



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Efecto de la temperatura del medio ambiente en el ajuste y
tolerancias de rodamientos en ejes metalizados de motores
eléctricos.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR:

Chacón Alcántara, Willams Stranfords (ORCID 0000-0001-8787-2378)

ASESOR:

Dr. Villarreal Albitres, William Fernando (ORCID 0000-0001-6756-4087)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

“Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos”

CHICLAYO - PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación al forjador de camino, a mi Dios, el que me acompaña y siempre me levanta de mis continuos tropiezos, quien me dio la vida y me permitido llegar hasta este punto.

A mi familia que siempre estuvo cuando más los eh necesitado, especialmente a mi Padre y mi Madre quienes me dieron su constante apoyo, además de su infinita bondad y amor.

Willams Stranfords Chacón Alcántara

Agradecimiento

Primero que todo agradecerle a nuestro Dios por darme cada día más fortaleza hasta este día tan maravilloso de mi vida, por aquellos momentos buenos y malos que me enseñó a valorar la vida día a día.

A mi familia que siempre estuvo cuando más los eh necesitado, especialmente a mi Padre y mi Madre quienes me dieron su constante apoyo, además de su infinita bondad y amor.

Willams Stranfords Chacón Alcántara

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1 Tipo y diseño de Investigación.....	17
3.2 Variables y operacionalización.	17
3.3 Población, muestra y muestreo.	17
3.4 Técnica e Instrumentos de recolección de datos.....	18
3.5 Procedimientos.....	19
3.6 Métodos de Análisis de Datos.	20
3.7 Aspectos Éticos.....	20
IV. RESULTADOS.....	21
V. DISCUSIÓN.....	62
VI. CONCLUSIONES.....	65
VII. RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS.....	67
ANEXOS	69

Índice de tablas

Tabla 1. Variaciones del Eje Metalizado de 40.0075 mm, con Respecto a distintas Temperaturas en °C en el día.....	22
Tabla 2. Variaciones del Eje Metalizado de 40.0075 mm, con Respecto a distintas Temperaturas en °C en la noche.	23
Tabla 3. Toma de mediciones de variaciones de diámetro para el eje de 70.0085 mm de diámetro con respecto a la temperatura en el día.....	24
Tabla 4. Variaciones del Eje Metalizado de 70.0085 mm de diámetro con Respecto a distintas Temperaturas en °C en la noche	25
Tabla 5. Tolerancias para rodamientos radiales de bolas K5 para ejes.....	26
Tabla 6. Tolerancias para rodamientos radiales de bolas SKF NU 310, 40K5	27
Tabla 7. Tolerancias para rodamientos de bolas SKF 7314 BEGAJ, 70K5.....	29

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Eje metalizado de un motor eléctrico	10
Figura 2. Rodamiento SKF utilizado en las pruebas en ejes metalizados	12
Figura 3. Instalación de rodamiento SKF en eje metalizado de motor eléctrico ...	13
Figura 4. Instrumento de medición utilizado “Micrómetro”	20
Figura 5. Bachiller Willam Chacón Tomando mediciones de las variaciones del eje metalizado	21
Figura 6. Evolución de la tolerancia del rodamiento con respecto al eje metalizado a una variación de 3°C	33
Figura 7. Evolución de la tolerancia del rodamiento con respecto al eje metalizado a una variación de 6°C	35
Figura 8. Evolución de la tolerancia del rodamiento SKF NU 310, 40K5, con respecto a las variaciones de temperatura ambiente.	38
Figura 9. Evolución de la tolerancia del rodamiento SKF NU 310, 40K5, con respecto al eje metalizado de 40.0075 mm turno noche	41
Figura 10. Evolución de la tolerancia del rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metaliza distintas temperaturas en el día	46
Figura 11. Evolución de la tolerancia del rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado de 70.0085 mm turno noche	50
Figura 12. Ecuación de comportamiento del rodamiento SKF NU 310, 40K5 en el día	53
Figura 13. Ecuación de comportamiento del rodamiento SKF NU 310, 40K5 en la noche	56
Figura 14. Ecuación del comportamiento del rodamiento SKF 7314 BEGAJ 70 K5 en el día	58
Figura 15, Ecuación del comportamiento del rodamiento SKF 7314 BEGAJ 70 K5 en la noche	61

Resumen

La empresa GUVI SERVICE E.I.R.L. CAJAMARCA es una empresa que se dedica a la elaboración de elementos electromecánicas como también brinda servicios de mantenimiento de todo tipo de sistemas mecánicos y electromecánicos y uno de los grandes problemas que se presentan durante el proceso de ensamblaje de rodamientos en los equipos o maquinarias es que en muchos de los casos no se toma en cuenta las condiciones en que estos elementos son ensambladas no teniendo en cuenta el efecto del medio ambiente que produce en estos elementos rodantes. La cual se tuvo como objetivo general Determinar el efecto de la Temperatura del medio ambiente en el proceso de ajustes y tolerancia de rodamientos en ejes metalizados de motores eléctricos concluyendo que por cada 3 grados de variación el diámetro de los ejes varía en 0.005 mm encontrándose variaciones máximas de hasta 0.02 mm en un cambio de 12 grados de temperatura. Para el rodamiento SKF NU 310, 40K5, se tiene una tolerancia de 11 μm y un ajuste de 0.0075 mm y para su eje de ensamblaje de diámetro igual a 40.0075 se tiene una tolerancia de 5.5 μm . Para el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, se tiene una tolerancia de 13 μm y un ajuste de 0.0085 mm y para su eje de ensamblaje de diámetro igual a 70.0085 se tiene una tolerancia de 6.5 μm , así mismo se manifiesta que si el trabajo de recuperado por metalizado es realizado entre los 18°C y 12°C, se observa que las tolerancias que se deben tener en cuenta al ensamblar los rodamientos SKF NU 310, 40K5 y SKF 7314 BEGAJ, 70K5 no sobrepasa la tolerancia inicial que tiene el rodamiento siendo este 11 μm y 13 μm respectivamente. Así mismo se observa que si el trabajo del metalizado es realizado entre los 14°C y 12°C, el diámetro de acabado no varía manteniendo los parámetros de diseño del eje metalizado y manteniendo para el rodamiento su margen de tolerancia inicial al ajuste determinado.

Palabras Clave: Proceso de metalizado, rodamiento, tolerancia, ajuste, Temperatura medio ambiente.

Abstract

The company GUVI SERVICE E.I.R.L. CAJAMARCA is a company that is dedicated to the development of electromechanical elements, as well as providing maintenance services for all kinds of mechanical and electromechanical systems, and one of the major problems that arise during the process of assembling bearings in equipment or machinery is that in many cases, the conditions in which these elements are assembled are not taken into account, without taking into account the effect of the environment on these rolling elements. The general objective was to determine the effect of the temperature of the environment on the adjustment and tolerance process of bearings in metallic shafts of electric motors, concluding that for every 3 degrees of variation the diameter of the shafts varies by 0.005 mm, finding variations maximums of up to 0.02 mm in a 12-degree temperature change. For the SKF NU 310, 40K5 bearing, it has a tolerance of 11 μm and an adjustment of 0.0075 mm and for its assembly axis with a diameter equal to 40.0075, it has a tolerance of 5.5 μm . For the bearing SKF 7314 BEGAJ, 70K5, it has a tolerance of 13 μm and an adjustment of 0.0085 mm and for its assembly axis with a diameter equal to 70.0085, it has a tolerance of 6.5 μm , it also manifests that if the work of Recovered by metallizing is carried out between 18 ° C and 12 ° C, it is observed that the tolerances that must be taken into account when assembling bearings SKF NU 310, 40K5 and SKF 7314 BEGAJ, 70K5 do not exceed the initial tolerance that the bearing has this being 11 μm and 13 μm respectively. Likewise, it is observed that if the metallization work is carried out between 14 ° C and 12 ° C, the finishing diameter does not vary, maintaining the design parameters of the metallized shaft and maintaining for the bearing its initial tolerance margin to the determined adjustment.

Keywords: Metallization process, bearing, tolerance, adjustment, Environment temperature.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática

En el ámbito internacional las industrias manufactureras y de servicio para la elaboración de su producto final se impuso de una diversidad de equipos y maquinarias donde todas ellas deben de trabajar de una manera eficiente a fin de cumplir con la elaboración de un buen producto a bajo costo, para que estos equipos trabajen de una manera eficiente deberán estar sujetas a una revisión periódica ya que por la continuidad del trabajo mucha de ellas tienen un tiempo de vida limitada que puedan causar paralizaciones no programadas pudiendo de esta manera interrumpir el proceso productivo. Dentro de la diversidad de equipos que existen en estas industrias de procesamiento los motores eléctricos tienen un papel fundamental en los procesos de industrialización ya que estos equipos son los que transmiten la energía necesaria para poder poner en marcha todo el proceso productivo en tal sentido la conversión de la energía mecánica en energía eléctrica se realiza por medio de diferentes elementos electromecánicos de las cuales los rodamientos tienen un papel muy importante, estos rodamientos cumplen la función de evitar un consumo de energía ya que trabajan con valores de fricción bastantes bajos. La buena operatividad de estos elementos electromecánicos no solo están sujetas a los módulos de desgaste y fricción sino que también tienen influencia vital en el medio ambiente ya sea por la causa de corrosión en los equipos creando condiciones adversas como humedades sino que también pueden causar dilataciones a sus elementos y de manera fundamental en aquellos equipos que sus elementos son componente de rodadura tales como los rodamientos estos pueden ser influenciados ante una variación de la temperatura con una afección al tiempo de vida del rodamiento la cual se traduce a un problema si no se realiza el tipo de ensamblaje adecuado podrían averiar el equipo ya que el medio ambiente influye de manera muy importante al ajuste que se le da a algunos elementos. Una de las tareas de mantenimiento comúnmente realizadas, es el proceso de soldadura. Por medio de este proceso es posible recuperar piezas fisuradas o desgastadas por la acción del trabajo que realiza este método es llamado el método del metalizado. Sin embargo, la aplicación de este proceso, implica el riesgo del cambio de las propiedades mecánicas del material base soldado, debido al aporte

de calor durante el soldeo. Este riesgo se evita aplicando procesos de metalización en frío. (MOREANO, 2015).

Existen diversas empresas que realizan este proceso. (BANGUERA, 2015), indica que una de ellas es la empresa SAGER S.A. brindan este procedimiento y es considerada una empresa con mayor dominio en el área de utilización de revestimientos a través de soldaduras especiales; actualmente este proceso ha logrado la acogida de diversos rubros, entre ellos el azucarero y papelero en el Valle del Cauca, donde se está realizando un seguimiento al trabajo que vienen realizando elementos mecánicos revestidos a través de este proceso (p. 16).

En el ámbito nacional, el efecto del medio con respecto a los trabajos en rodamientos sobre eje metalizados se evidencia en los ajustes de estos elementos rodantes en los motores eléctricos estos causando distintas tolerancias de ajustes debido a la diversidad de climatizaciones que existen en nuestro país, el rociado térmico es denominado “Metalización”, debido a que inicialmente se utilizaba metales para el trabajo de recuperación, su objetivo es cubrir el desgaste y devolver al componente su geometría y características iniciales. Para trabajos en ambientes muy agresivos, como las plataformas petroleras mar adentro, o trabajo en minas en ambientes de alta acidez, se utilizan los tratamientos térmicos por rociado metálico, con buenos resultados en cuanto a la duración y mejora de la confiabilidad de los equipos (ARMAS, 2019).

En la fabricación de turbinas y talleres donde se reparan aspas y paletas de turbinas. Para realizar el mantenimiento, se reemplaza parcial o totalmente la pieza por una nueva, lo que involucra altos costos, ya que estas no se fabrican en volumen; otra opción, es la recuperación mediante el proceso de soldadura, sin embargo, esta debe estar alineada a estándares de calidad internacional, la que permitió reparar rotores de turbinas dañados severamente, sin embargo, existe incertidumbre en la confiabilidad y duración posteriores a una reparación por este proceso, ya que existe una relación entre las temperaturas variables que existen en nuestro país y los elementos rodantes causando efectos que se evidencian en el ajuste y tolerancias de los rodamientos en ejes de motores eléctricos recuperados por el método de metalización de modo que para que este sea confiable, se deben

considerar aspectos como la soldabilidad del material, el grado de daño y las condiciones de preparación de la zona desgastada, también deben ser consideradas la técnica, el material de aporte, el metal base. La recuperación de componentes mediante el proceso de soldadura, es sin duda un proceso económico, sin embargo de efectuarse en deficientes condiciones de calidad, puede generar un impacto negativo en otros sistemas cuyo costo sería invaluable (ARMAS, 2019).

En el ámbito Local la empresa GUVI SERVICE E.I.R.L. CAJAMARCA es una empresa que se dedica a la elaboración de elementos electromecánicas como también brinda servicios de mantenimiento de todo tipo de sistemas mecánicos y electromecánicos, y en varios casos siendo las piezas demasiadas caras para su obtención se brinda el servicio de recuperación de estos elementos desgastados por metalización.

Debido a que el componente a recuperar es sometido a altas temperaturas durante varias horas de trabajo, las propiedades y geometría del el eje y las tapas son afectadas. Ante lo presentado, en esta investigación se analiza el efecto que estos tipos de trabajos tienen con el medio ambiente y vida útil del componente recuperado.

Uno de los grandes problemas que se presentan durante el proceso de ensamblaje de rodamientos en los equipos o maquinarias es que en muchos de los casos no se toma en cuenta las condiciones en que estos elementos son ensambladas es decir no toman en cuenta el efecto del medio ambiente que se produce en estos elementos rodantes ya que un mal ensamble en un equipo o maquinaria puede llevar a la disminución de la vida útil del mismo causando de esta manera incrementos de costos de operación al fallar o al reducirse el tiempo de vida de los equipos.

Problema de Investigación

Si bien es cierto se ha hecho diversas investigaciones acerca del apropiado ensamblaje para incrementar la mantenibilidad de los equipos sin embargo muy poco se conoce en tal sentido existen muy poca información de cómo el medio

ambiente influye en el proceso de ensamblaje de estos elementos rodantes por lo que en el presente trabajo de investigación se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿En qué medida la temperatura del medio ambiente influye en el ajuste y tolerancia de rodamientos en ejes metalizados de motores eléctricos?

Justificación

En el presente trabajo de investigación se tienen las siguientes justificaciones:

El proyecto se justifica técnicamente ya que se tiene la necesidad de establecer una mejor tecnología en el mantenimiento ante los efectos que se tienen sobre los procedimientos de ajustes y tolerancias dentro de los procesos de ensamblaje de rodamientos en ejes metalizados de motores eléctricos y de esta manera alargar el ciclo de vida de los componentes mecanizados.

En el ámbito económico se justifica la presente investigación, ya que con este gran aporte que se brindara a las empresas que se dedican a este tipo de trabajos estos podrán brindar un mejor servicio a sus clientes y por ende tendrán mejores ingresos ya el servicio se realizara de forma eficiente y segura ya que con este elemento aumentara enormemente la producción de esta materia prima, también se generara menor costo de mantenimiento y aumentara la vida útil de los motores eléctricos.

El presente trabajo de investigación se justifica en lo ambiental debido a que con el método utilizado se conocerán procedimientos en las cuales se disminuya el efecto del medio ambiente que se tiene en el proceso de ensamblaje de rodamientos en ejes de motores eléctricos específicamente en ejes metalizados teniendo para este los niveles de temperatura que afectaran a este elemento rodante disminuyendo los niveles de desgaste.

Objetivos

Teniendo en cuenta la formulación de problema de investigación y los antecedentes bases en la presente investigación se formuló el siguiente objetivo general:

- ✓ Determinar el efecto de la Temperatura del medio ambiente en el proceso de ajustes y tolerancia de rodamientos en ejes metalizados de motores eléctricos.

Para lo cual los pasos específicos que nos llevaran a cumplir con la determinación del objetivo general son los objetivos específicos las cuales son:

- A.** Cuantificar a través de la toma de mediciones las Variaciones que se tienen en el eje metalizado a distintas temperaturas Ambientales.
- B.** Evaluar los ajustes y tolerancias en el ensamblaje de rodamientos en ejes metalizados.
- C.** Evaluar el comportamiento del rodamiento en ejes metalizados de motores eléctricos teniendo en cuenta distintos puntos de ajuste y tolerancia con respecto a distintas temperaturas del Medio Ambiente.
- D.** Encontrar una ecuación con los ajustes y tolerancias de ejes en función de la temperatura.

La hipótesis de la presente investigación se formuló teniendo en cuenta el problema de investigación para lo cual se concluyó que este es:

- ✓ “La temperatura del medio ambiente afecta el ajuste y tolerancia en ejes metalizados de motores eléctricos”.

II. MARCO TEÓRICO

Se buscaron criterios técnicos y científicos de investigaciones teniéndolos en cuenta como antecedentes y base importante de aportes a la presente investigación siendo estos de manera internacional y nacional por la cual se manifiesta que en el ámbito internacional dentro del trabajo de investigación llamado *“Reparación de un Eje de Motor Eléctrico Mediante un Proceso de Metalización”*, nos manifiesta que por la acción del trabajo continuo el que están sometido los diferentes elementos de máquinas, en los distintos procesos industriales, estos se desgastan, y se deterioran, perdiendo su capacidad para cumplir eficientemente su trabajo la cual tuvo como objetivo de investigación desarrollar procesos para recuperar las piezas desgastadas y prolongar la vida útil de las mismas. Durante el presente Informe de Trabajo Profesional se desarrolla la recuperación del eje de un motor eléctrico, desgastado por la acción del retenedor de aceite, empleando un proceso de metalización en frío, como es el Arc Spray. Este trabajo fue un estudio del tipo No Experimental Aplicativo para ello manifiesta que su muestra fue los ejes de motores eléctricos que fueron desechados por desgaste físico químico, los instrumentos de recolección de datos utilizados para este trabajo fueron fichas de observación y cuestionarios las cuales fueron aplicados para obtener un análisis estadístico de los datos que son recolectados en campo en tal sentido los principales resultados obtenidos desprendidos de los ensayos de dureza y de los análisis mecanográficos son: que las propiedades del material base se mantienen, la aplicación de la metalización en el eje, no alteró las propiedades físicas de este y que el material de aporte rociado, mejoró las propiedades mecánicas del eje (la dureza superficial se incrementó), De acuerdo al análisis metalográfico, la liga mecánica entre el eje y el material de aporte está de acuerdo a los requerimientos, con bajo porcentaje de poros e incrustaciones dando fe que el eje metalizado, luego del maquinado en el torno está 100% operativo (MOREANO, 2015).

(GARCIA, 2013), en su trabajo de investigación llamada *“Evaluación de la Tecnología de recuperación del eje de mando de la caja de velocidad del camión ZIL 131 mediante procedimientos de metalizado”*, tuvo como objetivo de investigación “Evaluar la calidad de la tecnología de recuperación de las superficies desgastadas del eje de mando de la caja de velocidad del camión ZIL 131 aplicada

en la Empresa Militar Industrial de Sancti Spiritus”, fue un estudio No experimental del tipo Aplicada, la población de estudio fue los ejes de mando de las cajas de velocidades de la flota de camiones en la Empresa Militar Industrial de Sancti Spiritus, considerando como muestra el eje de mando de la caja de velocidad del camión ZIL 131, los instrumentos de recolección empleados para la recolección de datos fueron las fichas de registro de mantenimiento de las cajas de velocidades del camión ZIL 131, para ello teniendo como resultados que de las observaciones metalográficas muestran en la macroestructura del material de aporte, una zona oscura bien definida en la que se aprecia un grano más fino que hacia el centro o núcleo a pesar del poco aumento y es coincidente con la zona aproximándose a la superficie en que se manifiesta un % de C mayor (0,56) en la pieza. Esta zona se diferencia del resto del material en las características anteriores a medida que se aleja de la parte oscura hacia el centro de la pieza o matriz de la cual se puede apreciar la microestructura del material de aporte como son los ejes de mando de la caja de velocidad del camión ZIL 131 para lo cual se concluyó en que la tecnología de recuperación aplicada en la Empresa Militar Industrial de Sancti Spiritus mediante el recargue de las superficies por soldadura manual con electrodos revestidos E 6013 y E 7018, están lejos de satisfacer las solicitudes de la pieza. Los depósitos de ambos electrodos presentan microestructuras ferríticas con durezas promedios en la superficie de (220 – 225) Hv con el electrodo E 6013 y de (261 – 312) Hv con el electrodo E 7018. Independiente de esos resultados, es inadecuado el proceso de soldadura en este caso, toda vez que los espesores de desgaste a recuperar son inferiores a 0,05 mm, mientras que los espesores de desgaste que justifican la aplicación de ese proceso deben ser superiores a 1.0 mm y en casos particulares solo hasta 0,5 mm como mínimo.

Mientras tanto (SALAZAR, 2017) en su tesis *“Diseño de la estación y selección de equipamiento para la cabina de metalizado de turbinas hidráulicas de CELEC EP - HIDROAGOYAN”*, sostiene que La presente investigación va a tener una importancia significativa y sustancial en vista de que se va a detectar y solventar las necesidades de recuperar aquellas piezas que están siendo consideradas como chatarra en la Unidad de Negocio Hidroagoyán, para lo cual la empresa cuenta con tecnología, equipamiento, procedimientos y recurso humano altamente

capacitado. También es importante porque de esta manera la operatividad de la empresa será realizada con normas técnicas en la recuperación de piezas que están almacenadas y que supuestamente no tienen ningún uso. La finalidad de este proyecto es poner en marcha en el centro la técnica del metalizado, el cual es de vital importancia debido a que ayudará a proporcionar una mayor vida útil a las turbinas hidráulicas y partes industriales que sean sometidos a este proceso, diseñado y equipado con maquinaria adecuada y tecnología moderna. Todo esto se pondrá en práctica para la recuperación de los rodetes pertenecientes a la Unidad de Negocio Hidroagoyán y toda la Corporación Eléctrica del Ecuador con la finalidad de no depender de talleres extranjeros y poder disminuir costos de reparación o adquisición de rodetes nuevos; así como también pueda extenderse a brindar servicios a otras unidades de generación eléctrica del país. El impacto positivo que surgirá de esta investigación es porque se reducirá el egreso económico de la empresa por los gastos de operatividad, ya que en otras ocasiones se enviaban a que empresas extranjeras sean las encargadas de realizar las reparaciones de las partes dañadas y su costo operativo es altamente oneroso; pero al dar aplicabilidad al CIRT, también se estará contribuyendo a que la mano de obra sea ecuatoriana y por ende se creen fuentes de trabajo para estos técnicos; además el impacto que se genere será menor, en vista de que se realizarán los trabajos en el mismo lugar donde funciona la hidroeléctrica y no se dañará el medio ambiente con el traslado de piezas o maquinaria. El proyecto es factible de realizarlo en vista de que existe el interés correspondiente de los directivos de la empresa para poder dar solución a uno de sus problemas más álgidos como es la reparación de las turbinas y sus partes. También es factible realizar el estudio de esta investigación en un universo acorde a las necesidades actuales en vista de que el estado necesita realizar un ahorro óptimo de divisas y al poner en operación el CIRT se obtendrá un resultado coherente de la investigación (SALAZAR, 2017).

Por otro lado (ARMAS, 2019) en su tesis llamada *“Proceso de Metalizado por arco eléctrico para analizar influencia de mantenimiento de motores eléctricos en Empresas Ipsycom Ingenieros SAC - Cajamarca”*, tuvo como objetivo de investigación la implementación de un proceso de metalizado por arco eléctrico para el mantenimiento de tapas y ejes de motores eléctricos en la empresa Ipsycom

Ingenieros SAC, siendo este un estudio No experimental del tipo Aplicada, para ello teniendo como población 240 mantenimientos de motores eléctricos US MOTOR 350 HP, en la empresa Ipsycom Ingenieros SAC y como muestra se tomaron los 240 mantenimientos de motores eléctricos US MOTOR 350 HP, realizados en el año 2018 en la empresa Ipsycom Ingenieros SAC, teniendo para ello como instrumentos de recolección de datos fichas de registro de tapas y fichas de análisis de documentos para los manuales de ejes y tapas. Los principales resultados fueron la identificación que los procesos de mantenimiento de tapas y motores eléctricos en la empresa Ipsycom Ingenieros SAC, inicialmente estos procedimientos de mecanizado y acabados de los componentes generaban grandes costos teniendo para ello un tiempo de 2.5 horas en cambio con la propuesta realizada los costos disminuyen considerablemente y el tiempo para realizar dichos procedimientos disminuyen a 1.5 horas. Se concluyó en que la evaluación de la influencia del proceso arrojó un resultado positivo, ya que de acuerdo a los registros se generó mayor ingreso para la empresa (240 trabajos en el 2018), reducción de 1 día en la entrega de componentes trabajados, incremento en la vida útil, reducción de tres a dos trabajadores y reducción de S/. 3209.07 soles a S/. 2684.44 soles en costos de producción. Para lo cual la evaluación económica financiera por la implementación de este procedimiento arroja un Valor Actual Neto de S/. 658.404,34, una Tasa Interna de Rendimiento de 125% y un Índice de Rentabilidad de 3.85 lo que indica la viabilidad del proyecto.

En el ámbito local después de haber realizado la investigación respectiva se manifiesta que no existen trabajos que traten con respecto al efecto del medio ambiente en el ensamblaje de rodamientos en ejes metalizados.

Con respecto a las variables de estudio se tiene que la metalización es un proceso para la creación de recubrimientos superficiales funcionales. En el cual un material de revestimiento metálico o no metálico finamente dividido es depositado en forma fundida o semi-fundida sobre un substrato (material base) para formar un depósito. El proceso se describe como la proyección de partículas de material fundidas contra un material base. La velocidad de proyección de las partículas depende del equipo usado, y es la que permite que se incrusten y se adhieran al substrato, y entre ellas, conformando así un recubrimiento denso, fuertemente adherido al material base y

con una dureza generalmente mayor a la del sustrato. Mediante la metalización se recuperan piezas vitales de maquinaria industrial, averiadas o desgastadas por el uso, o el medio que lo rodea, superando los estándares originales de la pieza nueva (MOREANO, 2015).



Figura 1. Eje metalizado de un motor eléctrico. Fuente: Propia

La metalización comprende el calentamiento del material de aporte, ya sea en forma de polvo o de alambre, hasta obtener un estado fundido o semi-fundido. Este material se transporta mediante una corriente de gas o de aire comprimido para su depósito, creando una estructura en la superficie de un determinado sustrato. Durante el proceso se emplea una fuente generadora de calor y un material de aporte que se alimenta en forma de polvo o de alambre. Con la ayuda de la fuente de calor, el material de aporte que se alimenta, se funde y se proyecta sobre la superficie previamente preparada (MOREANO, 2015).

Así también existen diferentes tipos de procedimientos para la metalización las cuales son:

Metalización en Frío, Estos procesos utilizan la energía eléctrica como fuente de calor. Comprende 2 grupos:

Grupo I: Eléctrico

- Arco Eléctrico, Arc Spray (TAFSA)

- Arco Eléctrico con Propulsión (Jet)

Grupo II: Plasma

- Plasma de Arco No-Transferido (PSP)
- Plasma de Arco Transferido (PTA)

Estos dos grupos son los utilizados en la metalización en frío teniendo como fuente de calor el flujo eléctrico o el flujo plasmático (MOREANO, 2015).

Metalización en Caliente, Utiliza gases combustibles como fuente de calor (MOREANO, 2015).

Comprende tres procesos:

- Llama (Oxígeno-Acetileno)
- HVOF
- Detonación

Estas variables de estudio también implican hablar de los rodamientos siendo estos elementos de máquina de alta exigencia, con una precisión elevada; para garantizar su máxima potencia el constructor tiene que elegir tipo y ejecución adecuados y combinar de forma apropiada las características de los rodamientos con las partes adyacentes. Además, tiene que tener en cuenta la lubricación, la obturación y el mantenimiento durante el montaje y desmontaje. La aplicación de medios apropiados durante el montaje y desmontaje de rodamientos, así como exactitud y limpieza en el lugar de montaje son condiciones previas para una duración de servicio larga (Montaje de Rodamientos, s.f.).



Figura 2. Rodamiento SKF utilizado en las pruebas en ejes metalizados. Fuente: Propia

Durante su almacenamiento los rodamientos deben permanecer en su embalaje original; solo en el lugar de montaje y en el mismo momento de comenzar este puede abrirse la envoltura. En caso contrario existe el peligro de que los rodamientos se ensucien y se oxiden (Montaje de Rodamientos, s.f.).

Durante el almacenamiento, los rodamientos no deben exponerse a los efectos de los medios agresivos como gases, neblinas o aerosoles de soluciones ácidas, alcalinas o sales. Debe evitarse la radiación solar directa. La formación de agua de la condensación se evita bajo las siguientes condiciones:

- Temperaturas de + 6 a + 25 °C, durante corto tiempo 30 °C
- diferencia de temperatura día/ noche ≤ 8 K, humedad relativa del aire $\leq 65\%$.

Con la preservación estándar, los rodamientos pueden almacenarse hasta 5 años si se mantienen las condiciones indicadas. Si se excede el período del almacenamiento permisible, se recomienda verificar el estado de la preservación y corrosión de los rodamientos antes de utilizarlos. Bajo consulta, FAG le ayudará a juzgar el riesgo de un almacenamiento más largo o el uso de viejos rodamientos (Montaje de Rodamientos, s.f.).

Para el montaje de un rodamiento se tiene en cuenta los siguientes:

Los rodamientos se conservan en sus envolturas originales con un aceite anticorrosivo. Al montarlos, no es necesario lavar este aceite. Se mezcla, durante el servicio, con el lubricante y garantiza, al arrancar, una lubricación suficiente antes de que comience a fluir el aceite en una lubricación por circulación. En las superficies de asiento y de contacto se limpiará el aceite anticorrosivo antes del montaje. En los rodamientos con agujero cónico deberá lavarse el anticorrosivo antes del montaje para garantizar un asiento seguro y fijo en el eje y en el casquillo. Después de un lavado con detergente en frío se engrasa el agujero con poco aceite de máquina de viscosidad mediana. Los rodamientos utilizados y ensuciados, antes de proceder al montaje, se lavarán cuidadosamente en petróleo o detergente en frío, e inmediatamente a continuación se aceitarán o engrasarán nuevamente. Los rodamientos no deben mecanizarse posteriormente. Así que no deben practicarse taladros para el lubricante ni ranuras o chaflanes, ya que podría producirse un desequilibrio del estado de tensiones en los aros, que conducirá a su vez a un deterioro prematuro del rodamiento. Además, existe el peligro de que penetren en el rodamiento virutas o polvo abrasivo (Montaje de Rodamientos, s.f.).



Figura 3. Instalación de rodamiento SKF en eje metalizado de motor eléctrico.

Fuente: Propia

También el eje y el alojamiento, así como las restantes piezas deben estar limpias. Piezas fundidas han de estar exentas de arena de moldear. Conviene aplicar una capa protectora a las superficies interiores del alojamiento, tras haberlas limpiado. Esta capa evita el desprendimiento de partículas minúsculas durante el servicio. En los asientos de los rodamientos en el eje y en el alojamiento deberán eliminarse las capas anticorrosivas y residuos de pintura. En las piezas torneadas hay que eliminar las rebabas y rebordar las aristas (Montaje de Rodamientos, s.f.).

Ajuste del Rodamiento, para conseguir que un rodamiento gire en perfectas condiciones es decisivo observar los ajustes de los aros, ver Anexo 05 (Tolerancia de los Ejes) y Anexo 05 (Tolerancia de los Alojamientos). Es necesario saber que la cuestión de ajuste “correcto” no puede resolverse con datos simples, válidos para todos los casos. Los ajustes deben estar adaptados a las condiciones de servicio de la máquina y a la construcción del conjunto. Como regla general cabe decir que los aros deben apoyarse lo mejor posible sobre sus asientos, es decir, estar ajustados lo más fuertemente posible. Sin embargo, esto no siempre es posible, bien porque con ello se dificulta el montaje o el desmontaje, bien porque el aro de los rodamientos libres ha de poder deslizarse con facilidad. El apriete originado por ajustes fuertes produce una dilatación del aro interior o una contracción del aro exterior y con ello una disminución del juego radial interno. Por ello, el juego radial interno ha de estar adaptado a los ajustes elegidos. El montador ha de controlar las tolerancias del eje y del alojamiento. Si el asiento tiene demasiada holgura, el aro girará con relación al eje. Esto podría ocasionar un deterioro del aro y del eje. Además, disminuye la precisión de la máquina, o la duración a la fatiga del camino de rodadura del aro es menor, por no estar suficientemente apoyado. Por otro lado, un asiento fuerte puede ser causa de una tensión previa demasiado grande y de un sobrecalentamiento. Debido a las paredes relativamente delgadas de los aros de los rodamientos, los errores de forma de eje y del alojamiento se transmiten a los caminos de rodadura. Por ello es necesario controlar no solo las tolerancias de los diámetros de las superficies de asiento sino también su redondez. En los asientos cilíndricos se controla la forma cilíndrica (DIN ISO 1101). En los asientos cónicos se controlan la redondez (DIN ISO 1101), el ángulo cónico y la rectitud de la generatriz cónica (DIN 7178). Las superficies de eje y soporte se alisan durante el

montaje mientras que las superficies del rodamiento no se alisan. A mayor rugosidad, mayor pérdida de interferencia; por eso se examina la rugosidad (DIN 4768) del asiento de los rodamientos.

Mientras que Philippe Gachet consultor técnico de segmento global celulosa y papel de SKF manifiesta que los ajustes flojos no son adecuados. Algunas personas no estarán de acuerdo y argumentarán que se utilizaron durante décadas en los rodamientos que soportan un sentido de carga fija. Si bien es cierto que se utilizan, aun así, son inadecuados. La razón principal por la que se utilizan es para facilitar el montaje y desmontaje, y para permitir que el rodamiento del lado libre se mueva axialmente. Lo mismo sucede cuando se desea tener ajustes flojos para soportar el desplazamiento de los rodamientos del lado libre. Incluso, aunque haya una carga fija de magnitud constante en un aro, se producirá corrosión por contacto si el ajuste no es lo suficientemente apretado. La velocidad a la que aparece el desgaste y su intensidad dependerán de la magnitud de la carga y de la fricción entre las superficies de contacto (GAGLIANO, 2015).

En cuanto a cómo seleccionar un ajuste, cada caso es especial. El catálogo de Rodamientos tiene pautas, pero es importante considerar si se respetan o deben adaptarse para la aplicación en cuestión. Para seleccionar el ajuste, se deben equilibrar varios criterios y, por lo general, esto implica concesiones. Hay que tener en cuenta:

- La condición de giro del rodamiento
- El sentido y la magnitud de la carga
- El juego interno o la precarga del rodamiento
- El límite de tensión circunferencial del aro (depende del material y el tratamiento térmico)
- Las condiciones de gradiente de temperatura (especialmente durante la puesta en marcha)
- Requisitos en cuanto a la precisión de funcionamiento
- El diseño del eje y el soporte, así como de las piezas circundantes
- La facilidad de montaje y desmontaje
- El desplazamiento del rodamiento del lado libre

- Diseño del sello: tenga cuidado con los sellos de contacto, que crean fricción y calor que hace que se expandan los componentes.

Mientras que (GACHET, 2016) manifiesta que la mejor opción es tener todos los aros de los rodamientos montados con un ajuste apretado, y elementos adyacentes que no se deformen bajo carga ni con cambios de temperatura. Esto no siempre es posible por razones de costo y de practicidad para el montaje y desmontaje. Si hay corrosión por contacto, con o sin deslizamiento, entre las superficies de contacto que supuestamente tienen un ajuste apretado, y hay poco o ningún daño en la superficie del camino de rodadura del rodamiento, el ajuste no está suficientemente apretado. No se recomienda montar un rodamiento que tiene que desplazarse axialmente en un asiento o sobre este para aros que tengan que deslizarse para soportar la elongación térmica si hay corrosión por contacto o desgaste, sin importar lo leves que sean.

Para evitar que un aro gire debido a un ajuste flojo, la mejor opción es colocar un perno de fijación en la ranura de fijación del aro. Donde la carga giratoria sea suficiente para que el aro gire, pero pequeña en comparación con la carga radial fija existente, pueden montarse una o dos juntas tóricas en una ranura del asiento (GACHET, 2016).

III. METODOLOGIA

3.1 Tipo y diseño de Investigación.

Experimental

DISEÑO EXPERIMENTAL	
MUESTRA 1: Proceso realizado durante la noche	MUESTRA 2: proceso realizado durante el día
ETAPAS: <ul style="list-style-type: none">✓ Pre – test (a ambos grupos)✓ Aplicación de Evaluación estadística✓ Post – test (a ambos grupos)	

3.2 Variables y operacionalización.

3.21 Variable Independiente

Efecto de la temperatura del medio ambiente.

3.2.2 Variable Dependiente.

Ajuste y Tolerancias de rodamientos en ejes metalizados de motores eléctricos.

3.3 Población, muestra y muestreo.

3.3.1 Población.

La población son los rodamientos en ejes metalizados de motores eléctricos.

3.3.2 Muestra.

La muestra para el presente trabajo de investigación es la misma que la población siendo esta los rodamientos en ejes metalizados de motores eléctricos.

3.3.3 Muestreo.

Para la obtención de la muestra se utiliza el método del muestreo no probabilístico, ya que la muestra no se eligió de forma aleatoria este fue seleccionado en función de su accesibilidad.

3.4 Técnica e Instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas de recolección de datos

Observación:

A través de esta técnica se recolectó información importante para conocer qué efectos el medio ambiente produce en el proceso de ajustes y tolerancia de rodamientos en ejes metalizados de motores eléctricos que se producen en dichos procedimientos.

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Ficha de Observación

Se contó con una ficha de observación para el registro de información primaria obtenida en campo teniendo en cuenta la realidad en la que se trabaja con respecto al tema de investigación siendo este el efecto del medio ambiente en el proceso de ajustes y tolerancia de rodamientos en ejes metalizados de motores eléctricos.

3.4.3 Validez

El trabajo de investigación fue validado por expertos en la materia teniendo en cuenta que este válido los instrumentos de recolección de datos como el aspecto metodológico del presente denominado “Efecto de la Temperatura del Medio Ambiente en el Ajuste y Tolerancias de Rodamientos en Ejes Metalizados de Motores Eléctricos”.

3.4.4 Confiabilidad.

El presente trabajo denominado “Efecto de la Temperatura del Medio Ambiente en el Ajuste y Tolerancias de Rodamientos en Ejes Metalizados

de Motores Eléctricos” es confiable debido a que se usara información primaria que fue recogida directamente de campo y esta será validada por expertos en la materia.

3.5 Procedimientos

Para la recolección de datos se utilizó la técnica de la observación la recolección de la información se realizó directamente de campo realizando medidas en los ejes metalizados con un micrómetro, los ejes metalizados usados son:

- Eje metalizado de diámetro de 70.0085 mm.
- Eje metalizado de diámetro de 40.0075 mm.

Las medidas son tomadas de día en un horario de 8:00 am a 7:00 pm y de noche en el horario de 8 pm a 5: 00 am, respectivamente para cada diámetro del eje del motor eléctrico realizando la toma de las variaciones de los diámetros de los ejes metalizados aproximadamente en el periodo de una hora.

Los datos obtenidos son:

- Temperatura de toma de medición.
- Diámetro inicial del eje metalizado.
- Diámetro final del eje metalizado.
- Variación de diámetro en el eje metalizado

Para de esta forma poder determinar el efecto de la temperatura del medio ambiente en el ajuste y tolerancias de rodamientos en ejes metalizados de motores eléctricos

Los materiales utilizados para tomar las mediciones a precisión son:

- Lápiz
- Lapiceros
- Borrador
- Corrector
- Papel Bond
- Calculadora

- El Micrómetro
- Pirómetro



Figura 4. Instrumento de medición utilizado “Micrómetro”. Fuente: manual Tenium “Tolerancias y Ajustes, 2017”

3.6 Métodos de Análisis de Datos.

Análisis Descriptivo, tomándose en cuenta la presente “Efecto de la Temperatura del Medio Ambiente en el Ajuste y Tolerancias de Rodamientos en Ejes Metalizados de Motores Eléctricos”, se ha tomado información primaria o información de campo con respecto a los niveles de temperatura que este elemento trabaja y el comportamiento del mismo a mientras la temperatura de trabajo varia estos datos serán analizados utilizando el programa Excel mediante tabulaciones y gráficas como son los histogramas, gráfico de barras, etc.

3.7 Aspectos Éticos.

Como aspectos éticos tenemos el respeto a lo social y religioso, para lo cual en la presente no solo se cuidó los derechos del autor también de no herir susceptibilidades guardando un amplio respeto por el medio ambiente como guardar la identidad de los individuos involucrados en el presente trabajo.

IV. RESULTADOS

4.1 Cuantificar a través de la toma de mediciones las Variaciones que se tienen en el eje metalizado a distintas temperaturas Ambientales.

El eje metalizado que se utilizó en el presente trabajo de investigación es un EJE FLYGHT 2400 cuenta con un diámetro de 70.0085 mm y un diámetro de 40.0075 mm para lo cual tenemos que:

Las medidas son tomadas de día y de noche en un horario de:

Turno mañana:

- De 8:00 am a 1:00 pm

Turno tarde:

- De 1:00 pm a 7:00 pm

Turno noche:

- De 8 pm a 5: 00 am

El equipo utilizado para tomar las mediciones a precisión es:

- El Micrómetro.
- El Pirómetro.



Figura 5. Bachiller William Chacón Tomando mediciones de las variaciones del eje metalizado. Fuente: Propia

En tal sentido se tiene:

Toma de Mediciones en el día para el eje de 40.0075 mm de diámetro

Tabla 1. Variaciones del Eje Metalizado de 40.0075 mm, con Respecto a distintas Temperaturas en °C en el día.

Horario de toma de mediciones en el día	Temperatura de toma de mediciones	Diámetro inicial de eje en mm	Diámetro final de eje en mm	Variación de diámetro en el eje metalizado
Turno Mañana				
8:00am a 9:00am	17 °C	40.0075 mm	40.0058 mm	0.0017 mm
9:00am a 10:00am	19°C	40.0075 mm	40.0041 mm	0.0034 mm
10:00 am a 11:00am	20°C	40.0075 mm	40.0025 mm	0.005 mm
11:00am a 12:00am	23°C	40.0075 mm	39.9975 mm	0.01 mm
12:00am a 1:00pm	24°C	40.0075 mm	39.9955 mm	0.012 mm
Turno Tarde				
1:00 pm a 2:00 pm	22.5°C	40.0075 mm	39.9916 mm	0.0159 mm
2:00 pm a 3:00 pm	22°C	40.0075 mm	39.9908 mm	0.0167 mm
3:00 pm a 4:00 pm	21°C	40.0075 mm	39.9892 mm	0.0183 mm
4:00 pm a 5:00 pm	20°C	40.0075 mm	39.9875 mm	0.02 mm
5:00 pm a 6:00 pm	18°C	40.0075 mm	39.9841 mm	0.0234 mm
6:00 pm a 7:00 pm	18°C	40.0075 mm	39.9841 mm	0.0234 mm

Fuente: Propia

En la tabla 1, se observa las variaciones que sufre el eje metalizado de un motor eléctrico con un diámetro inicial de 40.0075 mm en la cual se manifiesta que la temperatura varía de 17 °C a 24 °C en el turno mañana habiéndose tomado las mediciones desde las 8:00 am hasta la 1:00 pm evidenciando que a 17°C el eje de diámetro inicial de 40.0075 mm en el lapso de 1 hora este ha variado a 40.0058 mm teniendo para ello una variación de 0.0017 mm. Para 20°C éste varía en un total de 0.005 mm teniendo como diámetro inicial 40.0075 mm y un diámetro final de 40.0025 mm.

En el turno tarde en el horario de 1:00 pm a 7:00 pm se evidencia que entre la 1:00 y las 2:00 pm el eje que contaba con un diámetro inicial de 40.0075 mm a variado en 0.0159 mm teniendo como diámetro final 39.9916 mm, entre las 4:00 pm a 5:00 pm con una temperatura de 20°C y habiendo ya pasado un total de 12 horas de haber realizado el metalizado del eje FLYGHT 2400 de un motor eléctrico este muestra una variación de 0.02 mm teniendo para ello un diámetro final de 39.9841 mm con respecto al diámetro inicial del eje metalizado.

Toma de Mediciones en la noche para el eje de 40.0075 mm de diámetro

Teniendo en cuenta si el trabajo de metalizado se realiza en el turno noche en el horario de trabajo de 8:00 pm a 5:00 am se tiene lo siguiente:

Tabla 2. Variaciones del Eje Metalizado de 40.0075 mm, con Respecto a distintas Temperaturas en °C en la noche.

Horario de toma de mediciones en la noche	Temperatura de toma de mediciones	Diámetro inicial de eje en mm	Diámetro final de eje en mm	Variación de diámetro en el eje metalizado
8:00pm a 9:00pm	18 °C	40.0075 mm	40.0067 mm	0.00085 mm
9:00pm a 10:00pm	17 °C	40.0075 mm	40.0058 mm	0.0017 mm
10:00pm a 11:00pm	16°C	40.0075 mm	40.0041 mm	0.0034 mm
11:00 pm a 12:00am	15.5°C	40.0075 mm	40.0033 mm	0.0043 mm
12:00am a 1:00am	15°C	40.0075 mm	40.0025 mm	0.005 mm
1:00am a 2:00am	14.3°C	40.0075 mm	40.0075 mm	0.00
2:00am a 3:00am	14.0°C	40.0075 mm	40.0075 mm	0.00
3:00am a 4:00am	12.5°C	40.0075 mm	40.0075 mm	0.00
4:00am a 5:00am	12.5°C	40.0075 mm	40.0075 mm	0.00

Fuente: Propia

En la tabla 2, se evidencia que la toma de medidas se ha realizado por la noche en el horario de 8:00pm a 5:00 am para lo cual la temperatura sufre una variación de 18°C a 12.5°C, en tal sentido se observa que a una temperatura de 18°C el eje del motor que tuvo un diámetro inicial de 40.0075 mm termino con un diámetro de 40.0067 mm mostrando una variación en el diámetro de 0.00085 mm. También se

observa que en lapso de tiempo desde las 8:00 pm a 12:00 de la noche la variación de temperatura es de 3°C teniendo para ello una variación del diámetro del eje metalizado de 0.005 mm con respecto al diámetro inicial.

Así mismo se evidencia que si el trabajo de metalizado de un eje de motor eléctrico es trabajado entre las temperaturas de 14°C a 12°C, esta variación de diámetro es nula manteniendo el diámetro inicial de acabado de 40.0075 mm.

Toma de Mediciones en el día para el eje de 70.0085 mm de diámetro

Tabla 3. Toma de mediciones de variaciones de diámetro para el eje de 70.0085 mm de diámetro con respecto a la temperatura en el día

Horario de toma de mediciones en el día	Temperatura de toma de mediciones	Diámetro inicial de eje en mm	Diámetro final de eje en mm	Variación de diámetro en el eje metalizado
Turno Mañana				
8:00am a 9:00am	17 °C	70.0085 mm	70.0068 mm	0.0017 mm
9:00am a 10:00am	19°C	70.0085 mm	70.0051 mm	0.0034 mm
10:00 am a 11:00am	20°C	70.0085 mm	70.0035 mm	0.005 mm
11:00am a 12:00am	23°C	70.0085 mm	69.9985 mm	0.01 mm
12:00am a 1:00pm	24°C	70.0085 mm	69.9965 mm	0.012 mm
Turno Tarde				
1:00 pm a 2:00 pm	22.5°C	70.0085 mm	69.9926 mm	0.0159 mm
2:00 pm a 3:00 pm	22°C	70.0085 mm	69.9918 mm	0.0167 mm
3:00 pm a 4:00 pm	21°C	70.0085 mm	69.9902 mm	0.0183 mm
4:00 pm a 5:00 pm	20°C	70.0085 mm	69.9885 mm	0.02 mm
5:00 pm a 6:00 pm	18°C	70.0085 mm	69.9851 mm	0.0234 mm
6:00 pm a 7:00 pm	18°C	70.0085 mm	69.9851 mm	0.0234 mm

Fuente: Propia

En la tabla 3, se observa las variaciones que sufre el eje metalizado de un motor eléctrico con un diámetro inicial de 70.0085 mm en la cual se manifiesta que la temperatura varía de 17 °C a 24 °C en el turno mañana habiéndose tomado las mediciones desde las 8:00 am hasta la 1:00 pm, evidenciando que a 17°C el eje de diámetro inicial de 70.0085 mm en el lapso de 1 hora este ha variado a 70.0068 mm teniendo para ello una variación de 0.0017 mm. Para 20°C éste varía en un

total de 0.005 mm teniendo como diámetro inicial 70.0085 mm y un diámetro final de 70.0035 mm.

En el turno tarde en el horario de 1:00 pm a 7:00 pm se evidencia que entre la 1:00 y las 2:00 pm el eje que contaba con un diámetro inicial de 70.0085 mm a variado en 0.0159 mm teniendo como diámetro final 69.9926 mm, entre las 4:00 pm a 5:00 pm con una temperatura de 20°C y habiendo ya pasado un total de 12 horas de haber realizado el metalizado del eje FLYGHT 2400 de un motor eléctrico este muestra una variación de 0.02 mm teniendo para ello un diámetro final de 69.9885 mm con respecto al diámetro inicial del eje metalizado.

Toma de Mediciones en la noche para el eje de 70.0085 mm de diámetro

Teniendo en cuenta si el trabajo de metalizado se realiza en el turno noche en el horario de trabajo de 8:00 pm a 5:00 am se tiene lo siguiente:

Tabla 4. Variaciones del Eje Metalizado de 70.0085 mm de diámetro con Respecto a distintas Temperaturas en °C en la noche

Horario de toma de mediciones en la noche	Temperatura de toma de mediciones	Diámetro inicial de eje en mm	Diámetro final de eje en mm	Variación de diámetro en el eje metalizado
8:00pm a 9:00pm	18 °C	70.0085 mm	70.0077 mm	0.00085 mm
9:00pm a 10:00pm	17 °C	70.0085 mm	70.0068 mm	0.0017 mm
10:00pm a 11:00pm	16°C	70.0085 mm	70.0051 mm	0.0034 mm
11:00 pm a 12:00am	15.5°C	70.0085 mm	70.0042 mm	0.0043 mm
12:00am a 1:00am	15°C	70.0085 mm	70.0035 mm	0.005 mm
1:00am a 2:00am	14.3°C	70.0085 mm	70.0085 mm	0.00
2:00am a 3:00am	14.0°C	70.0085 mm	70.0085 mm	0.00
3:00am a 4:00am	12.5°C	70.0085 mm	70.0085 mm	0.00
4:00am a 5:00am	12.5°C	70.0085 mm	70.0085 mm	0.00

Fuente: Propia

En la tabla 4, se evidencia que la toma de medidas se ha realizado por la noche en el horario de 8:00pm a 5:00 am para lo cual la temperatura sufre una variación de 18°C a 12.5°C, en tal sentido se observa que a una temperatura de 18°C, en el horario de 8:00 pm a 9:00 pm, el eje metalizado del motor que tuvo un diámetro inicial de 70.0085 mm alcanzo un diámetro de 70.0077 mm en el lapso de 1 hora mostrando una variación en el diámetro de 0.00085 mm. También se observa que en lapso de tiempo desde las 8:00 pm a 12:00 de la noche la variación de temperatura es de 3°C teniendo para ello una variación del diámetro del eje metalizado de 0.005 mm con respecto al diámetro inicial.

Así mismo se evidencia que si el trabajo de metalizado de un eje de motor eléctrico es trabajado entre las temperaturas de 14°C a 12°C, esta variación de diámetro es nula manteniendo el diámetro inicial de acabado de 70.0085 mm.

4.2 Determinación de los ajustes y tolerancias en el ensamblaje de rodamientos en ejes metalizados.

El eje del motor eléctrico utilizado es un eje recuperado por el proceso de metalizado siendo este un EJE FLYGHT 2400 que cuenta con un diámetro metalizado de 70.0085 mm y un diámetro de 40.0075 mm para lo cual se utilizó 2 tipos de rodamientos las cuales son:

- 2 UNIDADES DE RODAMIENTOS SKF 7314 BEGAJ, PARA EL DIÁMETRO DE 70.0085 mm.
- 1 UNIDAD DEL RODAMIENTO SKF NU 310, PARA EL DIÁMETRO DE 40.0075 mm.

Para lo cual según el manual de tolerancias y ajustes Ternium – España, muestra las tolerancias para rodamientos radiales de bolas y rodillos para ejes (ver anexo 7), de lo que se desprende:

Tabla 5. Tolerancias para rodamientos radiales de bolas K5 para ejes.

Diámetro Nominal en mm	Rodamiento K5 para ejes	
	Límite Superior (mm)	Límite Inferior (mm)
18 a 30	+0.011	+0.002
30 a 50	+0.013	+0.002
50 a 80	+0.015	+0.002
80 a 120	+0.018	+0.003
120 a 180	+0.021	+0.003

Fuente: Manual de Tolerancias y Ajustes Ternium, 2018.

Para el rodamiento SKF NU 310, 40K5

Según la tabla 5 tenemos que para el rodamiento SKF NU 310, 40K5, para el eje de un motor eléctrico sin recuperación por metalizado de diámetro de 40 mm se tiene que la tolerancia se encuentra entre los límites:

Tabla 6. Tolerancias para rodamientos radiales de bolas SKF NU 310, 40K5

Diámetro Nominal en mm	rodamiento SKF NU 310, 40K5, para ejes	
	Límite Superior (mm)	Límite Inferior (mm)
30 a 50	+0.013	+0.002

Fuente: Manual de Tolerancias y Ajustes Ternium, 2018.

Hallando la tolerancia del rodamiento de bolas SKF NU 310, 40K5:

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{m\acute{i}n.}$$

Donde:

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 40.000 + 0.013 = 40.013 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{i}n.} = 40.000 + 0.002 = 40.002 \text{ mm}$$

Entonces tenemos:

$$T_R = 40.013 \text{ mm} - 40.002 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 0.011 \text{ mm} = 11 \mu\text{m}$$

Hallando el ajuste del rodamiento:

El ajuste o aprieto medio del rodamiento radial de bolas SKF NU 310, 40K5, está dado por:

$$Ajuste = \frac{\text{Limite Superior de tolerancia} + \text{Limite inferior de tolerancia}}{2}$$

$$Ajuste = \frac{0.013 + 0.002}{2}$$

$$\therefore Ajuste = 0.0075 \text{ mm}$$

Hallando diámetro del eje metalizado:

El eje metalizado es la recuperación de un eje que ya se encuentra desgastado por el trabajo al que se encuentra sometido para lo cual se tiene que:

$$\phi_{Eje \text{ metalizado}} = \phi_{Nominal} + Ajuste \text{ del rodamiento}$$

$$\phi_{Eje \text{ metalizado}} = 40.000 + 0.0075$$

$$\therefore \phi_{Eje \text{ metalizado}} = 40.0075 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia final del eje metalizado:

En tal sentido la tolerancia final al que se encuentra el eje metalizado con respecto al rodamiento radial de bolas SKF NU 310, 40K5 es:

Teniendo un:

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 40.013 \text{ mm}$$

Entonces tenemos:

$$T_{Eje \text{ metalizado}} = D_{m\acute{a}x.} - \phi_{Eje \text{ metalizado}}$$

$$T_{Eje \text{ metalizado}} = 40.013 - 40.0075$$

$$\therefore T_{Eje \text{ metalizado}} = 0.0055 \text{ mm} = 5.5 \mu\text{m}$$

Para el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5

Según la tabla 5 tenemos que para el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, para el eje de un motor eléctrico sin recuperación por metalizado de diámetro de 70 mm se tiene que la tolerancia se encuentra entre los límites:

Tabla 7. Tolerancias para rodamientos de bolas SKF 7314 BEGAJ, 70K5

Diámetro Nominal en mm	rodamiento SKF 7314 BEGAJ, tipos 70K5, para ejes	
	Límite Superior (mm)	Límite Inferior (mm)
50 a 80	+0.015	+0.002

Fuente: *Manual de Tolerancias y Ajustes Ternium, 2018.*

Hallando la tolerancia del rodamiento de bolas SKF 7314 BEGAJ, 70K5:

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{m\acute{i}n.}$$

Donde:

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 70.000 + 0.015 = 70.015 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{i}n.} = 70.000 + 0.002 = 70.002 \text{ mm}$$

Entonces tenemos:

$$T_R = 70.015 \text{ mm} - 70.002 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 0.013 \text{ mm}$$

Hallando el ajuste del rodamiento:

El ajuste del rodamiento radial de bolas SKF 7314 BEGAJ, 70K5, está dado por:

$$Ajuste = \frac{\text{Limite Superior de tolerancia} + \text{Limite inferior de tolerancia}}{2}$$

$$Ajuste = \frac{0.015 + 0.002}{2}$$

$$\therefore Ajuste = 0.0085 \text{ mm}$$

Hallando diámetro del eje metalizado:

El eje metalizado es la recuperación de un eje que ya se encuentra desgastado por el trabajo al que se encuentra sometido para lo cual se tiene que:

$$\phi_{Eje\ metalizado} = \phi_{Nominal} + Ajuste\ del\ rodamiento$$

$$\phi_{Eje\ metalizado} = 70.000 + 0.0085$$

$$\therefore \phi_{Eje\ metalizado} = 70.0085\ mm$$

Hallando la tolerancia final del eje metalizado:

En tal sentido la tolerancia final al que se encuentra el eje metalizado con respecto al rodamiento radial de bolas SKF 7314 BEGAJ, 70K5 es:

Teniendo un:

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 70.015\ mm$$

Entonces tenemos:

$$T_{Eje\ metalizado} = D_{m\acute{a}x.} - \phi_{Eje\ metalizado}$$

$$T_{Eje\ metalizado} = 70.015 - 70.0085$$

$$\therefore T_{Eje\ metalizado} = 0.0065\ mm = 6.5\ \mu m$$

4.3 Determinación del comportamiento del rodamiento en ejes metalizados de motores eléctricos teniendo en cuenta distintos puntos de ajuste y tolerancia con respecto a distintas temperaturas del Medio Ambiente.

Para el rodamiento SKF NU 310, 40K5:

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 40.013\ mm$$

$$\therefore \phi_{Eje\ metalizado} = 40.0075\ mm$$

$$\therefore T_{Eje\ metalizado} = 0.0055\ mm = 5.5\ \mu m$$

$$\therefore T_R\ SKF\ NU, 40K5 = 0.011\ mm = 11\ \mu m$$

Entre 08:00 am a 09:00 am a la temperatura de 17°C:

Si el trabajo de metalizado se realiza entre las 8:00am a 9:00am esta se encuentra a una temperatura de 17°C, para lo cual se tiene que:

$$\phi_{inicial} = 40.0075 \text{ mm}$$

Pero este diámetro en el espacio de una hora a temperatura de 17°C, este varia ha:

$$\phi_{final} = 40.0058 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF NU 310, 40K5 a la temperatura de 17°C, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 40.013 - 40.0058$$

$$T_R = 0.0072 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 7.2 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF NU, 40K5} = 11 \mu\text{m} > T_R = 7.2 \mu\text{m} \dots \dots \text{OK}$$

El rodamiento realiza el trabajo para el que fue diseñado sin problemas debido a que las variaciones causadas por el efecto del medio ambiente a una temperatura de 17°C serian poco considerables, ya que la tolerancia que se tendría en el rodamiento es de 7.2 μm estando este dentro del margen con respecto a la tolerancia inicial que se tiene para ensamblar el SKF NU 310, 40K5 que es de 11 μm.

Entre 09:00 am a 10:00 am a la temperatura de 19°C:

Si el trabajo de metalizado tiene su acabado a una temperatura de 17°C, y ahora se encuentra a una temperatura de 19°C, se tiene que:

$$\phi_{inicial} = 40.0075 \text{ mm}$$

Pero este diámetro en el espacio de una hora a temperatura de 19°C, esté varia ha:

$$\phi_{final} = 40.0041 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF NU 310, 40K5 a la temperatura de 19°C, con respecto al eje metalizado

$$\begin{aligned}T_R &= D_{m\acute{a}x.} - D_{min.} \\T_R &= 40.013 - 40.0041 \\T_R &= 0.0089 \text{ mm} \\ \therefore T_R &= 8.9 \mu\text{m}\end{aligned}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF NU, 40K5} = 11 \mu\text{m} > T_R = 8.9 \mu\text{m} \dots \dots \text{OK}$$

En tal sentido se evidencia que a 2 grados de temperatura a medio ambiente al momento de ensamblar el rodamiento en el eje del motor eléctrico metalizado, este debe ser colocado teniendo en cuenta que el rodamiento SKF NU 310, 40K5, debe contar con una tolerancia de 8.9 μm, siendo la tolerancia inicial de ensamblaje de 11 μm a un ajuste ya establecido de 0.0075 mm (siendo este ya dado en el proceso de metalizado del eje respectivo).

Entre 10:00 am a 11:00 am a la temperatura de 20°C:

Si el trabajo de metalizado tiene su acabado a una temperatura de 17°C, y ahora se encuentra a una temperatura de 20°C, se tiene que:

$$\varnothing_{inicial} = 40.0075 \text{ mm}$$

Pero este diámetro en el espacio de una hora a temperatura de 20°C, esté varia ha:

$$\varnothing_{final} = 40.0025 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF NU 310, 40K5 a la temperatura de 20°C, con respecto al eje metalizado

$$\begin{aligned}T_R &= D_{m\acute{a}x.} - D_{min.} \\T_R &= 40.013 - 40.0025 \\T_R &= 0.0105 \text{ mm} \\ \therefore T_R &= 10.5 \mu\text{m}\end{aligned}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF NU, 40K5} = 11 \mu\text{m} > T_R = 10.5 \mu\text{m}$$

Se evidencia que a 3 grados de temperatura a medio ambiente al momento de ensamblar el rodamiento en el eje del motor eléctrico metalizado, el rodamiento SKF NU 310, 40K5 debe de ser colocado teniendo en cuenta que este debe contar con una tolerancia de 10.5 μm , siendo la tolerancia inicial de ensamblaje de 11 μm a un ajuste ya establecido de 0.0075 mm (siendo este ya dado en el proceso de metalizado del eje respectivo), se evidencia que el rodamiento ya estaría perdiendo rango de tolerancia y ajuste con respecto a lo indicado en el eje metalizado.

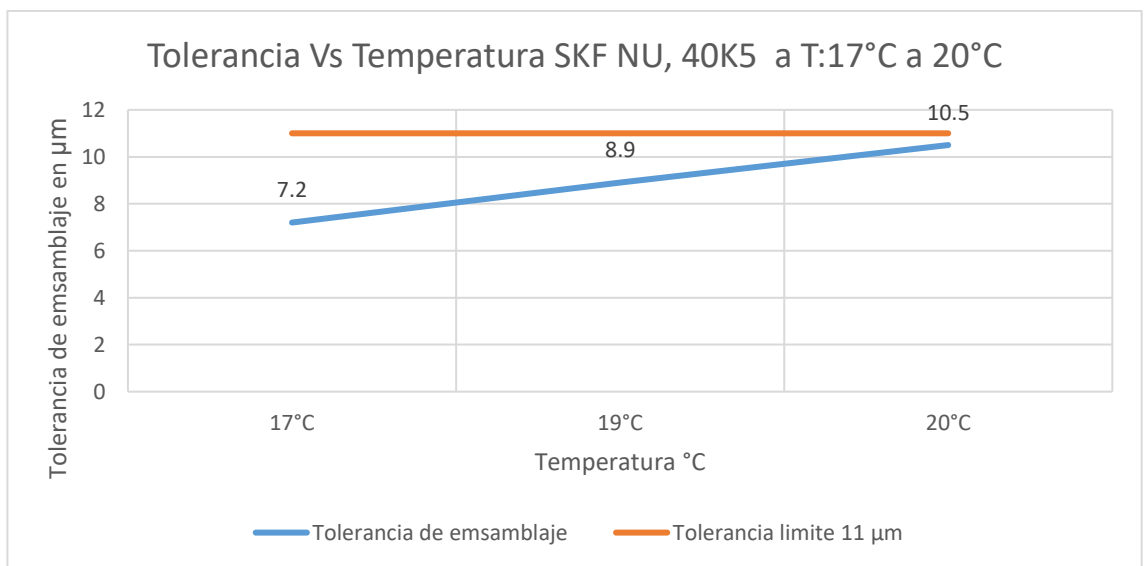


Figura 6. Evolución de la tolerancia del rodamiento con respecto al eje metalizado a una variación de 3°C. Fuente: Propia

En la figura 6, que si el trabajo de metalizado tiene un acabado a una temperatura de 17°C y ya tuvo una variación de la temperatura de 3°C entonces tenemos que a una temperatura de 20°C el diámetro del eje metalizado varía 0.005 mm, en tal sentido se evidencia que esto afecta al ensamblaje del rodamiento respectivo, ya que se está perdiendo el rango de tolerancia inicial. Para lo cual se tiene que el rodamiento SKF NU 310, 40K5, brinda una tolerancia de 11 μm y como se evidencia en la figura 6 a 19°C ya se necesitaría que este tenga una tolerancia del 8.9 μm y a 20°C ya se necesitaría que el rodamiento tenga una tolerancia del 10.5 μm .

Entre 11:00 am a 12:00 am a la temperatura de 23°C:

Si el trabajo de metalizado tiene su acabado a una temperatura de 17°C, y ahora se encuentra a una temperatura de 23°C, se tiene que:

$$\varnothing_{inicial} = 40.0075 \text{ mm}$$

Pero este diámetro en el espacio de una hora a temperatura de 23°C, esté varia ha:

$$\varnothing_{final} = 39.9975 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF NU 310, 40K5 a la temperatura de 23°C, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 40.013 - 39.9975$$

$$T_R = 0.0155 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 15.5 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF NU, tipo 40K5} = 11 \mu\text{m} < T_R = 15.5 \mu\text{m}$$

En tal sentido se tiene que a 6 grados de temperatura a medio ambiente al momento de ensamblar el rodamiento en el eje del motor eléctrico metalizado, se evidencia que para instalación del rodamiento SKF NU 310, 40K5, este debe ser colocado con una tolerancia de 15.5 μm, siendo la tolerancia inicial de ensamblaje de 11 μm a un ajuste ya establecido de 0.0075 mm (siendo este ya dado en el proceso de metalizado del eje respectivo), en tal sentido se observa que el rodamiento ya no podrá instalarse en el eje recuperado por metalizado, ya que se está perdiendo por completo el ajuste inicial del rodamiento y su respectiva tolerancia teniendo para ello una variación de tolerancia de 4.5 μm con respecto a la tolerancia inicial del rodamiento.

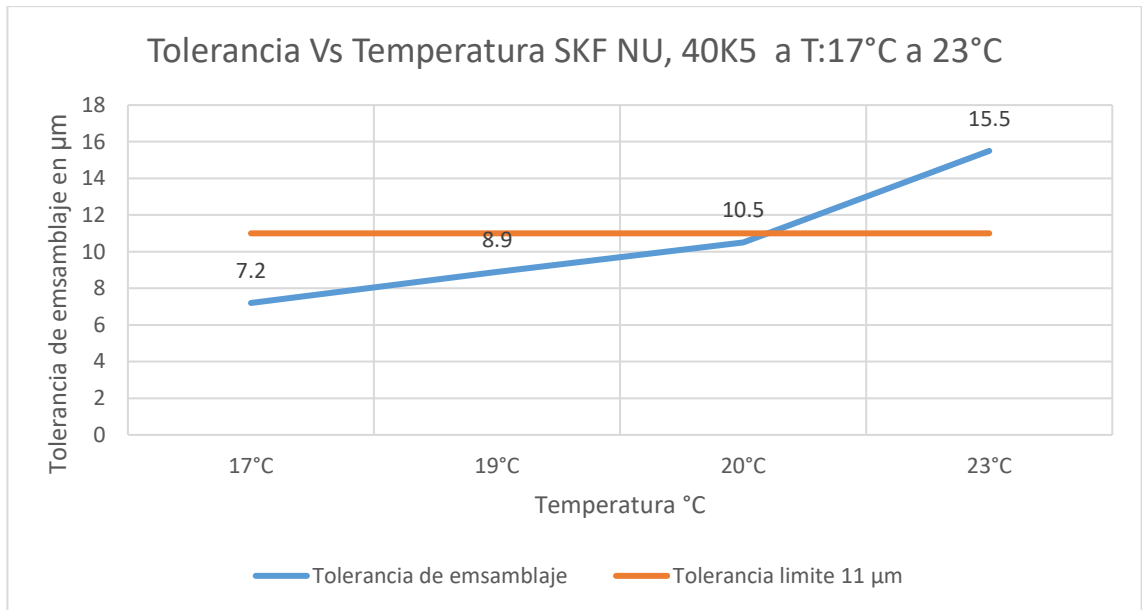


Figura 7. Evolución de la tolerancia del rodamiento con respecto al eje metalizado a una variación de 6°C. Fuente: Propia

En la figura 7 se tiene la evolución de la tolerancia de ensamblaje con respecto a la variación de temperatura entre los 17°C a 23°C, en tal sentido se tiene que a una variación de 6° de temperatura a medio ambiente al momento de ensamblar el rodamiento en el eje del motor eléctrico metalizado, se evidencia que para instalación del rodamiento SKF NU 310, 40K5, este debe ser colocado con una tolerancia de 15.5 μm la cual ya es una variación considerable con respecto a la tolerancia del rodamiento que es de 11 μm, por lo que si el rodamiento se instala teniendo un déficit de tolerancia de 4.5 μm el rodamiento no brindara las garantías necesarias para su funcionamiento.

Entre 12:00 am a 01:00 pm a la temperatura de 24°C:

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{m\acute{i}n.}$$

$$T_R = 40.013 - 39.9955$$

$$T_R = 0.0175 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 17.5 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF NU, 40K5} = 11 \mu\text{m} < T_R = 17.5 \mu\text{m}$$

Entre 1:00 pm a 2:00 pm a la temperatura de 22.5°C:

$$\Phi_{inicial} = 40.0075 \text{ mm}$$

$$\Phi_{final} = 39.9916 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 40.013 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF NU 310, 40K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 40.013 - 39.9916$$

$$T_R = 0.0214 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 21.4 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF NU, 40K5} = 11 \mu\text{m} < T_R = 21.4 \mu\text{m}$$

Entre 2:00 pm a 3:00 pm a la temperatura de 22°C:

$$\Phi_{inicial} = 40.0075 \text{ mm}$$

$$\Phi_{final} = 39.9908 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 40.013 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF NU 310, 40K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 40.013 - 39.9908$$

$$T_R = 0.0222 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 22.2 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF NU, 40K5} = 11 \mu\text{m} < T_R = 22.2 \mu\text{m}$$

Entre 3:00 pm a 4:00 pm a la temperatura de 21°C:

$$\Phi_{inicial} = 40.0075 \text{ mm}$$

$$\Phi_{final} = 39.9892 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 40.013 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF NU 310, 40K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 40.013 - 39.9892$$

$$T_R = 0.0238 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 23.8 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF NU, 40K5} = 11 \mu\text{m} < T_R = 23.8 \mu\text{m}$$

Entre 4:00 pm a 5:00 pm a la temperatura de 20°C:

$$\phi_{inicial} = 40.0075 \text{ mm}$$

$$\phi_{final} = 39.9875 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 40.013 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF NU 310, 40K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 40.013 - 39.9875$$

$$T_R = 0.0255 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 25.5 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF NU, 40K5} = 11 \mu\text{m} < T_R = 25.5 \mu\text{m}$$

Entre 5:00 pm a 7:00 pm a la temperatura de 18°C:

$$\phi_{inicial} = 40.0075 \text{ mm}$$

$$\phi_{final} = 39.9841 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 40.013 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF NU 310, 40K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 40.013 - 39.9841$$

$$T_R = 0.0289 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 28.9 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF NU, 40K5} = 11 \mu\text{m} < T_R = 28.9 \mu\text{m}$$

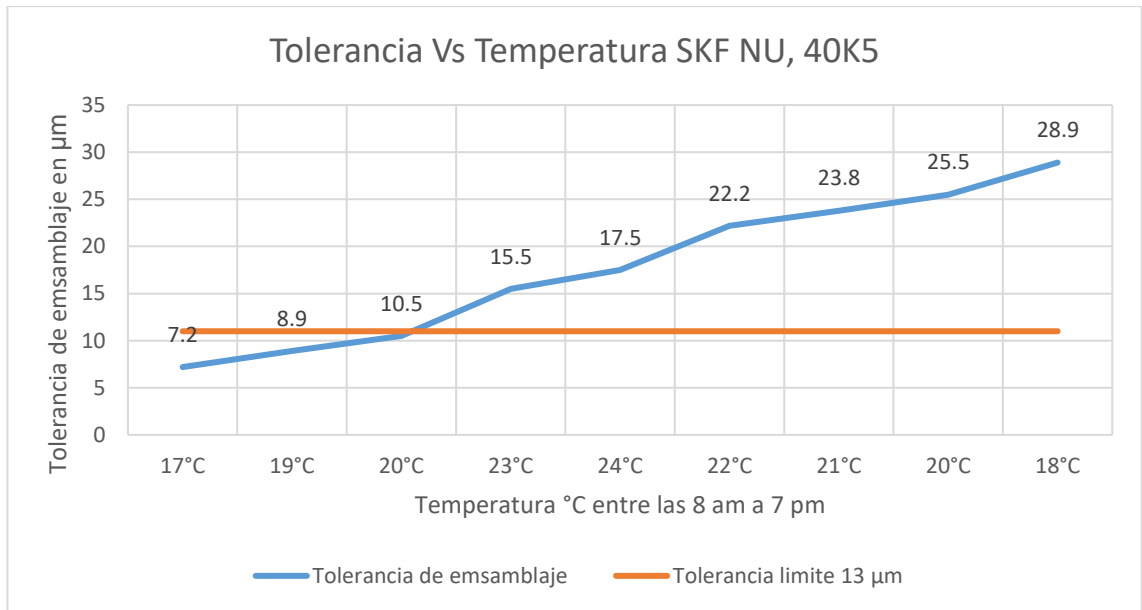


Figura 8. Evolución de la tolerancia del rodamiento SKF NU 310, 40K5, con respecto a las variaciones de temperatura ambiente. Fuente: Propia

Si el trabajo de recuperación se realiza en el turno noche entre las 8:00 pm y las 5:00 am

Entonces se tiene que:

Si el trabajo de recuperación tiene su acabado por la noche donde la temperatura del medio ambiente varía entre los 18°C a 12.5°C las variaciones con respecto a la tolerancia para la instalación del rodamiento SKF NU 310, 40K5, son:

Entre 8:00 pm a 9:00 pm a la temperatura de 18°C:

$$\phi_{inicial} = 40.0075 \text{ mm}$$

$$\phi_{final} = 40.0067 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 40.013 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF NU 310, 40K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 40.013 - 40.0067$$

$$T_R = 0.0063 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 6.3 \text{ μm}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF NU, 40K5} = 11 \mu m > T_R = 6.3 \mu m$$

Entre 9:00 pm a 10:00 pm a la temperatura de 17°C:

$$\Phi_{inicial} = 40.0075 \text{ mm}$$

$$\Phi_{final} = 40.0058 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 40.013 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF NU 310, 40K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 40.013 - 40.0058$$

$$T_R = 0.0072 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 7.2 \mu m$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF NU, 40K5} = 11 \mu m > T_R = 7.2 \mu m$$

Entre 10:00 pm a 11:00 pm a la temperatura de 16°C:

$$\Phi_{inicial} = 40.0075 \text{ mm}$$

$$\Phi_{final} = 40.0041 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 40.013 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF NU 310, 40K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 40.013 - 40.0041$$

$$T_R = 0.0089 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 8.9 \mu m$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF NU, 40K5} = 11 \mu m > T_R = 8.9 \mu m$$

Entre 11:00 pm a 12:00 am a la temperatura de 15.5°C:

$$\Phi_{inicial} = 40.0075 \text{ mm}$$

$$\Phi_{final} = 40.0033 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 40.013 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF NU 310, 40K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 40.013 - 40.0033$$

$$T_R = 0.0097 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 9.7 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF NU, 40K5} = 11 \mu\text{m} > T_R = 9.7 \mu\text{m}$$

Entre 12:00 am a 01:00 am a la temperatura de 15°C:

$$\phi_{inicial} = 40.0075 \text{ mm}$$

$$\phi_{final} = 40.0025 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 40.013 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF NU 310, 40K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 40.013 - 40.0025$$

$$T_R = 0.0105 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 10.5 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF NU, 40K5} = 11 \mu\text{m} > T_R = 10.5 \mu\text{m}$$

Entre 01:00 am a 02:00 am a las temperaturas de 14.3°C:

$$\phi_{inicial} = 40.0075 \text{ mm}$$

$$\phi_{final} = 40.0075 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 40.013 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF NU 310, 40K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 40.013 - 40.0075$$

$$T_R = 0.0055 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 5.5 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF NU, 40K5} = 11 \mu\text{m} > T_R = 5.5 \mu\text{m}$$

Entre 02:00 am a 05:00 am a las temperaturas de 14°C, 12.5°C y 12°C:

$$\varnothing_{inicial} = 40.0075 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{final} = 40.0075 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 40.013 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF NU 310, 40K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 40.013 - 40.0075$$

$$T_R = 0.0055 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 5.5 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF NU, 40K5} = 11 \mu\text{m} > T_R = 5.5 \mu\text{m}$$

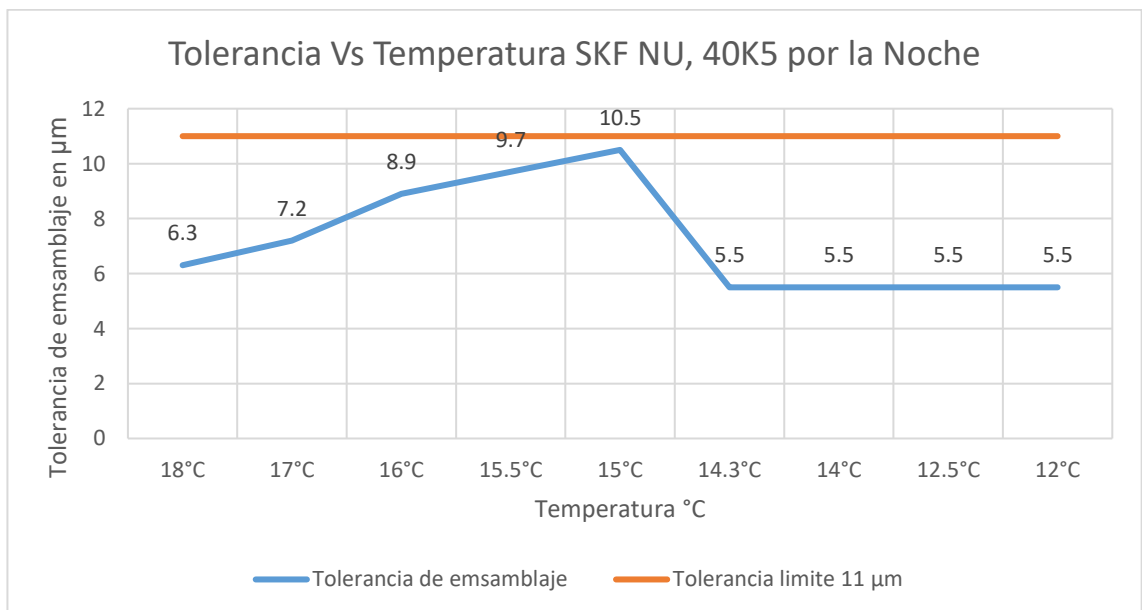


Figura 9. Evolución de la tolerancia del rodamiento SKF NU 310, 40K5, con respecto al eje metalizado de 40.0075 mm turno noche. Fuente: Propia

En la figura 9 se evidencia que si el trabajo de recuperado por metalizado es realizado en el turno de noche entre las 8:00pm y las 5:00am a temperaturas ambientales entre los 18°C y 12°C es lo ideal ya que se observa que las

tolerancias que tienen que tener en cuenta al ensamblar el rodamiento SKF NU 310, 40K5 no sobrepasa la tolerancia inicial que tiene el rodamiento siendo este $11\mu\text{m}$.

Así mismo se observa que si el trabajo del metalizado tiene su acabado entre las temperaturas de 14°C y 12°C , el diámetro de acabado no varía manteniendo los parámetros de diseño del eje recuperado y manteniendo los parámetros del rodamiento, ya que se estaría respetando su margen de tolerancia inicial al ajuste determinado del tipo SKF NU 310, 40K5.

Para el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5

$$\begin{aligned}\therefore \phi_{Eje\ metalizado} &= 70.0085\ mm \\ \therefore T_{Eje\ metalizado} &= 0.0065\ mm = 6.5\ \mu\text{m} \\ \therefore T_R &= 0.013\ mm = 13\ \mu\text{m} \\ \therefore D_{m\acute{a}x.} &= 70.015\ mm\end{aligned}$$

Entre 08:00 am a 09:00 am a la temperatura de 17°C :

$$\begin{aligned}\phi_{inicial} &= 70.0085\ mm \\ \phi_{final} &= 70.0068\ mm\end{aligned}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado

$$\begin{aligned}T_R &= D_{m\acute{a}x.} - D_{min.} \\ T_R &= 70.015 - 70.0068 \\ T_R &= 0.0082\ mm \\ \therefore T_R &= 8.2\ \mu\text{m}\end{aligned}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R\ SKF\ 7314\ BEGAJ,\ 70K5 = 13\ \mu\text{m} > T_R = 8.2\ \mu\text{m}$$

Entre 09:00 am a 10:00 am a la temperatura de 19°C :

$$\begin{aligned}\phi_{inicial} &= 70.0085\ mm \\ \phi_{final} &= 70.0051\ mm\end{aligned}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 70.015 - 70.0051$$

$$T_R = 0.0099 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 9.9 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF 7314 BEGAJ, 70K5} = 13 \mu\text{m} > T_R = 9.9 \mu\text{m}$$

Entre 10:00 am a 11:00 am a la temperatura de 20°C:

$$\phi_{inicial} = 70.0085 \text{ mm}$$

$$\phi_{final} = 70.0035 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = 70.015 - 70.0035$$

$$T_R = 0.0115 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 11.5 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF 7314 BEGAJ, 70K5} = 13 \mu\text{m} > T_R = 11.5 \mu\text{m}$$

Entre 11:00 am a 12:00 am a la temperatura de 23°C:

$$\phi_{inicial} = 70.0085 \text{ mm}$$

$$\phi_{final} = 69.9985 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = 70.015 - 69.9985$$

$$T_R = 0.0165 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 16.5 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF 7314 BEGAJ, 70K5} = 13 \mu\text{m} < T_R = 16.5 \mu\text{m}$$

Entre 12:00 am a 1:00 pm a la temperatura de 24°C:

$$\Phi_{inicial} = 70.0085 \text{ mm}$$

$$\Phi_{final} = 69.9965 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = 70.015 - 69.9965$$

$$T_R = 0.0185 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 18.5 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF 7314 BEGAJ, 70K5} = 13 \mu\text{m} < T_R = 18.5 \mu\text{m}$$

Entre 1:00 pm a 2:00 pm a la temperatura de 22.5°C:

$$\Phi_{inicial} = 70.0085 \text{ mm}$$

$$\Phi_{final} = 69.9926 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = 70.015 - 69.9926$$

$$T_R = 0.0224 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 22.4 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF 7314 BEGAJ, 70K5} = 13 \mu\text{m} < T_R = 22.4 \mu\text{m}$$

Entre 2:00 pm a 3:00 pm a la temperatura de 22°C:

$$\Phi_{inicial} = 70.0085 \text{ mm}$$

$$\Phi_{final} = 69.9918 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = 70.015 - 69.9918$$

$$T_R = 0.0232 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 23.2 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF 7314 BEGAJ, 70K5} = 13 \mu\text{m} < T_R = 23.2 \mu\text{m}$$

Entre 3:00 pm a 4:00 pm a la temperatura de 21°C:

$$\phi_{inicial} = 70.0085 \text{ mm}$$

$$\phi_{final} = 69.9902 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = 70.015 - 69.9902$$

$$T_R = 0.0248 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 24.8 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF 7314 BEGAJ, 70K5} = 13 \mu\text{m} < T_R = 24.8 \mu\text{m}$$

Entre 4:00 pm a 5:00 pm a la temperatura de 20°C:

$$\phi_{inicial} = 70.0085 \text{ mm}$$

$$\phi_{final} = 69.9885 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = 70.015 - 69.9885$$

$$T_R = 0.0265 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 26.5 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF 7314 BEGAJ, 70K5} = 13 \mu\text{m} < T_R = 26.5 \mu\text{m}$$

Entre 5:00 pm a 7:00 pm a la temperatura de 18°C:

$$\phi_{inicial} = 70.0085 \text{ mm}$$

$$\phi_{final} = 69.9851 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = 70.015 - 69.9851$$

$$T_R = 0.0299 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 29.9 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF 7314 BEGAJ, 70K5} = 13 \mu\text{m} < T_R = 29.9 \mu\text{m}$$

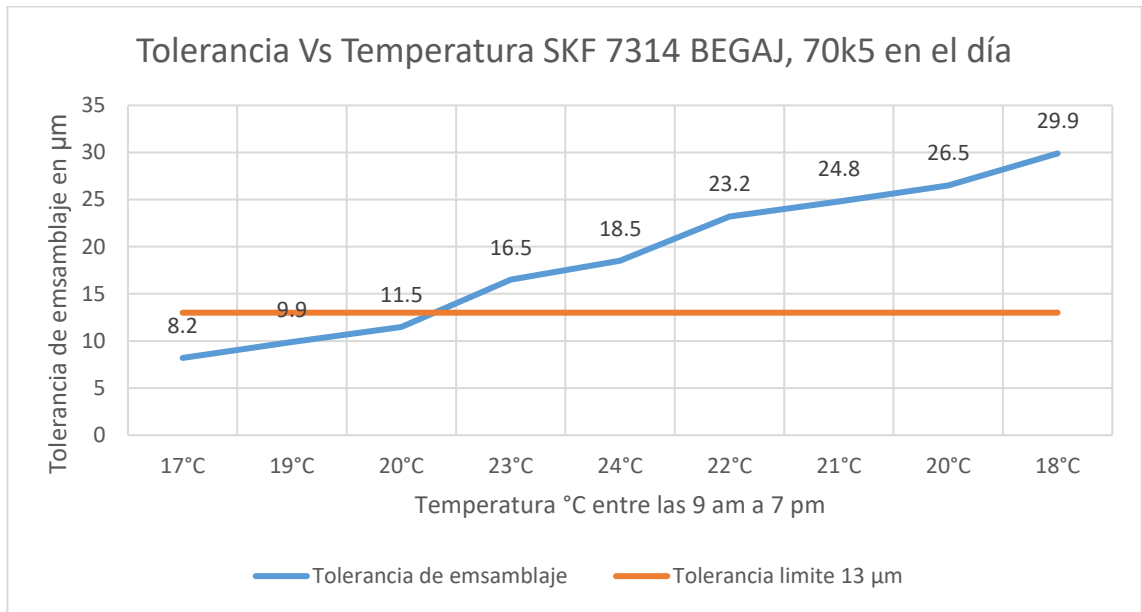


Figura 10. Evolución de la tolerancia del rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metaliza distintas temperaturas en el día. Fuente: Propia

En la figura 10, se evidencia que la tolerancia que se debe de tener en cuenta al ensamblar el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, tipo 70K5, varía de acuerdo a las distintas variaciones de temperatura a medio ambiente que se registran entre las 8:00 am hasta las 7:00 pm, para lo cual se manifiesta que el rodamiento cuenta con una tolerancia inicial de 13 μm, para lo que a 19°C el rodamiento se estaría instalando teniendo en cuenta que la tolerancia sería de 9.9 μm, así mismo si se ensambla a una temperatura de 23°C la tolerancia que se tendría sería de 16.5 μm, así mismo si teniendo una temperatura de acabado de 17°C y se espera hasta la temperatura de 24°C, la tolerancia que se tendría sería de 18.5 μm, para lo que manifiesta que la tolerancia calculada sobrepasa la tolerancia inicial perdiendo por completo la tolerancia que tendría el rodamiento y por ende también su ajuste.

Si el trabajo de recuperación se realiza en el turno noche entre las 8:00 pm y las 5:00 am

Entonces se tiene que:

Si el trabajo de recuperación tiene su acabado por la noche donde la temperatura del medio ambiente varía entre los 18°C a 12.5°C las variaciones con respecto a la tolerancia para la instalación del rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, son:

Entre 8:00 pm a 9:00 pm a la temperatura de 18°C:

$$\phi_{inicial} = 70.0085 \text{ mm}$$

$$\phi_{final} = 70.0077 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 70.015 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 70.015 - 70.0077$$

$$T_R = 0.0073 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 7.3 \mu m$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF 7314 BEGAJ, 70K5} = 13 \mu m > T_R = 7.3 \mu m$$

Entre 9:00 pm a 10:00 pm a la temperatura de 17°C:

$$\phi_{inicial} = 70.0085 \text{ mm}$$

$$\phi_{final} = 70.0068 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 70.015 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 70.015 - 70.0068$$

$$T_R = 0.0082 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 8.2 \mu m$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF 7314 BEGAJ, 70K5} = 13 \mu m > T_R = 8.2 \mu m$$

Entre 10:00 pm a 11:00 pm a la temperatura de 16°C:

$$\Phi_{inicial} = 70.0085 \text{ mm}$$

$$\Phi_{final} = 70.0051 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 70.015 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 70.015 - 70.0051$$

$$T_R = 0.0099 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 9.9 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF 7314 BEGAJ, 70K5} = 13 \mu\text{m} > T_R = 9.9 \mu\text{m}$$

Entre 11:00 pm a 12:00 am a la temperatura de 15.5°C:

$$\Phi_{inicial} = 70.0085 \text{ mm}$$

$$\Phi_{final} = 70.0042 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 70.015 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 70.015 - 70.0042$$

$$T_R = 0.0108 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 10.8 \mu\text{m}$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF 7314 BEGAJ, 70K5} = 13 \mu\text{m} > T_R = 10.8 \mu\text{m}$$

Entre 12:00 am a 01:00 am a la temperatura de 15°C:

$$\Phi_{inicial} = 70.0085 \text{ mm}$$

$$\Phi_{final} = 70.0035 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 70.015 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 70.015 - 70.0035$$

$$T_R = 0.0115 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 11.5 \mu m$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF 7314 BEGAJ, 70K5} = 13 \mu m > T_R = 11.5 \mu m$$

Entre 01:00 am a 02:00 am a las temperaturas de 14.3°C:

$$\varnothing_{inicial} = 70.0085 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{final} = 70.0085 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 70.015 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 70.015 - 70.0085$$

$$T_R = 0.0065 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 6.5 \mu m$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF 7314 BEGAJ, 70K5} = 13 \mu m > T_R = 6.5 \mu m$$

Entre 02:00 am a 05:00 am a las temperaturas de 14°C, 12.5°C y 12°C:

$$\varnothing_{inicial} = 70.0085 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{final} = 70.0085 \text{ mm}$$

$$\therefore D_{m\acute{a}x.} = 70.015 \text{ mm}$$

Hallando la tolerancia que tendría el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado

$$T_R = D_{m\acute{a}x.} - D_{min.}$$

$$T_R = 70.015 - 70.0085$$

$$T_R = 0.0065 \text{ mm}$$

$$\therefore T_R = 6.5 \mu m$$

Entonces tenemos que:

$$\therefore T_R \text{ SKF 7314 BEGAJ, 70K5} = 13 \mu m > T_R = 6.5 \mu m$$

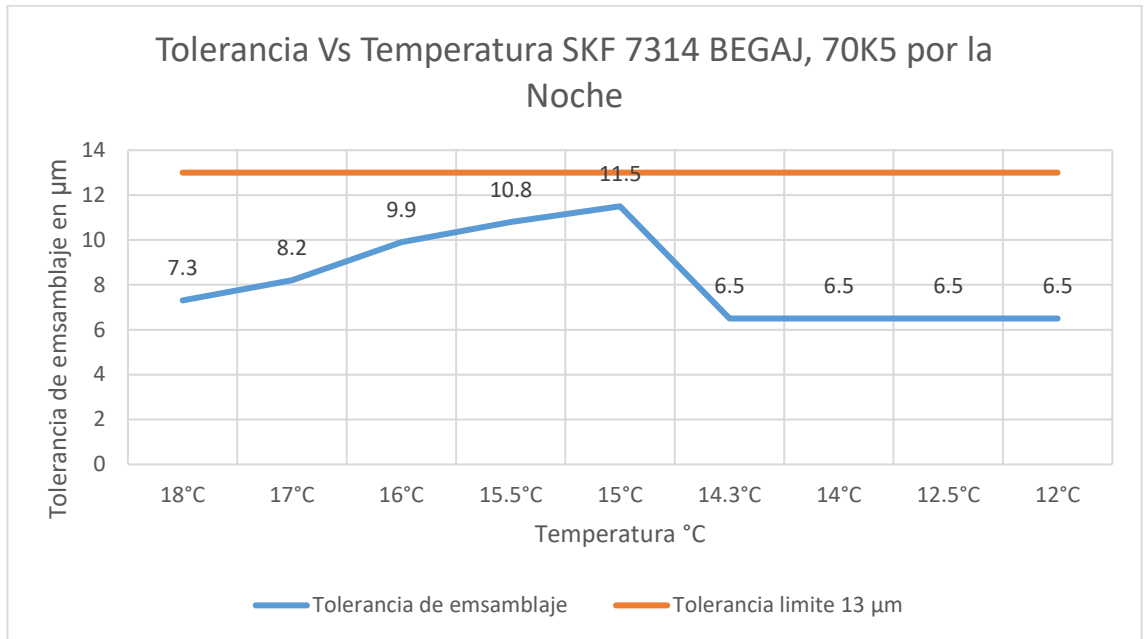


Figura 11. Evolución de la tolerancia del rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, con respecto al eje metalizado de 70.0085 mm turno noche. Fuente: Propia

En la figura 11 se evidencia que si el trabajo de recuperado por metalizado es realizado en el turno de noche entre las 8:00 pm y las 5:00 am a temperaturas ambientales entre los 18 °C y 12 °C es lo ideal, ya que se observa que las tolerancias que se deben tener en cuenta al ensamblar el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5 no sobrepasa la tolerancia inicial que tiene el rodamiento siendo este 13μm. Así mismo se observa que si el trabajo del metalizado tiene su acabado entre las temperaturas de 14°C y 12°C, el diámetro de acabado no varía manteniendo los parámetros de diseño del eje recuperado y manteniendo los parámetros del rodamiento, ya que se estaría respetando su margen de tolerancia inicial al ajuste determinado SKF 7314 BEGAJ, 70K5.

4.4 Determinación de una ecuación con los ajustes y tolerancias de ejes en función de la temperatura.

Para la determinación de la ecuación se utilizó el instrumento estadístico de diagrama por dispersión en la cual se calcula el coeficiente de correlación y el coeficiente de determinación, las ecuaciones se determinaron por cada rodamiento dependiendo de las variaciones de temperatura en dos turnos (día y noche) por lo que se tiene:

$$Y = A + BX$$

Donde:

$A =$ Punto de corte en el eje Y

$B =$ Pendiente de la recta

Para el rodamiento SKF NU 310, 40K5 en el día:

<i>Temp. °C</i>	<i>Tolerancia</i>	x^2	y^2	xy
x	y			
17	7.2	289	51.84	122.4
19	8.9	361	79.21	169.1
20	10.5	400	110.25	210.0
23	15.5	529	240.25	356.5
24	17.5	576	306.25	420.0
22	22.2	484	492.84	488.4
21	23.8	441	566.44	499.8
20	25.5	400	650.25	510.0
18	28.9	324	835.21	520.2
$\sum x = 184$	$\sum y = 160$	$\sum x^2 = 3804$	$\sum y^2$ = 3332.54	$\sum xy$ = 3296.4

Fuente: Propia

Entonces hallando el valor promedio de temperatura:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{184}{9}$$

$$\therefore \bar{x} = 20.44$$

Entonces hallando el valor promedio de tolerancia:

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{160}{9}$$

$$\therefore \bar{y} = 17.78$$

Entonces:

$$Y = A + BX$$

Hallando B:

$$B = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

$$B = \frac{3296.4 - (9)(20.44)(17.78)}{3804 - (9)(20.44)^2}$$

$$\therefore B = 0.5835$$

Hallando A:

$$A = \bar{y} - B\bar{x}$$

$$A = 17.78 - (0.5835)(20.44)$$

$$\therefore A = 5.85326$$

Entonces la ecuación tomando en cuenta las tolerancias (To) a distintas temperaturas (Te), teniendo para ello un ajuste de 40K5 es:

$$To = 0.5835 x Te + 5.85326$$

Hallando el coeficiente de correlación:

$$r = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{(\sum x^2 - n\bar{x}^2)(\sum y^2 - n\bar{y}^2)}$$

$$r = \frac{3296.4 - (9)(20.44)(17.78)}{(3804 - (9)(20.44^2))(3332.54 - (9)(17.78^2))}$$

$$r = \frac{25.5912}{(43.8576)(487.3844)}$$

$$\therefore r = 0.001197$$

Hallando el coeficiente de determinación:

$$R^2 = \frac{B(\sum xy - n\bar{x}\bar{y})}{\sum y^2 - n\bar{y}^2}$$

$$R^2 = \frac{(0.5835)(25.5912)}{487.3844}$$

$$R^2 = 0.031$$

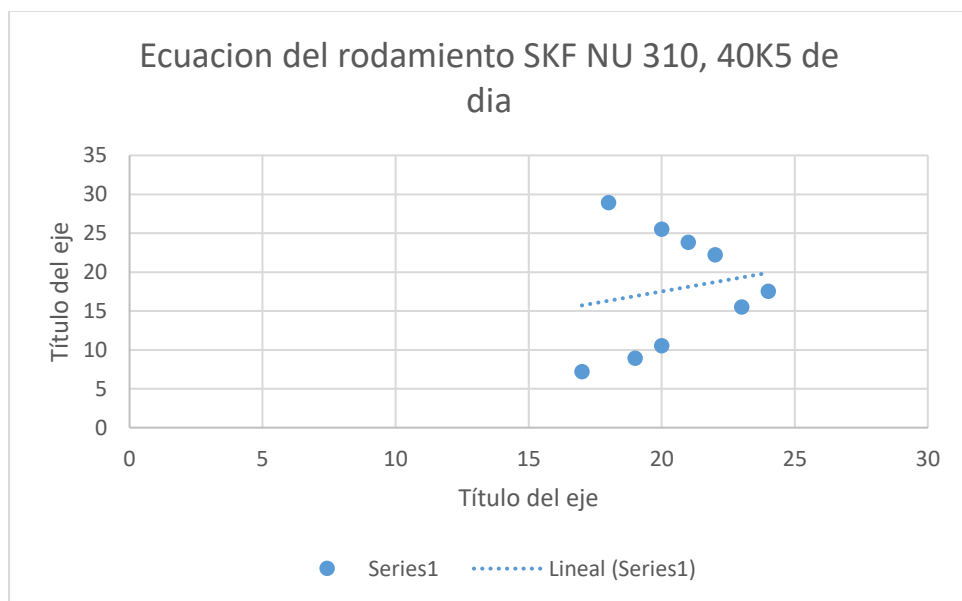


Figura 12. Ecuación de comportamiento del rodamiento SKF NU 310, 40K5 en el día.
Fuente: Propia

Turno	Día (8:00 am a 7:00 pm)
Ajuste	40K5
Ecuación	$T_o = 0.5835 x T_e + 5.85326$
Coeficiente de correlación	$r = 0.001197$
coeficiente de determinación	$R^2 = 0.031$

Fuente: Propia

Para el rodamiento SKF NU 310, 40K5 en la noche:

<i>Temp. °C</i>	<i>Tolerancia</i>	x^2	y^2	xy
x	y			
18	6.3	324.00	39.69	113.4
17	7.2	289.00	51.84	122.4
16	8.9	256.00	79.21	142.4
15.5	9.7	240.25	94.09	150.35
15	10.5	225.00	110.25	157.5
14.3	5.5	204.49	30.25	78.65
14	5.5	196.00	30.25	77.00
12.5	5.5	156.25	30.25	68.75
12	5.5	144.00	30.25	66.00
$\sum x = 134.3$	$\sum y = 64.6$	$\sum x^2 = 2034.99$	$\sum y^2 = 496.08$	$\sum xy = 976.45$

Fuente: Propia

Entonces hallando el valor promedio de temperatura:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{134.3}{9}$$

$$\therefore \bar{x} = 14.92$$

Entonces hallando el valor promedio de tolerancia:

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{64.6}{9}$$

$$\therefore \bar{y} = 7.18$$

Entonces:

$$Y = A + BX$$

Hallando B:

$$B = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

$$B = \frac{976.45 - (9)(14.92)(7.18)}{2034.99 - (9)(14.92)^2} \quad B = \frac{12.3196}{31.5324}$$

$$\therefore B = 0.3907$$

Hallando A:

$$A = \bar{y} - B\bar{x}$$

$$A = 7.18 - (0.3907)(14.92)$$

$$\therefore A = 1.3508$$

Entonces la ecuación tomando en cuenta las tolerancias (T_o) a distintas temperaturas (T_e), teniendo para ello un ajuste de 40K5 es:

$$T_o = 0.3907 x T_e + 1.3508$$

Hallando el coeficiente de correlación:

$$r = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{(\sum x^2 - n\bar{x}^2)(\sum y^2 - n\bar{y}^2)}$$

$$r = \frac{976.45 - (9)(14.92)(7.18)}{(2034.99 - (9)(14.92)^2)(496.08 - (9)(7.18^2))}$$

$$r = \frac{12.3196}{(31.5324)(32.1084)}$$

$$\therefore r = 0.01217$$

Hallando el coeficiente de determinación:

$$R^2 = \frac{B(\sum xy - n\bar{x}\bar{y})}{\sum y^2 - n\bar{y}^2}$$

$$R^2 = \frac{(0.3907)(12.3196)}{32.1084}$$

$$R^2 = 0.1499$$

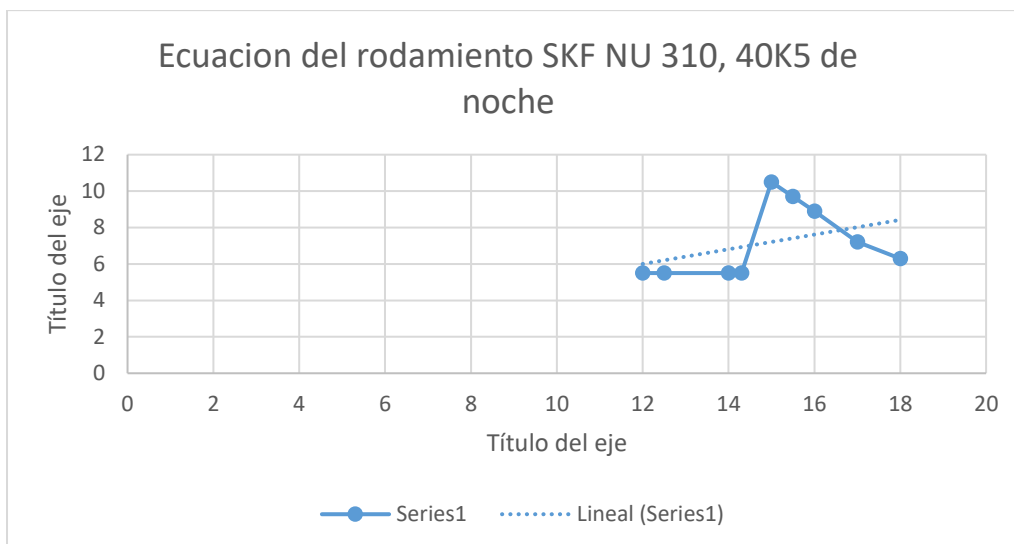


Figura 13. Ecuación de comportamiento del rodamiento SKF NU 310, 40K5 en la noche. Fuente: Propia

Turno	Noche (8:00 pm a 5:00 am)
Ajuste	40K5
Ecuación	$T_o = 0.3907 \times T_e + 1.3508$
Coefficiente de correlación	$r = 0.01217$
coeficiente de determinación	$R^2 = 0.1499$

Fuente: Propia

Para el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5 en el día:

<i>Temp. °C</i>	<i>Tolerancia</i>	x^2	y^2	xy
<i>x</i>	<i>y</i>			
17	8.2	289	67.24	139.4
19	9.9	361	98.01	188.1
20	11.5	400	132.25	230.0
23	16.5	529	272.25	379.5
24	18.5	576	342.25	444.0
22	23.2	484	538.24	510.4
21	24.8	441	615.04	520.8
20	26.5	400	702.25	530.0
18	29.9	324	894.01	538.2

$$\sum x = 184 \quad \sum y = 169 \quad \sum x^2 = 3804 \quad \sum y^2 = 3661.54 \quad \sum xy = 3480.4$$

Fuente: Propia

Entonces hallando el valor promedio de temperatura:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{184}{9}$$

$$\therefore \bar{x} = 20.44$$

Entonces hallando el valor promedio de tolerancia:

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{169}{9}$$

$$\therefore \bar{y} = 18.78$$

Entonces:

$$Y = A + BX$$

Hallando B:

$$B = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

$$B = \frac{3480.4 - (9)(20.44)(18.78)}{3804 - (9)(20.44)^2}$$

$$B = \frac{25.6312}{43.8576}$$

$$\therefore B = 0.5844$$

Hallando A:

$$A = \bar{y} - B\bar{x}$$

$$A = 18.78 - (0.5844)(20.44)$$

$$\therefore A = 6.8349$$

Entonces la ecuación tomando en cuenta las tolerancias (To) a distintas temperaturas (Te), teniendo para ello un ajuste de 70K5 es:

$$To = 0.5844 x Te + 6.8349$$

Hallando el coeficiente de correlación:

$$r = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{(\sum x^2 - n\bar{x}^2)(\sum y^2 - n\bar{y}^2)}$$
$$r = \frac{3480.4 - (9)(20.44)(18.78)}{(3804 - (9)(20.44)^2)(3661.54 - (9)(18.78^2))}$$
$$r = \frac{25.6312}{(43.8576)(487.3444)}$$
$$\therefore r = 0.001199$$

Hallando el coeficiente de determinación:

$$R^2 = \frac{B(\sum xy - n\bar{x}\bar{y})}{\sum y^2 - n\bar{y}^2}$$
$$R^2 = \frac{(0.5844)(25.6312)}{487.3444}$$
$$R^2 = 0.031$$

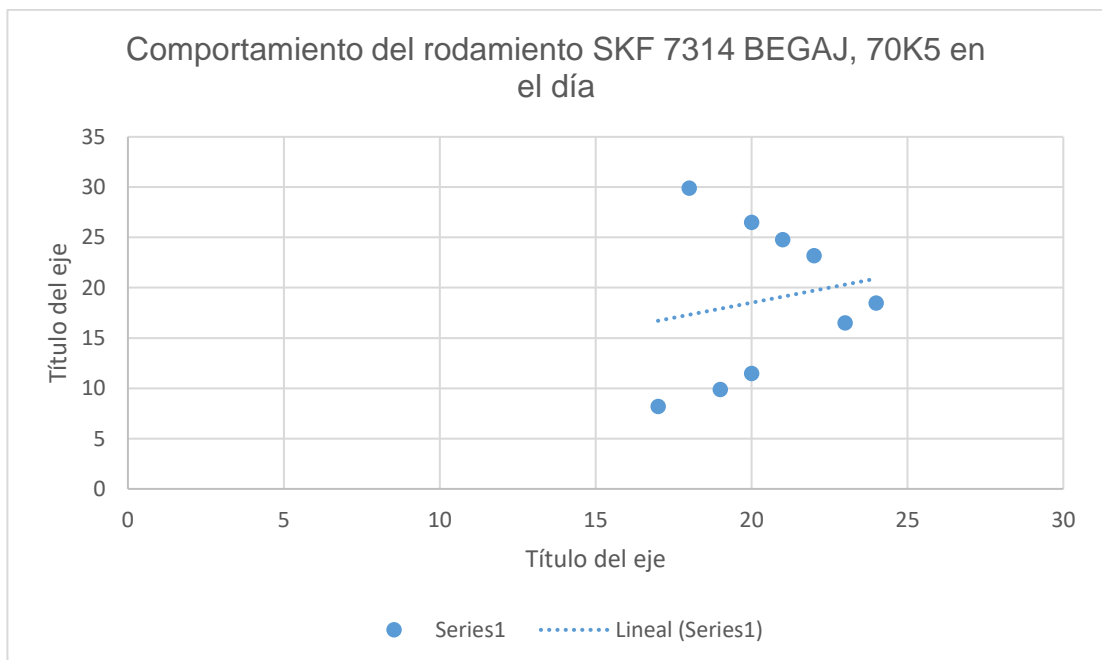


Figura 14. Ecuación del comportamiento del rodamiento SKF 7314 BEGAJ 70 K5 en el día

Turno	Día (8:00 am a 7:00 pm)
Ajuste	70K5
Ecuación	$To = 0.5844 x Te + 6.8349$
Coefficiente de correlación	$r = 0.001199$
coeficiente de determinación	$R^2 = 0.031$

Fuente: Propia

Para el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5 en la noche:

<i>Temp. °C</i>	<i>Tolerancia</i>	x^2	y^2	xy
x	y			
18	7.3	324.00	53.29	131.4
17	8.2	289.00	67.24	139.4
16	9.9	256.00	98.01	158.4
15.5	10.8	240.25	116.64	167.4
15	11.5	225.00	132.25	172.5
14.3	6.5	204.49	42.25	92.95
14	6.5	196.00	42.25	91.00
12.5	6.5	156.25	42.25	81.25
12	6.5	144.00	42.25	78.00
$\sum x = 134.3$	$\sum y = 73.7$	$\sum x^2 = 2034.99$	$\sum y^2 = 636.43$	$\sum xy = 1112.3$

Fuente: Propia

Entonces hallando el valor promedio de temperatura:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{134.3}{9}$$

$$\therefore \bar{x} = 14.92$$

Entonces hallando el valor promedio de tolerancia:

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$
$$\bar{y} = \frac{73.7}{9}$$
$$\therefore \bar{y} = 8.19$$

Entonces:

$$Y = A + BX$$

Hallando B:

$$B = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$
$$B = \frac{1112.3 - (9)(14.92)(8.19)}{2034.99 - (9)(14.92)^2}$$
$$B = \frac{12.5468}{31.5324}$$
$$\therefore B = 0.3979$$

Hallando A:

$$A = \bar{y} - B\bar{x}$$
$$A = 8.19 - (0.3979)(14.92)$$
$$\therefore A = 2.2533$$

Entonces la ecuación tomando en cuenta las tolerancias (T_o) a distintas temperaturas (T_e), teniendo para ello un ajuste de 70K5 es:

$$T_o = 0.3979 x T_e + 2.2533$$

Hallando el coeficiente de correlación:

$$r = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{(\sum x^2 - n\bar{x}^2)(\sum y^2 - n\bar{y}^2)}$$
$$r = \frac{1112.3 - (9)(14.92)(8.19)}{(2034.99 - (9)(14.92)^2)(636.43 - (9)(8.19^2))}$$
$$r = \frac{12.5468}{(31.5324)(32.7451)}$$
$$\therefore r = 0.0122$$

Hallando el coeficiente de determinación:

$$R^2 = \frac{B(\sum xy - n\bar{x}\bar{y})}{\sum y^2 - n\bar{y}^2}$$

$$R^2 = \frac{(0.3979)(12.5468)}{32.7451}$$

$$R^2 = 0.1525$$

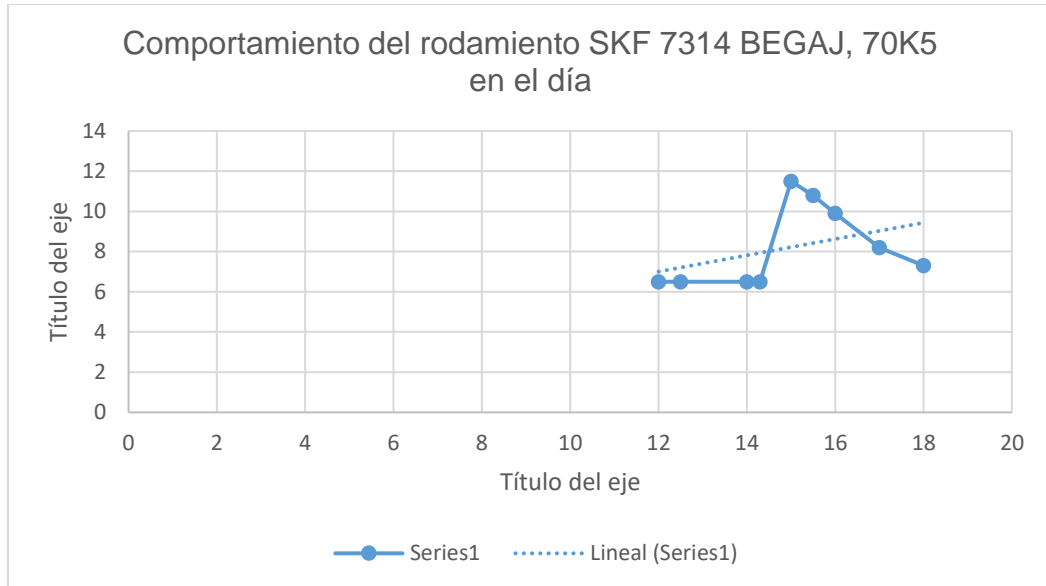


Figura 15, Ecuación del comportamiento del rodamiento SKF 7314 BEGAJ 70 K5 en la noche. Fuente: Propia

Turno	Noche (8:00 pm a 5:00 am)
Ajuste	70K5
Ecuación	$T_o = 0.3979 x T_e + 2.2533$
Coefficiente de correlación	$r = 0.0122$
coeficiente de determinación	$R^2 = 0.1525$

Fuente: Propia

V. DISCUSIÓN

En el análisis realizado al presente trabajo de investigación se observan distintas variaciones del diámetro del eje metalizado a medida que el eje queda expuesta a temperatura ambiente, estas variaciones se logran apreciar al cambio de temperatura en el lapso de 1 hora siendo que por grado de temperatura variado en una hora el diámetro del eje metalizado tiene una variación de 0.0017 mm, teniendo que por cada 3 grados de variación el diámetro cambia en 0.005 mm encontrándose variaciones máximas de hasta 0.02 mm en un cambio de 12 grados de temperatura. En tal sentido se manifiesta el apoyo al investigador esto debido a que en su trabajo de investigación llamado “Reparación de un Eje de Motor Eléctrico Mediante un Proceso de Metalización”, realizado por (MOREANO, 2015). Nos manifiesta que por la acción del trabajo continuo el que están sometidos los diferentes elementos de máquinas, en los distintos procesos industriales, estos se desgastan, y se deterioran, perdiendo su capacidad para cumplir eficientemente su trabajo la cual tuvo como objetivo de investigación desarrollar procesos para recuperar las piezas desgastadas y prolongar la vida útil de las mismas observando que los ejes metalizados sufren variaciones en sus diámetros a medida que la temperatura va cambiando estableciendo una relación por cada grado de temperatura ya sea en aumento o en descenso siendo la variación por grado igual a 0.0025 mm, encontrando variaciones máximas hasta de 0.0234 mm.

El proceso de recuperación de ejes mediante el proceso de metalizado se realiza con el objetivo de aumentar la vida útil del eje en recuperación y determinar en cuanto este puede ser recuperado de acuerdo al desgaste que este ha tenido debido al trabajo realizado para el presente trabajo de investigación no solo se ha recuperado el eje del motor eléctrico sino que también se le otorga el ajuste necesario para que este trabaje perfectamente con el rodamiento seleccionado para lo cual tenemos que para el rodamiento SKF NU 310, 40K5, para el eje de un motor eléctrico sin recuperación por metalizado de diámetro de 40 mm se tiene que la tolerancia de +0.013 mm como límite superior y +0.002 mm como límite inferior teniendo como recuperación final 0.0075 mm esto adicional a los 40 mm de diámetro del eje original teniendo para ello un diámetro final del eje metalizado de 40.0075 mm. Para el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, para el eje de un motor

eléctrico sin recuperación por metalizado de diámetro de 70 mm se tiene que la tolerancia de +0.015 mm como límite superior y +0.002 mm como límite inferior teniendo como recuperación final 0.0085 mm, teniendo como diámetro final 70.0085 mm, para lo cual se observa que para un diámetro inicial de 40.0075 mm, se evidencia que a 17°C el eje de diámetro inicial de 40.0075 mm en el lapso de 1 hora este ha variado a 40.0058 mm teniendo para ello una variación de 0.0017 mm. Para 20°C este varia en un total de 0.005 mm teniendo como diámetro inicial 40.0075 mm y un diámetro final de 40.0025 mm, En el turno tarde en el horario de 1:00 pm a 7:00 pm se evidencia que entre la 1:00 y las 2:00 pm el eje que contaba con un diámetro inicial de 40.0075 mm a variado en 0.0159 mm teniendo como diámetro final 39.9916 mm, entre las 4:00 pm a 5:00 pm con una temperatura de 20°C y habiendo ya pasado un total de 12 horas de haber realizado el metalizado del eje FLYGHT 2400 de un motor eléctrico este muestra una variación de 0.02 mm teniendo para ello un diámetro final de 39.9841 mm con respecto al diámetro inicial del eje metalizado y por la noche se evidencia que a una temperatura de 18°C el eje del motor que tuvo un diámetro inicial de 40.0075 mm termino con un diámetro de 40.0067 mm mostrando una variación en el diámetro de 0.00085 mm. También se observa que en lapso de tiempo desde las 8:00 pm a 12:00 de la noche la variación de temperatura es de 3°C teniendo para ello una variación del diámetro del eje metalizado de 0.005 mm con respecto al diámetro inicial. Así mismo se evidencia que si el trabajo de metalizado de un eje de motor eléctrico es trabajado entre las temperaturas de 14°C a 12°C, esta variación de diámetro es nula manteniendo el diámetro inicial de acabado de 40.0075 mm, en comparación por lo descrito por (GARCIA, 2013), en su trabajo de investigación llamada *“Evaluación de la Tecnología de recuperación del eje de mando de la caja de velocidad del camión ZIL 131 mediante procedimientos de metalizado”*, manifiesta como resultados que los espesores de desgaste a recuperar son inferiores a 0,05 mm, mientras que los espesores de desgaste que justifican la aplicación de ese proceso deben ser superiores a 1.0 mm y en casos particulares solo hasta 0,5 mm como mínimo y esto varía de acuerdo a la selección del rodamiento con la que va a trabajar dicho eje teniendo en cuenta el ajuste del rodamiento seleccionado y la tolerancia permita para este. Y por otro lado (ARMAS, 2019) en su tesis llamada *“Proceso de Metalizado por arco eléctrico para analizar influencia de mantenimiento*

de motores eléctricos en Empresas Ipsycom Ingenieros SAC - Cajamarca”, tuvo como objetivo de investigación la implementación de un proceso de metalizado por arco eléctrico para el mantenimiento de tapas y ejes de motores eléctricos en la empresa Ipsycom Ingenieros SAC, siendo este un estudio No experimental del tipo Aplicada. Se concluyó en que la evaluación con respecto a los diámetros iniciales con las que concluyeron los trabajos de metalizados estos diámetros sufrieron cambios de hasta 4 μm , teniendo para ello ajustes de distintos rodamientos como K5 para diámetros de entre 30 mm hasta 120 mm. Las variaciones que sufren estos ejes recuperados por metalizado son debido a la exposición de altas temperaturas a medio ambiente.

VI. CONCLUSIONES

1. Se concluye que para los ejes metalizados de un motor eléctrico con un diámetro inicial de 40.0075 mm y 70.0085 mm, las variaciones del diámetro varían de acuerdo al cambio de temperatura del medio ambiente para lo que se tiene que por cada grado de temperatura el eje tiene una variación de 0.0017 mm, teniendo que por cada 3 grados de variación el diámetro de los ejes varían en 0.005 mm encontrándose variaciones máximas de hasta 0.02 mm en un cambio de 12 grados de temperatura.
2. Se concluye que para el rodamiento SKF NU 310, 40K5, se tiene una tolerancia de 11 μm y un ajuste de 0.0075 mm y para su eje de ensamblaje de diámetro igual a 40.0075 se tiene una tolerancia de 5.5 μm . Para el rodamiento SKF 7314 BEGAJ, 70K5, se tiene una tolerancia de 13 μm y un ajuste de 0.0085 mm y para su eje de ensamblaje de diámetro igual a 70.0085 se tiene una tolerancia de 6.5 μm .
3. Se manifiesta que, si el trabajo de recuperado por metalizado es realizado entre las temperaturas ambientales de 18°C y 12°C, se observa que las tolerancias que se deben tener en cuenta al ensamblar los rodamientos SKF NU 310, 40K5 y SKF 7314 BEGAJ, 70K5 no sobrepasa la tolerancia inicial que tiene el rodamiento siendo este 11 μm y 13 μm respectivamente. Así mismo se observa que si el trabajo del metalizado tiene su acabado entre las temperaturas de 14°C y 12°C, el diámetro de acabado no varía manteniendo los parámetros de diseño del eje recuperado y manteniendo los parámetros del rodamiento, ya que se estaría respetando su margen de tolerancia inicial al ajuste determinado.
4. Para la determinación de la ecuación se utilizó el instrumento estadístico de diagrama por dispersión en la cual se calcula el coeficiente de correlación y el coeficiente de determinación, las ecuaciones se determinaron por cada rodamiento dependiendo de las variaciones de temperatura en dos turnos (día y noche).

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estos mismos procedimientos para distintos diámetros teniendo en cuenta las diversidades de rodamientos que existen para lo cual existen diferentes puntos de ajustes y tolerancias a distintas temperaturas por periodos más grandes teniendo en cuenta el cambio de estaciones.
2. Se recomienda tener en cuenta la limpieza y el lugar de almacenamiento tanto del eje metalizado como de los rodamientos, ya que estos aspectos también pueden variar esto debido a que la temperatura aumenta bruscamente en lugares cerrados.
3. Se recomienda que para realizar los trabajos de recuperado por metalizado de ejes de motores eléctricos se realizan a bajas temperaturas que esta varié entre los 12 y 14 °C o encontrar un ambiente que se mantenga a esas temperaturas.
4. Se recomienda que para el uso de la herramienta estadística diagrama de dispersión se deberá tener en cuenta que los datos evaluados sean solo información primaria ya el coeficiente de correlación y el coeficiente de determinación, deben de ser números pequeños, ya que este nos refleja la bondad del ajuste de un modelo a la variable que se pretende explicar.

REFERENCIAS

- ARIAS, Fidas. 2012.** *El Proyecto de Investigación - Introducción a la Metodología Científica*. 6ta Edición. Caracas - Republica Bolivariana de Venezuela : Editorial Episteme, C.A., 2012. pág. 143. ISBN: 980 - 07 - 8529 - 9.
- ARMAS, Paquito. 2019.** *Proceso de metalizado por arco eléctrico para analizar influencia de mantenimiento de motores electricos en empresa Ipsycom Ingenieros SAC - Cajamarca*. Cajamarca : s.n., 2019. pág. 182.
- BANGUERA, José. 2015.** *Propiedades mecánicas y tribológicas de borotec aplicado por rociado térmico sobre acero para válvulas de motores diesel*. México : s.n., 2015. pág. 236.
- GACHET, Philippe. 2016.** *Ajuste y Tolerancia de Rodamientos e instalacion de los mismos en ejes de motores electricos*. Srgentina : Rodamientos SKF, 2016. pág. 14.
- GAGLIANO, Franco. 2015.** *Practicas SKF para Celulosa y Papel SKF*. Argentina : Segmento Global Celulosa y Papel SKF S.A., 2015. pág. 28.
- GARCIA, Manuel. 2015.** *Diseño de equipamiento para la cabina de metalizado de turbinas hidráulicas de CELEC*. Bolivia : s.n., 2015. pág. 253.
- GARCIA, Yoan. 2013.** *Evaluación de la tecnología de recuperación del eje de mando de la caja de velocidad del camión ZIL 131*. Santa Clara - España : s.n., 2013. pág. 234.
- HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C. & BATISTA, P. 2014.** *Metodología de la Investigación*. México : Editorial Mc Graw Hill, 2014. pág. 497.
- Montaje de Rodamientos. FAG Kugelfischer Georg Schafer AG. s.f..* España : Publicaciones FAG, s.f., pág. 114.
- MOREANO, Omar. 2015.** *Reparación de un Eje de Motor Eléctrico Mediante un Proceso de Metalización*. Guayaquil - Ecuador : s.n., 2015. pág. 130.
- OBANDO, Jesus. 2016.** *El uso de ejes mediante procesos de metalizado para mejorar la eficiencia en motores de combustión interna*. Tumbes : s.n., 2016. pág. 247.

PADILLA, Celso. 2018. *Propiedades mecánicas y tribológicas de borotec aplicado por rociado térmico sobre acero para valvulas de motores a gas oil.* España : s.n., 2018. pág. 341.

SALAZAR, Mayra. 2017. *Diseño de la estación y selección de equipamiento para la cabina de metalizado de turbinas hidraulicas de CELEC EP - HIDROAGOYAN.* Ambato - Ecuador : s.n., 2017. pág. 234.

SAUCEDO, Paquito. 2019. *Proceso de metalizado para analizar influencia de mantenimiento de motores eléctricos .* Cajamarca : s.n., 2019. pág. 92.

TORRES, emilio. 2014. *Diseño de equipamiento para mejorar el sistema de ejes metalizados en motores eléctricos.* Arequipa : s.n., 2014. pág. 248.

VALDIVIA, Jesus. 2015. *Sistemas mecanizados en motores eléctricos y su aplicación a la ingeniería.* Tumbes : s.n., 2015. pág. 235.

VILLALOBOS, Osmer. 2019. *ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL EJE DE ACCIONAMIENTO DE UNA TRITURADORA DE IMPACTO DE EJE HORIZONTAL A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE FALLA POR FATIGA.* Chiclayo : s.n., 2019. pág. 103.

ANEXOS

Anexo 01: matriz de operacionalización de variables,

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	UNIDAD DE MEDICIÓN
<p><u>Variable Independiente:</u></p> <p>Efecto de la temperatura del medio ambiente.</p>	<p>Procedimiento por el cual el medio ambiente causa efectos de calentamiento y cambios de forma en materiales de un determinado proceso de manufactura.</p>	<p>Los efectos que produce el medio ambiente en los procedimientos de manufactura son esencialmente en los procedimientos de ajuste y tolerancia de elementos rodantes.</p>	<p>➤ Registro de temperaturas de trabajo.</p>	<p>C°/K</p>
<p><u>Variable Dependiente:</u></p> <p>Ajuste y Tolerancias de rodamientos en ejes metalizados de motores eléctricos.</p>	<p>Son parámetros estándares que rigen el correcto acople entre 2 piezas que permitan el correcto funcionamiento de elementos mecánicos.</p>	<p>Los ajustes y tolerancias son los procedimientos de fijación según normativa en elementos mecánicos que trabajan expuestas a fuerzas externas. .</p>	<p>➤ Ajustes Fabricante ➤ Tolerancias Fabricante</p>	<p>Sistemas ISO según según</p>

Anexo 03: tolerancia de los ejes.

7.3 Tolerancias de los ejes

Medida nominal del eje	más de hasta	Medidas en mm												
		3	6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180
		6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180	200

Agujero del rodamiento Diferencia Δ_{dmp}	Valores de la tolerancia en μm (tolerancia normal)													
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-8	-8	-8	-10	-12	-15	-15	-20	-20	-25	-25	-25	-30	

Esquema del ajuste Eje Rodamiento	Tolerancia del eje en μm													
	-20	-25	-32	-40	-50	-60	-60	-72	-72	-85	-83	-85	-100	
e 7	-32	-40	-50	-61	-75	-90	-90	-107	-107	-125	-125	-125	-146	
e 8	-38	-47	-59	-73	-89	-106	-106	-126	-126	-148	-148	-148	-172	
f 6	-18	-22	-27	-33	-41	-49	-49	-58	-58	-68	-68	-68	-79	
f 7	-22	-28	-34	-41	-50	-60	-60	-71	-71	-83	-83	-83	-96	
g 5	-9	-11	-14	-16	-20	-23	-23	-27	-27	-32	-32	-32	-35	
g 6	-12	-14	-17	-20	-25	-29	-29	-34	-34	-39	-39	-39	-44	
h 5	-5	-6	-8	-9	-11	-13	-13	-15	-15	-18	-18	-18	-20	
h 6	-8	-9	-11	-13	-16	-19	-19	-22	-22	-25	-25	-25	-29	
j 5	-2	-2	-3	-4	-5	-7	-7	-9	-9	-11	-11	-11	-13	
j 6	-2	-2	-3	-4	-5	-7	-7	-9	-9	-11	-11	-11	-13	
js 3	-1,25	-1,25	-1,5	-2	-2	-2,5	-2,5	-3	-3	-4	-4	-4	-5	
js 4	-2	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4	-5	-5	-6	-6	-6	-7	
js 5	-2,5	-3	-4	-4,5	-5,5	-6,5	-6,5	-7,5	-7,5	-9	-9	-9	-10	
js 6	-4	-4,5	-5,5	-6,5	-8	-9,5	-9,5	-11	-11	-12,5	-12,5	-12,5	-14,5	
k 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
k 4	+1	+1	+1	+2	+2	+2	+2	+3	+3	+3	+3	+3	+4	
k 5	+1	+1	+1	+2	+2	+2	+2	+3	+3	+3	+3	+3	+4	
k 6	+1	+1	+1	+2	+2	+2	+2	+3	+3	+3	+3	+3	+4	

Fuente: Manual montaje de rodamientos FAG – España, 2017.

200	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120
225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-30	-30	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-50	-50	-75	-75	-100	-100	-125	-125

-100	-100	-110	-110	-125	-125	-135	-135	-145	-145	-160	-160	-170	-170	-195	-195
-146	-146	-162	-162	-182	-182	-198	-198	-215	-215	-240	-240	-260	-260	-300	-300
-100	-100	-110	-110	-125	-125	-135	-135	-145	-145	-160	-160	-170	-170	-195	-195
-172	-172	-191	-191	-214	-214	-232	-232	-255	-255	-285	-285	-310	-310	-360	-360
-50	-50	-56	-56	-62	-62	-68	-68	-76	-76	-80	-80	-86	-86	-98	-98
-79	-79	-88	-88	-98	-98	-108	-108	-120	-120	-130	-130	-142	-142	-164	-164
-50	-50	-56	-56	-62	-62	-68	-68	-76	-76	-80	-80	-86	-86	-98	-98
-96	-96	-108	-108	-119	-119	-131	-131	-146	-146	-160	-160	-176	-176	-203	-203
-15	-15	-17	-17	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-24	-24	-26	-26	-28	-28
-35	-35	-40	-40	-43	-43	-47	-47	-51	-51	-56	-56	-62	-62	-70	-70
-15	-15	-17	-17	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-24	-24	-26	-26	-28	-28
-44	-44	-49	-49	-54	-54	-60	-60	-66	-66	-74	-74	-82	-82	-94	-94
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-20	-20	-23	-23	-25	-25	-27	-27	-29	-29	-32	-32	-36	-36	-42	-42
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-29	-29	-32	-32	-36	-36	-40	-40	-44	-44	-50	-50	-56	-56	-66	-66
+7	+7	+7	+7	+7	+7	+7	+7								
-13	-13	-16	-16	-18	-18	-20	-20								
+16	+16	+16	+16	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+25	+25	+28	+28	+33	+33
-13	-13	-16	-16	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-25	-25	-28	-28	-33	-33
+5	+5	+6	+6	+6,5	+6,5	+7,5	+7,5								
-5	-5	-6	-6	-6,5	-6,5	-7,5	-7,5								
+7	+7	+8	+8	+9	+9	+10	+10								
-7	-7	-8	-8	-9	-9	-10	-10								
+10	+10	+11,5	+11,5	+12,5	+12,5	+13,5	+13,5	+14,5	+14,5	+16	+16	+18	+18	+21	+21
-10	-10	-11,5	-11,5	-12,5	-12,5	-13,5	-13,5	-14,5	-14,5	-16	-16	-18	-18	-21	-21
+14,5	+14,5	+16	+16	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+25	+25	+28	+28	+33	+33
-14,5	-14,5	-16	-16	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-25	-25	-28	-28	-33	-33
+10	+10	+12	+12	+13	+13	+15	+15								
0	0	0	0	0	0	0	0								
+18	+18	+20	+20	+22	+22	+25	+25								
+4	+4	+4	+4	+4	+4	+5	+5								
+24	+24	+27	+27	+29	+29	+32	+32	+29	+29	+32	+32	+36	+36	+42	+42
+4	+4	+4	+4	+4	+4	+5	+5	0	0	0	0	0	0	0	0
+33	+33	+36	+36	+40	+40	+45	+45	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66
+4	+4	+4	+4	+4	+4	+5	+5	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0	+0

Fuente: Manual montaje de rodamientos FAG – España, 2017.

7.3 Tolerancias de los ejes (continuación)

Medida nominal del eje	más de hasta	Medidas en mm											
		3	6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160

Agujero del rodamiento Diferencia Δ_{dmp}	Valores de tolerancia en μm (tolerancia normal)												
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Esquema del ajuste Eje Rodamiento	Tolerancia del eje en μm												
	3	6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180
m 5	+9 +4	+12 +6	+15 +7	+17 +8	+20 +9	+24 +11	+24 +11	+28 +13	+28 +13	+33 +15	+33 +15	+33 +15	+37 +17
m 6	+12 +4	+15 +6	+18 +7	+21 +8	+25 +9	+30 +11	+30 +11	+35 +13	+35 +13	+40 +15	+40 +15	+40 +15	+46 +17
n 5	+13 +8	+16 +10	+20 +12	+24 +15	+28 +17	+33 +20	+33 +20	+38 +23	+38 +23	+45 +27	+45 +27	+45 +27	+51 +31
n 6	+16 +8	+19 +10	+23 +12	+28 +15	+33 +17	+39 +20	+39 +20	+45 +23	+45 +23	+52 +27	+52 +27	+52 +27	+60 +31
p 6	+20 +12	+24 +15	+29 +18	+35 +22	+42 +26	+51 +32	+51 +32	+59 +37	+59 +37	+68 +43	+68 +43	+68 +43	+79 +50
p 7	+24 +12	+30 +15	+36 +18	+43 +22	+51 +26	+62 +32	+62 +32	+72 +37	+72 +37	+83 +43	+83 +43	+83 +43	+96 +50
r 6	+23 +15	+28 +19	+34 +23	+41 +28	+50 +34	+60 +41	+62 +43	+73 +51	+76 +54	+88 +63	+90 +65	+93 +68	+106 +77
r 7	+27 +15	+34 +19	+41 +23	+49 +28	+59 +34	+71 +41	+73 +43	+86 +51	+89 +54	+103 +63	+105 +65	+108 +68	+123 +77
s 6	+27 +19	+32 +23	+39 +28	+48 +35	+59 +43	+72 +53	+78 +59	+93 +71	+101 +79	+117 +92	+125 +100	+133 +108	+151 +122
s 7	+31 +19	+38 +23	+46 +28	+56 +35	+68 +43	+83 +53	+89 +59	+106 +71	+114 +79	+132 +92	+140 +100	+148 +108	+168 +122

Tolerancias de los ejes para manguitos de desmontaje y montaje en μm

$h7/IT5$	0 -12 2,5	0 -15 3	0 -18 4	0 -21 4,5	0 -25 5,5	0 -30 6,5	0 -30 6,5	0 -35 7,5	0 -35 7,5	0 -40 9	0 -40 9	0 -40 9	0 -46 10
$h8/IT5$	0 -18 2,5	0 -22 3	0 -27 4	0 -33 4,5	0 -39 5,5	0 -46 6,5	0 -46 6,5	0 -54 7,5	0 -54 7,5	0 -63 9	0 -63 9	0 -63 9	0 -72 10
$h9/IT6$	0 -30 4	0 -36 4,5	0 -43 5,5	0 -52 6,5	0 -62 8	0 -74 9,5	0 -74 9,5	0 -87 11	0 -87 11	0 -100 12,5	0 -100 12,5	0 -100 12,5	0 -115 14,5
$h10/IT7$	0 -48 6	0 -58 7,5	0 -70 9	0 -84 10,5	0 -100 12,5	0 -120 15	0 -120 15	0 -140 17,5	0 -140 17,5	0 -160 20	0 -160 20	0 -160 20	0 -185 23

La tolerancia para las formas cilíndricas (números azules) se refiere al radio (DIN ISO 1101).
Al medir el diámetro de eje han de duplicarse los valores de las tolerancias.
Para la construcción general de máquinas procurar los valores según h7, respectivamente h8.

Fuente: Manual montaje de rodamientos FAG – España, 2017.

200	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120
225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-30	-30	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-50	-50	-75	-75	-100	-100	-125	-125

+37	+37	+43	+43	+46	+46	+50	+50	+55	+55	+62	+62	+70	+70	+82	+82
+17	+17	+20	+20	+21	+21	+23	+23	+26	+26	+30	+30	+34	+34	+40	+40
+46	+46	+52	+52	+57	+57	+63	+63	+70	+70	+80	+80	+90	+90	+106	+106
+17	+17	+20	+20	+21	+21	+23	+23	+26	+26	+30	+30	+34	+34	+40	+40
+51	+51	+57	+57	+62	+62	+67	+67	+73	+73	+82	+82	+92	+92	+108	+108
+31	+31	+34	+34	+37	+37	+40	+40	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66
+60	+60	+66	+66	+73	+73	+80	+80	+88	+88	+100	+100	+112	+112	+132	+132
+31	+31	+34	+34	+37	+37	+40	+40	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66
+79	+79	+88	+88	+98	+98	+108	+108	+122	+122	+138	+138	+156	+156	+186	+186
+50	+50	+56	+56	+62	+62	+68	+68	+78	+78	+88	+88	+100	+100	+120	+120
+96	+96	+108	+108	+119	+119	+131	+131	+148	+148	+168	+168	+190	+190	+225	+225
+50	+50	+56	+56	+62	+62	+68	+68	+78	+78	+88	+88	+100	+100	+120	+120
+109	+113	+126	+130	+144	+150	+166	+172	+194	+199	+225	+235	+266	+276	+316	+326
+80	+84	+94	+98	+108	+114	+126	+132	+150	+155	+175	+185	+210	+220	+250	+260
+126	+130	+146	+150	+165	+171	+189	+195	+220	+225	+255	+265	+300	+310	+355	+365
+80	+84	+94	+98	+108	+114	+126	+132	+150	+155	+175	+185	+210	+220	+250	+260
+159	+169	+190	+202	+226	+244	+272	+292	+324	+354	+390	+430	+486	+526	+586	+646
+130	+140	+158	+170	+190	+208	+232	+252	+280	+310	+340	+380	+430	+470	+520	+580
+176	+186	+210	+222	+247	+265	+295	+315	+350	+380	+420	+460	+520	+560	+625	+685
+130	+140	+158	+170	+190	+208	+232	+252	+280	+310	+340	+380	+430	+470	+520	+580

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-46	-46	-52	-52	-57	-57	-63	-63	-70	-70	-80	-80	-90	-90	-105	-105
10	10	11,5	11,5	12,5	12,5	13,5	13,5	14,5	14,5	16	16	18	18	21	21
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-72	-72	-81	-81	-89	-89	-97	-97	-110	-110	-125	-125	-140	-140	-165	-165
10	10	11,5	11,5	12,5	12,5	13,5	13,5	14,5	14,5	16	16	18	18	21	21
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-115	-115	-130	-130	-140	-140	-155	-155	-175	-175	-200	-200	-230	-230	-260	-260
14,5	14,5	16	16	18	18	20	20	22	22	25	25	28	28	33	33
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-185	-185	-210	-210	-230	-230	-250	-250	-280	-280	-320	-320	-360	-360	-420	-420
23	23	26	26	28,5	28,5	31,5	31,5	35	35	40	40	45	45	52,5	52,5

Fuente: Manual montaje de rodamientos FAG – España, 2017.

Anexo 04: tolerancia de los alojamientos.

7.4 Tolerancias de los alojamientos

		Medidas en mm												
Medida nominal del diámetro del alojamiento hasta	más de	6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180	200
		10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225
Diámetro exterior del rodamiento		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diferencia Δ_{Dep}		-8	-8	-9	-11	-13	-13	-15	-15	-18	-18	-25	-30	-30

Esquema del ajuste		Valores de tolerancia en μm (tolerancia normal)												
Alojamiento	Rodamiento	Tolerancia del alojamiento en μm												
D 10		+98 +40	+120 +50	+149 +65	+180 +80	+220 +100	+220 +100	+260 +120	+260 +120	+305 +145	+305 +145	+305 +145	+355 +170	+355 +170
E 8		+47 +25	+59 +32	+73 +40	+89 +50	+106 +60	+106 +60	+126 +72	+126 +72	+148 +85	+148 +85	+148 +85	+172 +100	+172 +100
F 7		+28 +13	+34 +16	+41 +20	+50 +25	+60 +30	+60 +30	+71 +36	+71 +36	+83 +43	+83 +43	+83 +43	+96 +50	+96 +50
G 6		+14 +5	+17 +6	+20 +7	+25 +9	+29 +10	+29 +10	+34 +12	+34 +12	+39 +14	+39 +14	+39 +14	+44 +15	+44 +15
G 7		+20 +5	+24 +6	+28 +7	+34 +9	+40 +10	+40 +10	+47 +12	+47 +12	+54 +14	+54 +14	+54 +14	+61 +15	+61 +15
H 5		+6 0	+8 0	+9 0	+11 0	+13 0	+13 0	+15 0	+15 0	+18 0	+18 0	+18 0	+20 0	+20 0
H 6		+9 0	+11 0	+13 0	+16 0	+19 0	+19 0	+22 0	+22 0	+25 0	+25 0	+25 0	+29 0	+29 0
H 7		+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+30 0	+35 0	+35 0	+40 0	+40 0	+40 0	+46 0	+46 0
H 8		+22 0	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0	+46 0	+54 0	+54 0	+63 0	+63 0	+63 0	+72 0	+72 0
J 6		+5 -4	+6 -5	+8 -5	+10 -6	+13 -6	+13 -6	+16 -6	+16 -6	+18 -7	+18 -7	+18 -7	+22 -7	+22 -7
J 7		+8 -7	+10 -8	+12 -9	+14 -11	+18 -12	+18 -12	+22 -13	+22 -13	+26 -14	+26 -14	+26 -14	+30 -16	+30 -16
JS 4		+2 -2	+2,5 -2,5	+3 -3	+3,5 -3,5	+4 -4	+4 -4	+5 -5	+5 -5	+6 -6	+6 -6	+6 -6	+7 -7	+7 -7
JS 5		+3 -3	+4 -4	+4,5 -4,5	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5	+6,5 -6,5	+7,5 -7,5	+7,5 -7,5	+9 -9	+9 -9	+9 -9	+10 -10	+10 -10
JS 6		+4,5 -4,5	+5,5 -5,5	+6,5 -6,5	+8 -8	+9,5 -9,5	+9,5 -9,5	+11 -11	+11 -11	+12,5 -12,5	+12,5 -12,5	+12,5 -12,5	+14,5 -14,5	+14,5 -14,5
JS 7		+7,5 -7,5	+9 -9	+10,5 -10,5	+12,5 -12,5	+15 -15	+15 -15	+17,5 -17,5	+17,5 -17,5	+20 -20	+20 -20	+20 -20	+23 -23	+23 -23
K 4		+0,5 -3,5	+1 -4	0 -6	+1 -6	+1 -7	+1 -7	+1 -9	+1 -9	+1 -11	+1 -11	+1 -11	0 -14	0 -14
K 5		+1 -5	+2 -6	+1 -8	+2 -9	+3 -10	+3 -10	+2 -13	+2 -13	+3 -15	+3 -15	+3 -15	+2 -18	+2 -18
K 6		+2 -7	+2 -9	+2 -11	+3 -13	+4 -15	+4 -15	+4 -18	+4 -18	+4 -21	+4 -21	+4 -21	+5 -24	+5 -24

Fuente: Manual montaje de rodamientos FAG – España, 2017.

225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250
250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-30	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-50	-50	-75	-75	-100	-100	-125	-125	-160

+355	+400	+400	+440	+440	+480	+480	+540	+540	+610	+610	+680	+680	+770	+770	+890
+170	+190	+190	+210	+210	+230	+230	+260	+260	+290	+290	+320	+320	+350	+350	+390
+172	+191	+191	+214	+214	+232	+232	+255	+255	+285	+285	+310	+310	+360	+360	+415
+100	+110	+110	+125	+125	+135	+135	+145	+145	+160	+160	+170	+170	+195	+195	+220
+96	+108	+108	+119	+119	+131	+131	+144	+144	+160	+160	+176	+176	+203	+203	+235
+50	+56	+56	+62	+62	+68	+68	+76	+76	+80	+80	+86	+86	+98	+98	+110
+44	+49	+49	+54	+54	+60	+60	+66	+66	+74	+74	+82	+82	+94	+94	+108
+15	+17	+17	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+24	+24	+26	+26	+28	+28	+30
+61	+69	+69	+75	+75	+83	+83	+92	+92	+104	+104	+116	+116	+133	+133	+155
+15	+17	+17	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+24	+24	+26	+26	+28	+28	+30
+20	+23	+23	+25	+25	+27	+27									
0	0	0	0	0	0	0									
+29	+32	+32	+36	+36	+40	+40	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66	+78
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+46	+52	+52	+57	+57	+63	+63	+70	+70	+80	+80	+90	+90	+105	+105	+125
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+72	+81	+81	+89	+89	+97	+97	+110	+110	+125	+125	+140	+140	+165	+165	+195
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+22	+25	+25	+29	+29	+33	+33									
-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7									
+30	+36	+36	+39	+39	+43	+43									
-16	-16	-16	-18	-18	-20	-20									
+7	+8	+8	+9	+9	+10	+10									
-7	-8	-8	-9	-9	-10	-10									
+10	+11,5	+11,5	+12,5	+12,5	+13,5	+13,5									
-10	-11,5	-11,5	-12,5	-12,5	-13,5	-13,5									
+14,5	+16	+16	+18	+18	+20	+20	+22	+22	+25	+25	+28	+28	+33	+33	+39
-14,5	-16	-16	-18	-18	-20	-20	-22	-22	-25	-25	-28	-28	-33	-33	-39
+23	+26	+26	+28,5	+28,5	+31,5	+31,5	+35	+35	+40	+40	+45	+45	+52	+52	+62
-23	-26	-26	-28,5	-28,5	-31,5	-31,5	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-52	-52	-62
0	0	0	0	0	0	0									
-14	-16	-16	-17	-17	-20	-20									
+2	+3	+3	+3	+3	+2	+2									
-18	-20	-20	-22	-22	-25	-25									
+5	+5	+5	+7	+7	+8	+8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-24	-27	-27	-29	-29	-32	-32	-44	-44	-50	-50	-56	-56	-66	-66	-78

Fuente: Manual montaje de rodamientos FAG – España, 2017.

7.4 Tolerancias de los alojamientos (continuación)

		Medidas en mm													
Medida nominal del diámetro del alojamiento	más de hasta	6	10	18	30	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225

		Valores de tolerancia en μm (tolerancia normal)													
Diámetro exterior del rodamiento	Diferencia Δ_{Dmp}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Esquema del ajuste	Alojamiento	Rodamiento	Tolerancia del alojamiento en μm													
			+5	+6	+6	+7	+9	+9	+10	+10	+12	+12	+12	+13	+13	
	K 7		+5 -10	+6 -12	+6 -15	+7 -18	+9 -21	+9 -21	+10 -25	+10 -25	+12 -26	+12 -26	+12 -26	+13 -33	+13 -33	
	M 6		-3 -12	-4 -15	-4 -17	-4 -20	-5 -24	-5 -24	-6 -28	-6 -28	-6 -33	-6 -33	-6 -33	-6 -37	-6 -37	
	M 7		0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -30	0 -35	0 -35	0 -40	0 -40	0 -40	0 -46	0 -46	
	N 6		-7 -16	-9 -20	-11 -24	-12 -28	-14 -33	-14 -33	-16 -38	-16 -38	-20 -45	-20 -45	-20 -45	-22 -51	-22 -51	
	N 7		-4 -19	-5 -23	-7 -28	-8 -33	-9 -39	-9 -39	-10 -45	-10 -45	-12 -52	-12 -52	-12 -52	-14 -60	-14 -60	
	P 6		-12 -21	-15 -26	-18 -31	-21 -37	-26 -45	-26 -45	-30 -52	-30 -52	-36 -61	-36 -61	-36 -61	-41 -70	-41 -70	
	P 7		-9 -24	-11 -29	-14 -35	-17 -42	-21 -51	-21 -51	-24 -59	-24 -59	-28 -68	-28 -68	-28 -68	-33 -79	-33 -79	
	R 6		-16 -25	-20 -31	-24 -37	-29 -45	-35 -54	-37 -56	-44 -66	-47 -69	-56 -81	-58 -83	-61 -86	-68 -97	-71 -100	
	S 6		-20 -29	-25 -36	-31 -44	-38 -54	-47 -66	-53 -72	-64 -86	-72 -94	-85 -110	-93 -118	-101 -126	-113 -142	-121 -150	

225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-30	-35	-35	-40	-40	-45	-45	-50	-50	-75	-75	-100	-100	-125	-125	-160	

+13	+16	+16	+17	+17	+18	+18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-33	-36	-36	-40	-40	-45	-45	-70	-70	-80	-80	-90	-90	-105	-105	-125	
-8	-9	-9	-10	-10	-10	-10	-26	-26	-30	-30	-34	-34	-40	-40	-48	
-37	-41	-41	-46	-46	-50	-50	-70	-70	-80	-80	-90	-90	-106	-106	-126	
0	0	0	0	0	0	0										
-46	-52	-52	-57	-57	-63	-63										
-22	-25	-25	-26	-26	-27	-27	-44	-44	-50	-50	-56	-56	-66	-66	-78	
-51	-57	-57	-62	-62	-67	-67	-88	-88	-100	-100	-112	-112	-132	-132	-156	
-14	-14	-14	-16	-16	-17	-17										
-60	-66	-66	-73	-73	-80	-80										
-41	-47	-47	-51	-51	-55	-55	-78	-78	-88	-88	-100	-100	-120	-120	-140	
-70	-79	-79	-87	-87	-95	-95	-122	-122	-138	-138	-156	-156	-186	-186	-218	
-33	-36	-36	-41	-41	-45	-45	-78	-78	-88	-88	-100	-100	-120	-120	-140	
-79	-88	-88	-98	-98	-108	-108	-148	-148	-168	-168	-190	-190	-225	-225	-265	
-75	-85	-89	-97	-103	-113	-119	-150	-155	-175	-185	-210	-220	-250	-260	-300	
-104	-117	-121	-133	-139	-153	-159	-194	-199	-225	-235	-266	-276	-316	-326	-378	
-131	-149	-161	-179	-197	-219	-239										
-160	-181	-193	-215	-233	-259	-279										

Fuente: Manual montaje de rodamientos FAG – España, 2017.

Anexo 05: tolerancia para rodamientos radiales de bolas y de rodillos para ejes

PARA EJES								
DIÁMETROS NOMINALES d	j5		k5		m5		n5	
	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior
3 a 6	+ 0,001	- 0,001	—	—	—	—	—	—
6 a 10	+ 0,004	- 0,002	—	—	—	—	—	—
10 a 18	+ 0,005	- 0,003	—	—	—	—	—	—
18 a 30	—	—	+ 0,011	+ 0,002	—	—	—	—
30 a 50	—	—	+ 0,013	+ 0,002	+ 0,020	+ 0,008	—	—
50 a 80	—	—	+ 0,015	+ 0,002	+ 0,024	+ 0,011	+ 0,033	+ 0,020
80 a 120	—	—	+ 0,018	+ 0,003	+ 0,028	+ 0,013	+ 0,038	+ 0,023
120 a 180	—	—	+ 0,021	+ 0,003	+ 0,033	+ 0,015	+ 0,045	+ 0,027
180 a 250	—	—	—	—	+ 0,037	+ 0,017	+ 0,051	+ 0,031
250 a 315	—	—	—	—	+0.043	+0.020	+0.057	+0.034
315 a 400	—	—	—	—	+0.046	+0.021	+0.062	+0.037
I.S.A.	Pequeñas cargas				Cargas normales		Cargas muy fuertes	
	El rodamiento puede montarse sobre el eje sin calentarlo previamente				El rodamiento se calienta en aceite a 70° C antes de montarlo		El rodamiento se calienta en aceite a 70° C antes de montarlo	

Fuente: Manual de Tolerancias y Ajustes Ternium, 2018.