



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE DENSIDAD DE
PROBABILIDADES DEL INTERVALO P-F DEL DESGASTE DEL
RODAMIENTO 6202 Y SU VARIACIÓN EN FUNCIÓN DE LA
CARGA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES:

CRISTHIAN FERNANDO FLORES ESCOBAR

VICTOR HUGO PAGUAY GUACHILEMA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE DENSIDAD DE
PROBABILIDADES DEL INTERVALO P-F DEL DESGASTE DEL
RODAMIENTO 6202 Y SU VARIACIÓN EN FUNCIÓN DE LA
CARGA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES: CRISTHIAN FERNANDO FLORES ESCOBAR

VICTOR HUGO PAGUAY GUACHILEMA

DIRECTOR: Ing. EDUARDO SEGUNDO HERNÁNDEZ DÁVILA. MSc

Riobamba - Ecuador

2022

© 2022, Cristhian Fernando, Flores Escobar y Victor Hugo, Paguay Guachilema

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Cristhian Fernando Flores Escobar y Victor Hugo Paguay Guachilema, declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 31 de mayo del 2022






Cristhian Fernando Flores Escobar
CI: 0604551390



Victor Hugo Paguay Guachilema
CI: 1725925000

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, “**DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE DENSIDAD DE PROBABILIDADES DEL INTERVALO P-F DEL DESGASTE DEL RODAMIENTO 6202 Y SU VARIACIÓN EN FUNCIÓN DE LA CARGA**”, realizado por los señores: **CRISTHIAN FERNANDO FLORES ESCOBAR Y VICTOR HUGO PAGUAY GUACHILEMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Antonio Ordóñez Viñán PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 MARCO ANTONIO ORDONEZ VINAN _____	2022-05-31
Ing. Eduardo Segundo Hernández Dávila DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 Firmado electrónicamente por: EDUARDO SEGUNDO HERNANDEZ DAVILA _____	2022-05-31
Ing. Félix Antonio García Mora MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: FELIX ANTONIO GARCÍA MORA _____	2022-05-31

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado primordialmente a mis padres Hugo y Nelly, quienes con su paciencia, esfuerzo y apoyo incondicional me han permitido llegar a cumplir un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y responsabilidad, sin duda ese ha sido el mejor regalo que he podido recibir. A toda mi familia ya que con sus consejos y palabras de aliento lograron impulsarme a salir adelante a pesar de los duros momentos en esta etapa de mi vida.

Cristhian

El presente trabajo se lo dedico a mis padres Rosa y Héctor, que con amor y sacrificio me apoyaron desde el inicio de mi educación, ya que con su bendición a lo largo de mi vida logre culminar una etapa de mi profesión, a mis abuelitos Rosendo y Nicolasa por sus consejos, a mis hermanos Joselyn y Alexander por su apoyo incondicional para alcanzar esta gran meta, a mi sobrina Kaely la niña de mis ojos quien es el reflejo de mi hermana una de las tres mujeres que más quiero en el mundo, a mi mejor amiga Karen quien siempre estuvo apoyándome durante mis estudios.

Victor

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Carrera Mantenimiento Industrial y todo su personal docente, por brindarme la oportunidad de aprender y obtener una profesión digna. A mis padres por ser mi mayor apoyo y la razón de mi sacrificio, también a mis hermanos por darme el mejor ejemplo a seguir, a mi abuelita que jamás dejó que un consejo me falte, y finalmente al Ing. Eduardo Hernández, director del presente trabajo de integración curricular.

Cristhian

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Carrera Mantenimiento Industrial por brindarme la oportunidad de formarme como profesional, a la Dirección de Bienestar estudiantil que gracias a su gestión me permitieron culminar mi carrera, a la Dra. Rocío Rojas, quien estuvo guiándome y animándome a culminar esta profesión, a mis familiares, amigos, compañeros, docentes que me apoyaron en la culminación de esta etapa, y finalmente al Ing. Félix García, miembro del presente trabajo de integración curricular.

Victor

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xvi
RESUMEN	xvii
SUMMARY	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1. Rodamientos con elementos rodantes.....	5
1.1.1. Características de los rodamientos de bolas de ranura profunda	5
1.2. Lectura de códigos de rodamientos	6
1.2.1. Primera regla:	6
1.2.2. Segunda regla:	6
1.2.3. Tercera regla:.....	6
1.2.4. Cuarta regla:	6
1.2.5. Descifrar la serie dimensional del rodamiento	7
1.3. Juego radial interno.....	7
1.4. Clasificación ISO de modos de falla	8
1.5. Factores que causan fallas en rodamientos	9
1.5.1. Precarga excesiva o sobrecarga.....	9
1.5.2. Efecto Brinell y daños por impacto	10
1.5.3. Efecto de falla en rodamientos	11
1.5.4. Principales indicios del desgaste del rodamiento	12
1.5.4.1. Marcas o rayas oblicuas sobre la pista interna, externa o elementos rodantes	12
1.5.4.2. Micro corrosión de la pista externa	12
1.5.4.3. Pista interna deteriorada.....	12
1.5.4.4. Marcas o rayas de pequeña magnitud.....	12
1.5.4.5. Deterioro puntual de la zona de trabajo de la pista externa	12
1.5.4.6. Rotura de jaula o rejilla.....	13
1.6. Prevención de fallas en rodamientos	13

1.7.	Parámetros vibracionales utilizados para diagnosticar fallas en rodamientos.....	13
1.7.1.	<i>HFD Detección de alta frecuencia</i>	13
1.7.2.	<i>Envolverte de aceleración ENV</i>	14
1.8.	Técnicas de monitoreo de rodamientos	15
1.8.1.	<i>Análisis vibracional</i>	15
1.8.1.1.	<i>Ubicación de puntos de medición</i>	15
1.9.	Smart Trend Meter 9080.....	16
1.9.1.	<i>Ruido de rodamiento (BDU).....</i>	16
1.9.2.	<i>Aceleración total (g).....</i>	17
1.10.	Intervalo P-F	17
1.10.1.	<i>Falla potencial</i>	18
1.10.2.	<i>Falla funcional</i>	18
1.10.3.	<i>Consistencia del intervalo P-F.....</i>	19
1.11.	RCM basado en intervalo P-F.....	19
1.12.	Deslizamiento de la banda.....	20

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO.....	22
2.1.	Selección del rodamiento para determinación del intervalo P-F	22
2.2.	Cálculo de la muestra	23
2.2.1.	<i>Estimación de la desviación estándar de las mediciones de prueba realizas</i>	23
2.2.1.1.	<i>Cálculo del promedio.....</i>	24
2.2.1.2.	<i>Cálculo de la desviación estándar mediante mediciones de prueba.....</i>	24
2.2.1.3.	<i>Determinación de la muestra</i>	24
2.3.	Sistemas del banco de pruebas.....	25
2.4.	Adecuación del banco de pruebas.....	25
2.4.1.	<i>Estado actual de banco de pruebas</i>	26
2.4.1.1.	<i>Trabajos de rehabilitación.....</i>	26
2.4.1.2.	<i>Trabajos de adecuación.....</i>	28
2.5.	Procedimiento para los ensayos de los rodamientos.....	29
2.5.1.	<i>Configuración de Vib Trend</i>	29
2.5.1.1.	<i>Agregar máquinas.....</i>	29
2.5.1.2.	<i>Agregar puntos de vibración.....</i>	29
2.5.1.3.	<i>Configuración de rutas</i>	29
2.5.1.4.	<i>Descarga de rutas a un Vib Meter 330</i>	30
2.5.1.5.	<i>Carga de lecturas desde un tpi 9080.....</i>	30

2.6.	Recolección de mediciones.....	30
2.6.1.	<i>Matriz para recolección de datos</i>	30
2.6.2.	<i>Rodamiento 6202-2RS a 100N</i>	32
2.7.	Estimación del intervalo P-F	33
2.7.1.	<i>Estimación del punto de la falla potencial</i>	33
2.7.2.	<i>Determinación del punto de la falla funcional</i>	34
2.7.3.	<i>Determinación del intervalo P-F</i>	35
2.7.4.	<i>Análisis de condiciones del rodamiento en buen estado</i>	35
2.7.5.	<i>Análisis de condiciones del rodamiento en falla potencial</i>	36
2.7.6.	<i>Análisis de condiciones del rodamiento en falla funcional</i>	37
2.7.7.	<i>Inspección el rodamiento 6202 luego de la falla funcional</i>	38
2.8.	Monitoreo de la banda trapezoidal A24	40
2.8.1.	<i>Cálculo del deslizamiento</i>	40
2.8.2.	<i>Correlación de datos</i>	41

CAPÍTULO III

3.	MARCO Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	42
3.1.	Estadística descriptiva	42
3.1.1.	<i>Estadística descriptiva de las mediciones a 100N</i>	42
3.1.2.	<i>Estadística descriptiva de las mediciones a 150N</i>	42
3.1.3.	<i>Estadística descriptiva de las mediciones a 200N</i>	43
3.1.4.	<i>Estadística descriptiva de las mediciones a 250N</i>	44
3.1.5.	<i>Estadística descriptiva de las mediciones a 300N</i>	45
3.2.	Análisis de los resultados de los intervalos P-F.....	45
3.2.1.	<i>Coefficiente de variación</i>	45
3.2.2.	<i>Diagrama de cajas del intervalo P-F por cada carga</i>	46
3.3.	Prueba de distribución de los datos	47
3.3.1.	<i>Prueba de Kolmogórov-Smirnov para rodamientos con carga de 100N</i>	47
3.3.2.	<i>Prueba de Kolmogórov-Smirnov para rodamientos con carga de 150N</i>	51
3.3.3.	<i>Prueba de Kolmogórov-Smirnov para rodamientos con carga de 200N</i>	55
3.3.4.	<i>Prueba de Kolmogórov-Smirnov para rodamientos con carga de 250N</i>	59
3.3.5.	<i>Prueba de Kolmogórov-Smirnov para rodamientos con carga de 300N</i>	63
3.4.	Análisis de vida acelerada del rodamiento 6202-2RS.....	67
3.4.1.	<i>Condiciones de frontera hipotéticos del parámetro alpha</i>	67
3.4.2.	<i>Condiciones de frontera hipotéticos del parámetro beta</i>	68
3.4.3.	<i>Parámetros de Weibull de los intervalos P-F del rodamiento 6202-2RS</i>	68

3.4.4.	<i>Ajuste por mínimos cuadrados para determinar ecuaciones</i>	69
3.4.4.1.	<i>Determinación de la ecuación para Alpha por mínimos cuadrados</i>	71
3.4.4.2.	<i>Determinación de la ecuación para Beta por mínimos cuadrados</i>	72
3.4.5.	<i>Estimación de los parámetros Alpha y Beta</i>	73
3.4.6.	<i>Estimación del intervalo P-F a través de la ecuación de Weibull</i>	74
3.5.	Demostración de la hipótesis	74
3.5.1.	<i>Planteamiento de hipótesis</i>	74
3.5.2.	<i>Nivel de significancia</i>	74
3.5.3.	<i>Criterio</i>	74
3.5.4.	<i>Cálculos</i>	75
3.5.5.	<i>Decisión</i>	76
3.6.	Resumen de resultados	76
CONCLUSIONES		77
RECOMENDACIONES		78
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Características de rodamientos rígidos de una hilera de bolas 6202-2RS HCH	22
Tabla 1-2:	Nivel de confianza	23
Tabla 2-2:	Mediciones de prueba	24
Tabla 3-2:	Partes del banco de pruebas	25
Tabla 4-2:	Matriz de recolección de datos.....	31
Tabla 5-2:	Recolección de datos R04-6202-2RS HCH	32
Tabla 6-2:	Recolección de datos 6202-2RS.....	32
Tabla 7-2:	Determinación de parámetros estadísticos	33
Tabla 8-2:	Cálculo de intervalo P-F	35
Tabla 9-2:	Características del termograma con falla potencial	36
Tabla 10-2:	Características del termograma con falla funcional.....	38
Tabla 1-3:	Tiempos de ensayo de rodamientos con carga de 100N.....	42
Tabla 2-3:	Estadística descriptiva de datos con carga de 100N	42
Tabla 3-3:	Tiempos de ensayo de rodamientos con carga de 150N.....	43
Tabla 4-3:	Estadística descriptiva de datos con carga de 150N	43
Tabla 5-3:	Tiempos de ensayo de rodamientos con carga de 200N.....	43
Tabla 6-3:	Estadística descriptiva de datos con carga de 200N	44
Tabla 7-3:	Tiempos de ensayo de rodamientos con carga de 250N.....	44
Tabla 8-3:	Estadística descriptiva de datos con carga de 250N	44
Tabla 9-3:	Tiempos de ensayo de rodamientos con carga de 300N.....	45
Tabla 10-3:	Estadística descriptiva de datos con carga de 150N	45
Tabla 11-3:	Coefficiente de variación	46
Tabla 12-3:	Determinación de parámetros de las distribuciones	47
Tabla 13-3:	Cálculo de la probabilidad empírica y probabilidad teórica	47
Tabla 14-3:	Distribución Exponencial.....	49
Tabla 15-3:	Distribución Weibull.....	50
Tabla 16-3:	Distribución Normal	50
Tabla 17-3:	Resumen de la prueba de las dos distribuciones.....	50
Tabla 18-3:	Determinación de parámetros de las distribuciones	51
Tabla 19-3:	Cálculo de la probabilidad empírica y probabilidad teórica	51
Tabla 20-3:	Distribución Exponencial.....	53
Tabla 21-3:	Distribución Weibull.....	54
Tabla 22-3:	Distribución Normal	54
Tabla 23-3:	Resumen de la prueba de las dos distribuciones.....	54

Tabla 24-3:	Determinación de parámetros de las distribuciones	55
Tabla 25-3:	Cálculo de la probabilidad empírica y probabilidad teórica	55
Tabla 26-3:	Distribución Exponencial.....	57
Tabla 27-3:	Distribución Weibull.....	58
Tabla 28-3:	Distribución Normal	58
Tabla 29-3:	Resumen de la prueba de las dos distribuciones.....	58
Tabla 30-3:	Determinación de parámetros de las distribuciones	59
Tabla 31-3:	Cálculo de la probabilidad empírica y probabilidad teórica	59
Tabla 32-3:	Distribución Exponencial.....	61
Tabla 33-3:	Distribución Weibull.....	62
Tabla 34-3:	Distribución Normal	62
Tabla 35-3:	Resumen de la prueba de las dos distribuciones.....	62
Tabla 36-3:	Determinación de parámetros de las distribuciones	63
Tabla 37-3:	Cálculo de la probabilidad empírica y probabilidad teórica	63
Tabla 38-3:	Distribución Exponencial.....	65
Tabla 39-3:	Distribución Weibull.....	66
Tabla 40-3:	Distribución Normal	66
Tabla 41-3:	Resumen de la prueba de las dos distribuciones.....	66
Tabla 42-3:	Parámetros de Weibull.....	67
Tabla 43-3:	Cálculo de factores de mínimos cuadrados ecuación potencial	71
Tabla 44-3:	Sumatorias y ecuaciones	71
Tabla 45-3:	Factores del coeficiente de determinación	72
Tabla 46-3:	Cálculo de factores de mínimos cuadrados	72
Tabla 47-3:	Factores del coeficiente de determinación	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Clasificación SKF adaptada de ISO 15243:2004	8
Figura 2-1:	Aro exterior de rodamiento rígido de bolas.....	9
Figura 3-1:	Desmontaje incorrecto de un rodamiento.....	10
Figura 4-1:	Forma correcta del montaje y desmontaje.....	10
Figura 5-1:	Efecto Brinell en rodamiento	11
Figura 6-1:	Ubicación de puntos de medición	15
Figura 7-1:	Smart Trend Meter 9080.....	16
Figura 8-1:	Curva P-F característica.....	17
Figura 9-1:	Intervalo P-F.....	18
Figura 10-1:	Consistencia del intervalo P-F	19
Figura 1-2:	Dimensiones principales del rodamiento 6202-2RS.....	22
Figura 2-2:	Banco de pruebas	25
Figura 3-2:	Identificación de necesidades del banco de pruebas.....	26
Figura 4-2:	Desmontaje de chumaceras acopladas al eje conducido.....	26
Figura 5-2:	Desmontaje de la banda	27
Figura 6-2:	Adquisición de rodamientos para ensayos de prueba	27
Figura 7-2:	Colocación de alzas en patas del motor.....	27
Figura 8-2:	Montaje de bocín en la caja de rodamiento y cilindrado de eje.....	28
Figura 9-2:	Regulación de la banda y cambio de rodamiento	28
Figura 10-2:	Instrumentos de medición	31
Figura 11-2:	Espectro de envolvente de un rodamiento en buen estado	35
Figura 12-2:	Rodamiento en buen estado	35
Figura 13-2:	Espectro de envolvente del rodamiento en falla potencial	36
Figura 14-2:	Rodamiento con falla potencial.....	36
Figura 15-2:	Rodamiento con falla potencial.....	37
Figura 16-2:	Espectro de envolvente con falla funcional.....	37
Figura 17-2:	Canastilla rota del rodamiento	37
Figura 18-2:	Termograma del rodamiento con falla funcional	38
Figura 19-2:	Rodamientos 6202-2RS	38
Figura 20-2:	Seccionamiento del rodamiento	39
Figura 21-2:	Pista externa.....	39
Figura 22-2:	Pista interna	40
Figura 23-2:	Elementos rodantes	40

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1:	Procesamiento para obtener la envolvente de aceleración.....	14
Gráfico 1-2:	Evolución del rodamiento 6202-2RS	33
Gráfico 2-2:	Establecimiento del punto P.....	34
Gráfico 3-2:	Establecimiento del punto F.....	34
Gráfico 1-3:	Diagrama de cajas del intervalo P-F	46
Gráfico 2-3:	Probabilidad Exponencial vs Empírica	48
Gráfico 3-3:	Probabilidad Normal vs Empírica	48
Gráfico 4-3:	Probabilidad de Weibull vs Empírica.....	49
Gráfico 5-3:	Probabilidad Exponencial vs Empírica	52
Gráfico 6-3:	Probabilidad Normal vs Empírica	52
Gráfico 7-3:	Probabilidad de Weibull vs Empírica.....	53
Gráfico 8-3:	Probabilidad Exponencial vs Empírica	56
Gráfico 9-3:	Probabilidad Normal vs Empírica	56
Gráfico 10-3:	Probabilidad de Weibull vs Empírica.....	57
Gráfico 11-3:	Probabilidad Exponencial vs Empírica	60
Gráfico 12-3:	Probabilidad Normal vs Empírica	60
Gráfico 13-3:	Probabilidad de Weibull vs Empírica.....	61
Gráfico 14-3:	Probabilidad Exponencial vs Empírica	64
Gráfico 15-3:	Probabilidad Normal vs Empírica	64
Gráfico 16-3:	Probabilidad de Weibull vs Empírica.....	65
Gráfico 17-3:	Condiciones de frontera hipotéticos del parámetro alpha.....	67
Gráfico 18-3:	Condiciones de frontera hipotéticos del parámetro beta.....	68
Gráfico 19-3:	Parámetro Alpha	69
Gráfico 20-3:	Parámetro Beta	69
Gráfico 21-3:	Diagrama de dispersión y correlación entre carga e intervalo P-F	75

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A:	DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R1-100N
ANEXO B:	DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R1-100N
ANEXO C:	DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R2-100N
ANEXO D:	DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R2-100N
ANEXO E:	DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R3-100N
ANEXO F:	DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R3-100N
ANEXO G:	DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R4-100N
ANEXO H:	DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R4-100N
ANEXO I:	DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R5-100N
ANEXO J:	DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R5-100N
ANEXO K:	DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R6-100N
ANEXO L:	DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R6-100N
ANEXO M:	DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R1-150N
ANEXO N:	DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R1-150N
ANEXO O:	DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R2-150N
ANEXO P:	DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R2-150N
ANEXO Q:	DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R3-150N
ANEXO R:	DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R3-150N
ANEXO S:	DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R4-150N
ANEXO T:	DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R4-150N
ANEXO U:	DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R5-150N
ANEXO V:	DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R5-150N
ANEXO W:	DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R6-150N
ANEXO X:	DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R6-150N
ANEXO Y:	DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R1-200N
ANEXO Z:	DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R1-200N
ANEXO AA:	DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R2-200N
ANEXO BB:	DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R2-200N
ANEXO CC:	DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R3-200N
ANEXO DD:	DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R3-200N
ANEXO EE:	DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R4-200N
ANEXO FF:	DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R4-200N
ANEXO GG:	DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R5-200N
ANEXO HH:	DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R5-200N

ANEXO II: DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R6-200N
ANEXO JJ: DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R6-200N
ANEXO KK: DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R1-250N
ANEXO LL: DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R1-250N
ANEXO MM: DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R2-250N
ANEXO NN: DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R2-250N
ANEXO OO: DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R3-250N
ANEXO PP: DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R3-250N
ANEXO QQ: DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R4-250N
ANEXO RR: DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R4-250N
ANEXO SS: DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R5-250N
ANEXO TT: DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R5-250N
ANEXO UU: DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R6-250N
ANEXO VV: DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R6-250N
ANEXO WW: DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R1-300N
ANEXO XX: DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R1-300N
ANEXO YY: DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R2-300N
ANEXO ZZ: DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R2-300N
ANEXO AAA: DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R3-300N
ANEXO BBB: DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R3-300N
ANEXO CCC: DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R4-300N
ANEXO DDD: DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R4-300N
ANEXO EEE: DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R5-300N
ANEXO FFF: DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R5-300N
ANEXO GG: DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R6-300N
ANEXO HH: DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R6-300N
ANEXO III: CARGA DEL RODAMIENTO 6202-2RS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

BDU	Unidades de daño de rodamiento
ENV	Envolvente de aceleración
HFD	Detección de alta frecuencia

RESUMEN

Este trabajo de integración curricular tuvo como objetivo determinar la curva de densidad de probabilidades del intervalo P-F del desgaste del rodamiento 6202-2RS y su variación en función a la carga. Se generó una base datos a partir del ensayo de treinta rodamientos, los cuales se sometieron a cinco cargas diferentes (100, 150, 200, 250, 300) N, para la obtención de intervalo P-F de cada uno de ellos. Dentro del ensayo de los rodamientos se estudió la unidad de daño en el rodamiento (BDU), mediante la utilización del analizador de vibraciones tpi 9080 Smart Trend Meter. Se determinó el punto P (falla potencial) siendo el segundo valor a partir del límite teórico calculado en el estado de funcionamiento normal del rodamiento. Para mantener un rango estable de tensión en la banda A24, fue de suma importancia realizar el monitoreo del deslizamiento de esta. Se midió las frecuencias de rotación de las poleas, a través del tacómetro laser, tomando lecturas en intervalos de diez minutos. Para comprobar la validez de los datos se aplicó el coeficiente de correlación de R Pearson. Si la correlación entre las dos variables no era estadísticamente significativa se tensionaba la banda, hasta encontrar dicha correlación o frecuencias de trabajo correctas. A través de la prueba de bondad de ajuste de Kolmogórov-Smirnov la cual compara la distribución Normal, Exponencial y Weibull, se logró definir que la curva de densidad de probabilidades del intervalo P-F del desgaste del rodamiento 6202-2RS se ajusta de mejor manera a la distribución de Weibull para cada carga. Se concluye que el intervalo P-F no es constante en función a la carga, en base a esto. Se recomienda no relacionar el tiempo de funcionamiento de un rodamiento con su probabilidad de falla, ya que puede generar severos daños en el activo.

Palabras clave: <CURVA DE DENSIDAD> <INTERVALO P-F> <DESGASTE DEL RODAMIENTO> <PRUEBA KOLMOGOROV-SMIRNOV> <DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL>.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

1232-DBRA-UTP-2022

2022-06-29

SUMMARY

This curricular integration work aimed to determine the probability density curve of the P-F interval of bearing wear 6202-2RS and its variation depending on the load. A database will be generated from the test of thirty bearings, which were subjected to five different loads (100, 150, 200, 250, 300) N, to obtain the P-F interval of each of them. Within the bearing test, the bearing damage unit (BDU) will be studied, using the tpi 9080 Smart Trend Meter vibration analyzer. The point P (potential failure) was determined, being the second value from the theoretical limit calculated in the normal operating state of the bearing. To maintain a stable range of tension in the A24 band, it was crucial to monitor its slippage. The rotation frequencies of the pulleys were measured through the laser tachometer, taking readings at intervals of ten minutes. To check the validity of the data, the Pearson R connection coefficient was applied. If the connections between the two variables were not statistically significant, the band was tensioned until the correct connections or working frequencies were found. Through the Kolmogórov-Smirnov goodness-of-fit test, which compares the Normal, Exponential and Weibull distribution, it will be defined that the probability density curve of the P-F interval of the wear of the 6202-2RS bearing best fits the Weibull distribution for each load. It is concluded that the P-F interval is not constant as a function of load, based on this. It is recommended not to relate the operating time of a bearing with its probability of failure, since it can cause severe damage to the asset.

Keywords: <DENSITY CURVE> <P-F INTERVAL> <BEARING WEAR>
<KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST> <WEIBULL DISTRIBUTION>.

SANDRA
PAULINA
PORRAS
PUMALEMA

Firmado digitalmente
por SANDRA PAULINA
PORRAS PUMALEMA
Fecha: 2022.06.21
17:03:08 -05'00'

Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema MSc.
C.I. 0603357062

INTRODUCCIÓN

Los rodamientos son elementos rodantes o piezas de precisión por tal razón se deben tratar con importancia, estos son los apoyos dinámicos de las máquinas rotativas. Los grandes fabricantes se aseguran de que los rodamientos cumplan con los más altos estándares de calidad en sus procesos productivos. A pesar de su alta confiabilidad, algunos rodamientos fallarán prematuramente ocasionando daños a la maquinaria y en él, en el peor de los casos a los procesos productivos.

Varios son los factores que pueden ocasionar fallas en los rodamientos, una causa posible es la sobrecarga del rodamiento durante su funcionamiento. Bajo esta circunstancia se reduce la vida útil del rodamiento, lo mismo sucede cuando encontramos desequilibrio y vibraciones. Prevenir este tipo de parámetros es relevante ya que con escuchar ruidos inusuales o inspeccionar desgastes sin aplicar ningún tipo de medida significa el fin de la vida útil del rodamiento.

El monitoreo de la condición mediante el análisis vibracional permite diagnosticar los elementos problemáticos antes de que se produzca una falla, o por lo menos prolongar la aparición de factores perjudiciales que atentan contra la vida útil del rodamiento. Para entender la importancia de la periodicidad de inspección de los activos se utiliza la curva P-F que representa la condición del activo con respecto al tiempo, su objetivo principal es detectar el deterioro de la condición del elemento antes que llegue a su falla funcional. El personal de mantenimiento debe conocer perfectamente estos conceptos básicos con el fin de establecer los objetivos e indicadores del mantenimiento predictivo. A pesar de que existen medios para detectar la aparición del intervalo P-F, esta información sigue siendo escasa, insatisfecha y poco confiable.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Gracias al bajo costo y alta confiabilidad de los rodamientos estos elementos son comúnmente utilizados a nivel mundial en las industrias, pero debido a la falta de mantenimiento u otras condiciones son los elementos que más fallan, por lo general las fallas causan pérdidas económicas debido a la pérdida de la producción y generan daños a las partes en contacto, a lo que se agrega el costo de las reparaciones. En algunas ocasiones estas fallas en los rodamientos a su vez desencadenan una serie de modos de falla para el activo incrementando así costos de reparación (Grupo SKF, 2017).

Hay varias razones por las que los rodamientos pueden fallar. Hablando en general: 1/3 falla debido a fatiga, 1/3 falla debido a problemas de lubricación (lubricante, cantidad o intervalo de lubricación incorrectos), 1/6 falla debido a la contaminación (sellos ineficaces), 1/6 falla por otros motivos (manipulación y montaje incorrectos, sobrecarga, ajustes incorrectos o inadecuados) (Grupo SKF, 2017 pág. 6).

Dentro del pensum de estudio de la carrera Mantenimiento Industrial en la asignatura de Diagnóstico Técnico se trata el tema “intervalo P-F de los rodamientos”, en el cual se menciona que este intervalo es constante. Si nos enfocamos en el estudio del arte, varios autores contestan algunas interrogantes importantes que surgen sobre este tema, pero pierden credibilidad al no disponer de fundamentación científica, esto genera una gran confusión para todas las personas que toman este tema como objeto de estudio, dejando un conocimiento insatisfecho y olvidando la importancia que brinda este tema dentro del mantenimiento.

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación surge de la necesidad de contestar las interrogantes que tiene el Ingeniero en Mantenimiento Industrial con respecto al intervalo P-F, puesto que no existe suficiente información relacionada con este tema. Mediante un banco de pruebas existente en el Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo es posible ensayar los rodamientos 6202-2RS, con el propósito de recolectar una base de datos para determinar el intervalo P-F y a su vez analizar cuál es su distribución y como varía en función de la carga.

Así también, con esta investigación, tanto estudiantes como el Ingeniero en Mantenimiento Industrial, podrán aclarar las interrogantes presentes sobre el intervalo P-F y aplicar los conocimientos adquiridos referentes al diagnóstico técnico, de esta manera estarán en la capacidad

de analizar e interpretar cada uno de los datos obtenidos en los ensayos y conocer cuál es su distribución, así como su variación en función de la carga sometida.

En la actualidad se sabe que los rodamientos son elementos rodantes esenciales en las máquinas ya que sostienen o guían las piezas móviles que reducen al mínimo la fricción y el desgaste. Al ser elementos que soportan fuertes cargas son los que más tienden a fallar, lo que genera cierta preocupación a nivel industrial, ya que una mínima falla producida en el rodamiento trae consigo consecuencias críticas para la maquinaria, generando pérdidas para la producción, además de elevar los costos de mantenimiento.

Puesto que no existe suficiente información sobre el intervalo P-F, no se ha logrado determinar varios datos importantes sobre este tema; si bien, se sabe que diversos autores lo involucran con el RCM, hoy en día no existen medidas de mitigación que ayuden a prolongar la aparición del intervalo P-F. Por otra parte, tampoco se puede confiar en patrones y métodos aleatorios relacionados con el intervalo P-F ya que no disponen de fundamentación científica.

En definitiva, es imprescindible realizar una investigación a través de la recolección de una serie de datos obtenidos mediante el análisis vibracional de los rodamientos 6202-2RS en un banco de pruebas del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con el fin de analizar estos datos y conocer de qué forma se distribuyen y como varían en función de la carga sometida. Además, esta base de datos podrá ser tomada como objeto de estudio por otras personas que quiera profundizar más sobre este tema.

Objetivos

Objetivo general

Determinar la curva de densidad de probabilidades del intervalo P-F del desgaste del rodamiento 6202 y su variación en función de la carga.

Objetivos específicos

Calcular el tamaño de la muestra de rodamientos que se utilizará en la investigación.

Establecer las características y condiciones del punto P (falla potencial) y punto F (falla funcional) en el primer ensayo.

Obtener una base de datos del análisis vibracional de cada rodamiento hasta su falla funcional.

Analizar estadísticamente los datos obtenidos en las pruebas correspondientes a los ensayos realizados, para determinar su distribución y como varían en función de la carga sometida.

Hipótesis

El intervalo P-F del desgaste del rodamiento 6202-2RS disminuye a medida que se incrementa la carga en el rodamiento.

Variable dependiente

Intervalo P-F de desgaste del rodamiento 6202-2RS.

Variable independiente

Carga del rodamiento.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Rodamientos con elementos rodantes

Los rodamientos son considerados como elementos complejos de una máquina, cuya función primordial es transmitir una carga específica según la aplicación de una parte que se encuentra en movimiento a otra estacionaria. Para realizar esta función el rodamiento está conformado por cinco componentes, la pista exterior, pista interior, elementos rodantes, canastilla y no menos importante el lubricante. Generalmente el comienzo de una falla se genera por alguno de estos elementos antes mencionados y dependiendo de donde empieza la falla puede crecer lento o aceleradamente hasta llegar a la pérdida total de la función del rodamiento (Moreno, 2018 pág. 17).

Aproximadamente, menos del 10% de todos los rodamientos funcionarán idealmente durante su tiempo de vida esperado. Cerca del 40% de fallas de rodamientos se generan debido a una lubricación incorrecta o inadecuada, y alrededor de 30% de fallas se dan debido a un mal montaje o montaje incorrecto (desalineación). Por otra parte, cerca del 20% fallan por diversas causas tales como: Sobrecarga o defectos de manufactura (Narváz et al., 2020, p. 8).

1.1.1. *Características de los rodamientos de bolas de ranura profunda*

El rodamiento de bolas de ranura profunda y una sola hilera es el tipo de rodamientos más empleado. Su uso está ampliamente difundido en la industria. Las pistas de rodadura en los anillos interior y exterior constan de arcos circulares de radio levemente superior al de los elementos rodantes. Son diseñados para soportar cargas radiales, pero pueden soportar cargas axiales en cualquier dirección (NKS, 2018, p. 10).

Gracias a su bajo par, son altamente esenciales en aplicaciones en que se precisan altas velocidades y bajas pérdidas de potencia. Igualmente, de los rodamientos de tipo abierto, estos rodamientos pueden encontrarse con carcasa de acero o sellados de goma colocados en una o ambas caras, además de estar prelubricados con grasa. Asimismo, en algunos casos suelen tener anillos elásticos de fijación en el diámetro exterior. Mientras que para las jaulas se utilizan las de acero estampado (NKS, 2018, p. A 10).

1.2. Lectura de códigos de rodamientos

1.2.1. Primera regla:

Se utiliza para rodamientos miniatura, con diámetro interno entre 1 a 9mm (específicamente para rodamientos rígidos de una hilera de bolas). Para este caso los códigos básicos son denotados por solo tres dígitos. El último dígito se refiere al diámetro interno (Gómez, 2018, p. 1).

Ejemplos: 601 (60 = corresponde a la serie; diámetro interno = 1mm), 602: di = 2mm, 609: di = 9mm

1.2.2. Segunda regla:

Rodamientos de diámetro interno de 10 a 17mm. Son cuatro códigos que los rodamientos contienen en esta regla: XX00, XX01, XX02 y XX03, éstos indican los siguientes diámetros internos: XX00 = 10mm, XX01 = 12mm, XX02 = 15mm, XX03 = 17mm (Gómez, 2018, p. 1).

Ejemplo: 6303, el rodamiento del cigüeñal de 17mm en am6

1.2.3. Tercera regla:

Es considerada la más habitual, esta regla es aplicada a los rodamientos con un diámetro interno de 20 a 480mm. Para reconocer el diámetro interno de estos rodamientos, separamos los dos últimos dígitos y seguidamente multiplicamos por 5. Ejemplo: XX04: di = 20mm (04x5) (Gómez, 2018, p. 1).

Ejemplo: 6204, rodamiento del cigüeñal de 20mm), XX05: di = 25mm (05x5), XX96: di = 480mm (96x5)

1.2.4. Cuarta regla:

Aplicado a rodamientos de diámetro interno por encima de los 480mm. En esta regla, la serie y el número que denota el diámetro se encuentra separados por una barra. No es necesario multiplicar nada, debido a que los números que se encuentran después de la barra manifiestan el valor real del diámetro interno (Gómez, 2018, p. 1).

Ejemplo: XX/500: di = 500mm, XX/7800: di = 7.800mm

1.2.5. Descifrar la serie dimensional del rodamiento

De acuerdo con Gómez (2018, p. 2), todos los códigos comienzan con el dígito “6”, esto es evidente ya que todos estos se tratan de rodamientos rígidos de una hilera de bolas.

Para el segundo dígito, existen dos tipos de rodamientos del mismo diámetro interior, el "grande" y el "pequeño" por así nombrarlos, el segundo dígito en esta clase de rodamientos puede ser el “2” ("pequeño") o el “3” ("grande"): (Gómez, 2018, p. 1).

Ejemplo: 6202 = rodamiento de igual diámetro interior que el 6302 pero de diámetro exterior y ancho menores.

1.3. Juego radial interno

El juego interno es la distancia que los dos anillos de un rodamiento no instalado se pueden mover cuando se empujan en direcciones opuestas. Se hace una distinción entre juego radial y axial. El juego radial se mide perpendicularmente al eje central de un rodamiento, mientras que el juego axial se mide a lo largo del eje central. Se mide la distancia entre una posición y la final (Motion & Control NKS, 2018).

En ciertos alojamientos, como el caso del cigüeñal, son por interferencia y tienden a ejercer presión sobre el exterior del rodamiento, si éste no tuviera dicho juego, los elementos rodantes permanecerían frenadas por la presión, otro punto importante es la temperatura, los rodamientos están diseñados para disminuir el rozamiento, pero esto no significa que lo eliminen. Dos materiales en movimiento y contacto crean calor y también, en el caso de los del cigüeñal, por ello es inevitable que en un motor de explosión la temperatura no se difunda por toda la máquina, en este caso hasta llegar al rodamiento (Gómez, 2018, p. 2).

Por ende, el rodamiento se calienta, y como se sabe, la temperatura es un factor que dilata el acero, y si no hubiera un juego, al dilatar, igualmente los elementos rodantes se quedarían frenados además de ocupar el área de la película de lubricante y un rodamiento sin lubricación tiene una serie de limitaciones. Por ello existen los siguientes juegos: (Gómez, 2018, p. 2).

- c2 (poco habitual): juego radial interno menor que lo normal.
- c3: juego radial interno mayor que lo normal.
- c4: juego radial interno mayor que el c3.
- c5 (poco habitual): juego radial interno mayor que el c4.

1.4. Clasificación ISO de modos de falla

Los modos de falla se dividen en 6 modos principales, y luego en submodos. Hay 14 modos de falla en total, brevemente se indica la clasificación de cada modo de falla según la norma ISO 15243. Otras causas para los daños de rodamientos, tales como defectos de fabricación, problemas de diseño, entre otros. No están clasificadas en la norma ISO 15243 (Grupo SKF, 2017, p. 40).

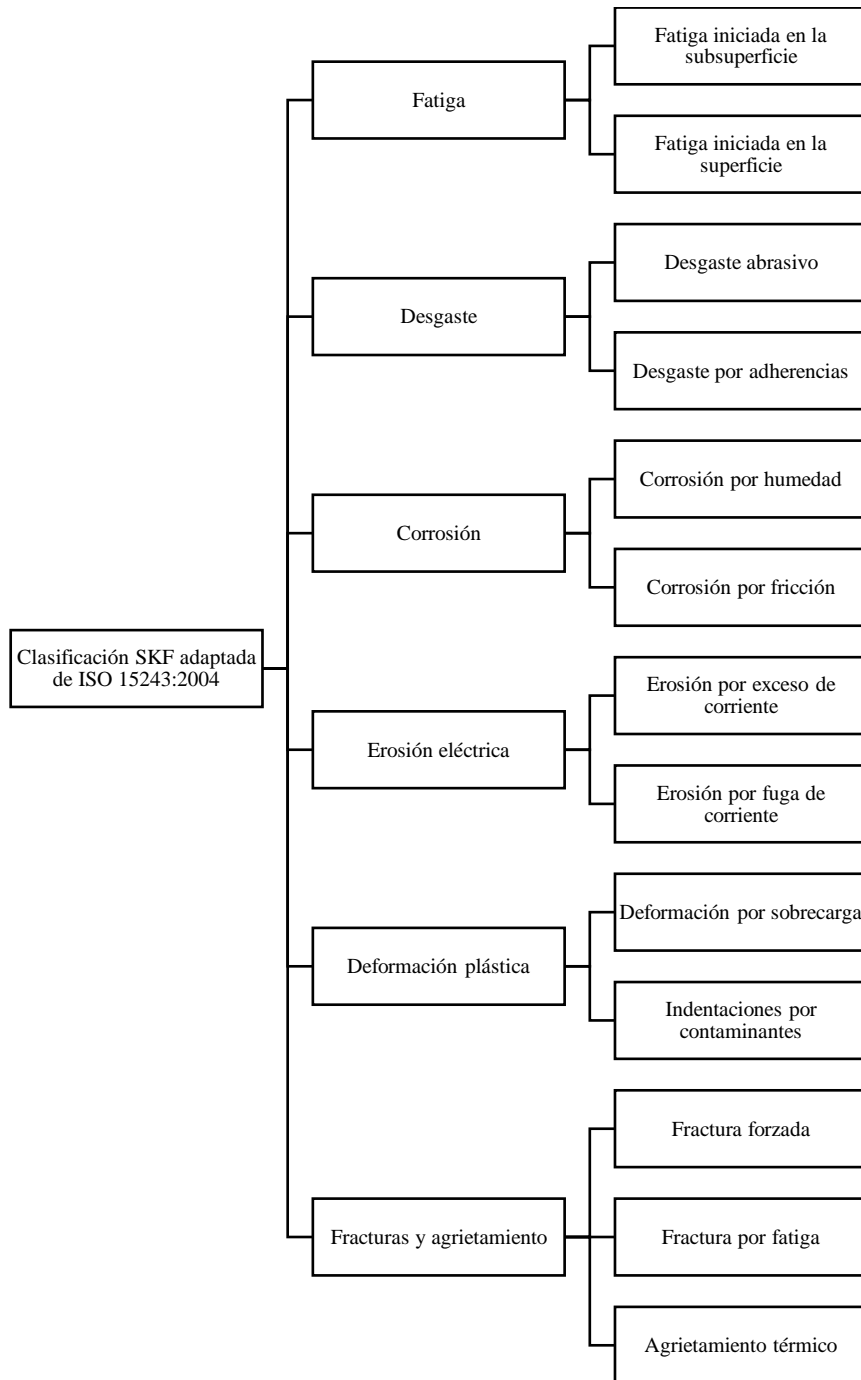


Figura 1-1: Clasificación SKF adaptada de ISO 15243:2004

Fuente: (Grupo SKF, 2017, p. 40)

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

1.5. Factores que causan fallas en rodamientos

La falla en un rodamiento se puede generar por varias razones, tal es el caso principalmente de soportar desalineaciones debido al mal montaje de los equipos, por otra parte, el uso de obturaciones ineficaces o ajustes excesivamente apretados, lo que originan un juego interno muy pequeño del rodamiento, así como también sobrecarga, pata coja, desbalanceo, desalineación, contaminación, mal montaje, falta de lubricación entre otros. Cada uno de estos factores provoca un tipo de daño específico y deja una huella única visible u oculta en el rodamiento. Por lo tanto, monitoreando el rodamiento dañado se podría definir la causa del daño y en base a esto, tomar acciones preventivas que eviten la repetición de esta falla en el rodamiento, logrando una reducción de costos de reparación (González y Quispe, 2015, p. 13).

1.5.1. Precarga excesiva o sobrecarga

De acuerdo con TIMKEN (2015 p. 13), la precarga excesiva genera una gran cantidad de calor y en ocasiones puede ocasionar un daño similar al daño por lubricación incorrecta. Se puede confundir fácilmente entre las dos causas, por ello es necesario verificar muy bien el rodamiento para determinar la raíz del problema. La descomposición del lubricante en precargas altas puede ocasionar el mismo tipo de daño por lubricación inadecuada.

Pueden originarse otras formas de daño por precargas pesadas, aunque se use un lubricante diseñado para soportar cargas elevadas. Aunque el lubricante logra soportar las cargas para que no se produzca un descascarado de la pista o del elemento rodante, las cargas pesadas suelen ocasionar un descascarillado prematuro por fatiga situado debajo de la superficie. El inicio de este astillado, y la posterior vida útil del rodamiento, depende de la cantidad de precarga y capacidad del rodamiento. En la figura 2-1 se indica la deformación plástica en el paso del elemento rodante, por aplicación de exceso de fuerza de montaje sobre el aro incorrecto (TIMKEN, 2015, p. 13).



Figura 2-1: Aro exterior de rodamiento rígido de bolas

Fuente: (Grupo SKF, 2017)

1.5.2. Efecto Brinell y daños por impacto

De acuerdo con TIMKEN (2015, p. 19), tanto los métodos de montaje y desmontaje incorrectos como las cargas operativas estáticas o de impacto demasiado altas son propensas a ocasionar un efecto Brinell. Dicho efecto Brinell por montaje o desmontaje incorrecto es producido cuando se aplica una fuerza contra la pista aún sin montar. El efecto Brinell da origen cuando en el proceso de montaje de un rodamiento en un eje con ajuste apretado, se aplica o ejerce una carga radial excesiva al empujar la pista externa, esto produce que los elementos rodantes entren en estrecho contacto con la pista.

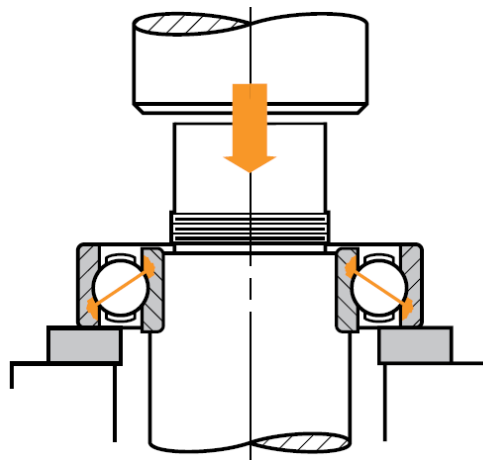


Figura 3-1: Desmontaje incorrecto de un rodamiento

Fuente: (TIMKEN, 2015, p. 19)

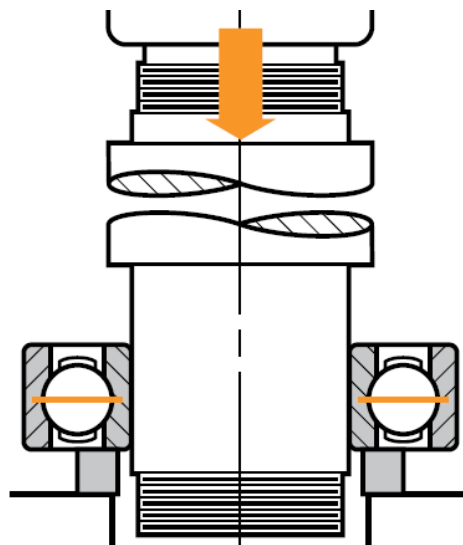


Figura 4-1: Forma correcta del montaje y desmontaje

Fuente: (TIMKEN, 2015, p. 19)

“Es posible que las cargas de impacto muy pesadas, que pueden durar poco, provoquen un efecto Brinell en las pistas del rodamiento. Algunas veces, hasta llegan a fracturar las pistas y los elementos rodantes” (TIMKEN, 2015, p. 19).

Ejemplo práctico: una carga de impacto elevada situada en la pista de la taza de un rodamiento cónico produjo un efecto Brinell seguido de un daño por impacto. Estas abolladuras son notorias en la pista del cono. Esto es una evidente deformación del metal, mas no un desgaste como el que sucede en el caso de falso efecto Brinell. Por otra parte, la vista de cerca de una de las estrías indica las huellas de pulido que aún se encuentran en la estría (TIMKEN, 2015, p. 19).

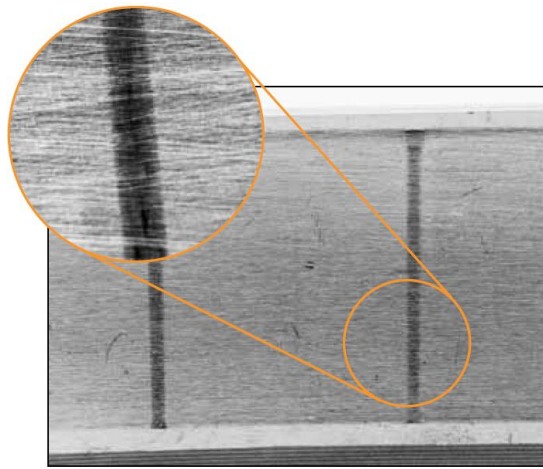


Figura 5-1: Efecto Brinell en rodamiento

Fuente: (TIMKEN, 2015)

1.5.3. *Efecto de falla en rodamientos*

De acuerdo con González y Quispe (2015, pp. 19–20), la vida de un rodamiento se ve gravemente afectada por los efectos de falla que producen en estos elementos, estos efectos de falla se mencionan a continuación:

- Aumento anormal de temperaturas.
- Incremento del ruido.
- Virutas metálicas.
- Corrosión.
- Fractura.
- Vibraciones.
- Desgaste.
- Fatiga.

1.5.4. Principales indicios del desgaste del rodamiento

Según Ausay y Estrada (2020, p. 8), mencionan que entre las fallas y modos de falla más conocidas que afectan a los rodamientos en máquinas rotativas son las siguientes.

1.5.4.1. Marcas o rayas oblicuas sobre la pista interna, externa o elementos rodantes

Este tipo de falla ocurre cuando el equipo está inactivo debido al modo stand by el cual entra en funcionamiento, cuando en el activo ocurre una falla o cuando se lo necesite. Al permanecer en este estado inactivo, la máquina se somete a vibraciones, esto da como resultado las rayas o marcas sobre el rodamiento debido a la ausencia de lubricante (Ausay y Estrada, 2020, p. 8).

1.5.4.2. Micro corrosión de la pista externa

La corrosión por Fretting es un proceso que surge por las vibraciones de la máquina especialmente durante su régimen de funcionamiento (Ausay y Estrada, 2020, p. 8).

1.5.4.3. Pista interna deteriorada

Este tipo de falla sucede cuando el rodamiento se somete a una excesiva carga radial debido a las vibraciones a lo largo del régimen de funcionamiento de la máquina. Incluso la pobre lubricación y el excedo de la vida útil del rodamiento es causante de este efecto (Ausay y Estrada, 2020, p. 8).

1.5.4.4. Marcas o rayas de pequeña magnitud

Esta falla, presenta unas marcas o rayas sobre las pistas que es generado gracias a la circulación de corriente a través del cuerpo de estas, la razón de este efecto basa en el deterioro del aislamiento del motor eléctrico (Ausay y Estrada, 2020, p. 8).

1.5.4.5. Deterioro puntual de la zona de trabajo de la pista externa

Este tipo de falla surge por la evolución de varias fallas, que, a su vez, dependiendo de su magnitud sitúa a la máquina en una zona de alto riesgo, entonces, es necesario detectar este desperfecto. Por otra parte, este tipo de falla suele producirse por la carga radial excesiva aplicada al rodamiento o su vez por sobrepasar la vida útil del mismo (Ausay y Estrada, 2020, p. 9).

1.5.4.6. Rotura de jaula o rejilla

Generalmente esta falla se produce debido a que se ha excedido la vida útil del rodamiento, por lo que, se introducen pedazos de la jaula al interior del rodamiento, dificultando el movimiento de los elementos rodantes generando eventualmente un paro imprevisto del motor. Por consiguiente, es indispensable detectar esta falla a su tiempo o más bien reemplazar el rodamiento acorde a las frecuencias previamente establecidas (Ausay y Estrada, 2020, p. 9).

1.6. Prevención de fallas en rodamientos

De acuerdo con González y Quispe (2015, p. 20), la causa de fallas prematuras presentes en los rodamientos surge durante su manejo, antes o durante su instalación, además de los deterioros a causa del montaje, ajuste y condiciones de servicios indebidos o en algunos casos por defectos de manufactura (González y Quispe, 2015, p. 20).

Varios son los casos en los que se identifica fácilmente el daño fijándose en el aspecto del rodamiento, pero esto no resulta una tarea sencilla puesto que en algunos casos no es posible determinar la causa exacta de la falla. Seguidamente es necesario realizar una completa investigación de los procesos de montaje de los rodamientos, lubricación y piezas que afectan al servicio del rodamiento para así determinar el origen de falla (González y Quispe, 2015, p. 20).

En caso de no encontrar y solucionar la causa verdadera de la falla, es evidente que los nuevos rodamientos que se instale tendrán el mismo destino y se dañarán de la misma manera ya que se repetirá el daño prematuramente. Resulta más fácil y menos costoso prevenir fallas, que determinar y corregir su causa después de que el equipo está ya en funcionamiento (González y Quispe, 2015, p. 20).

1.7. Parámetros vibracionales utilizados para diagnosticar fallas en rodamientos

1.7.1. HFD Detección de alta frecuencia

Para detectar picos formados por pequeños defectos la detección de alta frecuencia realiza un filtro paso alto (5 kHz-60 kHz). HFD por lo general se mide en Gs (gravidades) con valores pico o RMS. Existen análisis en los que se puede apreciar un espectro normal al ser comparado después de realizarse el filtro (Moreno, 2018, p. 27).

1.7.2. *Envolvente de aceleración ENV*

La importancia de este parámetro en la localización de fallas en rodamientos radica en el modo de este proceso para extraer las frecuencias de falla de los rodamientos desde la señal donde se encuentran moduladas. La técnica de demodulación o envolvente de aceleración extrae una señal de alta frecuencia que a su vez es modulada por otra (Moreno, 2018, p. 25). El proceso para conseguir un espectro de envolvente para diagnosticar fallas en rodamientos se muestra en el gráfico 1-1. Se resume en tres pasos:

- Filtrado de señal
- Extracción de envolvente del filtrado empleando la transformada de Hilbert.
- Determinación del espectro con la ayuda de la aplicación la transformada rápida de Fourier (FFT).

Existen filtros paso banda propuestos por SKF, que se encuentran en sus analizadores de vibraciones, los mismos que son: filtro 1: 1–2.5 kHz; filtro 2: 2.5–5 kHz; filtro 3: 5–10 kHz; filtro 4: 10–20 kHz, y el filtro 5: 20–40 kHz. Siendo el filtro 3 el más utilizado debido a que SKF plantea valores de alarma a través de este filtro. (Moreno, 2018, p. 25).

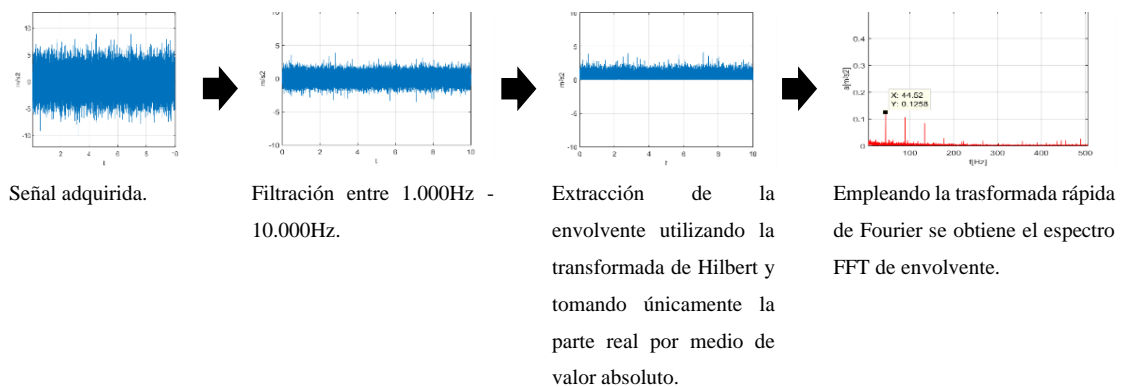


Gráfico 1-1: Procesamiento para obtener la envolvente de aceleración

Fuente: (Moreno, 2018, p. 25).

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Con el parámetro conocido como “Envolvente de aceleración” es posible filtrar las bajas frecuencias y descubrir los componentes repetitivos relacionados con los impactos formados por los defectos en los rodamientos establecidos en el rango de las frecuencias típicas de falla. El parámetro ha mostrado ser útil para establecer el diagnóstico pertinente y el progreso de la falla en rodamientos. SKF autoriza esta técnica y transmite artículos donde exponen su efectividad para identificar fallas en rodamientos que trabajan a bajas velocidades (Moreno, 2018, p. 27).

1.8. Técnicas de monitoreo de rodamientos

Existen varias investigaciones que mencionan técnicas de detección de fallas en rodamientos mismas que utilizan ultrasonido pasivo, emisión acústica, impulsos de choque, onda de corriente, y análisis de vibraciones. Entre ellas la técnica del análisis de las vibraciones mecánicas es donde se encuentran los estudios más relevantes (Moreno, 2018, p. 20).

1.8.1. Análisis vibracional

Muchas veces, se ha demostrado que la forma de vibración de una máquina dentro del contexto de operación brinda más información con respecto al funcionamiento interno de la máquina que cualquier clase de experimento no destructivo, un rodamiento con un pequeño desperfecto incipiente provocará un cambio delator y evidente en el espectro obtenido a través de la vibración de la máquina, ya sea una desalineación, desbalanceo o una recopilación de otras fallas (Narváez et al., 2020, p. 8).

1.8.1.1. Ubicación de puntos de medición

La ubicación de los puntos de prueba es muy importante, por dicho motivo se tiene que colocar el transductor de prueba o acelerómetro de manera axial con relación al mecanismo de estudio, con metal sólido entre el sensor y el rodamiento (Narváez et al., 2020, p. 8). Es imprescindible colocar el acelerómetro perfectamente para obtener una medida confiable.

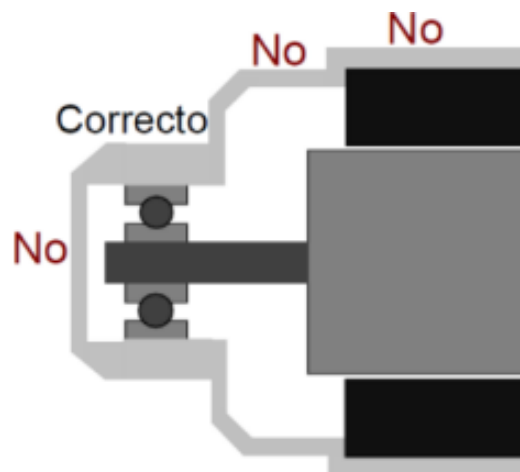


Figura 6-1: Ubicación de puntos de medición

Fuente: Narváez, y otros, 2020

1.9. Smart Trend Meter 9080

Según tpi USA (2013, p. 3) menciona que el Smart Trend Meter 9080 (medidor de tendencia inteligente) es un instrumento de monitoreo y análisis de vibraciones fácil de usar, a su vez permite visualizar fácilmente las señales de vibración. El medidor ejecuta de forma automática funciones de análisis de vibraciones basadas en la velocidad de funcionamiento de la máquina, de esta manera ayuda a diagnosticar fallas como holgura, desequilibrio y desalineación.



Figura 7-1: Smart Trend Meter 9080

Fuente: Flores, C.; Paguay, V. 2022

El sistema permite al usuario obtenga medidas de vibración de la mayoría de los activos (motores, bombas, ventiladores y rodamientos). La unidad visual (pantalla retroiluminada) muestran gráficas de la frecuencia de vibración y ayuda controlar la severidad de la vibración y la situación del rodamiento (tpi USA, 2013, p. 3).

El Smart Trend Meter 9080 también contiene un accesorio de luz estroboscópica fácil de acoplar que permite determinar la velocidad de las poleas o del eje de la máquina. Por otra parte, cuenta con conexión Bluetooth, que mediante la utilización de auriculares inalámbricos opcionales sirve para escuchar el ruido generado en los rodamientos en tiempo real (tpi USA, 2013, p. 3).

1.9.1. Ruido de rodamiento (BDU)

Tomando como referencia la unidad visual, debajo del valor ISO en la parte izquierda se encuentra el valor del ruido del rodamiento (vibración de alta frecuencia) medido en Unidades de Daño de Rodamiento (BDU - Bearing Damage Units), donde 100 BDU es equivalente a 1g RMS (promedio) de vibración medida por arriba de 1 kHz, indica una medida del estado de desgaste de los rodamientos en el equipo en que se está diagnosticando. Mientras mayor es el número, más deteriorado y desgastado está el rodamiento (tpi USA, 2013, p. 6).

Comúnmente, 1g de vibración de alta frecuencia (100 BDU) significa un alto valor de ruido del rodamiento, por lo que puede considerarse síntoma contundente de un rodamiento dañado; En otras palabras, resulta útil pensar que la gráfica de ruido de rodamiento es aproximadamente equivalente al "porcentaje" de deterioro y desgaste del rodamiento. Por defecto, el ruido del rodamiento se manifiesta en un fondo rojo, si está por arriba de 100 BDU, en un fondo amarillo cuando se encuentra entre 50 y 100 BDU y finalmente un fondo verde cuando está por debajo de 50 BDU. No obstante, los niveles de alarma de BDU se pueden modificar a criterio personal a través del menú de configuración manual (tpi USA, 2013, p. 6).

1.9.2. Aceleración total (g)

Corresponde al valor RMS (promedio) de la aceleración de vibración total obtenida por el medidor en su rango completo de frecuencia (2Hz a 10kHz). La lectura es mostrada en unidades de g (constante gravitacional de la Tierra, donde $g = 9.81 \text{ m / s}^2$) (tpi USA, 2013, p. 6).

1.10. Intervalo P-F

Es llamada curva P-F porque indica el desenlace de una falla desde el punto en que inicia y prosigue el deterioro hasta un punto en el que puede ser detectado (punto de falla potencial "P"). A partir de este punto, si no se detectan síntomas y no se toman acciones pertinentes, continúa poco a poco el deterioro o a veces a ritmo acelerado hasta llegar al punto "F" de falla funcional o el fin de la vida útil del rodamiento, el punto en que el rodamiento deja de cumplir la función para el cual fue diseñado (Reliabilityweb, 2021).

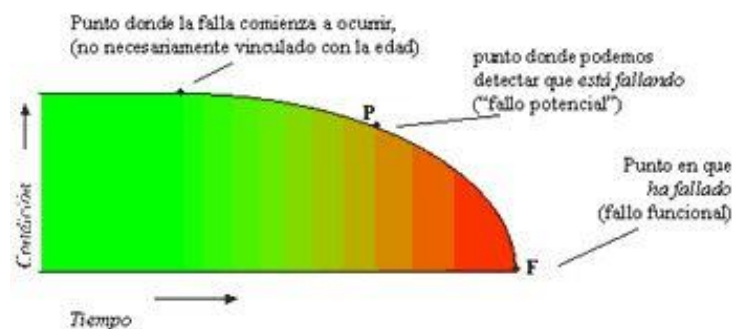


Figura 8-1: Curva P-F característica

Fuente: (Reliabilityweb, 2021)

El tiempo promedio (o número de ciclos de esfuerzo) que transcurren entre el punto en que aparece una falla potencial (punto P) y el punto en el cual se transforma en una falla funcional (punto F), se conoce como el intervalo P-F, también denominado curva P-F (Reliabilityweb, 2021).

En teoría, el intervalo P-F indica la frecuencia con la que deben ser realizadas las tareas predictivas. Es importante que intervalo de chequeo o monitoreo sea menor que el intervalo P-F ya que es deseable detectar la falla potencial antes de que se convierta en una falla funcional (Reliabilityweb, 2021).

Generalmente, el intervalo P-F se puede medir en cualquier unidad relacionada con la exposición al uso (número de paradas y arranques, tiempo de uso, unidades producidas, entre otros.). La medición frecuentemente más empleada es por tiempo transcurrido (horas, días, meses, etc.). Para los diferentes modos de falla, el intervalo P-F varía ampliamente desde fracciones de segundos a varias décadas.

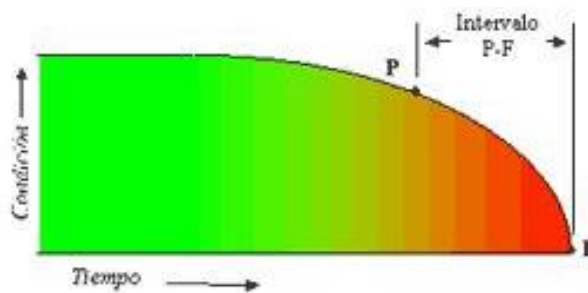


Figura 9-1: Intervalo P-F

Fuente: (Reliabilityweb, 2021)

1.10.1. *Falla potencial*

De acuerdo con Chaquinga Cortés (2018, p. 25), una falla potencial es identificable cuando se detecta un defecto o anomalía en un sistema y a partir de ese momento si no se corrige la falla seguirá avanzando. En muchos de los casos, la falla potencial es detectada por un técnico predictivo a través del uso de monitoreo de la condición y tecnología como la termografía infrarroja, ultrasonido, análisis de vibración y análisis de aceite, entre otros.

1.10.2. *Falla funcional*

De acuerdo con Chaquinga Cortés (2018, p. 25), una falla funcional es un estado en el que un sistema, máquina o activo físico no se encuentra disponible para realizar una función o tarea específica a un nivel de desempeño deseado. Ocurre cuando el sistema trabaja fuera de parámetros “deseados o normales”; entonces, en este punto se considera que se ha alcanzado una falla funcional. Las fallas funcionales, son la forma en la cual el activo debe fallar para no satisfacer las expectativas del contexto operacional y del usuario. Éstas fallas en la mayoría de los casos son detectadas por los operadores en las rutinas diarias.

1.10.3. Consistencia del intervalo P-F

Según Moubray (1997, pp. 148–149), menciona que las curvas P-F indican que el intervalo P-F para cualquier falla dada es constante. De hecho, este no es el caso; algunos varían en un rango bastante considerable de valores.

Claramente, en estos casos se debe seleccionar un intervalo de tareas que sea sustancialmente menor que el más corto de los probables intervalos P-F. De esta manera, siempre podemos estar razonablemente seguros de detectar la falla potencial antes de que se convierta en una falla funcional. Si el intervalo P-F neto asociado con este intervalo mínimo es lo suficientemente largo como para tomar las medidas adecuadas para hacer frente a las consecuencias de la falla, entonces la tarea en condición es técnicamente factible (Moubray, 1997, pp. 148–149).

Si el intervalo P-F es muy inconsistente, como pueden serlo algunos de ellos, entonces no es posible establecer un intervalo de tarea significativo, y la tarea en cuestión debe abandonarse nuevamente en favor de alguna otra forma de tratar con la falla (Moubray, 1997, pp. 148–149).

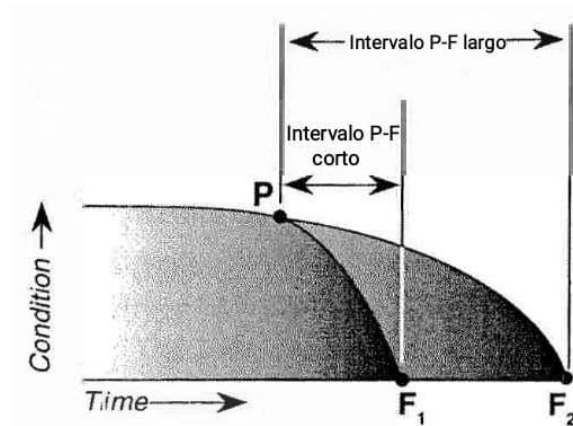


Figura 10-1: Consistencia del intervalo P-F

Fuente: (Moubray,1997)

1.11. RCM basado en intervalo P-F

Según West (2016, p. 2), el proceso del RCM es un método comprobado para establecer lo que debe hacerse con un activo físico para asegurar que sigue trabajando bajo su correcto contexto operacional, en otras palabras, sigue haciendo lo que el usuario quiere que haga en el actual contexto operacional.

En la primera etapa del proceso de selección de tareas se comienza mediante la evaluación de los efectos del modo de falla y se procede a clasificarlos en una de cuatro amplias categorías de consecuencias existentes. En la siguiente etapa se identifica una tarea proactiva que minimiza las consecuencias del fracaso en el régimen en que sea técnicamente viable. Los criterios que se utilizan para juzgar si una tarea de mantenimiento según condición es técnicamente viable son muy consistentes a través de los numerosos procesos RCM que son compatibles. Concretamente, RCM2™ maneja los siguientes criterios (West, 2016, p. 2):

- Es posible definir una clara condición de falla potencial.
- El intervalo P-F es sensatamente consistente.
- Resulta práctico inspeccionar el ítem a intervalos menores que la curva P-F.
- El intervalo P-F neto es lo suficientemente extenso como para ser de alguna utilidad.

Los intervalos para las tareas según el monitoreo de la condición se establecen en base al intervalo P-F esperado, John Moubray recomienda un método denominado “enfoque racional” el cuál logra estimar intervalos P-F más reales sobre la base del juicio y experiencia. Por otra parte, para detectar el punto P (falla potencial) antes de que alcance el punto F (falla funcional), la frecuencia de la tarea propuesta debe ser siempre menor que el intervalo P-F. La sabiduría convenida de RCM propone que es suficiente seleccionar un intervalo de mantenimiento y tareas igual a la mitad del intervalo P-F (West, 2016, p. 2).

1.12. Deslizamiento de la banda

Es de vital importancia el monitoreo de la tensión de la banda ya que una vez que la banda es colocada en el tren de transmisión se pone en funcionamiento, y experimenta un alargamiento formidable en un corto período de tiempo, lo que provoca que la tensión inicial de la banda disminuya, por ello los fabricantes de bandas y correas sugieren realizar una pretensión más pasado de 24 horas (Hernández et al., 2018, p. 66).

El deslizamiento es considerado como la relación entre la diferencia de la velocidad teórica y la velocidad real de la polea conducida y su velocidad teórica. Matemáticamente se puede representar por la siguiente ecuación 5: (Hernández et al., 2018, p. 66).

$$Dz = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_2} \quad (1)$$

Donde:

Dz: Corresponde al deslizamiento generado en el sistema de transmisión por bandas.

ω_{i2} : Velocidad angular teórica de la p Polea conducida obtenida con las ecuaciones del MCU (movimiento circular uniforme).

ω_2 : Velocidad angular real de la p Polea conducida.

$$Dz = 1 - \frac{f_2 * d}{f_1 * D} \quad (2)$$

Donde:

f_2 = Frecuencia de rotación real de p Polea conductora Hz o rpm

f_1 = Frecuencia de rotación real de p Polea conducida Hz o rpm

d = Diámetro de p Polea conducida [m]

D = Diámetro de p Polea conductora [m]

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Selección del rodamiento para determinación del intervalo P-F

Entre los rodamientos más utilizados y económicos en el mercado se encuentran los rodamientos de la marca HCH, una de las marcas más conocidas y distribuida en más de 70 países en todo el mundo, estos rodamientos se utilizan en una amplia gama de industrias. HCH siempre está en mejora continua y ha obtenido 7 certificaciones de gestión de calidad y más de 100 premios de tecnología, por lo que más de 500 fabricantes confían en la marca HCH a nivel mundial.

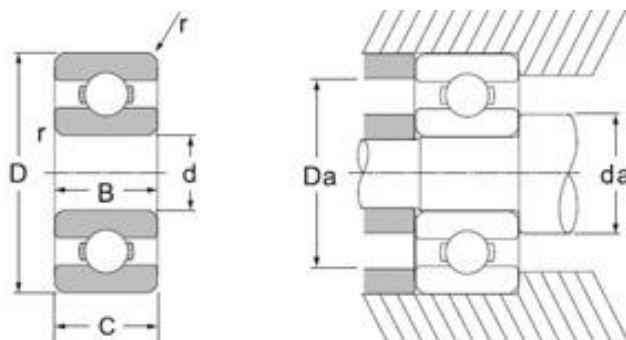


Gráfico 1-2: Dimensiones principales del rodamiento 6202-2RS

Fuente: (HCH Bearing, 2013)

Tabla 1-2: Características de rodamientos rígidos de una hilera de bolas 6202-2RS HCH

Designación	HCH		6202-2RS
	Dimensiones	d	mm
D		mm	35
B		mm	11
D ₁		mm	-
D ₂		mm	30,5
r _{1,2} min		mm	0,6
d _a min		mm	17,9
d _a máx.		mm	20
Dimensiones de resaltes y radios de acuerdo	D _a máx.	mm	31
	r _a máx.	mm	0,6
	Dinámica C	kN	7,64
	Estática C ₀	kN	3,72
Capacidad de carga	Velocidad límite con grasa	rpm	20000
	Velocidad límite con aceite	rpm	25000
Complemento de bola	Número de bolas		8
Peso del rodamiento	Peso aproximado	kg	0,046

Fuente: (HCH Bearing, 2013)

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

2.2. Cálculo de la muestra

Tamaño de la muestra para una población infinita.

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} * \sigma}{e} \right)^2 \quad (3)$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra para una población infinita

$Z_{(\alpha/2)}$ = Valor crítico

e= Error de estimación máximo aceptado

σ = Desviación estándar

Datos:

P(A)= 95%

$Z_{\alpha/2}$ = 1,645

e = 0,24

Tabla 2-2: Nivel de confianza

Nivel de confianza	α	Valor crítico, $Z_{\alpha/2}$
90%	0,10	1,645
95%	0,05	1,96
99%	0,01	2,575

Fuente: (Triola, 2009)

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

2.2.1. Estimación de la desviación estándar de las mediciones de prueba realizadas

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

Donde:

σ =Desviación estándar

x=Valor del tiempo de intervalo P-F

\bar{x} =Media

n=Número de datos

2.2.1.1. Cálculo del promedio

$$\bar{x} = \frac{38,70}{5} \tag{5}$$

$$\bar{x} = 7,74$$

2.2.1.2. Cálculo de la desviación estándar mediante mediciones de prueba

Tabla 3-2: Mediciones de prueba

Mediciones de prueba		
Nº	Tiempo (horas)	$(x-\bar{x})^2$
1	8,92	1,38
2	7,22	0,27
3	7,58	0,02
4	7,37	0,14
5	7,62	0,02
\bar{x}	7,74	
	$\sum (x-\bar{x})^2$	1,84

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x-\bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x-\bar{x})^2}{5-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1,84}{4}}$$

$$\sigma = 0,677$$

2.2.1.3. Determinación de la muestra

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} * \sigma}{e} \right)^2 \tag{6}$$

$$n = \left(\frac{1,645 * 0,677}{0,24} \right)^2$$

$$n = 29,64$$

$$n \approx 30$$

2.3. Sistemas del banco de pruebas

El módulo que se va a utilizar está conformado por los siguientes sistemas: potencia, transmisión; Los cuales están detallados en la tabla 4-2.

Tabla 4-2: Partes del banco de pruebas

Partes del Banco de Pruebas	Cantidad
Motor eléctrico trifásico asíncrono de 1/2 Hp, marca WEG, modelo W22	1
Eje de acero AISI 4340	2
Acople L-075	1
Chumacera UCP204-12	3
Base de la chumacera ASTM A36	3
Base del motor acero ASTM A36	1
Polea con ranura trapecoidal D=126 mm	1
Polea con ranura trapecoidal D=62 mm	1
Banda trapecoidal A24	1
Rodamiento 6202-2RS	1

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

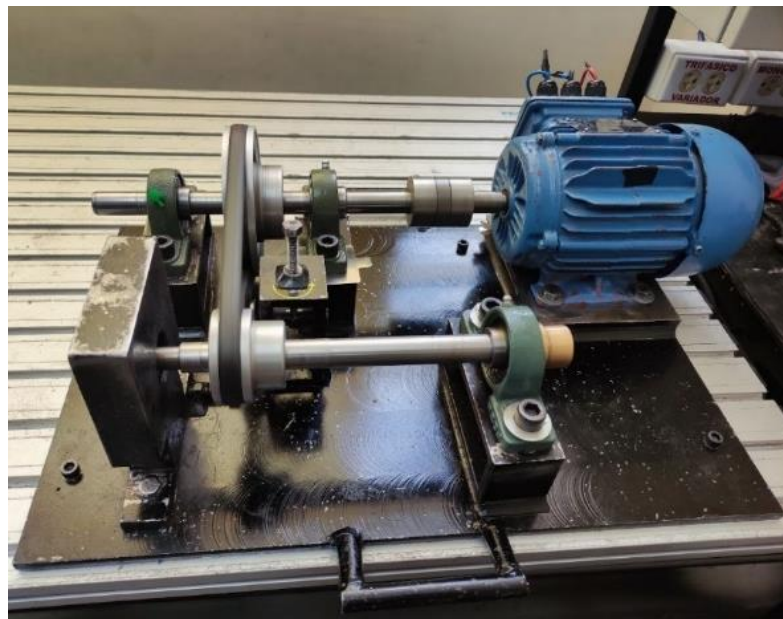


Gráfico 2-2: Banco de pruebas

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

2.4. Adecuación del banco de pruebas

Es de suma importancia adecuar el banco de pruebas con la finalidad de obtener un contexto operacional apropiado, éste banco de pruebas está ubicado dentro del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y posteriormente será utilizado para el estudio y obtención de datos del intervalo P-F de cada rodamiento.

2.4.1. Estado actual de banco de pruebas

2.4.1.1. Trabajos de rehabilitación

Luego de someter a una inspección visual al banco de pruebas se determinó que es necesario:

Instalación de enchufe vinyl “COOPER” para la conexión de la fuente de alimentación hacia el banco de pruebas, en las condiciones actuales se encontraron conductores desnudos, se realizó una nueva instalación cortando los conductores desnudos anteriores.

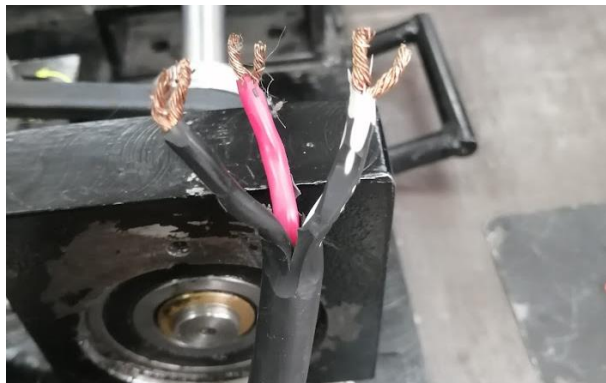


Gráfico 3-2: Identificación de necesidades del banco de pruebas

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Desmontaje e instalación de chumaceras UCP204-12, este elemento sirve de soporte del eje conducido y eje de transmisión de velocidad por medio de una polea.



Gráfico 4-2: Desmontaje de chumaceras acopladas al eje conducido

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Reemplazo e instalación de banda trapezoidal A24, este elemento es utilizado para la transmisión el movimiento rotatorio del eje conductor hacia el eje conducido.

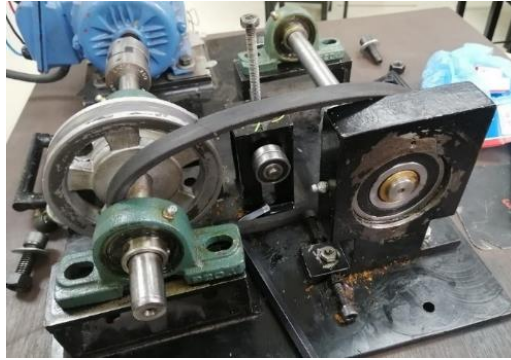


Gráfico 5-2: Desmontaje de la banda

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Adquisición de rodamientos HCH 6202-2RS, para la determinación de la muestra mediante ensayos de pruebas.

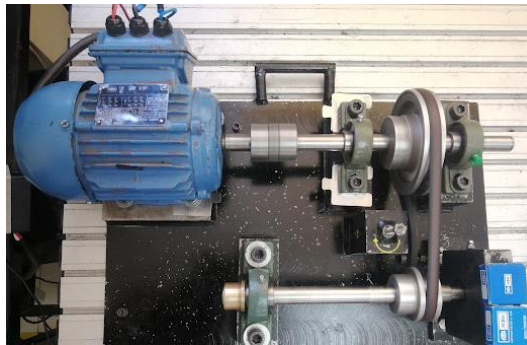


Gráfico 6-2: Adquisición de rodamientos
para ensayos de prueba

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Alineación de ejes mediante la utilización de alzas para lograr una alineación perfecta de la parte fija y la parte móvil del banco de pruebas.

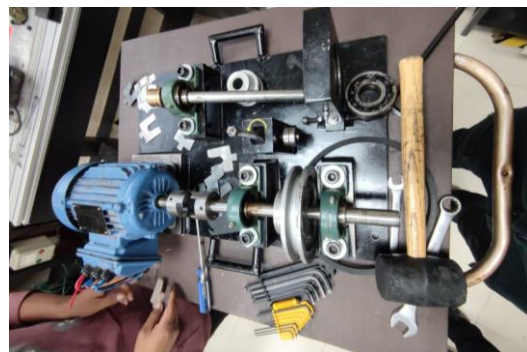


Gráfico 7-2: Colocación de alzas en patas
del motor

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Colocación de bocín en la caja de rodamiento, para la reducción del diámetro interno de la caja base, para la inserción del rodamiento y lograr la concentricidad con el eje.



Gráfico 8-2: Montaje de bocín en la caja de rodamiento y cilindrado de eje

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

2.4.1.2. Trabajos de adecuación

El banco de pruebas al ser sometido a una evaluación y restauración se adecuara a las condiciones requeridas para la toma de datos, facilitando el remplazo del rodamiento después de cada ensayo, regulación de la tensión de la banda y preparación de los equipos de medición de vibraciones colocando el acelerómetro en los puntos correctos de medición.

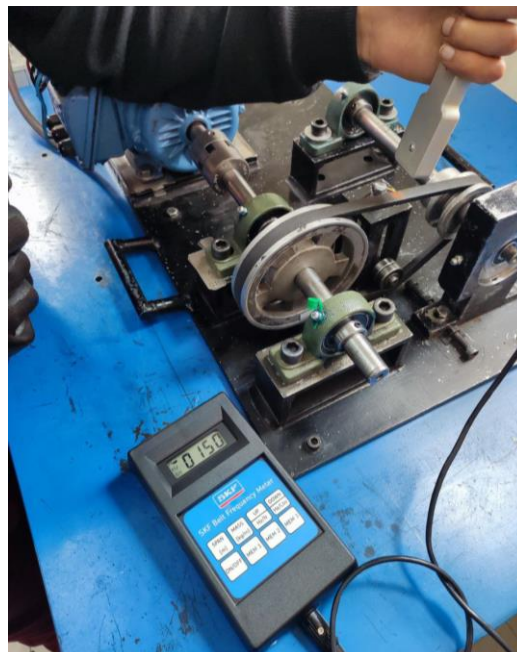


Gráfico 9-2: Regulación de la banda y cambio de rodamiento

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

2.5. Procedimiento para los ensayos de los rodamientos

2.5.1. Configuración de Vib Trend

2.5.1.1. Agregar máquinas

- Dar clic derecho en Administrador de máquinas, seleccionar agregar máquina en el menú desplegable.
- En la ventana desplegable agregar el nombre de la máquina, además es posible agregar correos electrónicos para recibir notificaciones de que haya excedido los valores de alarma al correo electrónico.

2.5.1.2. Agregar puntos de vibración

- Agregar puntos de medición a la máquina, haciendo clic derecho sobre el nombre de la máquina, la que abrirá una nueva ventana, en ésta se selecciona añadir punto de vibración.
- Al seleccionar punto de vibración se mostrará una nueva ventana, en la cual se agregará características de la máquina como nombre, velocidad, estándares ISO, establecer límites de alarma ISO y BDU; además de agregar el correo electrónico para recibir notificaciones del estado de la máquina.

2.5.1.3. Configuración de rutas

- Para descargar máquinas al 9080 es necesario que las máquinas se agreguen primero a una "ruta".
- Las rutas se configuran con el administrador de ruta en la parte superior de la pantalla VibTrend.
- Las nuevas rutas se agregan simplemente haciendo 'clic derecho' en la nueva ruta columna y seleccionando Agregar.
- A continuación, se le puede dar un nombre a la ruta y se agregará a la lista de rutas disponibles.
- Al hacer clic con el botón derecho en el nombre de una ruta, se puede editar y agregar máquinas a esa ruta.

2.5.1.4. *Descarga de rutas a un Vib Meter 330*

- La descarga de rutas a un tpi 9080, se puede realizar mientras la unidad está acoplada a través de su base de acoplamiento USB.
- Para acoplar un 9080, colocar en su base de acoplamiento y conecte el cable a un puerto USB de su PC.
- Seleccionando la pestaña en la barra de menú de VibTrend que dice al medidor. Aparecerá la siguiente ventana que se puede utilizar para seleccionar la ruta a descargar a un tpi 9080.

2.5.1.5. *Carga de lecturas desde un tpi 9080*

- Las lecturas capturas en el tpi 9080 se pueden transferir a VibTrend simplemente seleccionando (clic izquierdo) el Desde el medidor pestaña en la barra de menú VibTrend.
- También carga las lecturas fuera de ruta que se tomaron, lo que hace que se muestre un mensaje en la parte inferior izquierda de la pantalla de VibTrend para indicar que las lecturas fuera de ruta se han cargado y están disponibles para su transferencia a Vib Points.
- Para cambiar las lecturas de ruta a Vib Points, haga clic con el botón derecho en la lectura fuera de ruta y seleccione Mover a la ruta que se desea transferir.

2.6. Recolección de mediciones

2.6.1. *Matriz para recolección de datos*

Mediante la siguiente tabla 4-2 se da a conocer la matriz de los datos recolectados en el banco de pruebas como se observa en la Figura 10-2, en la cual se utiliza el equipo de análisis vibracional tpi 9080 para el almacenamiento de datos en el software Vib Trend y posteriormente se agrega a la matriz de recolección de datos mostrada en la Tabla 5-2; además de la recolección de otros datos no menos importantes como el deslizamiento que se mide mediante la utilización el tacómetro laser para adquirir valores de velocidad tanto de la polea conductora y de la polea conducida, por otra parte la recolección de termogramas para monitorear periódicamente la temperatura del rodamiento y su incremento en función del tiempo.

Tabla 5-2: Matriz de recolección de datos

Nº	Cod. Rod	Carga (N)	Tiempo (Hora)	Tiempo (min)	BDU 0	BDU 1	BDU min	BDU Max	Intervalo P-F (hh-mm-ss)	Tiempo P-F (min)
1	R1-100N	100	8:18:00	498	28	160	28	327	6:17:00	377
2	R2-100N	100	11:59:03	719	28	190	28	328	8:13:00	493
3	R3-100N	100	9:55:00	595	38	80	38	350	6:21:00	381
4	R4-100N	100	9:15:00	555	48	120	29	436	6:47:00	407
5	R5-100N	100	9:24:00	564	47	377	34	509	7:37:00	457
6	R6-100N	100	10:26:00	626	43	234	33	649	8:35:00	515
7	R1-150N	150	8:55:00	535	44	273	34	768	6:53:00	413
8	R2-150N	150	7:13:00	433	39	243	31	637	5:58:00	358
9	R3-150N	150	7:35:00	455	34	155	34	440	6:26:00	386
10	R4-150N	150	7:22:00	442	51	266	37	457	5:15:00	315
11	R5-150N	150	7:37:00	457	52	179	50	411	6:36:00	396
12	R6-150N	150	7:00:00	420	47	274	47	402	6:24:00	384
13	R1-200N	200	5:55:00	355	34	247	34	558	4:47:00	287
14	R2-200N	200	5:53:00	353	49	346	42	486	4:13:00	253
15	R3-200N	200	6:29:00	389	52	123	43	503	5:19:00	319
16	R4-200N	200	6:26:00	386	47	197	40	457	4:24:00	264
17	R5-200N	200	5:51:00	351	35	176	32	453	4:49:00	289
18	R6-200N	200	6:12:00	372	47	165	39	566	5:00:00	300
19	R1-250N	250	5:11:00	311	49	162	43	362	4:08:00	248
20	R2-250N	250	4:40:00	280	49	102	48	337	3:40:00	220
21	R3-250N	250	5:20:00	320	43	194	43	331	4:19:00	259
22	R4-250N	250	4:46:00	286	36	295	36	662	3:52:00	232
23	R5-250N	250	5:08:00	308	36	144	36	428	4:13:00	253
24	R6-250N	250	4:52:00	292	40	553	40	553	3:49:00	229
25	R1-300N	300	3:45:00	225	52	228	46	432	3:01:00	181
26	R2-300N	300	3:28:00	208	48	157	39	416	2:47:00	167
27	R3-300N	300	3:48:00	228	51	229	46	392	3:12:00	192
28	R4-300N	300	3:52:00	232	51	259	47	598	3:05:00	185
29	R5-300N	300	3:35:00	215	41	141	41	442	2:53:00	173
30	R6-300N	300	3:55:00	235	41	192	41	478	3:00:00	180

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022



Gráfico 10-2: Instrumentos de medición

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

2.6.2. Rodamiento 6202-2RS a 100N

En la Tabla 5-2 se muestra los datos obtenidos durante el ensayo de un rodamiento, de esta manera se da a conocer cómo se presenta la evolución del BDU en función del tiempo.

Tabla 6-2: Recolección de datos R04-6202-2RS HCH

Nº	HORA	BDU	Nº	HORA	BDU	Nº	HORA	BDU
1	14:01:00	48	28	14:56:00	37	55	20:59:00	278
2	14:11:00	35	29	14:58:00	39	56	21:16:00	274
3	14:12:00	42	30	15:00:00	41	57	21:30:00	247
4	14:14:00	45	31	15:02:00	36	58	21:47:00	263
5	14:15:00	34	32	15:04:00	36	59	22:02:00	138
6	14:16:00	47	33	15:15:00	52	60	22:16:00	231
7	14:18:00	43	34	15:30:00	54	61	22:25:00	216
8	14:19:00	32	35	15:45:00	67	62	22:29:00	276
9	14:20:00	43	36	15:59:00	74	63	22:29:00	248
10	14:21:00	48	37	16:15:00	60	64	22:30:00	286
11	14:23:00	48	38	16:29:00	62	65	22:32:00	220
12	14:25:00	42	39	16:45:00	73	66	22:34:00	249
13	14:27:00	40	40	17:00:00	97	67	22:37:00	263
14	14:30:00	44	41	17:14:00	97	68	22:38:00	298
15	14:32:00	33	42	17:30:00	88	69	22:38:00	254
16	14:33:00	42	43	17:47:00	100	70	22:40:00	292
17	14:34:00	40	44	18:00:00	105	71	22:40:00	311
18	14:36:00	33	45	18:17:00	123	72	22:41:00	310
19	14:38:00	29	46	18:30:00	112	73	22:41:00	329
20	14:40:00	39	47	18:45:00	130	74	22:42:00	379
21	14:42:00	38	48	19:14:00	180	75	22:43:00	376
22	14:44:00	29	49	19:29:00	237	76	22:44:00	436
23	14:47:00	30	50	19:46:00	174	77	22:45:00	352
24	14:48:00	31	51	19:59:00	201	78	22:46:00	412
25	14:50:00	32	52	20:15:00	232	79	22:53:00	244
26	14:52:00	41	53	20:29:00	219	80	23:16:00	120
27	14:55:00	33	54	20:45:00	266			

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Tabla 7-2: Recolección de datos 6202-2RS

TIEMPO (HORAS)	9:15:00
MINUTOS	555

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

El rodamiento ensayado durante 9 horas con 15 minutos equivalente a una duración de 555 min de vida útil del rodamiento manteniendo una carga constante de 100N, tiempo en el que el rodamiento en buen estado paso a presentar una falla funcional, a continuación, se presenta el gráfico 1-2 en el cual se indica la evolución del rodamiento R04-6202-2RS.

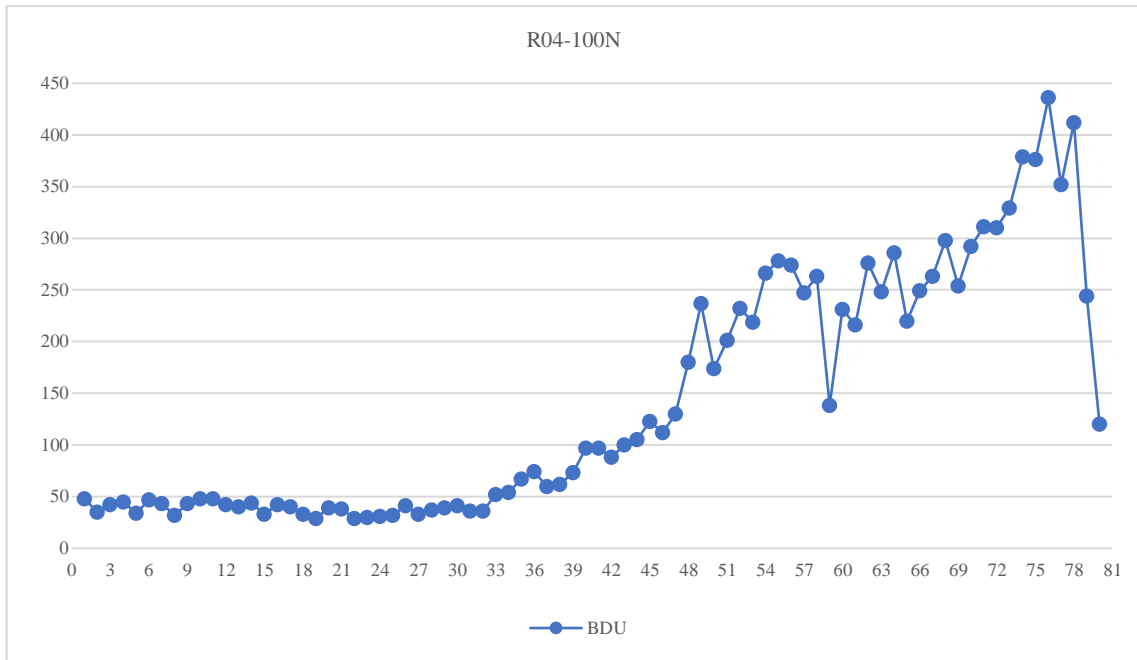


Gráfico 1-2: Evolución del rodamiento 6202-2RS

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

2.7. Estimación del intervalo P-F

2.7.1. Estimación del punto de la falla potencial

La estimación del punto de la falla potencial consiste en la determinación del límite de los 32 primeros datos de la Tabla 5-2 correspondientes al rodamiento R04-6202-2RS en buen estado que proporciona dicha información el instrumento de análisis vibracional tpi 9080, de estos datos se calcula la media, desviación estándar descritas en la Tabla 7-2, mediante la aplicación de la ecuación del límite.

Tabla 8-2: Determinación de parámetros estadísticos

Media	38,44
Desviación estándar	5,797315842
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Límite	56,3525527

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

$$\text{Límite} = \bar{X} + \sigma * Z \quad (7)$$

$$\text{Límite} = 38,44 + 5,797 * 0,999$$

$$\text{Límite} = 56,35$$

Con los cálculos previamente analizados es posible definir el límite del BDU para que el rodamiento 6202-2RS pase de encontrarse en buen estado a tener indicios de falla, a partir del segundo valor del BDU (punto naranja) por encima del límite establecido en la Gráfica 2-2 empieza la falla potencial del rodamiento o más conocido como el inicio del intervalo P-F.

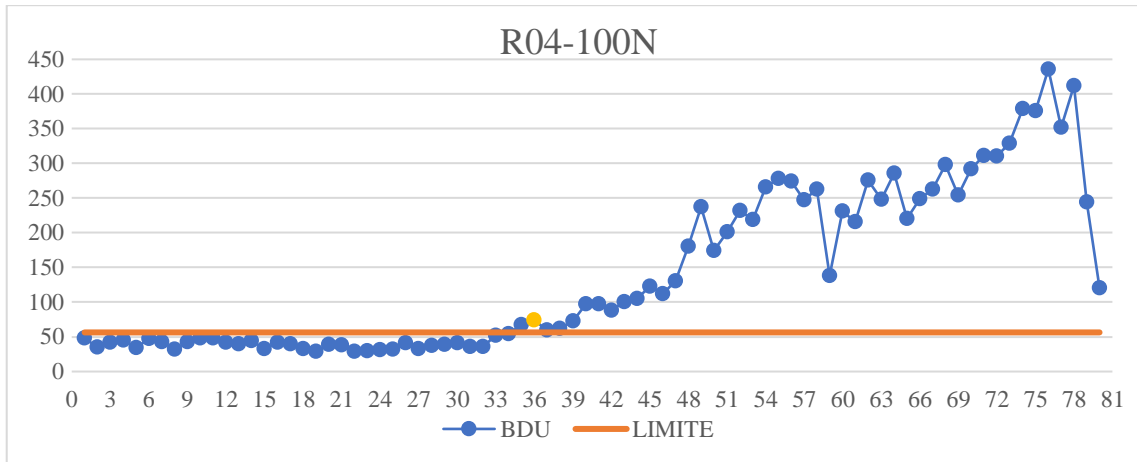


Gráfico 2-2: Establecimiento del punto P

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

2.7.2. Determinación del punto de la falla funcional

Este punto se establece mediante la siguiente consideración, ya que un rodamiento 6202-2RS en mal estado llega a tener un único valor de BDU con un pico más alto y seguidamente se produce un decremento en el valor de BDU debido al exceso de temperatura, se tomará como punto F (fin de la vida útil del rodamiento) el segundo punto más alto en el momento en el que el BDU empieza a decrecer. En el Gráfico 3-2 se encuentra el punto F de la falla funcional (punto rojo).

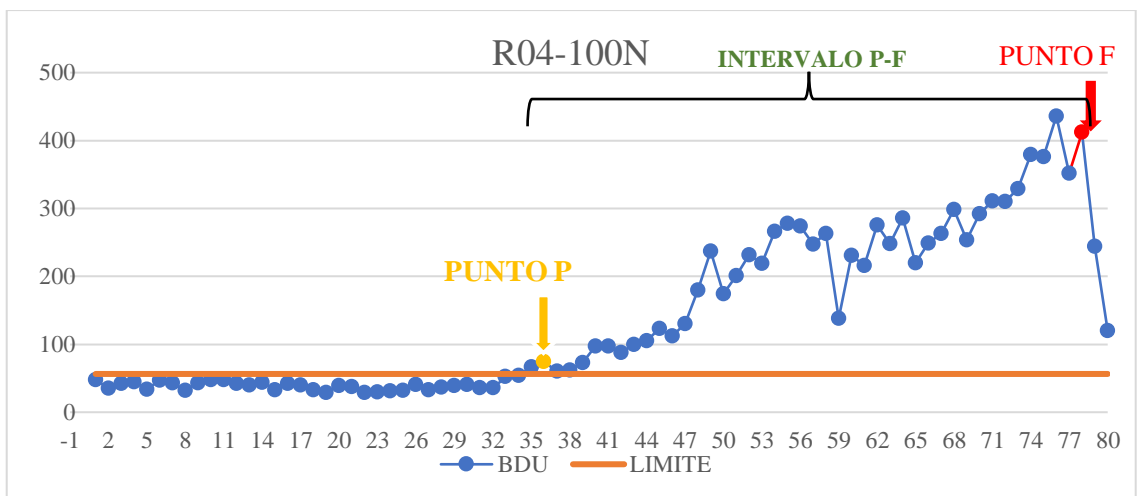


Gráfico 3-2: Establecimiento del punto F

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

2.7.3. Determinación del intervalo P-F

Tabla 9-2: Cálculo de intervalo P-F

Nº	HORA
36	15:59:00
78	22:46:00
Intervalo P-F (horas)	6:47:00
Intervalo P-F (min)	407

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Para el intervalo P-F se consideran los puntos 36 que es el inicio de la falla potencial (punto P) hasta el punto 78 que el rodamiento de encuentra con una falla funcional (punto F). Para estimar el valor de este intervalo se realiza la diferencia de tiempos entre el punto 78 y el punto 36 obteniendo un valor de 6:47:00 horas o su equivalente 407 min.

2.7.4. Análisis de condiciones del rodamiento en buen estado

El rodamiento ensayado es un HCH 6202-2RS, el cual presenta las siguientes características de funcionamiento, velocidad del rodamiento de 3700 rpm, carga constante de 100N en la Figura 11-2 se muestra el espectro de envolvente del rodamiento en buen estado, en el cual se puede apreciar la ausencia de las frecuencias de falla.

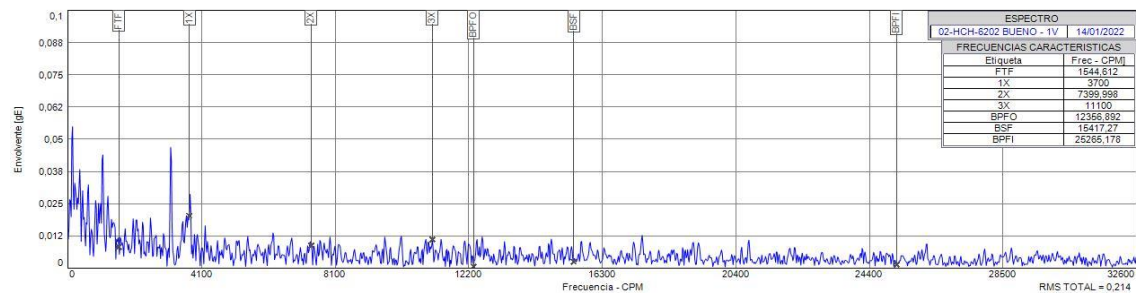


Gráfico 11-2: Espectro de envolvente de un rodamiento en buen estado

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022



Gráfico 12-2: Rodamiento en buen estado

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

2.7.5. Análisis de condiciones del rodamiento en falla potencial

En la Figura 13-2 se presenta el espectro de envolvente en el cual se hacen evidentes unos picos más prolongados y aunque no logramos encontrar definidas con precisión las frecuencias de falla del rodamiento, se puede apreciar la presencia de ruido y defectos insignificantes en los componentes estructurales del rodamiento.

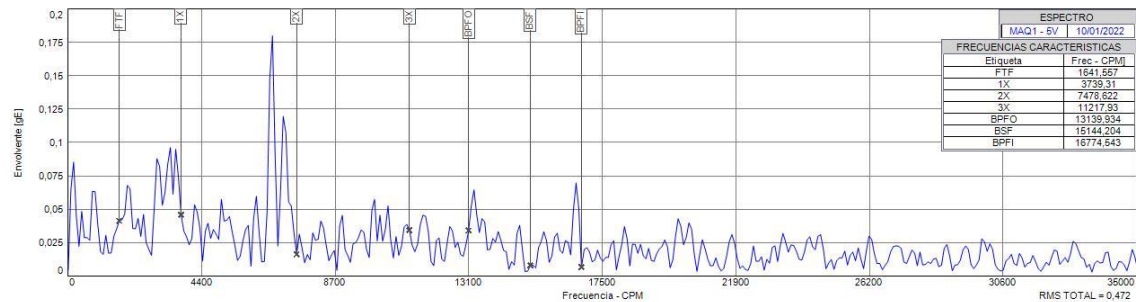


Gráfico 13-2: Espectro de envolvente del rodamiento en falla potencial.

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022



Gráfico 14-2: Rodamiento con falla potencial

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

En el termograma mostrado en la Figura 15-2 se indican los puntos de medición que se detallan en la Tabla 9-2 la misma que presenta la temperatura a la que se encontraba el rodamiento en el momento de alcanzar la falla potencial (punto P).

Tabla 10-2: Características del termograma con falla potencial

Emisividad	0,954
Temperatura máxima (°C)	52,0
Tem. Máx. C1. Elementos canastillas (°C)	46,1
Tem. Máx. C2 Juego eje-rodamiento (°C)	46,1
Tem. Máx. C3 Eje (°C)	52,0

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

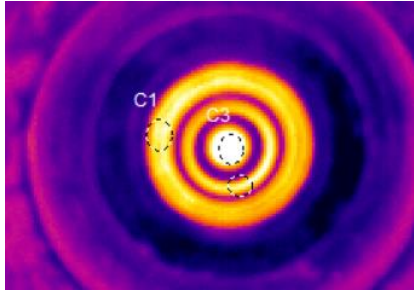


Gráfico 15-2: Rodamiento con falla potencial

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

2.7.6. Análisis de condiciones del rodamiento en falla funcional

La falla funcional se evidenció cuando la canastilla del rodamiento empezó a fracturarse hasta llegar al punto de desprenderse, por otra parte, en el espectro de envolvente se obtuvo la frecuencia de falla FTF correspondiente a la frecuencia de falla de la canastilla, además de diagnosticar un incremento considerable en la temperatura en el rodamiento.

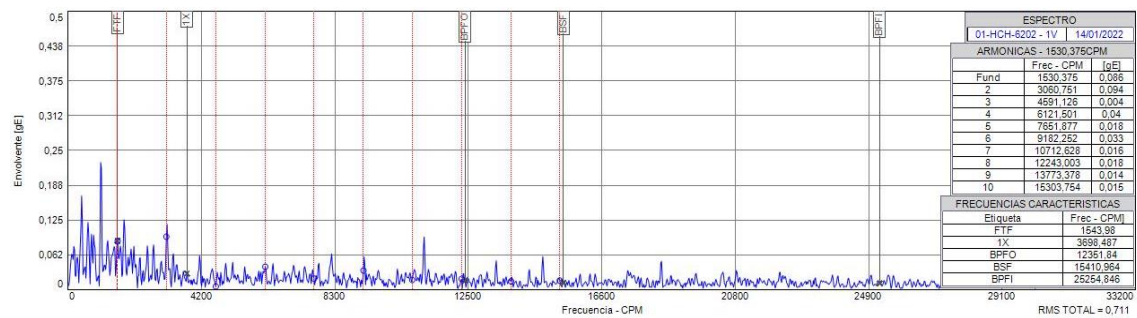


Gráfico 16-2: Espectro de envolvente con falla funcional.

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022



Gráfico 17-2: Canastilla rota del rodamiento

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

En el termograma mostrado en la Figura 18-2 se puede apreciar los puntos de medición detallados en la Tabla 10-2 en los cuales se presentan las características del rodamiento en el momento exacto de la falla funcional, evidenciando una temperatura excesiva en los elementos rodantes, en la canastilla rota, incluso en la pista interna del rodamiento.

Tabla 11-2: Características del termograma con falla funcional

Emisividad	0,95
Máx. Temp (°C)	167,5
C1: Máx. Temp canastilla (°C)	163,1
C2: Máx. Temp eje (°C)	141,8

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

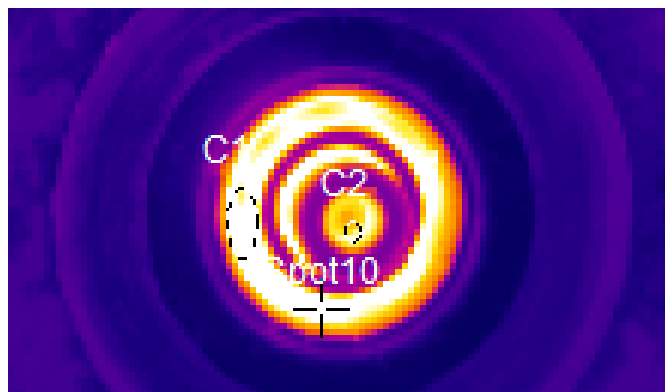


Gráfico 18-2: Termograma del rodamiento con falla funcional

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

2.7.7. Inspección el rodamiento 6202 luego de la falla funcional



Gráfico 19-2: Rodamientos 6202-2RS

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Luego del ensayo de los 30 rodamientos a diferentes cargas como se indica en la figura 19-2. Se realizo una evaluación de las condiciones de cada uno de los rodamientos luego de la falla funcional. Para ello se secciono un rodamiento por cada carga, como se muestra en la figura 20-2. La falla común en la mayoría de los rodamientos coincide en la frecuencia de la canasta, evidenciándose una ruptura de esta visualmente.



Gráfico 20-2: Seccionamiento del rodamiento

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022



Gráfico 21-2: Pista externa

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Se aprecia desgaste por fatiga de contacto en la pista externa, mostrada en la figura 21-2, por otra parte, en la pista interna se evidencia daños en la pista, además una zona afectada térmicamente (Figura 22-2). Finalmente, los elementos rodantes presentan un daño más visible en forma de rayadura mostrado en la figura 23-2.



Gráfico 22-2: Pista interna

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022



Gráfico 23-2: Elementos rodantes

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

2.8. Monitoreo de la banda trapezoidal A24

2.8.1. Cálculo del deslizamiento

Para mantener un rango estable de tensión en la banda, es de suma importancia realizar el monitoreo del deslizamiento de esta, mediante la aplicación de la fórmula 6 del deslizamiento. Para ello, se requiere medir las frecuencias de rotación de las poleas, a través del tacómetro laser, tomando lecturas en intervalos de diez minutos, estos datos recolectados se muestran en ANEXO D, que mediante el cálculo detallado a continuación se obtiene el valor del deslizamiento,

Datos:

$$f_1 = 1755 \text{ rpm}$$

$$f_2 = 3734 \text{ rpm}$$

$$d = 0,038 \text{ m}$$

$$D = 0,114 \text{ m}$$

$$Dz = 1 - \frac{3734 \text{ rpm} * 0,038 \text{ m}}{1755 \text{ rpm} * 0,114 \text{ m}}$$

$$Dz = 0,29397$$

2.8.2. Correlación de datos

Para comprobar la validez de los datos obtenidos en el cálculo del deslizamiento en diferentes intervalos de tiempo se realiza la correlación de los datos a través del coeficiente de correlación de R Pearson. Mediante una matriz desarrollada en un archivo xlsx, se ingresa un nuevo valor de frecuencia de rotación de cada polea, verificándose en tiempo real la correlación de los datos. Tomando en cuenta que si el P_valor es menor que 0,05 la correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa, mientras que si el P_valor es mayor que 0,05 la correlación entre las dos variables no es estadísticamente significativa. Si la correlación entre las dos variables no es estadísticamente significativa se debe tensionar la banda, hasta lograr encontrar la correlación de las dos variables (encontrar las frecuencias de trabajo). Véase la Prueba de correlación en el ANEXO D.

CAPÍTULO III

3. MARCO Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Estadística descriptiva

3.1.1. *Estadística descriptiva de las mediciones a 100N*

Mediante la base de datos recolectados en la tabla 1-3, se realiza la estadística descriptiva de los datos adquiridos en los ensayos de los rodamientos a carga constante (100N), a través de lo cual se encontró los siguientes valores mostrados en la tabla 2-3.

Tabla 1-3: Tiempos de ensayo de rodamientos con carga de 100N

Nº	Cod. Rod	Carga (N)	Tiempo (Hora)	Tiempo (min)	BDU 0	BDU 1	BDU min	BDU Max	Intervalo P-F (hh-mm-ss)	Tiempo P-F (min)
1	R1-100N	100	3:18:00	1638	28	160	28	327	6:17:00	377
2	R2-100N	100	11:59:03	719	28	190	28	328	8:13:00	493
3	R3-100N	100	9:55:00	595	38	80	38	350	6:21:00	381
4	R4-100N	100	9:15:00	555	48	120	29	436	6:47:00	407
5	R5-100N	100	9:24:00	564	47	377	34	509	7:37:00	457
6	R6-100N	100	10:26:00	626	43	234	33	649	8:35:00	515

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Tabla 2-3: Estadística descriptiva de datos con carga de 100N

Tiempo P-F (min)	
Media	438,3333333
Error típico	23,97591384
Mediana	432
Desviación estándar	58,72875502
Varianza de la muestra	3449,066666
Curtosis	-2,159207961
Coficiente de asimetría	0,252602128
Rango	138
Mínimo	377
Máximo	515
Suma	2630
Cuenta	6

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

3.1.2. *Estadística descriptiva de las mediciones a 150N*

Mediante la base de datos recolectados en la tabla 3-3, se realiza la estadística descriptiva de los datos adquiridos en los ensayos de los rodamientos a carga constante (150N), a través de lo cual se encontró los siguientes valores mostrados en la tabla 4-3.

Tabla 3-3: Tiempos de ensayo de rodamientos con carga de 150N

Nº	Cod. Rod	Carga (N)	Tiempo (Hora)	Tiempo (min)	BDU 0	BDU 1	BDU min	BDU Max	Intervalo P-F (hh-mm-ss)	Tiempo P-F (min)
7	R1-150N	150	8:55:00	535	44	273	34	768	6:53:00	413
8	R2-150N	150	7:13:00	433	39	243	31	637	5:58:00	358
9	R3-150N	150	7:35:00	455	34	155	34	440	6:26:00	386
10	R4-150N	150	7:22:00	442	51	266	37	457	5:15:00	315
11	R5-150N	150	7:37:00	457	52	179	50	411	6:36:00	396
12	R6-150N	150	7:00:00	420	47	274	47	402	6:24:00	384

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Tabla 4-3: Estadística descriptiva de datos con carga de 150N

Tiempo P-F (min)	
Media	375,3333333
Error típico	14,11303574
Mediana	385
Desviación estándar	34,56973628
Varianza de la muestra	1195,066667
Curtosis	1,373828163
Coficiente de asimetría	-1,166908815
Rango	98,00000001
Mínimo	315
Máximo	413
Suma	2252
Cuenta	6

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

3.1.3. Estadística descriptiva de las mediciones a 200N

Mediante la base de datos recolectados en la tabla 5-3, se realiza la estadística descriptiva de los datos adquiridos en los ensayos de los rodamientos a carga constante (200N), a través de lo cual se encontró los siguientes valores mostrados en la tabla 6-3.

Tabla 5-3: Tiempos de ensayo de rodamientos con carga de 200N

Nº	Cod. Rod	Carga (N)	Tiempo (Hora)	Tiempo (min)	BDU 0	BDU 1	BDU min	BDU Max	Intervalo P-F (hh-mm-ss)	Tiempo P-F (min)
13	R1-200N	200	5:55:00	355	34	247	34	558	4:47:00	287
14	R2-200N	200	5:53:00	353	49	346	42	486	4:13:00	253
15	R3-200N	200	6:29:00	389	52	123	43	503	5:19:00	319
16	R4-200N	200	6:26:00	386	47	197	40	457	4:24:00	264
17	R5-200N	200	5:51:00	351	35	176	32	453	4:49:00	289
18	R6-200N	200	6:12:00	372	47	165	39	566	5:00:00	300

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Tabla 6-3: Estadística descriptiva de datos con carga de 200N

Tiempo P-F (min)	
Media	285,3333333
Error típico	9,772978622
Mediana	288
Desviación estándar	23,93881089
Varianza de la muestra	573,0666668
Curtosis	-0,641485587
Coefficiente de asimetría	-0,046875755
Rango	66,00000001
Mínimo	253
Máximo	319
Suma	1712
Cuenta	6

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

3.1.4. Estadística descriptiva de las mediciones a 250N

Mediante la base de datos recolectados en la tabla 7-3, se realiza la estadística descriptiva de los datos adquiridos en los ensayos de los rodamientos a carga constante (250N), a través de lo cual se encontró los siguientes valores mostrados en la tabla 8-3.

Tabla 7-3: Tiempos de ensayo de rodamientos con carga de 250N

Nº	Cod. Rod	Carga (N)	Tiempo (Hora)	Tiempo (min)	BDU 0	BDU 1	BDU min	BDU Max	Intervalo P-F (hh-mm-ss)	Tiempo P-F (min)
19	R1-250N	250	5:11:00	311	49	162	43	362	4:08:00	248
20	R2-250N	250	4:40:00	280	49	102	48	337	3:40:00	220
21	R3-250N	250	5:20:00	320	43	194	43	331	4:19:00	259
22	R4-250N	250	4:46:00	286	36	295	36	662	3:52:00	232
23	R5-250N	250	5:08:00	308	36	144	36	428	4:13:00	253
24	R6-250N	250	4:52:00	292	40	553	40	553	3:49:00	229

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Tabla 8-3: Estadística descriptiva de datos con carga de 250N

Tiempo P-F (min)	
Media	240,1666667
Error típico	6,268528094
Mediana	240
Desviación estándar	15,35469527
Varianza de la muestra	235,7666668
Curtosis	-1,941959964
Coefficiente de asimetría	-0,071636562
Rango	39,00000001
Mínimo	220
Máximo	259
Suma	1441
Cuenta	6

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

3.1.5. Estadística descriptiva de las mediciones a 300N

Mediante la base de datos recolectados en la tabla 9-3, se realiza la estadística descriptiva de los datos adquiridos en los ensayos de los rodamientos a carga constante (300N), a través de lo cual se encontró los siguientes valores mostrados en la tabla 10-3.

Tabla 9-3: Tiempos de ensayo de rodamientos con carga de 300N

Nº	Cod. Rod	Carga (N)	Tiempo (Hora)	Tiempo (min)	BDU 0	BDU 1	BDU min	BDU Max	Intervalo P-F (hh-mm-ss)	Tiempo P-F (min)
25	R1-300N	300	3:45:00	225	52	228	46	432	3:01:00	181
26	R2-300N	300	3:28:00	208	48	157	39	416	2:47:00	167
27	R3-300N	300	3:48:00	228	51	229	46	392	3:12:00	192
28	R4-300N	300	3:52:00	232	51	259	47	598	3:05:00	185
29	R5-300N	300	3:35:00	215	41	141	41	442	2:53:00	173
30	R6-300N	300	3:55:00	235	41	192	41	478	3:00:00	180

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Tabla 10-3: Estadística descriptiva de datos con carga de 150N

Tiempo P-F (min)	
Media	179,6666667
Error típico	3,593203461
Mediana	180,5
Desviación estándar	8,801515021
Varianza de la muestra	77,46666667
Curtosis	-0,223181879
Coefficiente de asimetría	-0,131314428
Rango	25,00000001
Mínimo	167
Máximo	192
Suma	1078
Cuenta	6

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

3.2. Análisis de los resultados de los intervalos P-F

3.2.1. Coeficiente de variación

Coeficiente de variación (CV) Razón entre la desviación estándar y la media, que se expresa como un porcentaje.

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} * 100\% \quad (8)$$

Tabla 11-3: Coeficiente de variación

	100N	150N	200N	250N	300N
Desviación estándar	58,728755	34,5697363	23,9388109	15,3546953	8,80151502
Media	438,333333	375,333333	285,333333	240,166667	179,666667
CV	13,40%	9,21%	8,39%	6,39%	4,90%

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Se puede observar que los coeficientes de variación del intervalo P-F sometido a diferentes cargas son menores a 20%, esto significa que la media aritmética es representativa del grupo de datos, por ende, estos grupos de datos son homogéneos.

3.2.2. Diagrama de cajas del intervalo P-F por cada carga

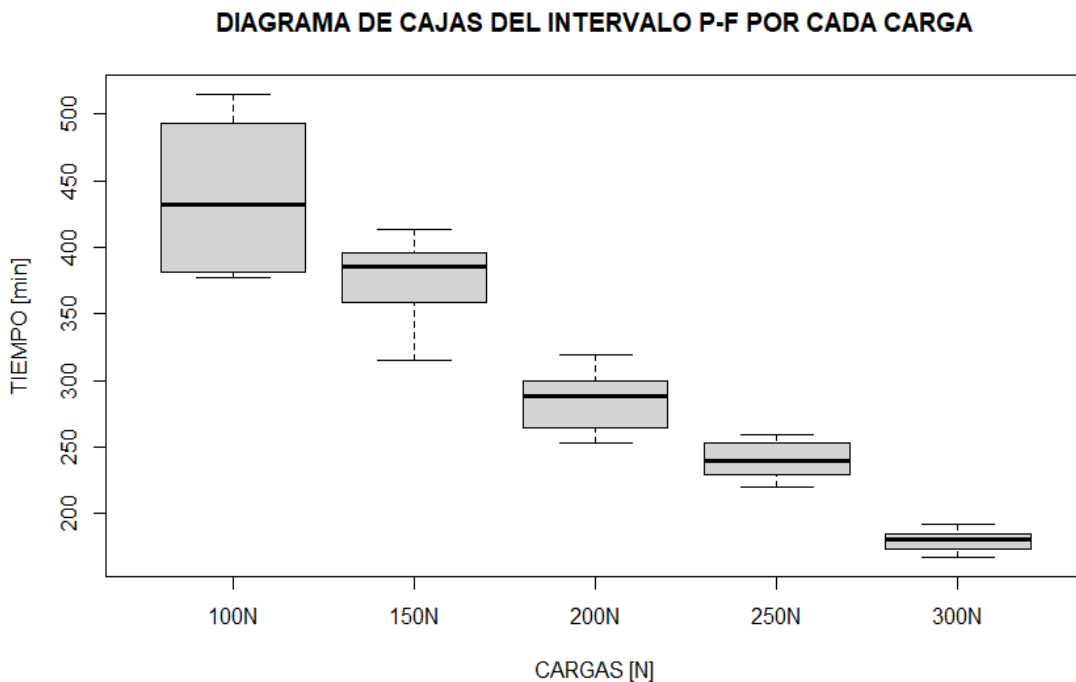


Gráfico 1-3: Diagrama de cajas del intervalo P-F

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Puesto que en todos los casos la mediana no encuentra en el centro de la caja se asume que las distribuciones son asimétricas. En las cargas de 100N y 250N se encuentran sesgadas a la derecha (asimétrica positiva), para las cargas de 150N, 200N y 300N se encuentran sesgadas a la izquierda (asimétrica negativa). En la carga de 100N se observa que el rango intercuartílico es más amplio indicando que los datos se encuentran más dispersos, mientras que en las cargas 250N y 300N existe menor dispersión. Para ninguna de las cargas existen datos atípicos (outliers).

3.3. Prueba de distribución de los datos

3.3.1. Prueba de Kolmogórov-Smirnov para rodamientos con carga de 100N

La verificación de la distribución de los datos se realizó mediante la metodología de la prueba de ajuste y bondad de datos Kolmogórov-Smirnov, esta metodología consiste en el cálculo de las probabilidades acumuladas en las siguientes distribuciones: Exponencial, Weibull y Normal, además del cálculo de la probabilidad teórica en cada distribución.

El primer paso para caracterizar probabilísticamente una variable es plantear de posibles modelos paramétricos que pudieran ajustar bien en los datos de la muestra, las hipótesis que se plantean son las siguientes:

- H1: Los datos se ajustan a la distribución Exponencial
- H2: Los datos se ajustan a la distribución Weibull
- H3: Los datos se ajustan a la distribución Normal

Es necesario calcular los parámetros de cada distribución mostradas en la tabla 12-3 para determinar las probabilidades acumuladas teóricas para cada distribución detalladas a continuación en la tabla 13-3.

Tabla 12-3: Determinación de parámetros de las distribuciones

Distribución	Parámetros	Valores
Exponencial	λ	0,002281369
	α	465,1633876
Weibull	β	7,487782329
	m	438,3333333
Normal	σ	58,72875502

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

El cálculo de la probabilidad empírica es el cociente entre el valor numérico de la posición sobre el número total de datos.

Tabla 13-3: Cálculo de la probabilidad empírica y probabilidad teórica

Falla No "i"	t"i" (min)	F(t) EXPONENCIAL	F(t) WEIBULL	F(t) NORMAL	F(t) EMPÍRICA
1	377	0,576870096	0,187237575	0,148161909	0,166666667
2	381	0,580713793	0,200976483	0,164472884	0,333333333
3	407	0,604860776	0,307752395	0,296834667	0,5
4	457	0,647458013	0,583487355	0,624698908	0,666666667
5	493	0,675254938	0,786743967	0,824030037	0,833333333
6	515	0,691151663	0,88266898	0,90412789	1

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Graficas de los datos obtenidos mediante el cálculo de las probabilidades acumuladas teóricas y empíricas a partir de la tabla 13-3.

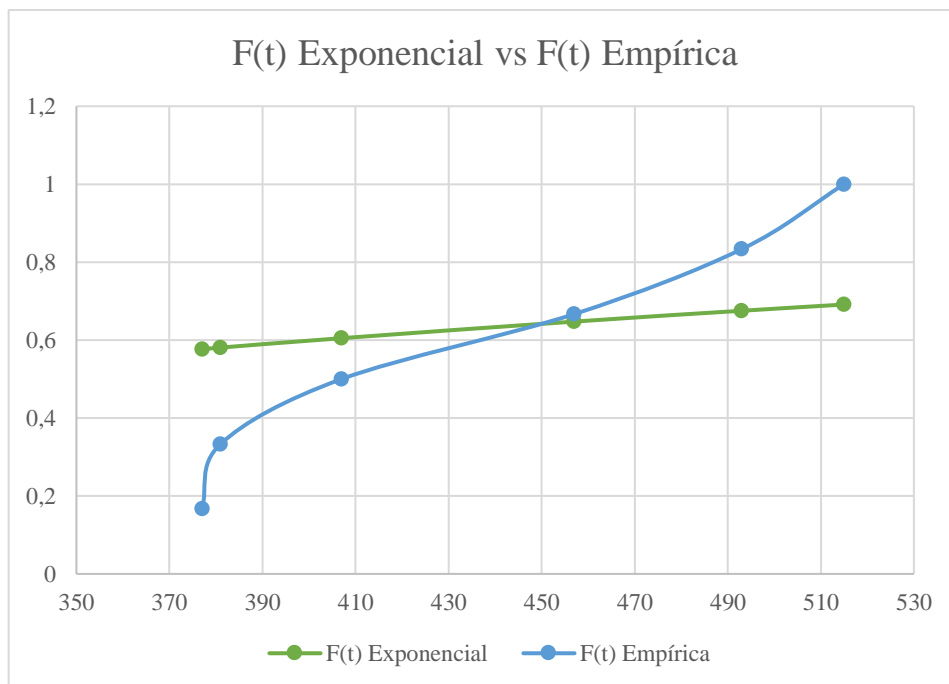


Gráfico 2-3: Probabilidad Exponencial vs Empírica

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

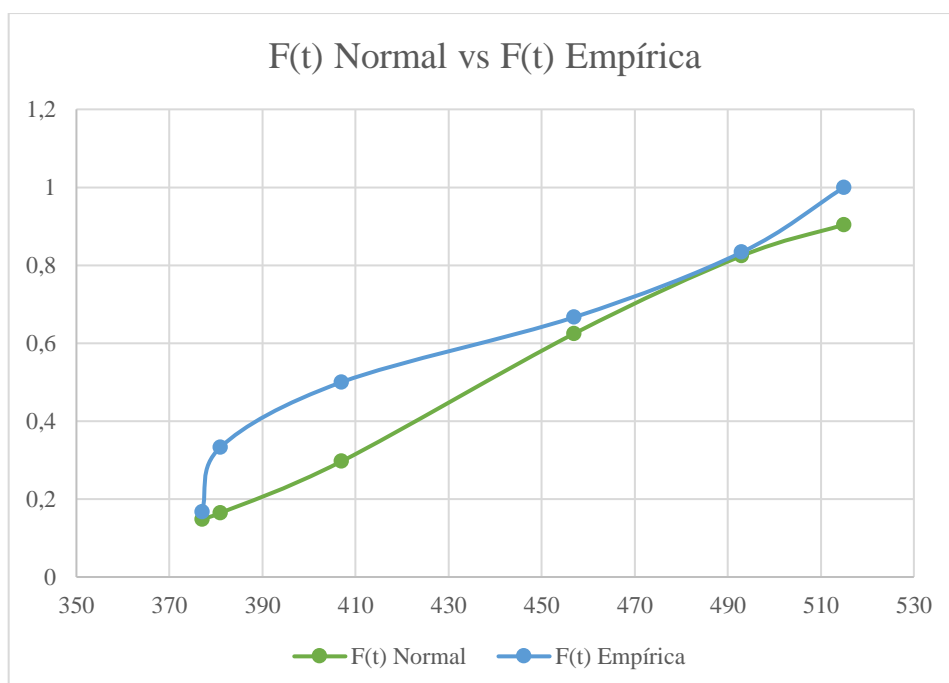


Gráfico 3-3: Probabilidad Normal vs Empírica

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

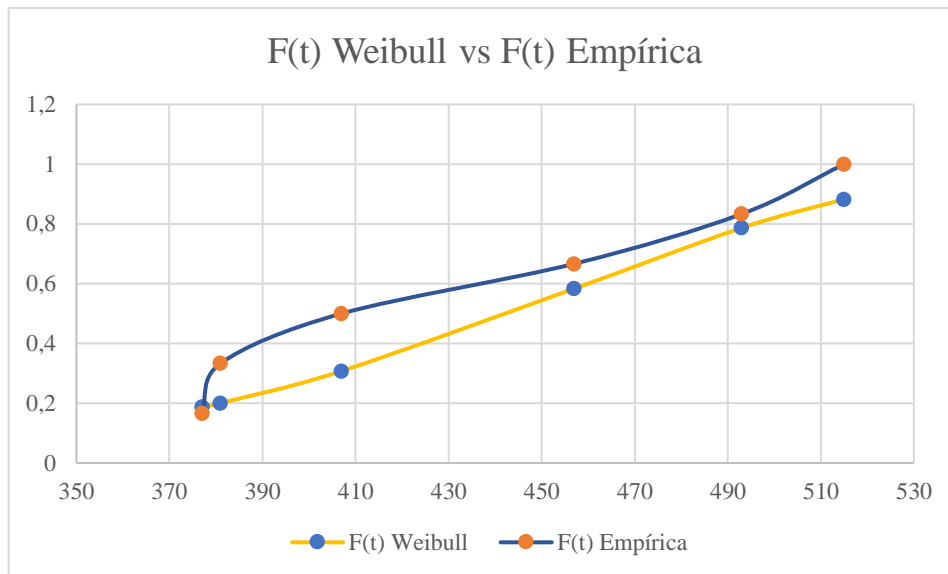


Gráfico 4-3: Probabilidad de Weibull vs Empírica

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

A simple vista dos distribuciones hipotéticas parecen ajustarse bastante bien, mientras que la distribución exponencial está mayormente con datos dispersos respecto a los datos de la probabilidad empírica; para verificar la validez de esta estadística y para seleccionar la distribución a la que mejor se ajusta a los datos se debe realizar una prueba de bondad de ajuste por el método de Kolmogórov-Smirnov. Se procede a calcular los valores absolutos de las diferencias entre valores de las probabilidades acumuladas teóricas y empíricas, para todos los datos de la muestra, como se indica en las siguientes ecuaciones de la tabla 14-3.

Tabla 14-3: Distribución Exponencial

Datos de muestra		Probabilidad Acumulada		Test de Kolmogorov- Smirnov	
Falla No "i"	T"i"(min)	F(t) Exponencial	F̂(t) Empírica	F(t _i)-F̂(t _i)	F(t _i)-F̂(t _i)
1	377	0,576870	0,16667	0,410203	0,414047
2	381	0,580714	0,33333	0,247380	0,271527
3	407	0,604861	0,50000	0,104861	0,147458
4	457	0,647458	0,66667	0,019209	0,008588
5	493	0,675255	0,83333	0,158078	0,142182
6	515	0,691152	1,00000	0,308848	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

A partir de este cálculo se requiere conocer el valor máximo obtenido en las dos últimas columnas, el valor correspondiente a este es de 0,414047, con este valor se compara con el valor crítico evaluado como se indicó, para la prueba de Kolmogorov- Smirnov, se calcula dependiendo del nivel de significancia y del número de datos de la tabla de la prueba de con un valor de significancia de 0,05 y 6 datos corresponde a un valor de 0,521 realizando la comparación entre K-S valor crítico < al valor crítico evaluado, El resultado o valor de la prueba, denotado como K-S valor, es el valor absoluto de la máxima diferencia encontrada.

$$0,414047 < 0,521$$

La hipótesis no es rechazada

Tabla 15-3: Distribución Weibull

Datos de muestra		Probabilidad Acumulada		Test de Kolmogorov- Smirnov	
Falla No "i"	T"i"(min)	F(t) Weibull	F̂(t) Empírica	F(t)-F̂(t)	F(t)-F̂(t)
1	377	0,18724	0,16667	0,02057	0,03431
2	381	0,20098	0,33333	0,13236	0,02558
3	407	0,30775	0,50000	0,19225	0,08349
4	457	0,58349	0,66667	0,08318	0,12008
5	493	0,78674	0,83333	0,04659	0,04934
6	515	0,88267	1,00000	0,11733	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

$$0,19225 < 0,521$$

La hipótesis no es rechazada

Tabla 16-3: Distribución Normal

Datos de muestra		Probabilidad Acumulada		Test de Kolmogorov- Smirnov	
Falla No "i"	T"i"(min)	F(t) Normal	F̂(t) Empírica	F(t)-F̂(t)	F(t)-F̂(t)
1	377	0,148161909	0,166666667	0,01850	0,00219
2	381	0,164472884	0,333333333	0,16886	0,03650
3	407	0,296834667	0,5	0,20317	0,12470
4	457	0,624698908	0,666666667	0,04197	0,15736
5	493	0,824030037	0,833333333	0,00930	0,07079
6	515	0,90412789	1	0,09587	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

$$0,20317 < 0,521$$

La hipótesis no es rechazada

Tabla 17-3: Resumen de la prueba de las dos distribuciones

Distribución hipótesis			
Distribución	Parámetros	Valores	Valor crítico
Exponencial	$\lambda =$	0,002281369	0,41405
	$\alpha =$	465,1633876	0,192248
Weibull	$\beta =$	7,487782329	
	Normal	$m =$	438,3333333
$\sigma =$		58,72875502	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Los resultados de la prueba para las dos hipótesis son menores que los valores críticos para cualquiera de los niveles de significancia; K-S valor crítico < al valor evaluado; por esta razón son hipótesis no rechazadas; pero se selecciona la distribución que mejor se ajuste por presentar el menor K-S valué, en este caso escogemos la distribución Weibull.

3.3.2. Prueba de Kolmogórov-Smirnov para rodamientos con carga de 150N

La verificación de la distribución de los datos se realizó mediante la metodología de la prueba de ajuste y bondad de datos Kolmogórov-Smirnov, esta metodología consiste en el cálculo de las probabilidades acumuladas en las siguientes distribuciones: Exponencial, Weibull y Normal, además del cálculo de la probabilidad teórica en cada distribución.

El primer paso para caracterizar probabilísticamente una variable es plantear hipótesis de posibles modelos paramétricos que pudieran ajustar bien en los datos de la muestra, las hipótesis que se plantean son las siguientes:

- H1: Los datos se ajustan a la distribución Exponencial
- H2: Los datos se ajustan a la distribución Weibull
- H3: Los datos se ajustan a la distribución Normal

Es necesario calcular los parámetros de cada distribución mostradas en la tabla 18-3 para determinar las probabilidades acumuladas teóricas para cada distribución detalladas a continuación en la tabla 18-3.

Tabla 18-3: Determinación de parámetros de las distribuciones

Distribución	Parámetros	Valores
Exponencial	λ	0,002664298
Weibull	α	391,8003564
	β	10,72407993
Normal	m	375,3333333
	σ	34,56973628

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

El cálculo de la probabilidad empírica es el cociente entre el valor numérico de la posición sobre el número total de datos.

Tabla 19-3: Cálculo de la probabilidad empírica y probabilidad teórica

Falla No "i"	t"i"(min)	F(t) EXPONENCIAL	F(t) WEIBULL	F(t) NORMAL	F(t) EMPÍRICA
1	315	0,567967299	0,091853062	0,04046942	0,166666667
2	358	0,614733057	0,316155135	0,308044132	0,333333333
3	384	0,640517789	0,553363173	0,598977347	0,5
4	386	0,64242823	0,573518495	0,62116999	0,666666667
5	396	0,651829218	0,674089004	0,725021782	0,833333333
6	413	0,667247144	0,827892601	0,862052007	1

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Graficas de los datos obtenidos mediante el cálculo de las probabilidades acumuladas teóricas y empíricas a partir de la tabla 18-3.

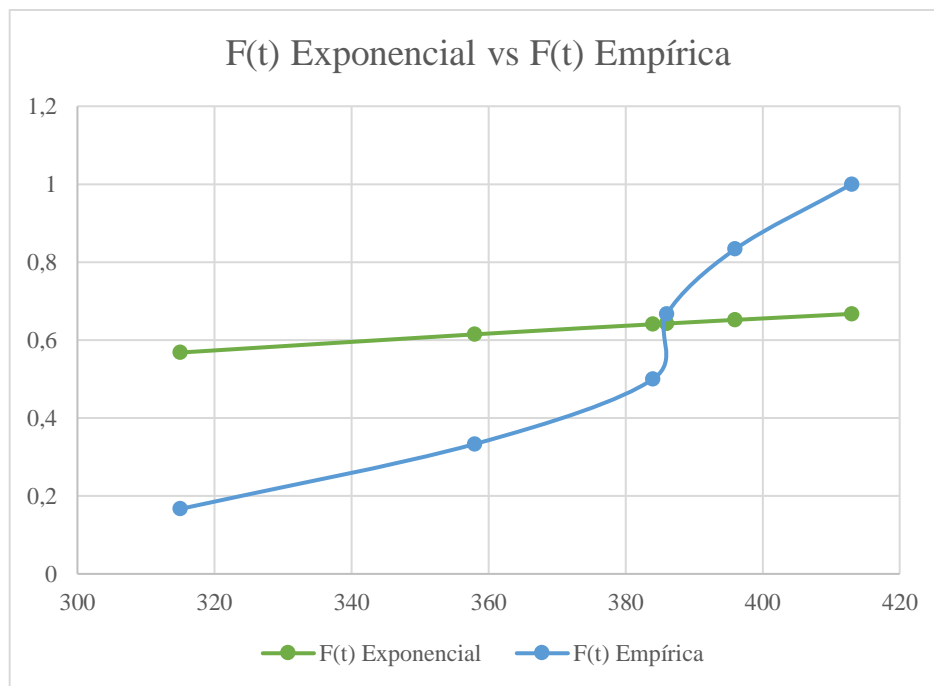


Gráfico 5-3: Probabilidad Exponencial vs Empírica

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

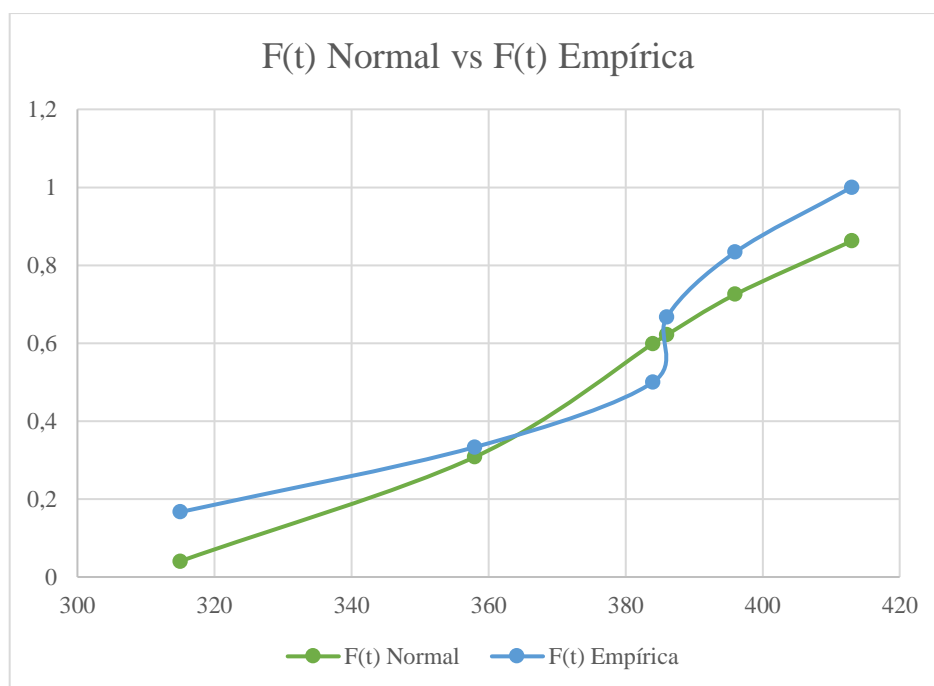


Gráfico 6-3: Probabilidad Normal vs Empírica

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

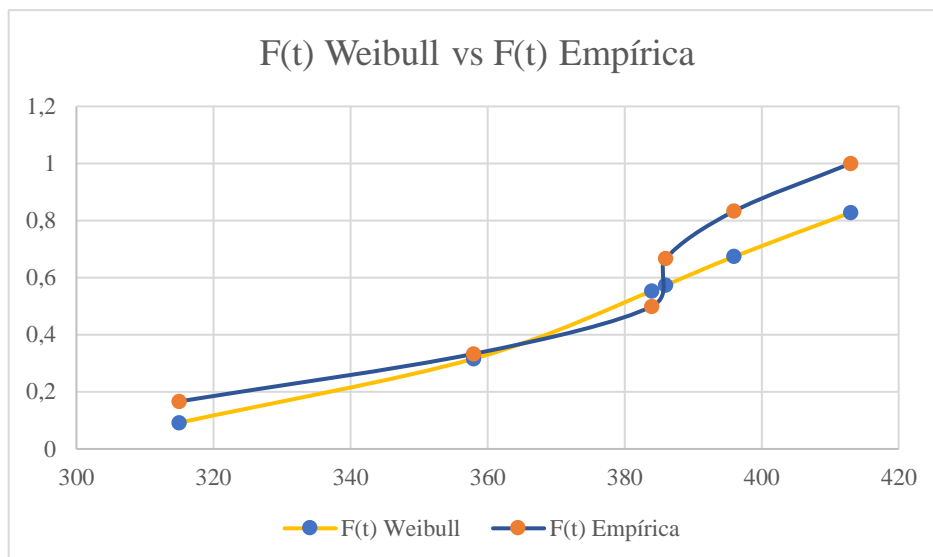


Gráfico 7-3: Probabilidad de Weibull vs Empírica

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

A simple vista dos distribuciones hipotéticas parecen ajustarse bastante bien, mientras que la distribución exponencial está mayormente con datos dispersos respecto a los datos de la probabilidad empírica; para verificar la validez de esta estadística y para seleccionar la distribución a la que mejor se ajusta a los datos se debe realizar una prueba de bondad de ajuste por el método de Kolmogórov-Smirnov. Se procede a calcular los valores absolutos de las diferencias entre valores de las probabilidades acumuladas teóricas y empíricas, para todos los datos de la muestra, como se indica en las siguientes ecuaciones de la tabla 20-3.

Tabla 20-3: Distribución Exponencial

Datos de muestra		Probabilidad Acumulada		Test de Kolmogorov- Smirnov	
Falla No "i"	T"i"(min)	F(t) Exponencial	F̂(t) Empírica	F(t _i)-F̂(t _i)	F(t _i)-F̂(t _i)
1	315	0,567967	0,16667	0,401301	0,448066
2	358	0,614733	0,33333	0,281400	0,307184
3	384	0,640518	0,50000	0,140518	0,142428
4	386	0,642428	0,66667	0,024238	0,014837
5	396	0,651829	0,83333	0,181504	0,166086
6	413	0,667247	1,00000	0,332753	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

A partir de este cálculo se requiere conocer el valor máximo obtenido en las dos últimas columnas, el valor correspondiente a este es de 0,448066, con este valor se compara con el valor crítico evaluado como se indicó, para la prueba de Kolmogorov- Smirnov, se calcula dependiendo del nivel de significancia y del número de datos de la tabla de la prueba de con un valor de significancia de 0,05 y 6 datos corresponde a un valor de 0,521 realizando la comparación entre K-S valor crítico < al valor crítico evaluado, El resultado o valor de la prueba, denotado como K-S valor, es el valor absoluto de la máxima diferencia encontrada.

0,448066 < 0,521

La hipótesis no es rechazada

Tabla 21-3: Distribución Weibull

Datos de muestra		Probabilidad Acumulada		Test de Kolmogorov- Smirnov	
Falla No "i"	T ^{"i"} (min)	F(t) Weibull	F̂(t) Empírica	F(t _i)-F̂(t _i)	F(t _i)-F̂(t _i)
1	315	0,09185	0,16667	0,07481	0,14949
2	358	0,31616	0,33333	0,01718	0,22003
3	384	0,55336	0,50000	0,05336	0,07352
4	386	0,57352	0,66667	0,09315	0,00742
5	396	0,67409	0,83333	0,15924	0,00544
6	413	0,82789	1,00000	0,17211	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

0, 22003 < 0,521

La hipótesis no es rechazada

Tabla 22-3: Distribución Normal

Datos de muestra		Probabilidad Acumulada		Test de Kolmogorov- Smirnov	
Falla No "i"	T ^{"i"} (min)	F(t) Normal	F̂(t) Empírica	F(t _i)-F̂(t _i)	F(t _i)-F̂(t _i)
1	315	0,04046942	0,166666667	0,12620	0,14138
2	358	0,308044132	0,333333333	0,02529	0,26564
3	384	0,598977347	0,5	0,09898	0,12117
4	386	0,62116999	0,666666667	0,04550	0,05836
5	396	0,725021782	0,833333333	0,10831	0,02872
6	413	0,862052007	1	0,13795	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

0,26564 < 0,521

La hipótesis no es rechazada

Tabla 23-3: Resumen de la prueba de las dos distribuciones

Distribución hipótesis			
Distribución	Parámetros	Valores	Valor crítico
Exponencial	λ=	0,002664298	0,44807
	α=	391,8003564	
Weibull	β=	10,72407993	0,220030
	m=	375,3333333	
Normal	σ=	34,56973628	0,26564

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Los resultados de la prueba para las dos hipótesis son menores que los valores críticos para cualquiera de los niveles de significancia; K-S valor crítico < al valor evaluado; por esta razón son hipótesis no rechazadas; pero se selecciona la distribución que mejor se ajuste por presentar el menor K-S valué, en este caso escogemos la distribución Weibull.

3.3.3. Prueba de Kolmogórov-Smirnov para rodamientos con carga de 200N

La verificación de la distribución de los datos se realizó mediante la metodología de la prueba de ajuste y bondad de datos Kolmogórov-Smirnov, esta metodología consiste en el cálculo de las probabilidades acumuladas en las siguientes distribuciones: Exponencial, Weibull y Normal, además del cálculo de la probabilidad teórica en cada distribución.

El primer paso para caracterizar probabilísticamente una variable es plantear hipótesis de posibles modelos paramétricos que pudieran ajustar bien en los datos de la muestra, las hipótesis que se plantean son las siguientes:

- H1: Los datos se ajustan a la distribución Exponencial
- H2: Los datos se ajustan a la distribución Weibull
- H3: Los datos se ajustan a la distribución Normal

Es necesario calcular los parámetros de cada distribución mostradas en la tabla 24-3 para determinar las probabilidades acumuladas teóricas para cada distribución detalladas a continuación en la tabla 25-3.

Tabla 24-3: Determinación de parámetros de las distribuciones

Distribución	Parámetros	Valores
Exponencial	λ	0,003504673
	α	296,2762413
Weibull	β	12,33290036
	m	285,3333333
Normal	σ	23,93881089

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

El cálculo de la probabilidad empírica es el cociente entre el valor numérico de la posición sobre el número total de datos.

Tabla 25-3: Cálculo de la probabilidad empírica y probabilidad teórica

Falla No "i"	t"i"(min)	F(t) EXPONENCIAL	F(t) WEIBULL	F(t) NORMAL	F(t) EMPÍRICA
1	253	0,587979529	0,132937811	0,088401255	0,166666667
2	264	0,603561218	0,214242211	0,186421417	0,333333333
3	287	0,634263124	0,491095321	0,527752717	0,5
4	289	0,636817736	0,520924611	0,560867217	0,666666667
5	300	0,650552474	0,688556744	0,72995376	0,833333333
6	319	0,673063937	0,916904991	0,920191874	1

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Graficas de los datos obtenidos mediante el cálculo de las probabilidades acumuladas teóricas y empíricas a partir de la tabla 24-3.

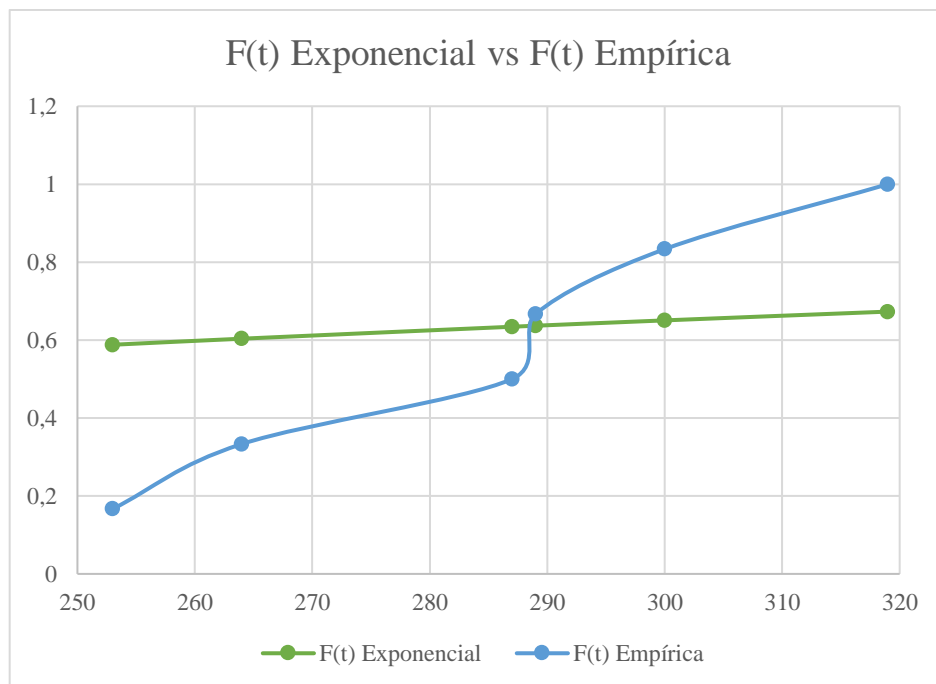


Gráfico 8-3: Probabilidad Exponencial vs Empírica

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

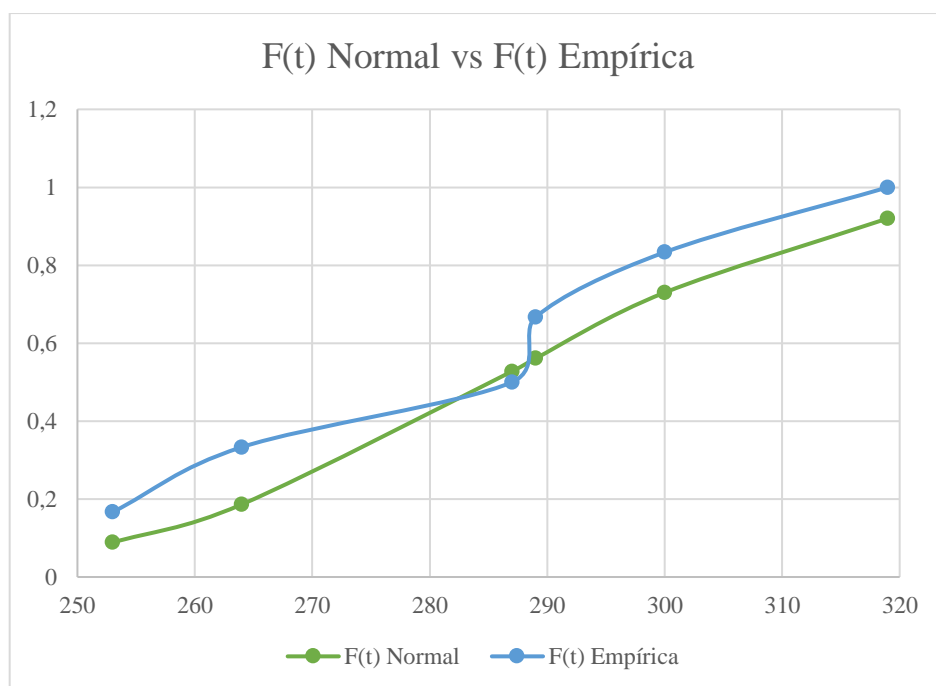


Gráfico 9-3: Probabilidad Normal vs Empírica

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

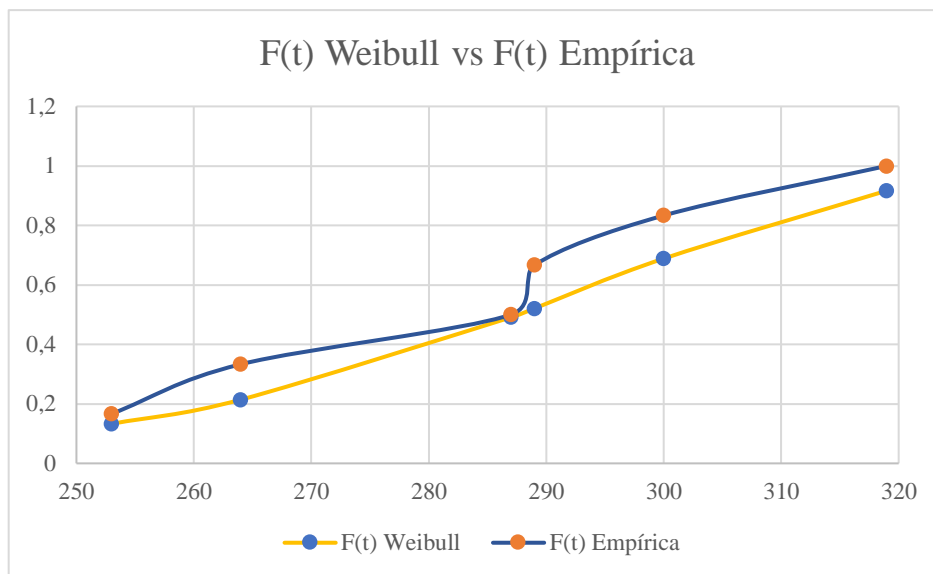


Gráfico 10-3: Probabilidad de Weibull vs Empírica

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

A simple vista dos distribuciones hipotéticas parecen ajustarse bastante bien, mientras que la distribución exponencial está mayormente con datos dispersos respecto a los datos de la probabilidad empírica; para verificar la validez de esta estadística y para seleccionar la distribución a la que mejor se ajusta a los datos se debe realizar una prueba de bondad de ajuste por el método de Kolmogórov-Smirnov. Se procede a calcular los valores absolutos de las diferencias entre valores de las probabilidades acumuladas teóricas y empíricas, para todos los datos de la muestra, como se indica en las siguientes ecuaciones de la tabla 26-3.

Tabla 26-3: Distribución Exponencial

Datos de muestra		Probabilidad Acumulada		Test de Kolmogorov- Smirnov	
Falla No "i"	T"i"(min)	F(t) Exponencial	F̂(t) Empírica	F(t _i)-F̂(t _i)	F(t _i)-F̂(t _i)
1	253	0,587980	0,16667	0,421313	0,436895
2	264	0,603561	0,33333	0,270228	0,300930
3	287	0,634263	0,50000	0,134263	0,136818
4	289	0,636818	0,66667	0,029849	0,016114
5	300	0,650552	0,83333	0,182781	0,160269
6	319	0,673064	1,00000	0,326936	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

A partir de este cálculo se requiere conocer el valor máximo obtenido en las dos últimas columnas, el valor correspondiente a este es de 0,436895, con este valor se compara con el valor crítico evaluado como se indicó, para la prueba de Kolmogorov- Smirnov, se calcula dependiendo del nivel de significancia y del número de datos de la tabla de la prueba de con un valor de significancia de 0,05 y 6 datos corresponde a un valor de 0,521 realizando la comparación entre K-S valor crítico < al valor crítico evaluado, El resultado o valor de la prueba, denotado como K-S valor, es el valor absoluto de la máxima diferencia encontrada.

0,436895 < 0,521

La hipótesis no es rechazada

Tabla 27-3: Distribución Weibull

Datos de muestra		Probabilidad Acumulada		Test de Kolmogorov- Smirnov	
Falla No "i"	T"i"(min)	F(t) Weibull	F̂(t) Empírica	F(t)-F̂(t)	F(t)-F̂(t)
1	253	0,13294	0,16667	0,03373	0,04758
2	264	0,21424	0,33333	0,11909	0,15776
3	287	0,49110	0,50000	0,00890	0,02092
4	289	0,52092	0,66667	0,14574	0,02189
5	300	0,68856	0,83333	0,14478	0,08357
6	319	0,91690	1,00000	0,08310	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

0, 15776 < 0,521

La hipótesis no es rechazada

Tabla 28-3: Distribución Normal

Datos de muestra		Probabilidad Acumulada		Test de Kolmogorov- Smirnov	
Falla No "i"	T"i"(min)	F(t) Normal	F̂(t) Empírica	F(t)-F̂(t)	F(t)-F̂(t)
1	253	0,088401255	0,166666667	0,07827	0,01975
2	264	0,186421417	0,333333333	0,14691	0,19442
3	287	0,527752717	0,5	0,02775	0,06087
4	289	0,560867217	0,666666667	0,10580	0,06329
5	300	0,72995376	0,833333333	0,10338	0,08686
6	319	0,920191874	1	0,07981	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

0, 19442 < 0,521

La hipótesis no es rechazada

Tabla 29-3: Resumen de la prueba de las dos distribuciones

Distribución hipótesis			
Distribución	Parámetros	Valores	Valor critico
Exponencial	$\lambda=$	0,003504673	0,43689
Weibull	$\alpha=$	296,2762413	0,157762
	$\beta=$	12,33290036	
Normal	$m=$	285,3333333	0,19442
	$\sigma=$	23,93881089	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Los resultados de la prueba para las dos hipótesis son menores que los valores críticos para cualquiera de los niveles de significancia; K-S valor crítico < al valor evaluado; por esta razón son hipótesis no rechazadas; pero se selecciona la distribución que mejor se ajuste por presentar el menor K-S valué, en este caso escogemos la distribución Weibull.

3.3.4. Prueba de Kolmogórov-Smirnov para rodamientos con carga de 250N

La verificación de la distribución de los datos se realizó mediante la metodología de la prueba de ajuste y bondad de datos Kolmogórov-Smirnov, esta metodología consiste en el cálculo de las probabilidades acumuladas en las siguientes distribuciones: Exponencial, Weibull y Normal, además del cálculo de la probabilidad teórica en cada distribución.

El primer paso para caracterizar probabilísticamente una variable es plantear hipótesis de posibles modelos paramétricos que pudieran ajustar bien en los datos de la muestra, las hipótesis que se plantean son las siguientes:

- H1: Los datos se ajustan a la distribución Exponencial
- H2: Los datos se ajustan a la distribución Weibull
- H3: Los datos se ajustan a la distribución Normal

Es necesario calcular los parámetros de cada distribución mostradas en la tabla 30-3 para determinar las probabilidades acumuladas teóricas para cada distribución detalladas a continuación en la tabla 31-3.

Tabla 30-3: Determinación de parámetros de las distribuciones

Distribución	Parámetros	Valores
Exponencial	λ	0,004163775
	α	247,3439086
Weibull	β	16,06601746
	m	240,1666667
Normal	σ	15,35469527

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

El cálculo de la probabilidad empírica es el cociente entre el valor numérico de la posición sobre el número total de datos.

Tabla 31-3: Cálculo de la probabilidad empírica y probabilidad teórica

Falla No "i"	t ^{"i"} (min)	F(t) EXPONENCIAL	F(t) WEIBULL	F(t) NORMAL	F(t) EMPÍRICA
1	220	0,599895907	0,141234631	0,094526184	0,166666667
2	229	0,614611942	0,251706898	0,233537118	0,333333333
3	232	0,619396008	0,30050594	0,29740881	0,5
4	248	0,643925834	0,647772529	0,695029903	0,666666667
5	253	0,651262265	0,762596487	0,79836407	0,833333333
6	259	0,659866729	0,876996798	0,890004504	1

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Graficas de los datos obtenidos mediante el cálculo de las probabilidades acumuladas teóricas y empíricas a partir de la tabla 30-3.

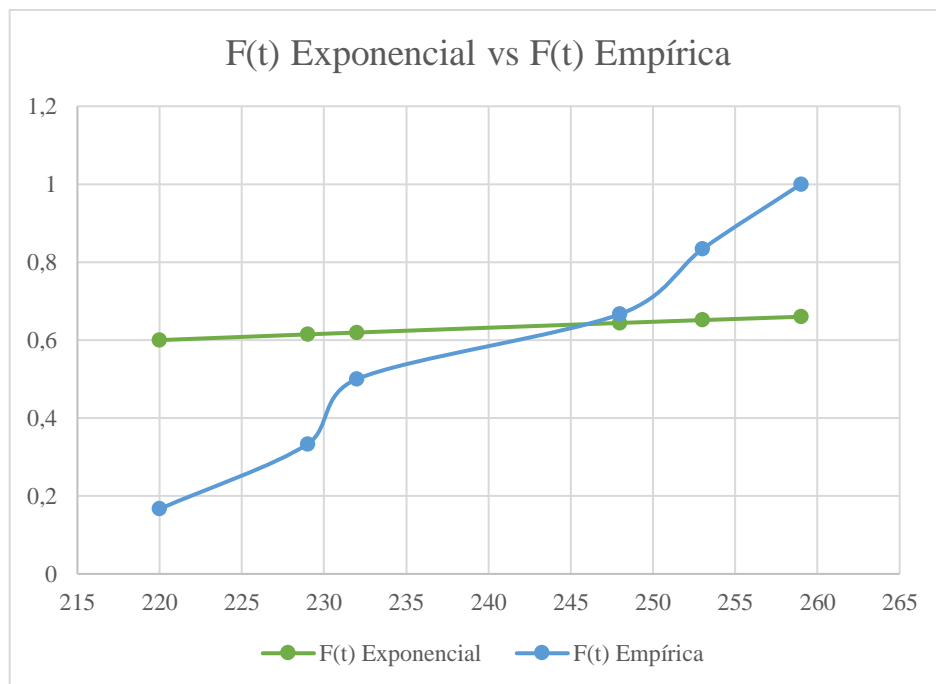


Gráfico 11-3: Probabilidad Exponencial vs Empírica

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

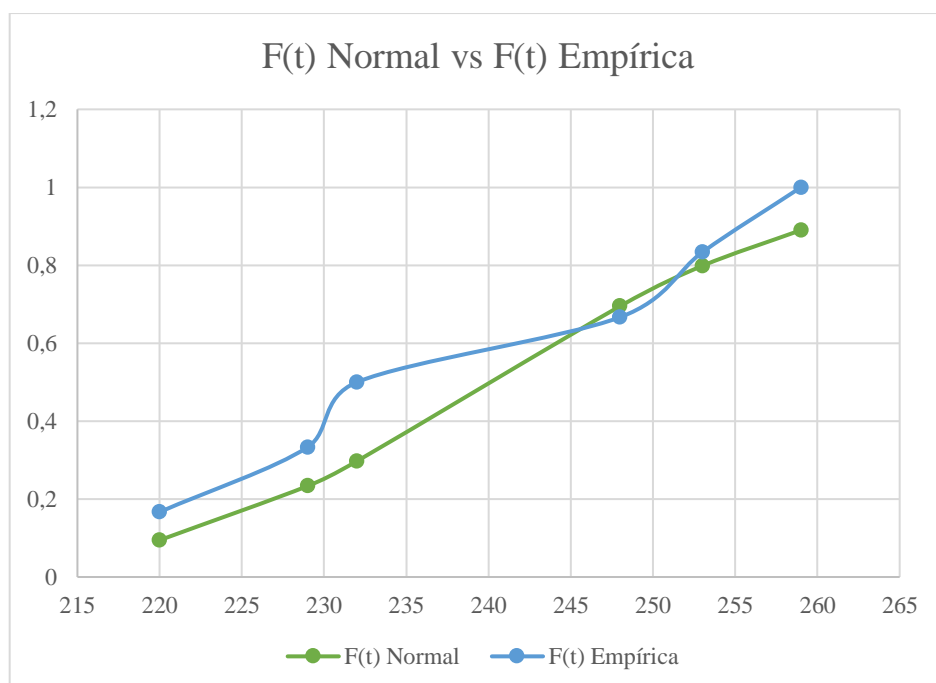


Gráfico 12-3: Probabilidad Normal vs Empírica

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

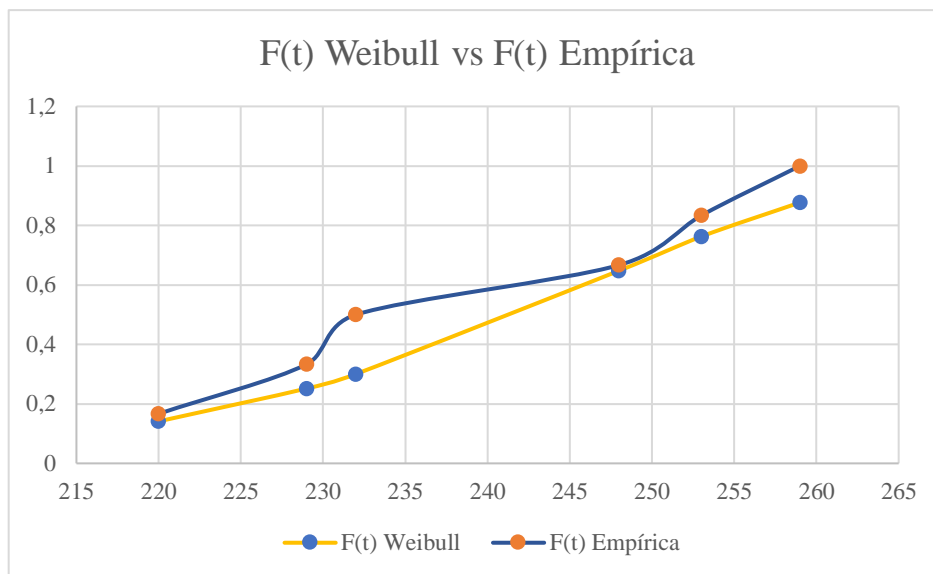


Gráfico 13-3: Probabilidad de Weibull vs Empírica

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

A simple vista dos distribuciones hipotéticas parecen ajustarse bastante bien, mientras que la distribución exponencial está mayormente con datos dispersos respecto a los datos de la probabilidad empírica; para verificar la validez de esta estadística y para seleccionar la distribución a la que mejor se ajusta a los datos se debe realizar una prueba de bondad de ajuste por el método de Kolmogórov-Smirnov. Se procede a calcular los valores absolutos de las diferencias entre valores de las probabilidades acumuladas teóricas y empíricas, para todos los datos de la muestra, como se indica en las siguientes ecuaciones de la tabla 32-3.

Tabla 32-3: Distribución Exponencial

Datos de muestra		Probabilidad Acumulada		Test de Kolmogorov- Smirnov	
Falla No "i"	T"i"(min)	F(t) Exponencial	F̂(t) Empírica	F(t _i)-F̂(t _i)	F(t _i)-F̂(t _i)
1	220	0,599896	0,16667	0,433229	0,447945
2	229	0,614612	0,33333	0,281279	0,286063
3	232	0,619396	0,50000	0,119396	0,143926
4	248	0,643926	0,66667	0,022741	0,015404
5	253	0,651262	0,83333	0,182071	0,173467
6	259	0,659867	1,00000	0,340133	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

A partir de este cálculo se requiere conocer el valor máximo obtenido en las dos últimas columnas, el valor correspondiente a este es de 0,447945, con este valor se compara con el valor crítico evaluado como se indicó, para la prueba de Kolmogorov- Smirnov, se calcula dependiendo del nivel de significancia y del número de datos de la tabla de la prueba de con un valor de significancia de 0,05 y 6 datos corresponde a un valor de 0,521 realizando la comparación entre K-S valor crítico < al valor crítico evaluado, El resultado o valor de la prueba, denotado como K-S valor, es el valor absoluto de la máxima diferencia encontrada.

0, 447945 <0,521

La hipótesis no es rechazada

Tabla 33-3: Distribución Weibull

Datos de muestra		Probabilidad Acumulada		Test de Kolmogorov- Smirnov	
Falla No "i"	T"i"(min)	F(t) Weibull	F̂(t) Empírica	F(t)-F̂(t)	F(t)-F̂(t)
1	220	0,14123	0,16667	0,02543	0,08504
2	229	0,25171	0,33333	0,08163	0,03283
3	232	0,30051	0,50000	0,19949	0,14777
4	248	0,64777	0,66667	0,01889	0,09593
5	253	0,76260	0,83333	0,07074	0,04366
6	259	0,87700	1,00000	0,12300	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

0, 19949 <0,521

La hipótesis no es rechazada

Tabla 34-3: Distribución Normal

Datos de muestra		Probabilidad Acumulada		Test de Kolmogorov- Smirnov	
Falla No "i"	T"i"(min)	F(t) Normal	F̂(t) Empírica	F(t)-F̂(t)	F(t)-F̂(t)
1	220	0,094526184	0,166666667	0,07214	0,06687
2	229	0,233537118	0,333333333	0,09980	0,03592
3	232	0,29740881	0,5	0,20259	0,19503
4	248	0,695029903	0,666666667	0,02836	0,13170
5	253	0,79836407	0,833333333	0,03497	0,05667
6	259	0,890004504	1	0,11000	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

0,20259 <0,521

La hipótesis no es rechazada

Tabla 35-3: Resumen de la prueba de las dos distribuciones

Distribución hipótesis			
Distribución	Parámetros	Valores	Valor crítico
Exponencial	$\lambda=$	0,004163775	0,44795
Weibull	$\alpha=$	247,3439086	0,199494
	$\beta=$	16,06601746	
Normal	$m=$	240,1666667	0,20259
	$\sigma=$	15,35469527	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Los resultados de la prueba para las dos hipótesis son menores que los valores críticos para cualquiera de los niveles de significancia; K-S valor crítico < al valor evaluado; por esta razón son hipótesis no rechazadas; pero se selecciona la distribución que mejor se ajuste por presentar el menor K-S valué, en este caso escogemos la distribución Weibull.

3.3.5. Prueba de Kolmogórov-Smirnov para rodamientos con carga de 300N

La verificación de la distribución de los datos se realizó mediante la metodología de la prueba de ajuste y bondad de datos Kolmogórov-Smirnov, esta metodología consiste en el cálculo de las probabilidades acumuladas en las siguientes distribuciones: Exponencial, Weibull y Normal, además del cálculo de la probabilidad teórica en cada distribución.

El primer paso para caracterizar probabilísticamente una variable es plantear hipótesis de posibles modelos paramétricos que pudieran ajustar bien en los datos de la muestra, las hipótesis que se plantean son las siguientes:

- H1: Los datos se ajustan a la distribución Exponencial
- H2: Los datos se ajustan a la distribución Weibull
- H3: Los datos se ajustan a la distribución Normal

Es necesario calcular los parámetros de cada distribución mostradas en la tabla 36-3 para determinar las probabilidades acumuladas teóricas para cada distribución detalladas a continuación en la tabla 37-3.

Tabla 36-3: Determinación de parámetros de las distribuciones

Distribución	Parámetros	Valores
Exponencial	λ	0,005565863
	α	183,7497683
Weibull	β	21,3225081
	m	179,6666667
Normal	σ	8,801515021

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

El cálculo de la probabilidad empírica es el cociente entre el valor numérico de la posición sobre el número total de datos.

Tabla 37-3: Cálculo de la probabilidad empírica y probabilidad teórica

Falla No "i"	t"i"(min)	F(t) EXPONENCIAL	F(t) WEIBULL	F(t) NORMAL	F(t) EMPÍRICA
1	167	0,605248597	0,122155122	0,075054556	0,166666667
2	173	0,618213699	0,241598611	0,224391547	0,333333333
3	180	0,632802448	0,47495748	0,515105238	0,5
4	181	0,634840542	0,515705677	0,560205034	0,666666667
5	185	0,642880422	0,685119481	0,727728108	0,833333333
6	192	0,656526611	0,921998302	0,91943391	1

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Graficas de los datos obtenidos mediante el cálculo de las probabilidades acumuladas teóricas y empíricas a partir de la tabla 36-3.

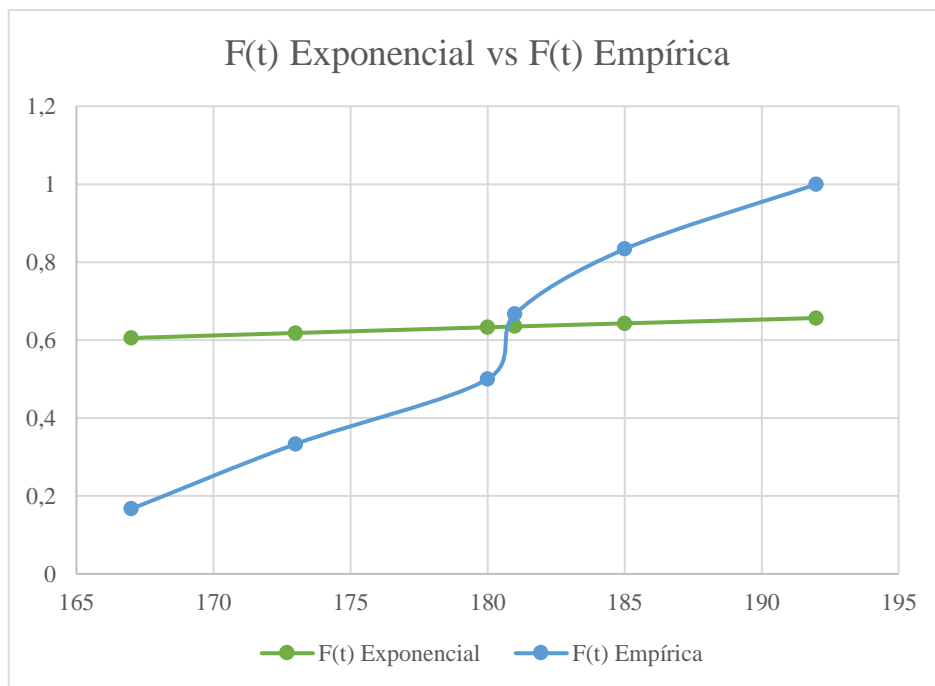


Gráfico 14-3: Probabilidad Exponencial vs Empírica

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

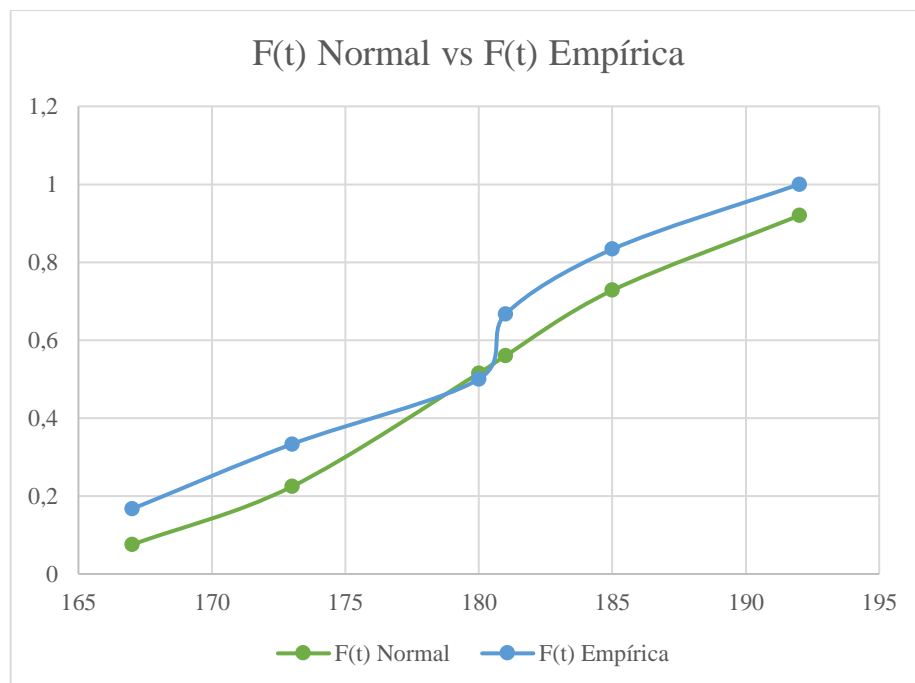


Gráfico 15-3: Probabilidad Normal vs Empírica

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

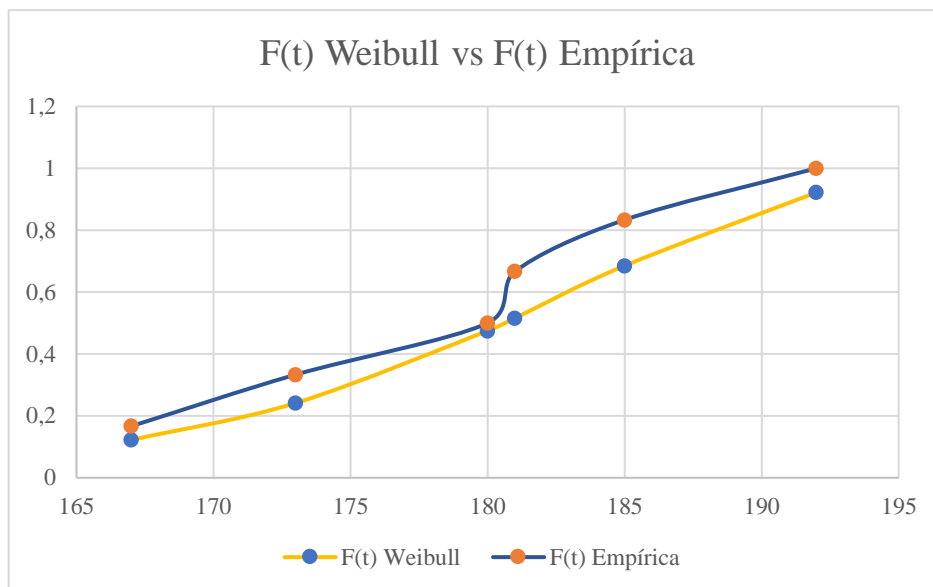


Gráfico 16-3: Probabilidad de Weibull vs Empírica

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

A simple vista dos distribuciones hipotéticas parecen ajustarse bastante bien, mientras que la distribución exponencial está mayormente con datos dispersos respecto a los datos de la probabilidad empírica; para verificar la validez de esta estadística y para seleccionar la distribución a la que mejor se ajusta a los datos se debe realizar una prueba de bondad de ajuste por el método de Kolmogórov-Smirnov. Se procede a calcular los valores absolutos de las diferencias entre valores de las probabilidades acumuladas teóricas y empíricas, para todos los datos de la muestra, como se indica en las siguientes ecuaciones de la tabla 38-3.

Tabla 38-3: Distribución Exponencial

Datos de muestra		Probabilidad Acumulada		Test de Kolmogorov- Smirnov	
Falla No "i"	T <i>"i"</i> (min)	F(t) Exponencial	F̂(t) Empírica	F(t) _i -F̂(t) _i	F(t) _i -F̂(t) _i
1	167	0,605249	0,16667	0,438582	0,451547
2	173	0,618214	0,33333	0,284880	0,299469
3	180	0,632802	0,50000	0,132802	0,134841
4	181	0,634841	0,66667	0,031826	0,023786
5	185	0,642880	0,83333	0,190453	0,176807
6	192	0,656527	1,00000	0,343473	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

A partir de este cálculo se requiere conocer el valor máximo obtenido en las dos últimas columnas, el valor correspondiente a este es de 0,451547, con este valor se compara con el valor crítico evaluado como se indicó, para la prueba de Kolmogorov- Smirnov, se calcula dependiendo del nivel de significancia y del número de datos de la tabla de la prueba de con un valor de significancia de 0,05 y 6 datos corresponde a un valor de 0,521 realizando la comparación entre K-S valor crítico < al valor crítico evaluado, El resultado o valor de la prueba, denotado como K-S valor, es el valor absoluto de la máxima diferencia encontrada.

$$0,451547 < 0,521$$

La hipótesis no es rechazada

Tabla 39-3: Distribución Weibull

Datos de muestra		Probabilidad Acumulada		Test de Kolmogorov- Smirnov	
Falla No "i"	T"i"(min)	F(t) Weibull	F̂(t) Empírica	F(t)-F̂(t)	F(t)-F̂(t)
1	167	0,12216	0,16667	0,04451	0,07493
2	173	0,24160	0,33333	0,09173	0,14162
3	180	0,47496	0,50000	0,02504	0,01571
4	181	0,51571	0,66667	0,15096	0,01845
5	185	0,68512	0,83333	0,14821	0,08866
6	192	0,92200	1,00000	0,07800	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

$$0,15096 < 0,521$$

La hipótesis no es rechazada

Tabla 40-3: Distribución Normal

Datos de muestra		Probabilidad Acumulada		Test de Kolmogorov- Smirnov	
Falla No "i"	T"i"(min)	F(t) Normal	F̂(t) Empírica	F(t)-F̂(t)	F(t)-F̂(t)
1	167	0,075054556	0,166666667	0,10561	0,05772
2	173	0,224391547	0,333333333	0,10894	0,18177
3	180	0,515105238	0,5	0,01511	0,06021
4	181	0,560205034	0,666666667	0,10646	0,06106
5	185	0,727728108	0,833333333	0,10561	0,08610
6	192	0,91943391	1	0,08057	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

$$0,18177 < 0,521$$

La hipótesis no es rechazada

Tabla 41-3: Resumen de la prueba de las dos distribuciones

Distribución hipótesis			
Distribución	Parámetros	Valores	Valor crítico
Exponencial	$\lambda=$	0,005565863	0,45155
	$\alpha=$	183,7497683	0,150961
Weibull	$\beta=$	21,3225081	
	Normal	$m=$	179,6666667
$\sigma=$		8,801515021	

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Los resultados de la prueba para las dos hipótesis son menores que los valores críticos para cualquiera de los niveles de significancia; K-S valor crítico < al valor evaluado; por esta razón son hipótesis no rechazadas; pero se selecciona la distribución que mejor se ajuste por presentar el menor K-S valué, en este caso escogemos la distribución Weibull.

3.4. Análisis de vida acelerada del rodamiento 6202-2RS

3.4.1. Condiciones de frontera hipotéticos del parámetro alpha

Tabla 42-3: Parámetros de Weibull

Carga	Alpha	Beta
100	465,1633876	7,487782329
150	391,8003564	10,72407993
200	296,2762413	12,33290036
250	247,3439086	16,06601746
300	183,7497683	21,3225081

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

En la tabla 42-3, cuando la carga es menor el parámetro alpha es mayor, mientras que cuando se incrementa la carga el parámetro disminuye, por ello se requiere encontrar las condiciones de frontera para la ecuación con la que se estimará el parámetro alpha, teniendo en cuenta que no existirán cargas negativas por lo tanto cuando la carga del rodamiento tienda a cero el parámetro alpha tendera al infinito, es decir cuando no exista carga, la vida característica del rodamiento 6202-2RS será sumamente alta, cuando la carga tienda a infinito el parámetro alpha tendera a cero, pero nunca tomará valores negativos, por lo tanto con estas condiciones la función que se ajusta es de tipo potencial. A continuación, se presenta la ecuación y las condiciones a las que se ajusta la función.

$$Y = aX^{-b}$$

$$Y = \frac{a}{X^b} \begin{cases} X \rightarrow \infty & Y \rightarrow 0 \\ X \rightarrow 0 & Y \rightarrow \infty \end{cases}$$

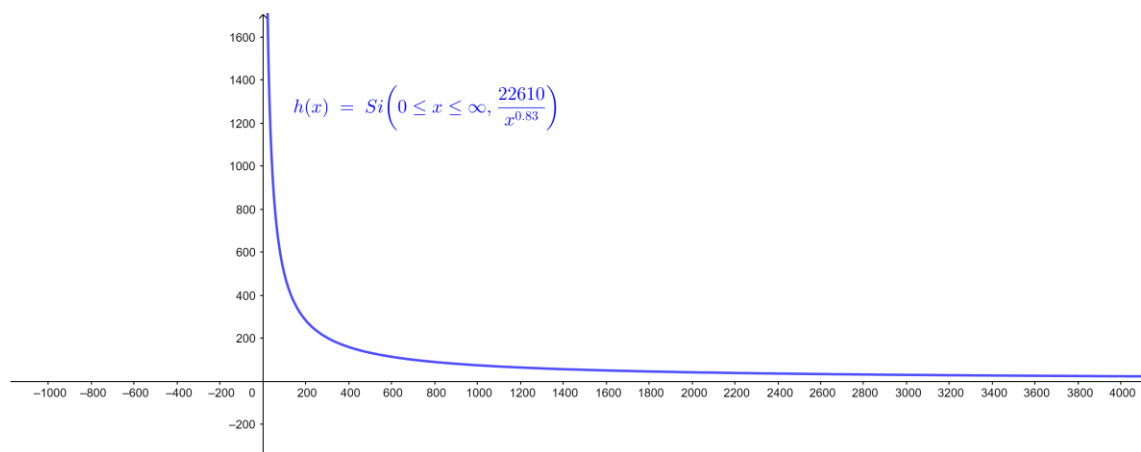


Gráfico 17-3: Condiciones de frontera hipotéticos del parámetro alpha

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022.

3.4.2. Condiciones de frontera hipotéticos del parámetro beta

En la tabla 42-3, cuando la carga es menor el parámetro beta es menor, así mismo cuando la carga incrementa el parámetro beta también lo hace, teniendo en cuenta que no se tiene cargas negativas, cuando la carga sea cero, beta obtendrá un valor de cero, ya que este parámetro es de forma y describe la manera en que se distribuyen los datos. Por ello se requiere encontrar condiciones de frontera para la ecuación con que se estimará el parámetro beta, donde la carga sea mayor que cero, además como los datos del parámetro beta describen una función lineal con condición de inicio en el origen, va incrementando el parámetro beta en función de aumento de la carga, la ecuación a la que se ajusta para estimar dicho parámetro es una función lineal con intercepto en el origen. A continuación, se presenta la ecuación y las condiciones a que se ajustan la función.

$$y=mx+b$$

$$b=0$$

$$y=mx$$

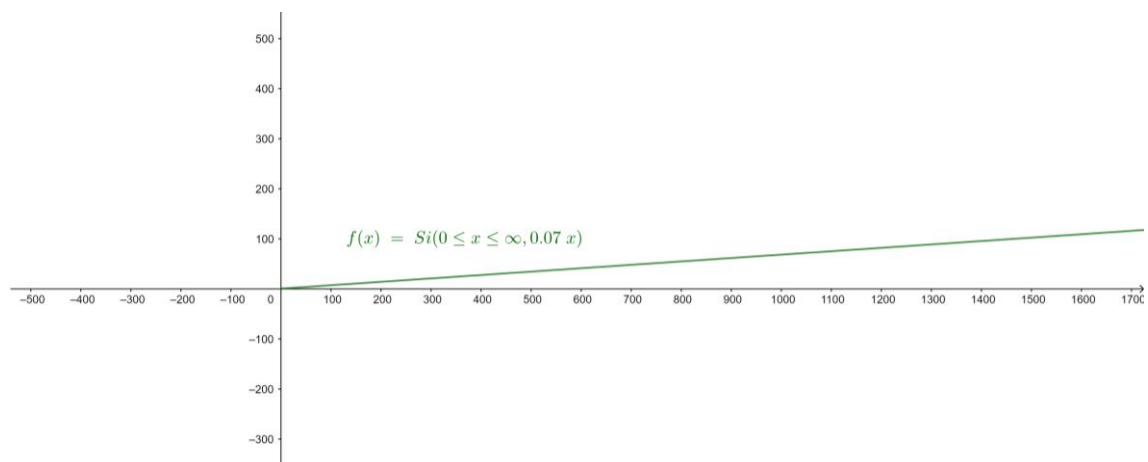


Gráfico 18-3: Condiciones de frontera hipotéticos del parámetro beta

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

3.4.3. Parámetros de Weibull de los intervalos P-F del rodamiento 6202-2RS

En la tabla 42-3 se muestra los parámetros de alpha y beta de la distribución de Weibull obtenidos a través de los intervalos P-F correspondientes a cada carga, en el grafico 19-3 se observa el comportamiento de los parámetros de alpha en función a la carga, mientras que en el grafico 20-3 de observa el comportamiento del parámetro beta, además de forma breve se muestra las ecuaciones correspondientes a cada parámetro y el valor del coeficiente de determinación de cada uno de ellos.

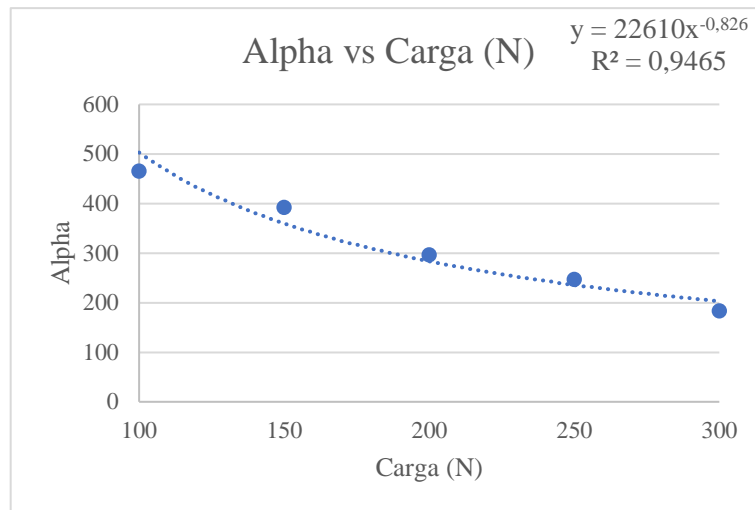


Gráfico 19-3: Parámetro Alpha

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

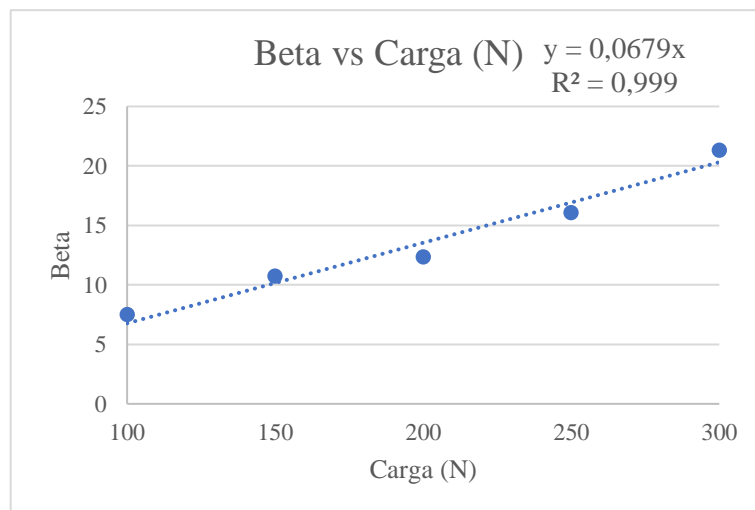


Gráfico 20-3: Parámetro Beta

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

3.4.4. Ajuste por mínimos cuadrados para determinar ecuaciones

- Ajuste del modelo potencial

$$y = a \cdot x^b \quad (9)$$

- Linealización de la ecuación potencial

$$\ln(y) = \ln(a \cdot x^b)$$

$$\ln(y) = \ln(a) + b \cdot \ln(x)$$

$$\ln(y) = \ln(a) + b \ln(x)$$

$$y = \ln(y)$$

$$b' = \ln(a)$$

$$y = mx + b'$$

$$b = m$$

$$y = bx + b'$$

- Ecuaciones de mínimos cuadrados

$$\sum y = b \sum x + Nb' \quad (10)$$

$$\sum xy = b \sum x^2 + b' \sum x \quad (11)$$

- Ecuaciones del coeficiente de determinación

$$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum (y - \hat{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2} \right) \quad (12)$$

- Ajuste del modelo lineal $b=0$

$$y = mx \quad (13)$$

- Ecuación mínimos cuadrados

$$b = \frac{\sum y - m \sum x}{n} \quad (14)$$

$$b = 0$$

$$0 = \frac{\sum y - m \sum x}{n}$$

$$\sum y - m \sum x = 0$$

$$m \sum x = \sum y$$

$$m = \frac{\sum y}{\sum x} \quad (15)$$

- Ecuaciones del coeficiente de determinación

$$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum (y - \hat{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2} \right)$$

3.4.4.1. Determinación de la ecuación para Alpha por mínimos cuadrados

Tabla 43-3: Cálculo de factores de mínimos cuadrados ecuación potencial

x	y	y=ln(y)	y=bx+b'	xy=x ² m+xb'
100	465,163388	2,6676	2,667=2b+b'	5,335=4b+2b'
150	391,800356	2,5931	2,593=2,176b+b'	5,642=4,735b+2,176b'
200	296,276241	2,4717	2,471=2,301b+b'	5,687=5,294b+2,301b'
250	247,343909	2,3933	2,397=2,397b+b'	5,739=5,750b+2,397b'
300	183,749768	2,2642	2,477=2,477b+b'	5,608=6,136b+2,477b'

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

Tabla 44-3: Sumatorias y ecuaciones

$\sum y$	12,3899
$\sum y = b \sum x + Nb'$	12,3899 = 11,3522b + 5b'
$\sum xy = b \sum x^2 + b' \sum x$	28,0132 = 25,9164b + 11b'

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

- Sistemas de ecuaciones

$$\begin{cases} 11,3522b + 5b' = 12,3899 \\ 25,9164b + 11b' = 28,0132 \end{cases}$$

- Resolución de sistema de ecuaciones por matrices

$$\begin{pmatrix} b \\ b' \end{pmatrix} = A^{-1} * B \quad (16)$$

$$A = \begin{pmatrix} 11,3522 & 5 \\ 25,9164 & 11 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 12,3899 \\ 28,0132 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} b \\ b' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -15,9948 & 7,0448 \\ 36,5151 & -15,9948 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 12,3899 \\ 28,0132 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} b \\ b' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0,82641 \\ 4,35429 \end{pmatrix}$$

- Determinación de factores a, b

$$b = -0,82641$$

$$4,35429 = \ln(a)$$

$$10^{4,35429} = a$$

$$a = 22610$$

$$\alpha = a * Fc^b$$

- Ecuación potencial para estimar alpha

$$\alpha = 22610 * F_c^{-0,82641} \quad (17)$$

$$\alpha = \frac{22610}{F_c^{0,82641}}$$

- Cálculo del coeficiente de determinación

Tabla 45-3: Factores del coeficiente de determinación

x	y	\hat{y} calculada	$(y_i - \hat{y})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$
100	465,163388	502,898757	1423,958104	21991,89793
150	391,800356	359,713705	1029,553198	5615,048000
200	296,276241	283,600089	160,6848245	423,9683254
250	247,343909	235,840811	132,3212544	4833,423035
300	183,749768	202,853631	364,9575701	17720,12614

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

- Realizando las sumatorias y aplicando la ecuación 12, se obtiene el valor de R^2

$$R^2 = 1 - \left(\frac{3111,47495}{50584,46343} \right)$$

$$R^2 = 0,94$$

3.4.4.2. Determinación de la ecuación para Beta por mínimos cuadrados

Tabla 46-3: Cálculo de factores de mínimos cuadrados

	X	Y
	100	7,48778233
	150	10,7240799
	200	12,3329004
	250	16,0660175
	300	21,3225081
Σ	1000	67,9332882

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

- Reemplazando en la ecuación 15

$$m = \frac{67,933}{1000}$$

$$m = 0,0679$$

- Reemplazando en la ecuación 13

$$\beta=0,0679 F_c \quad (18)$$

- Cálculo del coeficiente de determinación

Tabla 47-3: Factores del coeficiente de determinación

x	y	Y calculada	e	e ²	(y- \bar{y}) ²
100	7,487782329	6,79332882	0,69445351	0,48226568	3653,65918
150	10,72407993	10,1899932	0,5340867	0,28524861	3272,89351
200	12,33290036	13,5866576	-1,25375728	1,57190731	3091,40313
250	16,06601746	16,983322	-0,91730458	0,8414477	2690,21377
300	21,3225081	20,3799865	0,94252165	0,88834705	2172,56482

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

- Realizando las sumatorias y aplicando la ecuación 12, se obtiene el valor de R²

$$R^2=1-\left(\frac{4,069}{14880,73}\right)$$

$$R^2=0,999$$

3.4.5. Estimación de los parámetros Alpha y Beta

A través de las ecuaciones 16 y 17, se calcula los valores de los parámetros alpha y beta para un rodamiento en condiciones normales con una carga de F_c= 32N del rodamiento 6202-2RS.

- Cálculo del parámetro alpha

$$\alpha = \frac{22610}{F_c^{0,82641}}$$

$$\alpha = 1291,358$$

- Cálculo del parámetro beta

$$\beta=0,0679 F_c$$

$$\beta=2,284$$

3.4.6. *Estimación del intervalo P-F a través de la ecuación de Weibull*

$$f(t)=1-e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^\beta} \quad (19)$$

Despejando el tiempo de la ecuación 18

$$t=\gamma+\alpha*\left[\ln\left(\frac{1}{1-f(t)}\right)\right]^{1/\beta}$$

Reemplazando los parámetros alpha y beta se realiza la estimación del intervalo P-F, con una probabilidad del 95% para la carga de 32N.

$$t_{32N}=0+1291,358*\left[\ln\left(\frac{1}{0,95}\right)\right]^{\frac{1}{2,284}}$$
$$t_{32N}=329,35 \text{ min}$$

Obteniendo para un rodamiento con una carga de 32N, siendo este la carga en condiciones normales, obteniendo así un tiempo de intervalo P-F de aproximadamente de 382,26 min, desde que inicia la falla potencial.

3.5. **Demostración de la hipótesis**

3.5.1. *Planteamiento de hipótesis*

H0: No existe correlación lineal inversa entre la carga y el intervalo P-F.

H1: Si existe correlación lineal inversa entre la carga y el intervalo P-F.

3.5.2. *Nivel de significancia*

$$\alpha=0,05$$

3.5.3. *Criterio*

$P_{\text{valor}} < 0,05$; H_0 se rechaza y se acepta H_1

3.5.4. Cálculos

```
ca1=DATOS_PF$CARGA
```

```
tim1=DATOS_PF$TIEMPO
```

```
cor.test(ca1,tim1)
```

Pearson's product-moment correlation

data: ca1 and tim1

$t = -15,366$ $df = 28$ **$p\text{-value} = 3,564e-15$**

alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0

95 percent confidence interval:

0,9739987 -0,8875885

sample estimates:

cor

-0,9455109

```
plot(ca1,tim1, main="Diagrama de dispersión y correlación entre las variables CARGA e INTERVALO P-F", xlab="Carga [N]", ylab="Intervalo P-F [min]" )
```

```
reg_lin<- lm(ca1~tim1)
```

```
#summary(reg_lin)
```

```
abline(reg_lin,col="red")>
```

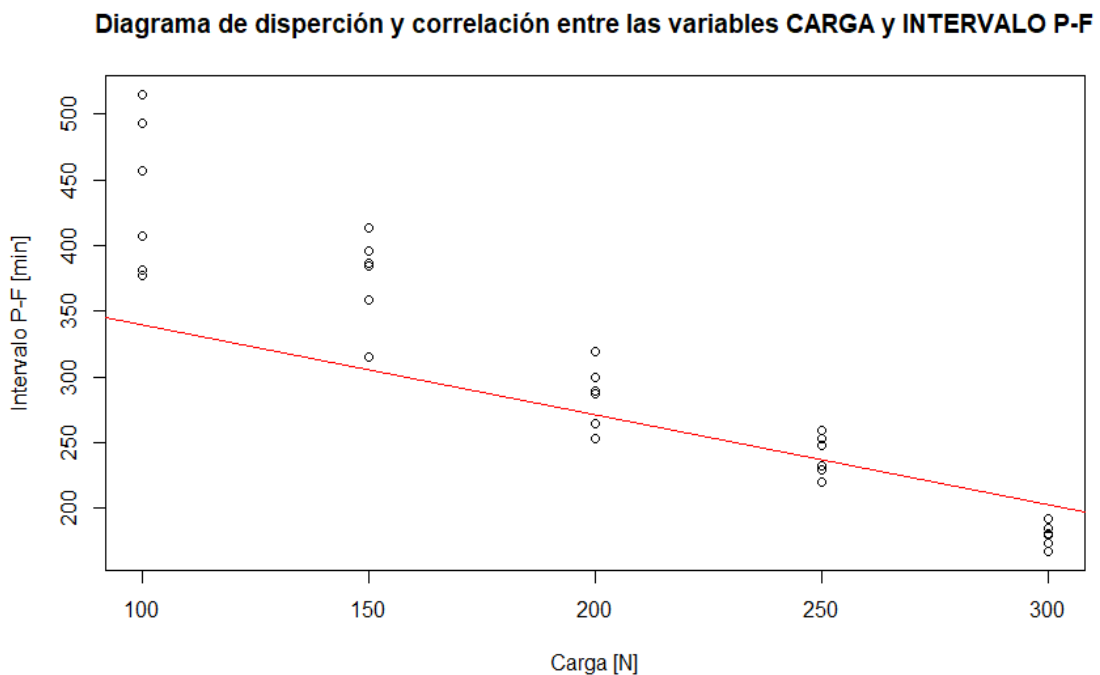


Gráfico 21-3: Diagrama de dispersión y correlación entre carga e intervalo P-F

Realizado por: Flores, C.; Paguay, V. 2022

3.5.5. Decisión

Como el P_valor es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna “Si existe correlación lineal inversa entre la carga y el intervalo P-F”. Por lo tanto, existe suficiente evidencia que respalda dicha afirmación, los intervalos P-F disminuyen a medida que incrementa la carga con un 95% de confianza”

3.6. Resumen de resultados

Para determinar el intervalo P-F del rodamiento 6202-2RS, se obtiene una serie de datos de un rodamiento en buen estado, a partir de esto se realiza el cálculo para límite del rodamiento 6202-2RS, para el cual se obtiene un valor de 56,94 BDU. Se toma como el punto de falla potencial el segundo valor por encima del límite establecido. Por otra parte, se define el punto de falla funcional como el pico más alto obtenido antes de que el valor de ruido del rodamiento disminuya significativamente.

Mediante la prueba de Kolmogorov- Smirnov aplicada los datos obtenidos a una carga de 100N, se encontró que los datos se ajustan de mejor manera a la distribución de Weibull presentando un valor de beta igual a 7,48778233 y un valor de alfa igual 465,163388.

Utilizando la misma metodología se encuentra que para la carga de 150N los datos se ajustaron a la distribución de Weibull presentando un valor de beta igual a 10,724079 y un valor de alfa igual 391,800356, para la carga de 200N los datos se ajustaron a la distribución de Weibull presentando un valor de beta igual a 12,3329004 y un valor de alfa igual 296,276241, para la carga de 250N los datos se ajustaron a la distribución de Weibull presentando un valor de beta igual a 16,0660175 y un valor de alfa igual 247,34390 y finalmente para la carga de 300N los datos se ajustaron a la distribución de Weibull presentando un valor de beta igual a 21,3225081 y un valor de alfa igual 183,749768.

Por lo tanto, se observa que a medida que se incrementa la carga el valor del parámetro beta aumenta conjuntamente, es decir existe mayor probabilidad de falla de los rodamientos a medida que se incrementa la carga a la que están sometidos.

CONCLUSIONES

Siendo la hipótesis general: El intervalo P-F del desgaste del rodamiento 6202-2RS disminuye a medida que se incrementa la carga en el rodamiento la que se infiere con el estadístico correlación de Pearson con un nivel de significancia del 5%, se obtiene un valor de probabilidad (P_valor) menor a 0,05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, confirmando así que Si existe correlación lineal inversa entre la carga y el intervalo P-F.

Fue necesario el análisis de cinco rodamientos 6202-2RS para establecer un tamaño de muestra confiable, dando como resultado una base de datos mínima de treinta rodamientos, tomando en cuenta que se otorgó un nivel de confianza del 95% para validar dicha base de datos.

Para establecer las características del punto P y punto F, se monitoreó y recolectó una minuciosa serie de datos de un rodamiento en buen estado, a partir de estos datos se determinó el punto de la falla potencial para el rodamiento 6202-2RS objeto del presente trabajo de investigación. Tomando como punto de falla potencial el segundo valor por encima del límite establecido 56,35 BDU. Por otra parte, se estableció el punto de falla funcional como el pico más alto, antes que el valor de ruido del rodamiento disminuya significativamente.

Se obtuvo una base de datos a partir del ensayo de rodamientos a cinco cargas distintas, mismas que son: 100N, 150N, 200N, 250N y 300N, empleando seis rodamientos para el ensayo de cada carga, dando como resultado un total de treinta rodamientos los mismos que fueron obtenidos en el cálculo del tamaño de la muestra, la base de datos y toma de medidas se llevó a cabo mediante el uso del instrumento de medición y monitoreo de vibración Smart Trend tpi 9080 con el software VibTrend.

A través de la prueba de Kolmogórov-Smirnov a diferentes cargas, se logró definir que la curva de densidad de probabilidades del intervalo P-F del desgaste del rodamiento 6202-2RS se ajusta de mejor manera a la distribución de Weibull, tomando en cuenta que aumenta el parámetro beta e incrementa la probabilidad de falla.

RECOMENDACIONES

Se recomienda no tomar como relación el tiempo de un rodamiento que ha estado en servicio y la probabilidad de que este falle, puesto que el intervalo P-F no es constante, y esto podría provocar daños severos al activo o consecuencias a la seguridad.

Es recomendable emplear tareas que ayudan a prolongar el tiempo de aparición del punto P, pero se debe tomar en cuenta que, aunque se pueda evidenciar una falla en las etapas finales es imposible tomar acciones para evitar la aparición de la falla funcional.

Se debe respetar los parámetros del correcto funcionamiento según las especificaciones del fabricante para cada rodamiento, puesto que si los sobrecargamos ingresan a un estado de vida acelerada con elevada probabilidad de falla.

Es necesario verificar una correcta tolerancia entre el eje y el diámetro interno del rodamiento, ya que un gran juego radial interno provoca una velocidad de vibración rms sumamente alta que incrementa considerablemente el valor del ruido del rodamiento, disminuyendo su vida útil. Además, se debe verificar que la lubricación del rodamiento sea acorde al contexto operacional y tipo de rodamiento empleado, ya que un rodamiento sin lubricación tiende a elevar su temperatura excesivamente hasta llegar a la falla funcional.

Es recomendable continuar con el estudio de predicciones que ayuden a prolongar la aparición de la falla funcional del rodamiento 6202-2RS, sin olvidar que se debe tomar en cuenta la carga a la que dicho rodamiento se encuentra sometido.

BIBLIOGRAFÍA

AUSAY, C. & ESTRADA, W. Análisis de modos y efectos de falla en rodamientos por defectos de lubricación a través de ultrasonido en un simulador electroneumático (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera de Mantenimiento Industrial, Riobamba, Ecuador. 2020. pp. 7-10.

CHAQUINGA CORTÉS, Roberto Fabricio. Análisis de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de la central de generación de Cononaco 19 del bloque 61, Petroamazonas EP [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Instituto de Postgrado y Educación Continua de la ESPOCH, Riobamba, Ecuador 2018. [Consulta: 15-11-2021.] Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8038>

FLORES, E; et al. "Evaluación mediante vibraciones de los rodamientos de la transmisión de un prototipo mini Baja SAE". *Revista INGENIERÍA UC* [en línea]. 2020, 27(1), 41-53 [Consulta: 31-01-2022]. ISSN: 1316-6832. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70763088006>.

GÓMEZ, Husa. *Lectura de Codigos de Rodamientos* [blog]. [Consulta 14 noviembre 2021.]. Disponible en: https://kupdf.net/download/lectura-de-codigos-de-rodamientos_5c22b682e2b6f5d51d20c459_pdf.

GONZÁLEZ, B. & QUISPE, R. Comparación de la efectividad de las técnicas de ultrasonido pasivo y análisis de vibraciones en la detección de fallas incipientes en rodamientos [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, Riobamba, Ecuador. 2015. pp. 12-15. [Consulta: 31-01-2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4571>

Grupo SKF. *Daño de rodamientos y análisis de fallas* [en línea]. Gotemburgo-Suecia: SKF, 2017. [Consulta: 07 noviembre 2021.] Disponible en: https://www.skf.com/binaries/pub201/Images/0901d196807d76f8-Bearing-failures---14219_2-ES-AR_tcm_201-297619.pdf

Grupo SKF. *Rodamientos* [en línea]. Gotemburgo-Suecia: SKF, 2019. [Consulta: 07 noviembre 2021.] Disponible en: https://www.skf.com/binaries/pub201/Images/0901d19680416953-Rolling-bearings---17000_1-ES_tcm_201-121486.pdf.

HCH Bearing. *HCH Bearing 62 series* [blog]. Huanchi-China 2013. [Consulta: 17 enero 2022]. Disponible en: <http://www.hchbearing.com/ProCateDetail.aspx?cid=501&cdid=4>.

HERNÁNDEZ, E; et al. "Estimación empírica del pretensado de una banda trapezoidal mediante el deslizamiento de las poleas". *Ingenius* [en línea], 2019, (Ecuador) no. 21, pp. 63–70. [Consulta: 7 enero 2022]. ISSN 1390-650X. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-860X2019000100063&lng=es&nrm=iso. ISSN 1390-860X

ZULMA, M; et al. "Nueva metodología de diagnóstico de fallas en rodamientos en una máquina síncrona mediante el procesamiento de señales vibro-acústicas empleando análisis de densidad de potencia". *Novel Methodology of Fault Diagnosis on* [en línea], 2016, (México) 17(1). pp. 73–85. ISSN 2594-0732. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.01.007>.

MORENO, Maria Eugenia. Diagnóstico de fallas en rodamientos utilizando vibraciones mecánicas [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica. Colombia. 2018. [Consulta: 09 de enero 2022] Disponible en: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/12239/1/MorenoMaria_2018_DiagnosticoRodamientosMecanicos.pdf

Motion & Control NKS. *Juego Interno-tipos y normas* [en línea]. Inglaterra: NKS, 2018. [Consulta: 23 enero 2022]. Disponible en: https://www.nskeurope.es/content/dam/nskcmsr/downloads/literature_bearing/P_TI-0110_ES.pdf.

NARVÁEZ, F; et al. "Análisis de vibraciones de un rodamiento rígido de bolas NSK 6302 mediante el Modelo de vibración CUE-03777 del laboratorio de Mantenimiento del ISTA". *Revista Técnica Tecnológica* [en línea]. 2020. pp. 6-13. [Consulta: 31 enero 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.36500/nrtt-v2.n1.2020.02>

NKS. 2018. *Rodamientos* [en línea]. Inglaterra: NKS, 2018. [Consulta: 23 enero 2022]. Disponible en: https://suministroidtec.com/catalogos/2019/nsk/NSK_catalogo_rodamientos_2018.pdf.

Reliabilityweb. *Mantenimiento: El Nuevo Paradigma* [blog]. 2021. [Consulta: 12 noviembre 2021]. Disponible en: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/mantenimiento-el-nuevo-paradigma>.

TIMKEN. *Análisis de daños en los rodamientos* [en línea]. North Canton-USA: The Timken Company, 2015. [Consulta: 16 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.timken.com/resources/5892sp-analisis-de-dan%CC%83os-en-rodamientos-timken-y-guia-de-referencia-sobre-lubricacion/>.

TPI USA. *Smart Trend Meter 9080* [en línea]. USA: tpi USA, 2013. [Consulta: 30 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.testproductsintl.com/condition-based-monitoring/9080-vibration-analyzer/9080-smart-trend-meter-manual/>

TRIOLA, Mario. *ESTADÍSTICA* [en línea]. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2009. [Consulta: 30 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.uv.mx/rmipe/files/2015/09/Estadistica.pdf>

WEST, Gary. "RCM: Determinación de intervalo de tareas según condición". *Uptime* [en línea], 2016, (United State of America), pp. 3-5. [Consulta: 15 noviembre 2021.] Disponible en: https://reliabilityweb.com/assets/uploads/articles/9483/gary_west.pdf.

ANEXOS

ANEXO A. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R1-100N

Nº	Hora	BDU
1	12/01/2022 9:30	28
2	12/01/2022 9:45	46
3	12/01/2022 10:00	43
4	12/01/2022 10:15	53
5	12/01/2022 10:30	59
6	12/01/2022 10:46	63
7	12/01/2022 11:00	51
8	12/01/2022 11:15	69
9	12/01/2022 11:30	76
10	12/01/2022 11:45	66
11	12/01/2022 12:00	79
12	12/01/2022 12:15	69
13	12/01/2022 12:30	86
14	12/01/2022 12:45	91
15	12/01/2022 13:00	98
16	12/01/2022 13:15	94
17	12/01/2022 13:30	100
18	12/01/2022 13:45	104
19	12/01/2022 14:00	103
20	12/01/2022 14:16	105
21	12/01/2022 14:31	111
22	12/01/2022 14:45	125
23	12/01/2022 15:00	137
24	13/01/2022 9:31	134
25	13/01/2022 9:45	135
26	13/01/2022 10:00	133
27	13/01/2022 10:15	136
28	13/01/2022 10:31	138
29	13/01/2022 10:46	147
30	13/01/2022 11:00	172
31	13/01/2022 11:15	270
32	13/01/2022 11:20	292
33	13/01/2022 11:34	327
34	13/01/2022 12:00	287
35	13/01/2022 12:19	160

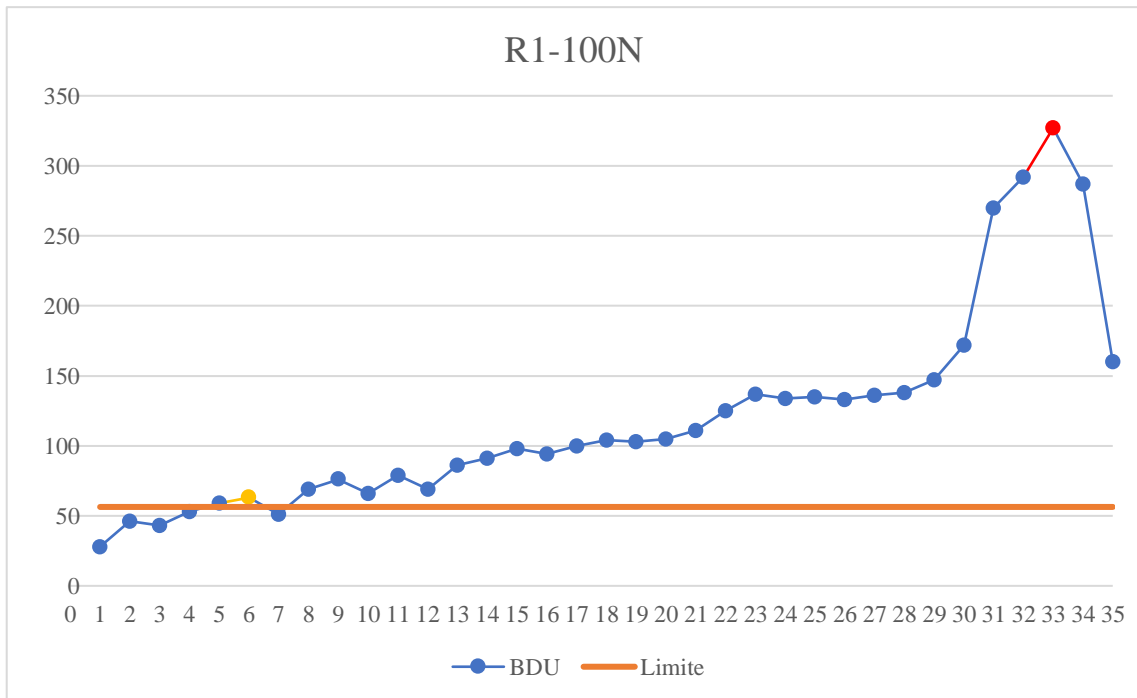
Media	38,44
Desviación estándar	5,797315842
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,3525527

Tiempo (Horas)	5:30:00
Minutos	330
Tiempo (Horas)	2:48:00
Minutos	168
Tiempo (Horas)	8:18:00
Minutos	498

INTERVALO P-F	
Nº	Tiempo
6	10:46:00
23	15:00:00
Intervalo P-F (horas)	4:14:00

Nº	Tiempo
24	9:31:00
33	11:34:00
Intervalo P-F (horas)	2:03:00

Intervalo P-F (horas)	6:17:00
Intervalo P-F (min)	377



ANEXO B. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R1-100N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	9:30:07	1755	3734	0,038	0,114	0,29397
2	9:45:55	1757	3739	0,038	0,114	0,29383
3	10:00:38	1755	3736	0,038	0,114	0,29359
4	10:15:01	1756	3742	0,038	0,114	0,29286
5	10:30:27	1755	3741	0,038	0,114	0,29265
6	10:45:04	1756	3746	0,038	0,114	0,29211
7	11:00:29	1758	3743	0,038	0,114	0,29348
8	11:15:31	1758	3748	0,038	0,114	0,29253
9	11:30:28	1759	3749	0,038	0,114	0,29275
10	11:45:03	1759	3747	0,038	0,114	0,29313
11	12:00:01	1759	3749	0,038	0,114	0,29275
12	12:15:51	1758	3748	0,038	0,114	0,29253
13	12:30:13	1759	3750	0,038	0,114	0,29256
14	12:45:15	1760	3750	0,038	0,114	0,29296
15	13:00:23	1760	3750	0,038	0,114	0,29296
16	13:15:27	1760	3749	0,038	0,114	0,29315
17	13:30:49	1759	3752	0,038	0,114	0,29218
18	14:01:03	1759	3750	0,038	0,114	0,29256
19	14:01:01	1759	3753	0,038	0,114	0,29199
20	14:15:14	1760	3752	0,038	0,114	0,29258
21	14:30:17	1758	3750	0,038	0,114	0,29216
22	14:45:30	1758	3749	0,038	0,114	0,29235
23	14:51:47	1760	3753	0,038	0,114	0,29240
24	9:30:15	1758	3749	0,038	0,114	0,29235
25	9:45:08	1745	3731	0,038	0,114	0,29050
26	10:00:51	1750	3737	0,038	0,114	0,29139
27	10:15:26	1749	3737	0,038	0,114	0,29098
28	10:30:29	1751	3740	0,038	0,114	0,29122
29	10:45:31	1751	3743	0,038	0,114	0,29065
30	11:00:34	1745	3724	0,038	0,114	0,29183
31	11:15:45	1749	3739	0,038	0,114	0,29060
32	11:30:27	1750	3740	0,038	0,114	0,29082
33	11:45:53	1749	3739	0,038	0,114	0,29060
34	12:00:56	1748	3738	0,038	0,114	0,29039
35	12:15:47	1748	3735	0,038	0,114	0,29096
36	12:35:35	1749	3739	0,038	0,114	0,29060

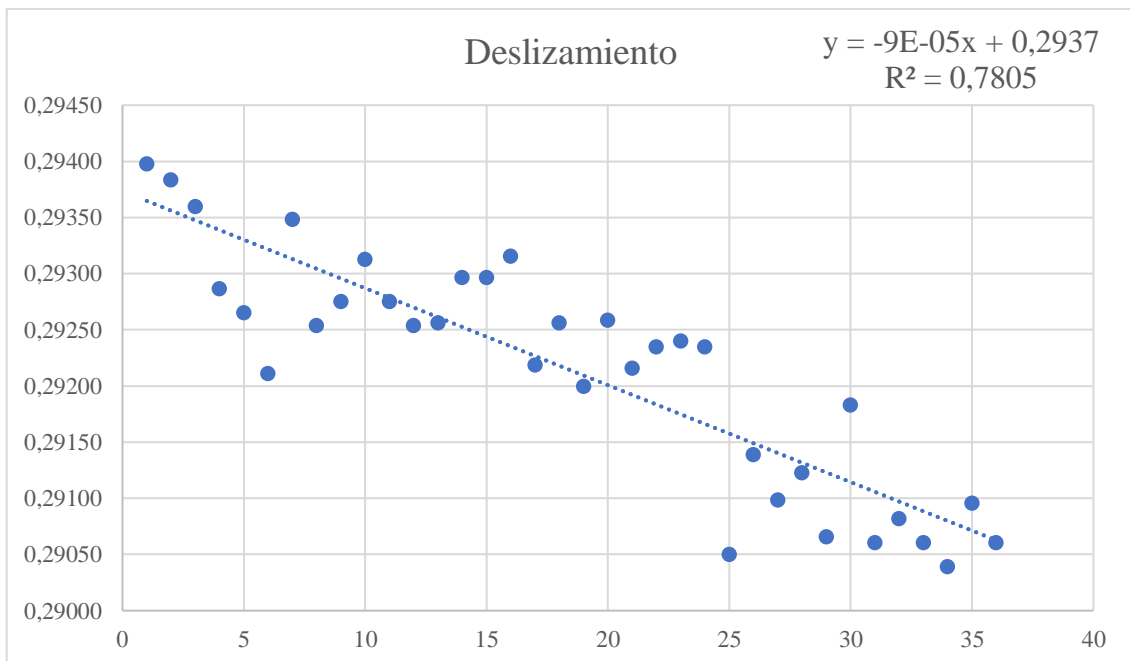
Prueba de correlación

n	36
n ajustado	40
$\alpha=0,05$	0,312
$\alpha=0,01$	0,402

R^2	0,780471808
$r_{\alpha=0,05}$	0,883443155
$r_{\alpha=0,01}$	0,883443155

r	0,883443155
n	36
t-score	10,99443506
p-value	9,7461E-13

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO C. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R2-100N

Nº	Hora	BDU
1	10:45:00	28
2	11:00:00	45
3	11:15:00	49
4	11:30:00	43
5	11:44:00	39
6	12:00:00	67
7	12:16:00	69
8	12:30:00	81
9	12:45:00	90
10	13:00:00	92
11	13:16:00	111
12	13:30:00	125
13	13:46:00	147
14	14:01:00	123
15	14:15:00	130
16	14:32:00	128
17	14:45:00	200
18	15:00:00	179
19	15:16:00	183
20	15:31:00	165
21	15:47:00	196
22	16:01:00	129
23	16:15:00	138
24	16:30:00	133
25	16:45:00	153
26	17:00:00	251
27	9:01:00	235
28	9:16:00	190
29	9:29:00	218
30	9:45:00	205
31	9:58:00	328
32	10:14:00	262
33	10:30:00	260
34	10:45:00	194
35	11:02:00	121
36	11:15:00	139
37	11:29:00	139
38	11:45:00	131
39	12:00:00	152
40	12:14:00	165
41	12:30:00	192
42	12:45:00	190

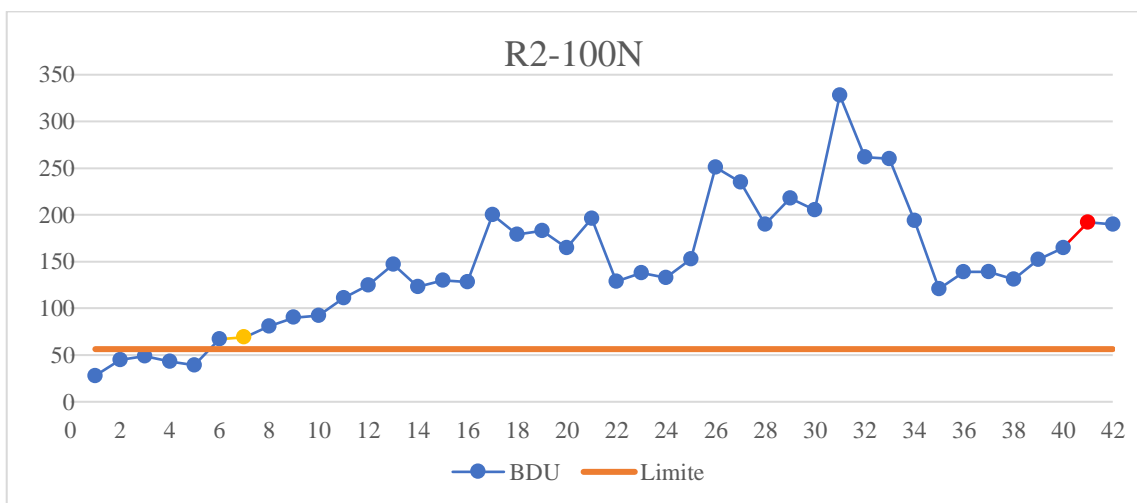
Media	38,44
Desviación estándar	5,797315842
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,3525527

Tiempo (Horas)	6:15:00
Minutos	375
Tiempo (Horas)	3:44:00
Minutos	244
Tiempo (Horas)	9:59:00
Minutos	599

Intervalo P-F	
Nº	Tiempo
7	12:16:00
26	17:00:00
Intervalo P-F (horas)	4:44:00

Nº	Tiempo
27	9:01:00
41	12:30:00
Intervalo P-F (horas)	3:29:00

Intervalo P-F (horas)	8:13:00
Intervalo P-F (min)	493



ANEXO D. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R2-100N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	10:45:57	1746	3704	0,038	0,114	0,29604
2	11:00:35	1753	3730	0,038	0,114	0,29392
3	11:15:50	1755	3738	0,038	0,114	0,29322
4	11:30:02	1754	3738	0,038	0,114	0,29281
5	11:44:56	1754	3736	0,038	0,114	0,29319
6	12:00:43	1756	3738	0,038	0,114	0,29362
7	12:15:16	1756	3740	0,038	0,114	0,29324
8	12:30:04	1757	3742	0,038	0,114	0,29327
9	12:46:09	1756	3742	0,038	0,114	0,29286
10	13:00:26	1757	3743	0,038	0,114	0,29308
11	13:15:30	1759	3741	0,038	0,114	0,29426
12	13:30:09	1758	3742	0,038	0,114	0,29367
13	13:45:11	1759	3743	0,038	0,114	0,29388
14	14:00:34	1760	3743	0,038	0,114	0,29428
15	14:15:31	1759	3749	0,038	0,114	0,29275
16	14:30:31	1759	3747	0,038	0,114	0,29313
17	14:45:39	1756	3744	0,038	0,114	0,29249
18	15:00:19	1756	3742	0,038	0,114	0,29286
19	15:15:52	1754	3741	0,038	0,114	0,29225
20	15:30:38	1756	3742	0,038	0,114	0,29286
21	15:45:21	1757	3745	0,038	0,114	0,29270
22	16:00:15	1758	3745	0,038	0,114	0,29310
23	16:15:01	1756	3745	0,038	0,114	0,29230
24	16:30:17	1756	3746	0,038	0,114	0,29211
25	16:45:56	1757	3747	0,038	0,114	0,29232
26	17:00:54	1755	3751	0,038	0,114	0,29076
27	9:00:02	1760	3754	0,038	0,114	0,29221
28	9:15:08	1763	3750	0,038	0,114	0,29416
29	9:30:02	1761	3753	0,038	0,114	0,29280
30	9:45:03	1759	3753	0,038	0,114	0,29199
31	10:00:32	1760	3752	0,038	0,114	0,29258
32	10:15:45	1759	3755	0,038	0,114	0,29162
33	10:30:44	1759	3751	0,038	0,114	0,29237
34	17:45:59	1759	3748	0,038	0,114	0,29294
35	11:00:09	1758	3750	0,038	0,114	0,29216
36	11:16:25	1759	3752	0,038	0,114	0,29218
37	11:32:35	1758	3750	0,038	0,114	0,29216
38	11:45:30	1760	3750	0,038	0,114	0,29296
39	12:00:49	1758	3751	0,038	0,114	0,29197
40	12:15:42	1760	3751	0,038	0,114	0,29277
41	12:30:01	1759	3749	0,038	0,114	0,29275
42	12:45:41	1760	3752	0,038	0,114	0,29258
43	13:00:55	1759	3750	0,038	0,114	0,29256
44	13:15:09	1758	3751	0,038	0,114	0,29197

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
45	13:31:52	1761	3752	0,038	0,114	0,29299
46	13:45:51	1759	3754	0,038	0,114	0,29181
47	14:00:05	1758	3751	0,038	0,114	0,29197
48	14:15:59	1758	3750	0,038	0,114	0,29216
49	14:31:16	1748	3748	0,038	0,114	0,28849
50	14:45:15	1751	3731	0,038	0,114	0,29293
51	15:00:25	1758	3750	0,038	0,114	0,29216
52	15:15:27	1760	3750	0,038	0,114	0,29296
53	15:30:25	1758	3751	0,038	0,114	0,29197

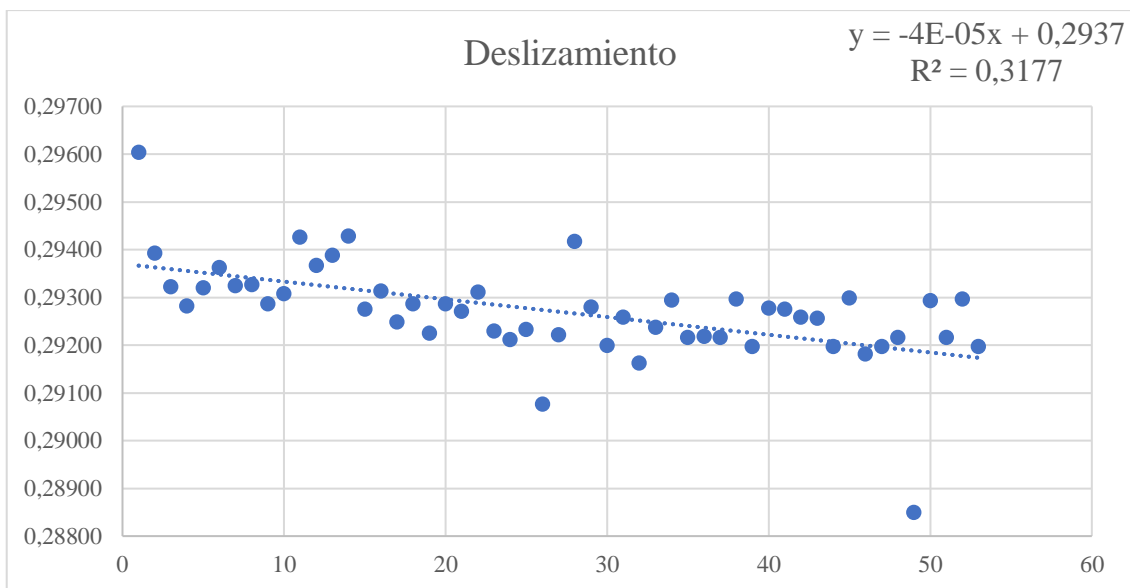
Prueba de correlación

n	53
n ajustado	60
$\alpha=0,05$	0,254
$\alpha=0,01$	0,33

R ²	0,31769553
r _{$\alpha=0,05$}	0,563644862
r _{$\alpha=0,01$}	0,563644862

r	0,56364486
n	53
t-score	4,87305746
p-value	1,11E-05

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO E. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R3-100N

N°	Hora	BDU
1	9:50:00	38
2	9:52:00	49
3	10:00:00	73
4	10:15:00	57
5	10:29:00	55
6	10:44:00	67
7	11:00:00	70
8	11:14:00	84
9	11:30:00	52
10	11:44:00	56
11	11:59:00	77
12	12:14:00	69
13	12:29:00	86
14	12:44:00	89
15	13:00:00	92
16	13:15:00	83
17	15:45:00	97
18	16:00:00	91
19	16:15:00	98
20	16:30:00	94
21	16:46:00	92
22	17:00:00	86
23	17:00:00	92
24	17:16:00	93
25	17:29:00	99
26	17:45:00	96
27	17:59:00	96
28	18:15:00	95
29	18:31:00	98
30	18:44:00	98
31	18:59:00	101
32	19:15:00	132
33	19:29:00	113
34	19:45:00	127
35	20:00:00	123
36	20:14:00	119
37	20:28:00	152

38	20:45:00	190
39	21:00:00	162
N°	Hora	BDU
40	21:16:00	197
41	21:31:00	228
42	21:45:00	172
43	21:51:00	274
44	21:59:00	290
45	22:02:00	350
46	22:02:00	315
47	22:04:00	250
48	22:05:00	223
49	22:06:00	238
50	22:08:00	179
51	22:15:00	80

Media	38,44
Desviación estándar	5,797315842
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56

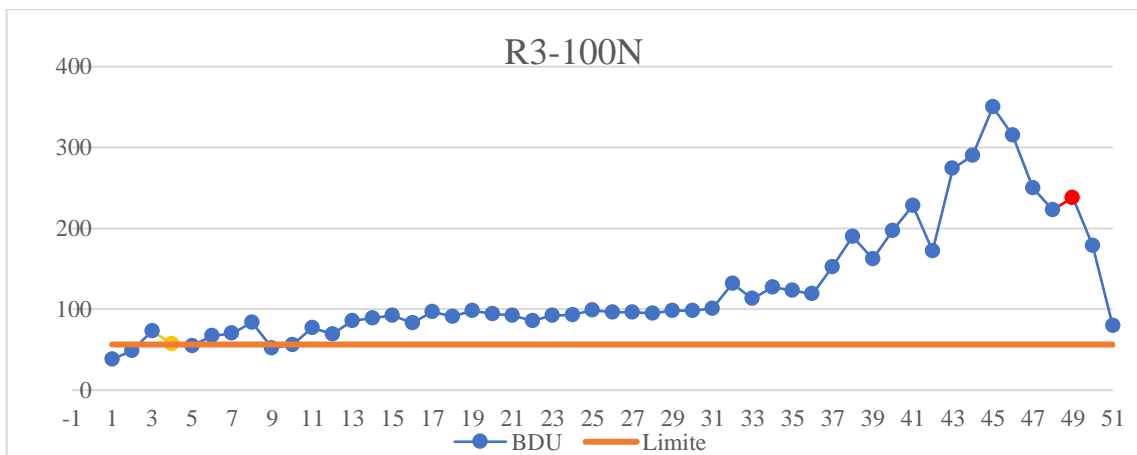
T1	Tiempo (Horas)	3:25:00
	Minutos	205
T2	Tiempo (Horas)	6:30:00
	Minutos	390
T	Tiempo (Horas)	9:55:00
	Minutos	595

INTERVALO P-F

T1	N°	Tiempo
	4	10:15:00
	16	13:15:00
Intervalo P-F (horas)		3:00:00

T2	N°	Tiempo
	17	15:45:00
	49	22:06:00
Intervalo P-F (horas)		6:21:00

T	Intervalo P-F (horas)	6:21:00
	Intervalo P-F (min)	381



ANEXO F. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R3-100N

N°	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	10:00:55	1757	3743	0,038	0,114	0,29308
2	12:15:33	1758	3742	0,038	0,114	0,29367
3	10:30:50	1759	3744	0,038	0,114	0,29369
4	10:45:56	1759	3744	0,038	0,114	0,29369
5	11:00:05	1764	3749	0,038	0,114	0,29475
6	11:15:30	1764	3749	0,038	0,114	0,29475
7	11:30:50	1763	3751	0,038	0,114	0,29398
8	11:45:53	1764	3749	0,038	0,114	0,29475
9	12:00:55	1764	3754	0,038	0,114	0,29381
10	12:15:56	1764	3753	0,038	0,114	0,29400
11	12:30:15	1764	3754	0,038	0,114	0,29381
12	12:45:01	1766	3756	0,038	0,114	0,29424
13	13:01:21	1766	3756	0,038	0,114	0,29424
14	15:45:40	1763	3756	0,038	0,114	0,29304
15	16:00:26	1766	3754	0,038	0,114	0,29461
16	16:15:23	1765	3750	0,038	0,114	0,29496
17	16:30:31	1766	3753	0,038	0,114	0,29480
18	16:45:31	1766	3756	0,038	0,114	0,29424
19	17:01:03	1768	3756	0,038	0,114	0,29503
20	17:04:06	1767	3759	0,038	0,114	0,29407
21	17:10:59	1764	3750	0,038	0,114	0,29457
22	17:15:01	1767	3753	0,038	0,114	0,29520
23	17:21:23	1766	3758	0,038	0,114	0,29386
24	17:25:37	1768	3759	0,038	0,114	0,29447
25	17:30:02	1768	3763	0,038	0,114	0,29372
26	17:35:35	1768	3761	0,038	0,114	0,29410
27	17:40:34	1766	3756	0,038	0,114	0,29424
28	18:45:34	1768	3754	0,038	0,114	0,29541
29	17:50:25	1768	3755	0,038	0,114	0,29522
30	17:55:36	1767	3756	0,038	0,114	0,29464
31	18:00:38	1768	3755	0,038	0,114	0,29522
32	18:05:01	1766	3749	0,038	0,114	0,29555
33	18:10:38	1766	3754	0,038	0,114	0,29461
34	18:15:10	1765	3753	0,038	0,114	0,29440
35	18:22:03	1768	3761	0,038	0,114	0,29410
36	18:25:32	1769	3760	0,038	0,114	0,29468
37	18:30:54	1766	3759	0,038	0,114	0,29367
38	18:35:35	1768	3760	0,038	0,114	0,29428
39	18:40:00	1766	3753	0,038	0,114	0,29480
40	18:45:01	1763	3752	0,038	0,114	0,29379
41	18:50:32	1765	3755	0,038	0,114	0,29402
42	18:55:02	1765	3749	0,038	0,114	0,29515
43	19:00:04	1765	3751	0,038	0,114	0,29478
44	19:05:09	1766	3756	0,038	0,114	0,29424
45	19:09:27	1766	3756	0,038	0,114	0,29424
46	19:14:37	1764	3749	0,038	0,114	0,29475
47	19:20:48	1764	3752	0,038	0,114	0,29419
48	19:25:04	1766	3756	0,038	0,114	0,29424
49	19:31:33	1762	3745	0,038	0,114	0,29471
50	19:35:11	1762	3746	0,038	0,114	0,29452
51	19:40:06	1764	3749	0,038	0,114	0,29475
52	19:45:38	1764	3749	0,038	0,114	0,29475
53	19:50:14	1765	3749	0,038	0,114	0,29515
54	19:55:23	1765	3747	0,038	0,114	0,29553
55	20:00:16	1764	3749	0,038	0,114	0,29475
56	20:05:02	1766	3754	0,038	0,114	0,29461
57	20:10:10	1765	3754	0,038	0,114	0,29421
58	20:15:09	1765	3749	0,038	0,114	0,29515
59	20:21:33	1766	3752	0,038	0,114	0,29499
60	20:26:26	1766	3749	0,038	0,114	0,29555
61	20:30:00	1764	3749	0,038	0,114	0,29475

N°	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
62	20:35:33	1766	3752	0,038	0,114	0,29499
63	20:40:19	1768	3754	0,038	0,114	0,29541
64	20:45:26	1764	3750	0,038	0,114	0,29457
65	20:50:05	1766	3752	0,038	0,114	0,29499
66	20:56:31	1767	3758	0,038	0,114	0,29426
67	21:00:32	1765	3751	0,038	0,114	0,29478
68	21:05:12	1767	3755	0,038	0,114	0,29482
69	21:11:50	1766	3752	0,038	0,114	0,29499
70	21:16:24	1765	3751	0,038	0,114	0,29478
71	21:20:07	1765	3756	0,038	0,114	0,29384
72	21:25:31	1767	3757	0,038	0,114	0,29445
73	21:31:34	1766	3758	0,038	0,114	0,29386
74	21:36:40	1766	3758	0,038	0,114	0,29386
75	21:40:10	1767	3755	0,038	0,114	0,29482
76	21:46:17	1762	3749	0,038	0,114	0,29395
77	21:52:16	1765	3753	0,038	0,114	0,29440
78	21:55:41	1760	3745	0,038	0,114	0,29390
79	21:40:10	1766	3756	0,038	0,114	0,29424
80	21:46:17	1766	3756	0,038	0,114	0,29424
81	21:52:16	1765	3755	0,038	0,114	0,29402

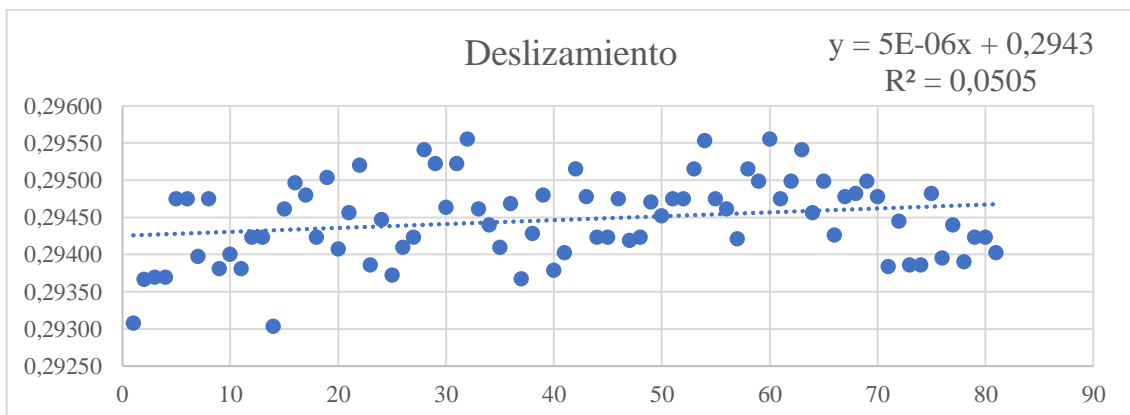
Prueba de correlación

n	81
n ajustado	90
$\alpha=0,05$	0,207
$\alpha=0,01$	0,269

R^2	0,050467685
$r_{\alpha=0,05}$	0,22465014
$r_{\alpha=0,01}$	0,22465014

r	0,22465014
n	81
t-score	2,049110432
p-value	0,04377102

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO G. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R4-100N

Nº	Hora	BDU
1	14:01:00	48
2	14:11:00	35
3	14:12:00	42
4	14:14:00	45
5	14:15:00	34
6	14:16:00	47
7	14:18:00	43
8	14:19:00	32
9	14:20:00	43
10	14:21:00	48
11	14:23:00	48
12	14:25:00	42
13	14:27:00	40
14	14:30:00	44
15	14:32:00	33
16	14:33:00	42
17	14:34:00	40
18	14:36:00	33
19	14:38:00	29
20	14:40:00	39
21	14:42:00	38
22	14:44:00	29
23	14:47:00	30
24	14:48:00	31
25	14:50:00	32
26	14:52:00	41
27	14:55:00	33
28	14:56:00	37
29	14:58:00	39
30	15:00:00	41
31	15:02:00	36
32	15:04:00	36
33	15:15:00	52
34	15:30:00	54

Nº	Hora	BDU
35	15:45:00	67
36	15:59:00	74
37	16:15:00	60
38	16:29:00	62
39	16:45:00	73
40	17:00:00	97
41	17:14:00	97
42	17:30:00	88
43	17:47:00	100
44	18:00:00	105
45	18:17:00	123
46	18:30:00	112
47	18:45:00	130
48	19:14:00	180
49	19:29:00	237
50	19:46:00	174
51	19:59:00	201
52	20:15:00	232
53	20:29:00	219
54	20:45:00	266
55	20:59:00	278
56	21:16:00	274
57	21:30:00	247
58	21:47:00	263
59	22:02:00	138
60	22:16:00	231
61	22:25:00	216
62	22:29:00	276
63	22:29:00	248
64	22:30:00	286
65	22:32:00	220
66	22:34:00	249
67	22:37:00	263
68	22:38:00	298

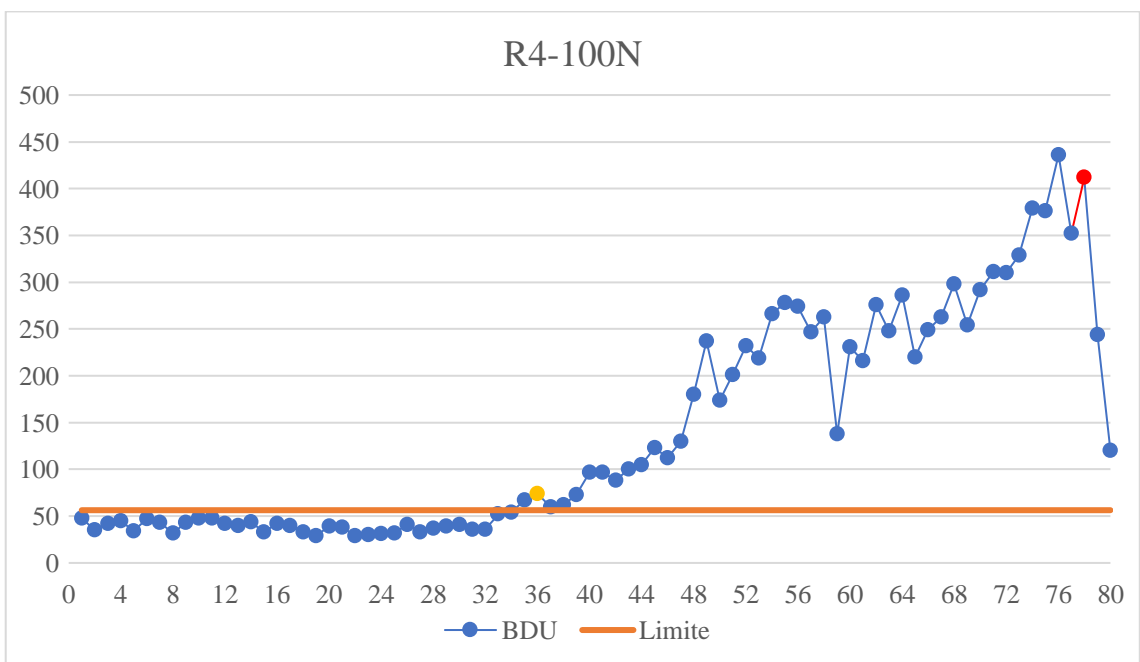
Nº	Hora	BDU
69	22:38:00	254
70	22:40:00	292
71	22:40:00	311
72	22:41:00	310
73	22:41:00	329
74	22:42:00	379
75	22:43:00	376
76	22:44:00	436
77	22:45:00	352
78	22:46:00	412
79	22:53:00	244
80	23:16:00	120

Media	38,44
Desviación estándar	5,797315842
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,3525527

Tiempo (Horas)	9:15:00
Minutos	555

INTERVALO P-F

Nº	Tiempo
36	15:59:00
78	22:46:00
Intervalo P-F (horas)	6:47:00
Intervalo P-F (min)	407



ANEXO H. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R4-100N

N°	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	14:00:28	1777	3779	0,038	0,114	0,29431
2	14:05:31	1777	3778	0,038	0,114	0,29450
3	14:11:59	1778	3777	0,038	0,114	0,29508
4	14:15:09	1776	3778	0,038	0,114	0,29410
5	14:20:33	1776	3781	0,038	0,114	0,29354
6	14:25:08	1777	3780	0,038	0,114	0,29412
7	14:30:12	1777	3778	0,038	0,114	0,29450
8	14:35:32	1778	3779	0,038	0,114	0,29471
9	14:40:14	1779	3777	0,038	0,114	0,29548
10	14:45:26	1777	3777	0,038	0,114	0,29468
11	14:50:25	1776	3778	0,038	0,114	0,29410
12	14:55:27	1776	3777	0,038	0,114	0,29429
13	15:00:00	1779	3780	0,038	0,114	0,29492
14	15:05:39	1775	3773	0,038	0,114	0,29464
15	15:10:11	1776	3777	0,038	0,114	0,29429
16	15:15:03	1775	3776	0,038	0,114	0,29408
17	15:20:16	1777	3777	0,038	0,114	0,29468
18	15:26:01	1778	3779	0,038	0,114	0,29471
19	15:30:26	1778	3783	0,038	0,114	0,29396
20	15:35:29	1779	3781	0,038	0,114	0,29473
21	15:40:40	1778	3779	0,038	0,114	0,29471
22	15:45:22	1777	3780	0,038	0,114	0,29412
23	16:50:13	1778	3782	0,038	0,114	0,29415
24	16:55:36	1778	3783	0,038	0,114	0,29396
25	16:00:48	1777	3781	0,038	0,114	0,29394
26	16:05:57	1779	3780	0,038	0,114	0,29492
27	16:10:21	1778	3781	0,038	0,114	0,29433
28	16:15:24	1777	3781	0,038	0,114	0,29394
29	16:20:27	1778	3782	0,038	0,114	0,29415
30	16:25:19	1779	3781	0,038	0,114	0,29473
31	16:30:38	1779	3781	0,038	0,114	0,29473
32	16:35:41	1778	3779	0,038	0,114	0,29471
33	16:40:13	1754	3754	0,038	0,114	0,28979
34	16:45:16	1755	3758	0,038	0,114	0,28943
35	16:50:16	1760	3763	0,038	0,114	0,29051
36	16:55:36	1759	3767	0,038	0,114	0,28935
37	17:01:10	1758	3762	0,038	0,114	0,28989
38	17:05:21	1760	3769	0,038	0,114	0,28938
39	17:10:04	1758	3770	0,038	0,114	0,28838

N°	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
40	17:15:26	1760	3771	0,038	0,114	0,28900
41	17:20:27	1760	3772	0,038	0,114	0,28881
42	17:25:37	1759	3770	0,038	0,114	0,28879
43	17:30:10	1760	3771	0,038	0,114	0,28900
44	17:35:04	1760	3772	0,038	0,114	0,28881
45	17:40:54	1760	3780	0,038	0,114	0,28731
46	17:45:27	1762	3777	0,038	0,114	0,28868
47	17:50:32	1761	3775	0,038	0,114	0,28865
48	17:55:38	1760	3772	0,038	0,114	0,28881
49	18:00:03	1758	3770	0,038	0,114	0,28838
50	18:05:14	1758	3770	0,038	0,114	0,28838
51	18:11:22	1761	3773	0,038	0,114	0,28903
52	18:15:03	1760	3773	0,038	0,114	0,28863
53	18:20:42	1760	3776	0,038	0,114	0,28806
54	18:30:02	1760	3772	0,038	0,114	0,28881
55	18:40:40	1759	3769	0,038	0,114	0,28898
56	18:50:41	1760	3772	0,038	0,114	0,28881
57	19:00:19	1760	3772	0,038	0,114	0,28881
58	19:10:08	1759	3772	0,038	0,114	0,28841
59	19:21:31	1760	3775	0,038	0,114	0,28825
60	19:30:59	1759	3775	0,038	0,114	0,28784
61	19:40:18	1759	3772	0,038	0,114	0,28841
62	19:50:07	1760	3773	0,038	0,114	0,28863
63	20:00:04	1759	3774	0,038	0,114	0,28803
64	20:10:18	1761	3776	0,038	0,114	0,28846
65	20:20:59	1761	3775	0,038	0,114	0,28865
66	20:30:01	1760	3775	0,038	0,114	0,28825
67	20:40:09	1761	3771	0,038	0,114	0,28941
68	20:50:16	1760	3772	0,038	0,114	0,28881
69	21:00:27	1758	3780	0,038	0,114	0,28649
70	21:10:37	1758	3777	0,038	0,114	0,28706
71	21:20:47	1759	3772	0,038	0,114	0,28841
72	21:30:57	1760	3773	0,038	0,114	0,28863
73	21:41:07	1759	3774	0,038	0,114	0,28803
74	21:50:17	1761	3776	0,038	0,114	0,28846
75	22:01:27	1761	3775	0,038	0,114	0,28865

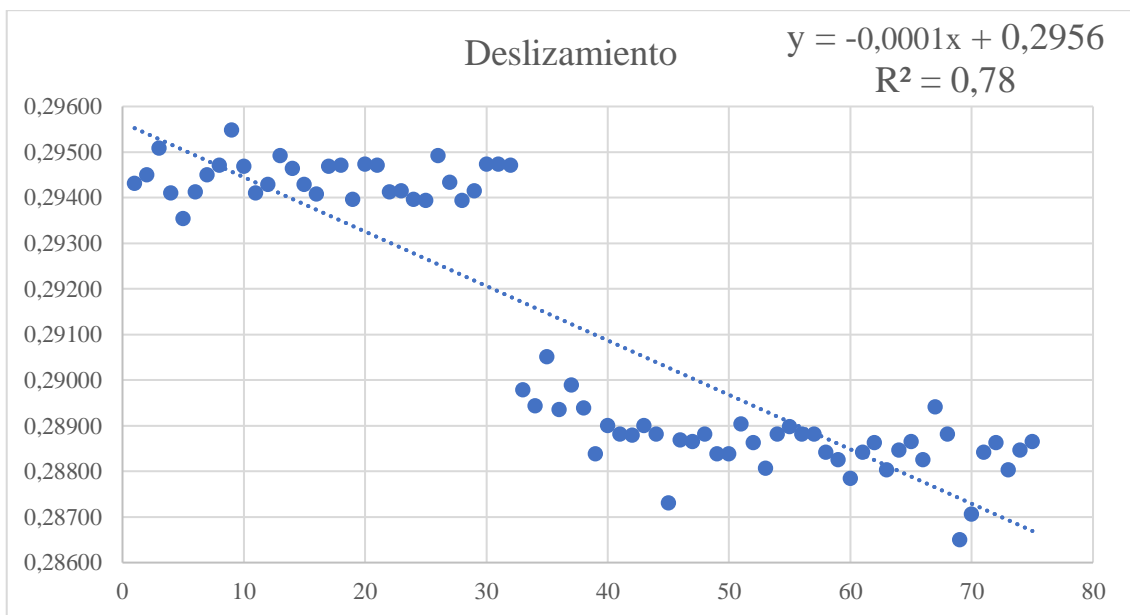
Prueba de correlación

n	75
n ajustado	80
$\alpha=0,05$	0,22
$\alpha=0,01$	0,286

R^2	0,780000256
$R_{\alpha=0,05}$	0,883176231
$r_{\alpha=0,01}$	0,883176231

r	0,883176231
n	75
t-score	16,08783912
p-value	1,04601E-25

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO I. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R5-100N

Nº	Hora	BDU
1	10:20:00	47
2	10:22:00	45
3	10:23:00	47
4	10:25:00	46
5	10:29:00	47
6	10:31:00	45
7	10:32:00	48
8	10:34:00	42
9	10:37:00	38
10	10:38:00	37
11	10:40:00	45
12	10:42:00	50
13	10:45:00	46
14	10:46:00	43
15	10:48:00	48
16	10:50:00	46
17	10:52:00	36
18	10:53:00	34
19	10:56:00	44
20	10:58:00	44
21	11:00:00	48
22	11:02:00	46
23	11:04:00	48
24	11:06:00	39
25	11:08:00	43
26	11:10:00	46
27	11:12:00	39
28	11:14:00	46
29	11:16:00	43
30	11:19:00	42
31	11:19:00	40
32	11:22:00	48
33	11:24:00	40
34	11:27:00	50
35	13:30:00	52
36	13:46:00	65
37	14:00:00	59
38	14:15:00	93
39	14:30:00	94
40	14:43:00	80

41	15:00:00	99
42	15:16:00	97
43	15:29:00	102
44	15:44:00	107
45	15:59:00	109
46	16:14:00	106
47	16:30:00	114
48	16:46:00	142
49	16:59:00	111
50	17:15:00	238
51	17:31:00	209
52	17:44:00	237
53	18:00:00	247
54	18:14:00	256
55	18:30:00	212
56	18:45:00	256
57	19:00:00	276
58	19:15:00	307
59	19:30:00	391
60	19:46:00	382
61	20:00:00	415
62	20:15:00	351
63	20:29:00	392
64	20:44:00	479
65	21:00:00	317
66	21:16:00	294
67	21:20:00	281
68	21:20:00	366
69	21:21:00	321
70	21:22:00	336
71	21:22:00	345
72	21:22:00	362
73	21:23:00	341
74	21:23:00	350
75	21:24:00	328
76	21:25:00	320
77	21:26:00	350
78	21:27:00	316
79	21:28:00	331
80	21:28:00	395

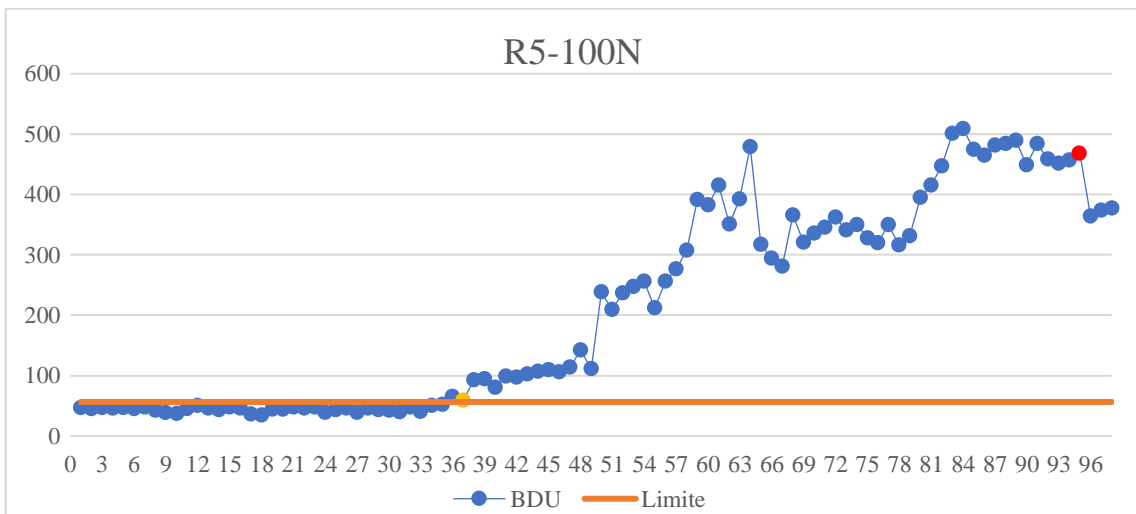
81	21:29:00	415
82	21:29:00	447
Nº	Hora	BDU
83	21:29:00	501
84	21:30:00	509
85	21:30:00	474
86	21:30:00	465
87	21:31:00	481
88	21:31:00	484
89	21:32:00	489
90	21:32:00	449
91	21:33:00	484
92	21:34:00	458
93	21:35:00	451
94	21:35:00	457
95	21:37:00	468
96	21:41:00	364
97	21:43:00	374
98	21:47:00	377

Media	38,44
Desviación estándar	5,797315
Probabilidad	0,999
Z	3,090232
Limite	56

Tiempo (Horas)	11:27:00
Minutos	687

Intervalo P-F	
Nº	Tiempo
37	14:00:00
95	21:37:00
Intervalo P-F (horas)	7:47:00

Intervalo P-F (horas)	7:37:00
Intervalo P-F (min)	457



ANEXO J. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R5-100N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	10:20:41	1775	3823	0,038	0,114	0,28529
2	10:25:35	1776	3828	0,038	0,114	0,28476
3	10:30:23	1777	3830	0,038	0,114	0,28479
4	10:35:07	1778	3835	0,038	0,114	0,28426
5	10:40:14	1778	3836	0,038	0,114	0,28407
6	10:45:31	1777	3832	0,038	0,114	0,28441
7	10:50:37	1776	3839	0,038	0,114	0,28270
8	10:55:11	1777	3838	0,038	0,114	0,28329
9	11:00:29	1776	3839	0,038	0,114	0,28270
10	11:05:31	1775	3837	0,038	0,114	0,28267
11	11:10:07	1777	3839	0,038	0,114	0,28311
12	11:15:14	1777	3840	0,038	0,114	0,28292
13	13:30:34	1778	3839	0,038	0,114	0,28351
14	13:35:41	1778	3841	0,038	0,114	0,28314
15	13:40:42	1777	3840	0,038	0,114	0,28292
16	13:45:44	1778	3839	0,038	0,114	0,28351
17	14:00:28	1778	3839	0,038	0,114	0,28351
18	14:15:44	1749	3771	0,038	0,114	0,28453
19	14:20:13	1749	3770	0,038	0,114	0,28472
20	14:25:16	1750	3771	0,038	0,114	0,28494
21	14:30:18	1749	3772	0,038	0,114	0,28434
22	14:35:21	1751	3774	0,038	0,114	0,28478
23	14:40:23	1751	3775	0,038	0,114	0,28459
24	14:45:12	1750	3773	0,038	0,114	0,28456
25	14:50:31	1749	3772	0,038	0,114	0,28434
26	14:55:41	1750	3773	0,038	0,114	0,28456
27	15:00:31	1750	3770	0,038	0,114	0,28513
28	15:05:35	1748	3770	0,038	0,114	0,28431
29	15:10:04	1750	3775	0,038	0,114	0,28418
30	15:15:59	1750	3777	0,038	0,114	0,28380
31	15:20:27	1748	3770	0,038	0,114	0,28431

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
32	15:25:41	1748	3769	0,038	0,114	0,28450
33	15:30:50	1750	3771	0,038	0,114	0,28494
34	15:35:54	1749	3770	0,038	0,114	0,28472
35	15:40:08	1748	3770	0,038	0,114	0,28431
36	15:45:40	1749	3771	0,038	0,114	0,28453
37	15:50:14	1749	3771	0,038	0,114	0,28453
38	15:55:55	1750	3773	0,038	0,114	0,28456
39	16:00:53	1747	3769	0,038	0,114	0,28409
40	16:05:42	1748	3770	0,038	0,114	0,28431
41	16:10:09	1750	3771	0,038	0,114	0,28494
42	16:15:36	1749	3771	0,038	0,114	0,28453
43	16:20:16	1749	3772	0,038	0,114	0,28434
44	16:25:57	1751	3774	0,038	0,114	0,28478
45	16:30:28	1750	3771	0,038	0,114	0,28494
46	16:35:12	1750	3771	0,038	0,114	0,28494
47	16:40:37	1749	3772	0,038	0,114	0,28434
48	16:45:17	1751	3770	0,038	0,114	0,28554
49	16:50:33	1750	3773	0,038	0,114	0,28456
50	16:55:22	1750	3771	0,038	0,114	0,28494
51	17:00:07	1751	3770	0,038	0,114	0,28554
52	17:05:11	1750	3771	0,038	0,114	0,28494
53	17:10:21	1749	3768	0,038	0,114	0,28510
54	17:15:55	1748	3765	0,038	0,114	0,28526
55	17:20:31	1749	3767	0,038	0,114	0,28529
56	17:25:11	1750	3769	0,038	0,114	0,28532
57	17:30:11	1748	3770	0,038	0,114	0,28431
58	17:35:11	1748	3771	0,038	0,114	0,28412
59	17:40:11	1750	3769	0,038	0,114	0,28532
60	17:45:11	1749	3769	0,038	0,114	0,28491

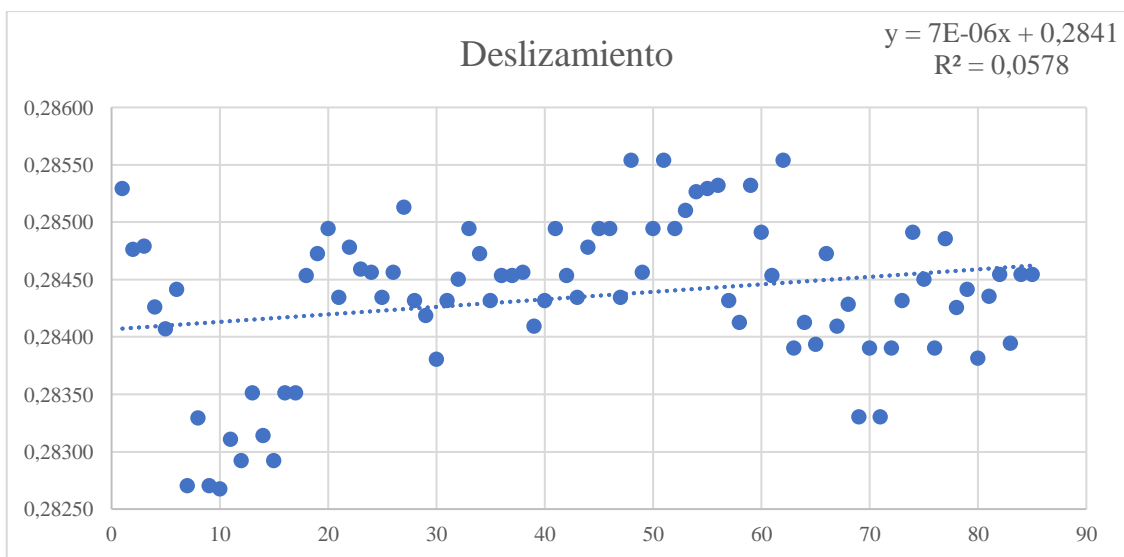
Prueba de correlación

n	85
n ajustado	90
$\alpha=0,05$	0,207
$\alpha=0,01$	0,269

R^2	0,057762447
$R_{\alpha=0,05}$	0,240338192
$r_{\alpha=0,01}$	0,240338192

r	0,240338192
n	85
t-score	2,255701519
p-value	0,026720032

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO K. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R6-100N

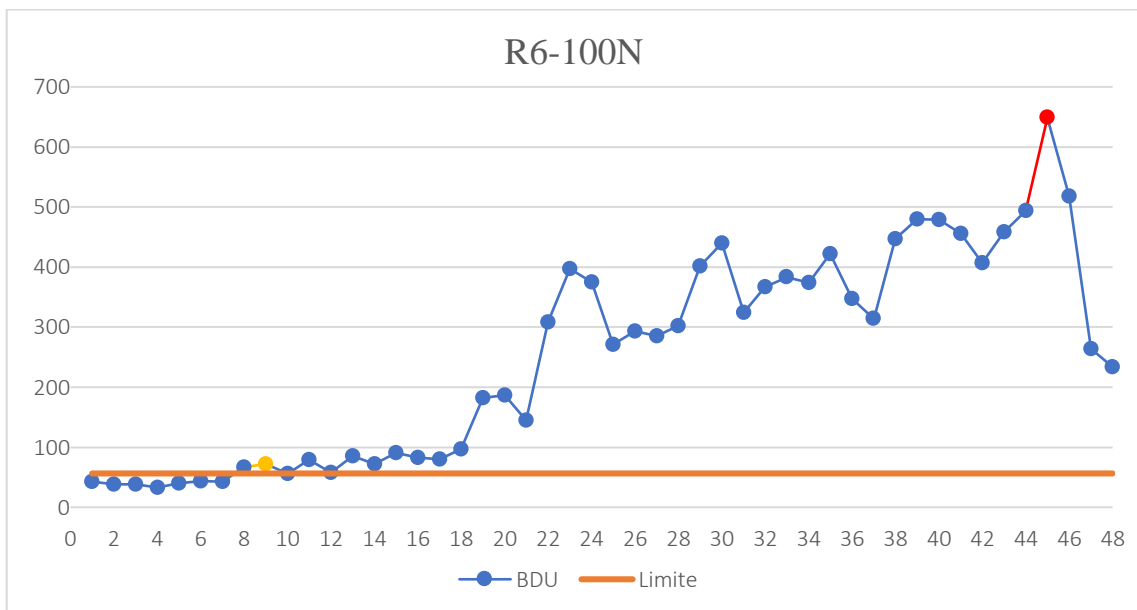
Nº	Hora	BDU
1	9:15:00	43
2	9:29:00	38
3	9:34:00	38
4	9:45:00	33
5	10:00:00	40
6	10:15:00	44
7	10:30:00	43
8	10:46:00	67
9	11:00:00	72
10	11:15:00	56
11	11:30:00	79
12	11:45:00	58
13	12:00:00	85
14	12:30:00	72
15	12:45:00	91
16	13:00:00	83
17	13:15:00	80
18	13:31:00	97
19	13:48:00	182
20	14:00:00	187
21	14:15:00	145
22	14:31:00	308
23	14:45:00	397
24	15:00:00	375

Nº	Hora	BDU
25	15:15:00	271
26	15:32:00	293
27	15:45:00	285
28	16:00:00	302
29	16:15:00	402
30	16:30:00	440
31	16:45:00	324
32	17:01:00	367
33	17:15:00	383
34	17:30:00	374
35	17:45:00	422
36	18:03:00	347
37	18:15:00	314
38	18:30:00	447
39	18:46:00	480
40	18:47:00	479
41	19:01:00	456
42	19:14:00	407
43	19:23:00	458
44	19:25:00	494
45	19:35:00	649
46	19:36:00	518
47	19:39:00	264
48	19:41:00	234

Media	38,44
Desviación estándar	5,797315842
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Límite	56,3525527

Tiempo (Horas)	10:26:00
Minutos	626

Intervalo P-F	
Nº	Tiempo
9	11:00:00
45	19:35:00
Intervalo P-F (horas)	8:3:00
Intervalo P-F (min)	515



ANEXO L. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R6-100N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1		1754	3781	0,038	0,114	0,28468
2		1753	3783	0,038	0,114	0,28389
3		1753	3784	0,038	0,114	0,28370
4		1754	3785	0,038	0,114	0,28392
5		1752	3785	0,038	0,114	0,28310
6		1755	3786	0,038	0,114	0,28414
7		1755	3785	0,038	0,114	0,28433
8		1754	3785	0,038	0,114	0,28392
9		1754	3785	0,038	0,114	0,28392
10		1755	3784	0,038	0,114	0,28452
11		1755	3786	0,038	0,114	0,28414
12		1756	3784	0,038	0,114	0,28493
13		1755	3783	0,038	0,114	0,28471
14		1754	3785	0,038	0,114	0,28392
15		1756	3785	0,038	0,114	0,28474
16		1753	3784	0,038	0,114	0,28370
17		1756	3786	0,038	0,114	0,28455
18		1755	3786	0,038	0,114	0,28414
19		1757	3782	0,038	0,114	0,28571
20		1757	3783	0,038	0,114	0,28552
21		1756	3783	0,038	0,114	0,28512
22		1756	3783	0,038	0,114	0,28512
23		1756	3782	0,038	0,114	0,28530
24		1757	3781	0,038	0,114	0,28590
25		1756	3783	0,038	0,114	0,28512
26		1755	3784	0,038	0,114	0,28452
27		1757	3785	0,038	0,114	0,28514
28		1756	3785	0,038	0,114	0,28474
29		1756	3786	0,038	0,114	0,28455
30		1757	3785	0,038	0,114	0,28514
31		1757	3785	0,038	0,114	0,28514
32		1758	3785	0,038	0,114	0,28555
33		1756	3784	0,038	0,114	0,28493
34		1757	3786	0,038	0,114	0,28496
35		1756	3784	0,038	0,114	0,28493
36		1757	3782	0,038	0,114	0,28571
37		1757	3783	0,038	0,114	0,28552
38		1758	3785	0,038	0,114	0,28555
39		1756	3786	0,038	0,114	0,28455
40		1757	3786	0,038	0,114	0,28496
41		1755	3784	0,038	0,114	0,28452
42		1756	3785	0,038	0,114	0,28474

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
43		1756	3786	0,038	0,114	0,28455
44		1757	3785	0,038	0,114	0,28514
45		1757	3785	0,038	0,114	0,28514
46		1758	3785	0,038	0,114	0,28555
47		1756	3784	0,038	0,114	0,28493
48		1756	3783	0,038	0,114	0,28512
49		1755	3784	0,038	0,114	0,28452
50		1757	3785	0,038	0,114	0,28514
51		1757	3782	0,038	0,114	0,28571
52		1757	3783	0,038	0,114	0,28552
53		1758	3785	0,038	0,114	0,28555

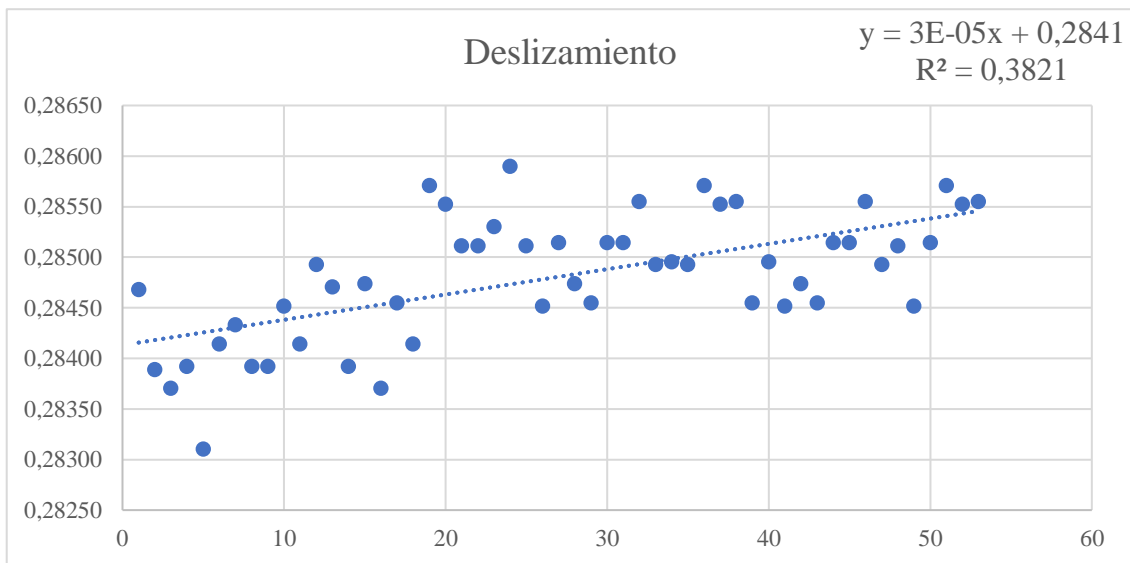
Prueba de correlación

n	53
n ajustado	60
$\alpha=0,05$	0,254
$\alpha=0,01$	0,33

R^2	0,38207375
$R_{\alpha=0,05}$	0,61812115
$r_{\alpha=0,01}$	0,61812115

r	0,61812115
n	53
t-score	5,61552503
p-value	8,1553E-07

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO M. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R1-150N

Nº	Hora	BDU
1	11:08:00	44
2	11:10:00	49
3	11:12:00	46
4	11:14:00	46
5	11:16:00	49
6	11:18:00	43
7	11:20:00	41
8	11:22:00	40
9	11:24:00	42
10	11:26:00	45
11	11:28:00	48
12	11:30:00	43
13	11:32:00	47
14	11:34:00	45
15	11:36:00	42
16	11:38:00	34
17	11:40:00	45
18	11:42:00	37
19	11:44:00	46
20	11:46:00	39
21	11:48:00	46
22	11:50:00	44
23	11:53:00	41
24	11:54:00	36
25	11:56:00	45
26	11:58:00	48
27	12:00:00	49
28	12:02:00	49
29	12:04:00	46
30	12:05:00	49
31	12:07:00	44
32	12:07:00	49

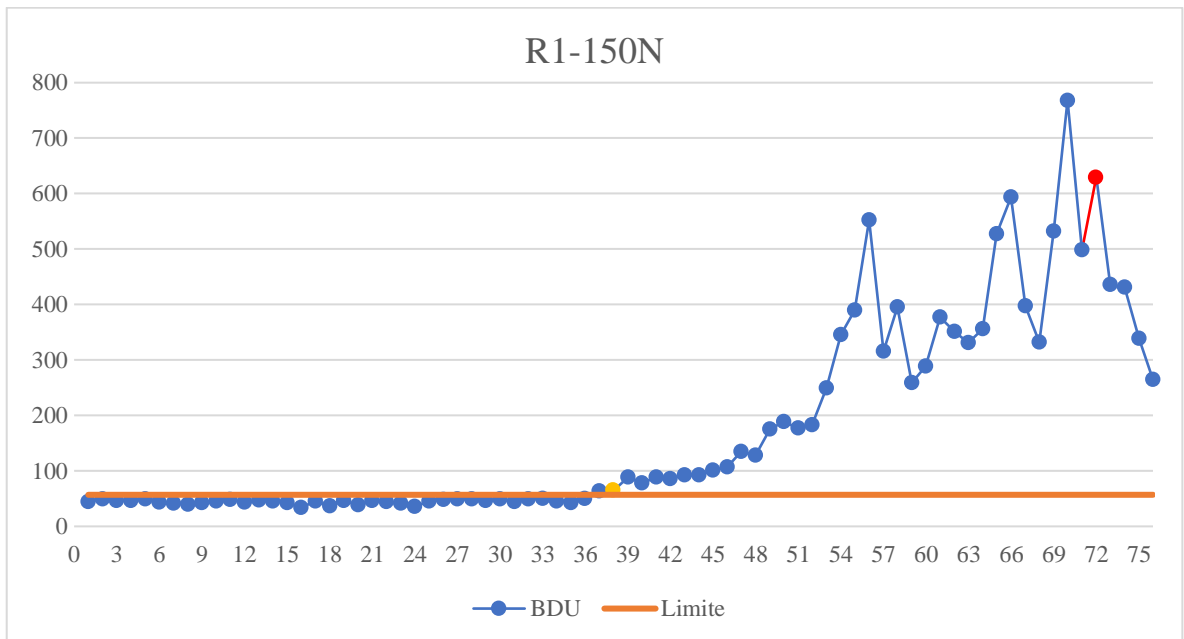
Nº	Hora	BDU
33	12:09:00	50
34	12:10:00	45
35	12:11:00	42
36	12:14:00	50
37	12:30:00	64
38	12:45:00	65
39	13:00:00	89
40	13:14:00	78
41	13:30:00	89
42	13:46:00	86
43	13:59:00	92
44	14:15:00	92
45	14:30:00	101
46	14:45:00	107
47	15:00:00	135
48	15:16:00	128
49	15:30:00	175
50	15:46:00	189
51	15:59:00	177
52	16:15:00	183
53	16:30:00	249
54	16:46:00	345
55	17:02:00	390
56	17:15:00	552
57	17:30:00	316
58	17:46:00	395
59	18:01:00	259
60	18:16:00	289
61	18:30:00	377
62	18:46:00	351
63	18:59:00	331
64	19:15:00	356

Nº	Hora	BDU
65	19:23:00	527
66	19:25:00	594
67	19:25:00	397
68	19:26:00	332
69	19:30:00	532
70	19:35:00	768
71	19:36:00	498
72	19:38:00	629
73	19:40:00	436
74	19:41:00	431
75	19:55:00	339
76	20:03:00	265

Tiempo (horas)	8:55:00
Minutos	535

Media	44,56
Desves	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

INTERVALO P-F	
Nº	HORA
38	12:45:00
72	19:38:00
Intervalo P-F (horas)	6:53:00
Intervalo P-F (min)	413



ANEXO N. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R1-150N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	12:45:51	1719	3732	0,038	0,114	0,27957
2	12:50:05	1732	3750	0,038	0,114	0,28153
3	12:55:14	1733	3753	0,038	0,114	0,28137
4	13:01:09	1737	3760	0,038	0,114	0,28169
5	13:06:28	1737	3757	0,038	0,114	0,28226
6	13:10:09	1736	3763	0,038	0,114	0,28070
7	13:15:31	1736	3761	0,038	0,114	0,28108
8	13:20:13	1736	3761	0,038	0,114	0,28108
9	13:25:16	1737	3765	0,038	0,114	0,28073
10	13:35:06	1738	3766	0,038	0,114	0,28096
11	13:41:35	1737	3765	0,038	0,114	0,28073
12	13:45:56	1736	3761	0,038	0,114	0,28108
13	13:50:55	1739	3764	0,038	0,114	0,28175
14	13:55:55	1738	3766	0,038	0,114	0,28096
15	14:00:19	1737	3765	0,038	0,114	0,28073
16	14:05:13	1737	3767	0,038	0,114	0,28035
17	14:10:22	1737	3765	0,038	0,114	0,28073
18	14:15:17	1738	3766	0,038	0,114	0,28096
19	14:20:23	1736	3767	0,038	0,114	0,27994
20	14:25:13	1737	3765	0,038	0,114	0,28073
21	14:30:20	1735	3764	0,038	0,114	0,28010
22	14:35:04	1739	3769	0,038	0,114	0,28080
23	14:40:23	1738	3770	0,038	0,114	0,28019
24	14:45:30	1739	3769	0,038	0,114	0,28080
25	14:50:28	1737	3769	0,038	0,114	0,27997
26	14:55:31	1737	3770	0,038	0,114	0,27978
27	15:00:43	1738	3771	0,038	0,114	0,28000
28	15:05:55	1737	3770	0,038	0,114	0,27978
29	15:10:36	1737	3769	0,038	0,114	0,27997
30	15:15:58	1738	3773	0,038	0,114	0,27962
31	15:20:00	1740	3771	0,038	0,114	0,28083
32	15:25:07	1739	3777	0,038	0,114	0,27927
33	15:30:57	1738	3773	0,038	0,114	0,27962
34	15:35:09	1739	3774	0,038	0,114	0,27984
35	15:40:13	1740	3772	0,038	0,114	0,28064
36	15:45:04	1740	3775	0,038	0,114	0,28007
37	15:50:15	1739	3778	0,038	0,114	0,27908
38	15:55:12	1741	3778	0,038	0,114	0,27991
39	16:00:10	1739	3769	0,038	0,114	0,28080
40	16:06:05	1739	3772	0,038	0,114	0,28023
41	16:10:24	1738	3771	0,038	0,114	0,28000
42	16:15:37	1738	3771	0,038	0,114	0,28000
43	16:20:39	1740	3775	0,038	0,114	0,28007
44	16:25:56	1739	3775	0,038	0,114	0,27965
45	16:30:39	1739	3774	0,038	0,114	0,27984
46	16:35:41	1739	3775	0,038	0,114	0,27965
47	16:40:40	1741	3778	0,038	0,114	0,27991
48	16:45:02	1740	3777	0,038	0,114	0,27969
49	16:50:18	1740	3774	0,038	0,114	0,28026

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
50	16:55:20	1741	3779	0,038	0,114	0,27972
51	17:00:36	1739	3776	0,038	0,114	0,27946
52	17:06:48	1741	3777	0,038	0,114	0,28010
53	17:11:02	1738	3772	0,038	0,114	0,27981
54	17:15:54	1740	3776	0,038	0,114	0,27988
55	17:20:04	1740	3777	0,038	0,114	0,27969
56	17:24:39	1739	3773	0,038	0,114	0,28003
57	17:30:26	1739	3773	0,038	0,114	0,28003
58	17:35:08	1738	3776	0,038	0,114	0,27905
59	17:45:42	1741	3780	0,038	0,114	0,27953
60	18:00:20	1737	3774	0,038	0,114	0,27901
61	18:17:10	1738	3773	0,038	0,114	0,27962
62	18:30:38	1739	3774	0,038	0,114	0,27984
63	18:45:17	1739	3776	0,038	0,114	0,27946
64	19:00:31	1736	3774	0,038	0,114	0,27860
65	19:15:50	1737	3773	0,038	0,114	0,27921
66	19:31:22	1733	3774	0,038	0,114	0,27735
67	19:45:43	1736	3770	0,038	0,114	0,27936
68	19:59:48	1733	3767	0,038	0,114	0,27869

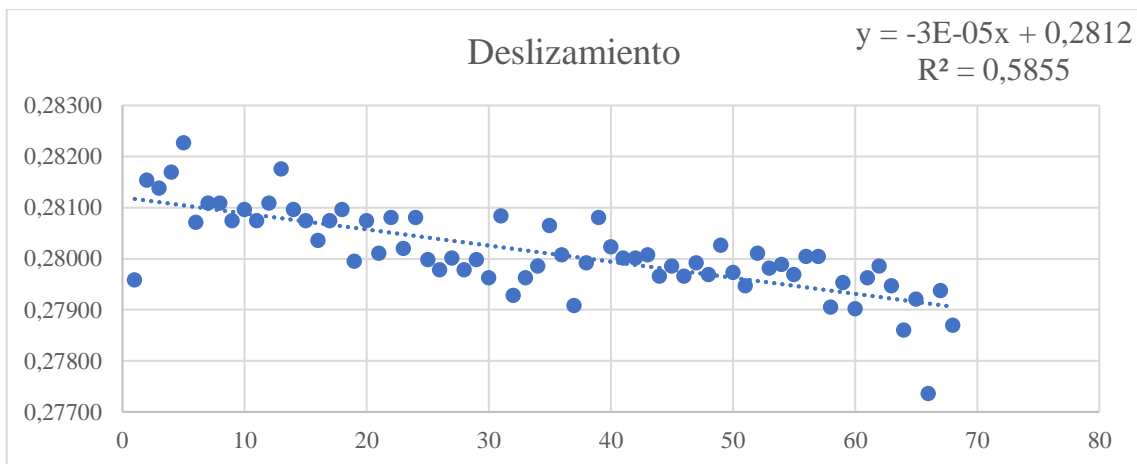
Prueba de correlación

n	68
n ajustado	70
α=0,05	0,236
α=0,01	0,305

R²	0,585535602
R_{α=0,05}	0,765202981
r_{α=0,01}	0,765202981

r	0,765202981
n	68
t-score	9,656172284
p-value	3,01587E-14

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO O. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R2-150N

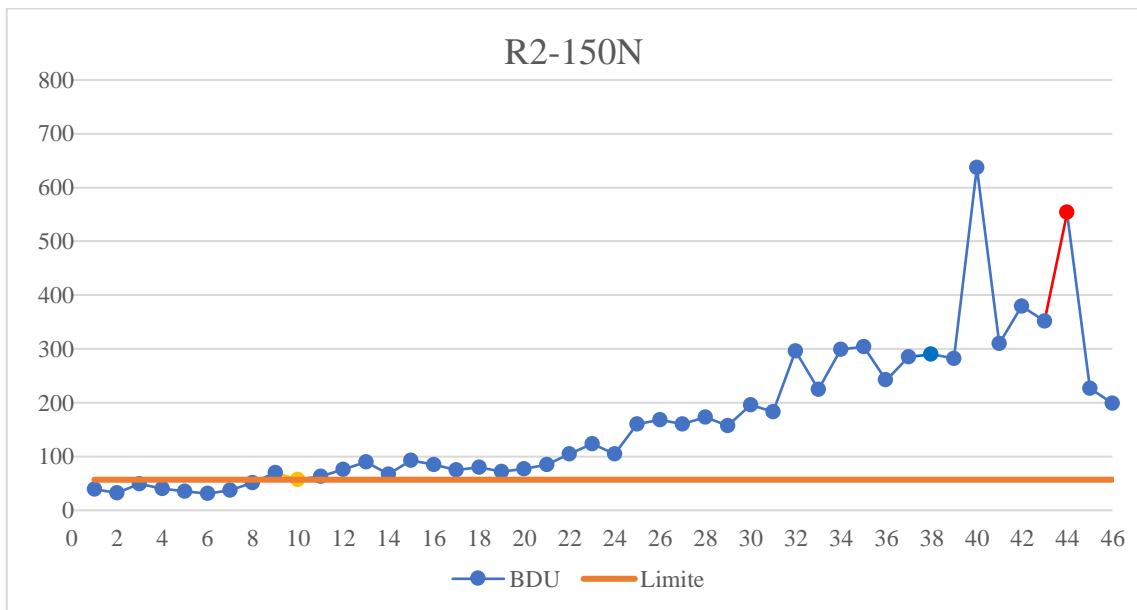
Nº	Hora	BDU
1	9:49:00	39
2	10:00:00	32
3	10:02:00	49
4	10:11:00	40
5	10:14:00	35
6	10:21:00	31
7	10:25:00	37
8	10:30:00	51
9	10:45:00	70
10	11:00:00	57
11	11:18:00	63
12	11:30:00	76
13	11:45:00	90
14	12:01:00	67
15	12:14:00	93
16	12:31:00	85
17	12:46:00	75
18	13:01:00	80
19	13:15:00	72
20	13:30:00	77
21	13:46:00	85
22	14:03:00	105
23	14:15:00	124
24	14:30:00	105
25	14:46:00	160
26	15:00:00	168
27	15:14:00	160
28	15:31:00	173
29	15:46:00	157
30	16:02:00	196
31	16:16:00	183
32	16:31:00	296

Nº	Hora	BDU
33	16:48:00	225
34	16:49:00	299
35	16:49:00	304
36	16:50:00	242
37	16:51:00	285
38	16:52:00	290
39	16:54:00	282
40	16:55:00	637
41	16:55:00	310
42	16:56:00	379
43	16:57:00	352
44	16:58:00	553
45	16:59:00	227
46	17:02:00	199

Tiempo (Horas)	7:13:00
Minutos	433

Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

Intervalo P-F	
Nº	Hora
10	11:00:00
44	16:58:00
Intervalo P-F (Horas)	5:58:00
Intervalo P-F (min)	358



ANEXO P. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R2-150N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	10:00:09	1738	3772	0,038	0,114	0,27981
2	10:05:10	1734	3773	0,038	0,114	0,27796
3	10:10:15	1733	3773	0,038	0,114	0,27754
4	10:15:00	1735	3770	0,038	0,114	0,27895
5	10:21:15	1737	3767	0,038	0,114	0,28035
6	10:25:12	1730	3765	0,038	0,114	0,27782
7	10:37:00	1734	3768	0,038	0,114	0,27892
8	10:36:58	1733	3768	0,038	0,114	0,27850
9	10:40:31	1734	3772	0,038	0,114	0,27815
10	10:45:47	1733	3772	0,038	0,114	0,27773
11	10:50:35	1735	3772	0,038	0,114	0,27857
12	10:55:09	1735	3767	0,038	0,114	0,27952
13	11:00:19	1735	3771	0,038	0,114	0,27876
14	11:10:01	1734	3765	0,038	0,114	0,27949
15	11:20:40	1733	3772	0,038	0,114	0,27773
16	11:30:00	1732	3769	0,038	0,114	0,27789
17	11:40:02	1734	3770	0,038	0,114	0,27853
18	11:50:22	1731	3768	0,038	0,114	0,27767
19	12:00:31	1734	3770	0,038	0,114	0,27853
20	12:10:01	1732	3769	0,038	0,114	0,27789
21	12:20:01	1735	3770	0,038	0,114	0,27895
22	12:25:30	1739	3786	0,038	0,114	0,27755
23	12:30:38	1739	3788	0,038	0,114	0,27717
24	12:35:32	1743	3787	0,038	0,114	0,27902
25	12:40:49	1739	3788	0,038	0,114	0,27717
26	12:50:51	1739	3787	0,038	0,114	0,27736
27	13:00:13	1740	3789	0,038	0,114	0,27740
28	13:10:25	1741	3788	0,038	0,114	0,27800
29	13:20:35	1739	3789	0,038	0,114	0,27698
30	13:30:18	1740	3788	0,038	0,114	0,27759
31	13:40:36	1741	3788	0,038	0,114	0,27800
32	13:50:52	1742	3790	0,038	0,114	0,27804
33	13:55:52	1743	3788	0,038	0,114	0,27883
34	14:00:52	1743	3789	0,038	0,114	0,27864
35	14:10:02	1743	3790	0,038	0,114	0,27845
36	14:20:11	1741	3789	0,038	0,114	0,27781
37	14:31:12	1742	3786	0,038	0,114	0,27880
38	14:40:26	1743	3788	0,038	0,114	0,27883
39	14:50:35	1744	3791	0,038	0,114	0,27867
40	15:00:47	1743	3791	0,038	0,114	0,27826
41	15:10:30	1743	3791	0,038	0,114	0,27826
42	15:20:33	1744	3790	0,038	0,114	0,27886

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
43	15:30:32	1742	3790	0,038	0,114	0,27804
44	15:41:17	1744	3791	0,038	0,114	0,27867
45	15:50:39	1742	3790	0,038	0,114	0,27804
46	16:00:44	1742	3788	0,038	0,114	0,27842
47	16:10:30	1740	3788	0,038	0,114	0,27759
48	16:20:32	1743	3788	0,038	0,114	0,27883
49	16:30:59	1738	3786	0,038	0,114	0,27714
50	16:40:30	1742	3785	0,038	0,114	0,27899
51	16:50:06	1735	3784	0,038	0,114	0,27627
52	17:00:33	1734	3773	0,038	0,114	0,27796
53	17:05:35	1735	3779	0,038	0,114	0,27723

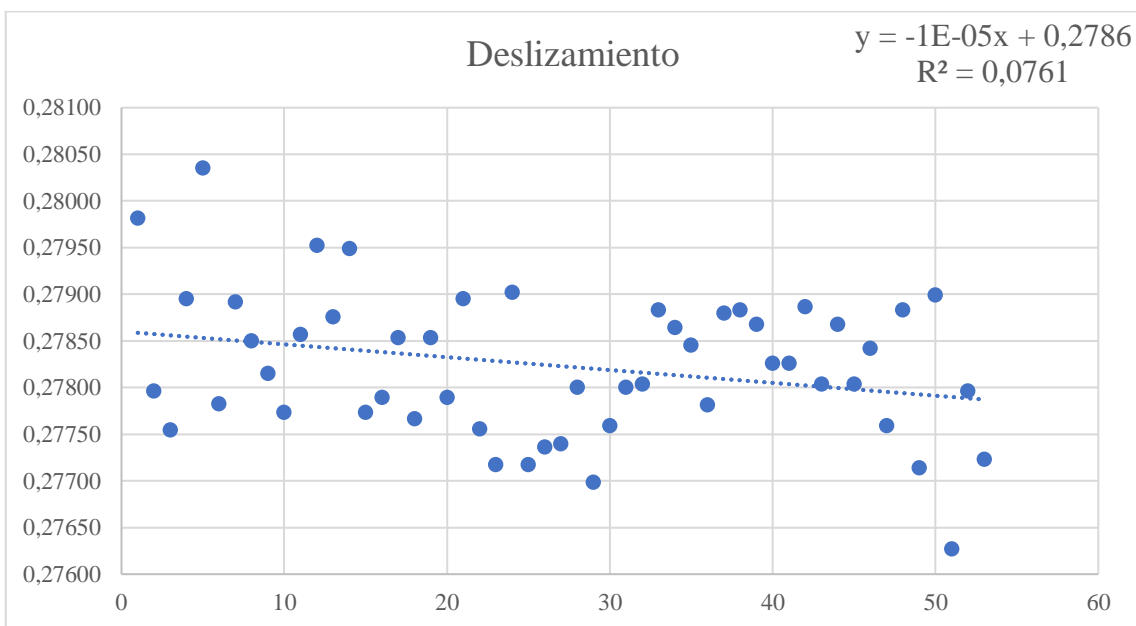
Prueba de correlación

n	53
n ajustado	60
α=0,05	0,254
α=0,01	0,33

R²	0,076086718
r_{α=0,05}	0,275838209
r_{α=0,01}	0,275838209

r	0,27583821
n	53
t-score	2,04938667
p-value	0,04558462

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO Q. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R3-150N

Nº	Hora	BDU
1	9:10:00	34
2	9:14:00	39
3	9:17:00	41
4	9:19:00	55
5	9:20:00	53
6	9:24:00	43
7	9:26:00	47
8	9:29:00	55
9	9:31:00	49
10	9:33:00	50
11	9:35:00	46
12	9:38:00	52
13	9:39:00	55
14	9:40:00	53
15	9:42:00	53
16	9:48:00	52
17	9:52:00	53
18	9:53:00	62
19	9:56:00	71
20	9:58:00	81
21	10:01:00	84
22	10:02:00	83
23	10:04:00	92
24	10:06:00	73
25	10:08:00	94
26	10:10:00	83
27	10:12:00	95
28	10:14:00	81
29	10:16:00	93
30	10:20:00	93
31	10:22:00	93
32	10:24:00	89
33	10:26:00	96
34	10:28:00	85

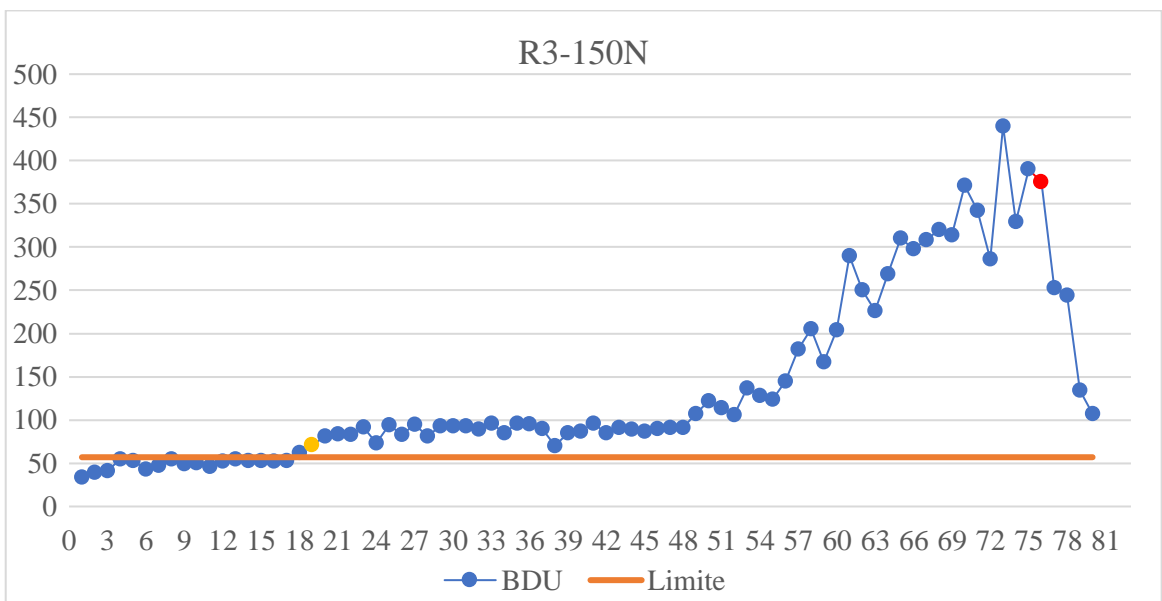
Nº	Hora	BDU
35	10:30:00	96
36	10:33:00	95
37	10:34:00	90
38	10:36:00	70
39	10:37:00	85
40	10:40:00	87
41	10:42:00	96
42	10:44:00	85
43	10:45:00	91
44	10:46:00	89
45	10:49:00	87
46	10:52:00	90
47	10:55:00	91
48	10:57:00	91
49	11:01:00	107
50	11:11:00	122
51	11:20:00	114
52	11:33:00	106
53	11:45:00	137
54	12:00:00	128
55	12:15:00	124
56	12:30:00	145
57	12:45:00	182
58	13:01:00	205
59	13:16:00	167
60	13:32:00	204
61	13:42:00	290
62	13:48:00	250
63	14:03:00	226
64	14:14:00	269
65	14:29:00	310
66	14:46:00	298
67	15:00:00	308
68	15:15:00	320

Nº	Hora	BDU
69	15:30:00	314
70	15:45:00	371
71	15:59:00	342
72	16:12:00	286
73	16:13:00	440
74	16:14:00	329
75	16:15:00	390
76	16:22:00	375
77	16:25:00	253
78	16:31:00	244
79	16:39:00	134
80	16:45:00	107

Tiempo (Horas)	7:35:00
Minutos	455

Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Límite	56,94832712

Intervalo P-F	
Nº	Hora
19	9:56:00
76	16:22:00
Intervalo P-F (Horas)	6:26:00
Intervalo P-F (min)	386



ANEXO R. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R3-150N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	9:15:29	1729	3761	0,038	0,114	0,27817
2	9:20:08	1728	3764	0,038	0,114	0,27718
3	9:25:49	1727	3764	0,038	0,114	0,27676
4	9:30:11	1729	3767	0,038	0,114	0,27702
5	9:35:58	1731	3769	0,038	0,114	0,27747
6	9:40:17	1729	3768	0,038	0,114	0,27683
7	9:47:06	1730	3771	0,038	0,114	0,27667
8	9:51:42	1731	3772	0,038	0,114	0,27690
9	9:56:37	1731	3772	0,038	0,114	0,27690
10	10:00:26	1731	3775	0,038	0,114	0,27632
11	10:06:07	1731	3772	0,038	0,114	0,27690
12	10:10:33	1730	3775	0,038	0,114	0,27591
13	10:15:01	1732	3773	0,038	0,114	0,27713
14	10:20:29	1732	3773	0,038	0,114	0,27713
15	10:25:45	1732	3776	0,038	0,114	0,27655
16	10:30:17	1732	3773	0,038	0,114	0,27713
17	10:40:29	1732	3772	0,038	0,114	0,27732
18	10:50:26	1732	3773	0,038	0,114	0,27713
19	11:00:22	1732	3774	0,038	0,114	0,27693
20	11:10:42	1732	3774	0,038	0,114	0,27693
21	11:20:53	1730	3775	0,038	0,114	0,27591
22	11:30:53	1731	3775	0,038	0,114	0,27632
23	11:40:01	1729	3771	0,038	0,114	0,27625
24	11:50:42	1728	3769	0,038	0,114	0,27622
25	12:01:59	1730	3775	0,038	0,114	0,27591
26	12:11:58	1731	3773	0,038	0,114	0,27671
27	12:20:23	1730	3774	0,038	0,114	0,27610
28	12:30:20	1730	3770	0,038	0,114	0,27686
29	12:40:02	1729	3769	0,038	0,114	0,27664
30	12:50:05	1730	3772	0,038	0,114	0,27648
31	13:00:01	1730	3773	0,038	0,114	0,27629
32	13:10:01	1731	3776	0,038	0,114	0,27613
33	13:20:31	1732	3779	0,038	0,114	0,27598
34	13:30:31	1730	3763	0,038	0,114	0,27821
35	13:40:31	1737	3782	0,038	0,114	0,27749
36	13:50:29	1737	3781	0,038	0,114	0,27768
37	14:00:00	1732	3778	0,038	0,114	0,27617
38	14:10:41	1735	3785	0,038	0,114	0,27608
39	14:20:06	1734	3784	0,038	0,114	0,27585
40	14:30:46	1734	3780	0,038	0,114	0,27662

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
41	14:40:34	1735	3786	0,038	0,114	0,27589
42	14:50:17	1736	3786	0,038	0,114	0,27631
43	15:00:37	1736	3785	0,038	0,114	0,27650
44	15:11:40	1736	3787	0,038	0,114	0,27611
45	15:20:37	1736	3785	0,038	0,114	0,27650
46	15:30:14	1736	3786	0,038	0,114	0,27631
47	15:40:45	1734	3779	0,038	0,114	0,27681
48	15:52:37	1735	3784	0,038	0,114	0,27627
49	16:00:57	1735	3784	0,038	0,114	0,27627
50	16:10:20	1734	3789	0,038	0,114	0,27490
51	16:20:23	1736	3788	0,038	0,114	0,27592
52	16:30:25	1736	3786	0,038	0,114	0,27631

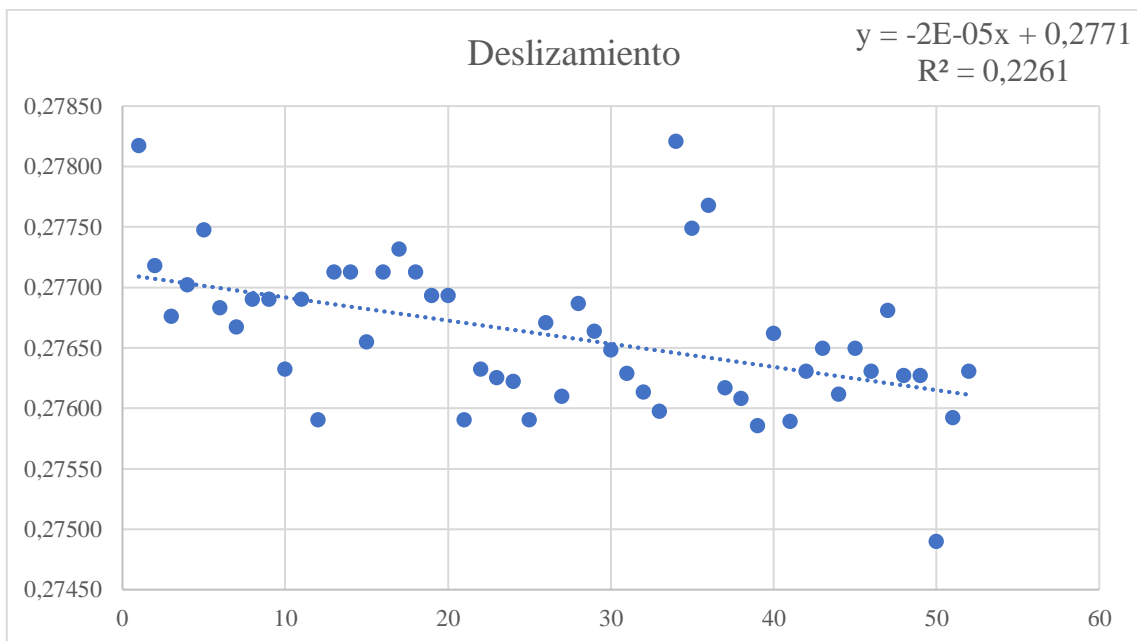
Prueba de correlación

n	52
n ajustado	60
$\alpha=0,05$	0,254
$\alpha=0,01$	0,33

R²	0,226103997
r_{$\alpha=0,05$}	0,47550394
r_{$\alpha=0,01$}	0,47550394

r	0,47550394
n	52
t-score	3,822062817
p-value	0,000367398

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



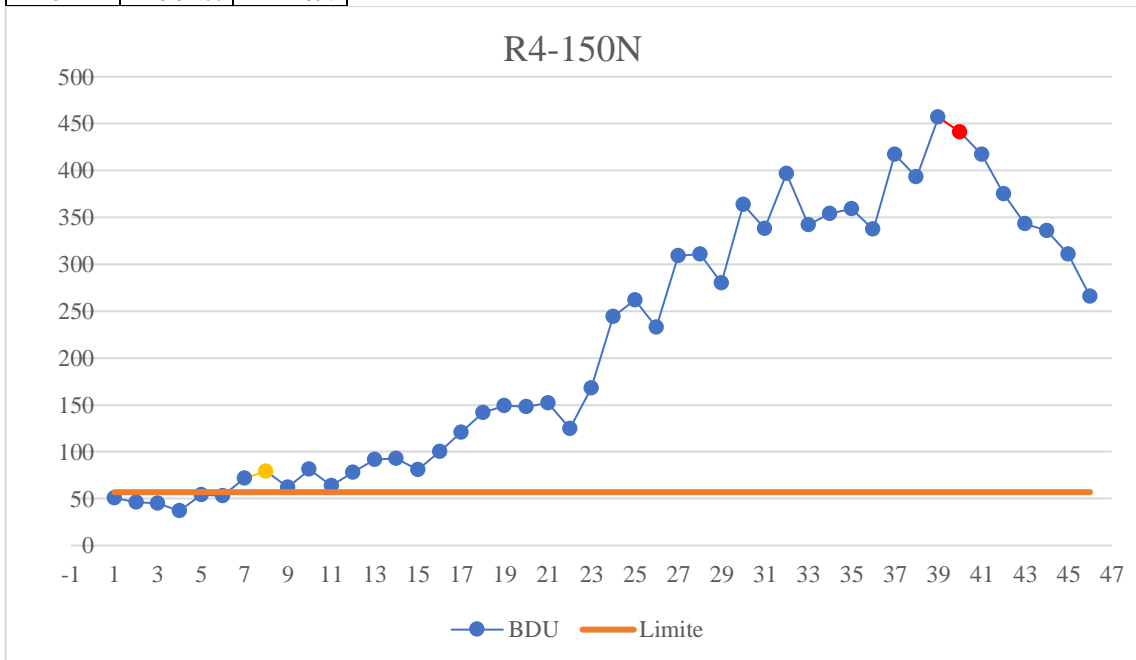
ANEXO S. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R4-150N

Nº	Hora	BDU
1	9:15:00	51
2	9:20:00	46
3	9:25:00	45
4	9:30:00	37
5	9:40:00	54
6	9:50:00	53
7	9:55:00	72
8	10:00:00	79
9	10:05:00	62
10	10:09:00	81
11	10:14:00	64
12	10:20:00	78
13	10:25:00	92
14	10:30:00	93
15	10:36:00	81
16	10:40:00	100
17	10:46:00	121
18	10:50:00	142
19	10:55:00	149
20	10:59:00	148
21	11:06:00	152
22	11:10:00	125
23	11:16:00	168
24	11:30:00	244
25	11:45:00	262
26	12:01:00	233
27	12:15:00	309
28	12:31:00	311
29	12:45:00	280
30	13:00:00	364
31	13:16:00	338
32	13:31:00	397

Nº	Hora	BDU
33	13:45:00	342
34	14:00:00	354
35	14:16:00	359
36	14:30:00	337
37	14:47:00	417
38	15:03:00	393
39	15:15:00	457
40	15:46:00	441
41	16:00:00	417
42	16:15:00	375
43	16:21:00	343
44	16:29:00	336
45	16:36:00	311
46	16:37:00	266

Tiempo (Horas)	7:22:00
Minutos	442
Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

Intervalo P-F	
Nº	Hora
8	10:00:00
39	15:15:00
Intervalo P-F (Horas)	5:15:00
Intervalo P-F (min)	315



ANEXO T. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R4-150N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	9:15:59	1745	3802	0,038	0,114	0,27700
2	9:20:52	1743	3801	0,038	0,114	0,27636
3	9:25:07	1744	3802	0,038	0,114	0,27658
4	9:30:14	1745	3804	0,038	0,114	0,27662
5	9:35:59	1744	3802	0,038	0,114	0,27658
6	9:40:30	1745	3804	0,038	0,114	0,27662
7	9:45:54	1745	3802	0,038	0,114	0,27700
8	9:50:52	1745	3803	0,038	0,114	0,27681
9	9:55:49	1745	3804	0,038	0,114	0,27662
10	10:00:26	1744	3800	0,038	0,114	0,27696
11	10:06:01	1743	3800	0,038	0,114	0,27655
12	10:10:18	1745	3803	0,038	0,114	0,27681
13	10:15:23	1744	3804	0,038	0,114	0,27620
14	10:20:54	1744	3802	0,038	0,114	0,27658
15	10:25:11	1743	3800	0,038	0,114	0,27655
16	10:31:07	1743	3801	0,038	0,114	0,27636
17	10:36:14	1744	3802	0,038	0,114	0,27658
18	10:41:20	1743	3803	0,038	0,114	0,27598
19	10:45:55	1744	3802	0,038	0,114	0,27658
20	10:50:43	1745	3803	0,038	0,114	0,27681
21	10:56:26	1743	3801	0,038	0,114	0,27636
22	11:00:11	1744	3802	0,038	0,114	0,27658
23	11:05:08	1743	3803	0,038	0,114	0,27598
24	11:11:16	1744	3803	0,038	0,114	0,27639
25	11:20:08	1744	3802	0,038	0,114	0,27658
26	11:30:01	1744	3801	0,038	0,114	0,27677
27	11:41:27	1744	3803	0,038	0,114	0,27639
28	11:51:01	1744	3803	0,038	0,114	0,27639
29	12:00:01	1743	3802	0,038	0,114	0,27617
30	12:10:00	1744	3802	0,038	0,114	0,27658
31	12:20:55	1743	3805	0,038	0,114	0,27559
32	12:30:25	1743	3807	0,038	0,114	0,27521
33	12:40:55	1742	3804	0,038	0,114	0,27537
34	12:40:40	1744	3803	0,038	0,114	0,27639
35	13:10:21	1742	3803	0,038	0,114	0,27556
36	13:20:15	1742	3803	0,038	0,114	0,27556
37	13:21:22	1743	3802	0,038	0,114	0,27617
38	13:31:01	1744	3803	0,038	0,114	0,27639
39	13:40:33	1744	3804	0,038	0,114	0,27620
40	13:50:58	1745	3805	0,038	0,114	0,27643
41	14:00:28	1744	3804	0,038	0,114	0,27620
42	14:10:37	1746	3804	0,038	0,114	0,27703

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
43	14:20:03	1745	3803	0,038	0,114	0,27681
44	14:30:45	1746	3805	0,038	0,114	0,27684
45	14:40:45	1744	3803	0,038	0,114	0,27639
46	14:50:41	1744	3805	0,038	0,114	0,27601
47	15:00:02	1744	3808	0,038	0,114	0,27544
48	15:10:28	1745	3808	0,038	0,114	0,27585
49	15:20:36	1746	3810	0,038	0,114	0,27589
50	15:30:50	1747	3811	0,038	0,114	0,27611
51	15:41:12	1744	3804	0,038	0,114	0,27620
52	15:51:25	1745	3809	0,038	0,114	0,27566
53	16:00:47	1745	3801	0,038	0,114	0,27719
54	16:10:59	1745	3800	0,038	0,114	0,27738
55	16:20:58	1742	3803	0,038	0,114	0,27556

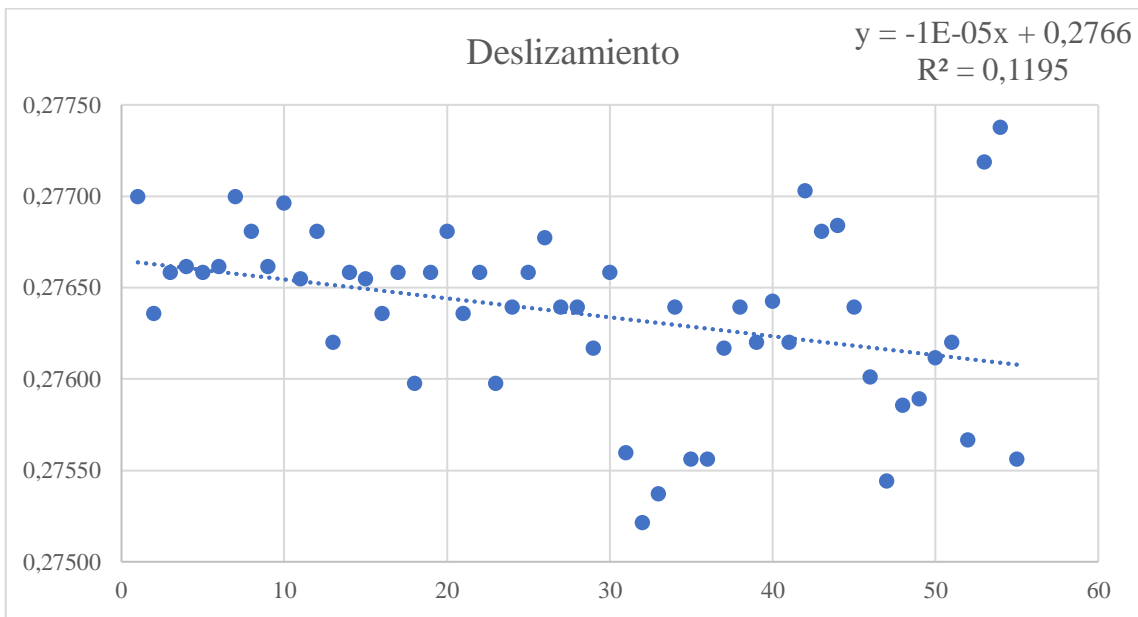
Prueba de correlación

n	55
n ajustado	60
α=0,05	0,254
α=0,01	0,33

R²	0,119518812
r_{α=0,05}	0,345714929
r_{α=0,01}	0,345714929

r	0,34571493
n	55
t-score	2,68223008
p-value	0,00973077

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa

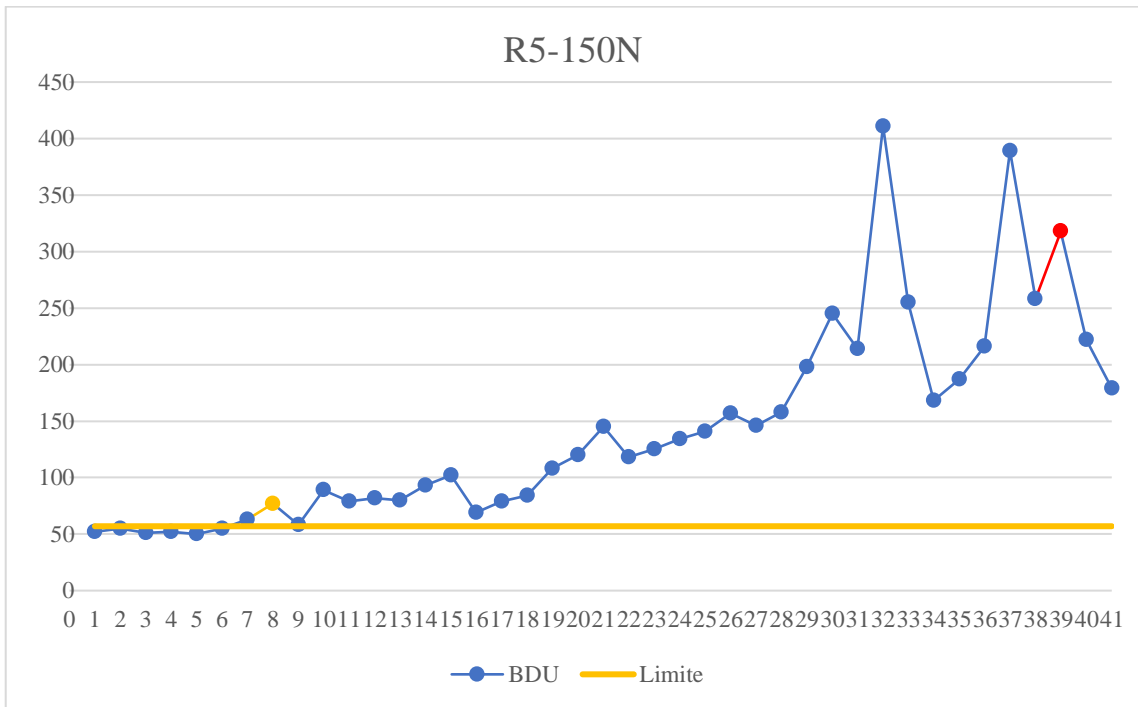


ANEXO U. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R5-150N

Nº	Hora	BDU
1	9:31:00	52
2	9:41:00	55
3	9:49:00	51
4	9:55:00	52
5	10:02:00	50
6	10:05:00	55
7	10:10:00	63
8	10:16:00	77
9	10:19:00	58
10	10:30:00	89
11	10:39:00	79
12	10:50:00	82
13	10:59:00	80
14	11:10:00	93
15	11:20:00	102
16	11:31:00	69
17	11:45:00	79
18	12:00:00	84
19	12:15:00	108
20	12:29:00	120
21	12:44:00	145
22	13:02:00	118
23	13:15:00	125
24	13:30:00	134
25	13:46:00	141
26	14:00:00	157
27	14:16:00	146
28	14:31:00	158

29	14:45:00	198
30	14:59:00	245
Nº	Hora	BDU
31	15:15:00	214
32	15:30:00	411
33	15:58:00	255
34	16:00:00	168
35	16:15:00	187
36	16:30:00	216
37	16:45:00	389
38	16:46:00	258
39	16:52:00	318
40	17:01:00	222
41	17:08:00	179

Tiempo (Horas)	7:37:00
Minutos	457
Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712
Intervalo P-F	
Nº	Hora
8	10:16:00
39	16:52:00
Intervalo P-F (Horas)	6:36:00
Intervalo P-F (min)	396



ANEXO V. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R5-150N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	9:30:01	1750	3815	0,038	0,114	0,27660
2	9:35:00	1750	3815	0,038	0,114	0,27660
3	9:40:44	1749	3812	0,038	0,114	0,27675
4	9:46:17	1749	3813	0,038	0,114	0,27656
5	9:50:13	1749	3814	0,038	0,114	0,27637
6	9:57:07	1748	3811	0,038	0,114	0,27653
7	10:01:59	1750	3815	0,038	0,114	0,27660
8	10:06:42	1749	3814	0,038	0,114	0,27637
9	10:10:43	1749	3814	0,038	0,114	0,27637
10	10:15:38	1748	3810	0,038	0,114	0,27672
11	10:21:14	1748	3810	0,038	0,114	0,27672
12	10:25:40	1748	3812	0,038	0,114	0,27634
13	10:40:43	1751	3813	0,038	0,114	0,27739
14	10:50:43	1751	3815	0,038	0,114	0,27701
15	11:01:40	1752	3812	0,038	0,114	0,27799
16	11:10:10	1751	3814	0,038	0,114	0,27720
17	11:20:06	1750	3811	0,038	0,114	0,27735
18	11:30:17	1751	3814	0,038	0,114	0,27720
19	11:40:15	1752	3816	0,038	0,114	0,27723
20	11:50:23	1750	3814	0,038	0,114	0,27679
21	12:00:43	1752	3817	0,038	0,114	0,27704
22	12:10:39	1751	3814	0,038	0,114	0,27720
23	12:20:59	1750	3813	0,038	0,114	0,27698
24	12:30:03	1750	3813	0,038	0,114	0,27698
25	12:40:00	1750	3815	0,038	0,114	0,27660
26	12:50:59	1751	3815	0,038	0,114	0,27701
27	13:00:08	1751	3816	0,038	0,114	0,27682
28	13:10:27	1751	3814	0,038	0,114	0,27720
29	13:20:10	1750	3814	0,038	0,114	0,27679
30	13:30:42	1752	3815	0,038	0,114	0,27742
31	13:40:13	1752	3814	0,038	0,114	0,27761
32	13:50:31	1750	3814	0,038	0,114	0,27679
33	14:01:47	1750	3814	0,038	0,114	0,27679
34	14:11:34	1750	3813	0,038	0,114	0,27698
35	14:20:25	1751	3812	0,038	0,114	0,27758
36	14:30:01	1751	3814	0,038	0,114	0,27720
37	14:40:30	1751	3816	0,038	0,114	0,27682
38	14:50:14	1750	3814	0,038	0,114	0,27679
39	15:00:28	1750	3813	0,038	0,114	0,27698
40	15:10:01	1750	3813	0,038	0,114	0,27698

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
41	15:20:15	1751	3813	0,038	0,114	0,27739
42	15:31:14	1751	3817	0,038	0,114	0,27663
43	15:40:02	1752	3816	0,038	0,114	0,27723
44	15:51:05	1752	3815	0,038	0,114	0,27742
45	16:00:55	1751	3816	0,038	0,114	0,27682
46	16:10:55	1751	3818	0,038	0,114	0,27644
47	16:20:35	1750	3816	0,038	0,114	0,27641
48	16:30:55	1749	3811	0,038	0,114	0,27694
49	16:40:55	1751	3815	0,038	0,114	0,27701
50	16:50:55	1750	3813	0,038	0,114	0,27698
51	17:07:03	1751	3811	0,038	0,114	0,27777

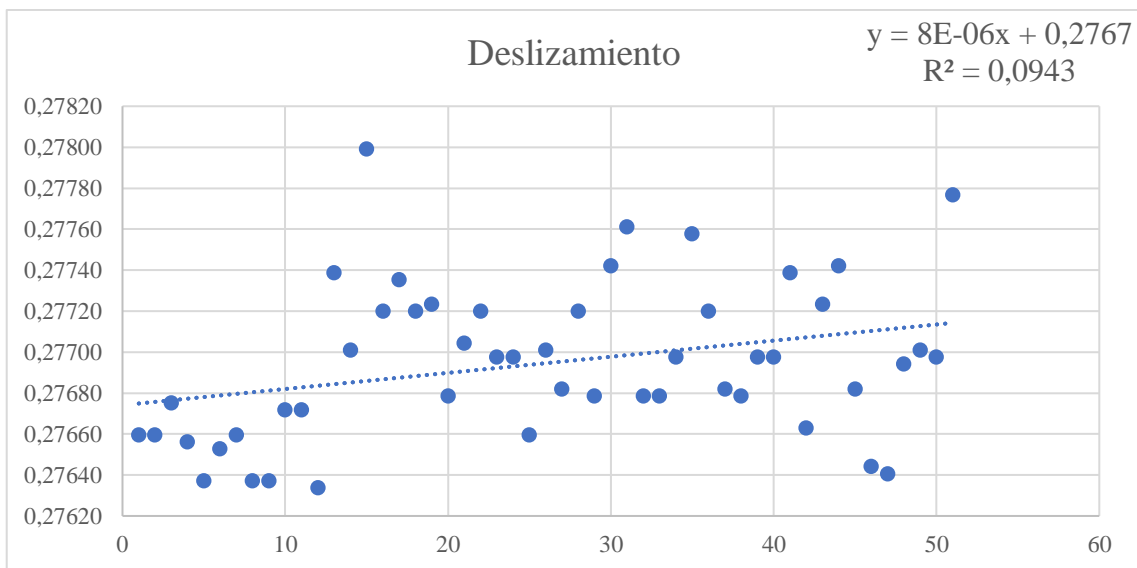
Prueba de correlación

n	51
n ajustado	60
$\alpha=0,05$	0,254
$\alpha=0,01$	0,33

R^2	0,09430443
$r_{\alpha=0,05}$	0,30709026
$r_{\alpha=0,01}$	0,30709026

r	0,30709026
n	51
t-score	2,25877491
p-value	0,02838241

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



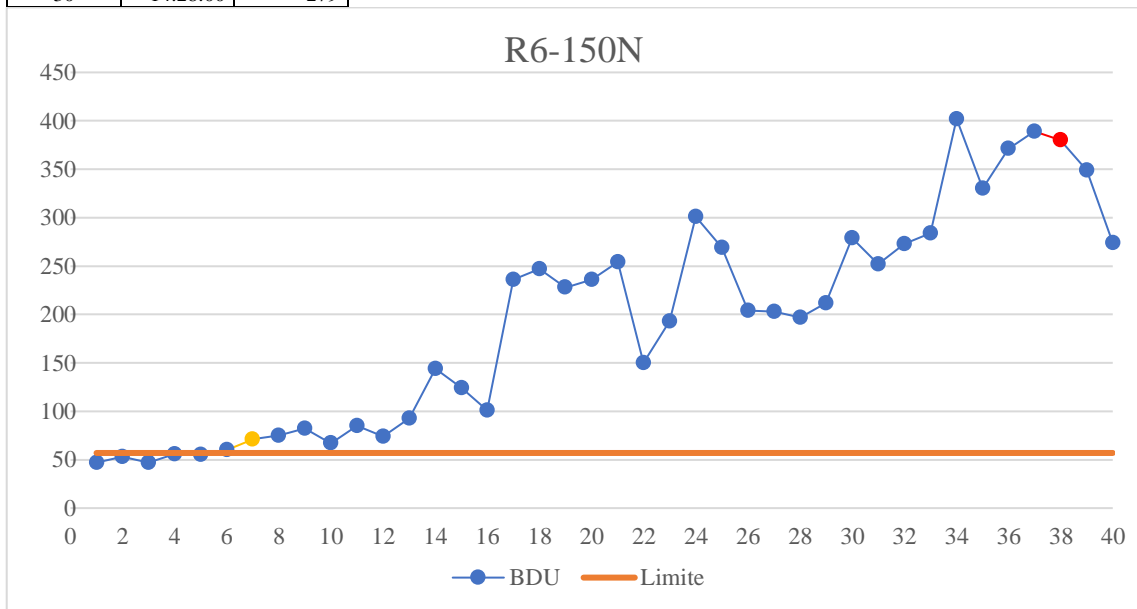
ANEXO W. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R6-150N

Nº	Hora	BDU
1	9:30:00	47
2	9:37:00	53
3	9:41:00	47
4	9:46:00	56
5	9:50:00	55
6	9:55:00	60
7	10:00:00	71
8	10:06:00	75
9	10:10:00	82
10	10:15:00	67
11	10:24:00	85
12	10:29:00	74
13	10:39:00	93
14	10:53:00	144
15	11:00:00	124
16	11:11:00	101
17	11:20:00	236
18	11:30:00	247
19	11:45:00	228
20	12:00:00	236
21	12:14:00	254
22	12:30:00	150
23	12:45:00	193
24	12:59:00	301
25	13:15:00	269
26	13:30:00	204
27	13:45:00	203
28	13:59:00	197
29	14:15:00	212
30	14:28:00	279

Nº	Hora	BDU
31	14:45:00	252
32	15:14:00	273
33	15:30:00	284
34	15:45:00	402
35	16:00:00	330
36	16:05:00	371
37	16:20:00	389
38	16:24:00	380
39	16:29:00	349
40	16:30:00	274

Tiempo (Horas)	7:00:00
Minutos	420
Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

Intervalo P-F	
Nº	Hora
7	10:00:00
38	16:24:00
Intervalo P-F (Horas)	6:24:00
Intervalo P-F (min)	384



ANEXO X. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R6-150N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	9:30:34	1750	3813	0,038	0,114	0,27698
2	9:35:59	1751	3814	0,038	0,114	0,27720
3	9:40:59	1751	3815	0,038	0,114	0,27701
4	9:45:41	1751	3814	0,038	0,114	0,27720
5	9:50:40	1750	3814	0,038	0,114	0,27679
6	9:56:01	1750	3812	0,038	0,114	0,27717
7	10:00:30	1750	3812	0,038	0,114	0,27717
8	10:05:39	1749	3812	0,038	0,114	0,27675
9	10:10:16	1750	3812	0,038	0,114	0,27717
10	10:15:21	1750	3813	0,038	0,114	0,27698
11	10:20:20	1750	3814	0,038	0,114	0,27679
12	10:25:04	1750	3813	0,038	0,114	0,27698
13	10:30:21	1751	3814	0,038	0,114	0,27720
14	10:40:41	1749	3812	0,038	0,114	0,27675
15	10:51:01	1750	3814	0,038	0,114	0,27679
16	11:00:35	1750	3814	0,038	0,114	0,27679
17	11:10:20	1750	3813	0,038	0,114	0,27698
18	11:20:56	1749	3812	0,038	0,114	0,27675
19	11:30:17	1749	3812	0,038	0,114	0,27675
20	17:41:54	1750	3814	0,038	0,114	0,27679
21	11:50:00	1750	3816	0,038	0,114	0,27641
22	12:00:34	1751	3816	0,038	0,114	0,27682
23	12:10:05	1750	3814	0,038	0,114	0,27679
24	12:20:15	1750	3816	0,038	0,114	0,27641
25	12:29:35	1750	3815	0,038	0,114	0,27660
26	12:41:17	1750	3815	0,038	0,114	0,27660
27	12:50:49	1750	3813	0,038	0,114	0,27698
28	13:00:50	1750	3815	0,038	0,114	0,27660
29	13:10:52	1751	3815	0,038	0,114	0,27701
30	13:20:46	1750	3812	0,038	0,114	0,27717
31	13:30:49	1751	3814	0,038	0,114	0,27720
32	13:40:09	1749	3813	0,038	0,114	0,27656
33	13:50:30	1750	3815	0,038	0,114	0,27660
34	14:00:04	1750	3815	0,038	0,114	0,27660
35	14:10:14	1750	3815	0,038	0,114	0,27660
36	14:20:31	1750	3816	0,038	0,114	0,27641
37	14:30:57	1751	3815	0,038	0,114	0,27701
38	14:40:58	1750	3815	0,038	0,114	0,27660
39	14:51:34	1751	3816	0,038	0,114	0,27682
40	15:00:05	1751	3816	0,038	0,114	0,27682

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
41	15:10:55	1753	3819	0,038	0,114	0,27708
42	15:21:35	1752	3820	0,038	0,114	0,27648
43	15:30:28	1750	3816	0,038	0,114	0,27641
44	15:40:47	1751	3818	0,038	0,114	0,27644
45	15:50:19	1750	3812	0,038	0,114	0,27717
46	16:00:16	1748	3812	0,038	0,114	0,27634
47	16:10:07	1750	3815	0,038	0,114	0,27660
48	16:20:09	1745	3805	0,038	0,114	0,27643
49	16:30:37	1749	3815	0,038	0,114	0,27618
50	16:41:39	1750	3815	0,038	0,114	0,27660

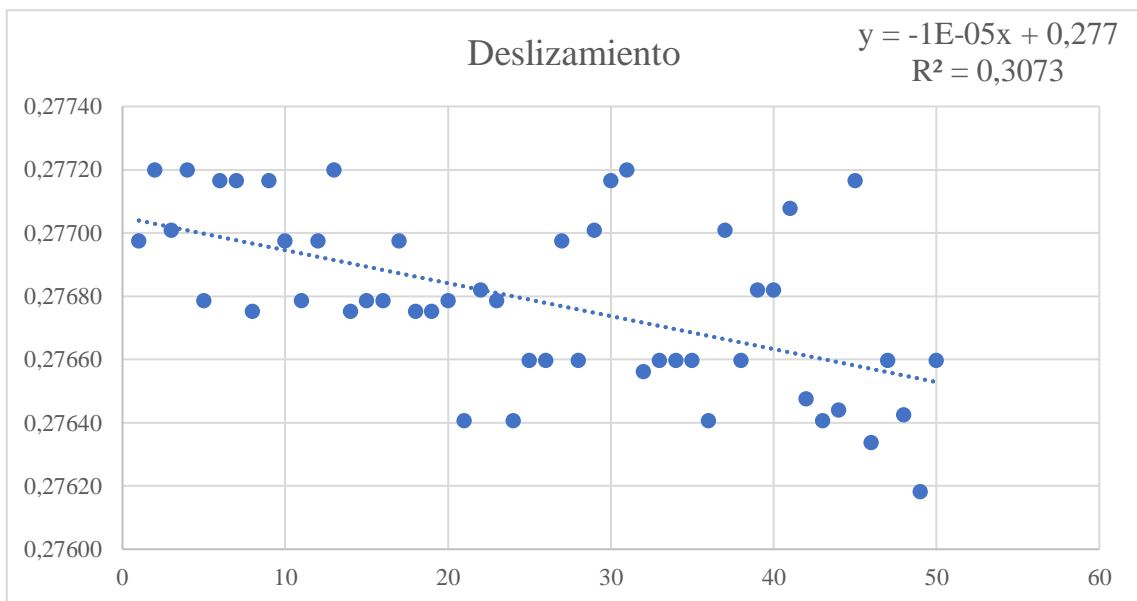
Prueba de correlación

n	50
n ajustado	50
$\alpha=0,05$	0,279
$\alpha=0,01$	0,361

R ²	0,30734854
r $\alpha=0,05$	0,55439024
r $\alpha=0,01$	0,55439024

r	0,55439024
n	50
t-score	4,61507559
p-value	2,9498E-05

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



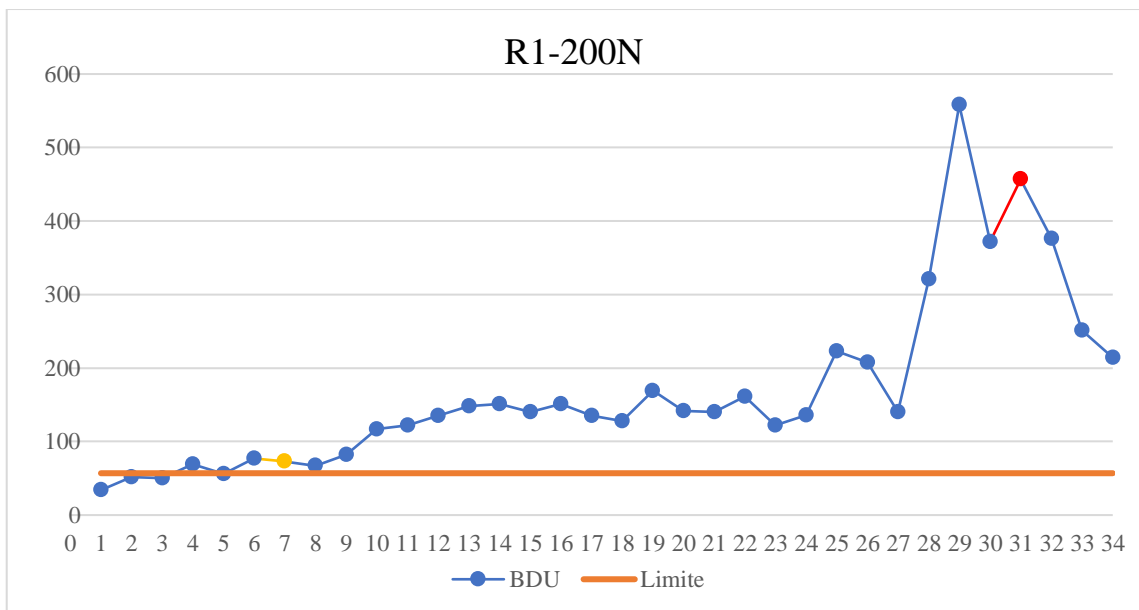
ANEXO Y. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R1-200N

Nº	Hora	BDU
1	9:35:00	34
2	9:42:00	52
3	9:50:00	50
4	10:01:00	69
5	10:10:00	56
6	10:20:00	77
7	10:29:00	73
8	10:39:00	67
9	10:50:00	82
10	11:00:00	117
11	11:10:00	122
12	11:20:00	135
13	11:30:00	148
14	11:40:00	151
15	11:50:00	140
16	12:00:00	151
17	12:10:00	135
18	12:20:00	128
19	12:29:00	169
20	12:39:00	142
21	12:50:00	140
22	12:59:00	161
23	13:14:00	122
24	13:30:00	136
25	13:45:00	223
26	14:03:00	208
27	14:16:00	140
28	14:30:00	321
29	14:45:00	558
30	15:04:00	372
31	15:16:00	457
32	15:22:00	376
33	15:28:00	251
34	15:30:00	214

Tiempo máximo (Horas)	15:30:00
Tiempo mínimo (Horas)	9:35:00
Tiempo (Horas)	5:55:00
Minutos	355

Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

Intervalo P-F	
Nº	Hora
7	10:29:00
31	15:16:00
Intervalo P-F (Horas)	4:47:00
Intervalo P-F (min)	287



ANEXO Z. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R1-200N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	9:30:34	1743	3801	0,038	0,114	0,27636
2	9:35:45	1743	3801	0,038	0,114	0,27636
3	9:40:49	1742	3800	0,038	0,114	0,27613
4	9:45:42	1741	3800	0,038	0,114	0,27572
5	9:50:09	1741	3800	0,038	0,114	0,27572
6	9:55:01	1742	3803	0,038	0,114	0,27556
7	10:00:15	1741	3804	0,038	0,114	0,27495
8	10:05:29	1741	3803	0,038	0,114	0,27514
9	10:10:01	1742	3803	0,038	0,114	0,27556
10	10:15:41	1742	3804	0,038	0,114	0,27537
11	10:20:03	1742	3802	0,038	0,114	0,27575
12	10:25:36	1741	3803	0,038	0,114	0,27514
13	10:30:08	1741	3804	0,038	0,114	0,27495
14	10:40:10	1741	3801	0,038	0,114	0,27553
15	10:50:31	1742	3801	0,038	0,114	0,27594
16	11:00:56	1741	3801	0,038	0,114	0,27553
17	11:10:01	1740	3799	0,038	0,114	0,27549
18	11:20:34	1740	3800	0,038	0,114	0,27530
19	11:30:06	1741	3803	0,038	0,114	0,27514
20	11:40:07	1742	3804	0,038	0,114	0,27537
21	11:50:27	1743	3804	0,038	0,114	0,27579
22	12:00:39	1742	3803	0,038	0,114	0,27556
23	12:10:21	1742	3804	0,038	0,114	0,27537
24	12:20:56	1743	3806	0,038	0,114	0,27540
25	12:30:54	1743	3805	0,038	0,114	0,27559
26	12:40:02	1742	3804	0,038	0,114	0,27537
27	12:50:36	1742	3805	0,038	0,114	0,27518
28	13:00:07	1743	3804	0,038	0,114	0,27579
29	13:10:03	1742	3806	0,038	0,114	0,27499
30	13:20:54	1743	3806	0,038	0,114	0,27540
31	13:30:08	1741	3804	0,038	0,114	0,27495
32	13:40:17	1742	3803	0,038	0,114	0,27556
33	13:50:27	1741	3804	0,038	0,114	0,27495
34	14:10:07	1742	3806	0,038	0,114	0,27499
35	14:20:08	1743	3807	0,038	0,114	0,27521
36	14:30:02	1742	3808	0,038	0,114	0,27461
37	14:40:41	1745	3810	0,038	0,114	0,27547
38	14:50:47	1744	3811	0,038	0,114	0,27487
39	15:00:03	1744	3810	0,038	0,114	0,27506
40	15:10:41	1744	3812	0,038	0,114	0,27468
41	15:20:46	1745	3812	0,038	0,114	0,27509
42	15:30:32	1743	3807	0,038	0,114	0,27521
43	15:40:04	1743	3808	0,038	0,114	0,27502

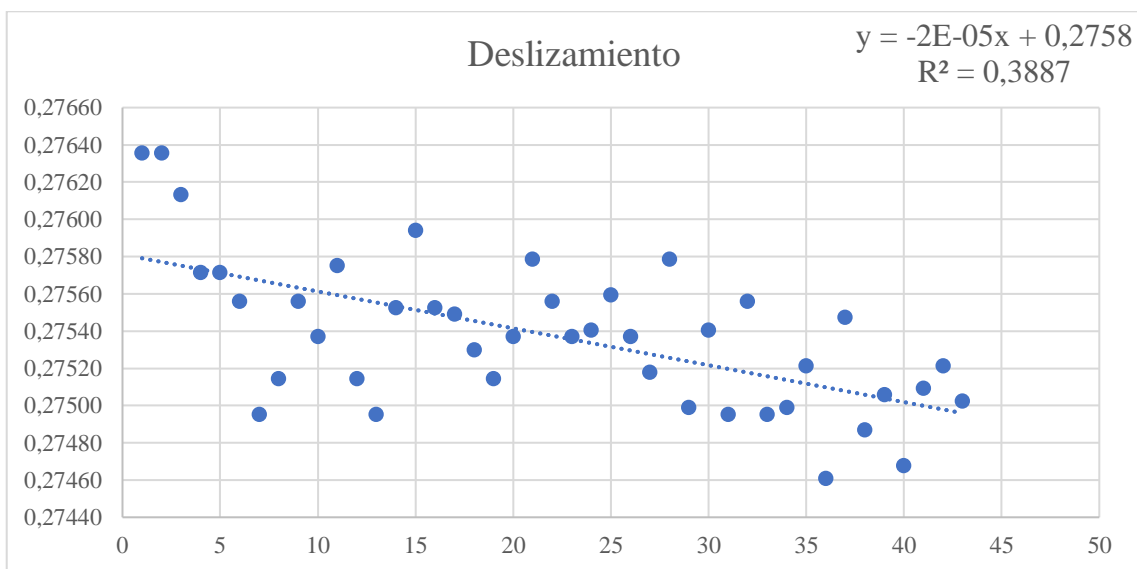
Prueba de correlación

n	43
n ajustado	50
α=0,05	0,279
α=0,01	0,361

R²	0,388689103
r_{α=0,05}	0,623449359
r_{α=0,01}	0,623449359

r	0,623449359
n	43
t-score	5,105779347
p-value	7,97588E-06

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



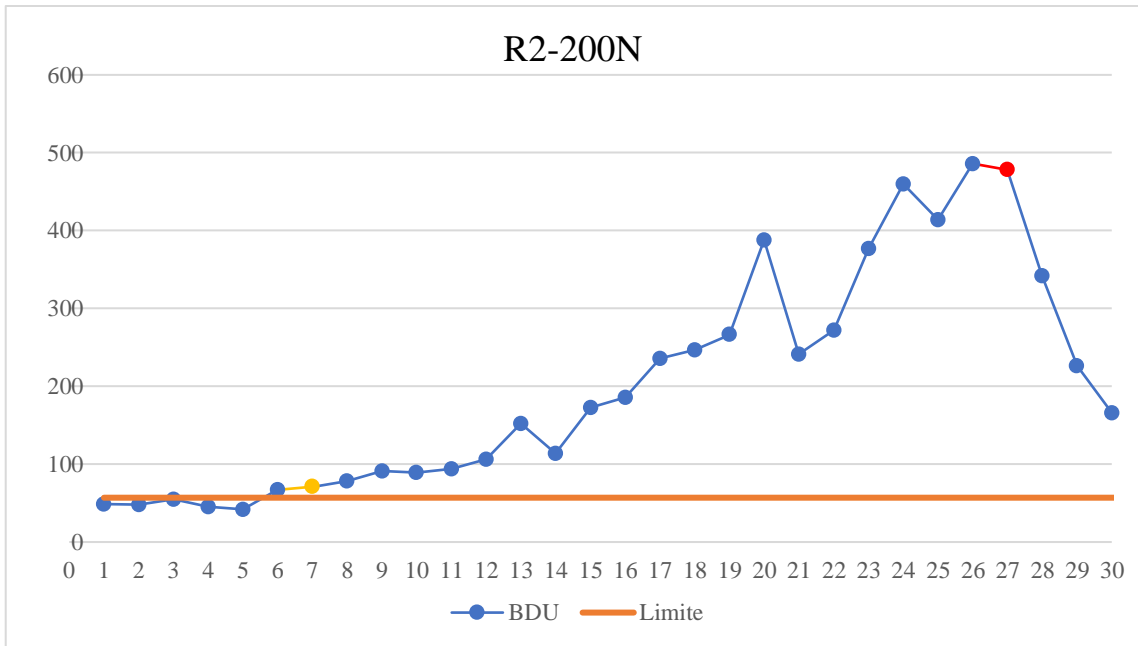
ANEXO AA. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R2-200N

Nº	Hora	BDU
1	9:02:00	49
2	9:09:00	48
3	9:20:00	55
4	9:30:00	45
5	9:40:00	42
6	9:55:00	67
7	10:01:00	71
8	10:06:00	78
9	10:17:00	91
10	10:21:00	89
11	10:32:00	94
12	10:40:00	106
13	10:51:00	152
14	11:00:00	114
15	11:15:00	173
16	11:30:00	186
17	11:44:00	236
18	12:00:00	247
19	12:15:00	266
20	12:31:00	388
21	12:45:00	241
22	13:01:00	272
23	13:15:00	377
24	13:30:00	460
25	13:41:00	414
26	13:51:00	486
27	14:14:00	478
28	14:21:00	342
29	14:40:00	226
30	14:53:00	166
31	14:55:00	140

Tiempo máximo (Horas)	14:52:00
Tiempo mínimo (Horas)	9:02:00
Tiempo (Horas)	5:53:00
Minutos	353

Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

Intervalo P-F	
Nº	Hora
7	10:01:00
27	14:14:00
Intervalo P-F (Horas)	4:13:00
Intervalo P-F (min)	253



ANEXO BB. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R2-200N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	9:00:29	1742	3812	0,038	0,114	0,27385
2	9:05:21	1743	3811	0,038	0,114	0,27445
3	9:10:16	1742	3810	0,038	0,114	0,27423
4	9:15:18	1741	3809	0,038	0,114	0,27400
5	9:20:00	1742	3809	0,038	0,114	0,27442
6	9:25:02	1742	3809	0,038	0,114	0,27442
7	9:30:33	1742	3808	0,038	0,114	0,27461
8	9:35:02	1741	3809	0,038	0,114	0,27400
9	9:40:40	1742	3810	0,038	0,114	0,27423
10	9:51:09	1743	3809	0,038	0,114	0,27483
11	10:00:48	1742	3808	0,038	0,114	0,27461
12	10:05:44	1743	3809	0,038	0,114	0,27483
13	10:10:30	1744	3812	0,038	0,114	0,27468
14	10:15:59	1743	3810	0,038	0,114	0,27464
15	10:21:19	1744	3812	0,038	0,114	0,27468
16	10:25:57	1743	3812	0,038	0,114	0,27426
17	10:30:43	1743	3812	0,038	0,114	0,27426
18	10:40:45	1744	3813	0,038	0,114	0,27449
19	10:50:09	1744	3812	0,038	0,114	0,27468
20	11:00:00	1744	3813	0,038	0,114	0,27449
21	11:10:47	1744	3813	0,038	0,114	0,27449
22	11:20:53	1744	3813	0,038	0,114	0,27449
23	11:31:51	1744	3813	0,038	0,114	0,27449
24	11:40:10	1744	3813	0,038	0,114	0,27449
25	11:50:20	1743	3812	0,038	0,114	0,27426
26	12:00:49	1742	3811	0,038	0,114	0,27404
27	12:10:43	1743	3810	0,038	0,114	0,27464
28	12:20:50	1743	3813	0,038	0,114	0,27407
29	12:30:50	1742	3812	0,038	0,114	0,27385
30	12:40:21	1744	3813	0,038	0,114	0,27449
31	12:50:11	1743	3812	0,038	0,114	0,27426
32	13:00:10	1744	3814	0,038	0,114	0,27430
33	13:10:39	1742	3812	0,038	0,114	0,27385
34	13:20:17	1743	3814	0,038	0,114	0,27388
35	13:40:26	1742	3812	0,038	0,114	0,27385
36	13:40:29	1742	3814	0,038	0,114	0,27346
37	13:50:13	1744	3813	0,038	0,114	0,27449
38	14:00:22	1743	3813	0,038	0,114	0,27407
39	14:10:48	1743	3809	0,038	0,114	0,27483
40	14:20:00	1741	3810	0,038	0,114	0,27381
41	14:30:17	1742	3811	0,038	0,114	0,27404
42	14:40:34	1743	3812	0,038	0,114	0,27426
43	14:50:55	1743	3813	0,038	0,114	0,27407

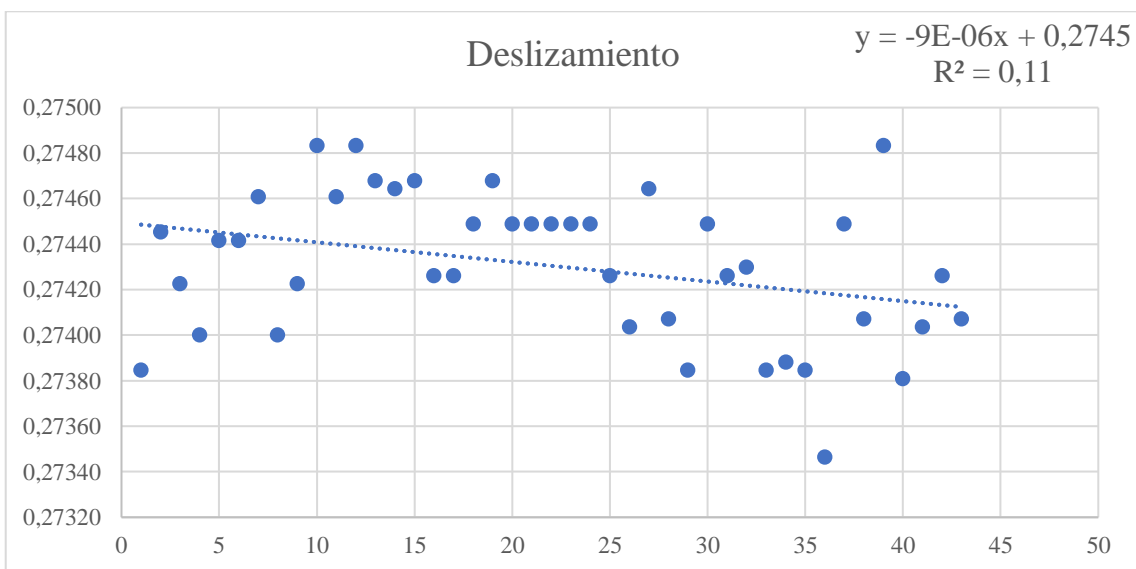
Prueba de correlación

n	43
n ajustado	50
α=0,05	0,279
α=0,01	0,361

R²	0,10996701
r_{α=0,05}	0,331612741
r_{α=0,01}	0,331612741

r	0,331612741
n	43
t-score	2,250712817
p-value	0,029830341

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa

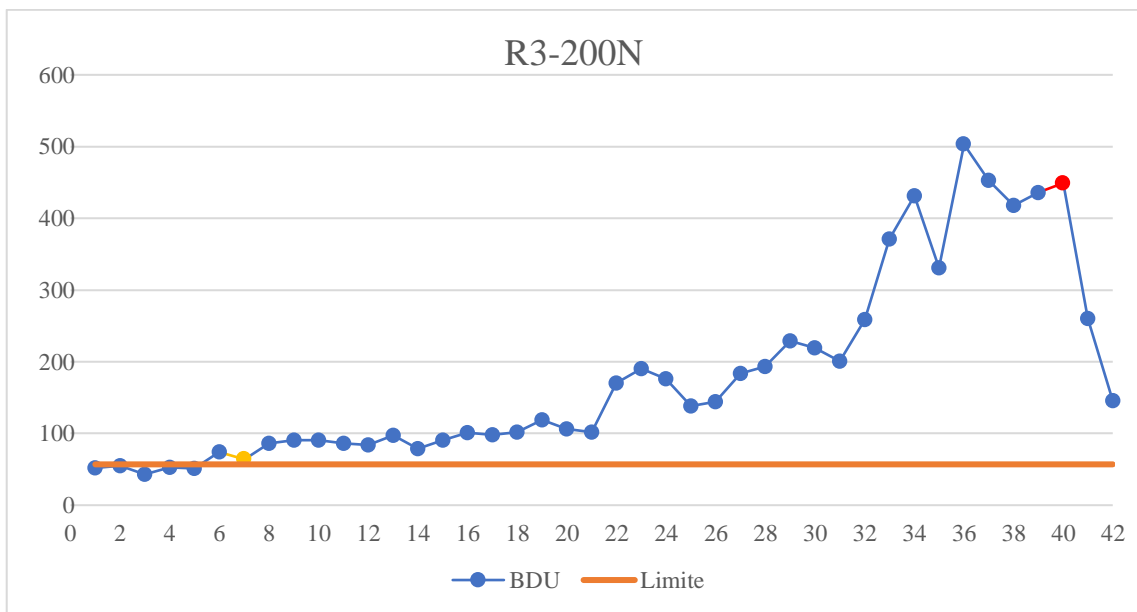


ANEXO CC. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R3-200N

Nº	Hora	BDU
1	8:38:00	52
2	8:50:00	55
3	9:01:00	43
4	9:11:00	53
5	9:19:00	51
6	9:30:00	74
7	9:41:00	64
8	9:50:00	86
9	10:00:00	91
10	10:10:00	91
11	10:22:00	86
12	10:30:00	84
13	10:41:00	97
14	10:50:00	79
15	11:00:00	91
16	11:09:00	101
17	11:21:00	98
18	11:30:00	102
19	11:40:00	119
20	11:51:00	106
21	12:00:00	102
22	12:14:00	170
23	12:31:00	190
24	12:44:00	176
25	13:01:00	138
26	13:15:00	144
27	13:30:00	184
28	13:44:00	193

29	14:00:00	229
30	14:10:00	219
31	14:14:00	201
32	14:20:00	259
33	14:27:00	371
34	14:30:00	431
35	14:34:00	331
36	14:41:00	503
37	14:45:00	453
38	14:50:00	284
39	14:55:00	151
40	15:01:00	123

Tiempo máximo (Horas)	15:07:00
Tiempo mínimo (Horas)	8:38:00
Tiempo (Horas)	6:29:00
Minutos	389
Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712
Intervalo P-F	
Nº	Hora
7	9:41:00
40	15:00:00
Intervalo P-F (Horas)	5:19:00
Intervalo P-F (min)	319



ANEXO DD. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R3-200N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	8:40:36	1739	3809	0,038	0,114	0,27317
2	8:45:15	1740	3809	0,038	0,114	0,27358
3	8:50:36	1740	3808	0,038	0,114	0,27377
4	8:55:36	1739	3808	0,038	0,114	0,27336
5	9:00:56	1740	3811	0,038	0,114	0,27320
6	9:05:34	1741	3810	0,038	0,114	0,27381
7	9:10:49	1742	3812	0,038	0,114	0,27385
8	9:15:45	1740	3809	0,038	0,114	0,27358
9	9:20:01	1741	3811	0,038	0,114	0,27362
10	9:25:05	1741	3810	0,038	0,114	0,27381
11	9:30:23	1742	3812	0,038	0,114	0,27385
12	9:35:25	1741	3811	0,038	0,114	0,27362
13	9:40:00	1741	3811	0,038	0,114	0,27362
14	9:45:08	1742	3812	0,038	0,114	0,27385
15	9:50:42	1742	3812	0,038	0,114	0,27385
16	9:55:01	1741	3811	0,038	0,114	0,27362
17	10:00:22	1741	3813	0,038	0,114	0,27324
18	10:10:02	1741	3810	0,038	0,114	0,27381
19	10:20:04	1742	3811	0,038	0,114	0,27404
20	10:30:35	1741	3810	0,038	0,114	0,27381
21	10:40:37	1742	3813	0,038	0,114	0,27366
22	10:50:29	1741	3811	0,038	0,114	0,27362
23	11:00:14	1742	3813	0,038	0,114	0,27366
24	11:10:08	1741	3813	0,038	0,114	0,27324
25	11:20:09	1741	3811	0,038	0,114	0,27362
26	11:30:01	1742	3813	0,038	0,114	0,27366
27	11:40:22	1741	3812	0,038	0,114	0,27343
28	11:50:00	1742	3813	0,038	0,114	0,27366
29	12:00:59	1740	3812	0,038	0,114	0,27301
30	12:10:01	1740	3813	0,038	0,114	0,27282
31	12:20:16	1740	3813	0,038	0,114	0,27282
32	12:30:14	1741	3812	0,038	0,114	0,27343
33	12:40:04	1740	3813	0,038	0,114	0,27282
34	12:50:23	1741	3812	0,038	0,114	0,27343
35	13:00:16	1740	3812	0,038	0,114	0,27301
36	13:10:02	1740	3814	0,038	0,114	0,27263
37	13:20:47	1740	3815	0,038	0,114	0,27244
38	13:30:01	1739	3814	0,038	0,114	0,27221

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
39	13:40:11	1739	3811	0,038	0,114	0,27278
40	13:50:26	1739	3813	0,038	0,114	0,27240
41	14:00:05	1739	3811	0,038	0,114	0,27278
42	14:10:15	1739	3812	0,038	0,114	0,27259
43	14:20:41	1739	3812	0,038	0,114	0,27259
44	14:30:54	1739	3812	0,038	0,114	0,27259
45	14:40:04	1739	3811	0,038	0,114	0,27278
46	14:50:37	1738	3810	0,038	0,114	0,27256
47	15:00:42	1739	3811	0,038	0,114	0,27278

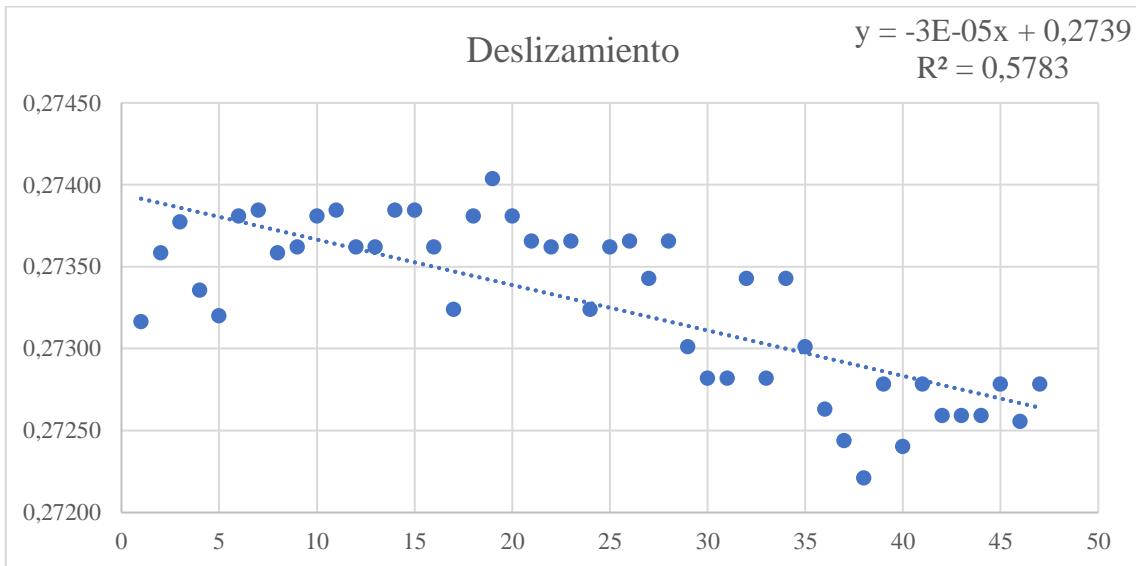
Prueba de correlación

n	47
n ajustado	50
α=0,05	0,279
α=0,01	0,361

R²	0,578274044
r_{α=0,05}	0,760443321
r_{α=0,01}	0,760443321

r	0,760443321
n	47
t-score	7,855212554
p-value	5,60442E-10

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa

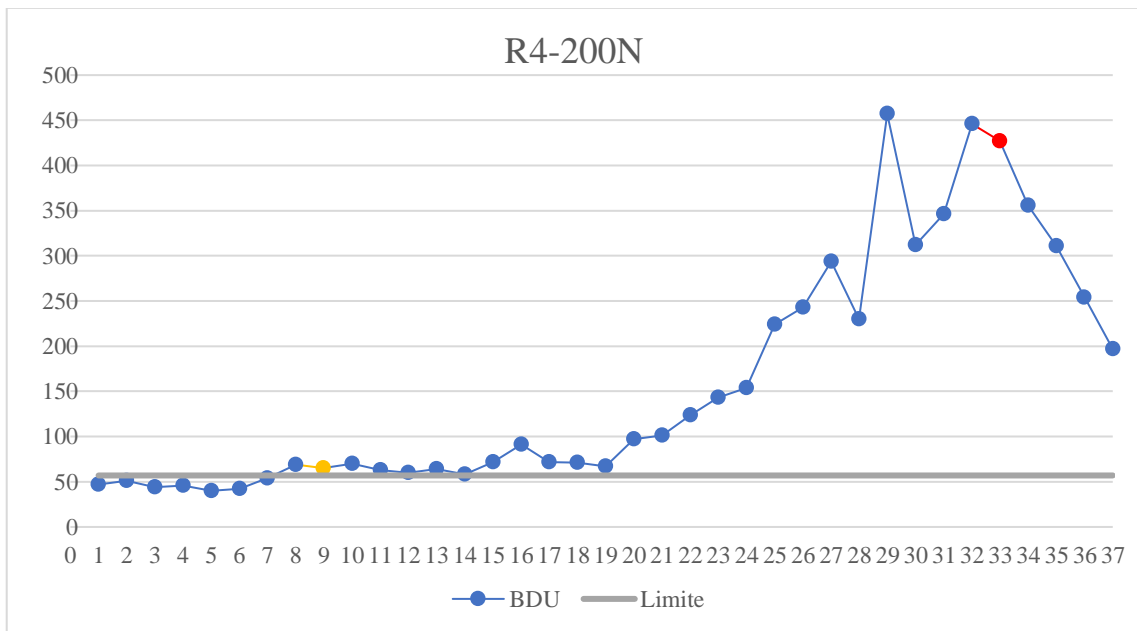


ANEXO EE. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R4-200N

Nº	Hora	BDU
1	15:09:00	47
2	15:21:00	51
3	15:31:00	44
4	15:40:00	46
5	15:50:00	40
6	16:00:00	42
7	16:10:00	54
8	16:20:00	69
9	16:41:00	65
10	16:49:00	70
11	17:00:00	63
12	17:11:00	60
13	17:20:00	64
14	17:30:00	58
15	17:40:00	72
16	17:49:00	91
17	18:00:00	72
18	18:20:00	71
19	18:30:00	67
20	18:46:00	97
21	19:00:00	101
22	19:09:00	124
23	19:19:00	143
24	19:30:00	154
25	19:46:00	224
26	20:00:00	243
27	20:14:00	294
28	20:30:00	230

29	20:40:00	457
30	20:50:00	312
Nº	Hora	BDU
31	20:55:00	346
33	21:05:00	427
34	21:10:00	356
35	21:25:00	311
36	21:30:00	254
37	21:35:00	197

Tiempo máximo (Horas)	21:35:00
Tiempo mínimo (Horas)	15:09:00
Tiempo (Horas)	6:26:00
Minutos	386
BDU Min	40
BDU Max	460
Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712
Intervalo P-F	
Nº	Hora
9	16:41:00
33	21:05:00
Intervalo P-F (Horas)	4:24:00
Intervalo P-F (min)	264



ANEXO FF. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R4-200N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	15:10:43	1738	3812	0,038	0,114	0,27217
2	15:15:50	1740	3814	0,038	0,114	0,27263
3	15:20:55	1740	3815	0,038	0,114	0,27244
4	15:25:54	1738	3812	0,038	0,114	0,27217
5	15:30:01	1739	3814	0,038	0,114	0,27221
6	15:35:07	1740	3815	0,038	0,114	0,27244
7	15:40:10	1739	3814	0,038	0,114	0,27221
8	15:45:57	1740	3815	0,038	0,114	0,27244
9	15:50:32	1740	3815	0,038	0,114	0,27244
10	15:55:17	1739	3815	0,038	0,114	0,27202
11	16:00:57	1738	3814	0,038	0,114	0,27179
12	16:05:11	1738	3813	0,038	0,114	0,27198
13	16:10:06	1738	3812	0,038	0,114	0,27217
14	16:20:57	1737	3814	0,038	0,114	0,27137
15	16:30:26	1737	3814	0,038	0,114	0,27137
16	16:40:45	1739	3816	0,038	0,114	0,27183
17	16:50:25	1739	3815	0,038	0,114	0,27202
18	17:00:36	1740	3816	0,038	0,114	0,27225
19	17:10:17	1739	3818	0,038	0,114	0,27145
20	17:21:00	1739	3818	0,038	0,114	0,27145
21	17:30:43	1738	3815	0,038	0,114	0,27160
22	17:40:22	1740	3818	0,038	0,114	0,27187
23	17:50:08	1740	3820	0,038	0,114	0,27149
24	18:00:24	1739	3822	0,038	0,114	0,27068
25	18:20:16	1737	3816	0,038	0,114	0,27099
26	18:30:15	1738	3819	0,038	0,114	0,27084
27	18:40:30	1737	3817	0,038	0,114	0,27080
28	18:50:23	1737	3814	0,038	0,114	0,27137
29	19:00:18	1737	3818	0,038	0,114	0,27061
30	19:10:01	1737	3816	0,038	0,114	0,27099
31	19:20:29	1736	3815	0,038	0,114	0,27076
32	19:30:13	1736	3815	0,038	0,114	0,27076
33	19:40:04	1734	3815	0,038	0,114	0,26992
34	19:50:19	1735	3815	0,038	0,114	0,27034
35	20:00:02	1735	3813	0,038	0,114	0,27072
36	20:10:10	1736	3816	0,038	0,114	0,27057
37	20:20:09	1736	3818	0,038	0,114	0,27019
38	20:30:00	1737	3814	0,038	0,114	0,27137

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
39	20:40:12	1735	3815	0,038	0,114	0,27034
40	20:50:45	1736	3817	0,038	0,114	0,27038
41	21:00:29	1735	3815	0,038	0,114	0,27034
42	21:10:00	1736	3816	0,038	0,114	0,27057
43	21:19:57	1738	3818	0,038	0,114	0,27103
44	21:30:46	1739	3822	0,038	0,114	0,27068

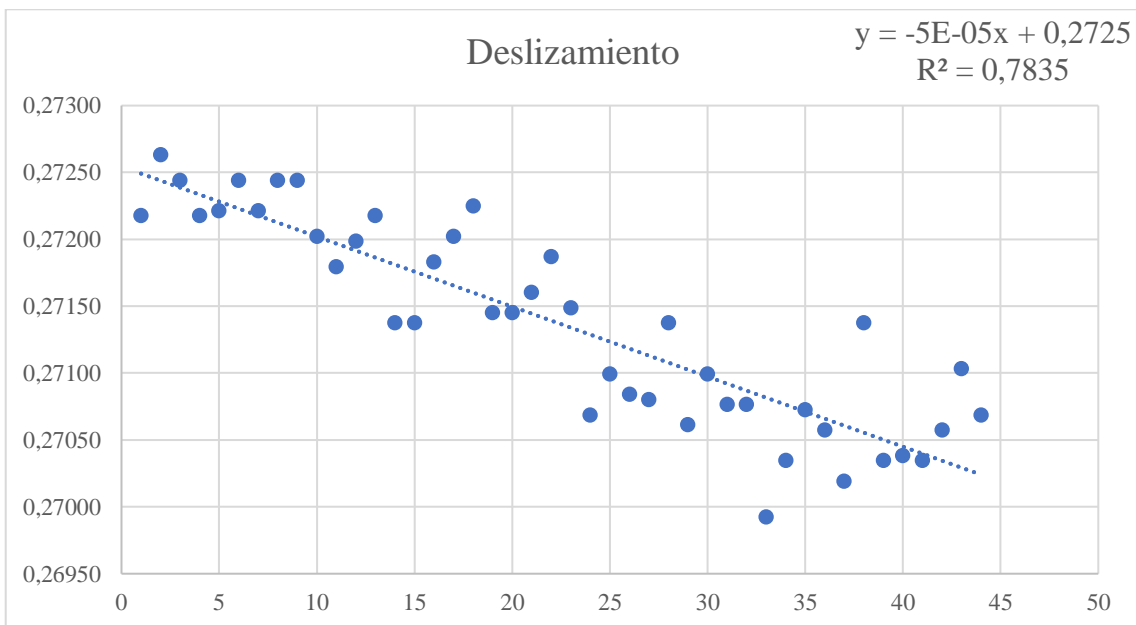
Prueba de correlación

n	44
n ajustado	45
α=0,05	0,294
α=0,01	0,378

R²	0,783485195
r_{α=0,05}	0,885146991
r_{α=0,01}	0,885146991

r	0,885146991
n	44
t-score	12,3281027
p-value	1,52499E-15

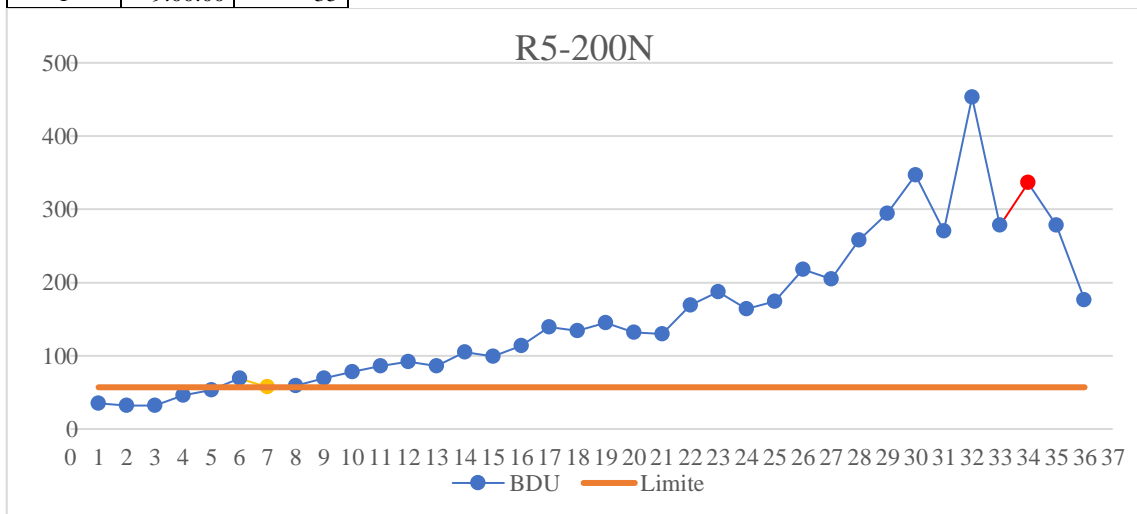
La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO GG. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R5-200N

Nº	Hora	BDU
1	9:00:00	35
2	9:10:00	32
3	9:20:00	32
4	9:29:00	46
5	9:41:00	53
6	9:49:00	69
7	10:00:00	57
8	10:09:00	59
9	10:22:00	69
10	10:30:00	78
11	10:40:00	86
12	10:50:00	92
13	11:00:00	86
14	11:10:00	105
15	11:19:00	99
16	11:29:00	114
17	11:40:00	139
18	11:50:00	134
19	12:00:00	145
20	12:14:00	132
21	12:31:00	130
22	12:45:00	169
23	13:00:00	187
24	13:15:00	164
25	13:30:00	174
26	13:44:00	218
27	14:00:00	205
28	14:14:00	258
29	14:30:00	294
30	14:35:00	347
31	14:37:00	270
32	14:44:00	453
33	14:47:00	278
34	14:49:00	336
35	14:50:00	278
36	14:51:00	176
1	9:00:00	35

Tiempo máximo (Horas)	14:51:00
Tiempo mínimo (Horas)	9:00:00
Tiempo (Horas)	5:51:00
Minutos	351
BDU Min	32
BDU Max	453
Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712
Intervalo P-F	
Nº	Hora
7	10:00:00
34	14:49:00
Intervalo P-F (Horas)	4:49:00
Intervalo P-F (min)	289



ANEXO HH. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R5-200N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	9:00:38	1751	3784	0,038	0,114	0,28288
2	9:05:50	1752	3781	0,038	0,114	0,28386
3	9:10:53	1752	3782	0,038	0,114	0,28367
4	9:15:50	1753	3782	0,038	0,114	0,28408
5	9:20:55	1751	3781	0,038	0,114	0,28345
6	9:25:36	1752	3782	0,038	0,114	0,28367
7	9:30:10	1753	3782	0,038	0,114	0,28408
8	9:35:38	1752	3781	0,038	0,114	0,28386
9	9:40:29	1751	3781	0,038	0,114	0,28345
10	9:45:14	1752	3781	0,038	0,114	0,28386
11	9:50:15	1752	3781	0,038	0,114	0,28386
12	9:55:05	1751	3782	0,038	0,114	0,28326
13	10:00:40	1753	3784	0,038	0,114	0,28370
14	10:05:56	1753	3783	0,038	0,114	0,28389
15	10:10:12	1752	3783	0,038	0,114	0,28348
16	10:20:49	1754	3785	0,038	0,114	0,28392
17	10:30:51	1753	3785	0,038	0,114	0,28351
18	10:40:37	1751	3784	0,038	0,114	0,28288
19	10:50:40	1751	3785	0,038	0,114	0,28269
20	11:00:25	1752	3784	0,038	0,114	0,28329
21	11:10:58	1752	3786	0,038	0,114	0,28291
22	11:20:04	1752	3786	0,038	0,114	0,28291
23	11:30:33	1753	3787	0,038	0,114	0,28313
24	11:40:20	1750	3786	0,038	0,114	0,28210
25	11:50:21	1751	3787	0,038	0,114	0,28232
26	12:00:00	1750	3786	0,038	0,114	0,28210
27	12:10:39	1752	3787	0,038	0,114	0,28273
28	12:20:47	1751	3787	0,038	0,114	0,28232
29	12:30:18	1751	3788	0,038	0,114	0,28213
30	12:40:56	1752	3787	0,038	0,114	0,28273
31	12:50:09	1751	3787	0,038	0,114	0,28232
32	13:00:24	1751	3788	0,038	0,114	0,28213
33	13:10:03	1752	3789	0,038	0,114	0,28235
34	13:20:11	1750	3787	0,038	0,114	0,28191
35	13:30:42	1751	3788	0,038	0,114	0,28213
36	13:40:00	1750	3789	0,038	0,114	0,28153

37	13:50:50	1751	3788	0,038	0,114	0,28213
38	14:00:01	1752	3789	0,038	0,114	0,28235
39	14:10:08	1749	3786	0,038	0,114	0,28168
40	14:20:40	1750	3788	0,038	0,114	0,28172
41	14:30:53	1750	3789	0,038	0,114	0,28153
42	14:40:09	1751	3789	0,038	0,114	0,28194
43	14:50:09	1750	3792	0,038	0,114	0,28096

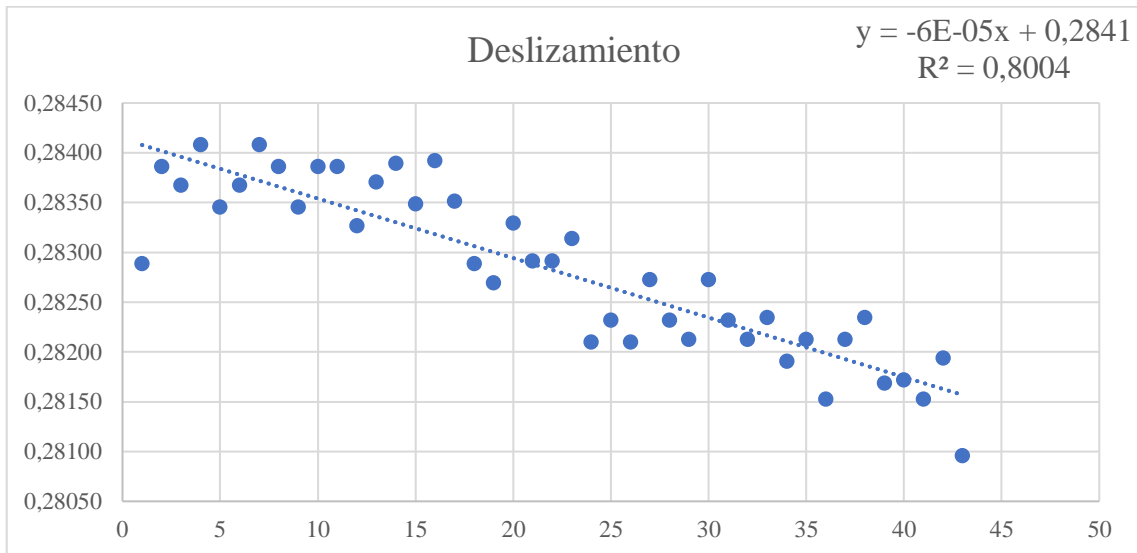
Prueba de correlación

n	43
n ajustado	45
$\alpha=0,05$	0,294
$\alpha=0,01$	0,378

R^2	0,80041195
$r_{\alpha=0,05}$	0,894657449
$r_{\alpha=0,01}$	0,894657449

r	0,894657449
n	43
t-score	12,82275792
p-value	6,18752E-16

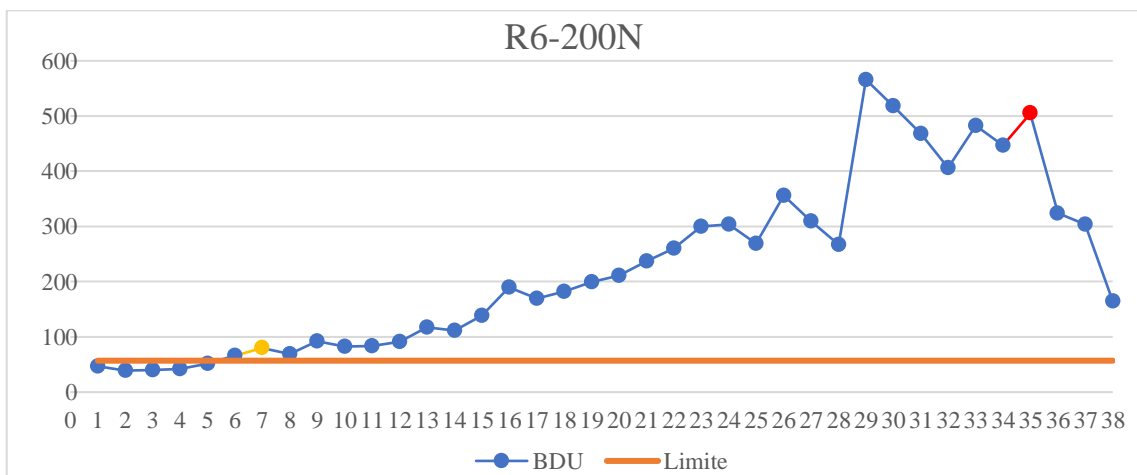
La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO II. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R6-200N

Nº	Hora	BDU
1	15:00:00	47
2	15:10:00	39
3	15:20:00	40
4	15:30:00	42
5	15:40:00	52
6	15:49:00	66
7	16:01:00	80
8	16:10:00	69
9	16:21:00	92
10	16:30:00	83
11	16:40:00	84
12	16:52:00	91
13	17:01:00	117
14	17:10:00	112
15	17:20:00	139
16	17:30:00	190
17	17:42:00	170
18	17:49:00	182
19	18:00:00	199
20	18:14:00	211
21	18:29:00	237
22	18:45:00	260
23	19:00:00	300
24	19:15:00	304
25	19:32:00	269
26	19:46:00	356
27	19:52:00	310
28	20:00:00	267
29	20:10:00	566
30	20:20:00	518
31	20:31:00	468
32	20:41:00	406
33	20:49:00	483
34	20:55:00	447
35	21:01:00	505
36	21:05:00	324
37	21:10:00	304
38	21:12:00	165

Tiempo máximo (Horas)	21:12:00
Tiempo mínimo (Horas)	15:00:00
Tiempo (Horas)	6:12:00
Minutos	372
BDU Min	43
BDU Max	503
Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712
Intervalo P-F	
Nº	Hora
7	16:01:00
35	21:01:00
Intervalo P-F (Horas)	5:00:00
Intervalo P-F (min)	300



ANEXO JJ. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R6-200N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	15:00:49	1750	3792	0,038	0,114	0,28096
2	15:05:11	1748	3790	0,038	0,114	0,28051
3	15:10:40	1749	3791	0,038	0,114	0,28074
4	15:15:52	1748	3789	0,038	0,114	0,28070
5	15:20:28	1747	3789	0,038	0,114	0,28029
6	15:25:02	1748	3789	0,038	0,114	0,28070
7	15:30:36	1749	3790	0,038	0,114	0,28093
8	15:35:30	1749	3788	0,038	0,114	0,28131
9	15:40:08	1748	3788	0,038	0,114	0,28089
10	15:45:10	1748	3789	0,038	0,114	0,28070
11	15:50:32	1748	3788	0,038	0,114	0,28089
12	15:55:10	1745	3788	0,038	0,114	0,27966
13	16:00:29	1746	3788	0,038	0,114	0,28007
14	16:09:57	1747	3787	0,038	0,114	0,28067
15	16:10:01	1746	3787	0,038	0,114	0,28026
16	16:20:19	1745	3787	0,038	0,114	0,27985
17	16:30:32	1745	3787	0,038	0,114	0,27985
18	16:40:04	1746	3786	0,038	0,114	0,28045
19	16:50:38	1745	3786	0,038	0,114	0,28004
20	17:00:03	1745	3785	0,038	0,114	0,28023
21	17:10:55	1746	3786	0,038	0,114	0,28045
22	17:21:14	1746	3784	0,038	0,114	0,28083
23	17:30:10	1747	3787	0,038	0,114	0,28067
24	17:40:07	1746	3787	0,038	0,114	0,28026
25	17:40:10	1745	3785	0,038	0,114	0,28023
26	17:50:11	1745	3785	0,038	0,114	0,28023
27	18:00:23	1746	3787	0,038	0,114	0,28026
28	18:10:05	1746	3786	0,038	0,114	0,28045
29	18:20:31	1745	3785	0,038	0,114	0,28023
30	18:30:38	1744	3785	0,038	0,114	0,27982
31	18:40:57	1744	3788	0,038	0,114	0,27924
32	18:50:01	1745	3786	0,038	0,114	0,28004
33	19:00:44	1745	3787	0,038	0,114	0,27985
34	19:10:49	1745	3789	0,038	0,114	0,27947
35	19:20:16	1743	3785	0,038	0,114	0,27940
36	19:30:19	1746	3785	0,038	0,114	0,28064
37	19:40:10	1745	3788	0,038	0,114	0,27966
38	19:50:05	1745	3786	0,038	0,114	0,28004

39	20:00:15	1747	3789	0,038	0,114	0,28029
40	20:10:17	1745	3788	0,038	0,114	0,27966
41	20:20:19	1746	3789	0,038	0,114	0,27988
42	20:30:38	1745	3787	0,038	0,114	0,27985
43	20:40:41	1746	3789	0,038	0,114	0,27988
44	20:50:43	1746	3788	0,038	0,114	0,28007
45	21:02:59	1745	3789	0,038	0,114	0,27947
46	21:10:07	1745	3789	0,038	0,114	0,27947

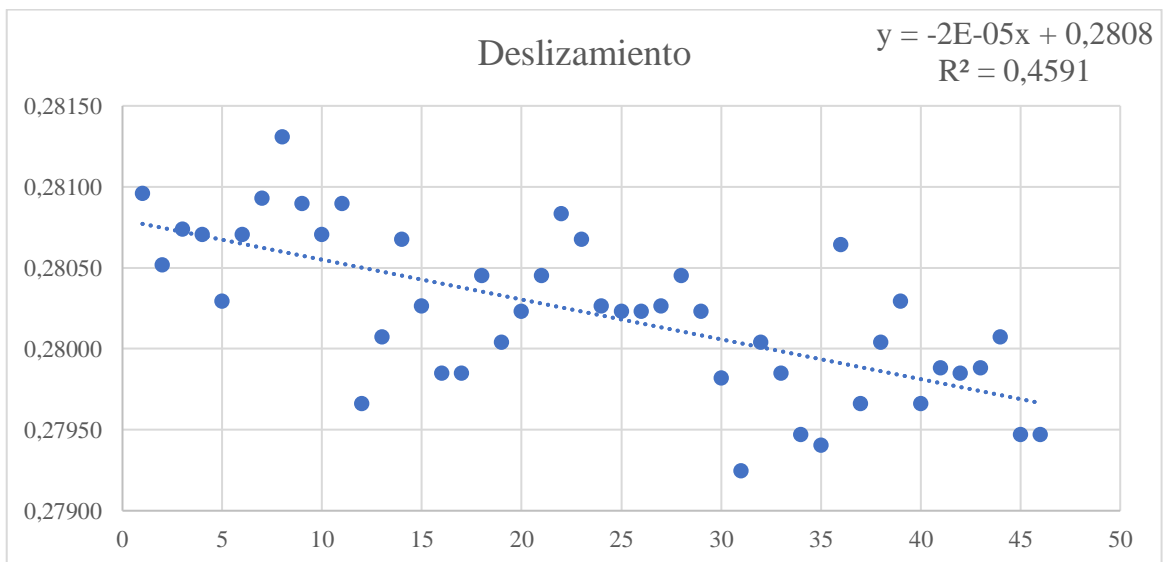
Prueba de correlación

n	46
n ajustado	50
$\alpha=0,05$	0,279
$\alpha=0,01$	0,361

R²	0,459099381
r_{$\alpha=0,05$}	0,677568728
r_{$\alpha=0,01$}	0,677568728

r	0,677568728
n	46
t-score	6,11112198
p-value	2,31667E-07

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO KK. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R1-250N

N°	Hora	BDU
1	09:31:00 a. m.	49
2	09:35:00 a. m.	43
3	09:41:00 a. m.	54
4	09:47:00 a. m.	55
5	09:50:00 a. m.	55
6	09:55:00 a. m.	54
7	10:00:00 a. m.	53
8	10:05:00 a. m.	54
9	10:11:00 a. m.	65
10	10:19:00 a. m.	70
11	10:24:00 a. m.	72
12	10:29:00 a. m.	73
13	10:40:00 a. m.	75
14	10:44:00 a. m.	85
15	10:51:00 a. m.	86
16	11:02:00 a. m.	68
17	11:10:00 a. m.	97
18	11:21:00 a. m.	79
19	11:31:00 a. m.	88
20	11:43:00 a. m.	83
21	11:50:00 a. m.	94
22	11:59:00 a. m.	100
23	12:11:00 p. m.	93
24	12:22:00 p. m.	93
25	12:30:00 p. m.	97
26	12:40:00 p. m.	110
27	12:50:00 p. m.	126
28	01:02:00 p. m.	141
29	01:10:00 p. m.	210
30	01:19:00 p. m.	235
31	01:40:00 p. m.	278
32	01:50:00 p. m.	362

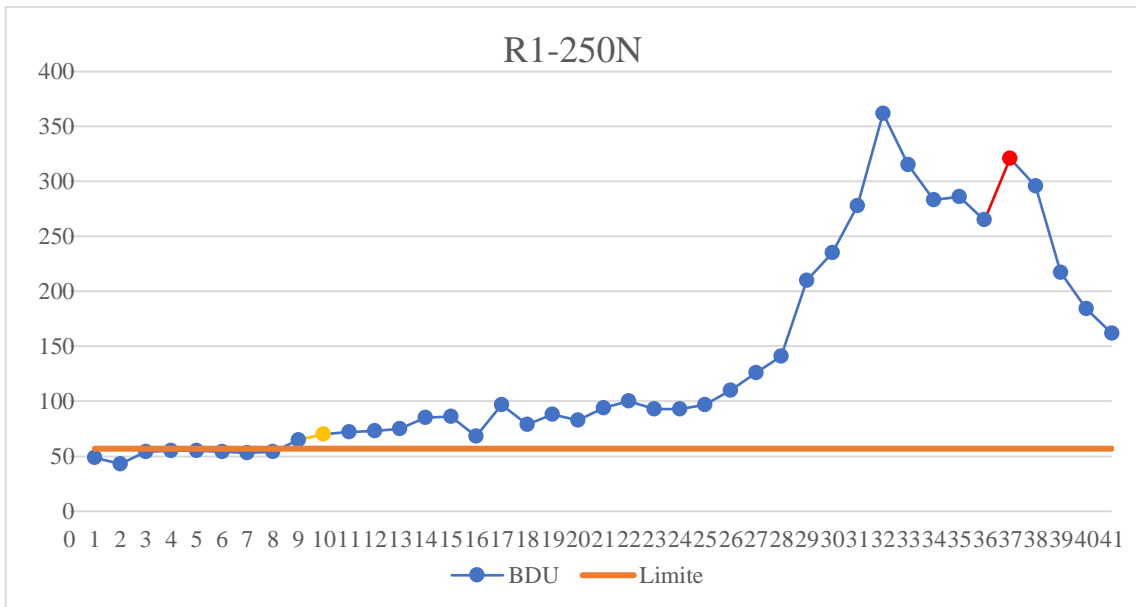
33	02:00:00 p. m.	315
34	02:11:00 p. m.	283
N°	Hora	BDU
35	02:17:00 p. m.	286
36	02:22:00 p. m.	265
37	02:27:00 p. m.	321
38	02:33:00 p. m.	296
39	02:35:00 p. m.	217
40	02:38:00 p. m.	184
41	02:42:00 p. m.	162

Tiempo máximo (Horas)	02:42:00 p. m.
Tiempo mínimo (Horas)	09:31:00 a. m.
Tiempo (Horas)	05:11:00 a. m.
Minutos	311

BDU Min	43
BDU Max	362

Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

Intervalo P-F	
N°	Hora
10	10:19:00 a. m.
37	02:27:00 p. m.
Intervalo P-F (Horas)	04:08:00 a. m.
Intervalo P-F (min)	248



ANEXO LL. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R1-250N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	9:30:36	1728	3761	0,038	0,114	0,27776
2	9:35:40	1729	3764	0,038	0,114	0,27760
3	9:40:11	1728	3763	0,038	0,114	0,27737
4	9:45:14	1728	3764	0,038	0,114	0,27718
5	9:50:36	1727	3764	0,038	0,114	0,27676
6	9:55:43	1728	3764	0,038	0,114	0,27718
7	10:00:10	1729	3765	0,038	0,114	0,27741
8	10:05:44	1727	3763	0,038	0,114	0,27695
9	10:10:33	1728	3765	0,038	0,114	0,27699
10	10:15:59	1727	3764	0,038	0,114	0,27676
11	10:20:02	1728	3766	0,038	0,114	0,27680
12	10:25:14	1727	3764	0,038	0,114	0,27676
13	10:30:19	1727	3765	0,038	0,114	0,27657
14	10:35:17	1728	3768	0,038	0,114	0,27641
15	10:40:07	1727	3766	0,038	0,114	0,27638
16	10:50:23	1728	3766	0,038	0,114	0,27680
17	11:00:12	1728	3766	0,038	0,114	0,27680
18	11:10:15	1727	3765	0,038	0,114	0,27657
19	11:20:38	1727	3766	0,038	0,114	0,27638
20	11:30:34	1727	3768	0,038	0,114	0,27599
21	11:40:51	1727	3769	0,038	0,114	0,27580
22	11:50:48	1727	3768	0,038	0,114	0,27599
23	12:00:44	1726	3767	0,038	0,114	0,27577
24	12:10:25	1725	3767	0,038	0,114	0,27535
25	12:20:45	1724	3772	0,038	0,114	0,27396
26	12:30:36	1725	3772	0,038	0,114	0,27438
27	12:40:38	1725	3774	0,038	0,114	0,27400
28	12:50:48	1725	3773	0,038	0,114	0,27419
29	13:01:38	1727	3776	0,038	0,114	0,27446
30	13:10:48	1725	3774	0,038	0,114	0,27400
31	13:21:15	1726	3778	0,038	0,114	0,27365
32	13:30:25	1728	3780	0,038	0,114	0,27411
33	13:40:22	1727	3779	0,038	0,114	0,27388
34	13:50:23	1727	3782	0,038	0,114	0,27330
35	14:00:02	1727	3780	0,038	0,114	0,27369
36	14:20:56	1727	3784	0,038	0,114	0,27292
37	14:20:35	1726	3784	0,038	0,114	0,27250
38	14:30:38	1727	3785	0,038	0,114	0,27273
39	14:40:46	1726	3783	0,038	0,114	0,27269

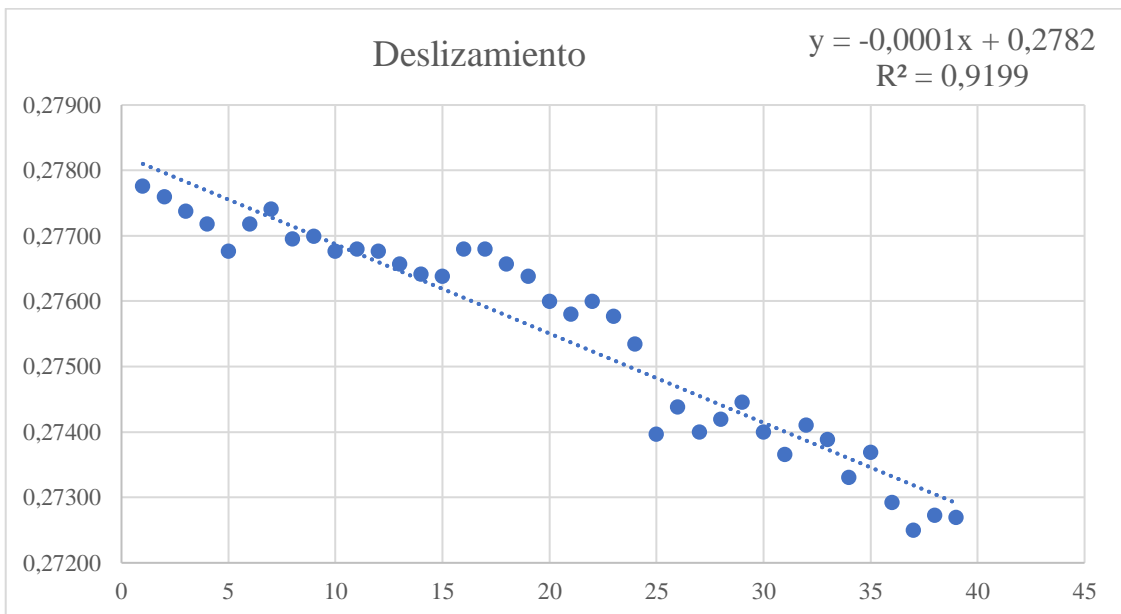
Prueba de correlación

n	39
n ajustado	40
α=0,05	0,312
α=0,01	0,402

R²	0,91991759
r_{α=0,05}	0,95912335
r_{α=0,01}	0,95912335

r	0,959123345
n	39
t-score	20,61611184
p-value	7,03887E-22

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO MM. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R2-250N

Nº	Hora	BDU
1	08:30:00 a. m.	49
2	08:34:00 a. m.	48
3	08:39:00 a. m.	52
4	08:45:00 a. m.	53
5	08:50:00 a. m.	50
6	08:55:00 a. m.	54
7	09:00:00 a. m.	54
8	09:05:00 a. m.	51
9	09:10:00 a. m.	57
10	09:15:00 a. m.	74
11	09:20:00 a. m.	70
12	09:24:00 a. m.	60
13	09:31:00 a. m.	73
14	09:40:00 a. m.	68
15	09:50:00 a. m.	77
16	10:01:00 a. m.	67
17	10:10:00 a. m.	81
18	10:21:00 a. m.	72
19	10:30:00 a. m.	71
20	10:40:00 a. m.	104
21	10:50:00 a. m.	111
22	11:00:00 a. m.	161
23	11:10:00 a. m.	160
24	11:20:00 a. m.	173
25	11:32:00 a. m.	204
26	11:40:00 a. m.	196
27	12:00:00 p. m.	260

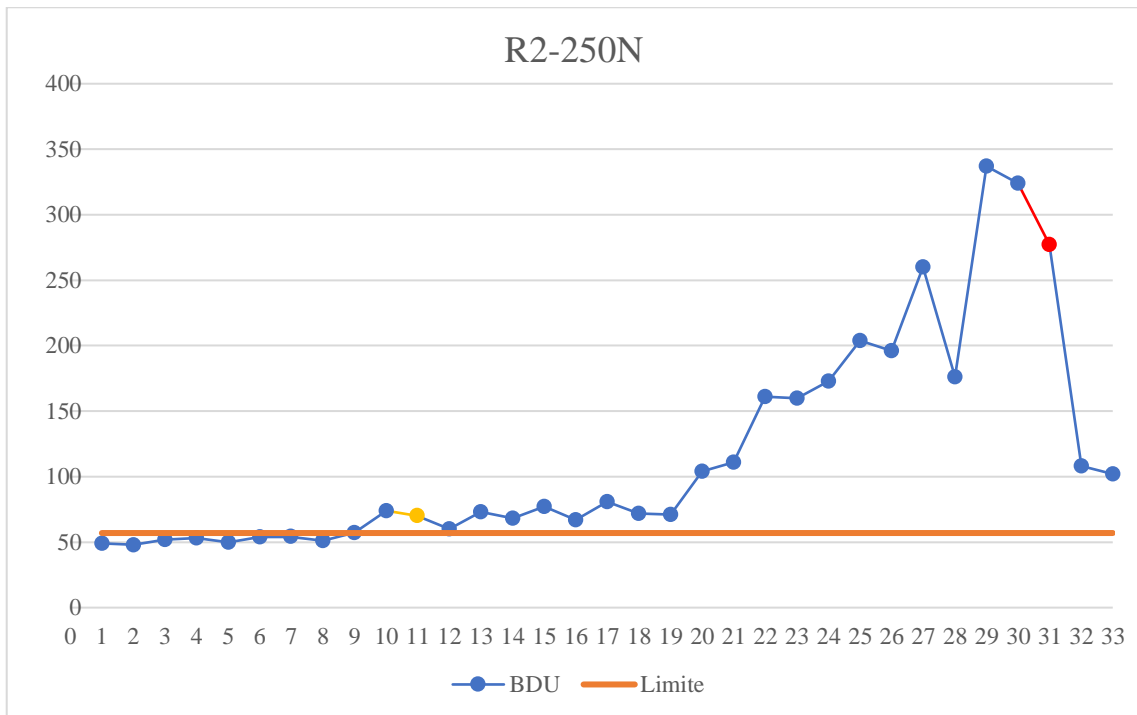
28	12:16:00 p. m.	176
29	12:28:00 p. m.	337
30	12:45:00 p. m.	324
31	01:00:00 p. m.	277
32	01:05:00 p. m.	108
33	01:10:00 p. m.	102

Tiempo máximo (Horas)	01:10:00 p. m.
Tiempo mínimo (Horas)	08:30:00 a. m.
Tiempo (Horas)	04:40:00 a. m.
Minutos	280

BDU Min	43
BDU Max	503

Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

Intervalo P-F	
Nº	Hora
11	09:20:00 a. m.
31	01:00:00 p. m.
Intervalo P-F (Horas)	03:40:00 a. m.
Intervalo P-F (min)	220



ANEXO NN. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R2-250N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	8:30:32	1714	3768	0,038	0,114	0,27050
2	8:35:41	1714	3766	0,038	0,114	0,27089
3	8:40:32	1714	3767	0,038	0,114	0,27070
4	8:50:38	1714	3766	0,038	0,114	0,27089
5	8:55:45	1715	3767	0,038	0,114	0,27112
6	9:00:39	1714	3766	0,038	0,114	0,27089
7	9:06:20	1714	3767	0,038	0,114	0,27070
8	9:10:22	1715	3766	0,038	0,114	0,27131
9	9:15:32	1714	3766	0,038	0,114	0,27089
10	9:20:27	1714	3765	0,038	0,114	0,27108
11	9:25:34	1715	3767	0,038	0,114	0,27112
12	9:30:26	1715	3767	0,038	0,114	0,27112
13	9:40:20	1714	3765	0,038	0,114	0,27108
14	9:50:18	1715	3766	0,038	0,114	0,27131
15	10:00:32	1714	3766	0,038	0,114	0,27089
16	10:10:33	1714	3765	0,038	0,114	0,27108
17	10:20:42	1714	3764	0,038	0,114	0,27128
18	10:30:31	1715	3767	0,038	0,114	0,27112
19	10:40:56	1714	3765	0,038	0,114	0,27108
20	10:50:15	1714	3765	0,038	0,114	0,27108
21	11:00:50	1714	3764	0,038	0,114	0,27128
22	11:10:57	1713	3764	0,038	0,114	0,27085
23	11:20:08	1715	3767	0,038	0,114	0,27112
24	11:30:03	1716	3767	0,038	0,114	0,27155
25	11:40:06	1714	3764	0,038	0,114	0,27128
26	11:50:35	1715	3764	0,038	0,114	0,27170
27	12:00:16	1714	3764	0,038	0,114	0,27128
28	12:10:24	1715	3765	0,038	0,114	0,27151
29	12:19:33	1714	3765	0,038	0,114	0,27108
30	12:30:15	1713	3765	0,038	0,114	0,27066
31	12:40:13	1715	3764	0,038	0,114	0,27170
32	13:50:25	1713	3766	0,038	0,114	0,27046
33	13:00:28	1714	3767	0,038	0,114	0,27070
34	13:10:21	1716	3766	0,038	0,114	0,27174

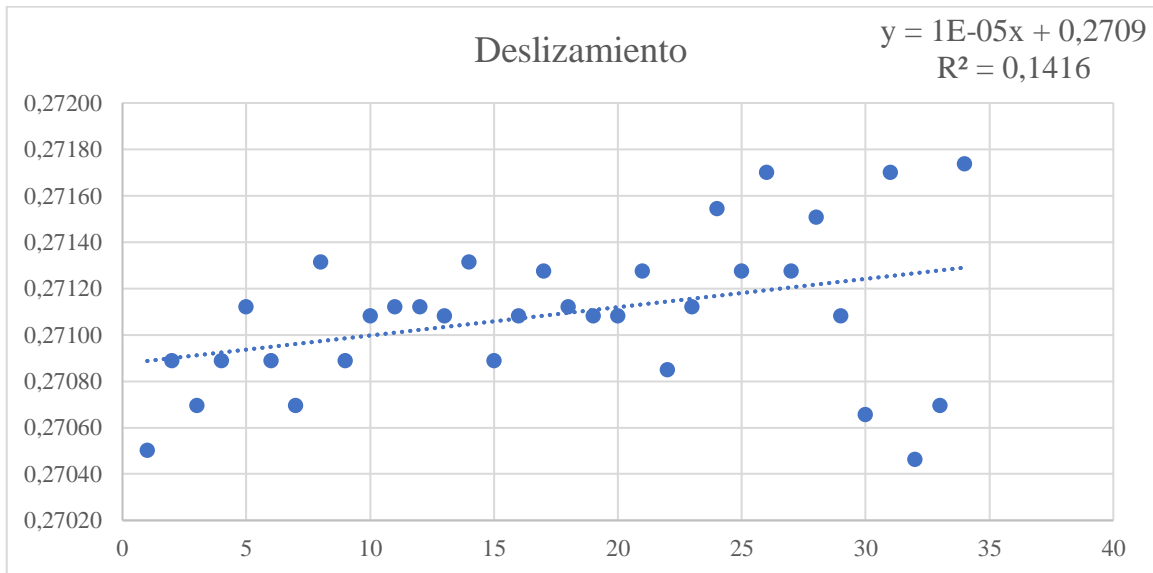
Prueba de correlación

n	34
n ajustado	35
$\alpha=0,05$	0,335
$\alpha=0,01$	0,43

R²	0,141550973
r_{$\alpha=0,05$}	0,376232605
r_{$\alpha=0,01$}	0,376232605

r	0,37623261
n	34
t-score	2,29706965
p-value	0,02830562

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO OO. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R3-250N

N°	Hora	BDU
1	02:00:00 p. m.	43
2	02:04:00 p. m.	47
3	02:10:00 p. m.	49
4	02:14:00 p. m.	45
5	02:20:00 p. m.	55
6	02:25:00 p. m.	47
7	02:30:00 p. m.	51
8	02:36:00 p. m.	76
9	02:40:00 p. m.	67
10	02:45:00 p. m.	85
11	02:50:00 p. m.	73
12	02:54:00 p. m.	73
13	03:00:00 p. m.	85
14	03:10:00 p. m.	82
15	03:19:00 p. m.	93
16	03:30:00 p. m.	98
17	03:40:00 p. m.	109
18	03:50:00 p. m.	99
19	04:00:00 p. m.	110
20	04:10:00 p. m.	109
21	04:21:00 p. m.	116
22	04:30:00 p. m.	122
23	04:40:00 p. m.	172
24	04:49:00 p. m.	168
25	05:01:00 p. m.	190
26	05:10:00 p. m.	153
27	05:21:00 p. m.	201
28	05:31:00 p. m.	215
29	05:41:00 p. m.	209
30	05:45:00 p. m.	210
31	06:00:00 p. m.	220

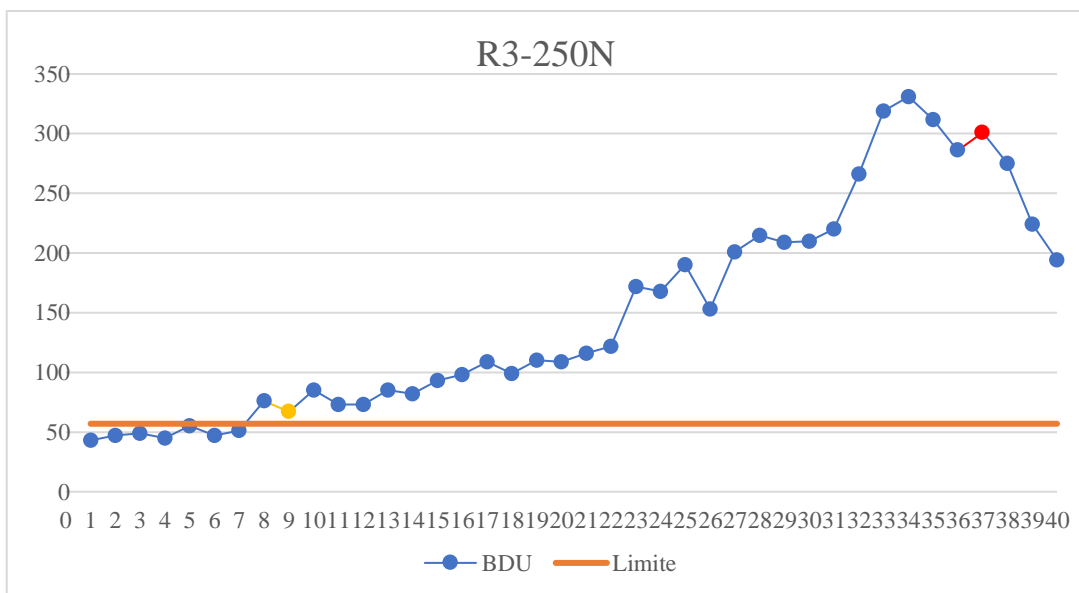
N°	Hora	BDU
32	06:16:00 p. m.	266
33	06:19:00 p. m.	319
34	06:32:00 p. m.	331
35	06:42:00 p. m.	312
36	06:49:00 p. m.	286
37	06:59:00 p. m.	301
38	07:06:00 p. m.	275
39	07:10:00 p. m.	224
40	07:20:00 p. m.	194

Tiempo máximo (Horas)	07:20:00 p. m.
Tiempo mínimo (Horas)	02:00:00 p. m.
Tiempo (Horas)	05:20:00 a. m.
Minutos	320

BDU Min	43
BDU Max	331

Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

Intervalo P-F	
N°	Hora
9	02:40:00 p. m.
37	06:59:00 p. m.
Intervalo P-F (Horas)	04:19:00 a. m.
Intervalo P-F (min)	259



ANEXO PP. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R3-250N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	14:15:50	1734	3764	0,038	0,114	0,27968
2	14:20:04	1733	3765	0,038	0,114	0,27907
3	14:25:16	1734	3766	0,038	0,114	0,27930
4	14:30:20	1735	3766	0,038	0,114	0,27971
5	14:35:30	1733	3767	0,038	0,114	0,27869
6	14:40:34	1734	3766	0,038	0,114	0,27930
7	14:45:41	1734	3765	0,038	0,114	0,27949
8	14:50:38	1733	3766	0,038	0,114	0,27888
9	15:00:19	1734	3768	0,038	0,114	0,27892
10	15:10:44	1735	3767	0,038	0,114	0,27952
11	15:20:14	1735	3768	0,038	0,114	0,27933
12	15:30:40	1734	3768	0,038	0,114	0,27892
13	15:40:17	1733	3768	0,038	0,114	0,27850
14	15:50:56	1734	3766	0,038	0,114	0,27930
15	16:00:19	1733	3768	0,038	0,114	0,27850
16	16:10:43	1734	3767	0,038	0,114	0,27911
17	16:20:22	1735	3766	0,038	0,114	0,27971
18	16:30:24	1735	3765	0,038	0,114	0,27991
19	16:40:46	1734	3765	0,038	0,114	0,27949
20	16:50:27	1735	3767	0,038	0,114	0,27952
21	17:00:06	1734	3767	0,038	0,114	0,27911
22	17:10:30	1732	3768	0,038	0,114	0,27808
23	17:20:10	1729	3766	0,038	0,114	0,27721
24	17:30:12	1729	3767	0,038	0,114	0,27702
25	17:40:31	1731	3775	0,038	0,114	0,27632
26	17:50:40	1731	3774	0,038	0,114	0,27652
27	18:00:41	1730	3774	0,038	0,114	0,27610
28	18:10:43	1731	3774	0,038	0,114	0,27652
29	18:20:09	1732	3775	0,038	0,114	0,27674
30	18:30:52	1729	3773	0,038	0,114	0,27587
31	18:40:00	1730	3774	0,038	0,114	0,27610
32	18:50:27	1731	3774	0,038	0,114	0,27652
33	19:00:36	1730	3774	0,038	0,114	0,27610
34	19:11:04	1731	3774	0,038	0,114	0,27652
35	19:20:06	1732	3775	0,038	0,114	0,27674

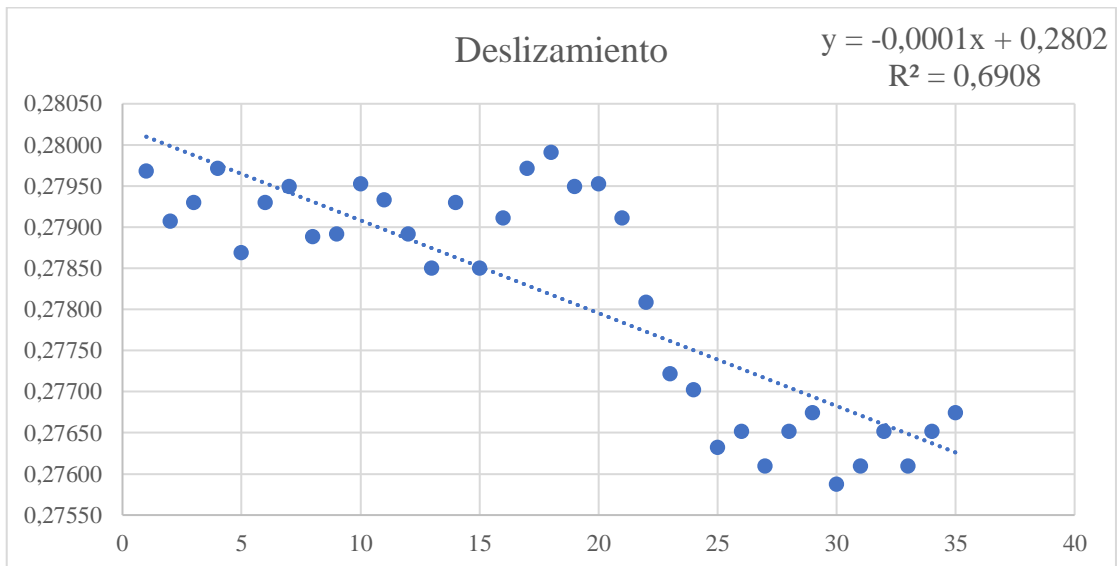
Prueba de correlación

n	35
n ajustado	40
$\alpha=0,05$	0,312
$\alpha=0,01$	0,402

R²	0,69080481
r_{$\alpha=0,05$}	0,83114668
r_{$\alpha=0,01$}	0,83114668

r	0,83114668
n	35
t-score	8,58654166
p-value	6,3556E-10

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO QQ. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R4-250N

Nº	Hora	BDU
1	08:00:00 a. m.	36
2	08:05:00 a. m.	43
3	08:10:00 a. m.	37
4	08:15:00 a. m.	49
5	08:20:00 a. m.	51
6	08:25:00 a. m.	46
7	08:30:00 a. m.	55
8	08:34:00 a. m.	54
9	08:40:00 a. m.	61
10	08:45:00 a. m.	61
11	08:50:00 a. m.	66
12	08:55:00 a. m.	78
13	09:00:00 a. m.	77
14	09:10:00 a. m.	86
15	09:19:00 a. m.	66
16	09:30:00 a. m.	82
17	09:40:00 a. m.	72
18	09:50:00 a. m.	84
19	10:00:00 a. m.	98
20	10:16:00 a. m.	100
21	10:30:00 a. m.	143
22	10:44:00 a. m.	164
23	11:00:00 a. m.	175
24	11:15:00 a. m.	187
25	11:30:00 a. m.	189
26	11:44:00 a. m.	179
27	11:59:00 a. m.	237
28	12:14:00 p. m.	250
29	12:30:00 p. m.	283

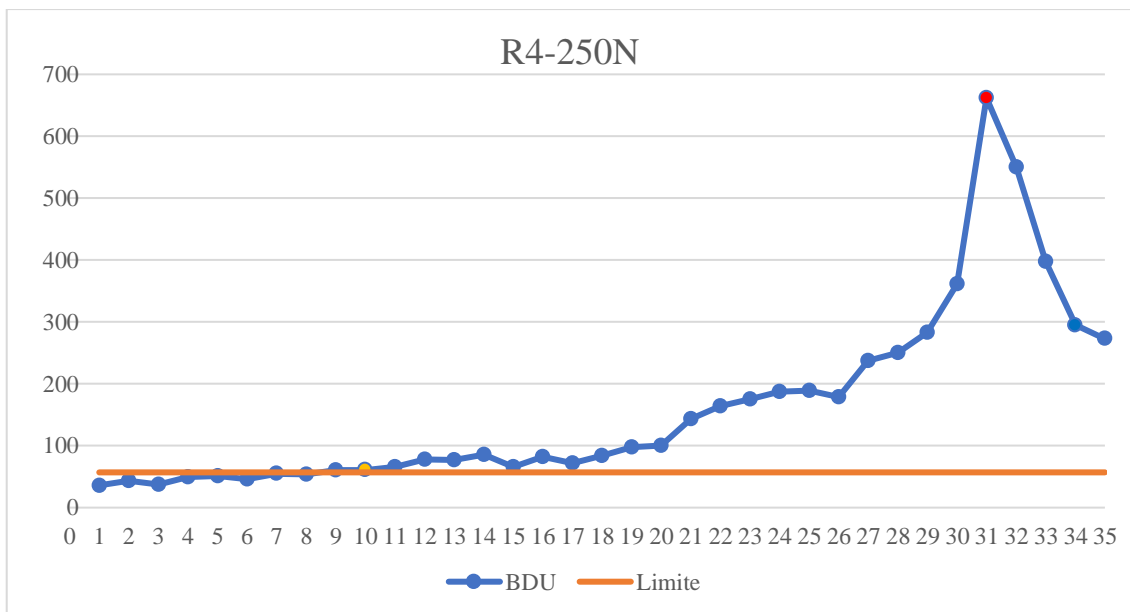
Nº	Hora	BDU
30	12:36:00 p. m.	361
31	12:37:00 p. m.	662
32	12:38:00 p. m.	550
33	12:41:00 p. m.	398
34	12:42:00 p. m.	295
35	12:46:00 p. m.	273

Tiempo máximo (Horas)	12:46:00 p. m.
Tiempo mínimo (Horas)	08:00:00 a. m.
Tiempo (Horas)	04:46:00 a. m.
Minutos	286

BDU Min	36
BDU Max	662

Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

Intervalo P-F	
Nº	Hora
10	08:45:00 a. m.
31	12:37:00 p. m.
Intervalo P-F (Horas)	03:52:00 a. m.
Intervalo P-F (min)	232



ANEXO RR. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R4-250N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	8:00:36	1724	3768	0,038	0,114	0,27473
2	8:05:39	1723	3767	0,038	0,114	0,27450
3	8:10:41	1724	3768	0,038	0,114	0,27473
4	8:15:56	1724	3767	0,038	0,114	0,27493
5	8:20:29	1724	3768	0,038	0,114	0,27473
6	8:25:33	1724	3766	0,038	0,114	0,27512
7	8:30:20	1724	3765	0,038	0,114	0,27531
8	8:35:10	1722	3766	0,038	0,114	0,27428
9	8:40:13	1724	3765	0,038	0,114	0,27531
10	8:45:24	1723	3764	0,038	0,114	0,27508
11	8:50:27	1722	3764	0,038	0,114	0,27466
12	8:55:13	1721	3765	0,038	0,114	0,27405
13	9:00:35	1720	3765	0,038	0,114	0,27363
14	9:05:23	1721	3764	0,038	0,114	0,27424
15	9:10:30	1723	3766	0,038	0,114	0,27470
16	9:21:35	1722	3765	0,038	0,114	0,27447
17	9:30:38	1722	3766	0,038	0,114	0,27428
18	9:40:40	1721	3765	0,038	0,114	0,27405
19	9:50:18	1719	3763	0,038	0,114	0,27359
20	10:00:31	1719	3764	0,038	0,114	0,27340
21	10:10:35	1721	3765	0,038	0,114	0,27405
22	10:30:37	1720	3766	0,038	0,114	0,27343
23	10:40:00	1719	3765	0,038	0,114	0,27320
24	10:50:03	1719	3766	0,038	0,114	0,27301
25	11:00:05	1720	3766	0,038	0,114	0,27343
26	11:10:36	1718	3764	0,038	0,114	0,27297
27	11:20:08	1719	3766	0,038	0,114	0,27301
28	11:30:50	1720	3766	0,038	0,114	0,27343
29	11:40:12	1719	3766	0,038	0,114	0,27301
30	11:50:02	1720	3766	0,038	0,114	0,27343
31	12:00:24	1719	3765	0,038	0,114	0,27320
32	12:10:41	1720	3765	0,038	0,114	0,27363
33	12:20:33	1720	3768	0,038	0,114	0,27305
34	12:30:04	1720	3769	0,038	0,114	0,27285
35	12:40:03	1720	3770	0,038	0,114	0,27266

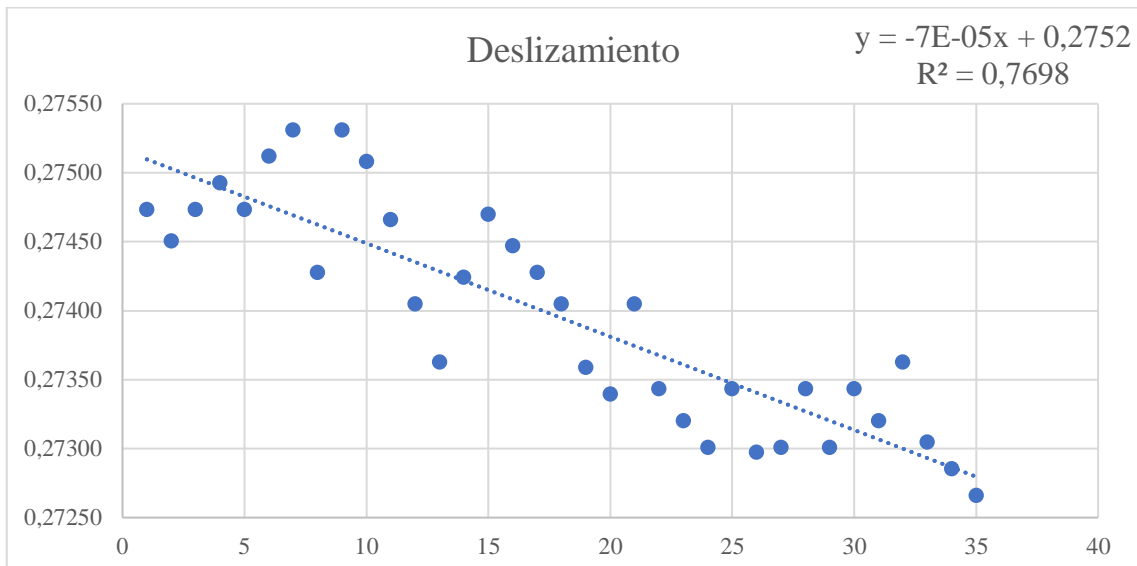
Prueba de correlación

n	35
n ajustado	20
$\alpha=0,05$	0,444
$\alpha=0,01$	0,561

R²	0,7698383
r_{$\alpha=0,05$}	0,8774043
r_{$\alpha=0,01$}	0,8774043

r	0,8774043
n	35
t-score	10,5060677
p-value	4,6355E-12

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO SS. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R5-250N

Nº	Hora	BDU
1	01:00:00 p. m.	36
2	01:06:00 p. m.	55
3	01:10:00 p. m.	37
4	01:15:00 p. m.	49
5	01:20:00 p. m.	40
6	01:25:00 p. m.	51
7	01:30:00 p. m.	37
8	01:35:00 p. m.	40
9	01:40:00 p. m.	68
10	01:46:00 p. m.	70
11	01:50:00 p. m.	80
12	01:56:00 p. m.	60
13	02:00:00 p. m.	73
14	02:07:00 p. m.	72
15	02:11:00 p. m.	82
16	02:20:00 p. m.	86
17	02:30:00 p. m.	92
18	02:41:00 p. m.	87
19	02:50:00 p. m.	85
20	03:01:00 p. m.	92
21	03:11:00 p. m.	118
22	03:20:00 p. m.	107
23	03:31:00 p. m.	158
24	03:38:00 p. m.	159
25	03:45:00 p. m.	175
26	04:01:00 p. m.	214
27	04:16:00 p. m.	214
28	04:30:00 p. m.	266
29	04:45:00 p. m.	258

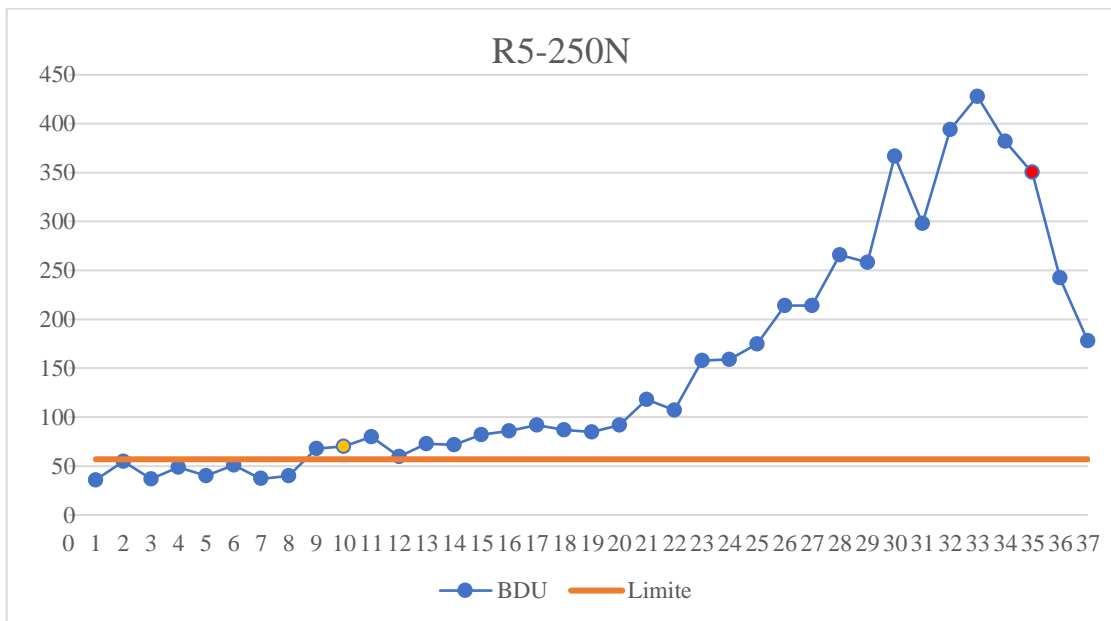
30	05:00:00 p. m.	367
Nº	Hora	BDU
31	05:17:00 p. m.	298
32	05:30:00 p. m.	394
33	05:46:00 p. m.	428
34	05:51:00 p. m.	382
35	05:59:00 p. m.	350
36	06:03:00 p. m.	242
37	06:08:00 p. m.	178

Tiempo máximo (Horas)	06:08:00 p. m.
Tiempo mínimo (Horas)	01:00:00 p. m.
Tiempo (Horas)	05:08:00 a. m.
Minutos	308

BDU Min	36
BDU Max	428

Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

Intervalo P-F	
Nº	Hora
10	01:46:00 p. m.
35	05:59:00 p. m.
Intervalo P-F (Horas)	04:13:00 a. m.
Intervalo P-F (min)	253



ANEXO TT. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R5-250N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	13:00:21	1716	3777	0,038	0,114	0,26961
2	13:05:45	1717	3777	0,038	0,114	0,27004
3	13:10:22	1718	3776	0,038	0,114	0,27065
4	13:15:31	1716	3777	0,038	0,114	0,26961
5	13:20:42	1717	3778	0,038	0,114	0,26984
6	13:25:45	1717	3778	0,038	0,114	0,26984
7	13:30:12	1718	3777	0,038	0,114	0,27046
8	13:35:36	1717	3777	0,038	0,114	0,27004
9	13:40:24	1717	3778	0,038	0,114	0,26984
10	13:45:34	1718	3779	0,038	0,114	0,27008
11	13:50:21	1717	3777	0,038	0,114	0,27004
12	13:55:24	1717	3778	0,038	0,114	0,26984
13	14:00:21	1718	3777	0,038	0,114	0,27046
14	14:05:24	1718	3778	0,038	0,114	0,27027
15	14:10:29	1719	3779	0,038	0,114	0,27050
16	14:15:41	1718	3779	0,038	0,114	0,27008
17	14:20:53	1718	3778	0,038	0,114	0,27027
18	14:30:45	1717	3777	0,038	0,114	0,27004
19	14:40:12	1718	3778	0,038	0,114	0,27027
20	14:50:42	1718	3778	0,038	0,114	0,27027
21	15:00:01	1717	3777	0,038	0,114	0,27004
22	15:10:42	1718	3778	0,038	0,114	0,27027
23	15:20:02	1718	3778	0,038	0,114	0,27027
24	15:30:09	1719	3779	0,038	0,114	0,27050
25	15:40:51	1719	3779	0,038	0,114	0,27050
26	15:50:58	1718	3778	0,038	0,114	0,27027
27	16:00:58	1719	3780	0,038	0,114	0,27031
28	16:10:00	1718	3777	0,038	0,114	0,27046
29	16:20:12	1719	3778	0,038	0,114	0,27069
30	16:30:04	1719	3779	0,038	0,114	0,27050
31	16:40:07	1718	3779	0,038	0,114	0,27008
32	16:50:09	1718	3778	0,038	0,114	0,27027
33	17:00:50	1718	3779	0,038	0,114	0,27008
34	17:10:01	1719	3779	0,038	0,114	0,27050
35	17:20:54	1719	3780	0,038	0,114	0,27031
36	17:30:36	1719	3778	0,038	0,114	0,27069
37	17:40:39	1719	3782	0,038	0,114	0,26992
38	17:50:50	1718	3779	0,038	0,114	0,27008
39	17:55:00	1719	3780	0,038	0,114	0,27031

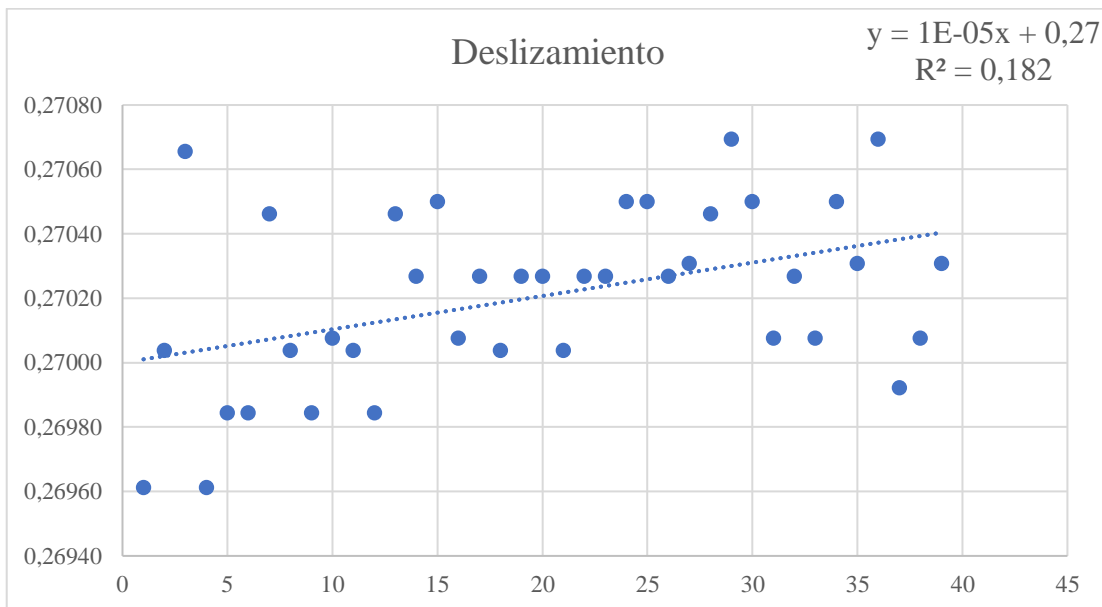
Prueba de correlación

n	39
n ajustado	40
α=0,05	0,312
α=0,01	0,402

R²	0,18199517
r_{α=0,05}	0,42660891
r_{α=0,01}	0,42660891

r	0,42660891
n	39
t-score	2,86914735
p-value	0,00676343

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO UU. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R6-250N

Nº	Hora	BDU
1	11:00:00 a. m.	40
2	11:06:00 a. m.	50
3	11:10:00 a. m.	50
4	11:15:00 a. m.	46
5	11:20:00 a. m.	54
6	11:25:00 a. m.	43
7	11:30:00 a. m.	47
8	11:35:00 a. m.	51
9	11:41:00 a. m.	47
10	11:46:00 a. m.	42
11	11:50:00 a. m.	60
12	11:55:00 a. m.	68
13	12:00:00 p. m.	63
14	12:05:00 p. m.	78
15	12:10:00 p. m.	87
16	12:15:00 p. m.	81
17	12:23:00 p. m.	82
18	12:26:00 p. m.	91
19	12:31:00 p. m.	92
20	12:35:00 p. m.	100
21	12:41:00 p. m.	93
22	12:45:00 p. m.	94
23	01:00:00 p. m.	100
24	01:12:00 p. m.	106
25	01:15:00 p. m.	117
26	01:30:00 p. m.	130
27	01:45:00 p. m.	146
28	02:02:00 p. m.	157
29	02:15:00 p. m.	181
30	02:31:00 p. m.	229
31	02:40:00 p. m.	216
32	02:51:00 p. m.	261
33	03:03:00 p. m.	266
34	03:11:00 p. m.	338

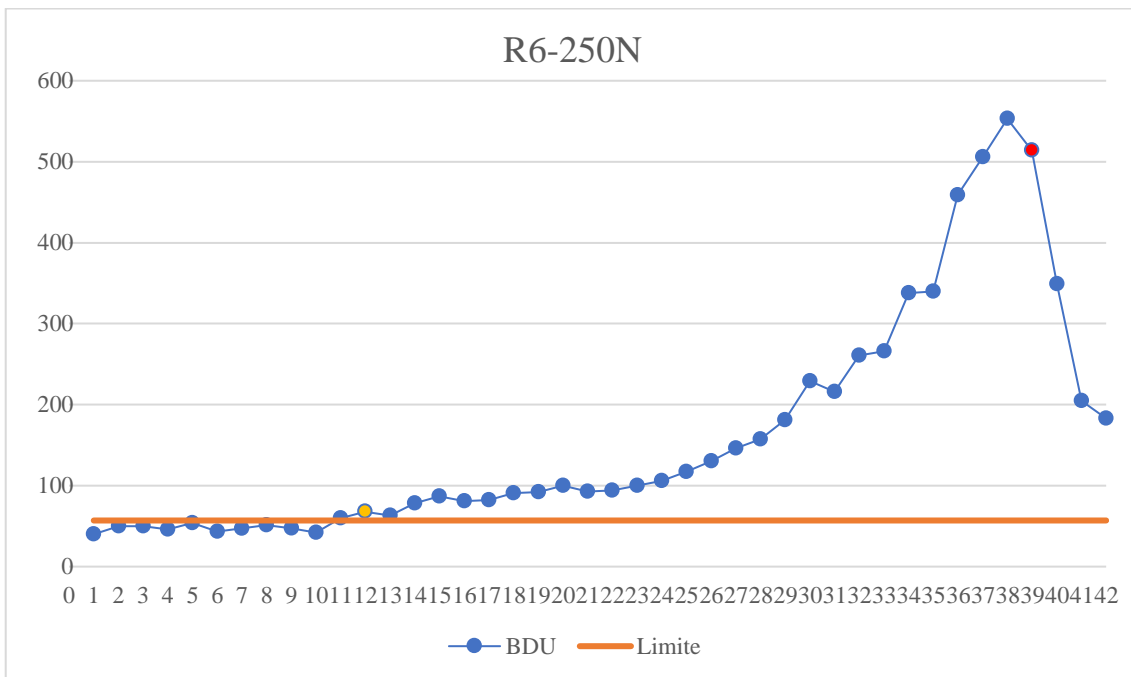
Nº	Hora	BDU
35	03:20:00 p. m.	340
36	03:30:00 p. m.	459
37	03:35:00 p. m.	506
38	03:40:00 p. m.	553
39	03:44:00 p. m.	514
40	03:49:00 p. m.	349
41	03:51:00 p. m.	205
42	03:52:00 p. m.	183

Tiempo máximo (Horas)	03:52:00 p. m.
Tiempo mínimo (Horas)	11:00:00 a. m.
Tiempo (Horas)	04:52:00 a. m.
Minutos	292

BDU Min	40
BDU Max	553

Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

Intervalo P-F	
Nº	Hora
12	11:55:00 a. m.
39	03:44:00 p. m.
Intervalo P-F (Horas)	03:49:00 a. m.
Intervalo P-F (min)	229



ANEXO VV. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R6-250N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	11:00:52	1727	3756	0,038	0,114	0,27830
2	11:05:24	1725	3756	0,038	0,114	0,27746
3	11:10:34	1726	3756	0,038	0,114	0,27788
4	11:25:36	1724	3756	0,038	0,114	0,27704
5	11:20:26	1724	3755	0,038	0,114	0,27724
6	11:25:05	1725	3755	0,038	0,114	0,27765
7	11:30:07	1725	3756	0,038	0,114	0,27746
8	11:35:19	1725	3756	0,038	0,114	0,27746
9	11:40:22	1725	3757	0,038	0,114	0,27727
10	11:50:27	1726	3756	0,038	0,114	0,27788
11	11:55:54	1725	3756	0,038	0,114	0,27746
12	12:00:11	1724	3756	0,038	0,114	0,27704
13	12:05:41	1724	3756	0,038	0,114	0,27704
14	12:10:15	1725	3757	0,038	0,114	0,27727
15	12:20:54	1726	3756	0,038	0,114	0,27788
16	12:30:04	1726	3757	0,038	0,114	0,27769
17	12:40:11	1725	3756	0,038	0,114	0,27746
18	12:50:17	1725	3755	0,038	0,114	0,27765
19	13:00:46	1724	3756	0,038	0,114	0,27704
20	13:10:00	1725	3756	0,038	0,114	0,27746
21	13:20:37	1724	3756	0,038	0,114	0,27704
22	13:30:07	1723	3755	0,038	0,114	0,27682
23	13:40:54	1724	3755	0,038	0,114	0,27724
24	13:50:15	1725	3756	0,038	0,114	0,27746
25	14:00:42	1725	3756	0,038	0,114	0,27746
26	14:10:20	1726	3757	0,038	0,114	0,27769
27	14:20:00	1724	3756	0,038	0,114	0,27704
28	14:30:25	1724	3755	0,038	0,114	0,27724
29	14:40:48	1723	3755	0,038	0,114	0,27682
30	14:50:27	1722	3755	0,038	0,114	0,27640
31	15:00:39	1724	3756	0,038	0,114	0,27704
32	15:10:52	1723	3756	0,038	0,114	0,27662
33	15:20:43	1722	3756	0,038	0,114	0,27620
34	15:30:03	1721	3755	0,038	0,114	0,27598
35	15:40:12	1720	3754	0,038	0,114	0,27575
36	15:50:10	1720	3755	0,038	0,114	0,27555

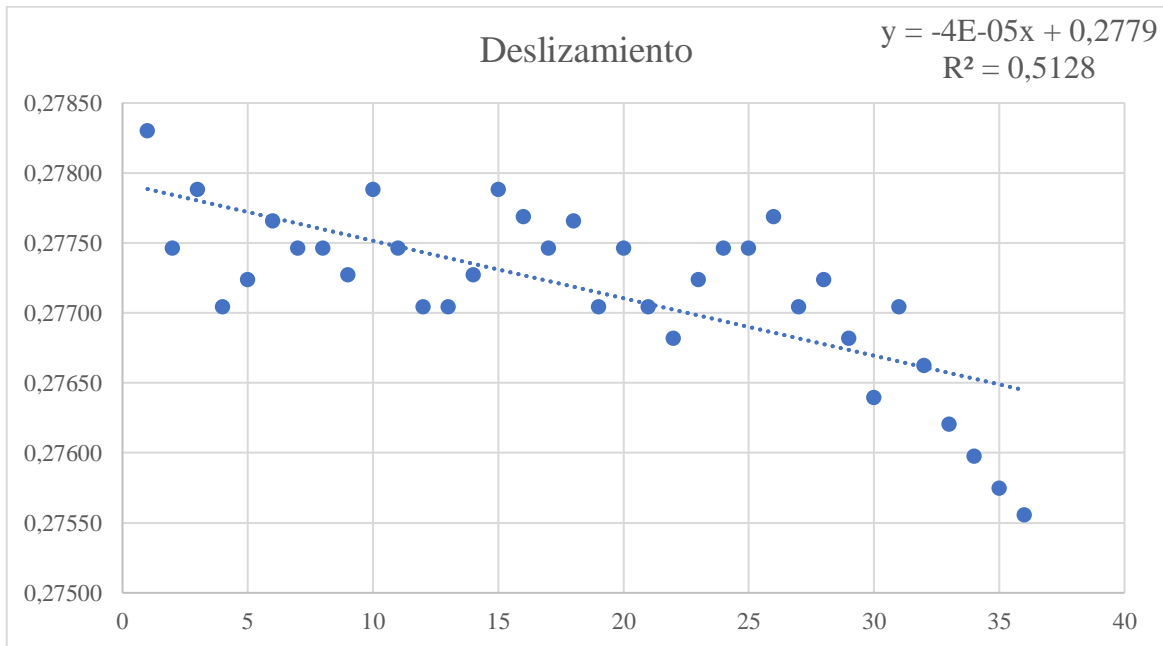
Prueba de correlación

n	36
n ajustado	40
α=0,05	0,312
α=0,01	0,402

R²	0,51284018
r_{α=0,05}	0,71612861
r_{α=0,01}	0,71612861

r	0,71612861
n	36
t-score	5,98266588
p-value	9,07E-07

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO WW. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R1-300N

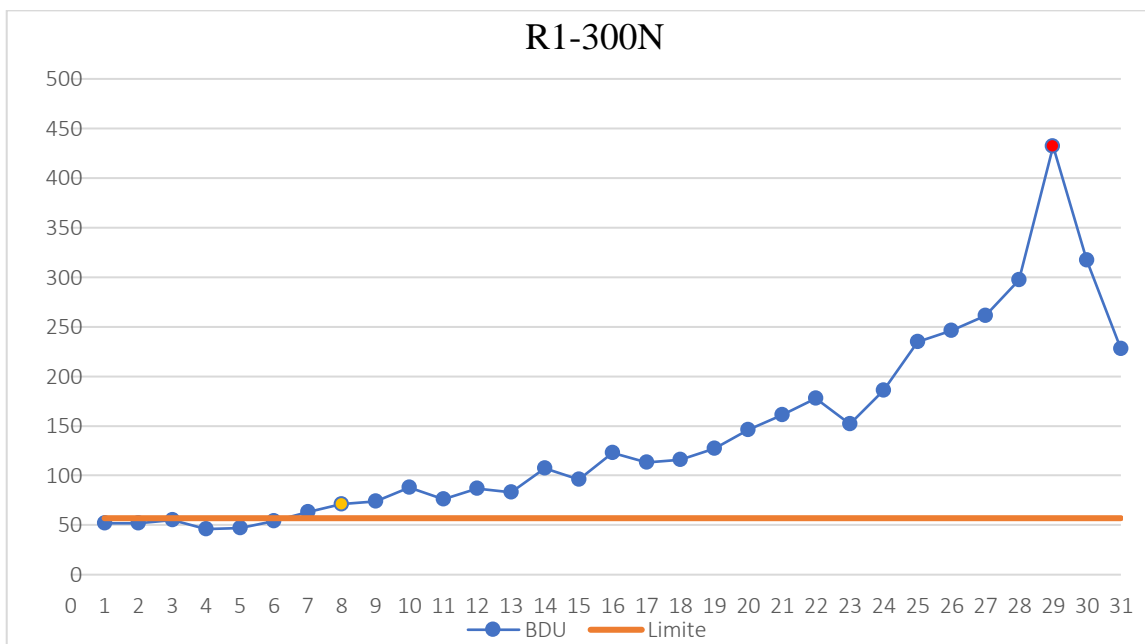
Nº	Hora	BDU
1	08:00:00 a. m.	52
2	08:05:00 a. m.	52
3	08:10:00 a. m.	55
4	08:15:00 a. m.	46
5	08:20:00 a. m.	47
6	08:25:00 a. m.	54
7	08:30:00 a. m.	63
8	08:35:00 a. m.	71
9	08:41:00 a. m.	74
10	08:45:00 a. m.	88
11	08:50:00 a. m.	76
12	08:55:00 a. m.	87
13	09:01:00 a. m.	83
14	09:10:00 a. m.	107
15	09:20:00 a. m.	96
16	09:31:00 a. m.	123
17	09:40:00 a. m.	113
18	09:50:00 a. m.	116
19	10:00:00 a. m.	127
20	10:10:00 a. m.	146
21	10:20:00 a. m.	161
22	10:30:00 a. m.	178
23	10:40:00 a. m.	152
24	10:50:00 a. m.	186
25	11:01:00 a. m.	235
26	11:10:00 a. m.	246
27	11:20:00 a. m.	261
28	11:32:00 a. m.	297
29	11:36:00 a. m.	432
30	11:40:00 a. m.	317
31	11:45:00 a. m.	228

Tiempo máximo (Horas)	11:45:00 a. m.
Tiempo mínimo (Horas)	08:00:00 a. m.
Tiempo (Horas)	03:45:00 a. m.
Minutos	225

BDU Min	46
BDU Max	432

Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

Intervalo P-F	
Nº	Hora
8	08:35:00 a. m.
29	11:36:00 a. m.
Intervalo P-F (Horas)	03:01:00 a. m.
Intervalo P-F (min)	181



ANEXO XX. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R1-300N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	8:00:13	1699	3714	0,038	0,114	0,27461
2	8:05:15	1698	3714	0,038	0,114	0,27418
3	8:10:44	1699	3714	0,038	0,114	0,27461
4	8:15:22	1699	3715	0,038	0,114	0,27441
5	8:20:24	1699	3715	0,038	0,114	0,27441
6	8:25:46	1698	3716	0,038	0,114	0,27379
7	8:30:28	1699	3717	0,038	0,114	0,27402
8	8:35:51	1699	3715	0,038	0,114	0,27441
9	8:40:32	1698	3717	0,038	0,114	0,27359
10	8:45:49	1697	3716	0,038	0,114	0,27336
11	8:50:53	1698	3717	0,038	0,114	0,27359
12	8:55:05	1698	3716	0,038	0,114	0,27379
13	9:00:23	1698	3715	0,038	0,114	0,27399
14	9:10:54	1697	3714	0,038	0,114	0,27375
15	9:20:29	1697	3715	0,038	0,114	0,27356
16	9:30:04	1698	3715	0,038	0,114	0,27399
17	9:40:31	1698	3714	0,038	0,114	0,27418
18	9:50:00	1697	3714	0,038	0,114	0,27375
19	10:00:07	1696	3713	0,038	0,114	0,27352
20	10:10:33	1697	3714	0,038	0,114	0,27375
21	10:20:10	1696	3713	0,038	0,114	0,27352
22	10:30:38	1696	3713	0,038	0,114	0,27352
23	10:40:26	1697	3713	0,038	0,114	0,27395
24	10:50:33	1697	3715	0,038	0,114	0,27356
25	11:00:30	1699	3715	0,038	0,114	0,27441
26	11:10:02	1698	3715	0,038	0,114	0,27399
27	11:20:25	1694	3717	0,038	0,114	0,27188
28	11:30:48	1695	3718	0,038	0,114	0,27211
29	11:40:54	1694	3718	0,038	0,114	0,27168
30	11:50:04	1697	3718	0,038	0,114	0,27297

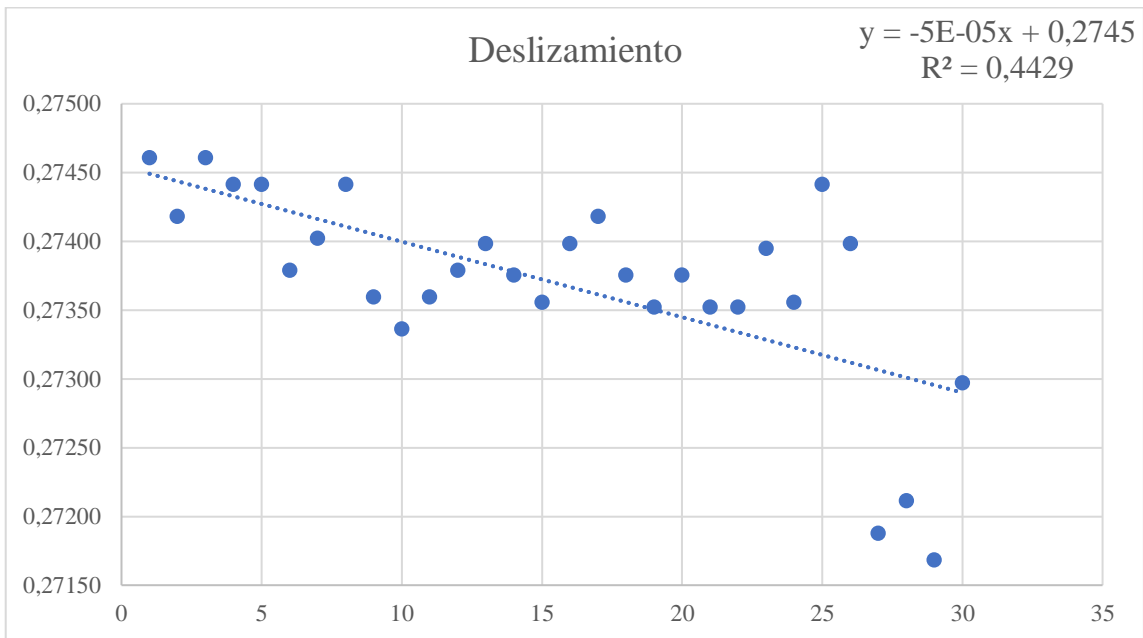
Prueba de correlación

n	30
n ajustado	40
α=0,05	0,312
α=0,01	0,402

R²	0,44289125
r_{α=0,05}	0,66550075
r_{α=0,01}	0,66550075

r	0,66550075
n	30
t-score	4,7179961
p-value	5,9951E-05

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO YY. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R2-300N

Nº	Hora	BDU
1	22/02/2022 14:00	48
2	22/02/2022 14:06	39
3	22/02/2022 14:12	39
4	22/02/2022 14:15	43
5	22/02/2022 14:20	46
6	22/02/2022 14:25	44
7	22/02/2022 14:31	57
8	22/02/2022 14:35	68
9	22/02/2022 14:40	65
10	22/02/2022 14:45	79
11	22/02/2022 14:50	98
12	22/02/2022 14:55	92
13	22/02/2022 15:02	99
14	22/02/2022 15:05	109
15	22/02/2022 15:11	127
16	22/02/2022 15:21	150
17	22/02/2022 15:32	172
18	22/02/2022 15:41	204
19	22/02/2022 15:50	226
20	22/02/2022 15:59	298
21	22/02/2022 16:06	321
22	22/02/2022 16:10	311
23	22/02/2022 16:14	356
24	22/02/2022 16:20	385
25	22/02/2022 16:25	330
26	22/02/2022 16:30	358
27	22/02/2022 16:36	366
28	22/02/2022 16:41	391
29	22/02/2022 16:45	416
30	22/02/2022 16:51	375
31	22/02/2022 16:56	366
32	22/02/2022 17:00	355
33	22/02/2022 17:05	378
34	22/02/2022 17:10	373
35	22/02/2022 17:15	398
36	22/02/2022 17:22	413
37	22/02/2022 17:25	351

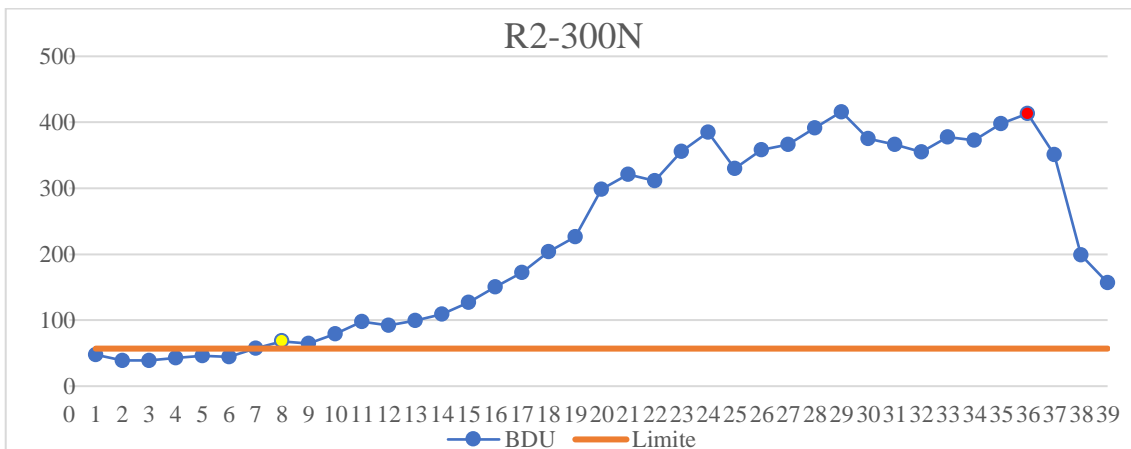
38	22/02/2022 17:26	199
39	22/02/2022 17:28	157

Tiempo máximo (Horas)	05:28:00 p. m.
Tiempo mínimo (Horas)	02:00:00 p. m.
Tiempo (Horas)	03:28:00 a. m.
Minutos	208

BDU Min	39
BDU Max	416

Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

Intervalo P-F	
Nº	Hora
8	02:35:00 p. m.
36	05:22:00 p. m.
Intervalo P-F (Horas)	02:47:00 a. m.
Intervalo P-F (min)	167



ANEXO ZZ. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R2-300N

N°	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	14:00:03	1697	3710	0,038	0,114	0,27454
2	14:05:04	1697	3709	0,038	0,114	0,27473
3	14:10:06	1698	3709	0,038	0,114	0,27516
4	16:15:16	1697	3708	0,038	0,114	0,27493
5	14:20:20	1697	3708	0,038	0,114	0,27493
6	14:25:23	1698	3709	0,038	0,114	0,27516
7	14:30:31	1697	3715	0,038	0,114	0,27356
8	14:35:43	1698	3715	0,038	0,114	0,27399
9	14:40:35	1697	3714	0,038	0,114	0,27375
10	14:50:45	1697	3714	0,038	0,114	0,27375
11	14:55:54	1698	3714	0,038	0,114	0,27418
12	15:00:50	1695	3715	0,038	0,114	0,27270
13	15:15:52	1695	3715	0,038	0,114	0,27270
14	15:20:54	1696	3714	0,038	0,114	0,27332
15	15:25:56	1695	3715	0,038	0,114	0,27270
16	15:30:58	1696	3714	0,038	0,114	0,27332
17	15:40:59	1695	3713	0,038	0,114	0,27309
18	15:50:18	1696	3714	0,038	0,114	0,27332
19	16:00:56	1695	3714	0,038	0,114	0,27290
20	16:10:15	1696	3715	0,038	0,114	0,27313
21	16:20:51	1696	3714	0,038	0,114	0,27332
22	16:30:01	1696	3715	0,038	0,114	0,27313
23	16:40:55	1695	3715	0,038	0,114	0,27270
24	16:50:58	1696	3718	0,038	0,114	0,27254
25	17:00:34	1697	3720	0,038	0,114	0,27258
26	17:05:16	1696	3718	0,038	0,114	0,27254
27	17:10:31	1697	3719	0,038	0,114	0,27278
28	17:15:21	1697	3718	0,038	0,114	0,27297

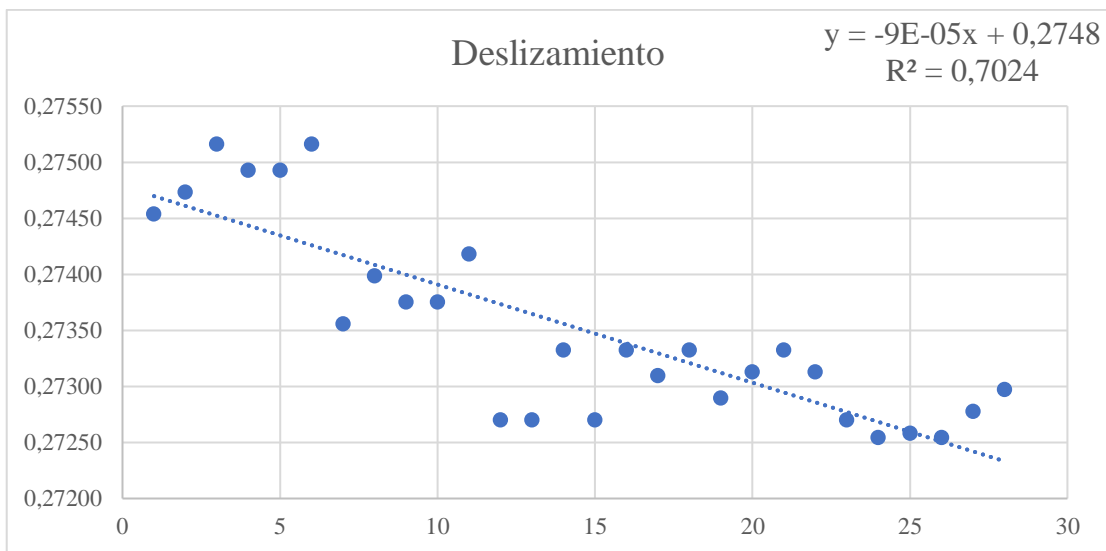
Prueba de correlación

n	28
n ajustado	40
$\alpha=0,05$	0,312
$\alpha=0,01$	0,402

R²	0,70240051
r_{$\alpha=0,05$}	0,83809338
r_{$\alpha=0,01$}	0,83809338

r	0,83809338
n	28
t-score	7,83362882
p-value	2,6173E-08

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO AAA. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R3-300N

Nº	Hora	BDU
1	23/02/2022 09:29	51
2	23/02/2022 09:34	54
3	23/02/2022 09:39	46
4	23/02/2022 09:45	48
5	23/02/2022 09:50	53
6	23/02/2022 09:55	66
7	23/02/2022 10:00	69
8	23/02/2022 10:05	64
9	23/02/2022 10:10	67
10	23/02/2022 10:15	73
11	23/02/2022 10:20	67
12	23/02/2022 10:25	83
13	23/02/2022 10:30	80
14	23/02/2022 10:41	96
15	23/02/2022 10:50	96
16	23/02/2022 11:00	91
17	23/02/2022 11:11	93
18	23/02/2022 11:20	102
19	23/02/2022 11:30	112
20	23/02/2022 11:42	133
21	23/02/2022 11:50	152
22	23/02/2022 12:00	177
23	23/02/2022 12:12	169
24	23/02/2022 12:21	205
25	23/02/2022 12:30	261
26	23/02/2022 12:40	300
27	23/02/2022 12:52	310
28	23/02/2022 13:01	385
29	23/02/2022 13:07	352

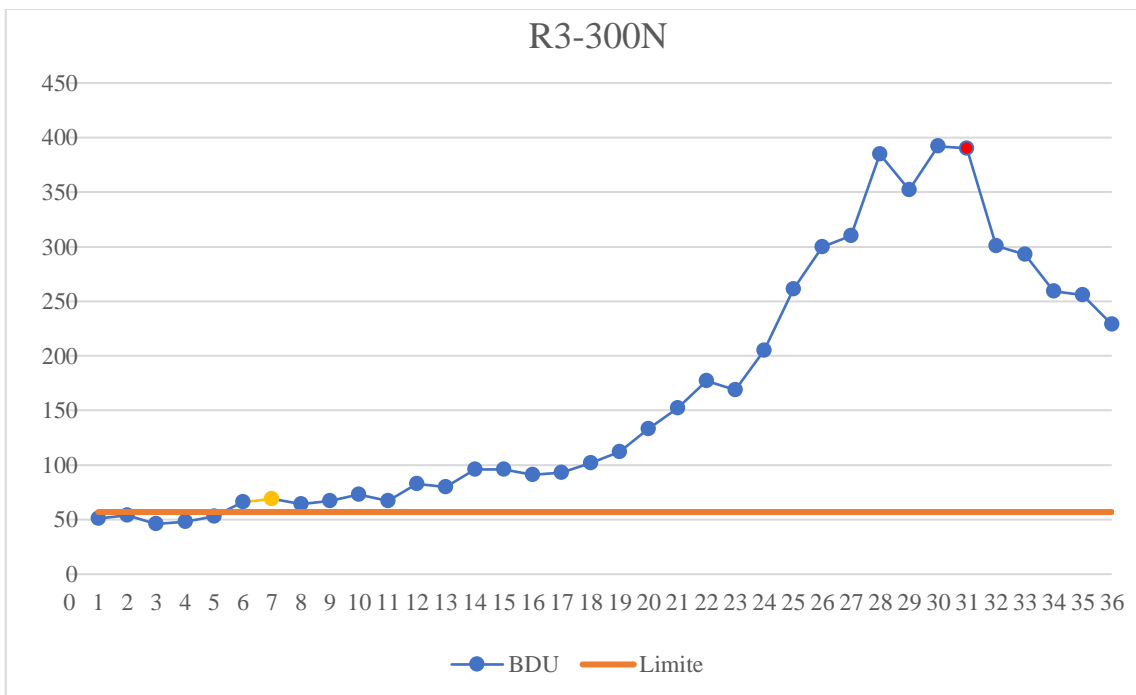
30	23/02/2022 13:09	392
Nº	Hora	BDU
31	23/02/2022 13:12	390
32	23/02/2022 13:13	301
33	23/02/2022 13:14	293
34	23/02/2022 13:15	259
35	23/02/2022 13:15	256
36	23/02/2022 13:17	229

Tiempo máximo (Horas)	01:17:00 p. m.
Tiempo mínimo (Horas)	09:29:00 a. m.
Tiempo (Horas)	03:48:00 a. m.
Minutos	228

BDU Min	46
BDU Max	392

Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

Intervalo P-F	
Nº	Hora
7	10:00:00 a. m.
31	01:12:00 p. m.
Intervalo P-F (Horas)	03:12:00 a. m.
Intervalo P-F (min)	192



ANEXO BBB. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R3-300N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	9:30:37	1696	3715	0,038	0,114	0,27313
2	9:35:42	1695	3715	0,038	0,114	0,27270
3	9:40:16	1696	3716	0,038	0,114	0,27293
4	9:45:01	1695	3716	0,038	0,114	0,27250
5	9:50:51	1696	3717	0,038	0,114	0,27274
6	9:55:20	1695	3716	0,038	0,114	0,27250
7	10:00:53	1695	3715	0,038	0,114	0,27270
8	10:05:04	1694	3715	0,038	0,114	0,27227
9	10:10:55	1695	3716	0,038	0,114	0,27250
10	10:15:23	1695	3715	0,038	0,114	0,27270
11	10:20:07	1694	3714	0,038	0,114	0,27247
12	10:25:57	1695	3717	0,038	0,114	0,27231
13	10:30:58	1695	3717	0,038	0,114	0,27231
14	10:35:12	1695	3716	0,038	0,114	0,27250
15	10:40:15	1696	3718	0,038	0,114	0,27254
16	10:50:20	1695	3717	0,038	0,114	0,27231
17	11:00:06	1696	3718	0,038	0,114	0,27254
18	11:10:17	1695	3717	0,038	0,114	0,27231
19	11:20:11	1695	3716	0,038	0,114	0,27250
20	11:30:22	1696	3718	0,038	0,114	0,27254
21	11:40:27	1695	3715	0,038	0,114	0,27270
22	11:50:25	1694	3716	0,038	0,114	0,27208
23	12:00:32	1695	3715	0,038	0,114	0,27270
24	12:10:45	1694	3716	0,038	0,114	0,27208
25	12:20:38	1695	3717	0,038	0,114	0,27231
26	12:30:47	1696	3718	0,038	0,114	0,27254
27	12:40:42	1696	3717	0,038	0,114	0,27274
28	12:50:01	1695	3717	0,038	0,114	0,27231
29	13:00:54	1694	3716	0,038	0,114	0,27208
30	13:10:48	1695	3717	0,038	0,114	0,27231

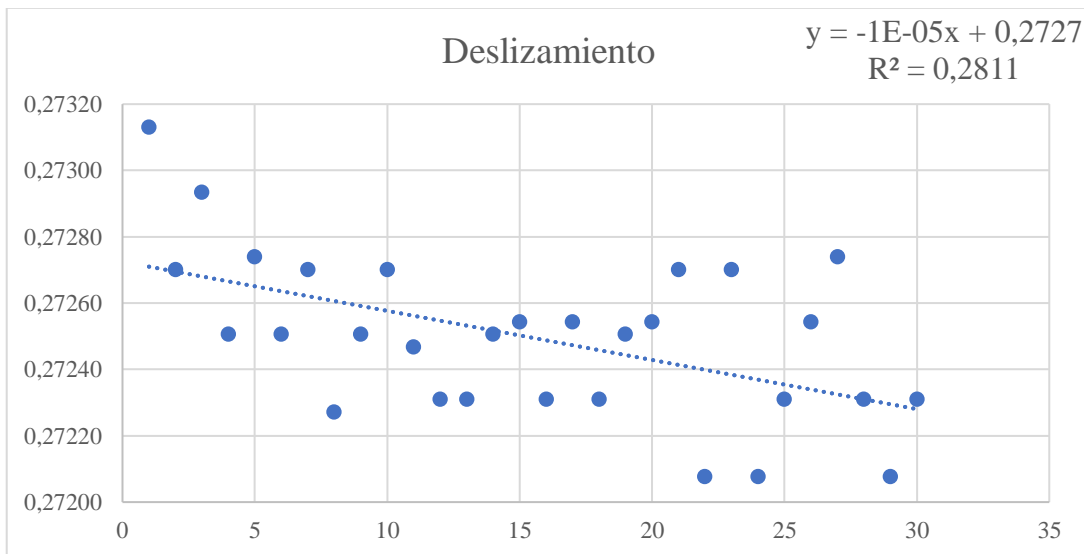
Prueba de correlación

n	30
n ajustado	40
α=0,05	0,312
α=0,01	0,402

R²	0,28107463
r_{α=0,05}	0,53016472
r_{α=0,01}	0,53016472

r	0,53016472
n	30
t-score	3,30862797
p-value	0,00258284

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO CCC. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R4-300N

N°	Hora	BDU
1	02:31:00 p. m.	51
2	02:35:00 p. m.	56
3	02:40:00 p. m.	47
4	02:45:00 p. m.	48
5	02:50:00 p. m.	55
6	02:56:00 p. m.	50
7	03:01:00 p. m.	55
8	03:05:00 p. m.	67
9	03:10:00 p. m.	68
10	03:16:00 p. m.	75
11	03:21:00 p. m.	67
12	03:25:00 p. m.	71
13	03:30:00 p. m.	79
14	03:35:00 p. m.	80
15	03:41:00 p. m.	84
16	03:45:00 p. m.	75
17	03:51:00 p. m.	95
18	04:00:00 p. m.	111
19	04:05:00 p. m.	122
20	04:11:00 p. m.	158
21	04:16:00 p. m.	177
22	04:20:00 p. m.	199
23	04:25:00 p. m.	220
24	04:30:00 p. m.	204
25	04:40:00 p. m.	292
26	04:51:00 p. m.	324
27	05:02:00 p. m.	380
28	05:10:00 p. m.	424
29	05:16:00 p. m.	460
30	05:20:00 p. m.	426
31	05:25:00 p. m.	431
32	05:30:00 p. m.	480
33	05:35:00 p. m.	463

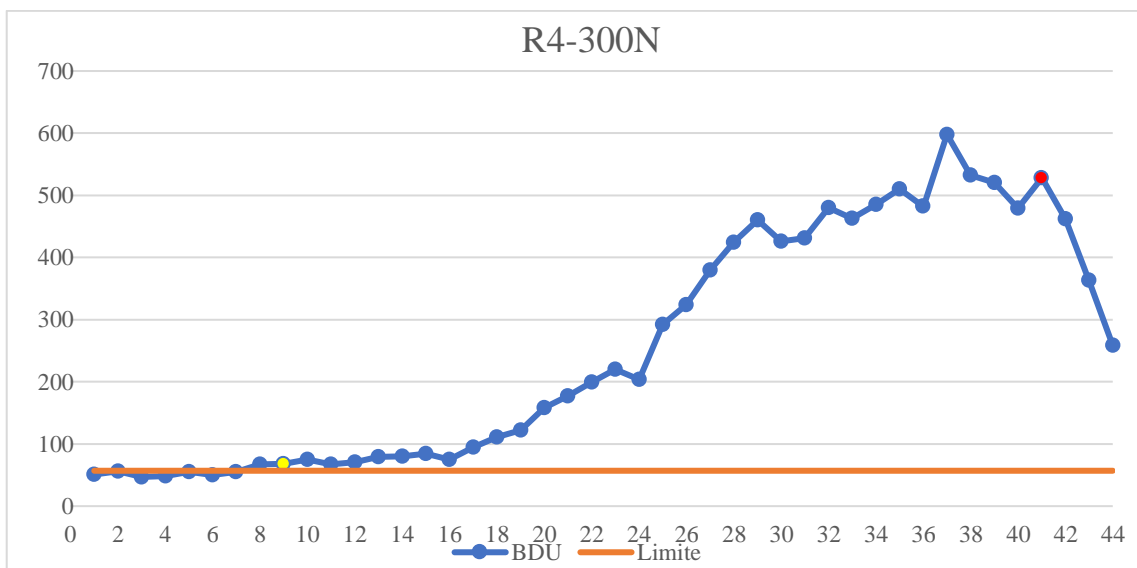
34	05:35:00 p. m.	485
35	05:40:00 p. m.	510
36	05:50:00 p. m.	482
37	06:00:00 p. m.	598
38	06:05:00 p. m.	532
39	06:11:00 p. m.	520
40	06:12:00 p. m.	479
41	06:15:00 p. m.	528
42	06:17:00 p. m.	462
43	06:21:00 p. m.	363
44	06:23:00 p. m.	259

Tiempo máximo (Horas)	06:23:00 p. m.
Tiempo mínimo (Horas)	02:31:00 p. m.
Tiempo (Horas)	03:52:00 a. m.
Minutos	232

BDU Min	47
BDU Max	598

Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

Intervalo P-F	
N°	Hora
9	03:10:00 p. m.
41	06:15:00 p. m.
Intervalo P-F (Horas)	03:05:00 a. m.
Intervalo P-F (min)	185



ANEXO DDD. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R4-300N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	14:30:51	1695	3715	0,038	0,114	0,27270
2	14:35:53	1694	3717	0,038	0,114	0,27188
3	14:40:15	1694	3717	0,038	0,114	0,27188
4	14:45:56	1695	3718	0,038	0,114	0,27211
5	14:50:17	1695	3717	0,038	0,114	0,27231
6	14:55:30	1695	3718	0,038	0,114	0,27211
7	15:00:36	1694	3716	0,038	0,114	0,27208
8	15:05:21	1696	3717	0,038	0,114	0,27274
9	15:10:33	1695	3716	0,038	0,114	0,27250
10	15:15:26	1695	3716	0,038	0,114	0,27250
11	15:20:19	1694	3715	0,038	0,114	0,27227
12	15:25:24	1695	3716	0,038	0,114	0,27250
13	15:30:27	1694	3715	0,038	0,114	0,27227
14	15:35:22	1693	3715	0,038	0,114	0,27184
15	15:40:11	1694	3716	0,038	0,114	0,27208
16	15:50:20	1694	3715	0,038	0,114	0,27227
17	15:55:13	1694	3716	0,038	0,114	0,27208
18	16:00:17	1693	3715	0,038	0,114	0,27184
19	16:10:23	1694	3716	0,038	0,114	0,27208
20	16:20:26	1693	3716	0,038	0,114	0,27165
21	16:30:28	1693	3715	0,038	0,114	0,27184
22	16:40:32	1694	3716	0,038	0,114	0,27208
23	16:50:36	1695	3717	0,038	0,114	0,27231
24	17:01:31	1694	3717	0,038	0,114	0,27188
25	17:10:10	1695	3718	0,038	0,114	0,27211
26	17:20:36	1693	3717	0,038	0,114	0,27145
27	17:30:12	1694	3718	0,038	0,114	0,27168
28	17:40:48	1693	3717	0,038	0,114	0,27145
29	17:50:50	1694	3718	0,038	0,114	0,27168

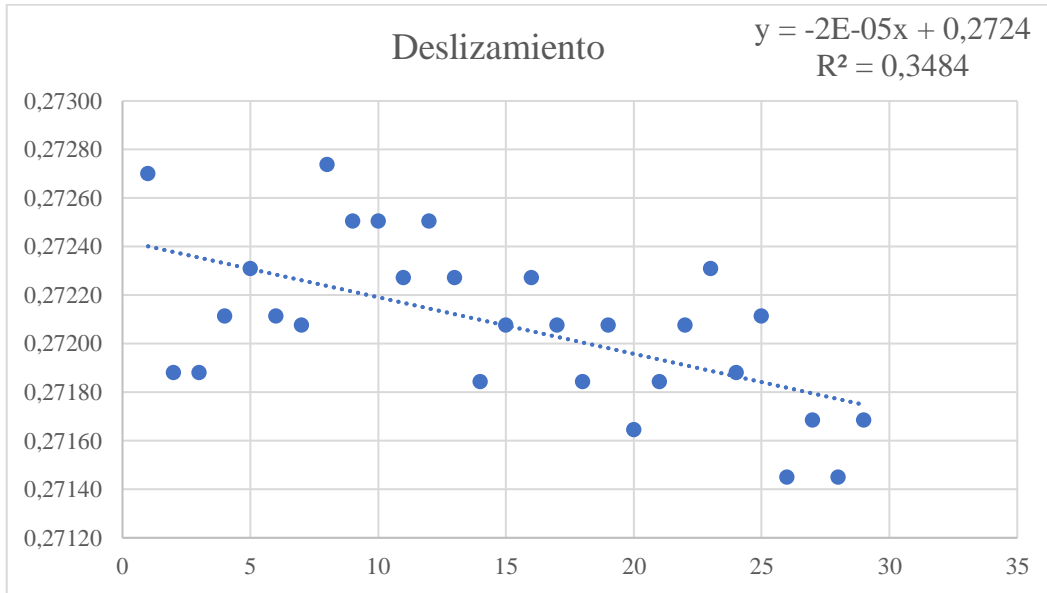
Prueba de correlación

n	29
n ajustado	40
$\alpha=0,05$	0,312
$\alpha=0,01$	0,402

R²	0,34841078
r_{$\alpha=0,05$}	0,59026331
r_{$\alpha=0,01$}	0,59026331

r	0,59026331
n	29
t-score	3,79962493
p-value	0,00075016

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO EEE. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R5-300N

N°	Hora	BDU
1	08:00:00 a. m.	41
2	08:05:00 a. m.	41
3	08:10:00 a. m.	49
4	08:15:00 a. m.	53
5	08:20:00 a. m.	49
6	08:25:00 a. m.	49
7	08:30:00 a. m.	69
8	08:36:00 a. m.	59
9	08:40:00 a. m.	63
10	08:45:00 a. m.	67
11	08:50:00 a. m.	89
12	08:56:00 a. m.	90
13	09:01:00 a. m.	84
14	09:05:00 a. m.	92
15	09:10:00 a. m.	101
16	09:16:00 a. m.	103
17	09:21:00 a. m.	113
18	09:31:00 a. m.	131
19	09:40:00 a. m.	154
20	09:50:00 a. m.	192
21	10:01:00 a. m.	187
22	10:10:00 a. m.	223
23	10:20:00 a. m.	263
24	10:31:00 a. m.	310
25	10:41:00 a. m.	295
26	10:50:00 a. m.	347
27	11:00:00 a. m.	380
28	11:05:00 a. m.	329
29	11:15:00 a. m.	362
30	11:21:00 a. m.	442
31	11:22:00 a. m.	392

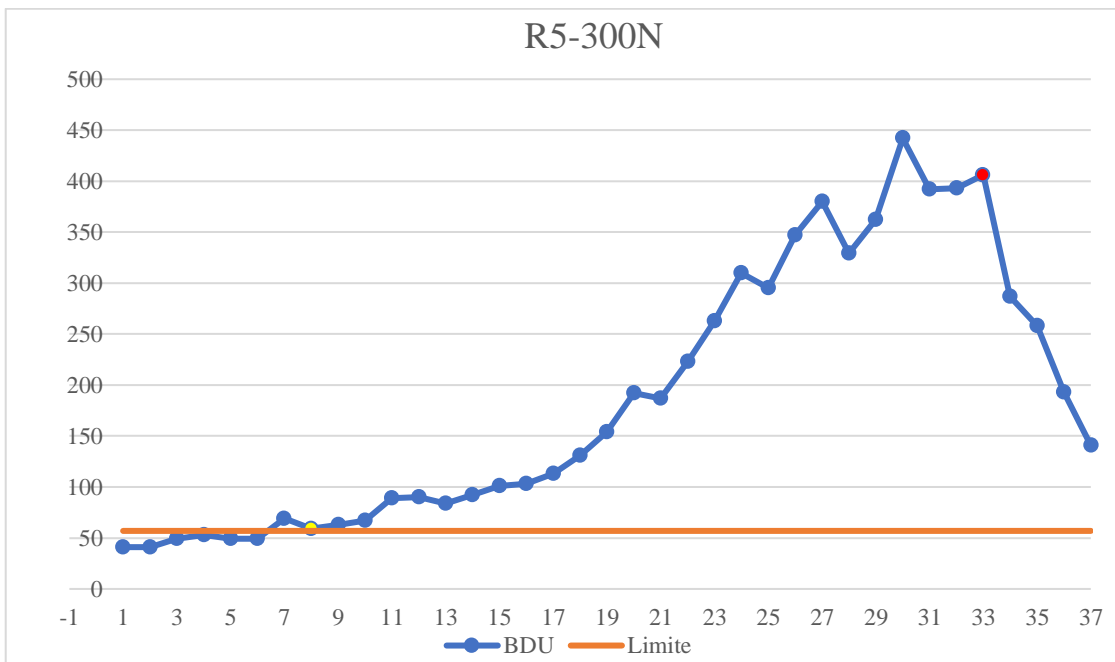
32	11:25:00 a. m.	393
33	11:29:00 a. m.	406
N°	Hora	BDU
34	11:32:00 a. m.	287
35	11:32:00 a. m.	258
36	11:35:00 a. m.	193
37	11:35:00 a. m.	141

Tiempo máximo (Horas)	11:35:00 a. m.
Tiempo mínimo (Horas)	08:00:00 a. m.
Tiempo (Horas)	03:35:00 a. m.
Minutos	215

BDU Min	41
BDU Max	442

Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

Intervalo P-F	
N°	Hora
8	08:36:00 a. m.
33	11:29:00 a. m.
Intervalo P-F (Horas)	02:53:00 a. m.
Intervalo P-F (min)	173



ANEXO FFF. DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R5-300N

N°	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	8:00:21	1690	3727	0,038	0,114	0,26819
2	8:05:06	1689	3726	0,038	0,114	0,26796
3	8:10:24	1690	3727	0,038	0,114	0,26819
4	8:15:26	1689	3726	0,038	0,114	0,26796
5	8:20:12	1689	3725	0,038	0,114	0,26815
6	8:25:29	1690	3726	0,038	0,114	0,26839
7	8:30:06	1690	3726	0,038	0,114	0,26839
8	8:35:24	1690	3727	0,038	0,114	0,26819
9	8:40:26	1689	3726	0,038	0,114	0,26796
10	8:45:12	1689	3726	0,038	0,114	0,26796
11	8:50:29	1690	3727	0,038	0,114	0,26819
12	8:55:16	1689	3726	0,038	0,114	0,26796
13	9:00:33	1690	3727	0,038	0,114	0,26819
14	9:05:20	1690	3728	0,038	0,114	0,26800
15	9:10:19	1689	3726	0,038	0,114	0,26796
16	9:20:43	1690	3727	0,038	0,114	0,26819
17	9:30:22	1689	3726	0,038	0,114	0,26796
18	9:40:45	1689	3726	0,038	0,114	0,26796
19	9:50:26	1689	3725	0,038	0,114	0,26815
20	10:00:18	1688	3724	0,038	0,114	0,26792
21	10:10:05	1689	3725	0,038	0,114	0,26815
22	10:20:53	1689	3726	0,038	0,114	0,26796
23	10:30:39	1689	3726	0,038	0,114	0,26796
24	10:40:11	1690	3727	0,038	0,114	0,26819
25	10:50:17	1690	3728	0,038	0,114	0,26800
26	11:10:35	1689	3727	0,038	0,114	0,26776
27	11:20:00	1690	3728	0,038	0,114	0,26800
28	11:30:06	1689	3726	0,038	0,114	0,26796

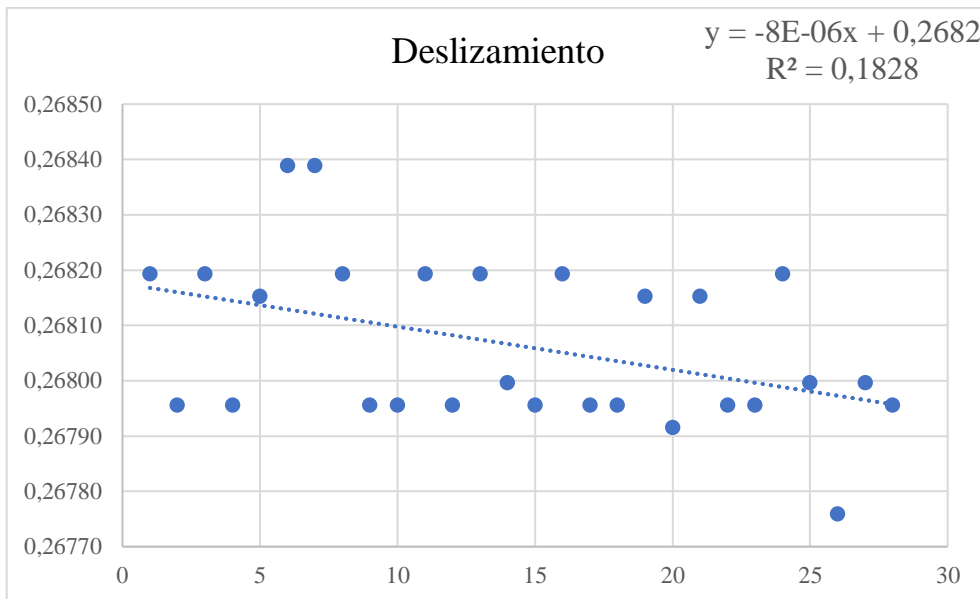
Prueba de correlación

n	28
n ajustado	40
α=0,05	0,312
α=0,01	0,402

R²	0,18277181
r_{α=0,05}	0,4275182
r_{α=0,01}	0,4275182

r	0,4275182
n	28
t-score	2,41140195
p-value	0,02325273

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO GGG.

DETERMINACIÓN DEL INTERVALO P-F DEL R6-300N

N°	Hora	BDU
1	01:00:00 p. m.	41
2	01:05:00 p. m.	46
3	01:10:00 p. m.	46
4	01:15:00 p. m.	48
5	01:20:00 p. m.	41
6	01:25:00 p. m.	45
7	01:27:00 p. m.	50
8	01:30:00 p. m.	44
9	01:37:00 p. m.	46
10	01:45:00 p. m.	68
11	01:50:00 p. m.	67
12	01:56:00 p. m.	59
13	02:00:00 p. m.	72
14	02:05:00 p. m.	60
15	02:10:00 p. m.	77
16	02:15:00 p. m.	84
17	02:21:00 p. m.	92
18	02:25:00 p. m.	100
19	02:30:00 p. m.	91
20	02:35:00 p. m.	104
21	02:40:00 p. m.	121
22	02:46:00 p. m.	160
23	02:50:00 p. m.	166
24	02:55:00 p. m.	162
25	03:00:00 p. m.	199
26	03:10:00 p. m.	273
27	03:19:00 p. m.	231
28	03:30:00 p. m.	295
29	03:40:00 p. m.	337
30	03:46:00 p. m.	362
31	04:00:00 p. m.	344
32	04:10:00 p. m.	396
33	04:20:00 p. m.	478

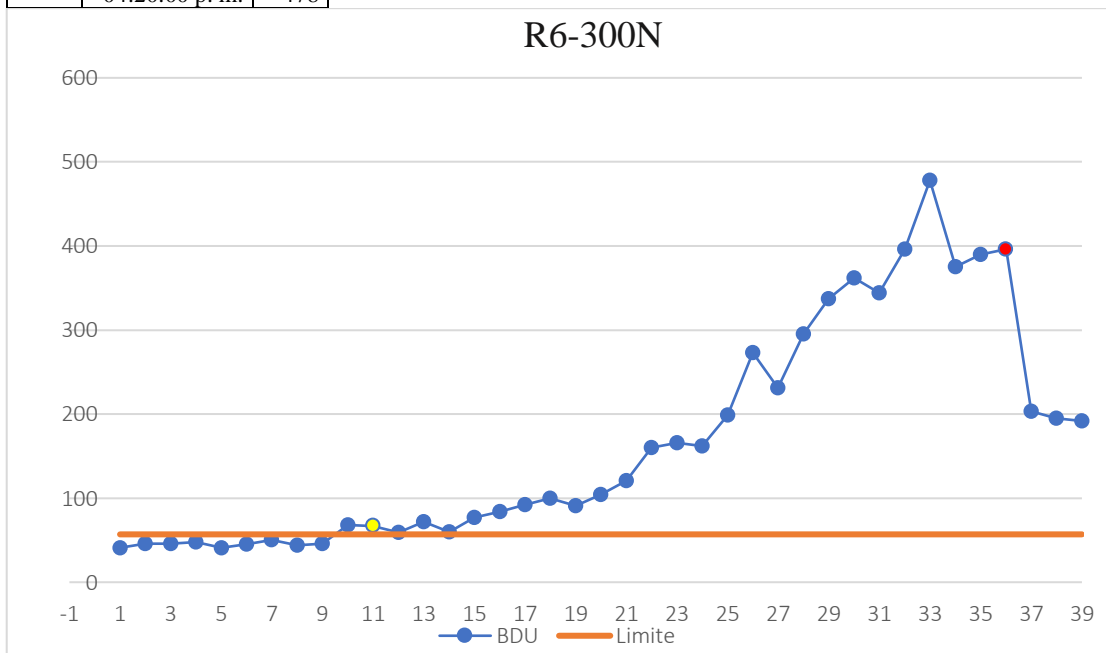
N°	Hora	BDU
34	04:31:00 p. m.	375
35	04:40:00 p. m.	390
36	04:50:00 p. m.	396
37	04:52:00 p. m.	203
38	04:53:00 p. m.	195
39	04:55:00 p. m.	192

Tiempo máximo (Horas)	04:55:00 p. m.
Tiempo mínimo (Horas)	01:00:00 p. m.
Tiempo (Horas)	03:55:00 a. m.
Minutos	235

BDU Min	41
BDU Max	478

Media	44,56
Desviación estándar	4,010304188
Probabilidad	0,999
Z	3,090232306
Limite	56,94832712

Intervalo P-F	
N°	Hora
11	01:50:00 p. m.
36	04:50:00 p. m.
Intervalo P-F (Horas)	03:00:00 a. m.
Intervalo P-F (min)	180



ANEXO HHH.

DESLIZAMIENTO DE LA BANDA A24 EN R6-300N

Nº	Hora	f1 (rpm)	f2 (rpm)	d (m)	D (m)2	Dz
1	13:00:24	1695	3726	0,038	0,114	0,27055
2	13:05:26	1695	3727	0,038	0,114	0,27035
3	13:10:28	1694	3727	0,038	0,114	0,26992
4	13:15:29	1695	3728	0,038	0,114	0,27016
5	13:20:31	1695	3727	0,038	0,114	0,27035
6	13:25:35	1696	3728	0,038	0,114	0,27059
7	13:30:36	1696	3728	0,038	0,114	0,27059
8	13:35:38	1696	3729	0,038	0,114	0,27039
9	13:40:40	1695	3727	0,038	0,114	0,27035
10	13:45:42	1694	3727	0,038	0,114	0,26992
11	13:50:44	1695	3728	0,038	0,114	0,27016
12	13:55:36	1695	3727	0,038	0,114	0,27035
13	14:01:47	1694	3726	0,038	0,114	0,27012
14	14:10:01	1695	3727	0,038	0,114	0,27035
15	14:20:52	1695	3727	0,038	0,114	0,27035
16	14:30:03	1694	3726	0,038	0,114	0,27012
17	14:40:55	1695	3727	0,038	0,114	0,27035
18	14:50:58	1695	3727	0,038	0,114	0,27035
19	15:00:58	1696	3728	0,038	0,114	0,27059
20	15:10:00	1695	3727	0,038	0,114	0,27035
21	15:20:17	1695	3727	0,038	0,114	0,27035
22	15:30:04	1696	3728	0,038	0,114	0,27059
23	15:40:24	1696	3729	0,038	0,114	0,27039
24	15:50:29	1696	3729	0,038	0,114	0,27039
25	16:00:37	1696	3728	0,038	0,114	0,27059
26	16:10:39	1695	3727	0,038	0,114	0,27035
27	16:20:42	1697	3729	0,038	0,114	0,27082
28	16:30:44	1696	3728	0,038	0,114	0,27059
29	16:40:47	1695	3727	0,038	0,114	0,27035
30	16:50:39	1697	3728	0,038	0,114	0,27102

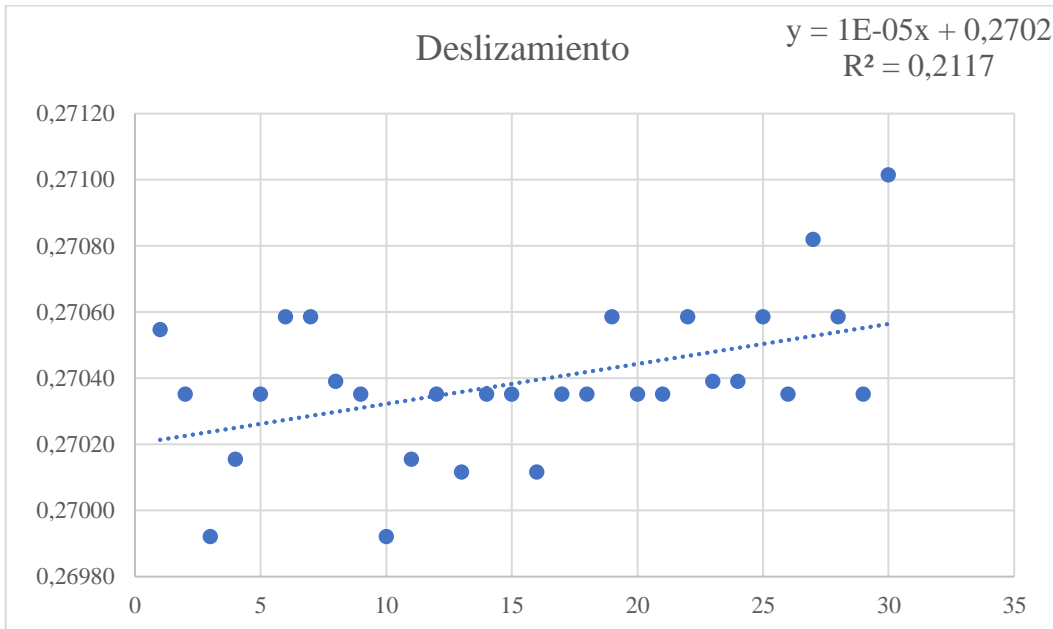
Prueba de correlación

n	30
n ajustado	40
α=0,05	0,312
α=0,01	0,402

R²	0,21174643
r_{α=0,05}	0,46015914
r_{α=0,01}	0,46015914

r	0,46015914
n	30
t-score	2,74254711
p-value	0,01050812

La correlación entre las dos variables es estadísticamente significativa



ANEXO III. CARGA DEL RODAMIENTO 6202-2RS

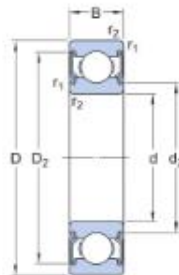
Rodamiento
 Epoch
 March 14, 2022

6202
 Carga normal

SKF
 SKF Bearing Select Report 1.3-170

1. Input

1.1. Bearing data



Designation	Bearing type	Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit P_u (kN)	Speed ratings	
		d (mm)	D (mm)	B (mm)	C (kN)	C_0 (kN)		Reference n_{ref} (r/min)	Limiting n_{lim} (r/min)
☆ ■ 6202-2RS	Deep groove ball bearing	15.0	35.0	11.0	8.06	3.75	0.16		13000.0

1.2. Speed and Temperature

	Speed	Temperature		Case weight
	(r/min)	Inner ring (°C)	Outer ring (°C)	
LC1	5040.0	70	65	1

Maximum temperature is used for calculating the actual viscosity, κ , a_{SKF} and SKF rating life.

Mean temperature is used for calculating bearing friction and power loss.

1.3. Lubrication

Lubricant	
Designation	Name
☆ ■ 6202-2RS	MT47

2. Results

2.1. Bearing minimum load

Designation	Minimum load	
	F_{rm} (kN)	Requirements
☆ ■ 6202-2RSH0323		met?
		N/A

2.2. Lubrication conditions

Designation	Operating viscosity			Viscosity ratio
	Actual	Rated	Rated @ 40 °C	
	ν (mm ² /s)	ν_1 (mm ² /s)	ν_{ref} (mm ² /s)	K
☆ ■ 6202-2RSH	18.0	10.6	30.7	1.69