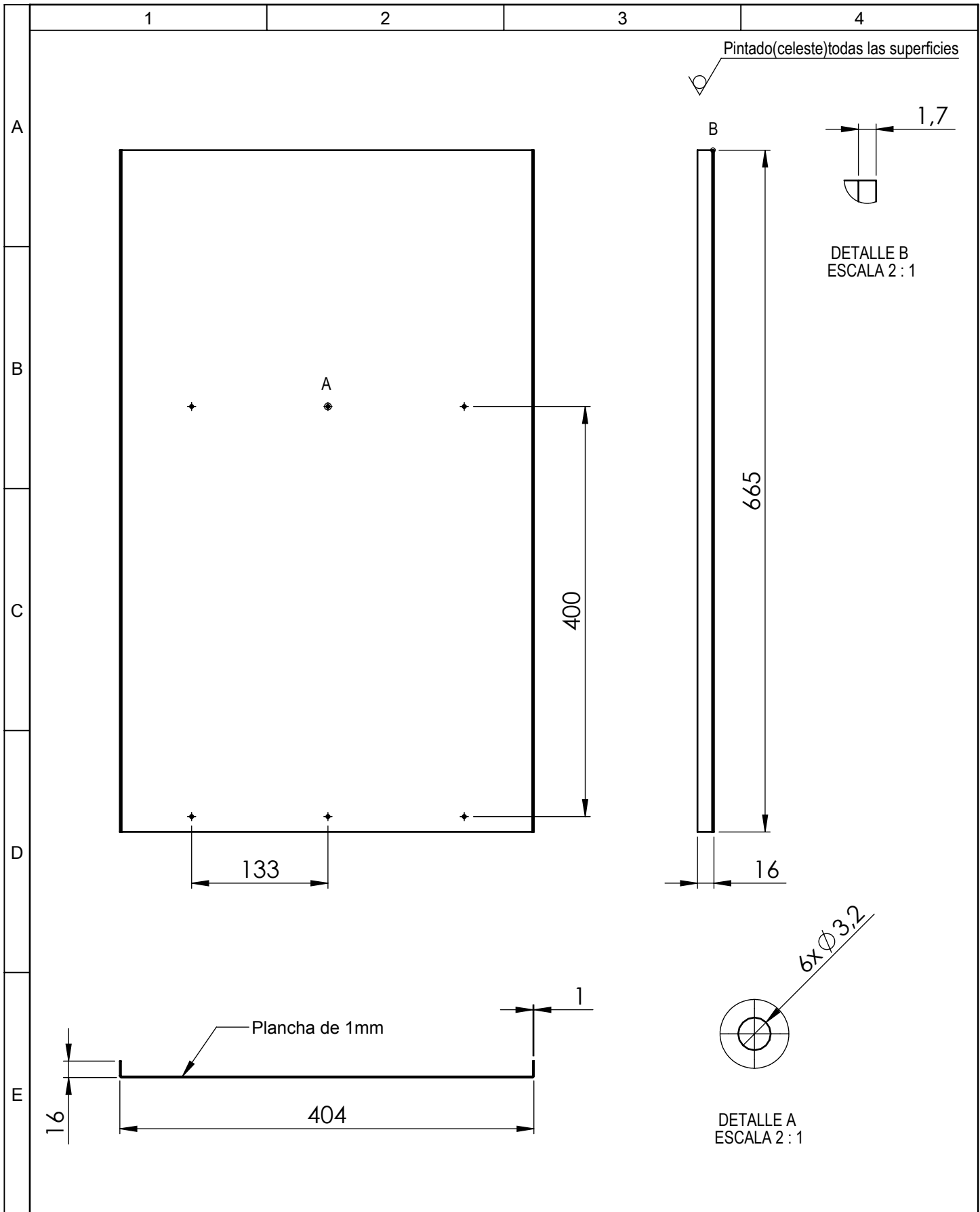


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,2	2.5 Kg	Acero inoxidable AISI 316	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 29/09/13	Montalvo D.		
				Revisó: 15/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				Aprobó: 17/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				UTA		Número del dibujo: 16 de 19	Escala: 1:5
				Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



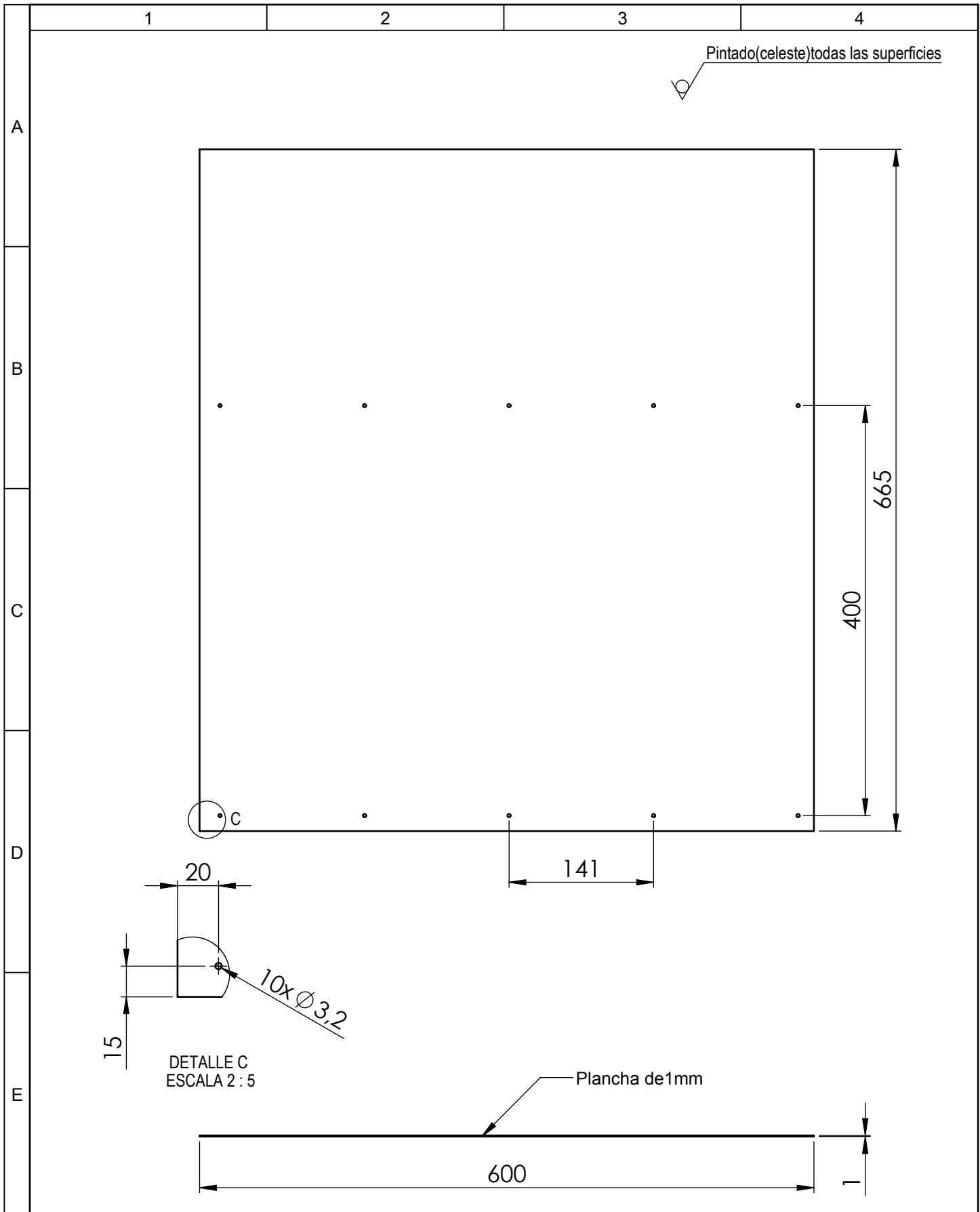


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	1.8 Kg	Acero ASTM A-36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 09/10/13	Montalvo D.		
				Revisó: 15/09/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				Aprobó: 17/09/13	Ing.Mg.Vaca H.	<b>FORRO INFERIOR</b>	1:5
				UTA Ing. Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	2.3 Kg	Acero ASTM A-36	
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>FORRO LATERAL</b>	Escala: 1:5
				Dibujó: 29/09/13	Montalvo D.		
				Revisó: 15/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				Aprobó: 17/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 18 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	





				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	3.2 Kg	Acero ASTM A-36	
				Fecha	Nombre	Denominación: <b>FORRO POSTERIOR</b>	Escala: 1:5
				Dibujó: 09/10/13	Montalvo D.		
				Revisó: 15/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				Aprobó: 17/10/13	Ing.Mg.Vaca H.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 19 de 19	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	