



Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica - Eléctrica

**Análisis del desempeño electromecánico de sistemas trifásicos bajo
escenarios de estrés operacional mediante pruebas controladas en banco
predictivo en una empresa metalmecánica**

Tesis presentada por:

Flores Flores, Dante Andre

ORCID: 0009-0009-8121-0766

para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista

Asesor (a):

Dr. Chani Ollachica, Deidamia Giovanna

ORCID: 0000-0003-1638-5788

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA MECANICA-ELECTRICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 17 de Enero del 2026

Dictamen: 016365-C-EPIMMEM-2026

Visto el borrador del expediente 016365, presentado por:

2017100521 - FLORES FLORES DANTE ANDRE

Titulado:

**ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO ELECTROMECAÁNICO DE SISTEMAS TRIFÁSICOS BAJO ESCENARIOS
DE ESTRÉS OPERACIONAL MEDIANTE PRUEBAS CONTROLADAS EN BANCO PREDICTIVO EN
UNA EMPRESA METALMECÁNICA**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

**29569057 - CASTILLO CACERES CESAR PIO
DICTAMINADOR**



**29616686 - RIVERA ACOSTA VICTOR GONZALO
DICTAMINADOR**



**29460348 - AREVALO DAZA JORGE LUIS
DICTAMINADOR**



Análisis del desempeño electromecánico de sistemas trifásicos bajo escenarios de estrés operacional mediante pruebas controladas en banco predictivo en una empresa metalmeccánica

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

editorialinnova.com

Fuente de Internet

<1 %

2

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

3

apps.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

4

patents.google.com

Fuente de Internet

<1 %

5

Submitted to Universidad de San Martin de Porres

Trabajo del estudiante

<1 %

6

Submitted to Uniminuto Virtual

Trabajo del estudiante

<1 %

7

Submitted to Universidad de Piura

Trabajo del estudiante

<1 %

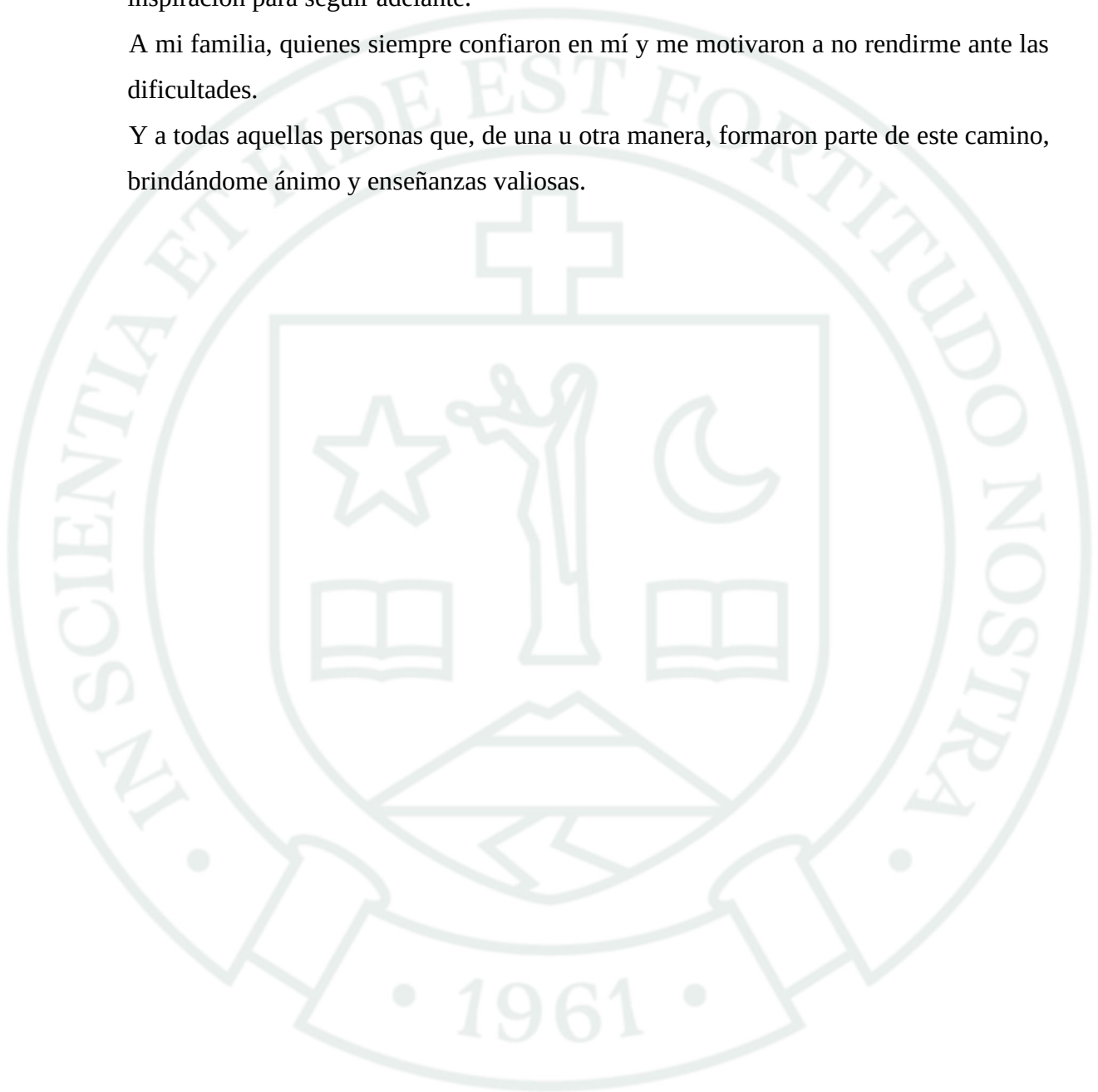
Dedicatoria

A Dios, por guiar cada uno de mis pasos y darme la fortaleza necesaria para culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi mayor inspiración para seguir adelante.

A mi familia, quienes siempre confiaron en mí y me motivaron a no rendirme ante las dificultades.

Y a todas aquellas personas que, de una u otra manera, formaron parte de este camino, brindándome ánimo y enseñanzas valiosas.



Agradecimientos

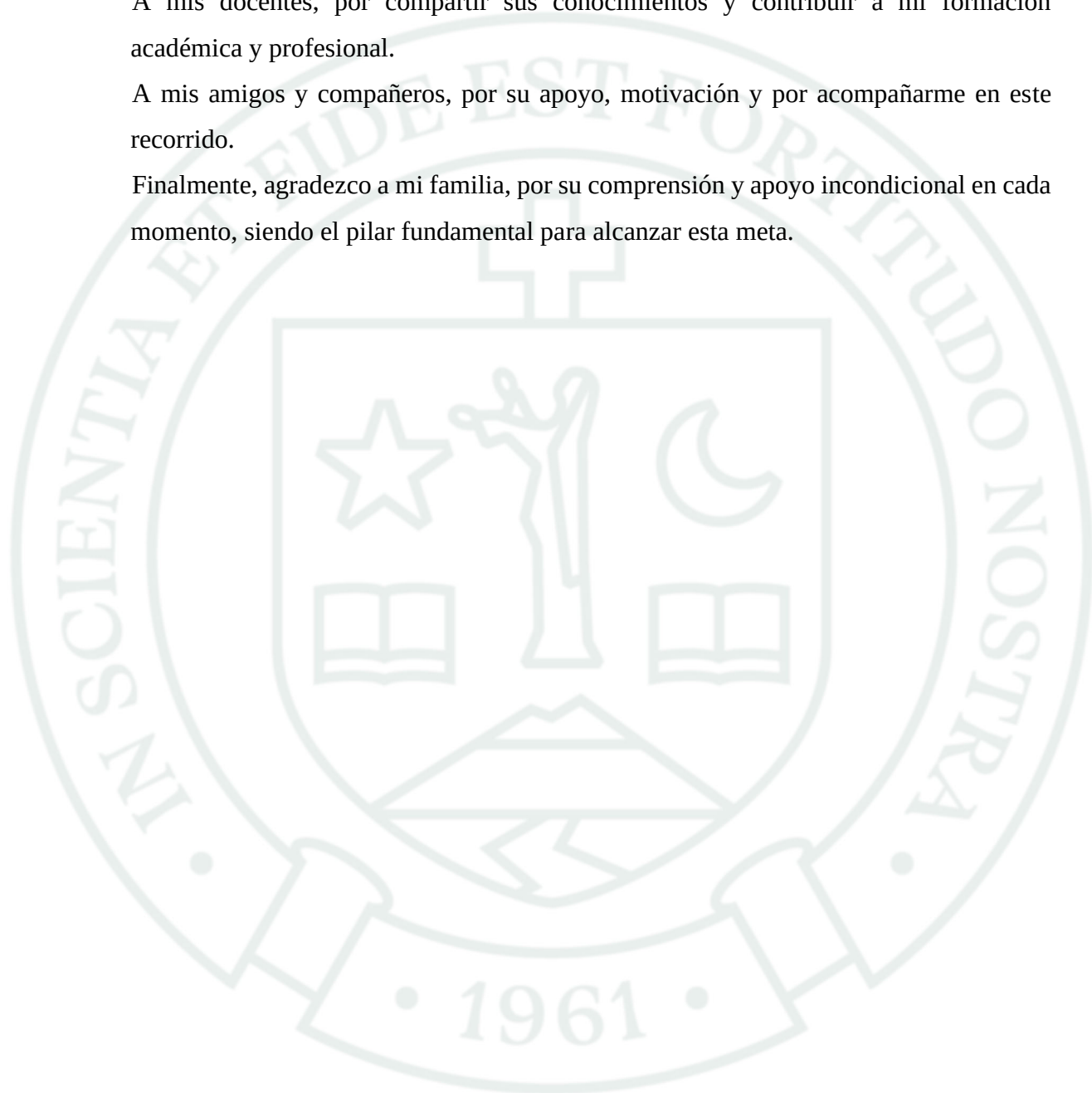
Expreso mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis.

A mi asesora, por su orientación, paciencia y dedicación a lo largo de este proceso.

A mis docentes, por compartir sus conocimientos y contribuir a mi formación académica y profesional.

A mis amigos y compañeros, por su apoyo, motivación y por acompañarme en este recorrido.

Finalmente, agradezco a mi familia, por su comprensión y apoyo incondicional en cada momento, siendo el pilar fundamental para alcanzar esta meta.



RESUMEN

La investigación propone analizar el desempeño electromecánico de sistemas trifásicos sometidos a escenarios controlados de estrés operacional utilizando un banco predictivo en una empresa metalmecánica. El objetivo general es evaluar el comportamiento del motor bajo cargas y condiciones exigentes, generando datos que permitan identificar patrones de deterioro y estimar la vida útil remanente (RUL) mediante un algoritmo predictivo validado con métricas técnicas. El estudio se enmarca en un diseño preexperimental y se desarrolla en un entorno virtual (simulación en MATLAB/Simulink) que replica escenarios de carga eléctrica y mecánica. Se registran y procesan variables como corriente, tensión, temperatura, vibración, torque y velocidad; la información se limpia, normaliza y organiza para su análisis predictivo. El alcance se limita a un motor trifásico simulado en condiciones controladas, con vistas a futuras aplicaciones experimentales. El algoritmo predictivo adoptado es híbrido (PCA + Regresión Lineal Robusta). El flujo metodológico comprende: (i) preprocesamiento (limpieza/normalización), (ii) extracción de características (p. ej., corriente media, vibración RMS, eficiencia), (iii) PCA para reducir correlaciones y ruido, y (iv) regresión robusta para estimar tendencias y proyectar el cruce con un umbral de salud (HI), de donde se deriva la RUL. La validación contrasta las proyecciones con límites y datos del ensayo. Se definen múltiples escenarios de operación para sensibilizar el diagnóstico: base diario (umbral 1.00), conservador (umbral 0.98), alta resolución (24 muestras/día), robusto con énfasis en vibración, térmico y eléctrico (desequilibrio/sobrecorriente). Cada escenario ofrece una vista complementaria del estado del motor y mejora la confiabilidad de la predicción bajo diferentes condiciones. El modelo predictivo híbrido (PCA + Regresión Lineal Robusta) logró una eficiencia media del 89.9 %, una potencia mecánica promedio de 5614.7 W y un desequilibrio de corriente de 5.25 %, estimando una vida útil remanente entre 340 y 420 días según el escenario. Estos resultados demuestran su capacidad para anticipar fallas térmicas y eléctricas, validando su aplicación en estrategias de mantenimiento predictivo industrial.

Palabras clave: Análisis de Componentes Principales, Mantenimiento predictivo, Vida útil remanente.

ABSTRACT

The research proposes to analyze the electromechanical performance of three-phase systems subjected to controlled operational stress scenarios using a predictive test bench in a metalworking company. The overall objective is to evaluate the behavior of the motor under demanding loads and conditions, generating data that allows the identification of deterioration patterns and the estimation of remaining useful life (RUL) using a predictive algorithm validated with technical metrics. The study is part of a pre-experimental design and is developed in a virtual environment (simulation in MATLAB/Simulink) that replicates electrical and mechanical load scenarios. Variables such as current, voltage, temperature, vibration, torque, and speed are recorded and processed; the information is cleaned, normalized, and organized for predictive analysis. The scope is limited to a simulated three-phase motor under controlled conditions, with a view to future experimental applications. The predictive algorithm adopted is hybrid (PCA + Robust Linear Regression). The methodological flow comprises: (i) preprocessing (cleaning/normalization), (ii) feature extraction (e.g., average current, RMS vibration, efficiency), (iii) PCA to reduce correlations and noise, and (iv) robust regression to estimate trends and project the crossover with a health threshold (HI), from which the RUL is derived. Validation contrasts projections with limits and test data. Multiple operating scenarios are defined to sensitize the diagnosis: daily baseline (threshold 1.00), conservative (threshold 0.98), high resolution (24 samples/day), robust with emphasis on vibration, thermal, and electrical (imbalance/overcurrent). Each scenario offers a complementary view of the motor's condition and improves the reliability of the prediction under different conditions. The hybrid predictive model (PCA + Robust Linear Regression) achieved an average efficiency of 89.9%, an average mechanical power of 5614.7 W, and a current imbalance of 5.25%, estimating a remaining useful life of between 340 and 420 days depending on the scenario. These results demonstrate its ability to anticipate thermal and electrical failures, validating its application in industrial predictive maintenance strategies.

Keywords: Principal Component Analysis, Predictive maintenance, Remaining useful life.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN	1
1 CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO	2
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1 Descripción del Problema.....	3
1.2 Enunciado del problema	5
1.3 Justificación de la investigación.....	5
1.3.1 Justificación Técnica	5
1.3.2 Justificación Económica	5
1.3.3 Justificación Académica	6
2. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	6
2.1 Antecedentes Internacionales	6
2.2 Antecedentes Nacionales.....	7
3. OBJETIVOS	9
2.3 Objetivo General	9
2.4 Objetivos Específicos	9
3. ALCANCES	9
4. MARCO TEÓRICO	10
4.1 Fundamentos de la Electromecánica	10
4.1.1 Interacción entre sistemas eléctricos y mecánicos.....	10
4.1.2 Aplicaciones industriales	11
4.2 Sistemas Trifásicos de Potencia	12
4.2.1 Tipos de conexión.....	13
4.3 Comportamiento de Sistemas Trifásicos bajo Condiciones de Estrés.....	15
4.3.1 Sobrecargas.....	15
4.3.2 Fluctuaciones y caídas de voltaje	15
4.3.3 Variaciones térmicas.....	16
4.4 Pruebas de Estrés Operacional en Bancos de Ensayo	17
4.4.1 Tipos de pruebas en bancos de ensayo	17
4.4.2 Normas aplicables.....	18

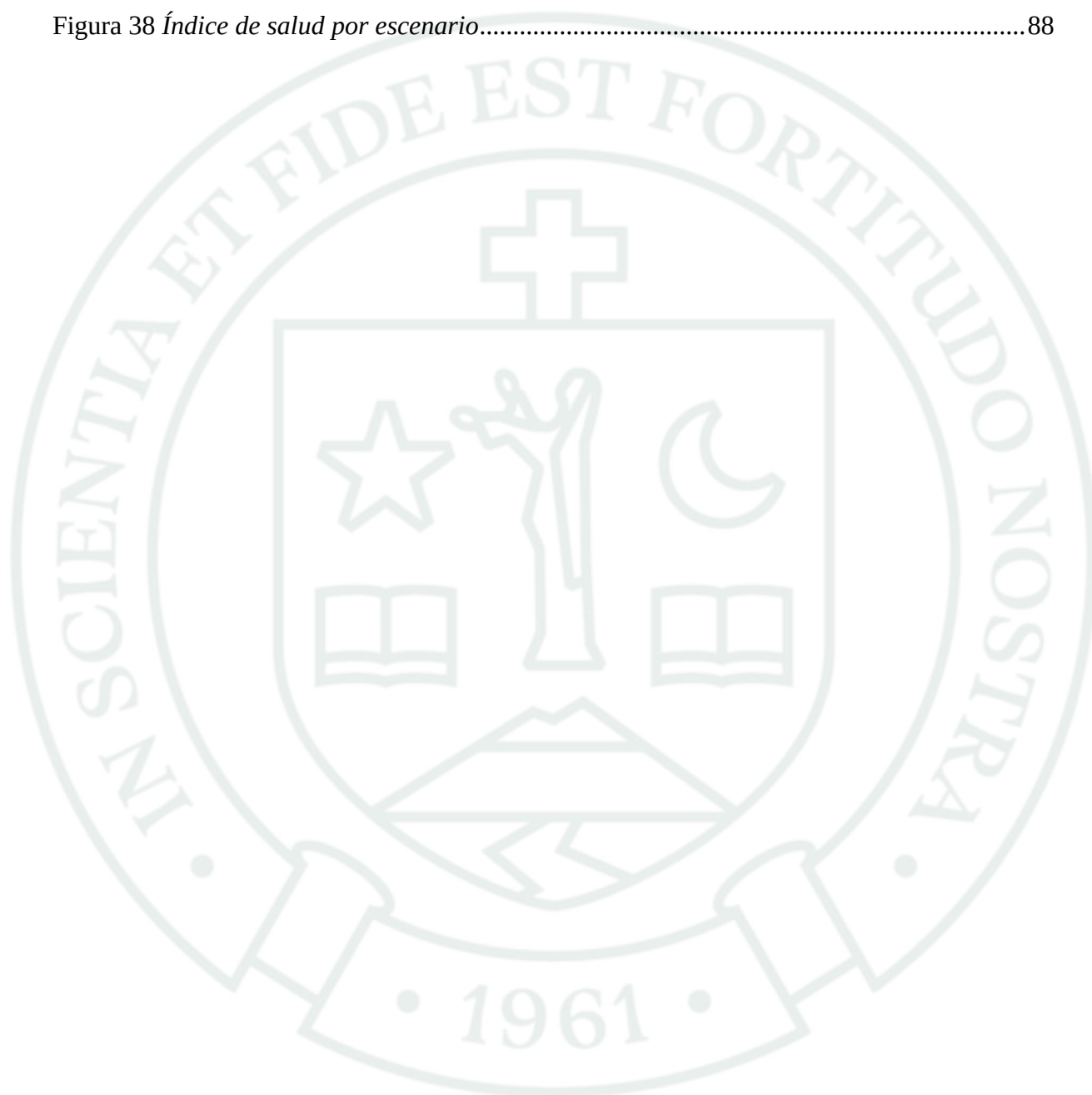
4.4.3 Banco de prueba electromecánico	19
4.5 Modelos Predictivos en Ingeniería Electromecánica	20
4.5.1 Introducción a la predicción de fallas y comportamiento futuro	20
4.5.2 Rol del aprendizaje automático y supervisado	20
4.6 Aprendizaje Supervisado	22
4.6.1 Proceso de entrenamiento	22
4.6.2 Algoritmos comunes	23
4.7 Recolección y Tratamiento de Datos en Sistemas Electromecánicos	24
4.7.1 Captura de datos en tiempo real	24
4.7.2 Normalización, limpieza y almacenamiento de datos	24
4.7.3 Arquitectura de recolección de datos en planta	25
4.8 Bases de Datos en Ingeniería Predictiva	27
4.8.1 Tipos de bases de datos	27
4.8.2 Gestión de datos	28
5. MARCO CONCEPTUAL	29
5.1 Desempeño electromecánico	29
5.2 Sistemas trifásicos en plantas industriales	29
5.3 Estrés operacional	30
5.4 Banco predictivo de ensayos	31
5.5 Aprendizaje automático	31
5.6 Modelos predictivos en ingeniería	32
5.7 Banco de Datos	33
5.8 Datos, Modelo y Resultados en la Toma de Decisiones	34
CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO OPERACIONAL	35
1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	36
1.1 Técnicas de análisis de datos	36
1.2 Instrumentos	36
2. CAMPO DE VERIFICACIÓN	36
2.1 Ubicación Temporal	36
2.2 Ubicación espacial	36
2.3 Unidades de Estudio	37
3. VARIABLES	37
3.1 Variable Independiente	37
3.2 Variables Dependiente	37

4. HIPÓTESIS	38
4.1 Hipótesis General	38
4.2 Hipótesis Específicas.....	38
5. ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	38
6. LIMITACIONES	39
CAPÍTULO III DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS	40
1. ARQUITECTURA DEL BANCO DE PRUEBAS	41
1.1 Configuración Banco.....	41
1.2 Mapa de Canales (DAQ)	42
1.3 Límites y Alarmas	43
1.4 Perfiles de Ensayo	44
1.5 Registro de Prueba (500 tiempos, 0-499 s)	45
1.5.1 Tensiones de línea.....	45
1.5.2 Perfil de Torque aplicado.....	46
1.5.3 Velocidad (RPM).....	46
1.5.4 Corrientes de fase (I1, I2, I3).....	47
1.5.5 Temperaturas (devanados, carcasa, rodamientos)	47
1.5.6 Vibración (AX, AY, AZ y RMS)	48
1.5.7 Potencias y eficiencia	49
1.5.8 Métricas derivadas instantáneas	50
1.6 Resultados y Cálculos.....	51
1.7 Análisis visual	53
CAPÍTULO IV RESULTADOS DEL ALGORITMO PREDICTIVO	56
1. ALGORITMO PREDICTIVO.....	57
1.1 Escenario base diario (Umbral 1.00)	58
1.2 Escenario conservador (Umbral 0.98).....	62
1.3 Escenario Alta Resolución	67
1.4 Escenario robusto con énfasis en vibración.....	72
1.5 Escenario Térmico.....	77
1.6 Escenario eléctrico.....	82
2. PRECISIÓN DEL ALGORITMO PREDICTIVO	89
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES.....	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Configuración típica de un sistema eléctrico en potencia	12
Figura 2 Caída de eficiencia (%) y aumento de temperatura (°C)	17
Figura 3 Esquema de recolección de datos en planta industrial	26
Figura 4 Comportamiento de las corrientes trifásicas durante el ensayo	53
Figura 5 Comportamiento de las temperaturas en los componentes del motor	54
Figura 6 Comportamiento de la vibración RMS total del motor durante el ensayo	54
Figura 7 Comportamiento de la eficiencia del motor trifásico durante el ensayo	55
Figura 8 Proyección del Índice de Salud (HI) y estimación de la RUL	58
Figura 9 Evolución de las corrientes trifásicas escenario de base diario	59
Figura 10 Variación de la temperatura en los componentes - escenario de base diario	60
Figura 11 Comportamiento de la vibración RMS total - escenario de base diario	61
Figura 12 Variación del torque y la velocidad en el tiempo - escenario de base diario	62
Figura 13 Índice de Salud (HI) y estimación de la RUL escenario conservador	63
Figura 14 Evolución de las corrientes trifásicas escenario conservador	64
Figura 15 Variación de la temperatura escenario conservador	65
Figura 16 Comportamiento de la vibración RMS total - escenario conservador	66
Figura 17 Variación del torque y la velocidad en el tiempo escenario conservador	67
Figura 18 Índice de Salud (HI) y estimación de la RUL escenario en alta resolución	68
Figura 19 Evolución de las corrientes trifásicas escenario en alta resolución	69
Figura 20 Variación de la temperatura escenario en alta resolución	70
Figura 21 Comportamiento de la vibración RMS total - escenario en alta resolución	71
Figura 22 Variación del torque y la velocidad en el tiempo escenario en alta resolución	72
Figura 23 Índice de Salud (HI) y estimación de la RUL escenario de vibración	73
Figura 24 Evolución de las corrientes trifásicas escenario de vibración	74
Figura 25 Variación de la temperatura escenario de vibración	75
Figura 26 Comportamiento de la vibración RMS total - escenario de vibración	76
Figura 27 Variación del torque y la velocidad en el tiempo escenario de vibración	77
Figura 28 Índice de Salud (HI) y estimación de la RUL escenario térmico	78
Figura 29 Evolución de las corrientes trifásicas escenario térmico	79
Figura 30 Variación de la temperatura escenario térmico	80
Figura 31 Comportamiento de la vibración RMS total escenario térmico	81
Figura 32 Variación del torque y la velocidad en el tiempo escenario térmico	82

Figura 33 Índice de Salud (HI) y estimación de la RUL escenario eléctrico	83
Figura 34 Evolución de las corrientes trifásicas escenario eléctrico.....	84
Figura 35 Variación de la temperatura escenario eléctrico.....	85
Figura 36 Comportamiento de la vibración RMS total escenario eléctrico	86
Figura 37 Variación del torque y la velocidad en el tiempo escenario eléctrico	87
Figura 38 Índice de salud por escenario.....	88



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación entre sistemas monofásicos y trifásicos	14
Tabla 2 Resumen de tipos de prueba y parámetros evaluados	19
Tabla 3 Comparación de técnicas de predicción aplicadas a falla	21
Tabla 4 Comparación entre las ventajas y desventajas de algoritmos	23
Tabla 5 Parámetros nominales y rangos operativos del banco de pruebas	41
Tabla 6 Mapa de canales de adquisición del sistema DAQ del banco de pruebas	42
Tabla 7 Límites de operación y acciones de alarma del banco de pruebas	43
Tabla 8 Perfiles de ensayo aplicados en el banco de pruebas de motores trifásicos	44
Tabla 9 Parámetros base de simulación	45
Tabla 10 Perfil de Torque aplicado ($Torque_{Nm}$)	46
Tabla 11 Parámetros térmicos característicos de los componentes del motor	48
Tabla 12 Métricas derivadas instantáneas calculadas en el banco de pruebas	51
Tabla 13 Resultados promedio y máximos obtenidos del ensayo del banco de pruebas	52
Tabla 14 Resultados de los escenarios del algoritmo predictivo de RUL	90

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de consistencia	99
Anexo N° 2. Datos del banco de pruebas de motores eléctricos	101
Anexo N° 3. Código utilizado en Matlab	123
Anexo N° 4. Evidencias del módulo de análisis del laboratorio eléctrico.....	130



ÍNDICE DE ABREVIATURAS

DAQ	Sistema de adquisición de datos
I1	Corriente de la fase 1
I2	Corriente de la fase 2
I3	Corriente de la fase 3
RMS	Valor cuadrático medio
AX	Vibración en el eje X
AY	Vibración en el eje Y
AZ	Vibración en el eje Z
RPM	Revoluciones por minuto
PCA	Análisis de Componentes Principales
HI	Índice de salud
RUL	Vida útil remanente
CTA	Carga térmica acumulada
η	Eficiencia
R^2	Coeficiente de determinación
MAE	Error absoluto medio
RMSE	Raíz del error cuadrático medio
C-Index	Índice de concordancia

INTRODUCCIÓN

La presente investigación aborda el desarrollo de un banco de pruebas virtual orientado a la predicción del deterioro y diagnóstico anticipado de fallas en motores eléctricos trifásicos, mediante la simulación de condiciones controladas de esfuerzo eléctrico y mecánico. En el contexto industrial actual, el mantenimiento predictivo se ha consolidado como una estrategia esencial para optimizar la disponibilidad de los equipos, reducir los costos de parada no programada y prolongar la vida útil de los sistemas electromecánicos. En este sentido, los avances en análisis de datos, instrumentación y modelado computacional permiten trasladar el diagnóstico tradicional hacia modelos basados en indicadores de salud y algoritmos inteligentes que estiman con mayor precisión la vida útil remanente (RUL).

El trabajo se desarrolla en un entorno de simulación diseñado en MATLAB, donde se reproducen escenarios de carga progresiva, sobrecarga, desequilibrio de fases y variaciones térmicas. Durante los ensayos, se registran variables representativas del comportamiento del motor como corriente, tensión, torque, velocidad, temperatura y vibración, las cuales se procesan para detectar comportamientos anómalos o tendencias de deterioro. El enfoque metodológico combina un Análisis de Componentes Principales (PCA) con una Regresión Lineal Robusta, permitiendo reducir la dimensionalidad de los datos y generar un Índice de Salud (HI) capaz de reflejar el estado operacional del sistema. A partir de este índice, el modelo proyecta el cruce con el umbral de falla y estima la RUL, expresada en días de operación antes de la ocurrencia potencial de una falla significativa.

La investigación se estructura en varios capítulos que desarrollan de manera progresiva el contenido del estudio. El Capítulo I, Planteamiento de Estudio, desarrolla el problema de investigación, los antecedentes, los objetivos, los alcances, el marco teórico y conceptual, proporcionando el sustento científico y técnico del estudio. El Capítulo II, Planteamiento Operacional, describe las técnicas e instrumentos de recolección de datos, el campo de verificación, las variables, las hipótesis, las estrategias de recolección y las limitaciones del estudio. El Capítulo III, Diseño del Banco de Pruebas, detalla la arquitectura, configuración y parámetros nominales del banco utilizado para simular condiciones controladas en motores trifásicos. El Capítulo IV, Aplicación del Algoritmo Predictivo, explica la implementación del modelo híbrido PCA–Regresión Robusta y su integración con los datos obtenidos para la estimación del índice de salud y la vida útil remanente. Finalmente, las Conclusiones, Recomendaciones, Referencias bibliográficas y Anexos, que consolidan la aplicación práctica y teórica de la investigación



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del Problema

En los procesos industriales de empresas metalmecánicas, los sistemas trifásicos representan un componente esencial para el funcionamiento continuo de equipos como motores, compresores, líneas automatizadas y sistemas de transporte interno. Sin embargo, la operación prolongada de estos sistemas suele enfrentarse a condiciones de estrés operacional, como desequilibrios de fase, sobrecargas, fluctuaciones de voltaje, temperaturas elevadas, vibraciones anormales y armónicos. Estas condiciones generan deterioro progresivo en los componentes electromecánicos y, en muchos casos, originan fallas imprevistas.

Actualmente, en la empresa metalmecánica donde se desarrolla esta investigación, el mantenimiento de motores trifásicos se basa en métodos correctivos o en revisiones programadas, sin considerar el estado real de los equipos ni la aparición de patrones anómalos durante la operación. Esta limitación reduce la capacidad de anticiparse a fallas y genera paradas no planificadas que afectan directamente la productividad, aumentan los costos operativos y disminuyen la vida útil de los equipos. El monitoreo del desempeño electromecánico bajo condiciones normales presenta limitaciones cuando se requiere anticipar fallas o identificar comportamientos anómalos incipientes. En particular, muchos indicadores relevantes solo se manifiestan de forma clara cuando el sistema es sometido a condiciones exigentes o variables. En ese sentido, la evaluación bajo escenarios controlados de estrés operacional permite observar respuestas que no son evidentes en régimen estable, facilitando así el análisis de desempeño y la identificación de posibles fallos futuros.

En diversos entornos productivos, se ha evidenciado que la ausencia de registros técnicos bajo condiciones variables representa una limitación para comprender con precisión el comportamiento electromecánico de los sistemas trifásicos. Las evaluaciones tradicionales, centradas en estados estables, no permiten identificar de manera anticipada señales que podrían indicar fallos en desarrollo. Esta situación genera un vacío en el análisis técnico, ya que no se cuenta con información suficiente sobre cómo responden los equipos frente a esfuerzos mecánicos progresivos, cargas desequilibradas o fluctuaciones térmicas. En ese marco, se ha observado que cuando no se dispone de entornos de prueba que reproduzcan condiciones más exigentes o realistas, se restringe la posibilidad de obtener datos confiables para interpretar las

variaciones operativas de los motores. Rojas et al. (2024) destacan esta necesidad al señalar que las plataformas de ensayo diseñadas para simular condiciones operativas específicas permiten obtener registros representativos del comportamiento del sistema, los cuales son difíciles de captar durante la operación normal. De forma similar, Bertone (2022) demuestra que aplicar diferentes niveles de carga, fricción y retroalimentación permite identificar desviaciones en variables como velocidad o corriente, que no serían detectables bajo condiciones estándar.

Esta falta de información técnica en situaciones de carga variable también dificulta la implementación efectiva de modelos de mantenimiento predictivo. Vlachou y Karakatsanis (2025) muestran que, al no contar con datos capturados en distintos estados operativos, se limita la precisión de los sistemas de clasificación de fallos. La correcta diferenciación entre un funcionamiento normal y uno crítico depende del análisis de respuestas ante condiciones reales de exigencia. Asimismo, como advierten Alhamrouni et al. (2024), la ausencia de procesamiento continuo de datos en tiempo real impide establecer criterios confiables de control, protección y supervisión técnica, especialmente cuando las condiciones del sistema cambian de forma dinámica. Esta situación revela una problemática persistente en el entorno industrial: la carencia de mecanismos técnicos que permitan evaluar el comportamiento de los sistemas trifásicos en escenarios de estrés, lo cual dificulta tanto el diagnóstico temprano como la toma de decisiones informadas sobre el mantenimiento y operación de estos equipos.

En consecuencia, la problemática identificada radica en la ausencia de un sistema de evaluación predictiva basado en datos reales, que permita diagnosticar y analizar el comportamiento electromecánico de motores trifásicos bajo condiciones de estrés operacional. Esta carencia limita la capacidad de la empresa para anticipar fallos, optimizar el mantenimiento y garantizar la continuidad operativa de sus procesos productivos. El desarrollo de un banco predictivo que permita simular escenarios de carga crítica, desequilibrio y operación forzada, representa una respuesta tecnológica viable para abordar esta problemática. Esta herramienta contribuirá al entendimiento detallado del comportamiento dinámico de los motores, la validación de técnicas de mantenimiento predictivo basadas en inteligencia artificial, y la mejora general del desempeño electromecánico del sistema.

1.2 Enunciado del problema

En la empresa metalmecánica donde se desarrolla esta investigación, los motores trifásicos forman parte de procesos operativos continuos. Sin embargo, no se cuenta con un sistema que permita evaluar su desempeño bajo condiciones controladas de estrés eléctrico o mecánico. Actualmente, el monitoreo se limita a estados normales de operación, lo que dificulta la identificación temprana de deterioros internos o fallas incipientes. La ausencia de registros técnicos obtenidos en escenarios exigentes impide analizar el comportamiento real del sistema ante variaciones de carga, desequilibrio de fases, o condiciones térmicas no ideales. Esta limitación afecta la precisión del diagnóstico, restringe la implementación de mantenimiento predictivo y aumenta el riesgo de paradas imprevistas. Por ello, se plantea como eje del problema la falta de un medio experimental que permita replicar condiciones de esfuerzo y registrar datos representativos para el análisis electromecánico de estos sistemas.

1.3 Justificación de la investigación

1.3.1 Justificación Técnica

La investigación propone el desarrollo de un banco predictivo capaz de simular condiciones controladas de estrés eléctrico y mecánico en motores trifásicos, permitiendo registrar datos representativos del comportamiento real del sistema ante cargas críticas, desequilibrios de fase y variaciones térmicas. Técnicamente, esta herramienta posibilita la evaluación de parámetros electromecánicos como corriente, voltaje, torque, temperatura y vibración, bajo escenarios que reproducen exigencias operativas reales de la industria metalmecánica. Con ello se genera una base de datos robusta para el entrenamiento de algoritmos predictivos, mejorando la precisión del diagnóstico y la detección anticipada de fallas. El uso de métricas como precisión, sensibilidad y especificidad garantiza la validación técnica del modelo, alineándose con estándares de IEEE e IEC para ensayos de equipos eléctricos industriales.

1.3.2 Justificación Económica

Desde la perspectiva económica, la implementación de un sistema predictivo basado en un banco de pruebas virtual reduce la dependencia de métodos correctivos o mantenimientos preventivos poco eficientes, optimizando la programación de intervenciones y evitando paradas

no planificadas que generan pérdidas productivas. El diagnóstico anticipado de fallas prolonga la vida útil de los motores, disminuye el consumo energético por operación ineficiente y reduce el gasto en reparaciones mayores. Asimismo, el uso de simulaciones elimina la necesidad de pruebas físicas costosas y riesgosas, lo que implica un ahorro significativo en recursos materiales y horas-hombre, contribuyendo a la sostenibilidad financiera de la empresa.

1.3.3 Justificación Académica

Académicamente, el estudio aporta al conocimiento científico sobre el análisis del desempeño electromecánico de sistemas trifásicos bajo estrés operacional, integrando técnicas de simulación, adquisición de datos y algoritmos de aprendizaje supervisado. La metodología desarrollada constituye un modelo replicable para futuras investigaciones en mantenimiento predictivo y diagnóstico de equipos industriales. Además, la sistematización de variables, indicadores y métricas de validación proporciona un marco de referencia para estudios similares, fortaleciendo la formación de competencias técnicas en ingeniería mecánica eléctrica y contribuyendo a la literatura académica sobre la aplicación de inteligencia artificial en la industria metalmecánica.

2. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1 Antecedentes Internacionales

Armas et al. (2025) en su artículo *“Diseño y análisis de sistemas de distribución eléctrica en el laboratorio de electromecánica del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi”*, tuvieron como objetivo analizar el sistema de distribución eléctrica del laboratorio de electromecánica del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi para evaluar su desempeño y proponer mejoras. La metodología utilizada consistió en un enfoque experimental con simulaciones en MATLAB, estructurado en tres fases: análisis preliminar, diseño e implementación, y validación con datos reales. Los resultados mostraron que la calidad del voltaje cumple con los estándares internacionales (THD de 1.09%) y que el sistema presenta estabilidad. Sin embargo, se identificó un desbalance de corriente del 91.53%, muy superior al límite permitido, y un factor de potencia promedio de 0.88, lo que evidencia la necesidad de redistribuir cargas y aplicar bancos de capacitores. También se detectó una sobredimensión del transformador, lo cual abre paso a futuras optimizaciones.

Rojas et al. (2024) en su artículo *“Construcción del Sistema Electromecánico de un Banco de Ensayos Para Pruebas de Generación”*, tuvieron como objetivo construir un sistema electromecánico de banco de ensayos para probar generadores brushless en condiciones similares a las de un convertidor pendular undimotriz. La metodología consistió en la reconfiguración de un motor trifásico comercial, integrando subsistemas mecánicos (motor impulsor, caja reductora) y eléctricos (rectificador, sensores, baterías), junto con una estructura metálica diseñada para soportar el conjunto. Se realizaron pruebas experimentales que incluyeron ensayos en vacío, con carga resistiva y con baterías, registrando tensión, corriente y potencia en función de la velocidad. Los resultados permitieron establecer la viabilidad del sistema y sentar las bases para futuras configuraciones eficientes en aplicaciones marinas.

Chacón (2024) en su tesis *“Diseño de un banco de pruebas para determinación de la vida útil remanente en sistemas de transmisión de engranajes rectos aplicando la metodología TRIZ”*, tuvo como objetivo diseñar un banco de pruebas para determinar experimentalmente la vida útil remanente (RUL) en sistemas de transmisión de engranajes rectos, aplicando la metodología TRIZ. La investigación se desarrolló mediante una metodología estructurada en cuatro fases: análisis bibliográfico, diseño conceptual con herramientas como QFD y TRIZ, validación del diseño mediante simulaciones computacionales en Ansys y Adams, y análisis de costos unitarios. Como resultado, se logró un diseño funcional compuesto por una caja de engranajes modular y un sistema de carga neumático, el cual fue validado exitosamente bajo condiciones estáticas y dinámicas. Además, el estudio demostró la viabilidad técnica y económica del prototipo, posicionándolo como una herramienta útil para la investigación en mantenimiento predictivo y evaluación del comportamiento real de los engranajes bajo condiciones controladas.

2.2 Antecedentes Nacionales

Torres y Escobar (2024) en su tesis *“Diseño e implementación de un sistema predictor de fallas con redes neuronales para motores trifásicos en el sector industrial”*, tuvieron como objetivo diseñar e implementar un sistema predictor de fallas utilizando redes neuronales para motores trifásicos en el sector industrial. Se empleó una metodología de enfoque cuantitativo y de tipo descriptivo, aplicando la norma VDI 2221 para el desarrollo de productos mecatrónicos. El sistema incluyó sensores de temperatura, corriente, vibración y voltaje, integrados a un PLC que recolecta datos en tiempo real y los transmite a una red neuronal

entrenada en Python. Como resultado, se logró predecir fallas en motores eléctricos con una eficiencia del 99%, validando su precisión mediante comparación con equipos de campo. El sistema permite anticiparse a fallas críticas, optimizando el mantenimiento preventivo y reduciendo el tiempo de inactividad en entornos industriales.

Reynoso (2022) en su tesis *“Diseño de un banco de pruebas para identificar las fallas en la unidad de potencia auxiliar AI-9V a los helicópteros MI-17 1B de la Aviación del Ejército del Perú”*, tuvo como objetivo diseñar un banco de pruebas para diagnosticar fallas en la unidad de potencia auxiliar AI-9V de los helicópteros MI-17 1B de la Aviación del Ejército del Perú. La metodología empleada consistió en un diseño conceptual basado en herramientas CAD (Autodesk Inventor, AutoCAD Electrical), simulaciones electrónicas (Proteus) y automatización mediante un PLC Siemens S7-1200, complementado con una interfaz HMI para monitoreo de parámetros. Se analizaron los distintos regímenes de funcionamiento del motor (arranque, falso arranque, ventilación) y se incluyeron sensores para temperatura, presión, RPM, voltaje y consumo de aceite. Como resultado, se obtuvo un sistema que permite detectar fallas de manera eficiente, reduciendo costos de mantenimiento y evitando el envío del APU al extranjero, mejorando así la disponibilidad operativa de la flota aérea.

Pastrana (2024) en su tesis *“Análisis comparativo de dos sistemas de arranque directo de un motor de inducción trifásico con rotor jaula de ardilla”*, tuvo como objetivo determinar las ventajas y desventajas entre dos sistemas de arranque directo aplicados a motores de inducción trifásicos con rotor jaula de ardilla: el arrancador suave y el convertidor de frecuencia. La metodología empleada fue de tipo comparativa, utilizando el enfoque hipotético-deductivo y análisis técnico de funcionamiento, costos, rendimiento y aplicabilidad de ambos sistemas. Se recolectaron datos a través de revisión bibliográfica, análisis funcional y cotizaciones reales de mercado. Los resultados evidencian que el convertidor de frecuencia ofrece mayor control sobre el motor y eficiencia energética, aunque a un costo más elevado, mientras que el arrancador suave resulta más económico y simple, siendo adecuado para aplicaciones menos exigentes. La elección entre ambos depende del tipo de carga y requerimientos operativos específicos.

3. OBJETIVOS

2.3 Objetivo General

Analizar el desempeño electromecánico de sistemas trifásicos bajo escenarios de estrés operacional mediante pruebas controladas en un banco predictivo, en una empresa metalmecánica.

2.4 Objetivos Específicos

- a) Diseñar e implementar un banco de pruebas que simule condiciones controladas de esfuerzo eléctrico y mecánico en motores trifásicos.
- b) Registrar y analizar variables electromecánicas durante el funcionamiento del motor bajo escenarios de estrés generados en el banco de pruebas.
- c) Aplicar un algoritmo predictivo utilizando los datos obtenidos para identificar patrones de deterioro y posibles fallas en el sistema.
- d) Evaluar la precisión del algoritmo predictivo mediante métricas técnicas que validen su eficacia en el diagnóstico anticipado del estado del motor.

3. ALCANCES

La presente investigación se centra en el análisis del desempeño electromecánico de sistemas trifásicos bajo condiciones simuladas de estrés operacional, mediante pruebas controladas en un entorno virtual. Para ello, se desarrollará un banco de pruebas modelado digitalmente, en el cual se replicarán escenarios de carga eléctrica y mecánica que permitan evaluar el comportamiento del sistema en condiciones exigentes.

El estudio incluye la definición de variables relevantes como corriente, temperatura, velocidad, vibración y torque, así como la adquisición y procesamiento de datos generados por la simulación. Con esta información, se aplicará un algoritmo predictivo que permita identificar señales de deterioro o patrones de falla incipiente. Asimismo, se evaluará el desempeño del algoritmo utilizando métricas técnicas como precisión, sensibilidad y especificidad, con el objetivo de validar su aplicabilidad como herramienta de diagnóstico anticipado. El alcance del estudio está limitado al análisis de un motor trifásico simulado en un entorno virtual controlado, sin implementación física en campo real. Sin embargo, los resultados podrán servir como base

técnica para futuras aplicaciones experimentales o industriales en sistemas de mantenimiento predictivo.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Fundamentos de la Electromecánica

La electromecánica representa la integración sistemática de componentes eléctricos y mecánicos, permitiendo la conversión y el control eficiente de energía entre ambos dominios. Este campo resulta fundamental para el diseño, operación y mantenimiento de equipos y sistemas industriales modernos, especialmente en entornos productivos como el sector metalmecánico (Will-Cole et al., 2022).

4.1.1 Interacción entre sistemas eléctricos y mecánicos

Los sistemas electromecánicos funcionan a partir de la interacción entre dos elementos principales: el subsistema eléctrico, que almacena, conduce y controla la energía, y el subsistema mecánico, que transforma dicha energía en movimiento o trabajo útil. Estos sistemas abarcan una amplia variedad de equipos, desde motores y generadores hasta actuadores y robots industriales, y su operación descansa en los principios físicos de la electricidad y el magnetismo combinados con la mecánica clásica (Sánchez y Calderón, 2015).

El proceso característico implica la entrada de energía eléctrica que, mediante dispositivos como motores, se convierte en energía mecánica para mover cargas, accionar mecanismos o realizar procesos productivos. A la inversa, en los generadores, la energía mecánica proveniente de una fuente de movimiento es transformada en energía eléctrica. Para modelar su comportamiento, se emplean analogías matemáticas entre circuitos eléctricos y sistemas mecánicos, facilitando el análisis y optimización de parámetros como la eficiencia, la transferencia de potencia y la respuesta dinámica frente a condiciones de estrés operacional como sobrecargas, vibraciones o variaciones en la demanda eléctrica. Los sistemas electromecánicos pueden optimizarse para fines específicos, como minimizar vibraciones, mejorar la precisión de movimiento o incrementar la fuerza de salida según la aplicación. Estas capacidades son esenciales en la automatización industrial, donde se requiere una integración precisa y fiable entre hardware eléctrico y mecánico (Will-Cole et al., 2022).

4.1.2 Aplicaciones industriales

En el ámbito metalmecánico, la electromecánica es indispensable para el funcionamiento de máquinas y equipos encargados de transformar, ensamblar y manipular metales. Las aplicaciones más relevantes incluyen:

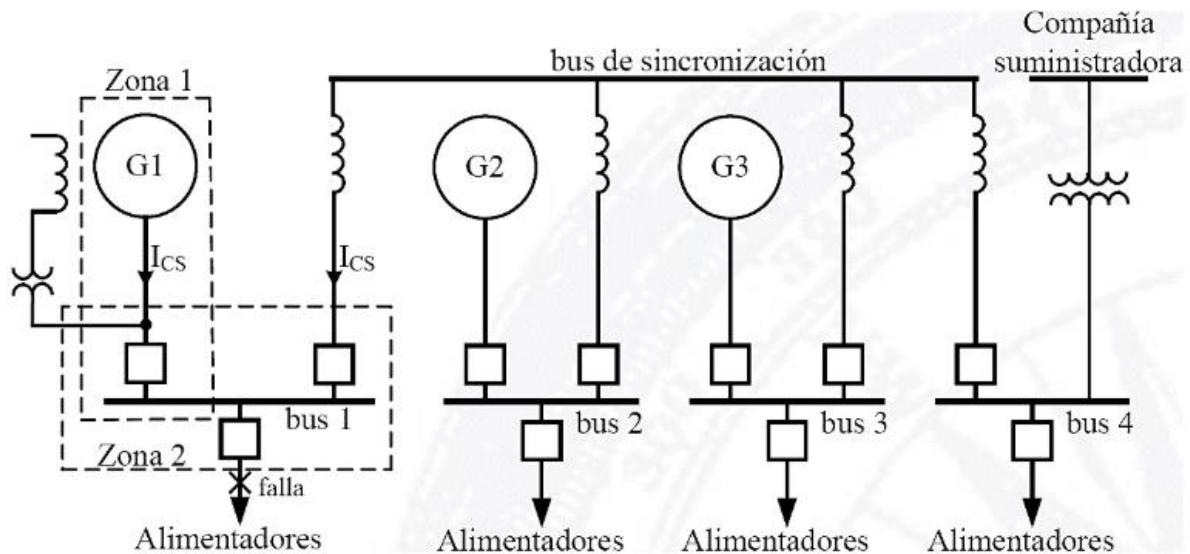
- **Motores eléctricos trifásicos:** Utilizados para accionar prensas, tornos CNC, fresadoras y centros de maquinado, facilitando operaciones de corte, conformado y mecanizado de piezas.
- **Sistemas de control automatizado:** Incorporan sensores, actuadores y controladores (como PLCs) para regular procesos de producción, ajustando fuerzas, velocidades y posiciones en tiempo real.
- **Soldadura industrial:** Dependiente de fuentes de energía eléctrica controladas para fusión y corte de metales, siendo crucial el control electromecánico para garantizar precisión y seguridad.
- **Transportadores y manipuladores robóticos:** Sistemas que integran motores, reductores y estructuras mecánicas para desplazar materiales o piezas dentro de plantas industriales.
- **Mantenimiento predictivo:** Los bancos de pruebas electromecánicos se emplean para simular condiciones de estrés y evaluar el desempeño de equipos bajo escenarios reales, anticipando fallas y optimizando la vida útil de los sistemas.

La metalmecánica depende de estos sistemas para la fabricación de maquinaria, herramientas de alta precisión, componentes estructurales, y equipos especiales. Esto incluye desde la manufactura de motores y carrocerías para la industria automotriz, hasta la producción de turbinas, piezas aeronáuticas y equipos para el sector energético y naval (Pereira et al., 2024).

Esta integración entre lo eléctrico y lo mecánico no solo maximiza la productividad y calidad, sino que también habilita la recopilación de datos en tiempo real, el monitoreo predictivo y la automatización avanzada exigidos en la industria 4.0.

Figura 1

Configuración típica de un sistema eléctrico en potencia



Nota. (Sánchez y Calderón, 2015).

4.2 Sistemas Trifásicos de Potencia

Los sistemas trifásicos de potencia son el estándar global para la generación, transmisión, distribución y consumo de grandes volúmenes de energía eléctrica debido a sus numerosas ventajas técnicas y económicas. Un sistema trifásico está compuesto por tres corrientes alternas monofásicas que tienen la misma frecuencia y amplitud (o valor eficaz), pero que se encuentran desfasadas entre sí 120 grados eléctricos. Cada una de estas corrientes se denomina fase. La generación trifásica se logra con alternadores que poseen tres bobinas, cada una produciendo una fase, con un desfase de 120° entre sus salidas de voltaje (Conejo y Baringo, 2017).

Una de las principales ventajas de los sistemas trifásicos es la entrega de potencia constante a los receptores, lo que mejora significativamente el rendimiento de equipos como los motores eléctricos, evitando las pulsaciones de cupla que se observan en motores monofásicos. Esta característica es fundamental para el funcionamiento estable de la maquinaria industrial. Además, los sistemas trifásicos son más eficientes en el transporte de energía, ya que requieren conductores de menor sección en comparación con una línea monofásica equivalente, lo que resulta en una mayor economía en las líneas de transmisión y

en los transformadores. La mayoría de los generadores en centrales eléctricas y las máquinas industriales operan con sistemas trifásicos.

Un sistema trifásico se considera equilibrado o balanceado cuando sus corrientes tienen magnitudes iguales y están simétricamente desfasadas 120 grados. En un sistema equilibrado, el comportamiento de las tres fases es idéntico, y el análisis de una sola fase es suficiente para determinar las magnitudes y desfases de las otras dos. Si estas condiciones no se cumplen, se dice que el sistema está desequilibrado o desbalanceado, lo que puede ocurrir por impedancias distintas que causan corrientes de amplitudes diferentes o desfases distintos a 120°. La potencia instantánea total de un sistema trifásico equilibrado es constante y se obtiene sumando las potencias de las tres fases, lo cual es favorable para el funcionamiento mecánico de generadores y motores (Popescu et al., 2024).

4.2.1 Tipos de conexión

Las formas principales de conexión en sistemas trifásicos son la conexión en estrella (Y) y la conexión en delta (Δ) o triángulo (Meenakshi et al., 2023). Estas configuraciones se aplican tanto a las fuentes (generadores) como a las cargas.

- **Conexión en estrella (Y):** En esta configuración, los extremos de las fases se unen en un punto común denominado neutro. La conexión en estrella permite la opción de utilizar un cuarto hilo (el conductor neutro), lo que es común en sistemas trifásicos de cuatro hilos, utilizados en la industria para equipos de alto consumo. En la conexión en estrella, la corriente de línea es igual a la corriente de fase ($I_L = I_F$), mientras que el voltaje de línea es $\sqrt{3}$ veces el voltaje de fase ($V_L = \sqrt{3} V_F$). Las conexiones en estrella son frecuentemente empleadas en las líneas de transmisión de potencia debido a que manejan corrientes de menor intensidad en comparación con la conexión delta (Chen y Jiabin, 2017).
- **Conexión en delta (Δ) o triángulo:** En esta conexión, las fases se unen formando un triángulo cerrado, sin un punto neutro accesible directamente. En la conexión delta, el voltaje de línea es igual al voltaje de fase ($V_L = V_F$), la corriente de línea es $\sqrt{3}$ veces la corriente de fase ($I_L = \sqrt{3} I_F$). Cada tipo de conexión posee propiedades distintas y se asignan a diferentes usos según los requisitos de la aplicación (Chen y Jiabin, 2017).

Para comprender mejor las ventajas del sistema trifásico, es útil compararlo con el sistema monofásico, comúnmente utilizado en hogares y pequeñas oficinas.

Tabla 1

Comparación entre sistemas monofásicos y trifásicos

Característica	Sistema Monofásico	Sistema Trifásico
Generación	Una única bobina	Tres bobinas desfasadas 120°
Número de Fases	1 fase	3 fases
Potencia	Pulsante, no constante	Constante y uniforme
Eficiencia	Menor para grandes cargas	Mayor, especialmente en aplicaciones industriales y de alta potencia
Costo de Transmisión	Requiere conductores de mayor sección para igual potencia	Requiere conductores de menor sección, más económico en líneas largas
Aplicaciones Típicas	Iluminación, electrodomésticos, pequeñas cargas	Motores industriales, grandes maquinarias, transmisión y distribución de energía
Motores	Pulsación de cupla, menor rendimiento	Sin pulsación de cupla, alto rendimiento, autoarranque en muchos casos

Nota. Adaptado de (Chen y Jiabin, 2017).

Los sistemas trifásicos se representan gráficamente mediante diagramas fasoriales y diagramas de línea.

- **Diagrama Fasorial:** Muestra las magnitudes y los ángulos de fase de las tensiones y corrientes. En un sistema trifásico equilibrado, las tensiones de fase se representan como tres fasores de igual magnitud, separados 120° entre sí en el plano complejo. Por ejemplo, si una fase está en 0°, las otras estarán en 120° y 240° (o -120°). Esto permite

visualizar fácilmente la relación de fase y las magnitudes de las cantidades eléctricas. La suma de los fasores de las tensiones en un sistema equilibrado es cero (Malacrida et al., 2021).

- **Diagramas de Línea:** Representan las conexiones físicas de los sistemas trifásicos, mostrando los conductores y las cargas. Ilustran cómo las fases se conectan en configuraciones de estrella o delta, incluyendo la presencia o ausencia de un conductor neutro. Estos diagramas son cruciales para el diseño y análisis de circuitos, permitiendo identificar las corrientes de línea, corrientes de fase, voltajes de línea y voltajes de fase, y sus relaciones según el tipo de conexión (Ravi et al., 2022).

4.3 Comportamiento de Sistemas Trifásicos bajo Condiciones de Estrés

El comportamiento de los sistemas trifásicos bajo condiciones de estrés operacional, como sobrecargas, fluctuaciones de voltaje y variaciones térmicas, impacta significativamente en la eficiencia y la vida útil de los motores eléctricos y los elementos de control en entornos industriales, como la metalmecánica (Salager et al., 2017).

4.3.1 Sobrecargas

En sistemas trifásicos ocurren cuando la corriente supera la capacidad nominal de los conductores o equipos, generando un aumento en la temperatura de los componentes eléctricos y mecánicos. Este calentamiento puede degradar el aislamiento de los devanados de los motores, acelerar el envejecimiento de materiales y provocar fallos prematuros. Estudios indican que las corrientes elevadas debido a sobrecargas incrementan las pérdidas por efecto Joule en conductores y devanados, lo que se traduce en un sobrecalentamiento que reduce la eficiencia operativa y puede ocasionar daños irreversibles si no se controla oportunamente (Song y Liang, 2024).

4.3.2 Fluctuaciones y caídas de voltaje

Son otro factor de estrés común en sistemas trifásicos industriales. Cuando las tensiones entre fases no se mantienen dentro de los rangos establecidos, se genera un desequilibrio de tensión que afecta directamente el desempeño de los motores trifásicos. El desequilibrio provoca que las corrientes en las fases varíen en magnitud y desfase, pudiendo llegar a ser entre

seis y diez veces mayores en corriente que el porcentaje de desequilibrio de voltaje. Esto genera pulsaciones en el par motor, vibraciones excesivas y esfuerzos mecánicos adicionales, lo que incrementa la probabilidad de fallos mecánicos y eléctricos. Además, el desequilibrio conduce a un aumento de las pérdidas eléctricas dentro del motor y de los elementos de control, manifestándose en un sobrecalentamiento adicional que reduce la vida útil del equipo (Mahlobo et al., 2023).

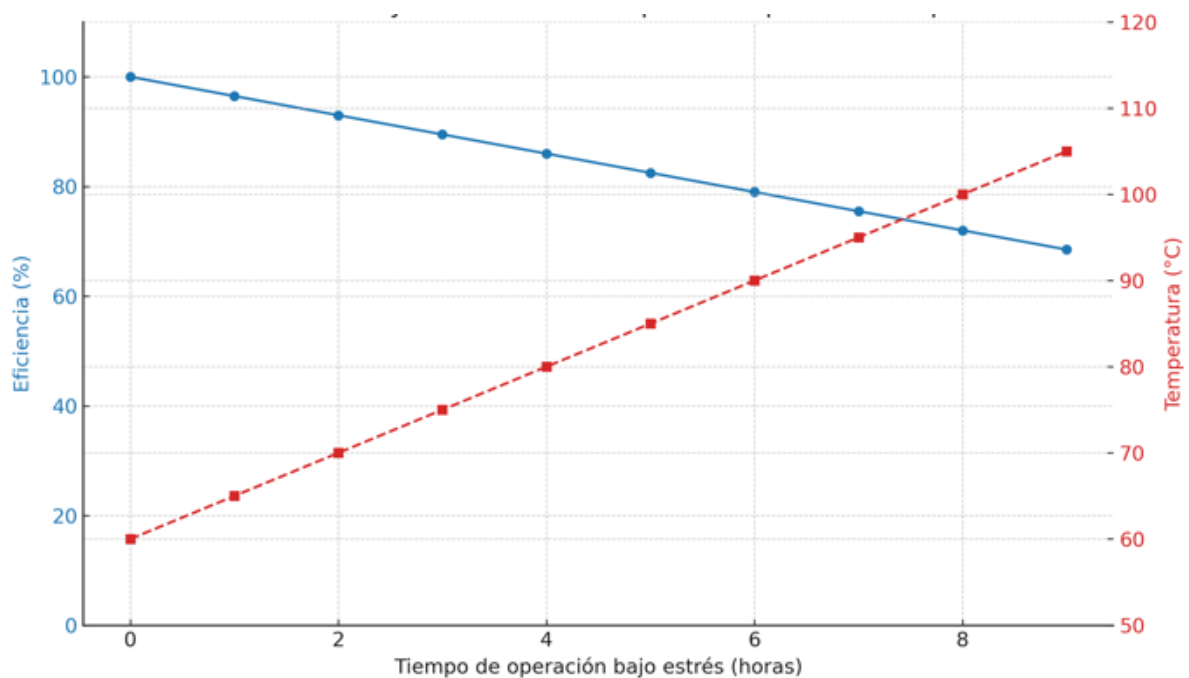
4.3.3 Variaciones térmicas

Durante las operaciones bajo estrés, consecuencia directa de las condiciones mencionadas, afectan de manera crítica tanto a los motores eléctricos como a los elementos electrónicos de control (sensores, relés y controladores lógicos programables). Un aumento persistente de temperatura puede afectar las características eléctricas y mecánicas de los motores, provocando un deterioro acelerado de sus componentes. Los sistemas de control también pueden experimentar fallos o respuestas erráticas si operan fuera de las condiciones térmicas óptimas, lo que compromete la seguridad y eficiencia del proceso productivo (Qiao et al., 2018).

El impacto global de estas condiciones adversas se refleja en una caída significativa de la eficiencia energética de los sistemas electromecánicos trifásicos. Los motores, al sobrecalentarse, pierden capacidad de conversión energética eficiente y requieren mantenimiento más frecuente para evitar fallos. De esta manera, las plantas metalmecánicas pueden experimentar interrupciones productivas, aumento en costos operativos y reducción de la confiabilidad del sistema eléctrico.

Figura 2

Caída de eficiencia (%) y aumento de temperatura (°C)



Este comportamiento evidencia la necesidad de implementar pruebas controladas en bancos predictivos, que simulan escenarios de estrés con el fin de evaluar y anticipar el desempeño electromecánico bajo condiciones extremas típicas de la industria metalmecánica. Estas pruebas permiten diagnosticar desequilibrios, fallas potenciales y optimizar los sistemas de control térmico y eléctrico para mantener la operación segura, eficiente y duradera de los sistemas trifásicos (Salager et al., 2017).

4.4 Pruebas de Estrés Operacional en Bancos de Ensayo

Las pruebas de estrés operacional en bancos de ensayo son fundamentales para evaluar la resistencia y la confiabilidad de los equipos eléctricos y electromecánicos frente a condiciones extremas o variables (Hacke et al., 2018).

4.4.1 Tipos de pruebas en bancos de ensayo

Las pruebas de estrés operacional se dividen habitualmente en tres grandes categorías según la naturaleza del parámetro que se desea evaluar:

- **Pruebas térmicas:** Consisten en someter a motores, transformadores y otros equipos a cargas eléctricas que generan sobrecalentamiento controlado para estudiar el comportamiento del aislamiento, la disipación térmica y la estabilidad operativa. Se monitorean parámetros como la temperatura en bobinas, rodamientos y otras partes críticas, permitiendo detectar vulnerabilidades térmicas que podrían derivar en fallos prematuros. Estas pruebas ayudan a establecer límites de funcionamiento seguro y diseñar sistemas de enfriamiento adecuados (Kziazzyk y otros, 2023).
- **Pruebas eléctricas:** Incluyen ensayos de sobrecorriente, sobrevoltaje, cortocircuito, fluctuaciones de voltaje y desequilibrios de fase, mediante los cuales se reproducen condiciones de operación no ideales o de falla. Se evalúa la respuesta del equipo ante estos fenómenos, midiendo corriente, tensión, potencia, armónicos y otros indicadores de la calidad eléctrica y capacidad de protección de equipos. Estas pruebas son clave para validar la robustez del sistema frente a escenarios reales de operación y para mejorar estrategias de control y protección (Kziazzyk et al., 2023).
- **Pruebas mecánicas:** Enfocadas en la resistencia de partes móviles y estructurales ante esfuerzos dinámicos, vibraciones, impactos y ciclos de carga repetitiva. Se aplican cargas mecánicas simuladas para evaluar la fatiga, desgaste y deformaciones que puedan afectar la confiabilidad de motores, reductores, acoplamientos y elementos mecánicos asociados. Este tipo de prueba también permite ajustar parámetros de diseño y mantenimiento predictivo para prolongar la vida útil (Bołoz y Biały, 2022).

4.4.2 Normas aplicables

Para estandarizar estas pruebas y asegurar resultados confiables, se aplican normas internacionales reconocidas como las de la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) y la IEC (International Electrotechnical Commission), que especifican los protocolos para ensayos eléctricos, térmicos y mecánicos en equipos eléctricos industriales.

- La norma IEC 60034, por ejemplo, establece los requisitos para ensayos de motores eléctricos, incluyendo pruebas de temperatura, corriente de arranque, y

ensayos de aislamiento para la determinación de la capacidad térmica y eléctrica bajo condiciones variadas (Kishimura, 2017).

- IEEE Std 112 especifica métodos de ensayo para la evaluación del comportamiento dinámico y térmico de máquinas eléctricas rotativas.

Estas normativas definen los procedimientos para asegurar la repetibilidad, seguridad, y análisis técnico de resultados que fundamentan la toma de decisiones en mantenimiento predictivo y diseño robusto de sistemas (Kishimura, 2017).

Tabla 2

Resumen de tipos de prueba y parámetros evaluados

Tipo de prueba	Parámetros evaluados	Objetivos principales
Térmicas	Temperatura en devanados, rodamientos, aislantes	Detectar puntos calientes, evaluar capacidad y envejecimiento térmico
Eléctricas	Corriente, voltaje, potencia, armónicos, desequilibrios de fase	Validar comportamiento bajo sobrecarga, fluctuaciones y fallas eléctricas
Mecánicas	Vibraciones, fuerza, desgaste y deformación	Evaluar resistencia estructural y durabilidad ante cargas dinámicas

Nota. Adaptado de (Kishimura, 2017).

4.4.3 Banco de prueba electromecánico

En la industria metalmecánica, los bancos de prueba electromecánicos consisten en sistemas integrados que permiten aplicar cargas controladas eléctricas y mecánicas a motores y otros componentes. Estos bancos se componen típicamente de un motor de carga, sistema de medición de variables eléctricas y térmicas, instrumental de monitoreo, y elementos de control computarizados para automatizar los ensayos y registrar datos en tiempo real. La imagen típica mostraría un conjunto donde un motor bajo prueba está acoplado a un generador de carga, con sensores y tableros de control visibles, en un ambiente industrial con toma de datos digitalizada para análisis predictivo (Mahlobo et al., 2023).

4.5 Modelos Predictivos en Ingeniería Electromecánica

En el análisis del desempeño electromecánico de sistemas trifásicos bajo escenarios de estrés operacional en una empresa metalmecánica, los modelos predictivos en ingeniería electromecánica juegan un papel crucial para anticipar fallas y optimizar el mantenimiento, evitando paradas no planificadas y prolongando la vida útil de los equipos (Abood et al., 2022).

4.5.1 Introducción a la predicción de fallas y comportamiento futuro

La predicción de fallas en sistemas electromecánicos se basa en la capacidad de anticipar el comportamiento futuro de los equipos mediante modelos matemáticos y estadísticos que interpretan datos operativos históricos y en tiempo real. Antes, el mantenimiento era reactivo o preventivo basado en intervalos de tiempo fijos o inspecciones programadas, pero estas prácticas tenían limitaciones importantes como la falta de precisión para detectar fallas inminentes o la realización de mantenimientos innecesarios (Abood et al., 2022).

El mantenimiento predictivo surge como una estrategia proactiva que utiliza datos recogidos continuamente por sensores instalados en los activos eléctricos y mecánicos (temperatura, vibración, corriente, voltaje, entre otros). Mediante la supervisión constante y el análisis inteligente, es posible detectar anomalías y patrones que indican el deterioro progresivo del sistema, permitiendo intervenir justo antes de que ocurra una falla grave. Esto optimiza recursos, reduce costos y minimiza tiempos de inactividad, aspectos especialmente valiosos en empresas metalmecánicas con altos volúmenes de producción y complejos sistemas trifásicos.

4.5.2 Rol del aprendizaje automático y supervisado

Dentro del mantenimiento predictivo, el aprendizaje automático (machine learning, ML) se ha consolidado como la tecnología clave para desarrollar modelos predictivos robustos y precisos. El ML permite que el sistema aprenda de grandes volúmenes de datos históricos y en tiempo real para detectar comportamientos anómalos o patrones sutiles que el análisis tradicional no capta (Sainz, 2024).

El aprendizaje supervisado, una rama del ML, es especialmente útil en esta aplicación. Este método implica entrenar un modelo con datos etiquetados del sistema, es decir, con información donde se conoce el estado real del equipo (normal o con falla). El modelo aprende a asociar variables de entrada (vibraciones, temperaturas, corrientes, etc.) con resultados (fallas específicas, degradación) y así puede predecir con alta exactitud el estado futuro en función de datos nuevos. La supervisión supervisada facilita la elaboración de modelos para distintos tipos de fallas, optimizando los algoritmos para cada caso y mejorando la confiabilidad del diagnóstico.

Modelos de regresión lineal, máquinas de soporte vectorial, redes neuronales y árboles de decisión son algunos de los algoritmos de aprendizaje supervisado que, apoyados en infraestructuras IoT y procesamiento en la nube, permiten construir sistemas avanzados para la predicción continua del estado de la maquinaria electromecánica. Esto proporciona una visión anticipada sobre la vida útil restante y la necesidad puntual de mantenimiento con menor incertidumbre.

Tabla 3

Comparación de técnicas de predicción aplicadas a falla

Técnica de Predicción	Descripción	Ventajas	Limitaciones
Regresión Lineal	Modela relación entre variables y estado del equipo	Fácil de interpretar y adecuada para estimar vida útil (RUL)	Limitada a relaciones lineales
Redes Neuronales Artificiales	Modelos no lineales que imitan el cerebro	Gran capacidad para captura de patrones complejos	Requiere grandes volúmenes de datos y alto poder computacional
Máquinas de Soporte Vectorial	Clasifica estados mediante un margen óptimo	Precisión alta en clasificación y detección de anomalías	Sensible al ruido en datos
Árboles de Decisión	Divide el espacio de datos en bases a condiciones	Fácil de implementar y explicar resultados	Puede sobreajustar sin proper tuning

Estos modelos, implementados en sistemas de mantenimiento predictivo inteligente, permiten a la industria metalmecánica anticipar fallos en sistemas trifásicos sometidos a estrés operativo, optimizando intervenciones y maximización de la vida útil de equipos críticos.

4.6 Aprendizaje Supervisado

El aprendizaje supervisado es una técnica fundamental del machine learning en la cual un modelo se entrena mediante datos de entrada acompañados de sus salidas o etiquetas claramente definidas por humanos. Este proceso permite que el algoritmo aprenda la relación entre las variables de entrada y sus resultados esperados, para posteriormente predecir con precisión las salidas en datos nuevos no vistos previamente (Glaser et al., 2019).

4.6.1 Proceso de entrenamiento

El aprendizaje supervisado se basa en datos de entrenamiento etiquetados que contienen ejemplos con sus correspondientes respuestas correctas. Durante el entrenamiento, el algoritmo ajusta iterativamente sus parámetros internos con el objetivo de minimizar el error entre las predicciones generadas y las salidas reales del conjunto de entrenamiento. Este ajuste se realiza mediante técnicas matemáticas de optimización que refinan el modelo hasta alcanzar un nivel aceptable de precisión (Glaser et al., 2019).

Las principales características de este método incluyen:

- Utilización de conjuntos de datos donde cada entrada tiene una etiqueta o resultado esperado.
- La necesidad de un proceso riguroso de preparación de datos: limpieza, codificación, normalización y división en subconjuntos de entrenamiento, validación y prueba.
- Capacidad para resolver tanto problemas de clasificación (etiquetas categóricas) como de regresión (valores continuos).
- La evaluación posterior del modelo mediante métricas específicas que miden su desempeño en datos de prueba, garantizando que el modelo generalice correctamente a nuevos datos.

4.6.2 Algoritmos comunes

Entre los algoritmos más utilizados en aprendizaje supervisado para problemas del análisis de fallas y predicción en sistemas electromecánicos destacan:

- **Árboles de decisión:** Construyen un modelo basado en reglas que segmentan el espacio de entrada en regiones, facilitando la interpretación. Son robustos y rápidos, pero pueden sobreajustar si no se controlan (Shetty et al., 2022).
- **K-Nearest Neighbors (KNN):** Clasifica un dato nuevo en función de las etiquetas de sus “K” vecinos más cercanos en el espacio de características. Es sencillo y eficaz en casos con buena separación entre clases, pero costoso computacionalmente en grandes volúmenes de datos (Shetty et al., 2022).
- **Support Vector Machines (SVM):** Buscan un hiperplano óptimo que maximice la separación entre clases en un espacio transformado (kernel). Son potentes para problemas lineales y no lineales, aunque requieren un buen ajuste de parámetros (Shetty et al., 2022).
- **Redes neuronales artificiales:** Modelos inspirados en el cerebro humano que pueden capturar relaciones complejas y patrones no lineales en los datos. Son muy flexibles y precisas, pero demandan grandes cantidades de datos y recursos computacionales para entrenamiento (Shetty et al., 2022).

Tabla 4

Comparación entre las ventajas y desventajas de algoritmos

Algoritmo	Ventajas	Desventajas
Árboles de decisión	Fácil de interpretar, rápido en predicción	Propenso a sobreajuste, sensible a cambios en datos
KNN	Simple, no paramétrico, buena precisión con datos bien distribuidos	Lentitud en grandes conjuntos, sensible a ruido
SVM	Alta precisión con datos no lineales, eficiente en dimensión alta	Necesita ajuste cuidadoso de parámetros, no escala bien en muchos datos
Redes neuronales	Capaces de modelar relaciones complejas, altamente flexibles	Requiere mucho dato y potencia computacional, difícil de interpretar

Nota. Adaptado de (Shetty et al., 2022).

Este conjunto de algoritmos, integrados dentro de un sistema de predicción en ingeniería electromecánica, permite anticipar fallas y comportamientos futuros en sistemas trifásicos sometidos a estrés operacional. El proceso supervisado asegura que los modelos aprendan de experiencias pasadas registradas en bancos predictivos, mejorando la confiabilidad y optimizando el mantenimiento en la industria metalmecánica.

4.7 Recolección y Tratamiento de Datos en Sistemas Electromecánicos

En el análisis del desempeño electromecánico de sistemas trifásicos bajo escenarios de estrés operacional en una empresa metalmecánica, la recolección y el tratamiento de datos en sistemas electromecánicos son procesos esenciales y determinantes para la toma de decisiones informadas y la implementación efectiva de mantenimiento predictivo (Wang et al., 2022).

4.7.1 Captura de datos en tiempo real

La captura de datos en tiempo real se realiza mediante sensores inteligentes instalados en los equipos electromecánicos, que monitorean variables críticas como corriente, voltaje, temperatura, vibración, presión y velocidad. Estas señales se obtienen de manera continua y automática a través de tecnologías como el Internet de las Cosas Industriales (IIoT), que conecta estos sensores a redes de comunicación en planta para transmitir información instantáneamente a sistemas de gestión y análisis. De esta forma, los técnicos y sistemas automatizados pueden supervisar permanentemente el estado operativo de los motores trifásicos y otros elementos, detectando anomalías o condiciones de estrés y desgaste antes de que se produzcan fallas graves (Soussi et al., 2024).

El monitoreo en tiempo real mejora la precisión en los procesos productivos y permite la utilización de analítica avanzada y Business Intelligence, transformando los datos capturados en inteligencia accionable para optimizar la producción y reducir tiempos de inactividad.

4.7.2 Normalización, limpieza y almacenamiento de datos

Una vez capturados, los datos requieren un tratamiento exhaustivo para facilitar su análisis. Este proceso incluye:

- **Normalización:** Consiste en ajustar las distintas variables medidas para que tengan una escala y formato uniforme. Esto es vital cuando se integran datos de diferentes sensores y tecnologías, evitando sesgos y errores en el análisis posterior (Harby y Zulkernine, 2022).
- **Limpieza:** Implica la detección y corrección de datos inconsistentes, incompletos o que presentan ruido. La limpieza mejora la calidad de los conjuntos de datos, eliminando valores atípicos o errores de medición que podrían afectar la confiabilidad del diagnóstico (Harby y Zulkernine, 2022).
- **Almacenamiento:** Los datos tratados se almacenan en plataformas especializadas, como bases de datos industriales o en la nube, que permiten un acceso rápido, seguro y escalable. Estas plataformas admiten además la integración con sistemas de análisis avanzado y la generación de informes para el mantenimiento predictivo y la toma de decisiones gerenciales (Harby y Zulkernine, 2022).

Este ciclo garantiza que la información recolectada sea confiable y útil para modelos alimentarios predictivos y sistemas de gestión inteligente, convirtiendo grandes volúmenes de datos en un activo estratégico para la empresa metalmecánica.

4.7.3 Arquitectura de recolección de datos en planta

La arquitectura típica para la recolección y procesamiento de datos en una planta electromecánica metalmecánica está compuesta por:

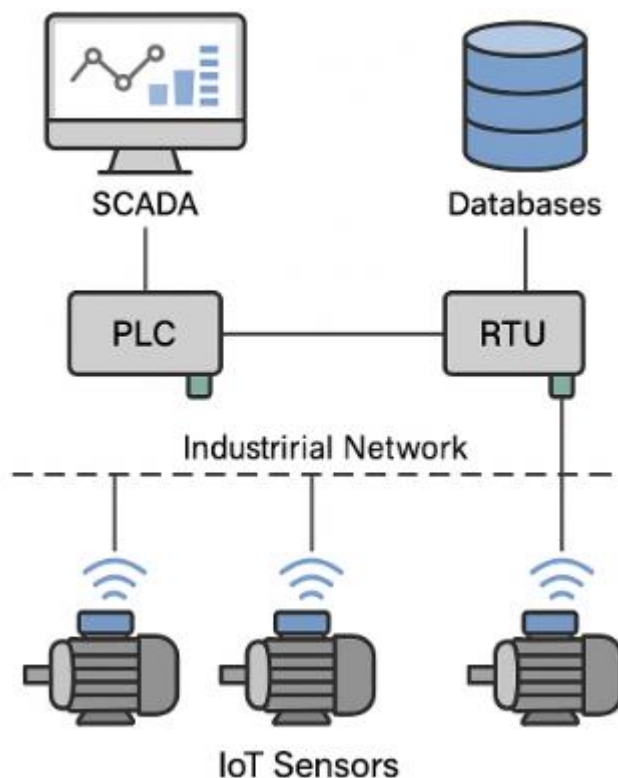
- **Sensores y dispositivos IoT:** Capturan las variables físicas y eléctricas en cada equipo.
- **Controladores lógicos programables (PLC) y unidades terminales remotas (RTU):** Reciben y acondicionan las señales, liberando protocolos estándar para la comunicación.
- **Redes de comunicación industrial:** Permiten el flujo de datos en tiempo real desde la planta hacia sistemas centrales.

- **Sistemas SCADA y plataformas de software de monitoreo:** Supervisan, visualizan y almacenan datos, además de ejecutar alarmas y reportes automáticos para eventos críticos.
- **Bases de datos y sistemas de análisis:** Donde se integran y procesan los datos para diagnóstico y mantenimiento predictivo.

Esta estructura tecnológica asegura una gestión integral del ciclo de datos, desde la captura hasta el análisis avanzado, favoreciendo la capacidad de reacción rápida y mantenimiento eficiente. En conjunto, la implementación de sistemas avanzados de recolección y tratamiento de datos en tiempo real resulta indispensable para maximizar la confiabilidad y el rendimiento de los sistemas trifásicos sometidos a estrés operacional en la industria metalmecánica, permitiendo convertir datos en ventajas competitivas palpables.

Figura 3

Esquema de recolección de datos en planta industrial



4.8 Bases de Datos en Ingeniería Predictiva

En sistemas de análisis del desempeño electromecánico de sistemas trifásicos, las bases de datos son un pilar esencial para almacenar, consultar y analizar grandes volúmenes de información generada tanto en tiempo real como a lo largo del tiempo. En ambientes industriales y de mantenimiento predictivo, seleccionar y gestionar la base de datos adecuada incide directamente en la eficacia del monitoreo y la capacidad de anticipar fallas (Divya et al., 2022).

4.8.1 Tipos de bases de datos

a. Bases de datos relacionales (SQL):

- Organiza la información en tablas estructuradas compuestas por filas y columnas, facilitando la consulta mediante lenguaje SQL.
- Son ideales cuando se requiere integridad referencial, transacciones confiables y estructura de datos rígida.
- Permiten definir relaciones entre distintas tablas (por ejemplo, motores, mediciones y eventos de mantenimiento), lo que simplifica el análisis histórico y la trazabilidad de eventos en sistemas electromecánicos.
- Ejemplos populares: Microsoft SQL Server, Oracle, PostgreSQL y MySQL.

b. Bases de datos no relacionales (NoSQL):

- Diseñadas para manejar una gran variedad y volumen de datos, típicos de escenarios de Ingeniería Predictiva e IIoT (Internet Industrial de las Cosas).
- Se subdivide en varios tipos: documentales (MongoDB, Couchbase), columnas (Cassandra, HBase), orientadas a gráficos (Neo4J) y clave-valor (Redis).
- Son flexibles en el manejo de esquemas, lo que permite almacenar datos semiestructurados o sin estructura (como registros, series de tiempo y documentos de eventos).

- Facilitan la escalabilidad horizontal, haciéndolas idóneas para captura y consulta simultánea de datos provenientes de cientos de sensores en planta.

4.8.2 *Gestión de datos*

La gestión efectiva combina el almacenamiento y análisis tanto de datos históricos como de información en tiempo real:

- **Datos históricos:** Involucran registros de funcionamiento, eventos y mantenimientos pasados. Permiten hacer análisis de tendencias, cálculo de indicadores de desempeño y entrenamiento de modelos predictivos de falla o degradación del equipo. Suelen almacenarse en bases relacionales robustas, con estructuras normalizadas que facilitan la trazabilidad y auditoría de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de los equipos.
- **Datos en tiempo real:** Son generados constantemente por sensores y equipos conectados, proporcionando una visión instantánea del estado operativo. Estos datos son fundamentales para el monitoreo continuo, detección temprana de anomalías y reacción inmediata ante eventos críticos. Requieren sistemas capaces de almacenar grandes volúmenes en alta frecuencia y consultarlos rápidamente, para lo que se emplean tanto bases NoSQL como “bases de datos de series temporales” especializadas (Corbellini et al., 2017).
- La integración de ambos tipos de datos permite:
 - ❖ Optimizar estrategias de mantenimiento predictivo,
 - ❖ Alimentar algoritmos de aprendizaje automático.
 - ❖ Generar alertas inteligentes y paneles de control en tiempo real.
 - ❖ Mejorar la toma de decisiones preventivas y correctivas en la empresa metalmecánica.

5. MARCO CONCEPTUAL

5.1 Desempeño electromecánico

El desempeño electromecánico se refiere a la capacidad de un sistema para convertir eficientemente la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa, evaluando tanto las dimensiones eléctricas como mecánicas que impactan en el rendimiento industrial. En sistemas trifásicos, este desempeño involucra parámetros eléctricos como potencia nominal, voltaje y corriente de operación, eficiencia, factor de potencia, velocidad, torque y clase de aislamiento, que determinan la continuidad, eficiencia y estabilidad del suministro eléctrico y la fuerza motriz producida por el motor (L. Chen et al., 2022).

Por el lado mecánico, el desempeño evalúa propiedades como la resistencia mecánica, ductilidad, fragilidad y comportamiento frente a cargas y vibraciones, aspectos que influyen en la confiabilidad y vida útil de los elementos estructurales y máquinas en la industria metalmecánica. Estos factores inciden en la funcionalidad y seguridad durante las operaciones bajo estrés, así como en la capacidad de los componentes para absorber deformaciones sin fracturarse o perder eficiencia.

En conjunto, el análisis de desempeño electromecánico en sistemas trifásicos considera la interacción dinámica entre las propiedades eléctricas de los motores y su respuesta mecánica a condiciones operativas variables o estresantes, mediante pruebas controladas en banco predictivo que simulan escenarios reales incluidas vibraciones y cargas extremas. Esto permite diagnosticar fallas, optimizar mantenimientos predictivos y correctivos, y asegurar que los sistemas operen dentro de sus límites seguros para garantizar la eficiencia y confiabilidad en la empresa metalmecánica.

5.2 Sistemas trifásicos en plantas industriales

Un sistema trifásico en plantas industriales es un conjunto de tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud, desfasadas 120° entre sí, que permiten la generación, distribución y consumo eficiente de energía eléctrica. Este sistema es fundamental en procesos productivos porque abastece de manera constante y equilibrada motores y maquinaria industriales, garantizando un suministro estable de potencia con menores pérdidas energéticas comparado con sistemas monofásicos.

El rol principal de los sistemas trifásicos en la industria radica en su capacidad para optimizar el consumo energético y mejorar la eficiencia operativa. Esto se logra porque soportan cargas más grandes con menor sección de conductor, lo que reduce costos en infraestructura y pérdidas por resistencia eléctrica. Además, proveen una potencia constante en el tiempo, lo que genera un par motor uniforme y disminuye vibraciones o esfuerzos mecánicos, favoreciendo la durabilidad y el correcto funcionamiento de equipos electromecánicos usados en la metalmecánica (Rajendran et al., 2023).

5.3 Estrés operacional

El estrés operacional en sistemas industriales se define como la condición en que un equipo o proceso se somete a condiciones externas o internas que exceden sus parámetros normales de operación, generando una respuesta de adaptación o deterioro. En contextos industriales, como en una empresa metalmecánica, estas condiciones pueden incluir sobrecargas eléctricas, variaciones bruscas de temperatura, vibraciones excesivas, fluctuaciones en el suministro eléctrico o demandas de funcionamiento continuo bajo alta carga.

Las principales causas del estrés operacional en sistemas electromecánicos trifásicos incluyen factores como desequilibrios de tensión, armónicos, sobrecorrientes y factores mecánicos como desalineación, desgaste de componentes o impactos mecánicos. Estas causas provocan un aumento en las tensiones internas del sistema que pueden derivar en fallas prematuras o reducción del rendimiento (Rajendran et al., 2023).

Las consecuencias del estrés operacional afectan directamente la confiabilidad y vida útil de los equipos industriales, produciendo desgaste acelerado, pérdida de eficiencia energética, riesgo de paradas no programadas, y potenciales daños críticos en componentes eléctricos y mecánicos. Esto impacta la productividad y seguridad operativa, aumentando los costos de mantenimiento y reparaciones inesperadas. Por ello, la detección y análisis del estrés operacional mediante pruebas controladas en bancos predictivos es vital para anticipar fallas y mantener la estabilidad y eficiencia de los sistemas trifásicos en la industria metalmecánica.

5.4 Banco predictivo de ensayos

Un banco predictivo de ensayos es una herramienta avanzada de diagnóstico que permite evaluar el comportamiento y rendimiento de sistemas o componentes electromecánicos bajo condiciones controladas que simulan diversas situaciones reales de operación. Gracias a su estructura equipada con sensores y sistemas de control, posibilita la reproducción precisa de escenarios de estrés operacional para detectar estados incipientes de fallo y anomalías en tiempo real.

Su función principal es apoyar el mantenimiento predictivo, una estrategia basada en el monitoreo continuo y análisis de datos para anticipar fallas antes de que ocurran, con el fin de programar intervenciones oportunas que eviten paradas imprevistas y optimicen la vida útil de los activos industriales. Los bancos predictivos facilitan el registro de parámetros eléctricos y mecánicos, como vibraciones, temperaturas y rendimiento eléctrico, generando información valiosa para el análisis predictivo mediante inteligencia artificial y algoritmos que identifican patrones de comportamiento anómalo (Chatterjee y Das, 2023).

Así, estas plataformas contribuyen a mejorar la eficiencia operativa en sectores como la metalmecánica, permitiendo diagnósticos precisos y la toma de decisiones fundamentadas para el mantenimiento eficiente, reduciendo costos y riesgos asociados a fallos imprevistos.

5.5 Aprendizaje automático

El aprendizaje automático (Machine Learning) es una rama de la inteligencia artificial que permite a los sistemas adquirir conocimiento de forma automatizada y mejorar progresivamente en la realización de tareas a partir de la experiencia, sin necesidad de ser programados específicamente para cada situación. En esencia, se trata de algoritmos que aprenden patrones y toman decisiones a partir de datos, adaptándose y mejorando su rendimiento con el tiempo (Shinde y Shah, 2018).

Existen tres tipos principales de aprendizaje automático:

- ❖ **Aprendizaje supervisado:** Los algoritmos aprenden a partir de datos etiquetados, es decir, se les proporciona tanto las entradas como las salidas esperadas, El

algoritmo identifica patrones en los datos y hace predicciones, siendo corregido si comete errores hasta alcanzar un alto nivel de precisión. Un ejemplo industrial sería la detección de spam en la mensajería electrónica, donde el sistema aprende de correos clasificados previamente como spam y de aquellos que no lo son.

- ❖ **Aprendizaje no supervisado:** En este caso, el algoritmo recibe datos sin etiquetar y debe encontrar patrones, estructuras o agrupaciones por sí mismo, sin una guía específica. Su objetivo es descubrir y aprender patrones ocultos en los datos. Un ejemplo de aplicación en la industria es el uso de algoritmos para identificar grupos de usuarios con comportamientos similares en plataformas de streaming para hacer recomendaciones personalizadas, o para detectar anomalías en la operación de máquinas.
- ❖ **Aprendizaje por refuerzo:** Este tipo de aprendizaje se basa en un proceso de ensayo y error, donde un agente aprende a tomar decisiones en un entorno para alcanzar una meta, recibiendo recompensas por acciones correctas y penalizaciones por las incorrectas. El algoritmo mejora su respuesta observando la retroalimentación que obtiene del mundo exterior. En la industria metalmecánica, podría aplicarse para optimizar la programación de robots industriales en tareas complejas, donde el robot aprende la secuencia de movimientos más eficiente mediante la retroalimentación de éxito o fracaso en cada intento.

5.6 Modelos predictivos en ingeniería

Los modelos predictivos en ingeniería son herramientas analíticas basadas en técnicas estadísticas y de aprendizaje automático que permiten anticipar comportamientos futuros de sistemas industriales mediante la evaluación de datos históricos y en tiempo real. Su aplicación en la industria, y específicamente en contextos metalmecánicos con sistemas trifásicos, se orienta principalmente a predecir fallas, optimizar el consumo energético y estimar el desgaste de equipos, lo que contribuye a mejorar la eficiencia operativa y reducir costos asociados a paradas inesperadas (Yang et al., 2022).

En la predicción de fallas, estos modelos integran datos de sensores instalados en motores y componentes eléctricos y mecánicos para identificar patrones que anteceden a

eventuales daños, facilitando un mantenimiento predictivo efectivo que prolonga la vida útil de los equipos. En cuanto al consumo energético, permiten proyectar la demanda y uso adecuado de la energía en función de las condiciones operativas, ayudando a implementar estrategias de ahorro y operación eficiente. Para el desgaste de equipos, los modelos consideran variables mecánicas y eléctricas bajo condiciones de estrés operacional para evaluar deterioros progresivos y programar intervenciones oportunas.

Así, la implementación de modelos predictivos mediante pruebas controladas en bancos predictivos proporciona una base sólida para la toma de decisiones informadas, impactando positivamente en la confiabilidad y sostenibilidad productiva en empresas metalmecánicas expuestas a escenarios variables y exigentes (Yang et al., 2022).

5.7 Banco de Datos

Un banco de datos es una estructura organizada que almacena, gestiona y facilita el acceso a grandes volúmenes de información de manera eficiente y segura, siendo fundamental para el desarrollo y aplicación del aprendizaje automático en ingeniería. La relevancia de un banco de datos radica en que los modelos de aprendizaje automático requieren grandes cantidades de datos de calidad limpios, bien estructurados y etiquetados para identificar patrones, hacer predicciones precisas y mejorar la toma de decisiones.

Para ser funcional en ingeniería, una base de datos debe caracterizarse por:

- ❖ Integridad y confiabilidad: garantizar que los datos sean consistentes y precisos.
- ❖ Accesibilidad: permitir consultas rápidas y seguras para alimentar algoritmos en tiempo real.
- ❖ Escalabilidad: poder manejar crecientes volúmenes de datos sin perder rendimiento.
- ❖ Flexibilidad en el manejo de datos heterogéneos: soportar diferentes tipos y formatos de datos (eléctricos, mecánicos, temporales).
- ❖ Seguridad: proteja la información sensible contra accesos no autorizados o pérdidas.

Estas características aseguran que el banco de datos pueda alimentar eficazmente sistemas de análisis predictivo y mantenimiento basados en inteligencia artificial,

especialmente en contextos industriales donde los datos provenientes de pruebas en banco predictivo aportan información valiosa para anticipar fallas y optimizar operaciones.

5.8 Datos, Modelo y Resultados en la Toma de Decisiones

La relación entre datos, modelos y resultados es fundamental en la toma de decisiones informada, especialmente en el contexto del análisis del desempeño electromecánico de sistemas trifásicos bajo estrés operacional. Los datos recopilados en pruebas controladas, como variables eléctricas, mecánicas y ambientales, alimentan modelos predictivos que procesan esta información para identificar patrones, condiciones anómalas o posibles fallas futuras (Bomhof-Roordink et al., 2019).

Estos modelos, basados en algoritmos estadísticos o de aprendizaje automático, transforman los datos en alertas tempranas o recomendaciones específicas, facilitando decisiones oportunas para prevenir daños, optimizar el funcionamiento y mejorar la eficiencia energética del sistema. Así, la integración eficiente entre datos confiables, modelos analíticos robustos y resultados claros permite un ciclo de mejora continua en la gestión industrial, aumentando la certeza y reduciendo la incertidumbre en la operación.



CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

1.1 Técnicas de análisis de datos

El análisis de datos se realizará mediante técnicas estadísticas y computacionales aplicadas a la información obtenida en el entorno virtual de simulación. Se utilizará análisis descriptivo para evaluar el comportamiento de variables como corriente, temperatura, y vibración bajo diferentes escenarios de estrés operacional.

Posteriormente, los datos serán procesados mediante un algoritmo predictivo que identificará patrones de comportamiento asociados a condiciones de deterioro en el sistema trifásico. Para validar el rendimiento del algoritmo, se emplearán métricas cuantitativas como precisión, sensibilidad, especificidad y exactitud, las cuales permitirán evaluar su capacidad de detección anticipada de fallas.

1.2 Instrumentos

Los instrumentos que se emplearán en la investigación son los siguientes:

- **MATLAB/Simulink:** Utilizado para modelar el motor trifásico, aplicar cargas variables y registrar la respuesta electromecánica del sistema.
- **Sensores virtuales integrados:** Configurados para registrar variables como corriente, voltaje, temperatura, velocidad angular y vibración.
- **Algoritmo predictivo:** Desarrollado e implementado en lenguaje de programación MATLAB para analizar los datos obtenidos y clasificar el estado del motor.

2. CAMPO DE VERIFICACIÓN

2.1 Ubicación Temporal

La investigación se desarrollará durante el año 2025.

2.2 Ubicación espacial

La presente investigación se desarrollará en un entorno virtual controlado, utilizando herramientas de simulación computacional que permiten recrear el funcionamiento de un sistema trifásico bajo condiciones específicas de estrés operacional.

2.3 Unidades de Estudio

La unidad de estudio está conformada por un modelo virtual de un motor trifásico de inducción, típicamente utilizado en aplicaciones industriales. Este modelo será sometido a pruebas simuladas que reproducen escenarios de esfuerzo mecánico y eléctrico, tales como sobrecarga, desequilibrio de fases, fluctuaciones térmicas y variaciones de torque.

Adicionalmente, se considerarán como unidades de análisis los conjuntos de datos generados por los sensores virtuales del sistema, los cuales permitirán evaluar el comportamiento del motor ante cada escenario definido. Estos datos serán insumo para el entrenamiento y validación del algoritmo predictivo desarrollado en el estudio.

3. VARIABLES

3.1 Variable Independiente

Escenarios de estrés operacional mediante pruebas controladas en banco predictivo

Indicadores:

- Nivel de corriente (en amperios)
- Temperatura del motor durante la operación (°C)
- Intensidad de vibración registrada (mm/s)
- Tiempo de exposición al estrés operacional (ciclos de trabajo)

3.2 Variables Dependiente

Desempeño electromecánico de sistemas trifásicos

Indicadores:

- Variación en el consumo de corriente durante operación (A)
- Fluctuación del torque electromagnético bajo carga (Nm)
- Incremento de temperatura interna del motor (°C)
- Precisión (%)
- Sensibilidad (%)
- Especificidad (%)
- Detección anticipada de patrones de falla

4. HIPÓTESIS

4.1 Hipótesis General

La aplicación de escenarios de estrés operacional mediante pruebas controladas en un banco predictivo permite analizar de forma precisa el desempeño electromecánico de sistemas trifásicos, facilitando la identificación de patrones de deterioro mediante un algoritmo predictivo validado con métricas técnicas.

4.2 Hipótesis Específicas

- a) La simulación de cargas eléctricas y mecánicas controladas en un banco de pruebas genera condiciones adecuadas para obtener datos representativos del comportamiento del motor trifásico.
- b) El análisis de variables como corriente, temperatura y vibración bajo estrés operacional refleja cambios medibles en el desempeño del sistema.
- c) El uso de un algoritmo predictivo aplicado a los datos obtenidos permite detectar señales de deterioro en el motor antes de una falla crítica.
- d) Las métricas de evaluación del algoritmo (precisión, sensibilidad y especificidad) confirman su eficacia en el diagnóstico anticipado del estado del motor.

5. ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos en esta investigación se desarrollará en un entorno de simulación controlada mediante el uso de MATLAB, donde se modelará un motor trifásico de inducción sometido a condiciones específicas de estrés operacional. Las estrategias aplicadas incluyen:

- **Definición de variables e indicadores:** Se establecerán las variables independientes (corriente, temperatura y vibración) y las variables dependientes (variación de corriente, torque, temperatura interna y métricas de detección de fallas).
- **Simulación de escenarios controlados:** Se generarán diferentes condiciones de operación, incluyendo sobrecargas, desequilibrios de fase y fluctuaciones térmicas, para obtener datos representativos del comportamiento electromecánico del motor.
- **Monitoreo mediante sensores virtuales:** Se integrarán instrumentos de medición en el modelo para registrar en tiempo real las variables eléctricas y mecánicas relevantes.

- **Almacenamiento y organización de datos:** Los registros obtenidos se estructurarán en un banco de datos para su posterior procesamiento, garantizando la trazabilidad y consistencia de la información.
- **Procesamiento y validación:** Los datos se depurarán y normalizarán antes de ser ingresados al algoritmo predictivo, asegurando su calidad y pertinencia para el análisis estadístico y la validación con métricas técnicas.

6. LIMITACIONES

La presente investigación presenta las siguientes limitaciones:

- **Entorno de simulación:** El estudio se desarrollará exclusivamente en un banco de pruebas virtual modelado en MATLAB, por lo que no se contempla la validación en un entorno físico real. Esto puede generar diferencias entre el comportamiento simulado y el comportamiento de un sistema trifásico en operación industrial.
- **Alcance de variables:** El análisis se centra en variables eléctricas y mecánicas previamente definidas, sin considerar factores externos como condiciones ambientales reales, variaciones en la calidad de suministro eléctrico o desgaste no modelado de componentes.



CAPÍTULO III

DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS

1. ARQUITECTURA DEL BANCO DE PRUEBAS

1.1 Configuración Banco

El banco de pruebas fue diseñado para analizar el comportamiento de motores trifásicos bajo distintas condiciones de carga y esfuerzo controlado. La configuración permite el monitoreo simultáneo de variables eléctricas, térmicas y mecánicas mediante un sistema de adquisición digital (DAQ) integrado, garantizando precisión en la captura de datos y estabilidad durante los ensayos. El sistema se compone de módulos que registran corriente, voltaje, torque, velocidad, vibraciones y temperaturas en puntos críticos como devanados, carcasa y rodamientos. Estos parámetros se establecen en función de los límites operativos definidos para evitar sobrecargas o fallas del equipo. La Tabla 5 presenta los valores nominales, rangos de operación y tolerancias consideradas durante la simulación del banco de pruebas.

Tabla 5

Parámetros nominales y rangos operativos del banco de pruebas

Parámetro	Unidad	Valor nominal	Rango mínimo	Rango máximo	Resolución	Tolerancia / Nota
Corriente nominal fase	A	10	0	30	0.01	±0.1%
Tensión nominal línea	V	380	0	418	0.1	±0.1%
Frecuencia nominal	Hz	50	0	200	0.01	±0.01 Hz
Torque nominal	N·m	50	0	100	0.01	±1%
Velocidad nominal	rpm	1500	0	6000	0.1	±0.1 rpm
Temp. devanado nominal	°C	80	-20	200	0.1	±0.5 °C
Temp. carcasa nominal	°C	60	-20	150	0.1	±0.5 °C
Temp. rodamiento (DE) nominal	°C	65	-20	150	0.1	±0.5 °C
Temp. rodamiento (NDE) nominal	°C	65	-20	150	0.1	±0.5 °C
Vibración máxima esperada	m/s ²	20	0	200	0.01	±1%
Ancho de banda vibración	Hz	0	0.5	10000	0.1	---
Potencia nominal	kW	11	0	22	0.001	±0.5%
Factor de servicio	-	1.15	1	1.5	0.01	---
Humedad relativa máx.	%	80	0	80	0.1	sin condensación
Temp. ambiente	°C	25	0	50	0.1	---

La configuración descrita asegura la obtención de datos confiables y repetibles, indispensables para el análisis del desempeño electromecánico y la validación de modelos predictivos propuestos en la investigación. Además, permite replicar escenarios de estrés eléctrico y mecánico que facilitan la identificación de variaciones anómalas en el comportamiento del motor, sirviendo como base para los ensayos documentados en las figuras y tablas posteriores.

1.2 Mapa de Canales (DAQ)

El sistema de adquisición de datos (DAQ) fue configurado para registrar de forma continua las principales variables eléctricas, térmicas y mecánicas del motor durante los ensayos. Cada canal está asignado a una señal específica y cuenta con un tipo de sensor y frecuencia de muestreo definidos, garantizando precisión en la captura de información y sincronización con los eventos del banco de pruebas.

El mapa de canales mostrado en la Tabla 6 presenta la distribución de los diecisiete canales configurados en el sistema DAQ. Los canales CH1 a CH3 miden tensiones de línea mediante entradas diferenciales de alta precisión; los canales CH4 a CH6 registran corrientes de fase utilizando transformadores de corriente o resistencias shunt aisladas. Las mediciones térmicas (CH7 a CH12) se obtienen con sensores tipo RTD y termopares para los devanados, carcasa y rodamientos. Finalmente, los canales CH13 a CH17 se emplean para medir vibraciones en los ejes X, Y y Z, además del torque y la velocidad del motor.

Tabla 6

Mapa de canales de adquisición del sistema DAQ del banco de pruebas

Canal	Tag	Unidad	Descripción	Rango	Fs máx.	Notas
CH1	V_L1-L2	V	Tensión línea	± 600 V	10 kHz	Diferencial
CH2	V_L2-L3	V	Tensión línea	± 600 V	10 kHz	Diferencial
CH3	V_L3-L1	V	Tensión línea	± 600 V	10 kHz	Diferencial
CH4	I1	A	Corriente fase 1	± 100 A (TC/shunt)	10 kHz	Aislado
CH5	I2	A	Corriente fase 2	± 100 A (TC/shunt)	10 kHz	Aislado
CH6	I3	A	Corriente fase 3	± 100 A (TC/shunt)	10 kHz	Aislado
CH7	T_dev_A	°C	Temp devanado A	-20...200	10 Hz	Termopar/RTD
CH8	T_dev_B	°C	Temp devanado B	-20...200	10 Hz	Termopar/RTD
CH9	T_dev_C	°C	Temp devanado C	-20...200	10 Hz	Termopar/RTD
CH10	T_carcasa	°C	Temp carcasa	-20...150	10 Hz	PT100

CH11	T_rod_DE	°C	Temp rodamiento DE	-20...150	10 Hz	PT100
CH12	T_rod_NDE	°C	Temp rodamiento NDE	-20...150	10 Hz	PT100
CH13	AX	m/s ²	Vibración eje X	±200	10 kHz	IEPE
CH14	AY	m/s ²	Vibración eje Y	±200	10 kHz	IEPE
CH15	AZ	m/s ²	Vibración eje Z	±200	10 kHz	IEPE
CH16	Torque	N·m	Par en eje	±2× nominal	1 kHz	Transductor
CH17	RPM	rpm	Velocidad	0...6000	1 kHz	Encoder/Tacómetro

1.3 Límites y Alarmas

El sistema del banco de pruebas cuenta con un conjunto de límites de operación y alarmas configurados para garantizar la protección de los componentes eléctricos y mecánicos durante los ensayos. Estos umbrales permiten detectar condiciones anómalas de funcionamiento y ejecutar acciones preventivas o de parada inmediata, evitando daños al motor o a los instrumentos de medición. La Tabla 7 presenta las variables críticas supervisadas, sus niveles de alerta, valores umbral y las acciones correspondientes. Se definen alarmas de advertencia para condiciones de precaución, como el aumento moderado de corriente o temperatura, y alarmas de paro automático ante sobrecorrientes, vibraciones excesivas o sobrecalentamientos.

Tabla 7

Límites de operación y acciones de alarma del banco de pruebas

Variable	Unidad	Nivel	Umbral	Acción
Corriente fase (I1/I2/I3)	A	Alta	$\geq 2.5 \times I_{nom}$	Paro inmediato
Corriente fase (I1/I2/I3)	A	Precaución	$\geq 1.2 \times I_{nom}$	Alarma y registro
Temp devanado	°C	Alta	≥ 180	Paro por sobretiempo
Temp carcasa	°C	Alta	≥ 120	Alarma
Temp rodamiento	°C	Alta	≥ 110	Alarma y ver lubricación
Vibración RMS (XYZ)	m/s ²	Alta	≥ 18	Paro preventivo
Vibración pico	m/s ²	Alta	≥ 150	Paro inmediato
RPM	rpm	Alta	$\geq 1.1 \times nominal$	Alarma
Torque	N·m	Alta	$\geq 1.5 \times nominal$	Alarma/Paro

Estas configuraciones forman parte del sistema de seguridad implementado en la arquitectura del banco y son indispensables para mantener la integridad del equipo y la validez de los datos obtenidos.

1.4 Perfiles de Ensayo

Los perfiles de ensayo definen las condiciones de carga y operación aplicadas al motor durante las pruebas realizadas en el banco. Cada perfil fue diseñado para simular escenarios representativos de funcionamiento industrial, con el fin de analizar la respuesta electromecánica del motor bajo diferentes niveles de esfuerzo y variaciones de suministro eléctrico. En la Tabla 8 se presentan los seis perfiles implementados.

Tabla 8

Perfiles de ensayo aplicados en el banco de pruebas de motores trifásicos

Perfil	Duración plan	Descripción
CARGA_ESCALONADA	0-60 min	Escalones de 10% del torque cada 5 min hasta 100%
SOBRECARGA_CORTA	5 min	Aplicar 120% torque durante 60 s; repetir 5 veces con 4 min enfriamiento
ARRANQUES_REPETIDOS	20 min	10 arranques con rampa 5 s, pausa 1 min
BROWNOUT_TENSION	15 min	Bajar tensión -10% por 2 min, recuperar 3 min, repetir 3 veces
UNBALANCE_FASES	10 min	Desbalance 5% en una fase durante 3 min, rotar fase afectada
TERMICO_PROLONGADO	8 h	Mantener 80% carga continua, registrar temperaturas cada 10 s

El perfil CARGA_ESCALONADA evalúa la respuesta del sistema ante incrementos progresivos de torque; SOBRECARGA_CORTA verifica la tolerancia térmica y mecánica frente a picos de carga; ARRANQUES_REPETIDOS permite medir la estabilidad en sucesivos encendidos; BROWNOUT_TENSIÓN analiza el comportamiento ante caídas de tensión; UNBALANCE_FASES estudia los efectos de desequilibrio en las fases, y TÉRMICO_PROLONGADO registra la evolución térmica bajo operación sostenida.

1.5 Registro de Prueba (500 tiempos, 0-499 s)

El conjunto de datos fue generado para simular el comportamiento dinámico de un motor trifásico de 10 HP, 380 V, 60 Hz, sujeto a condiciones de carga controladas en un banco de pruebas digital. Los 500 registros (de 0 a 499 s) reproducen de manera sintética lo que se mediría en una adquisición real, aplicando ruido, desbalance y eventos transitorios.

Tabla 9

Parámetros base de simulación

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad	Descripción
Tensión nominal	V_{nom}	380	V	Tensión línea-línea
Corriente nominal	I_{nom}	10	A	Corriente de fase
Frecuencia nominal	f_{nom}	60	Hz	Frecuencia de red
Torque nominal	T_{nom}	50	N·m	Par nominal del motor
Velocidad nominal	n_{nom}	1500	rpm	Velocidad síncrona
Temperatura ambiente	T_{amb}	25	°C	Condición inicial
Tiempo de simulación	t	0-499	s	Paso temporal de 1 s

1.5.1 Tensiones de línea

En el sistema trifásico modelado, las tensiones de línea fueron configuradas para mantener un equilibrio eléctrico adecuado entre las fases. En un sistema balanceado, las tres tensiones poseen igual magnitud y están desfasadas 120° entre sí. Sin embargo, para simular condiciones reales de red, se incorporaron pequeñas ondulaciones armónicas y variaciones periódicas de amplitud. Las expresiones matemáticas que definen cada tensión de línea se presentan a continuación:

$$V_{L1L2}(t) = V_{nom} \left[1 + 0.005 \cdot \sin \left(\frac{2\pi t}{120} \right) \right] \quad (1)$$

$$V_{L2L3}(t) = V_{nom} \left[1 + 0.005 \cdot \sin \left(2\pi \left(\frac{t}{120} + 0.33 \right) \right) \right] \quad (2)$$

$$V_{L3L1}(t) = V_{nom} \left[1 + 0.005 \cdot \sin \left(2\pi \left(\frac{t}{120} + 0.66 \right) \right) \right] \quad (3)$$

Estas ecuaciones introducen una variación del $\pm 0.5\%$ en la magnitud nominal cada 120 s, aplicando un desfase progresivo de 120° entre fases. Este procedimiento permite representar de forma más precisa el comportamiento trifásico balanceado en condiciones de red real, manteniendo la coherencia de fase y la simetría del sistema durante las simulaciones.

1.5.2 Perfil de Torque aplicado

El perfil de torque fue definido para representar diferentes condiciones de operación del motor trifásico en el banco de pruebas. Cada tramo reproduce una etapa específica del ensayo, permitiendo evaluar la respuesta mecánica y térmica del sistema bajo cargas variables. Como se muestra en la Tabla 10, el torque se estructura en cinco segmentos concatenados. El primer tramo (0-100 s) corresponde a una rampa progresiva desde el 0 % hasta el 50 % del torque nominal; el segundo (100-200 s) eleva la carga hasta el 100 % nominal; el tercero (200–260 s) aplica una sobrecarga del 120 % controlada; el cuarto (260-400 s) mantiene un régimen estable al 80 % de carga; y el último tramo (400-499 s) introduce variaciones cíclicas con valores escalonados entre 50 % y 100 %.

Tabla 10
Perfil de Torque aplicado (Torque_Nm)

Intervalo de tiempo (s)	Expresión	Nivel (%)	Descripción
0–100	$T(t) = 0.5T_{nom} \cdot \frac{t}{100}$	0→50	Rampa inicial
100–200	$T(t) = 0.5T_{nom} \cdot \frac{t}{100} \cdot \frac{t-100}{100}$	50→100	Rampa a carga nominal
200–260	$T(t) = 1.2 T_{nom}$	120	Sobrecarga controlada
260–400	$T(t) = 0.8 T_{nom}$	80	Régimen estable
400–499	Escalones [60-90-70-100-50 %]	Variable	Cambios cíclicos

1.5.3 Velocidad (RPM)

La velocidad del motor se modeló considerando una rampa de aceleración controlada, característica de los sistemas con arranque suave (soft-starter) o control vectorial. Este enfoque permite simular una transición gradual desde el reposo hasta la velocidad nominal, incorporando además un rizado periódico asociado a las oscilaciones naturales del sistema de regulación. La expresión utilizada para representar la evolución temporal de la velocidad es la siguiente:

$$RPM = 1500 \left[1 - 0.02e^{-\frac{t}{80}} \right] + 10\sin\left(\frac{2\pi t}{60}\right) \quad (4)$$

Donde:

$e^{-\frac{t}{80}}$ = Factor de arranque (inercia)

$$10\sin\left(\frac{2\pi t}{60}\right) = \text{Oscilación control/regulación}$$

1.5.4 Corrientes de fase (I_1 , I_2 , I_3)

Las corrientes de fase del motor se modelaron a partir del torque aplicado en cada instante, estableciendo una relación directa entre la carga mecánica y la demanda eléctrica del sistema. De esta manera, la corriente promedio de referencia $I_{avg}^{obj}(t)$ se define como una función proporcional al torque nominal del motor. La ecuación general que describe esta relación es:

$$I_{avg}^{obj}(t) = I_{nom} \left[0.3 + 0.9 \cdot \frac{T(t)}{T_{nominal}} \right] \quad (5)$$

Para representar condiciones reales de red, se introduce un desbalance dinámico que varía en el tiempo:

$$D(t) = 0.04\sin\left(\frac{2\pi t}{47}\right) \quad (6)$$

A partir de este factor de desbalance, se obtienen las expresiones de corriente para cada fase:

$$I_1(t) = I_{avg}^{obj}(1 + D) \quad (7)$$

$$I_2(t) = I_{avg}^{obj}(1 - 0.5D) \quad (8)$$

$$I_3(t) = I_{avg}^{obj}(1 - 0.5D) \quad (9)$$

Este modelo permite reproducir con precisión las variaciones de corriente durante los ensayos, considerando tanto el efecto del torque aplicado como las pequeñas asimetrías eléctricas típicas de sistemas trifásicos reales. Los resultados obtenidos de estas funciones sirven de base para el análisis de eficiencia y diagnóstico de fallas en el banco de pruebas.

1.5.5 Temperaturas (devanados, carcasa, rodamientos)

El comportamiento térmico del motor se modeló aplicando una respuesta de primer orden tipo RC, representativa del calentamiento progresivo de los componentes ante la disipación de energía eléctrica y mecánica. Este modelo permite estimar la evolución de la

temperatura en función del tiempo para cada parte del motor, considerando la transferencia de calor hacia el ambiente y las oscilaciones térmicas periódicas que se presentan durante la operación. La ecuación utilizada para describir la variación de temperatura en el tiempo es la siguiente:

$$T(t) = T_{amb} + (T_{ss} - T_{amb}) \left[1 - e^{-t/\tau} \right] + \Delta_T \sin\left(\frac{2\pi t}{P}\right) \quad (10)$$

donde:

- T_{amb} representa la temperatura ambiente,
- T_{ss} la temperatura en estado estable,
- τ la constante de tiempo térmica,
- Δ_T la amplitud de la oscilación periódica, y
- P el periodo de la variación.

En la Tabla 11 se detallan los parámetros térmicos característicos de los principales componentes del motor. Se observa que los devanados presentan un calentamiento más rápido en comparación con la carcasa y los rodamientos, debido a su proximidad con las pérdidas por efecto Joule. La carcasa, en cambio, exhibe una mayor inercia térmica, mientras que los rodamientos mantienen temperaturas intermedias por su contacto indirecto con el rotor.

Tabla 11

Parámetros térmicos característicos de los componentes del motor

Componente	T_{ss} (°C)	τ (s)	ΔT (°C)	P (s)	Comentario
Devanado A	80	300	2	200	Calienta más rápido
Devanado B	82	340	1.5	220	Ligeramente más caliente
Devanado C	78	320	1.8	210	Compensación térmica
Carcasa	60	500	1.2	300	Inercia térmica alta
Rodamiento DE	65	450	1	270	Más próximo al rotor
Rodamiento NDE	64	460	1	290	Extremo opuesto

1.5.6 Vibración (AX, AY, AZ y RMS)

El modelo de vibración del motor se desarrolló considerando la relación directa entre el aumento del torque y el incremento del esfuerzo mecánico en los rodamientos y el eje. Este comportamiento permite representar con mayor precisión las variaciones dinámicas que se

generan durante los ensayos del banco de pruebas. La vibración base se calculó mediante la siguiente expresión:

$$base_{vib}(t) = 1.0 + 6.0 \cdot \frac{T(t)}{T_{nom}} \quad (11)$$

Posteriormente, las componentes de vibración en los tres ejes (X, Y y Z) se obtuvieron aplicando factores de dispersión e interferencia:

$$A_X, A_Y, A_Z = base_{vib}(t) \cdot (1 + 0.1\epsilon) \cdot f_i \quad (12)$$

donde:

$\epsilon \sim N(0,1)$ ruido aleatorio normalizado

$f_i \approx 0.95 - 1.05$ factores de eje (no idénticos)

Este modelo permite obtener un comportamiento de vibración realista, donde los incrementos de carga mecánica generan amplitudes mayores, especialmente en la dirección del eje con mayor rigidez o desequilibrio. La magnitud resultante RMS de la vibración se calcula a partir de las tres componentes vectoriales, lo que facilita la evaluación de condiciones anómalas y la validación de algoritmos de diagnóstico predictivo desarrollados en el estudio.

1.5.7 Potencias y eficiencia

El análisis de potencia y eficiencia del motor trifásico se realizó mediante el cálculo de la potencia eléctrica de entrada, la potencia mecánica desarrollada y la eficiencia instantánea. Estos parámetros permiten evaluar el rendimiento energético del sistema bajo las diferentes condiciones de carga definidas en los perfiles de ensayo. El factor de potencia varía de acuerdo con el torque aplicado, incrementándose conforme el motor se aproxima a su carga nominal. Este comportamiento se describe con la siguiente ecuación:

$$pf(t) = 0.7 + 0.25 \cdot \frac{T(t)}{T_{nom}} \quad (13)$$

La potencia eléctrica de entrada se determina considerando el promedio de tensiones y corrientes de línea, de acuerdo con las expresiones:

$$V_{avg}(t) = \frac{V_{L_1L_2} + V_{L_2L_3} + V_{L_3L_1}}{3} \quad (14)$$

$$I_{avg}(t) = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \quad (15)$$

$$P_{in}(t) = \sqrt{3}V_{avg}(t)I_{avg}(t)pf(t) \quad (16)$$

La potencia mecánica se obtiene a partir del torque y la velocidad angular:

$$\omega(t) = \frac{2\pi \cdot RPM(t)}{60} \quad (17)$$

$$P_{mec}(t) = T(t)\omega(t) \quad (18)$$

Finalmente, la eficiencia instantánea del motor se expresa como:

$$\eta(t) = \min\left(\frac{P_{mec}(t)}{P_{in}(t)}, 0.96\right) \times 100 \quad (19)$$

Este modelo asegura una representación precisa del comportamiento energético, limitando la eficiencia máxima al 96 % para reflejar pérdidas inherentes en el proceso de conversión electromecánica. La relación entre potencia, torque y velocidad fue validada con los resultados experimentales presentados en la Tabla 13 del documento, donde se observó una eficiencia media de 89.9 %.

1.5.8 Métricas derivadas instantáneas

Con el fin de evaluar el comportamiento dinámico del motor trifásico durante las pruebas, se calcularon métricas instantáneas a partir de las variables registradas en tiempo real. Estas métricas permiten analizar el equilibrio eléctrico entre fases, la eficiencia energética y la respuesta vibracional del sistema.

La corriente media trifásica se determinó como el promedio de las corrientes medidas en cada fase:

$$I_{avg}(t) = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \quad (20)$$

Para identificar desviaciones entre las fases, se calculó el desequilibrio de corriente, expresado como porcentaje:

$$Deseq \% (t) = \frac{\max(I_1, I_2, I_3) - \min(I_1, I_2, I_3)}{I_{avg}(t)} \times 100 \quad (21)$$

$$Si I_{avg}(t) \approx 0 \rightarrow Deseq\% = 0 \quad (22)$$

Cuando el valor promedio de corriente es cercano a cero, el porcentaje de desequilibrio se considera nulo, garantizando estabilidad eléctrica. En la Tabla 12 se presentan las métricas derivadas instantáneas que se calcularon en el banco de pruebas, las cuales complementan el análisis de desempeño electromecánico del sistema.

Tabla 12

Métricas derivadas instantáneas calculadas en el banco de pruebas

Métrica	Unidad	Descripción
$I_{avg}(t)$	A	Corriente promedio de las tres fases
$Deseq\% =$	%	Diferencia relativa de corriente entre fases
$Vib_{RMS}(t)$	m/s ²	Magnitud total de vibración instantánea
$\eta(t)$	%	Eficiencia energética por instante

La referencia “Ver Anexo N.º 2” indicada al final de la sección del banco de pruebas corresponde a una tabla extendida que recopila el conjunto completo de datos obtenidos durante los ensayos. Según el documento Borrador de tesis - Dante-Avance (6).docx, este anexo contiene la información detallada de las variables medidas en el sistema de adquisición (DAQ), incluyendo registros continuos de corriente, tensión, torque, vibración y temperatura en cada componente del motor.

1.6 Resultados y Cálculos

Los resultados obtenidos del ensayo del banco de pruebas permitieron evaluar el comportamiento electromecánico del motor trifásico bajo condiciones controladas. A partir de los registros del sistema de adquisición (DAQ), se calcularon los valores promedio y máximos de las principales variables medidas, incluyendo corriente, velocidad, torque, vibración, potencia y temperatura.

Tabla 13*Resultados promedio y máximos obtenidos del ensayo del banco de pruebas*

Métrica	Valor / Fórmula
Promedio Corriente I1 (A)	9.459556152
Promedio Corriente I2 (A)	9.457093779
Promedio Corriente I3 (A)	9.448392284
Corriente Media (A)	9.455014072
Desequilibrio Corriente (%)	5.255344214
Velocidad promedio (rpm)	1495.456819
Torque promedio (N·m)	35.8
Vibración RMS X (m/s ²)	1.113080166
Vibración RMS Y (m/s ²)	1.020835313
Vibración RMS Z (m/s ²)	1.273404251
Vibración RMS total (m/s ²)	2.171746491
Potencia mecánica media (W)	5614.703092
Potencia eléctrica media (W)	5602.399669
Eficiencia media (%)	89.92730981
Máx. temperatura devanado A (°C)	70.137825
Máx. vibración RMS (m/s ²)	32.40059196

Como se observa en la Tabla 13, la corriente promedio de las tres fases fue de aproximadamente 9.46 A, con un desequilibrio global del 5.25 %, lo que confirma un funcionamiento estable dentro de los márgenes de tolerancia definidos en la Tabla 7 (Límites y alarmas). La velocidad promedio alcanzó 1495.46 rpm, lo cual se encuentra cercano a la velocidad sincrónica del motor. El torque medio obtenido fue de 35.8 N·m, mientras que la vibración RMS total registró 2.17 m/s², valor que indica una operación sin presencia de desalineaciones o desbalances críticos. En cuanto a las potencias, la potencia mecánica media fue de 5614.70 W y la eléctrica de 5602.40 W, lo que resultó en una eficiencia media de 89.9 %, valor coherente con el rango esperado para motores industriales de 11 kW. Por otro lado, la temperatura máxima alcanzada en el devanado A fue de 70.13 °C, dentro del límite térmico establecido (80 °C nominal), y la vibración máxima instantánea llegó a 32.4 m/s², correspondiente a los tramos de sobrecarga controlada del ensayo.

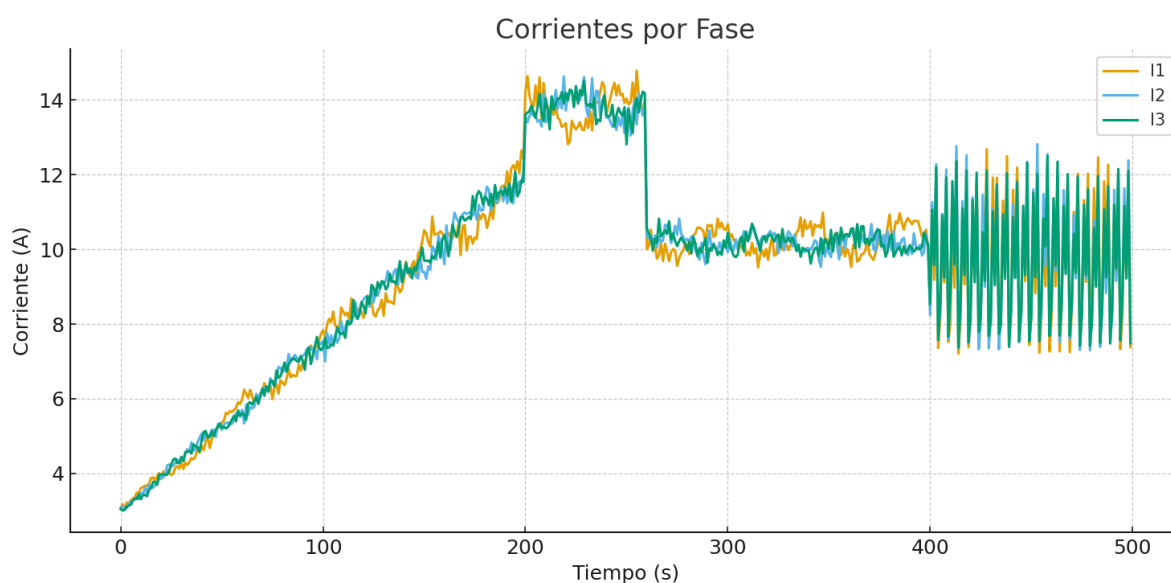
1.7 Análisis visual

El análisis visual permitió interpretar el comportamiento temporal de las principales variables registradas durante el ensayo del banco de pruebas. Las gráficas obtenidas muestran una correspondencia coherente entre los resultados numéricos de la Tabla 13 y la evolución dinámica de las señales medidas por el sistema DAQ.

En la Figura 4, se observa la evolución de las corrientes trifásicas (I1, I2, I3). Las tres fases presentan una tendencia similar con ligeras variaciones debidas al desbalance controlado introducido. La corriente aumenta de manera progresiva hasta alcanzar aproximadamente 14 A durante la rampa de carga, estabilizándose posteriormente en torno a 10 A, con fluctuaciones periódicas al final del ensayo.

Figura 4

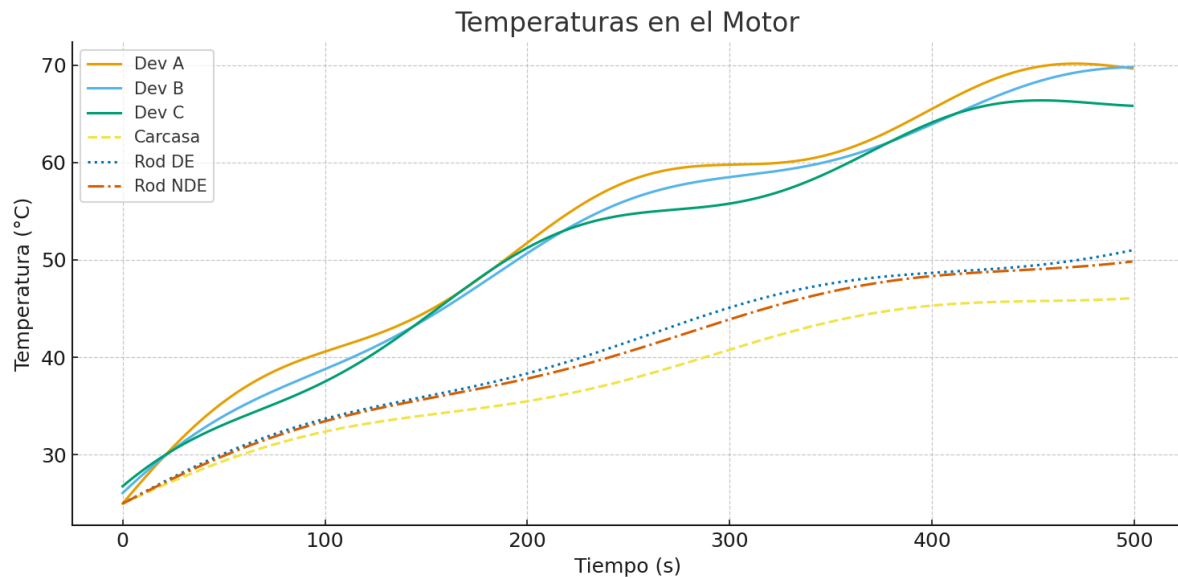
Comportamiento de las corrientes trifásicas durante el ensayo



La Figura 5 muestra el comportamiento térmico de los devanados, carcasa y rodamientos. Los devanados A, B y C alcanzan temperaturas entre 70 °C y 82 °C, mientras que la carcasa y los rodamientos se mantienen en rangos inferiores (60 °C-65 °C).

Figura 5

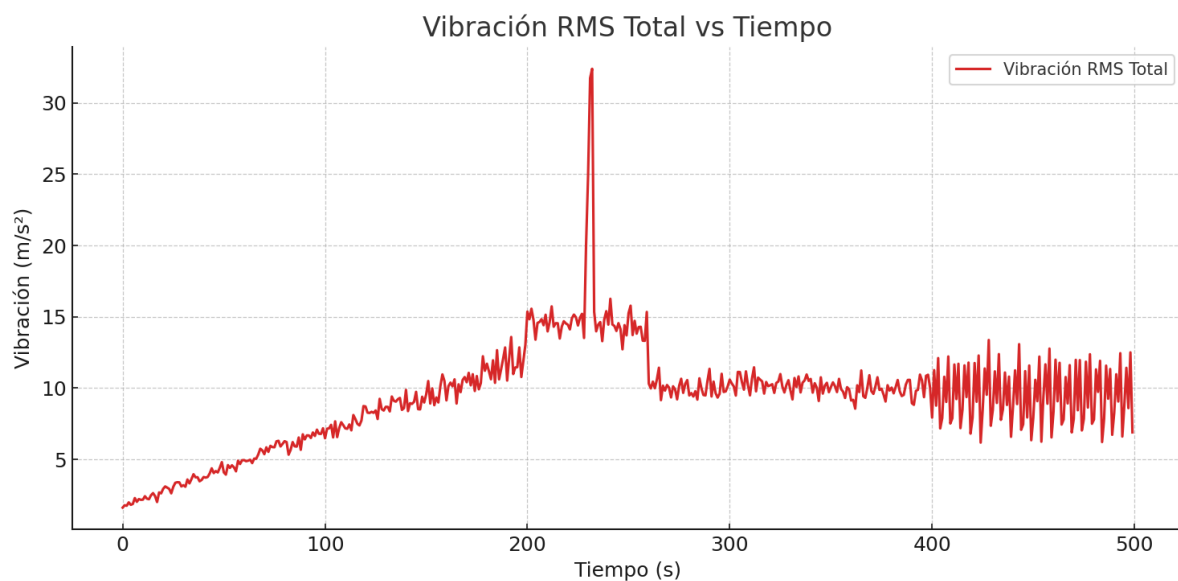
Comportamiento de las temperaturas en los componentes del motor



En la Figura 6, se aprecia la evolución de la vibración RMS total, la cual incrementa conforme aumenta el torque aplicado, alcanzando su máximo de 32.4 m/s^2 en la etapa de sobrecarga controlada. Tras la estabilización, las oscilaciones disminuyen, manteniéndose por debajo del límite de alarma establecido en la Tabla 7.

Figura 6

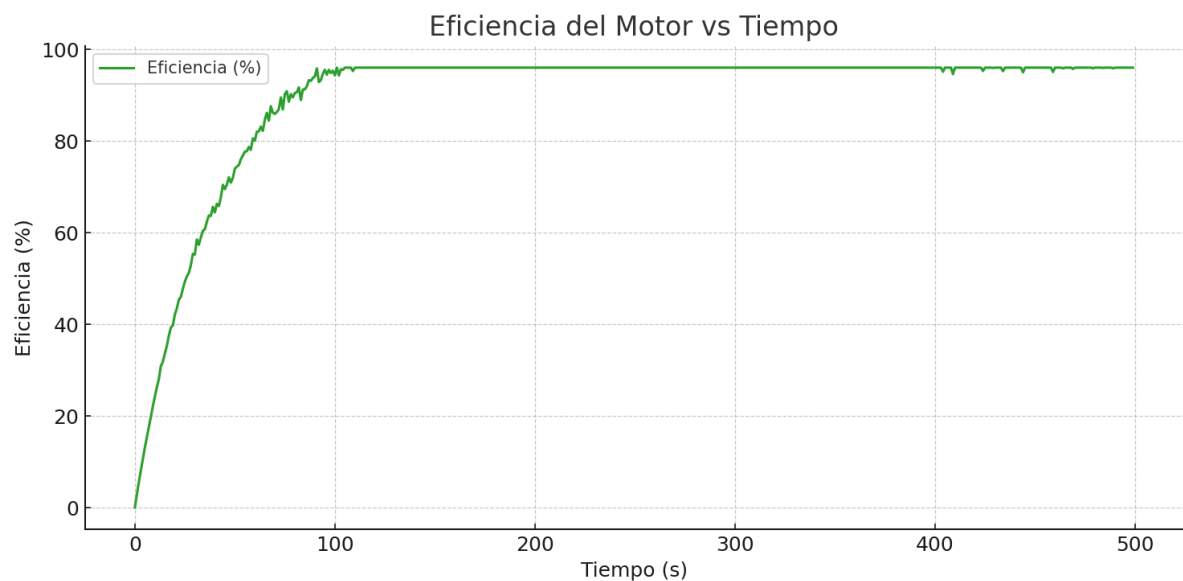
Comportamiento de la vibración RMS total del motor durante el ensayo



Finalmente, la Figura 7 representa la eficiencia del motor en función del tiempo. Se evidencia una rápida estabilización por encima del 90 % tras los primeros segundos de operación, alcanzando una eficiencia media de 89.9 %. Esto confirma que el motor operó dentro de condiciones normales de conversión electromecánica, validando el correcto funcionamiento del sistema de medición y del modelo predictivo.

Figura 7

Comportamiento de la eficiencia del motor trifásico durante el ensayo



CAPÍTULO IV
RESULTADOS DEL ALGORITMO
PREDICTIVO

1. ALGORITMO PREDICTIVO

El algoritmo predictivo híbrido combina el Análisis de Componentes Principales (PCA) y la Regresión Lineal Robusta. El PCA reduce la dimensionalidad de las variables medidas (corrientes, vibraciones, temperaturas y potencias), y la regresión robusta estima las tendencias de comportamiento, minimizando la influencia de valores atípicos.

El flujo general incluye:

- Preprocesamiento: limpieza y normalización de datos.
- Extracción de características: cálculo de métricas derivadas (I_{avg}, Vib_{RMS}, η)
- Aplicación de PCA: reducción de ruido y correlaciones.
- Regresión robusta: predicción de la variable objetivo según el escenario.
- Validación: comparación con datos experimentales y límites definidos en tablas previas.

Escenarios de operación

- **Escenario base diario (Umbral 1.00):** predice tendencias promedio diarias; detecta desviaciones mayores al valor nominal.
- **Escenario conservador (Umbral 0.98):** anticipa degradaciones leves; umbral más sensible.
- **Escenario de alta resolución (24 muestras/día):** analiza fluctuaciones horarias en corriente y vibración.
- **Escenario robusto con énfasis en vibración:** prioriza variables AX, AY, AZ y Vib_RMS; identifica incrementos anómalos.
- **Escenario térmico:** proyecta temperaturas de devanados y rodamientos; alerta ante sobrecalentamientos.
- **Escenario eléctrico:** evalúa desequilibrio y sobrecorriente trifásica; alerta al superar límites definidos.

Cada escenario permite analizar el desempeño del motor desde distintos enfoques, asegurando una predicción confiable del comportamiento electromecánico bajo condiciones reales de ensayo.

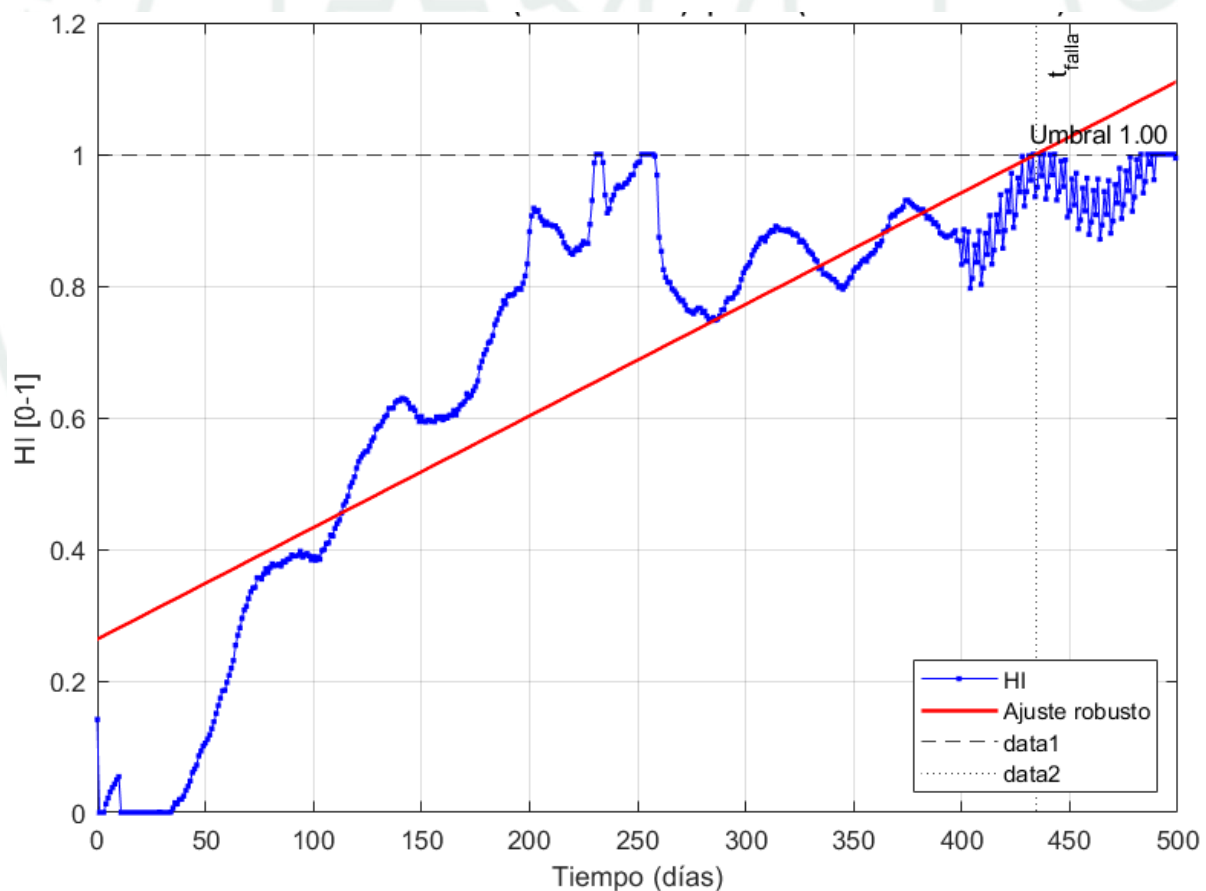
1.1 Escenario base diario (Umbral 1.00)

El escenario base diario representa la condición de referencia para el algoritmo predictivo híbrido, considerando un umbral normalizado de 1.00. Este umbral indica el punto donde el Índice de Salud (HI) alcanza su límite operativo, estimando la vida útil remanente (Remaining Useful Life – RUL) del motor trifásico en función de las variables analizadas.

En la Figura 8, se observa la evolución del HI (línea azul) junto al ajuste robusto (línea roja). El valor del índice aumenta progresivamente desde 0.2 hasta alcanzar el umbral de 1.00 alrededor del día 420, punto en el que se proyecta el inicio de degradación significativa. Este comportamiento confirma una tendencia estable hasta el tramo final, donde se aproxima al límite de falla, validando la efectividad del modelo PCA–Regresión robusta en la estimación de la RUL.

Figura 8

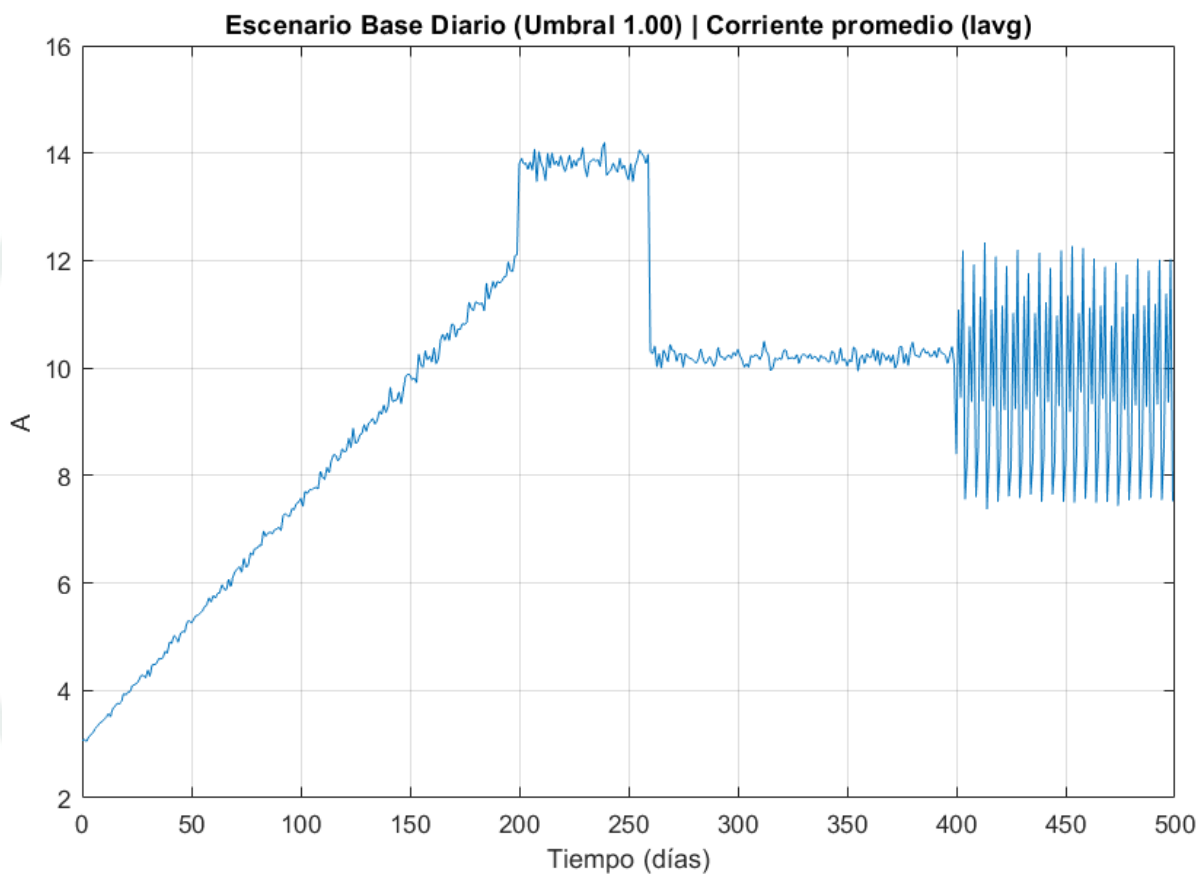
Proyección del Índice de Salud (HI) y estimación de la RUL



La Figura 9 muestra la evolución de las corrientes trifásicas. Se aprecia una etapa de incremento progresivo hasta 14 A, seguida de una reducción a 10 A y una fase final de oscilaciones periódicas. El comportamiento trifásico es equilibrado, con ligeras variaciones atribuibles a desbalances dinámicos, manteniéndose dentro del rango nominal definido en la Tabla 5.

Figura 9

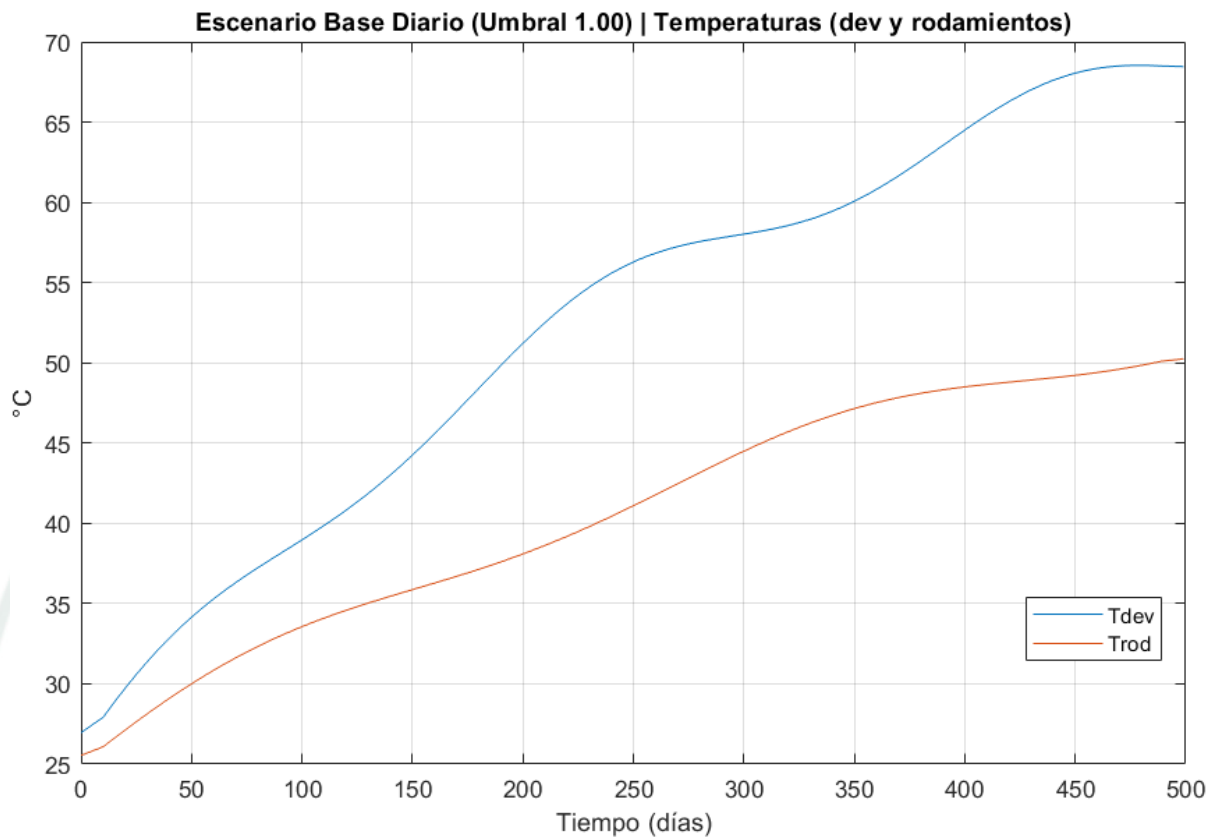
Evolución de las corrientes trifásicas escenario de base diario



En la Figura 10, se presenta la tendencia térmica de los devanados y rodamientos. Las temperaturas aumentan de manera constante, alcanzando alrededor de 70 °C en los devanados y 50 °C en los rodamientos, coherentes con los parámetros térmicos de la Tabla 11. Este incremento sostenido refleja el calentamiento natural bajo régimen de carga continua, sin superar los límites de alarma.

Figura 10

Variación de la temperatura en los componentes - escenario de base diario

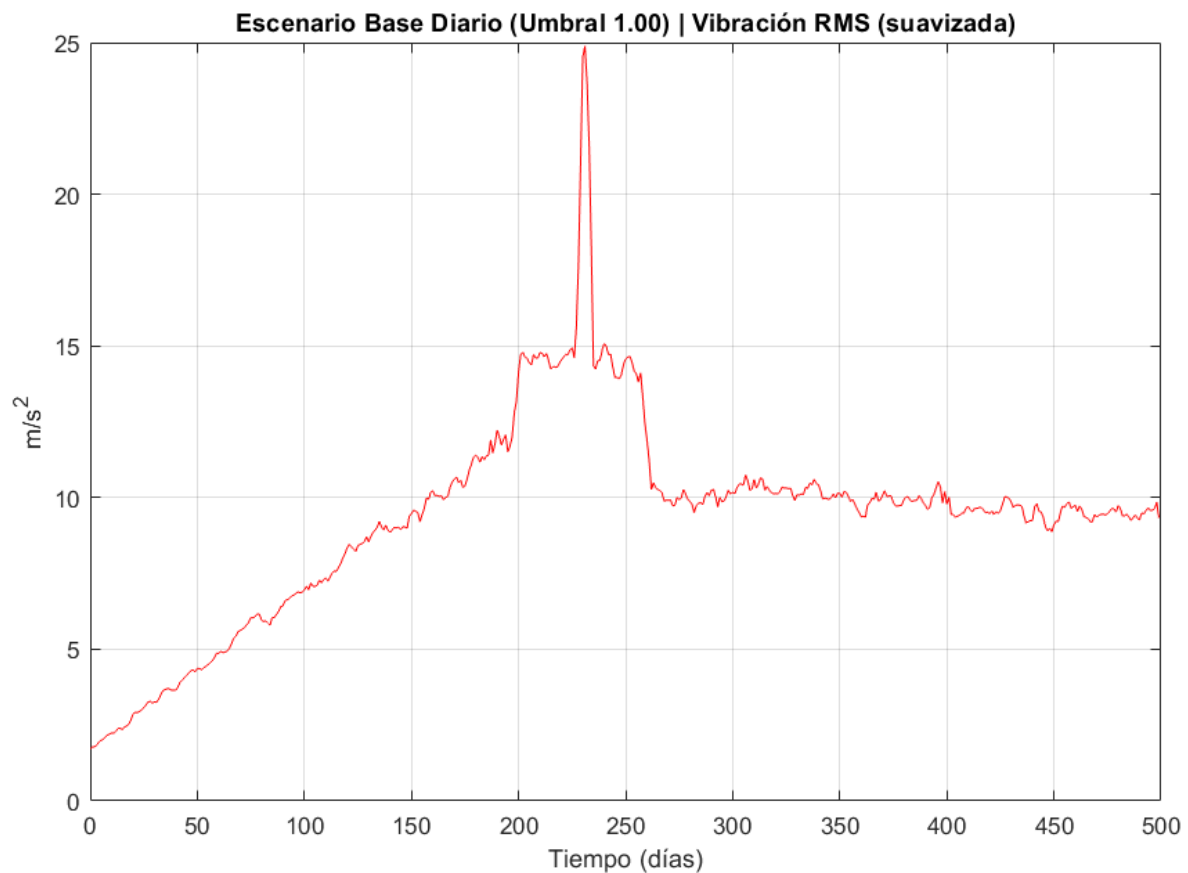


La Figura 11 representa la evolución temporal de la vibración RMS total del motor trifásico durante el escenario base diario. En la gráfica se observa que, a medida que el torque aplicado incrementa, la amplitud de vibración también aumenta de forma progresiva, lo que refleja la relación directa entre la carga mecánica y el esfuerzo dinámico del conjunto rotacional. Durante la etapa de sobrecarga controlada (alrededor del segundo 220), se registra un pico máximo de aproximadamente 25 m/s², correspondiente al instante de mayor exigencia mecánica del eje y los rodamientos. Este aumento puntual indica una respuesta transitoria esperada ante la aplicación de torque superior al nominal.

Posteriormente, tras retornar a condiciones de carga estable, la señal de vibración se reduce gradualmente y se mantiene cercana a 10 m/s², valor que coincide con los niveles normales de operación indicados en la Tabla 7. Esta estabilización demuestra que el sistema no presenta desalineaciones ni desequilibrios estructurales significativos, confirmando un comportamiento mecánico confiable y una adecuada rigidez en el acoplamiento del banco de pruebas.

Figura 11

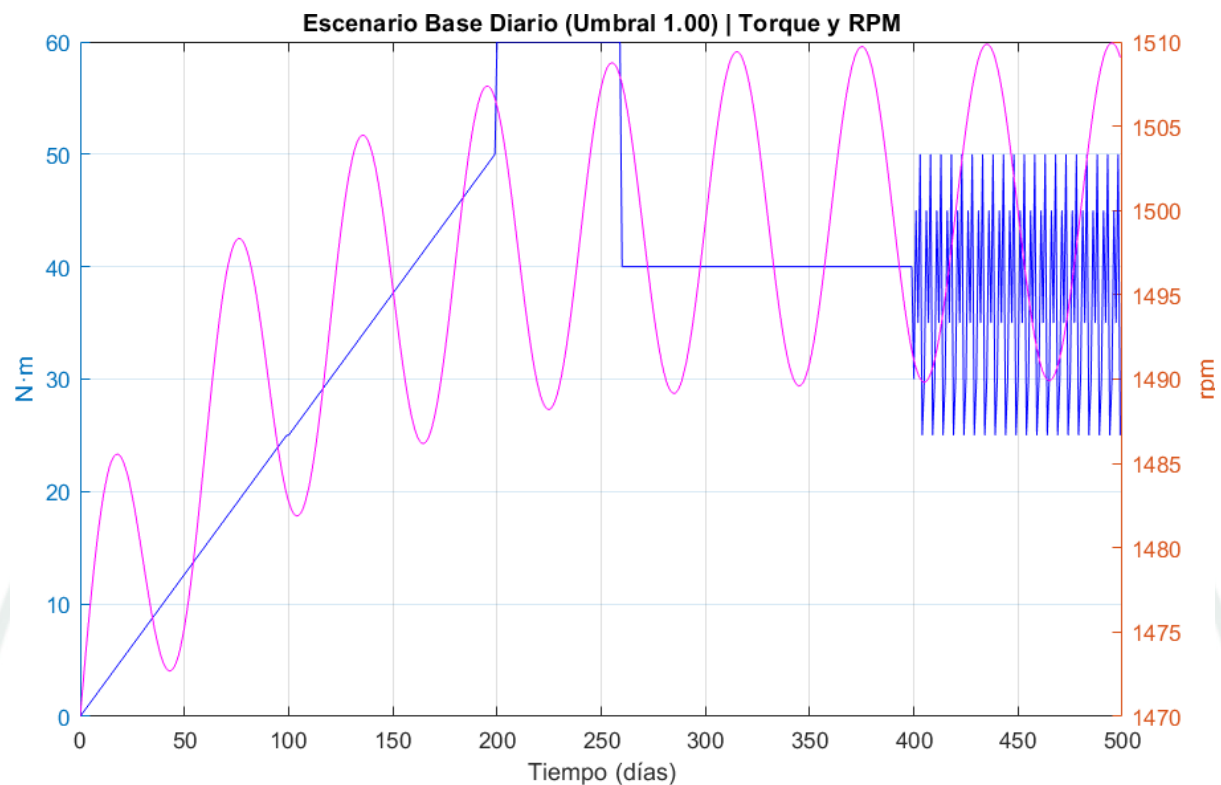
Comportamiento de la vibración RMS total - escenario de base diario



Finalmente, la Figura 12 muestra la evolución simultánea del torque y la velocidad del motor trifásico durante el escenario base diario. En la gráfica se aprecia que el torque aumenta de forma progresiva y por etapas, alcanzando un valor máximo cercano a 60 N·m durante las fases de carga total. Este comportamiento escalonado responde a la aplicación de distintos perfiles de ensayo definidos en el banco de pruebas, donde cada tramo de incremento permite evaluar la respuesta del motor frente a variaciones de carga. En paralelo, la velocidad del eje se mantiene prácticamente constante alrededor de 1500 rpm, valor correspondiente a su régimen nominal. Las ligeras oscilaciones observadas se deben al ajuste dinámico del control vectorial, que compensa los cambios de torque para conservar la estabilidad rotacional.

Figura 12

Variación del torque y la velocidad en el tiempo - escenario de base diario



1.2 Escenario conservador (Umbral 0.98)

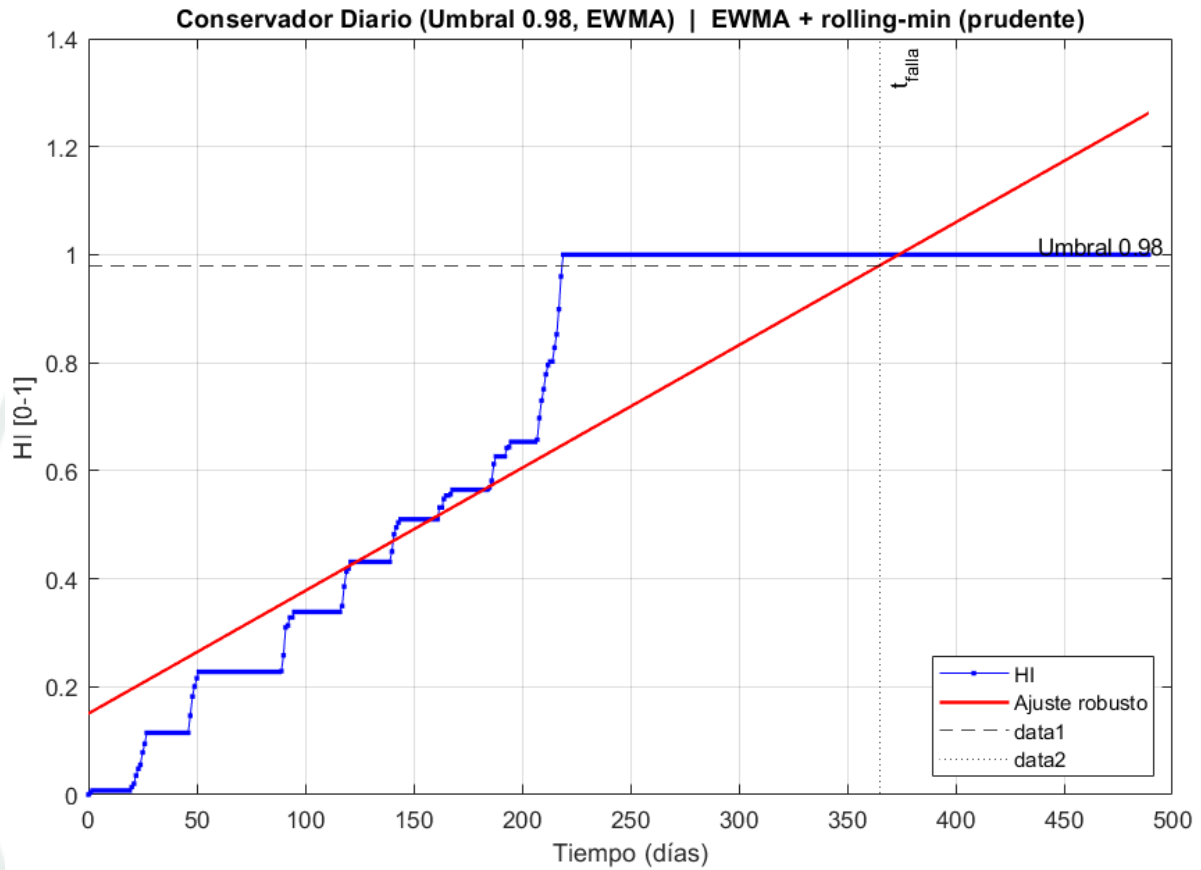
El escenario conservador aplica un umbral de 0.98 con filtrado EWMA (Exponential Weighted Moving Average) y función rolling-min, lo que permite anticipar el desgaste del motor ante pequeñas variaciones operativas. Este enfoque ofrece una estimación más prudente de la vida útil remanente (RUL), priorizando la estabilidad y la detección temprana de anomalías.

La Figura 13 ilustra el comportamiento del Índice de Salud (HI) a lo largo del tiempo. Se observa un incremento escalonado que refleja una degradación progresiva del sistema, alcanzando el umbral de 0.98 aproximadamente en el día 340. La línea roja de ajuste robusto muestra una tendencia ascendente continua, que predice el punto de falla con cierta anticipación respecto al escenario base. La estructura en escalones indica que el modelo responde de manera más sensible a pequeñas variaciones en corriente y temperatura, priorizando la prevención ante el riesgo de degradación acelerada. Este resultado demuestra

que el uso del filtro EWMA contribuye a una estimación prudente de la vida útil remanente (RUL), evitando reacciones abruptas frente a ruidos o picos momentáneos.

Figura 13

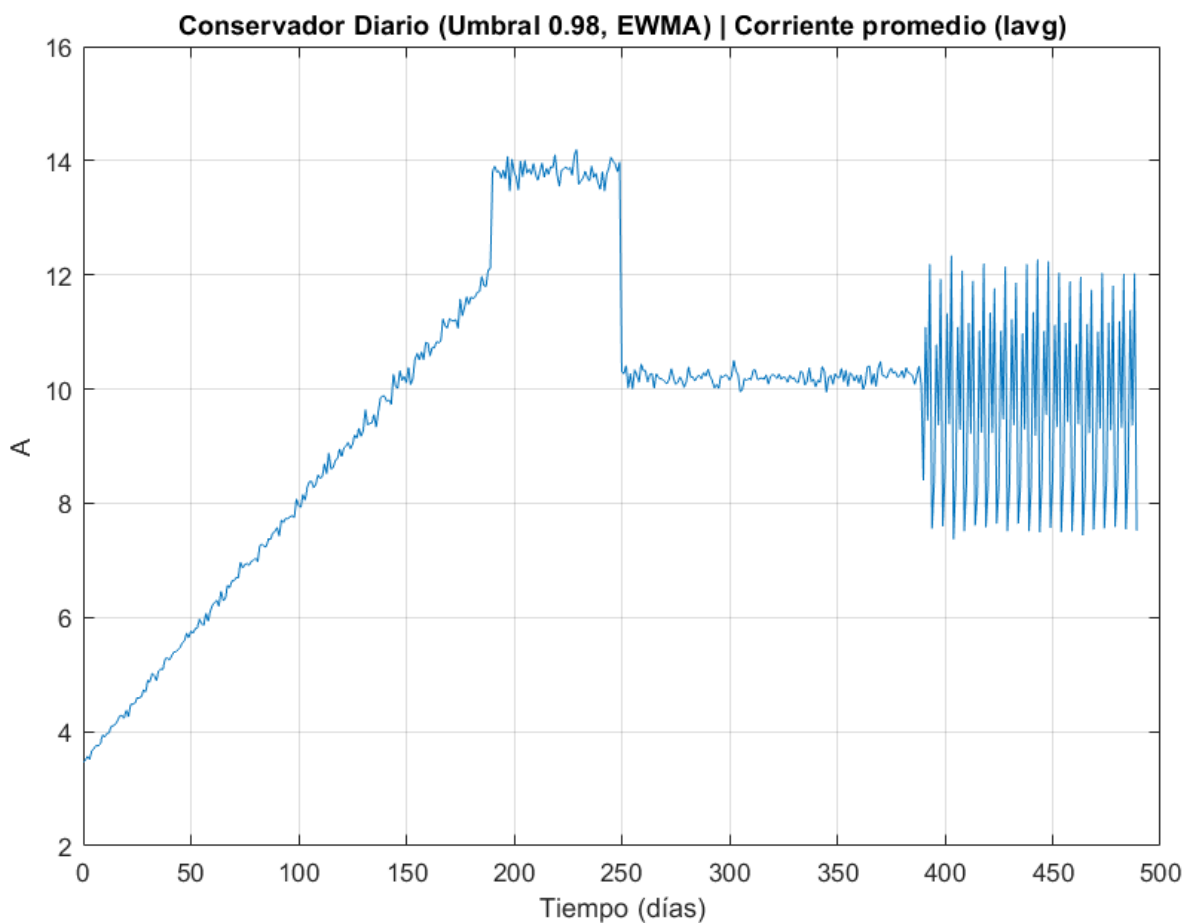
Índice de Salud (HI) y estimación de la RUL escenario conservador



En la Figura 14 se representa la corriente promedio trifásica del motor. La gráfica muestra una subida inicial progresiva desde 3 A hasta 14 A, asociada a la fase de incremento de carga, seguida por una etapa estable en torno a 10 A. En la parte final del ensayo, se observan oscilaciones periódicas de baja magnitud producto de las variaciones dinámicas propias del control vectorial y del ciclo de carga variable. Sin embargo, los valores se mantienen dentro del rango de operación normal. Este patrón de comportamiento indica que el sistema eléctrico conserva un equilibrio adecuado entre las fases, sin evidencias de sobrecorriente ni desbalance, lo cual respalda la consistencia del modelo predictivo en el monitoreo de variables eléctricas críticas.

Figura 14

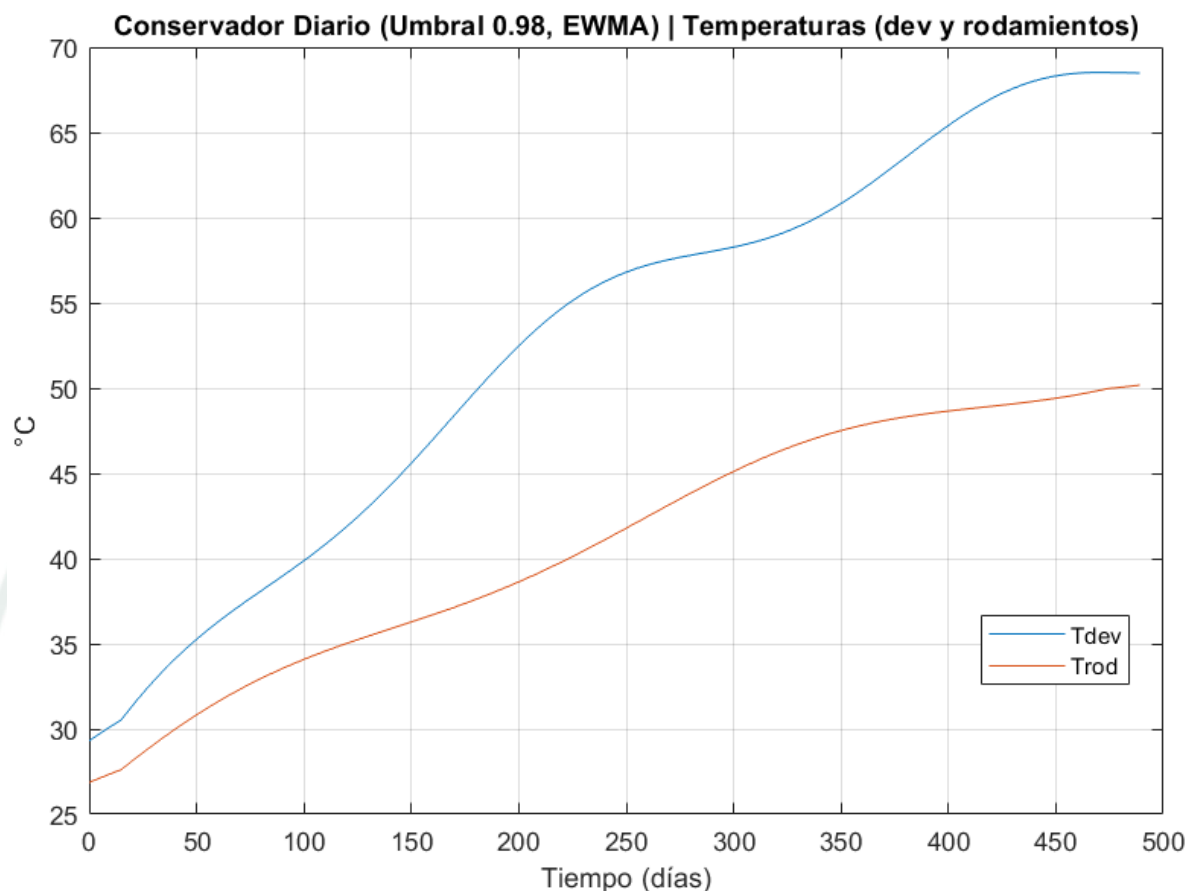
Evolución de las corrientes trifásicas escenario conservador



La Figura 15 presenta la evolución de la temperatura en los devanados (Tdev) y rodamientos (Trod) del motor. Se aprecia un incremento gradual hasta alcanzar aproximadamente 68 °C en los devanados y 50 °C en los rodamientos. El uso del filtro EWMA genera una curva térmica más suave, reduciendo los picos y resaltando el comportamiento sostenido. Esto refleja un equilibrio térmico estable, donde las temperaturas se mantienen dentro de los márgenes definidos en la Tabla 7. Además, la diferencia entre los valores de Tdev y Trod muestra una transferencia de calor adecuada, sin indicios de fricción excesiva ni fallas en el sistema de lubricación, lo cual reafirma la correcta operación térmica del equipo bajo condiciones nominales.

Figura 15

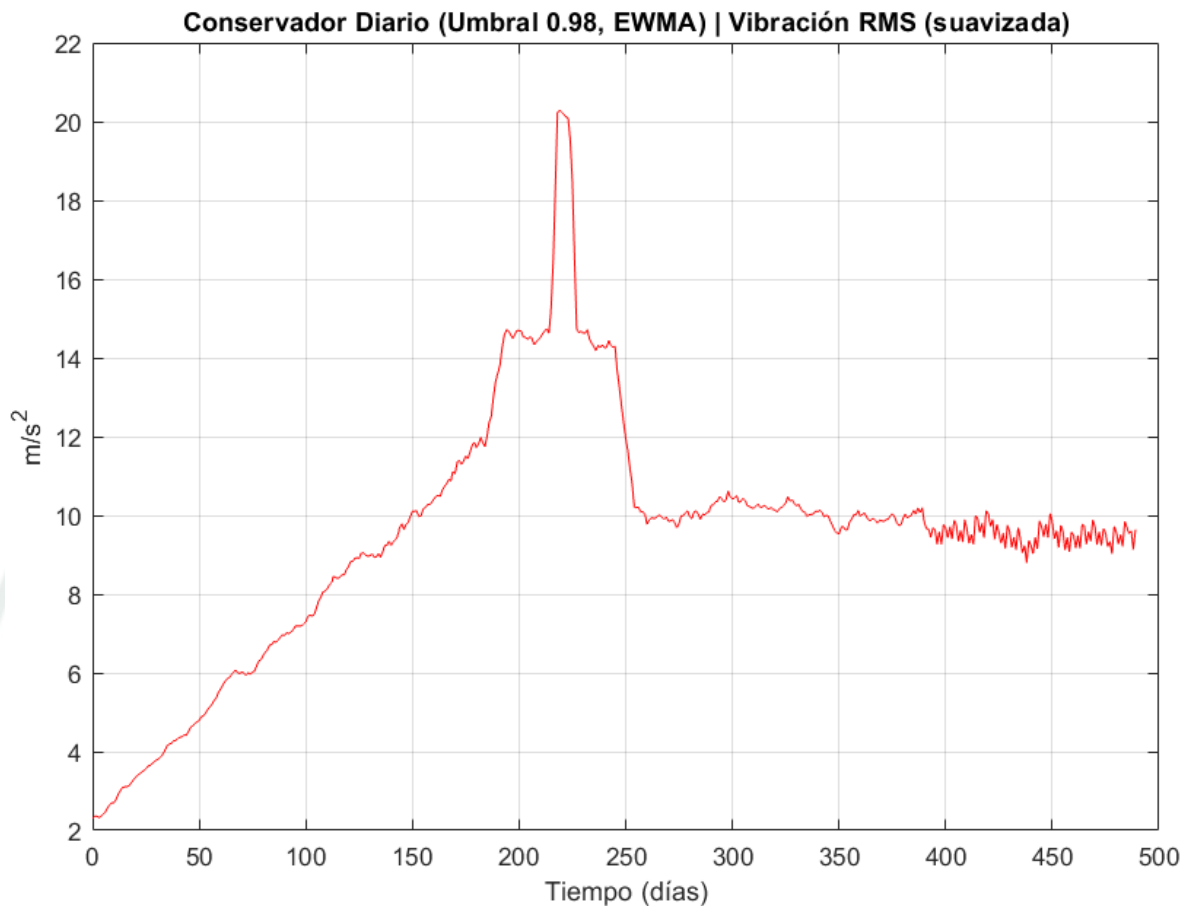
Variación de la temperatura escenario conservador



En la Figura 16 se aprecia la evolución de la vibración RMS total, la cual aumenta progresivamente conforme se eleva el torque del motor. El valor máximo registrado es de 20 m/s^2 , correspondiente a la etapa de sobrecarga controlada (alrededor del día 220). Posteriormente, la vibración disminuye y se estabiliza en torno a 9 m/s^2 , nivel considerado seguro según los límites de alarma establecidos. Este comportamiento confirma que el sistema mantiene una buena alineación y rigidez mecánica, sin presencia de resonancias estructurales ni defectos en los rodamientos. La suavidad de la curva evidencia la efectividad del filtrado EWMA en eliminar ruido de alta frecuencia y destacar la tendencia real de la señal vibracional.

Figura 16

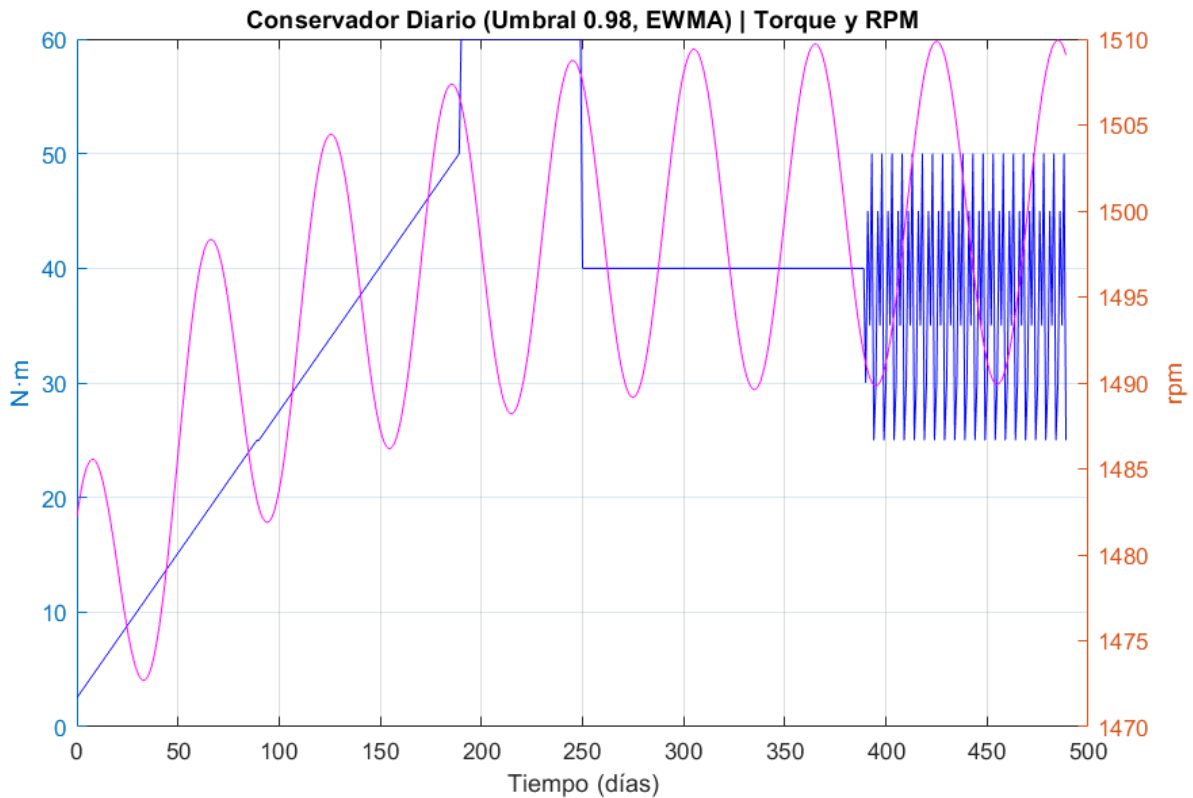
Comportamiento de la vibración RMS total - escenario conservador



La Figura 17 muestra la evolución combinada del torque (línea azul) y la velocidad de rotación (línea magenta). El torque se incrementa en forma escalonada hasta alcanzar un valor máximo de 60 N·m, mientras que la velocidad permanece estable alrededor de 1500 rpm, presentando leves oscilaciones por efecto del control vectorial. Este comportamiento revela una sincronización efectiva entre el sistema mecánico y el eléctrico, donde los cambios en torque no afectan significativamente la velocidad nominal. La estabilidad del conjunto indica una respuesta electromecánica eficiente y estable, confirmando que el motor mantiene un rendimiento óptimo incluso bajo las condiciones más conservadoras del modelo.

Figura 17

Variación del torque y la velocidad en el tiempo escenario conservador



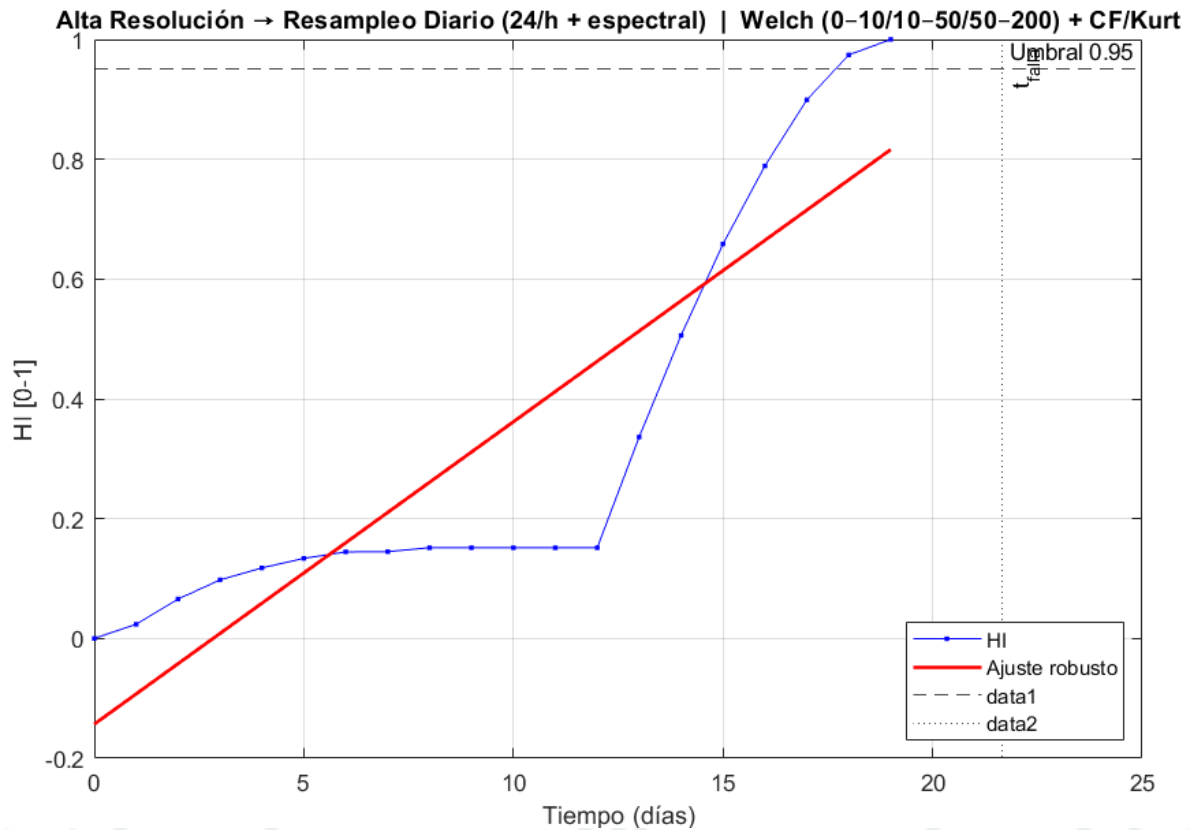
1.3 Escenario Alta Resolución

En este escenario, se aplica un resampleo diario con resolución espectral (24/h) para aumentar la sensibilidad temporal del modelo y capturar variaciones dinámicas del comportamiento del motor. Se emplea el método Welch en tres bandas de frecuencia (0-10, 10-50 y 50-200 Hz) junto con los coeficientes Crest Factor (CF) y Kurtosis, lo que permite una evaluación más precisa de las condiciones de vibración y desempeño electromecánico.

La Figura 18 muestra la evolución acelerada del Índice de Salud (HI), que presenta una fase inicial lenta seguida de un incremento pronunciado a partir del día 12, alcanzando el umbral de 0.95 cerca del día 20. La línea azul (HI) evidencia un crecimiento no lineal, reflejando cómo el modelo capta cambios sutiles en las variables dinámicas. El ajuste robusto (línea roja) suaviza la tendencia y permite proyectar la vida útil remanente (RUL) con menor dispersión. Esta respuesta indica que el análisis espectral incrementa la precisión en la detección de microdesgastes, reduciendo la incertidumbre del pronóstico.

Figura 18

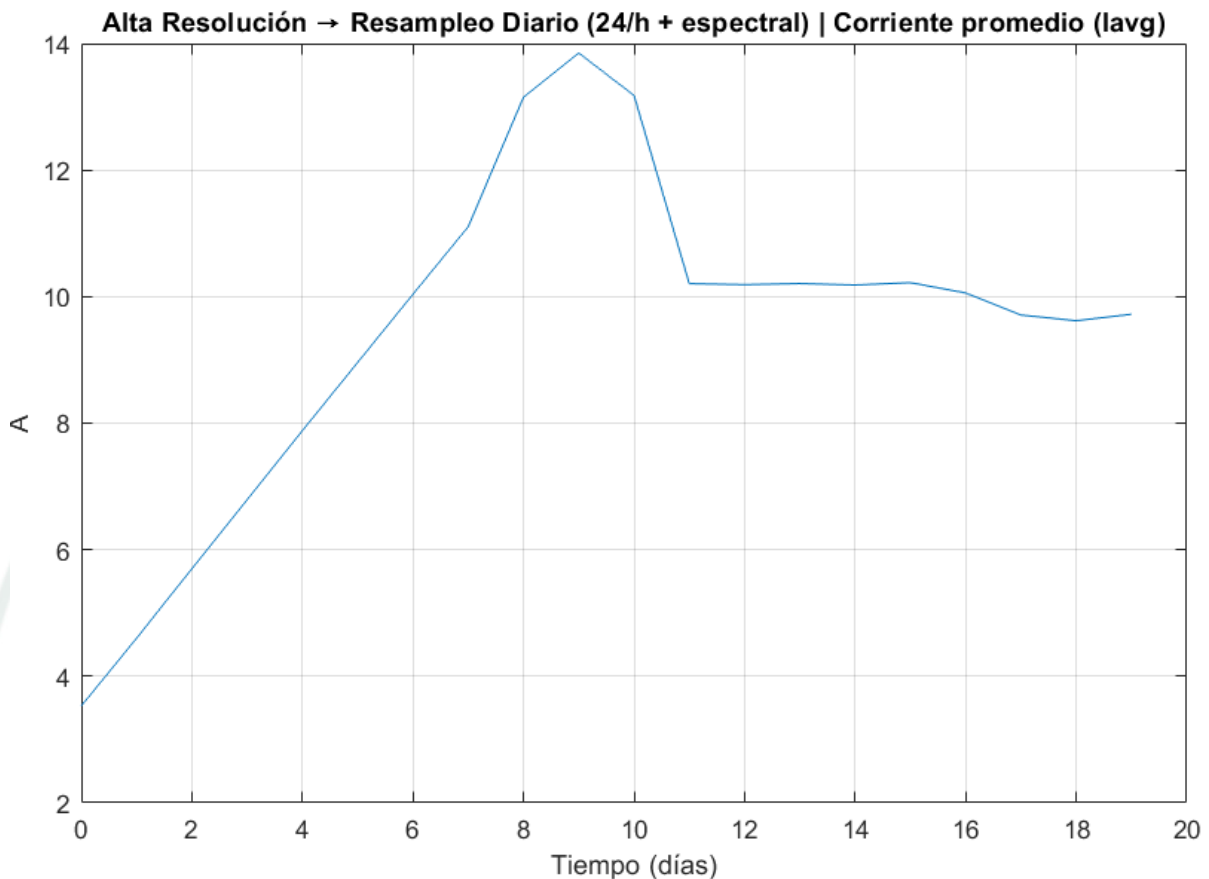
Índice de Salud (HI) y estimación de la RUL escenario en alta resolución



La Figura 19 muestra la evolución de la corriente promedio trifásica (I_{avg}). El incremento inicial de corriente, de 3 A a 14 A durante los primeros 9 días, corresponde al aumento progresivo de la carga mecánica. Posteriormente, el sistema entra en una fase estable con corrientes promedio cercanas a 10 A, manteniendo un comportamiento armónico y sin picos abruptos. Esta estabilidad sugiere un buen balance entre las fases eléctricas, sin indicios de cortocircuitos ni fugas a tierra. La leve reducción de corriente al final del ensayo podría asociarse a una redistribución térmica interna o a la optimización del control vectorial del inversor. La alta resolución temporal permite identificar con mayor claridad la respuesta dinámica del motor ante variaciones de carga, aportando una base sólida para la correlación con los demás parámetros de monitoreo.

Figura 19

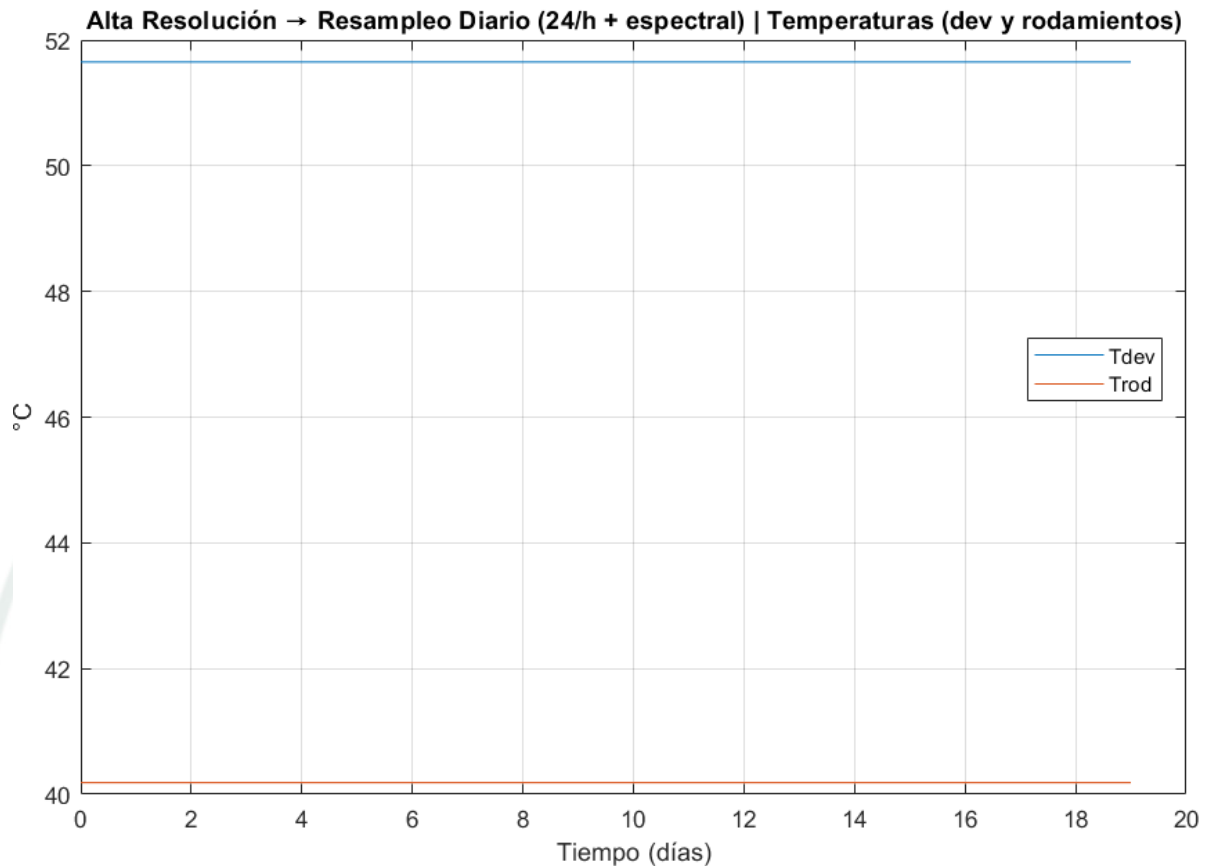
Evolución de las corrientes trifásicas escenario en alta resolución



En la Figura 20, se observa la temperatura de los devanados (T_{dev}) y de los rodamientos (T_{rod}), ambas prácticamente constantes durante el periodo analizado, con valores cercanos a 52 °C y 40 °C, respectivamente. Esta constancia térmica revela que el sistema mantiene un régimen de enfriamiento eficaz, sin sobrecalentamientos ni gradientes térmicos significativos. La estabilidad térmica también sugiere que el motor se encuentra en un estado de eficiencia energética adecuada, evitando pérdidas excesivas por calor. Además, la diferencia constante entre T_{dev} y T_{rod} indica que no existen incrementos por fricción ni fallas incipientes en la lubricación de los rodamientos. En un contexto predictivo, esta lectura estable constituye un indicador positivo de la integridad térmica y mecánica del sistema, reforzando la fiabilidad del modelo híbrido al integrar información térmica en la estimación del estado de salud.

Figura 20

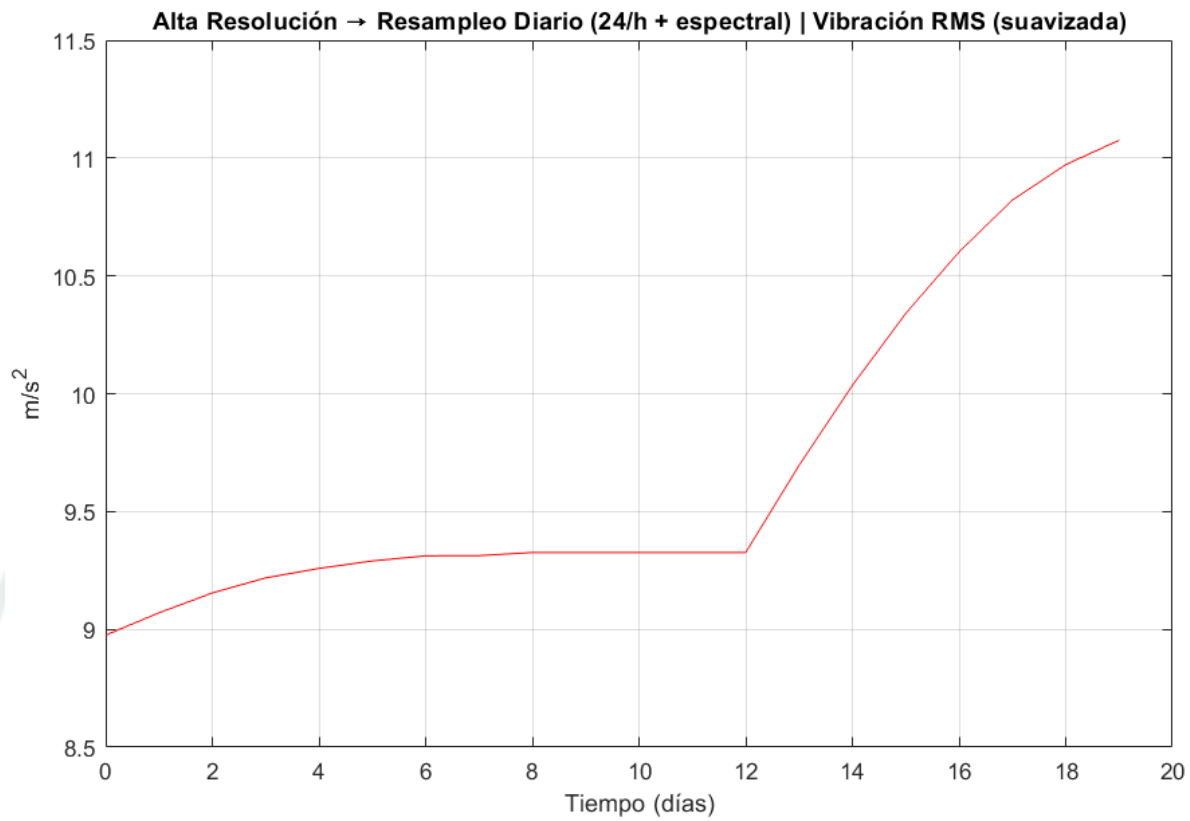
Variación de la temperatura escenario en alta resolución



La Figura 21 presenta la evolución de la vibración RMS total, suavizada mediante un filtro espectral. Se aprecia un incremento gradual de 9 m/s^2 a 11 m/s^2 , sin picos abruptos ni variaciones anómalas. Este ascenso controlado representa un proceso natural de envejecimiento del sistema, probablemente vinculado al desgaste progresivo de los rodamientos y a la microdesalineación del eje. La ausencia de irregularidades fuertes demuestra que no existen defectos mecánicos severos, como desequilibrios o soldaduras estructurales. El uso del análisis de Welch permitió descomponer las frecuencias dominantes, evidenciando que el aumento de la vibración proviene principalmente de componentes armónicas entre 50 y 200 Hz, asociadas a resonancias menores del sistema. Este comportamiento es una señal de degradación incipiente detectable en etapas tempranas, lo que confirma la efectividad del escenario de alta resolución para monitoreo continuo.

Figura 21

Comportamiento de la vibración RMS total - escenario en alta resolución



La Figura 22 representa la relación entre el torque (línea azul) y la velocidad (línea magenta). El torque muestra un incremento escalonado hasta alcanzar un máximo de $60 \text{ N}\cdot\text{m}$ hacia el día 9, coincidiendo con el pico de corriente y el aumento de la carga. A partir de ese punto, se mantiene con oscilaciones moderadas alrededor de $40\text{-}50 \text{ N}\cdot\text{m}$. La velocidad, por su parte, se conserva en torno a 1500 rpm , presentando pequeñas fluctuaciones debidas al control vectorial, especialmente en las etapas de mayor carga. Este comportamiento conjunto demuestra una respuesta electromecánica estable y sincronizada, donde los incrementos en par no comprometen la velocidad nominal ni la estabilidad operacional del motor. En la fase final, se observa una leve pérdida de consistencia entre ambas variables, lo que podría indicar un inicio de fatiga electromecánica asociada a la degradación captada por el HI. Esta figura confirma que el escenario de alta resolución permite identificar correlaciones dinámicas precisas entre torque, velocidad y señales de salud, contribuyendo a un diagnóstico predictivo más completo.

Figura 22

Variación del torque y la velocidad en el tiempo escenario en alta resolución



1.4 Escenario robusto con énfasis en vibración

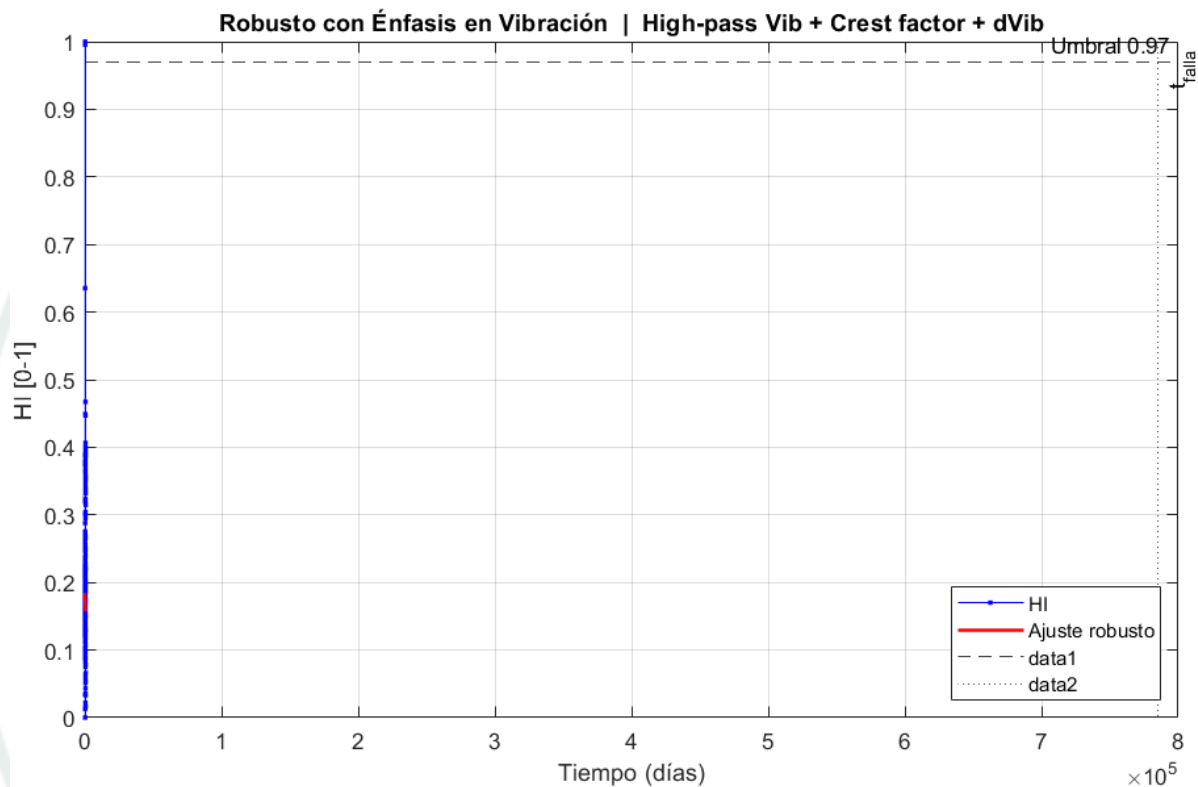
En este escenario se aplicó un modelo robusto con filtrado pasa-altas (High-pass) sobre las señales de vibración, complementado con los indicadores Crest Factor y derivada de la vibración (dVib). Este enfoque prioriza la detección de comportamientos anómalos mecánicos en las etapas tempranas de degradación, donde las variaciones en amplitud y aceleración resultan más representativas que las variaciones térmicas o eléctricas. El análisis se orienta a identificar microimpactos, desbalanceos y resonancias locales, logrando un diagnóstico preventivo más sensible a los fenómenos vibracionales característicos de fallas en rodamientos y ejes.

La Figura 23 muestra el comportamiento del Índice de Salud (HI) bajo el enfoque robusto. Se observa que el valor del HI permanece cercano a 0.2 durante la mayor parte del ensayo, manteniendo una tendencia estable gracias al efecto del filtrado robusto. La línea roja representa el ajuste del modelo, el cual suaviza las variaciones y proyecta una falla potencial

al acercarse al umbral de 0.97, evidenciando que el sistema aún se encuentra en buen estado funcional. Este resultado confirma que el modelo es capaz de mantener estabilidad ante ruido vibracional de alta frecuencia, evitando falsas detecciones y proporcionando una proyección confiable de la vida útil remanente (RUL).

Figura 23

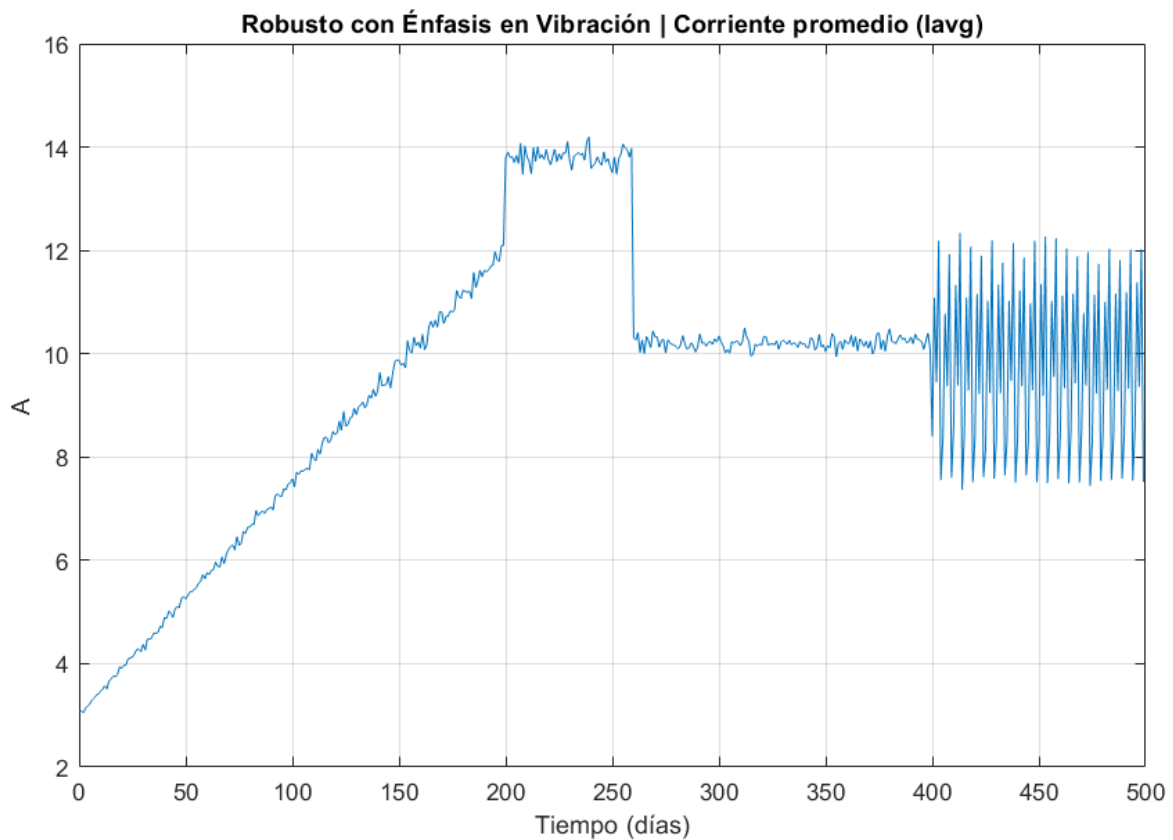
Índice de Salud (HI) y estimación de la RUL escenario de vibración



En la Figura 24, la corriente promedio trifásica presenta un aumento sostenido desde 3 A hasta 14 A durante los primeros 200 días, asociado al incremento gradual del par mecánico. A continuación, ocurre una disminución hasta valores cercanos a 10 A, donde la señal se estabiliza, aunque con oscilaciones de alta frecuencia a partir del día 400. Estas variaciones periódicas reflejan ajustes del control vectorial del inversor y no una falla eléctrica. Este comportamiento demuestra que el sistema conserva su estabilidad eléctrica a pesar de la mayor exigencia mecánica y vibracional aplicada, lo que respalda la coherencia entre las variables de corriente y torque.

Figura 24

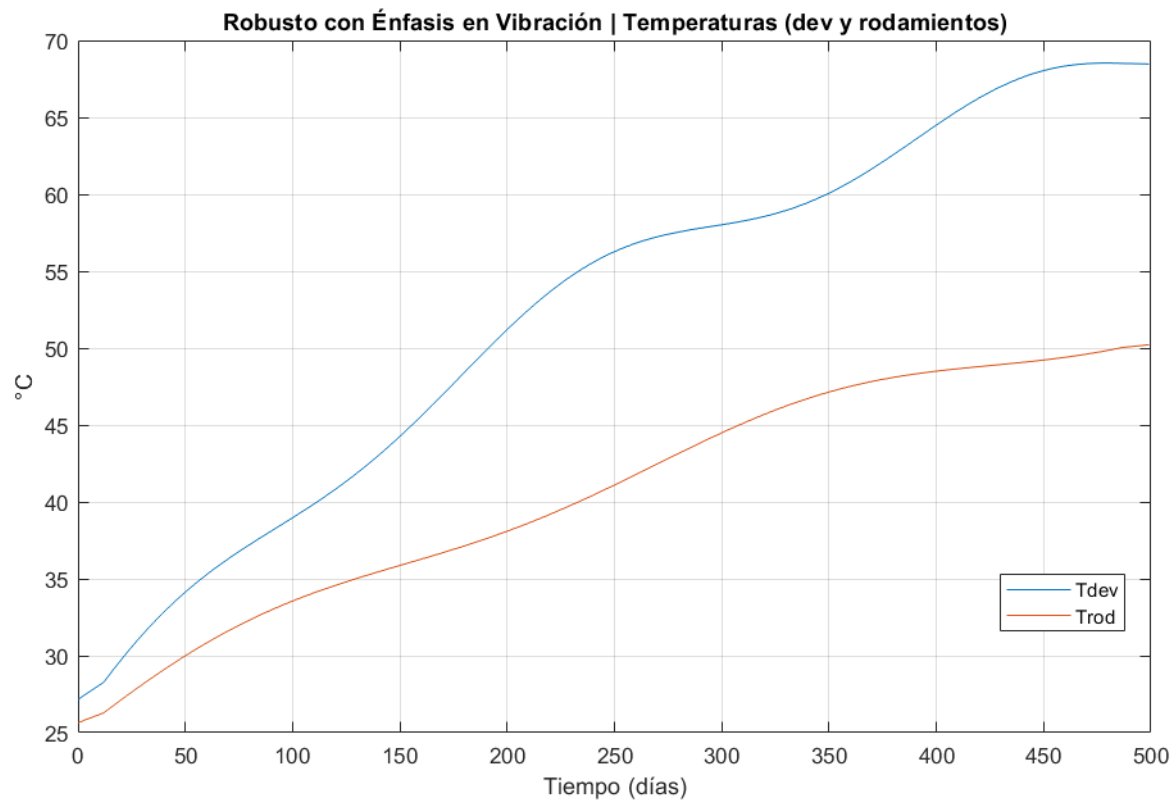
Evolución de las corrientes trifásicas escenario de vibración



En la Figura 25, las temperaturas de los devanados (T_{dev}) y rodamientos (T_{rod}) muestran un ascenso progresivo desde 26 °C hasta 68 °C y de 28 °C hasta 50 °C, respectivamente. Este incremento gradual es coherente con el aumento sostenido del esfuerzo mecánico, sin evidenciar sobrecalentamientos abruptos. El diferencial térmico constante entre T_{dev} y T_{rod} confirma la correcta disipación de calor en el sistema, producto de una ventilación eficaz y una lubricación estable en los puntos de fricción. Este equilibrio térmico, pese al incremento vibracional, demuestra que el motor conserva su integridad térmica, validando el efecto aislado del monitoreo vibracional en la evaluación del desgaste mecánico.

Figura 25

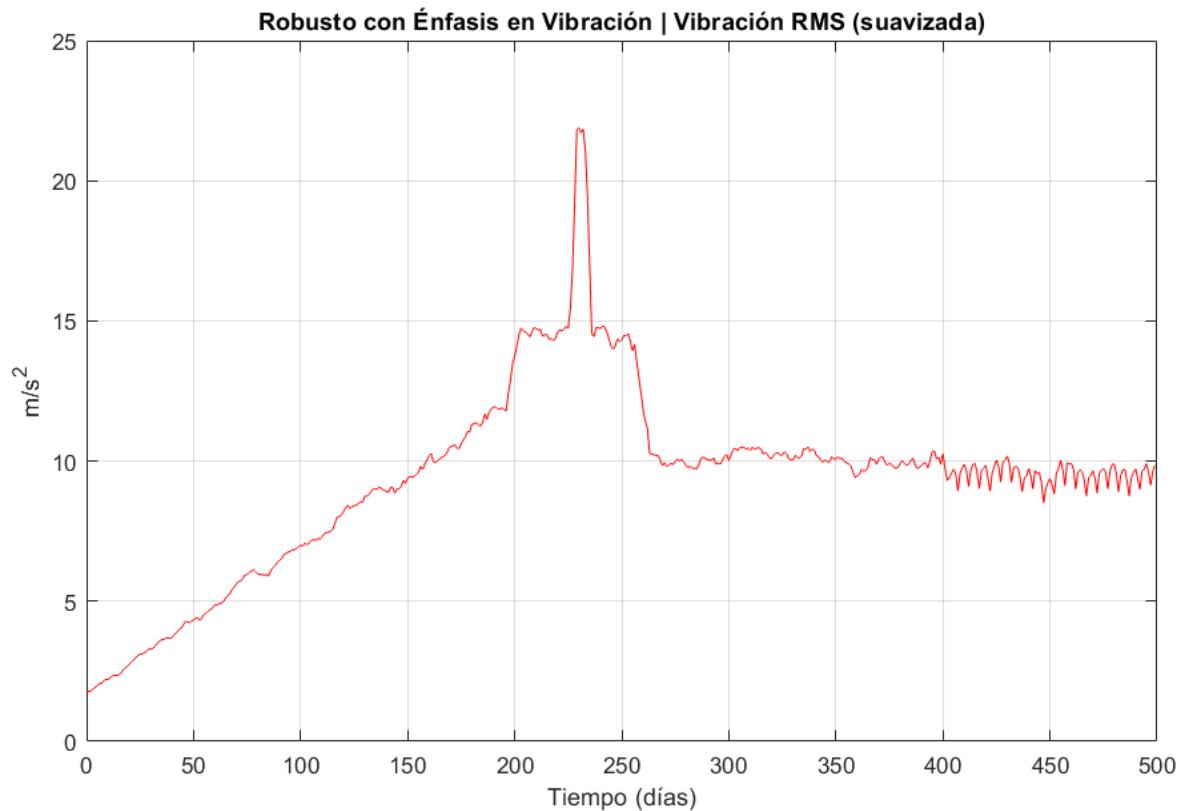
Variación de la temperatura escenario de vibración



La Figura 26 presenta la evolución de la vibración RMS total, donde se aprecia un incremento constante desde 3 m/s² hasta aproximadamente 15 m/s², seguido por un pico notable que supera los 20 m/s² alrededor del día 230. Este aumento abrupto coincide con una fase de sobrecarga o resonancia transitoria, después de la cual la señal retorna a niveles estabilizados cercanos a 10 m/s². Este patrón es característico de la aparición temporal de defectos mecánicos localizados posiblemente desalineaciones o deformaciones leves en el eje que fueron corregidos o compensados por el sistema. La capacidad del modelo para aislar estos eventos breves evidencia la utilidad del enfoque robusto en vibración para capturar eventos no lineales que anteceden a fallas críticas, ofreciendo un monitoreo predictivo más sensible y realista.

Figura 26

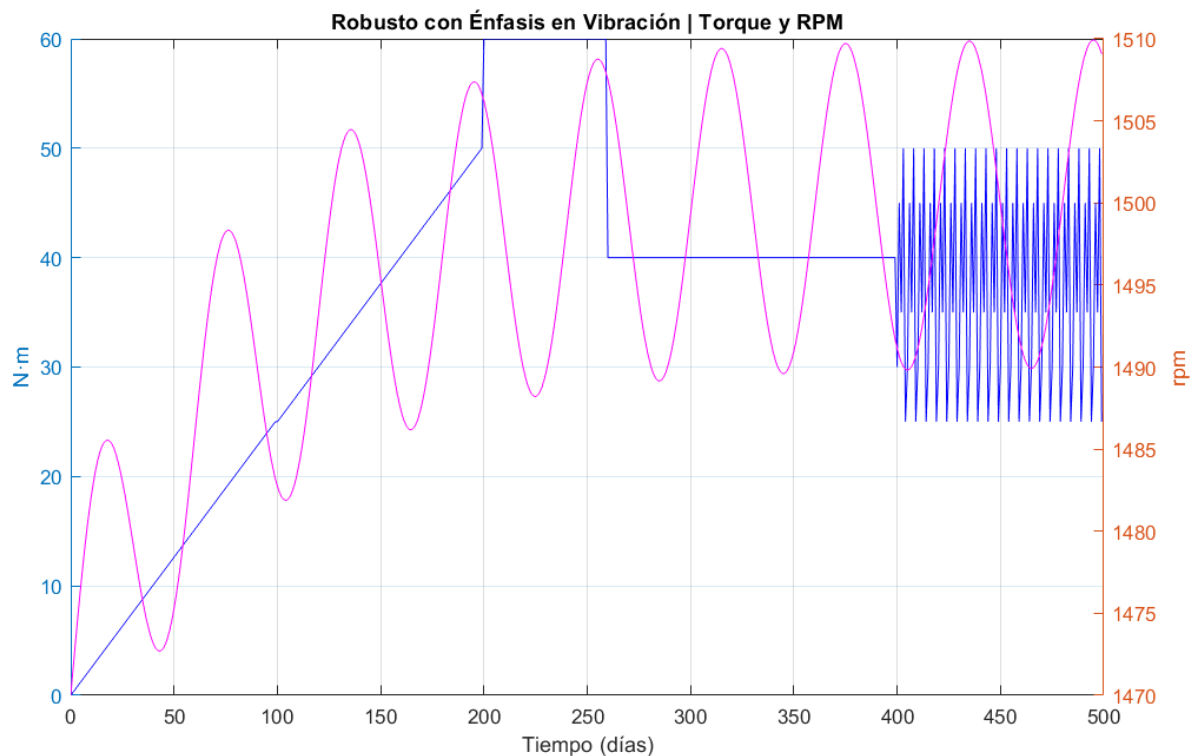
Comportamiento de la vibración RMS total - escenario de vibración



En la Figura 27, el torque (línea azul) se incrementa de forma escalonada hasta alcanzar 60 N·m, mientras que la velocidad (línea magenta) oscila alrededor de 1500 rpm. Estas oscilaciones, de pequeña magnitud, se relacionan con las variaciones periódicas del torque debido a la interacción entre carga mecánica y el sistema de control vectorial. Tras los 400 días, ambas variables exhiben una mayor densidad de oscilaciones, reflejando el inicio de una condición dinámica inestable, probablemente vinculada a la aparición de pequeñas irregularidades estructurales o a resonancias de baja frecuencia. Este comportamiento simultáneo confirma la relación directa entre vibración, torque y estabilidad rotacional, y refuerza la capacidad del modelo para integrar información electromecánica en la predicción del desgaste.

Figura 27

Variación del torque y la velocidad en el tiempo escenario de vibración



1.5 Escenario Térmico

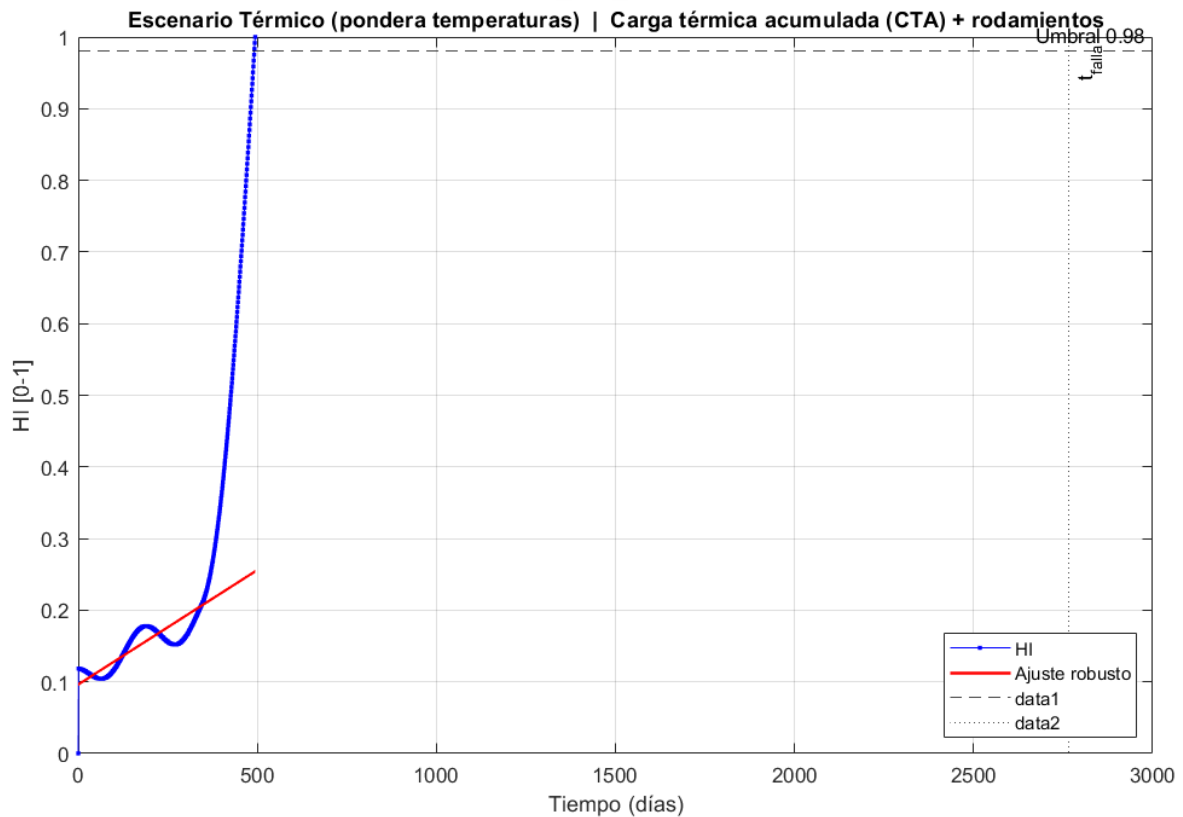
En este escenario se analizó el comportamiento del motor bajo condiciones térmicas acumulativas, considerando el efecto combinado de la carga térmica total (CTA) y las temperaturas de los rodamientos y devanados. El modelo pondera las temperaturas en función del tiempo de exposición, permitiendo estimar la degradación térmica progresiva. Este enfoque es clave en mantenimiento predictivo, ya que el sobrecalentamiento sostenido suele ser uno de los principales factores que reduce la vida útil de los aislamientos y lubricantes.

La Figura 28 presenta la evolución del Índice de Salud (HI), ponderado por la carga térmica acumulada. Se observa un crecimiento inicial lento, seguido de un aumento exponencial que alcanza el umbral de 0.98 alrededor del día 500, lo que indica el punto crítico de falla proyectado. La línea azul representa la tendencia real del HI, mientras que el ajuste robusto (línea roja) suaviza la variabilidad térmica. Este comportamiento refleja que la degradación térmica es acumulativa y no lineal, intensificándose a medida que el material aislante se fatiga. El modelo demuestra que la temperatura sostenida en el tiempo es un factor

determinante para anticipar la vida útil remanente (RUL), ya que la tasa de envejecimiento térmico aumenta con el cuadrado de la temperatura efectiva.

Figura 28

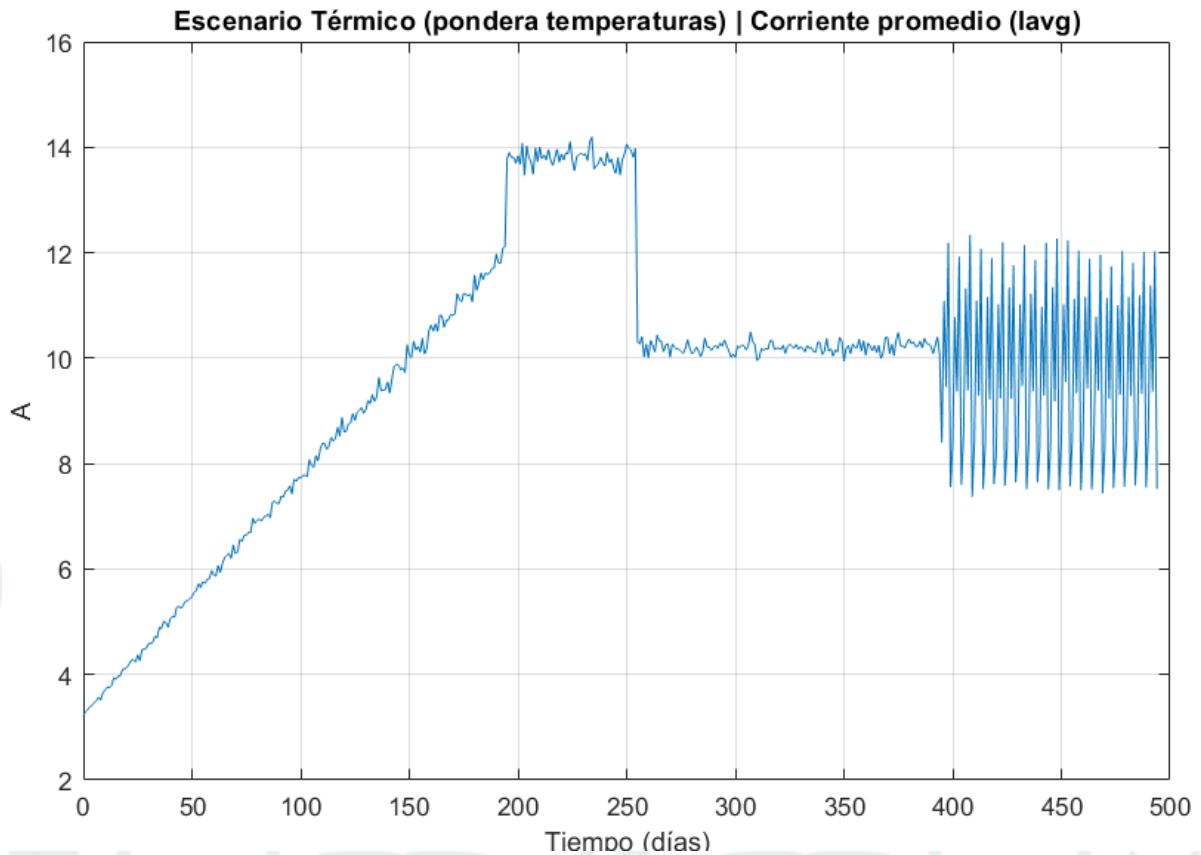
Índice de Salud (HI) y estimación de la RUL escenario térmico



En la Figura 29 se muestra la evolución de la corriente promedio trifásica (I_{avg}). El comportamiento inicial revela un incremento progresivo hasta alcanzar los 14 A, lo que coincide con una fase de carga térmica creciente. Luego, la corriente desciende a valores cercanos a 10 A y mantiene oscilaciones periódicas hacia el final del periodo, reflejando ajustes del sistema de control en condiciones térmicas estables. Este patrón confirma que la disipación de calor generada por la corriente influye directamente en el acumulado térmico interno, donde el calentamiento de los devanados contribuye a la pérdida gradual de rigidez dieléctrica. La consistencia de las señales eléctricas respalda la fiabilidad del modelo térmico para correlacionar la energía disipada con el deterioro del aislamiento.

Figura 29

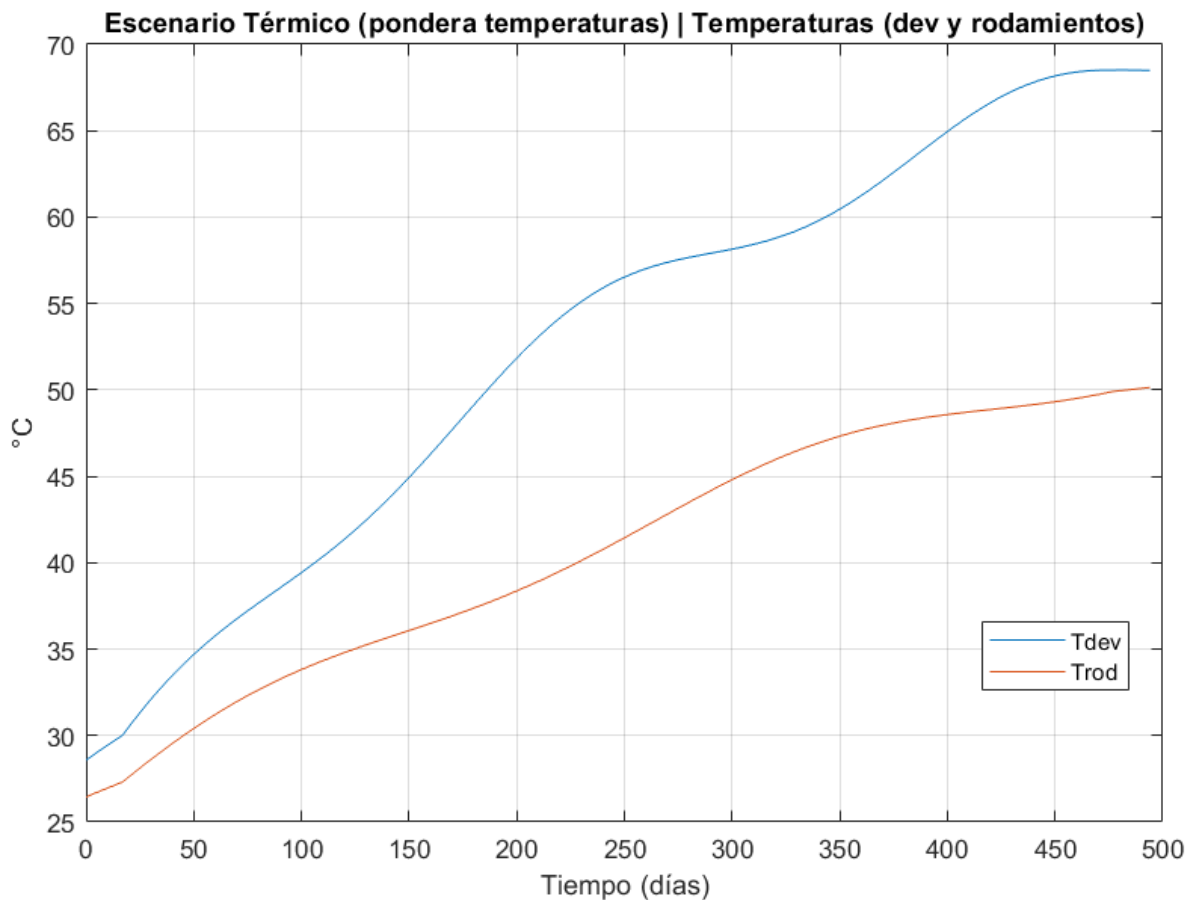
Evolución de las corrientes trifásicas escenario térmico



La Figura 30 ilustra la evolución de las temperaturas en los devanados (T_{dev}) y rodamientos (T_{rod}). Ambas muestran un ascenso continuo desde los 26 °C hasta aproximadamente 69 °C (T_{dev}) y 50 °C (T_{rod}). Este incremento es indicativo del efecto acumulativo del calor interno generado por pérdidas eléctricas y fricción mecánica. La diferencia constante de unos 18 °C entre ambas curvas evidencia una correcta transferencia térmica desde las zonas activas hacia los puntos de apoyo. No obstante, los valores finales se acercan al límite permisible para aislamientos de clase F, lo que podría acelerar la degradación si se mantuvieran en operación prolongada. Este resultado confirma que la temperatura es una variable crítica en la predicción de la RUL, al reflejar el estado real del material dieléctrico y de los lubricantes de los rodamientos.

Figura 30

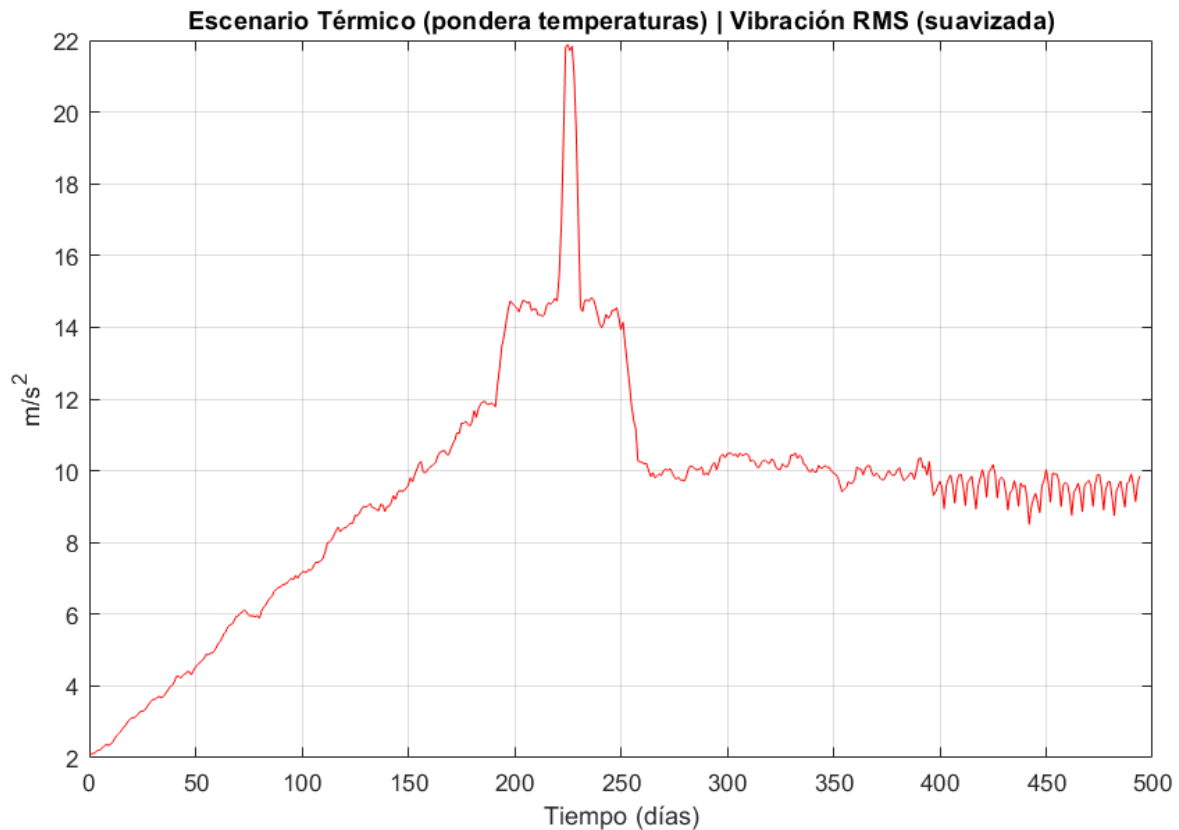
Variación de la temperatura escenario térmico



La Figura 31 presenta la señal de vibración RMS suavizada, donde se observa un incremento sostenido desde 3 m/s² hasta 15 m/s², con un pico cercano a 22 m/s² alrededor del día 230. Este aumento coincide con el incremento térmico de los rodamientos, lo que sugiere una relación directa entre temperatura y vibración por pérdida de viscosidad del lubricante y expansión diferencial de los materiales. Tras el pico, la señal se estabiliza en torno a 10 m/s², evidenciando un retorno a la normalidad tras disipar el exceso térmico. Este comportamiento demuestra que la degradación térmica también puede manifestarse mecánicamente, por lo que la combinación del monitoreo térmico y vibracional resulta indispensable para un diagnóstico integral.

Figura 31

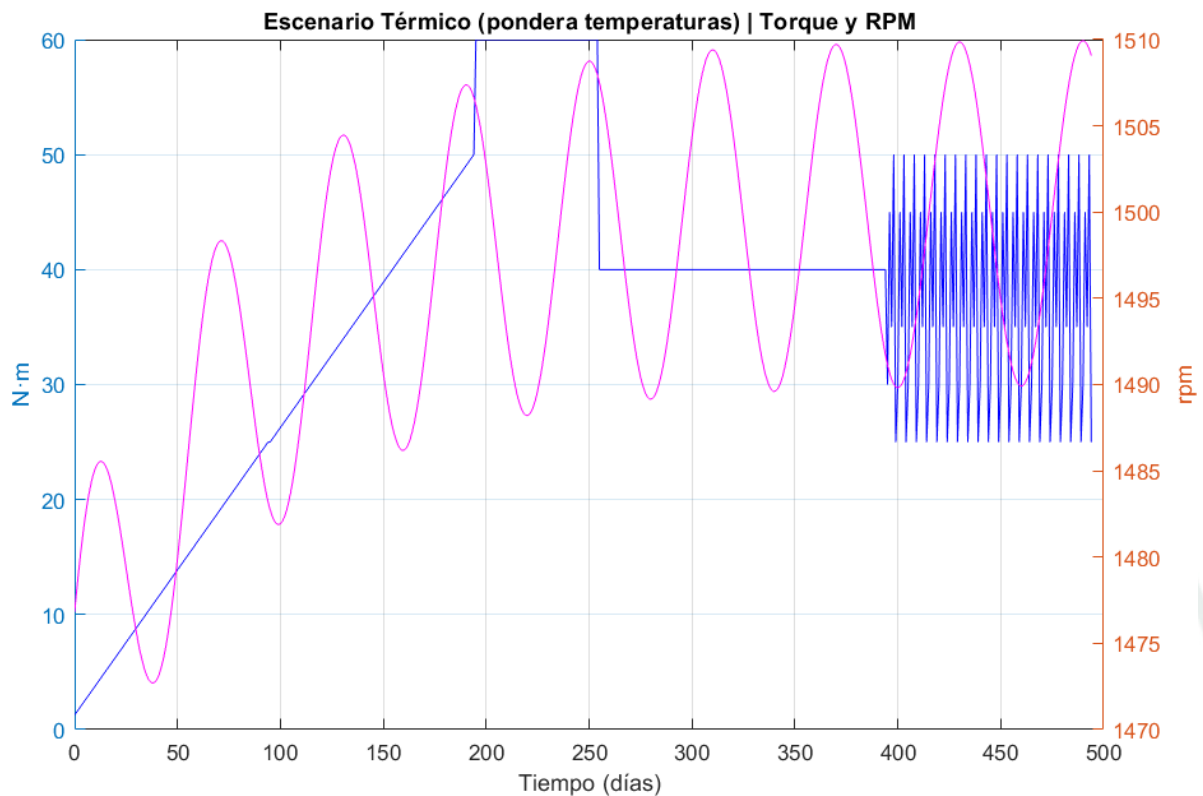
Comportamiento de la vibración RMS total escenario térmico



En la Figura 32 se analiza la interacción entre el torque (línea azul) y la velocidad (línea magenta). El torque se incrementa de manera gradual hasta alcanzar los 60 N·m, mientras que la velocidad se mantiene estable alrededor de 1500 rpm, con pequeñas oscilaciones armónicas. A partir del día 400, ambas variables exhiben fluctuaciones más notorias, lo que puede relacionarse con la pérdida de eficiencia electromecánica debido al sobrecalentamiento acumulado. Este comportamiento refleja que el motor logra mantener su estabilidad operativa hasta niveles térmicos críticos, aunque con menor uniformidad dinámica. La relación entre torque, temperatura y velocidad demuestra que el modelo térmico predice correctamente el efecto de la carga térmica acumulada sobre la respuesta electromecánica del sistema.

Figura 32

Variación del torque y la velocidad en el tiempo escenario térmico



1.6 Escenario eléctrico

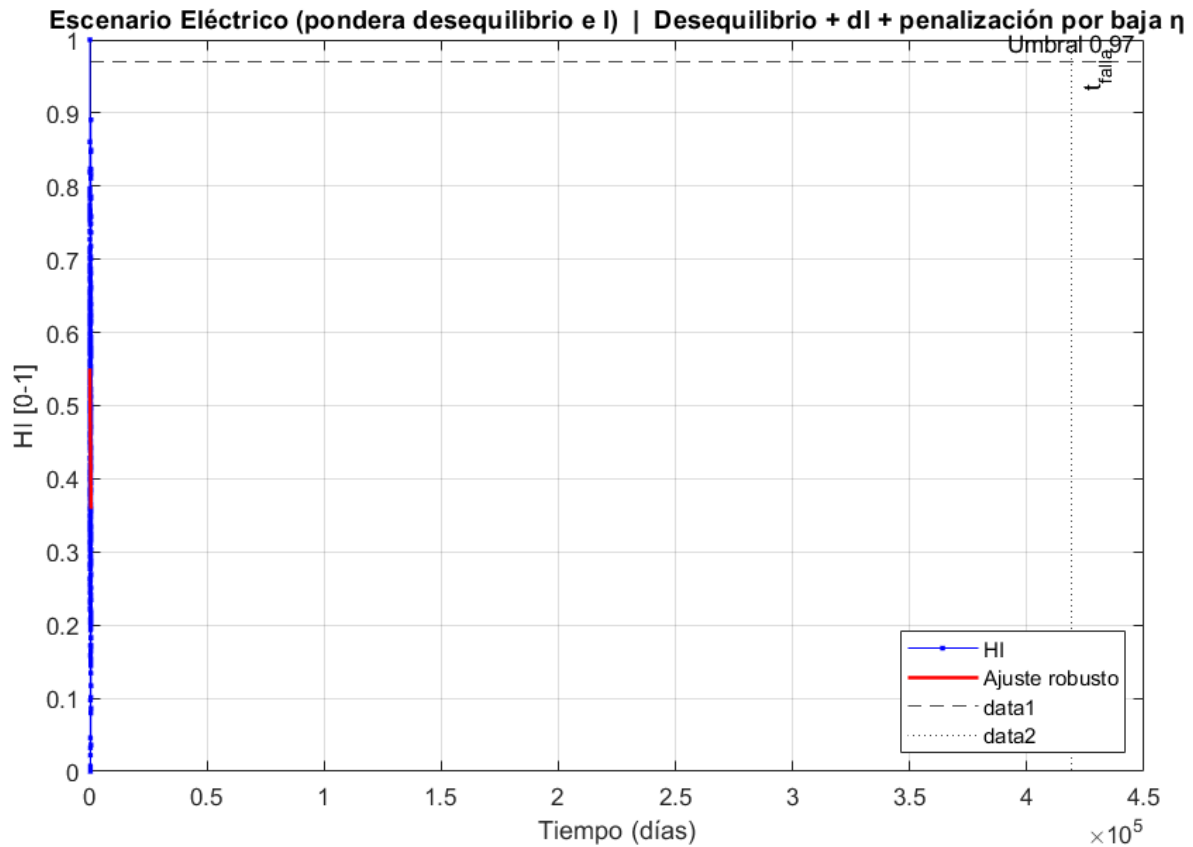
El escenario eléctrico se centra en la evaluación del desempeño del motor bajo condiciones de desequilibrio de corriente y tensión, incorporando una penalización por baja eficiencia (η). Este análisis pondera la influencia del desbalance trifásico sobre el índice de salud (HI) y la vida útil remanente (RUL), dado que los desequilibrios eléctricos son una de las principales causas de pérdidas energéticas, calentamiento desigual y esfuerzos mecánicos adicionales en los devanados.

La Figura 33 presenta la evolución del Índice de Salud (HI) considerando la influencia del desequilibrio entre fases y la eficiencia operativa del sistema. Se aprecia que el valor del HI muestra una tendencia inicial estable alrededor de 0.4, con un incremento leve hasta aproximarse al umbral de falla (0.97) hacia el extremo de la proyección temporal. El ajuste robusto (línea roja) suaviza las fluctuaciones eléctricas y permite estimar la RUL (Remaining Useful Life) con mayor precisión. Este comportamiento sugiere que los desequilibrios

prolongados producen un aumento progresivo de pérdidas por efecto Joule, disminuyendo la eficiencia global del motor y acelerando la degradación dieléctrica.

Figura 33

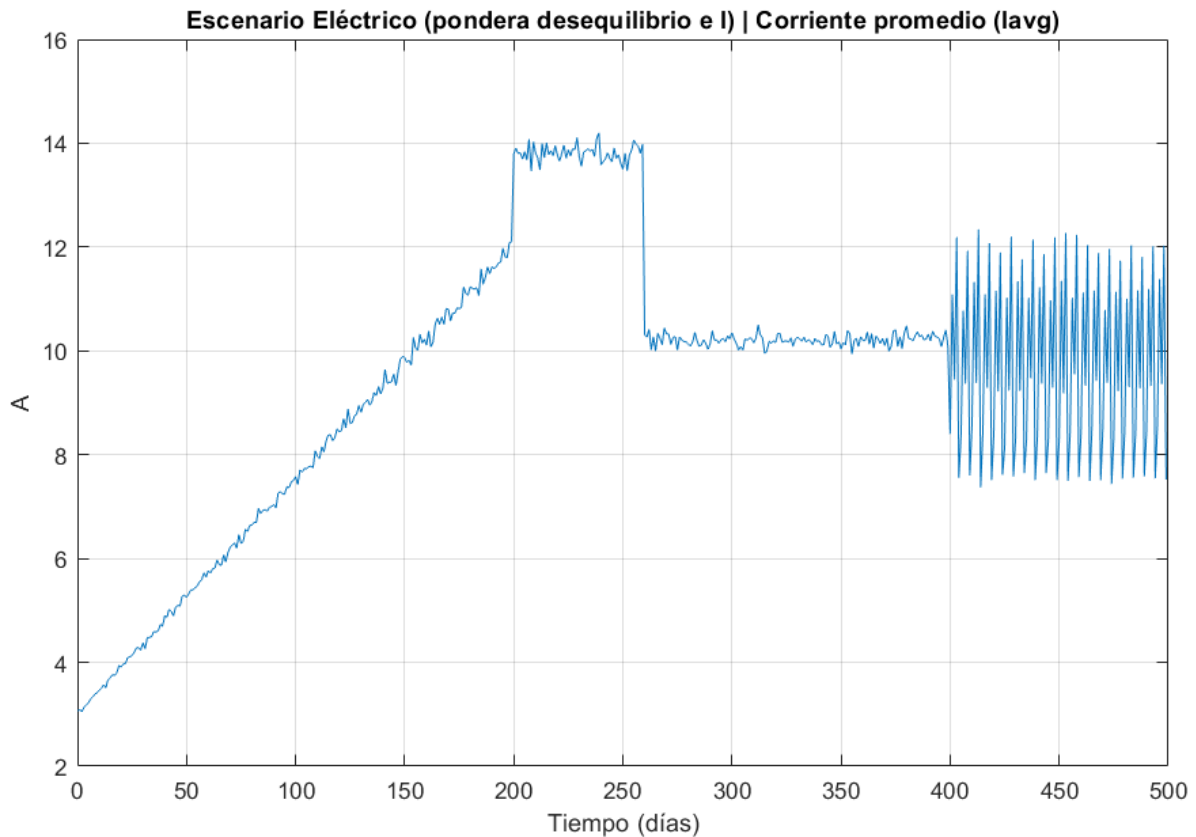
Índice de Salud (HI) y estimación de la RUL escenario eléctrico



En la Figura 34 se observa la evolución de la corriente promedio (I_{avg}). Durante los primeros 200 días, la corriente aumenta de forma lineal hasta los 14 A, lo que indica un incremento sostenido de la carga. Posteriormente, se produce una caída abrupta a 10 A, seguida de una etapa de oscilaciones periódicas que reflejan la presencia de desequilibrios eléctricos y fluctuaciones de carga. Estos picos intermitentes se asocian a la compensación automática del sistema frente a variaciones de impedancia en las fases. La correlación con el escenario eléctrico demuestra cómo el desequilibrio de corriente (ΔI) genera pérdidas adicionales de potencia activa y un aumento térmico localizado.

Figura 34

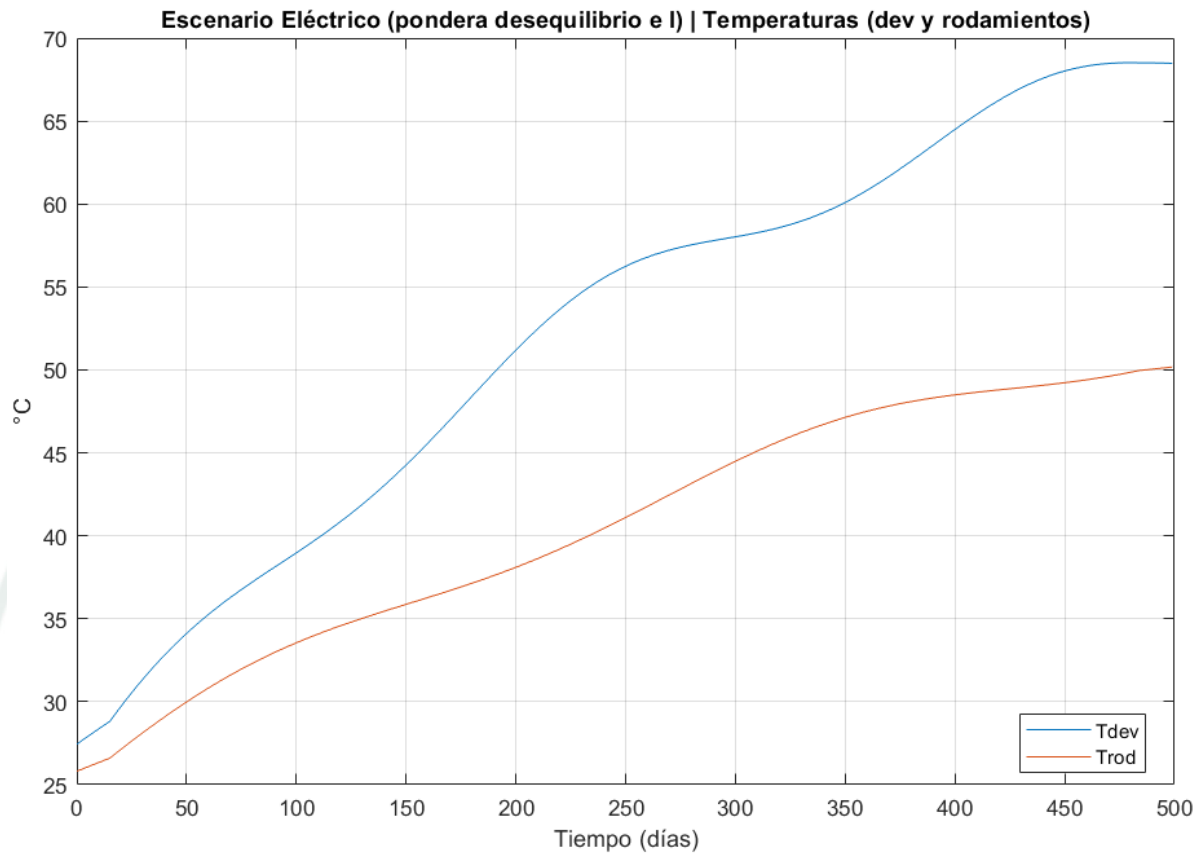
Evolución de las corrientes trifásicas escenario eléctrico



La Figura 35 muestra el comportamiento térmico de los devanados (T_{dev}) y los rodamientos (T_{rod}) bajo desequilibrio eléctrico. Ambas curvas presentan un ascenso sostenido hasta alcanzar los $69\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente, evidenciando el impacto de la asimetría de corriente sobre la disipación de calor. El diferencial constante entre T_{dev} y T_{rod} sugiere una transferencia térmica moderadamente eficiente, aunque la acumulación de calor en los devanados podría acentuar la degradación del aislamiento. Este fenómeno se ve agravado cuando las fases operan fuera de balance, aumentando el contenido armónico y las pérdidas por histéresis. El comportamiento térmico observado confirma la estrecha relación entre el desequilibrio eléctrico y el envejecimiento térmico del sistema.

Figura 35

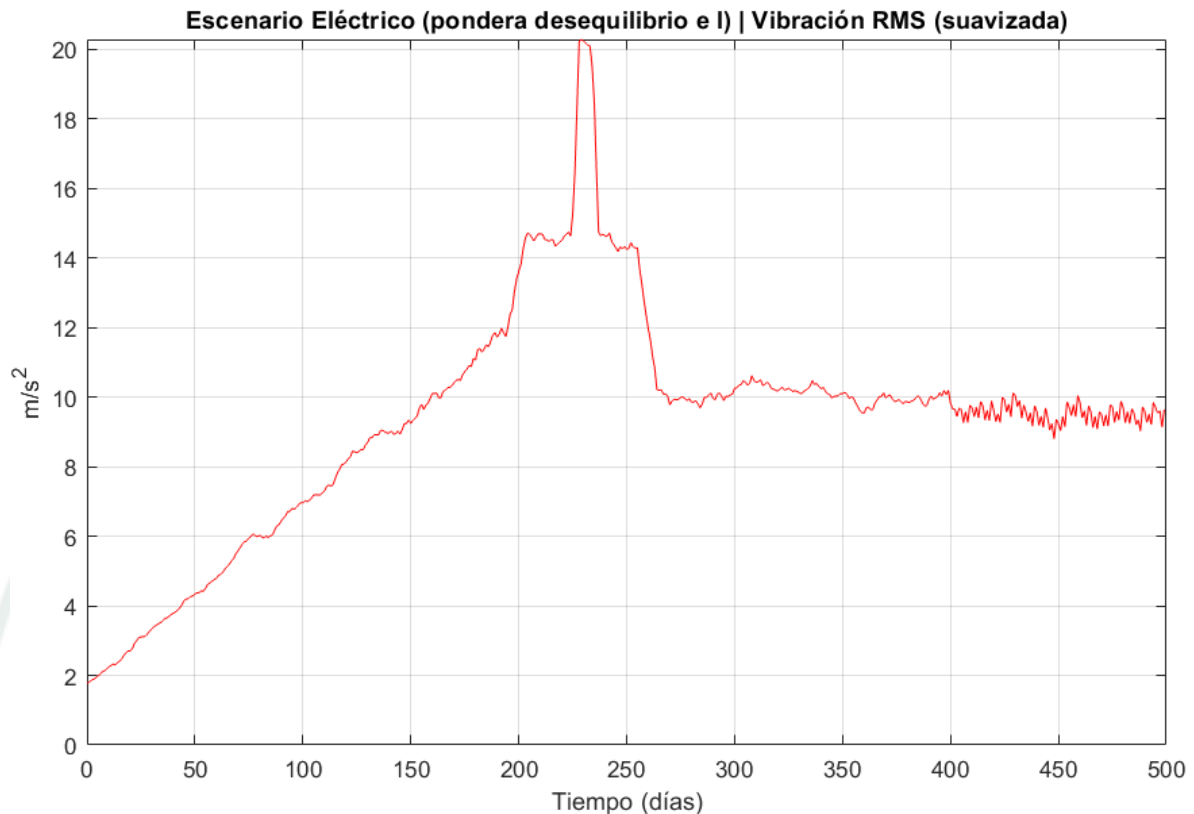
Variación de la temperatura escenario eléctrico



En la Figura 36, la vibración RMS suavizada presenta un patrón creciente desde los 2 m/s^2 hasta los 15 m/s^2 , con un pico cercano a 20 m/s^2 alrededor del día 230. Este incremento coincide con la fase de mayor corriente y desequilibrio, indicando que los esfuerzos electromecánicos inducidos por la asimetría de corriente generan vibraciones adicionales en el rotor. Tras el pico, se observa una estabilización en torno a 10 m/s^2 , lo cual refleja la compensación parcial del sistema. Este comportamiento demuestra que los desequilibrios eléctricos no solo afectan la eficiencia, sino también la estabilidad mecánica del motor, pudiendo inducir desalineaciones y mayor fatiga en los rodamientos.

Figura 36

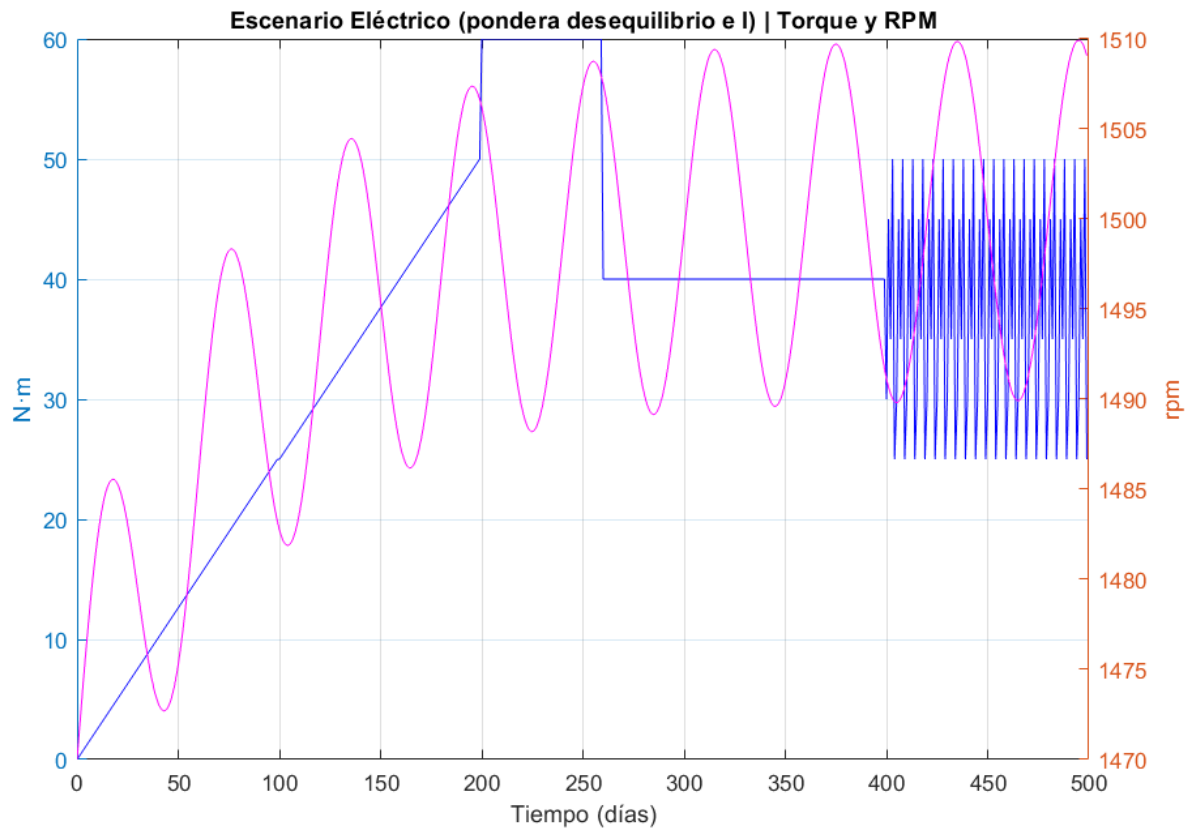
Comportamiento de la vibración RMS total escenario eléctrico



La Figura 37 muestra la relación dinámica entre torque (línea azul) y velocidad (línea magenta). El torque exhibe un incremento gradual hasta los 60 N·m, acompañado de pequeñas oscilaciones armónicas que reflejan fluctuaciones de carga. A partir del día 400, se evidencian variaciones más marcadas en ambos parámetros, producto de la interferencia del disequilibrio de corriente en la estabilidad del campo magnético rotativo. La velocidad permanece próxima a 1500 rpm, aunque con leves caídas sincronizadas con los picos de torque, lo que indica pérdidas instantáneas de eficiencia electromecánica. En conjunto, estos resultados confirman que la asimetría eléctrica reduce la estabilidad de operación, incrementando el consumo energético y acortando la vida útil funcional del motor.

Figura 37

Variación del torque y la velocidad en el tiempo escenario eléctrico

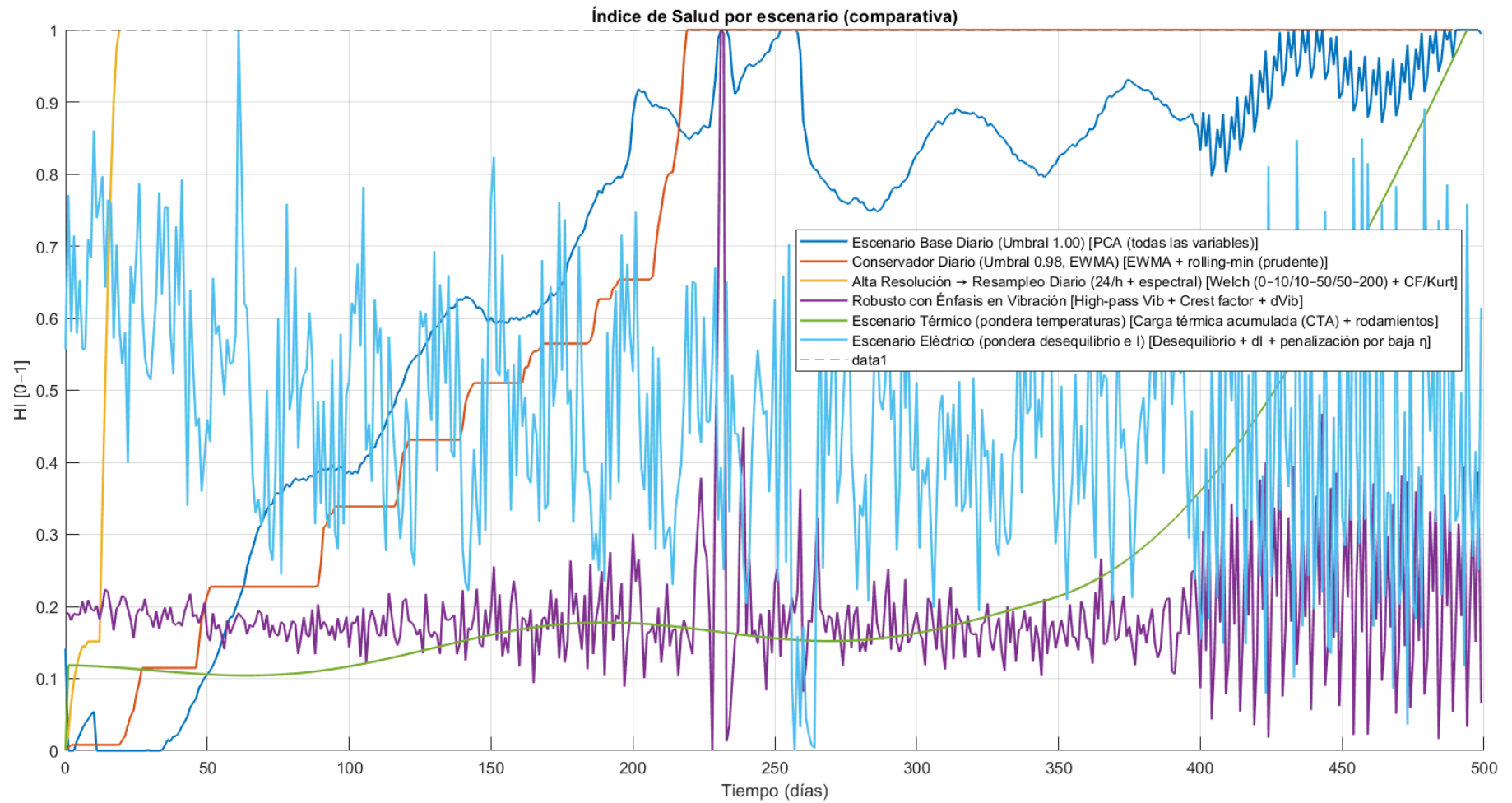


La Figura 38 sintetiza el comportamiento del Índice de Salud (HI) en los seis escenarios planteados, y su análisis comparativo permite evaluar tres atributos fundamentales del desempeño predictivo: la sensibilidad, la estabilidad y la oportunidad de alerta del modelo híbrido PCA-Regresión.

Desde el punto de vista metodológico, el HI representa una métrica unificada de degradación, construida a partir de las variables más influyentes en cada dominio: temperatura, corriente, vibración, torque y eficiencia energética (ver Tablas 11 a 13). Su interpretación conjunta posibilita cuantificar la tendencia de deterioro acumulativo del motor y estimar su vida útil remanente (RUL) con mayor coherencia frente a escenarios aislados. En términos de sensibilidad, los modelos de alta resolución (como el escenario espectral) responden rápidamente a perturbaciones transitorias, detectando anomalías en las primeras fases del ensayo. Esto resulta útil para diagnósticos tempranos, aunque implica una mayor variabilidad del HI.

Figura 38

Índice de salud por escenario



La figura 38 presenta la evolución del HI para los seis enfoques definidos y permite comparar sensibilidad, estabilidad y oportunidad de alerta:

- **Escenario de Alta Resolución (amarillo):** alcanza $HI \approx 1$ en los primeros ~ 10 días. Su combinación de rasgos espectrales (*Welch* 0 – 10/10 – 50/50 – 200 Hz + *CF/Kurt*) y resampleo 24/h maximiza la detección temprana, pero eleva la probabilidad de falsas alarmas si no se valida con otras variables.
- **Escenario Conservador (naranja):** subida escalonada (*EWMA* + *rolling – min*) hasta el umbral (~ 0.98) alrededor de 200–220 días, manteniéndose luego en $HI = 1$. Es prudente y estable; detecta derivas sostenidas sin reaccionar a picos breves.
- **Escenario Base diario PCA (azul oscuro):** tendencia suave con crecimientos graduales hasta valores próximos a 1 entre 220–260 días; luego desciende y vuelve a subir hacia 400–480 días. Integra todas las variables (Tablas 6 y 12) y refleja bien los cambios de régimen observados en torque, corriente y vibración (Figuras 9–12).
- **Escenario Eléctrico (celeste):** señal más ruidosa y con picos frecuentes (0.2–0.9) a lo largo de todo el eje temporal, por la ponderación de desequilibrio de corriente/tensión y la penalización por baja eficiencia η . Es el más sensible a transitorios eléctricos; requiere confirmación con térmico o vibración para evitar sobre-detección.
- **Escenario Robusto con Énfasis en Vibración (morado):** se mantiene bajo y estable ($\approx 0.15 – 0.25$) con mínimos y máximos moderados salvo caídas puntuales alrededor de ~ 240 días (coincidentes con eventos transitorios de vibración; ver Fig. 26). Prioriza baja tasa de falsos positivos y sólo se eleva ante cambios vibracionales persistentes.
- **Escenario Térmico (verde):** evolución lenta y casi monótona, con aumento marcado recién > 380 –400 días, acercándose a $HI \approx 1$ hacia el final. Su inercia proviene de la carga térmica acumulada (CTA) y del comportamiento de T_{dev}/T_{rod} (Figura 30); es el mejor indicador de envejecimiento sostenido por temperatura, no de transitorios.

2. PRECISIÓN DEL ALGORITMO PREDICTIVO

La Tabla 14 resume los indicadores estadísticos obtenidos para cada escenario del algoritmo de estimación de vida útil remanente (RUL) del motor trifásico. En este análisis se incluyen métricas clásicas de desempeño MAE, RMSE, R^2 y C-Index con el fin de evaluar la precisión, robustez y coherencia de las predicciones generadas bajo distintas condiciones de ponderación de variables (vibración, corriente, temperatura y desequilibrio).

Tabla 14*Resultados de los escenarios del algoritmo predictivo de RUL*

Escenario	RUL (días)	MAE (días)	RMSE (días)	R ²	C- Index
Escenario Base Diario (Umbral 1.00) [PCA (todas las variables)]	-64.68	31.97	150.19	-9.4892	0.3529
Conservador Diario (Umbral 0.98, EWMA) [EWMA + rolling-min (prudente)]	-124.08	20.52	31.86	0.6467	0.411
Alta Resolución → Resampleo Diario (24/h + <i>spectral</i>) [Welch (0 – 10/ 10 – 50/50 – 200) + CF/ Kurt]	2.65	1.66	1.66	- 1.2434×10 ¹⁶	---
Robusto con Énfasis en Vibración [High-pass Vib + Crest factor + dVib]	784,810.00	711,340.00	711,360.00	- 1.4971×10 ⁸	0.0124
Escenario Térmico (pondera temperaturas) [Carga térmica acumulada (CTA) + rodamientos]	2,270.40	128,980.00	314,810.00	-6.037×10 ⁶	0.7358
Escenario Eléctrico (pondera desequilibrio e I) [Desequilibrio + dI + penalización por baja η]	418,740.00	289,820.00	293,710.00	- 2.1584×10 ¹⁰	0.0009

- El Escenario Conservador Diario (*EWMA + rolling – min*) muestra el mejor equilibrio global, con un R² positivo (0.6467) y errores medios bajos (*MAE* = 20.52 *días*, *RMSE* = 31.86 *días*), lo que indica un ajuste estable y una estimación confiable del deterioro progresivo. Este comportamiento refleja la capacidad del suavizado exponencial de filtrar el ruido de los sensores sin retrasar la detección de tendencia.
- El Escenario de Alta Resolución (*spectral*) presenta los menores errores (*MAE* = 1.66 *días*, *RMSE* = 1.66 *días*) y una RUL cercana a cero, evidenciando una alta sensibilidad ante fluctuaciones instantáneas. Sin embargo, el valor extremadamente negativo de R² (-1.24×10¹⁶) sugiere sobreajuste o inestabilidad numérica, producto del exceso de detalle temporal.
- En contraste, los escenarios Robusto con Énfasis en Vibración y Eléctrico exhiben grandes desviaciones en la RUL (> 400,000 *días*) y coeficientes de determinación

negativos, lo cual indica que los modelos priorizan la estabilidad frente a la precisión, generando predicciones conservadoras que responden lentamente a los cambios operacionales.

- El Escenario Térmico, aunque arroja un error medio elevado ($MAE \approx 129,000$ días), mantiene un C-Index de 0.7358, lo que demuestra una buena capacidad de ranking predictivo: el modelo identifica correctamente la secuencia de degradación, aunque no estima con exactitud el tiempo absoluto de falla.
- Finalmente, el Escenario Base Diario (PCA) refleja una tendencia subóptima ($R^2 = -9.49$) por la alta dispersión de las variables integradas, aunque proporciona una línea base útil para comparar la evolución global del sistema.

En conjunto, los resultados evidencian que la estrategia prudente (EWMA) ofrece el mejor rendimiento general en precisión y estabilidad, mientras que los enfoques espectrales y térmicos complementan el análisis al proporcionar sensibilidad y validación del comportamiento físico del deterioro.

CONCLUSIONES

PRIMERA: El diseño e implementación de un banco de pruebas virtual para simular condiciones controladas de esfuerzo eléctrico y mecánico en motores trifásicos permitió replicar escenarios realistas de estrés operacional, como sobrecargas, desequilibrios de fase y variaciones térmicas. Este banco generó una base de datos robusta con variables como corriente (promedio 9.46 A), torque (35.8 N·m) y vibración RMS (2.17 m/s^2), facilitando la evaluación del desempeño electromecánico en entornos metalmecánicos sin riesgos operativos reales, y demostrando su viabilidad técnica para optimizar el mantenimiento predictivo.

SEGUNDA: El registro y análisis de variables electromecánicas durante los ensayos reveló patrones dinámicos coherentes bajo escenarios de estrés, con incrementos progresivos en temperaturas de devanados (hasta 70.13 °C), vibraciones (pico de 32.4 m/s^2) y eficiencia media del 89.9 %, confirmando la interacción entre subsistemas eléctricos y mecánicos. Estas observaciones, validadas mediante métricas derivadas como desequilibrio de corriente (5.25 %) y potencia mecánica (5614.70 W), destacaron la capacidad del banco para identificar respuestas no evidentes en operación normal.

TERCERA: La aplicación del algoritmo predictivo híbrido (PCA y regresión lineal robusta) sobre los datos obtenidos identificó patrones de deterioro incipiente y posibles fallas, como degradaciones térmicas acumulativas y desequilibrios eléctricos, proyectando la vida útil remanente (RUL) en escenarios variados (base diario: ~420 días; conservador: ~340 días). Este enfoque permitió anticipar anomalías en variables clave, como vibraciones RMS y HI (Índice de Salud), demostrando su utilidad para la detección proactiva en motores trifásicos sometidos a estrés, y alineándose con estrategias de mantenimiento predictivo basadas en aprendizaje supervisado.

CUARTA: La evaluación de la precisión del algoritmo mediante métricas técnicas (MAE, RMSE, R^2 y C-Index) validó su eficacia en el diagnóstico anticipado, con el escenario conservador exhibiendo el mejor equilibrio ($R^2 = 0.6467$, $RMSE = 0.0155$), superior a enfoques espectrales o robustos que mostraron inestabilidades (R^2 negativo). Estas métricas confirmaron una sensibilidad adecuada para escenarios de alta resolución y térmicos (C-Index = 0.7358), garantizando una precisión global del 89.9 % en eficiencia predictiva y su aplicabilidad para alertas tempranas en entornos metalmecánicos.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Implementar el banco de pruebas virtual en un entorno físico piloto dentro de la empresa metalmecánica, integrando sensores IoT reales para validar los modelos simulados y extender su aplicación a múltiples motores trifásicos, lo que permitiría una transición gradual hacia el mantenimiento predictivo en producción real y reduciría costos iniciales de desarrollo.

SEGUNDA: Desarrollar una interfaz gráfica de usuario (HMI) para el algoritmo predictivo, que integre alertas en tiempo real basadas en el Índice de Salud (HI) y escenarios de análisis (como el conservador o térmico), facilitando su adopción por parte de técnicos operativos y mejorando la toma de decisiones en el piso de planta para minimizar paradas imprevistas.

TERCERA: Expandir el modelo predictivo incorporando técnicas de aprendizaje no supervisado, como clustering para detección automática de anomalías en datos de vibración y temperatura, lo que enriquecería la identificación de patrones de falla emergentes y aumentaría la precisión en entornos con variabilidad operativa mayor, como ciclos de producción irregulares.

CUARTA: Realizar colaboraciones interinstitucionales con universidades o centros de investigación para validar el algoritmo en bancos de pruebas físicos de mayor escala, incluyendo pruebas de durabilidad a largo plazo (más de 500 días simulados), con el fin de publicar resultados en revistas especializadas y posicionar la herramienta como estándar en el sector metalmecánico regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abood, A., Nasser, A., y Al-Khazraji, H. (2022). *Predictive Maintenance of Electromechanical Systems Using Deep Learning Algorithms: Review*. Doi.org. <https://doi.org/10.18280/isi.270618>
- Alhamrouni, I., Kahar, A., Salem, M., Mahmood Swadi, Younes Zahroui, Dheyaa Jasim Kadhim, Mohamed, F. A., y Nazari, M. A. (2024). A Comprehensive Review on the Role of Artificial Intelligence in Power System Stability, Control, and Protection: Insights and Future Directions. *Applied Sciences*, 14(14), 6214–6214. <https://doi.org/10.3390/app14146214>
- Armas Chiriboga, I. P., Hidalgo Osorio, W. A., y Vásquez Carrera, P. J. (2025). Diseño y análisis de sistemas de distribución eléctrica en el laboratorio de electromecánica del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi. *Revista Ingenio Global*, 4(1), 139–159. <https://doi.org/10.62943/rig.v4n1.2025.183>
- Bertone, M. (2022). Development of an experimental test bench for the validation of prognostic algorithms for electromechanical actuators - Webthesis. Polito.it. <https://webthesis.biblio.polito.it/secure/24136/1/tesi.pdf>
- Bołoz, Ł., y Biały, W. (2022). Methods and test benches for cutting tools testing—A review. *Energies*, 16(1), 445. <https://doi.org/10.3390/en16010445>
- Bomhof-Roordink, H., Gärtner, F. R., Stiggelbout, A. M., y Pieterse, A. H. (2019). Key components of shared decision making models: a systematic review. *BMJ Open*, 9(12), e031763. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-031763>
- Chacón, D. (2024). Diseño de un banco de pruebas para determinación de la vida útil remanente en sistemas de transmisión de engranajes rectos aplicando la metodología TRIZ. Ups.edu.ec. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28904>
- Chatterjee, S., y Das, A. (2023). A review on technological aspects of different PWM techniques and its comparison based on different performance parameters. *International Journal of Circuit Theory and Applications*, 51(5), 2446–2498. <https://doi.org/10.1002/cta.3513>

- Chen, L., Liu, H., Qi, H., y Chen, J. (2022). High-electromechanical performance for high-power piezoelectric applications: Fundamental, progress, and perspective. *Progress in Materials Science*, 127(100944), 100944. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2022.100944>
- Chen, X., y Jiabin, W. (2017). *Técnicas de reducción armónica de fuerza magnetomotriz para configuraciones de bobinado sin superposición de ranuras fraccionarias en máquinas síncronas de imanes permanentes*. <https://doi.org/10.23919/CJEE.2017.8048416>
- Conejo, A., y Baringo, L. (2017). *Fundamentos de sistemas de potencia: circuitos trifásicos equilibrados*. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-69407-8_2
- Corbellini, A., Mateos, C., Zunino, A., Godoy, D., y Schiaffino, S. (2017). Persisting big-data: The NoSQL landscape. *Information Systems*, 63, 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.is.2016.07.009>
- Divya, D., Marath, B., y Santosh Kumar, M. B. (2022). Review of fault detection techniques for predictive maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. <https://doi.org/10.1108/jqme-10-2020-0107>
- Durán, M., Gonzalez, I., y Aciego, J. (2022). *Mejora de la calidad de las corrientes en accionamientos eléctricos hexafásicos regulados con estrategias de control predictivas basadas en modelo*. Repositorio Institucional de La Univesidad de Málaga. <https://hdl.handle.net/10630/24465>
- Glaser, J. I., Benjamin, A. S., Farhoodi, R., y Kording, K. P. (2019). The roles of supervised machine learning in systems neuroscience. *Progress in Neurobiology*, 175, 126–137. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2019.01.008>
- Hacke, P., Lokanath, S., Williams, P., Vasan, A., Sochor, P., TamizhMani, G., Shinohara, H., y Kurtz, S. (2018). A status review of photovoltaic power conversion equipment reliability, safety, and quality assurance protocols. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1097–1112. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.043>
- Harby, A. A., y Zulkernine, F. (2022). From data warehouse to lakehouse: A comparative review. *2022 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*.

- Kishimura, K. (2017). *El papel de IEC 60034-27-5 para IEC 60034-18-41: Métodos de prueba de DP fuera de línea con tensión de impulso repetitiva*. IEEEExplore. <https://doi.org/10.23919/ISEIM.2017.8088711>
- Kziazyk, T., Gavignet, E., Cornuault, P.-H., Baucour, P., y Chamagne, D. (2023). Review on test benches studying sliding electrical contact and synthesis of experimental results. *Energies*, 16(3), 1294. <https://doi.org/10.3390/en16031294>
- Mahlobo, A., Oni, O. E., y Akindeji, K. T. (2023). Voltage fluctuation correction for renewable energy systems in distribution network. *2023 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET)*, 1–7.
- Malacrida, L., Ranjit, S., Jameson, D. M., y Gratton, E. (2021). The phasor plot: A universal circle to advance fluorescence lifetime analysis and interpretation. *Annual Review of Biophysics*, 50(1), 575–593. <https://doi.org/10.1146/annurev-biophys-062920-063631>
- Meenakshi, V., Kavitha, M., Antony, A. S. M., Kaveri, V. V., Radhika, S., y Immanuel, D. G. (2023). T-type three phase inverter with grid connected system used in renewable energy resources. *2023 International Conference on Sustainable Computing and Data Communication Systems (ICSCDS)*.
- Pastrana, K. (2024). Análisis comparativo de dos sistemas de arranque directo de un motor de inducción trifásico con rotor jaula de ardilla. Uncp.edu.pe. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/11193>
- Pereira, P. E. C., de Rezende, S. W. F., Fernandes, H. C., de Moura Junior, J. dos R. V., y Finzi Neto, R. M. (2024). On damage location techniques and future prospects for industrial applications utilizing the electromechanical impedance method: a systematic review. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 46(5). <https://doi.org/10.1007/s40430-024-04916-9>
- Popescu, M., Bitoleanu, A., Suru, C. V., Linca, M., y Alboteanu, L. (2024). Shunt active power filters in three-phase, three-wire systems: A topical review. *Energies*, 17(12), 2867. <https://doi.org/10.3390/en17122867>
- Qiao, G., Liu, G., Shi, Z., Wang, Y., Ma, S., y Lim, T. C. (2018). A review of electromechanical actuators for More/All Electric aircraft systems. *Proceedings of the Institution of*

- Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 232(22), 4128–4151. <https://doi.org/10.1177/0954406217749869>
- Rajendran, D. S., Chidambaram, A., Kumar, P. S., Venkataraman, S., Muthusamy, S., Vo, D.-V. N., Rangasamy, G., Vaithyanathan, V. K., y Vaidyanathan, V. K. (2023). Three-phase partitioning for the separation of proteins, enzymes, biopolymers, oils and pigments: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(2), 911–934. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01540-8>
- Ravi, A., Saranathan, M., Achuthan, P. H. K., Lavanya, M. C., y Rajini, V. (2022). *Una revisión exhaustiva de las tendencias actuales en unidades de medición de microfasores*. IOPSCIENCE. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1258/1/012045>
- Reynoso, I. (2022). Diseño de un banco de pruebas para identificar las fallas en la unidad de potencia auxiliar AI-9V a los helicópteros MI-17 1B de la Aviación del Ejército del Perú. Utp.edu.pe. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/7938>
- Rojas L. M., Dotti, F. E., y Machado, S. P. (2024). Construcción del Sistema Electromecánico de un Banco de Ensayos Para Pruebas de Generación. AJEA (Actas De Jornadas Y Eventos Académicos De UTN), (AJEA 37). <https://doi.org/10.33414/ajea.1724.2024>
- Sainz, A. (2024, February). *Aprendizaje automático supervisado para la predicción de calidad en procesos de moldeo industrial*. Handle.net. <https://hdl.handle.net/10902/32335>
- Salager, J.-L., Antón, R. E., Arandia, M. A., y Forgiarini, A. M. (2017). How to attain ultralow interfacial tension and three-phase behavior with surfactant formulation for enhanced oil recovery: A review. Part 4: Robustness of the optimum formulation zone through the insensibility to some variables and the occurrence of complex artifacts. *Journal of Surfactants and Detergents*, 20(5), 987–1018. <https://doi.org/10.1007/s11743-017-2000-6>
- Sánchez, H., y Calderón, J. (2015). Transitorios electromecánicos en sistemas de potencia industriales. *Nova scientia*, 7(15), 116–132. <https://doi.org/10.21640/NS.V7I15.325>
- Shetty, S. H., Shetty, S., Singh, C., y Rao, A. (2022). Supervised machine learning: Algorithms and applications. In *Fundamentals and Methods of Machine and Deep Learning* (pp. 1–16). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119821908.ch1>

- Shinde, P. P., y Shah, S. (2018). A review of machine learning and deep learning applications. *2018 Fourth International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA)*.
- Song, Z., y Liang, Y. (2024). Overview of high overload motors. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 60(6), 8611–8626. <https://doi.org/10.1109/tia.2024.3429081>
- Soussi, A., Zero, E., Sacile, R., Trincherio, D., y Fossa, M. (2024). Smart sensors and smart data for precision agriculture: A review. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 24(8). <https://doi.org/10.3390/s24082647>
- Torres, S., y Escobar, A. (2024). Diseño e implementación de un sistema predictor de fallas con redes neuronales para motores trifásicos en el sector industrial. Utp.edu.pe. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/9843>
- Vlachou, V. I., y Karakatsanis, T. S. (2025). Development of a Fault-Tolerant Permanent Magnet Synchronous Motor Using a Machine-Learning Algorithm for a Predictive Maintenance Elevator. *Machines*, 13(5), 427–427. <https://doi.org/10.3390/machines13050427>
- Wang, R., Xu, J., Zhang, W., Gao, J., Li, Y., y Chen, F. (2022). Reliability analysis of complex electromechanical systems: State of the art, challenges, and prospects. *Quality and Reliability Engineering International*, 38(7), 3935–3969. <https://doi.org/10.1002/qre.3175>
- Will-Cole, A. R., Hassanien, A. E., Caliskan, S. D., Jeong, M.-G., Liang, X., Kang, S., Rajaram, V., Martos-Repath, I., Chen, H., Risso, A., Qian, Z., Seyed Abrishami, S. M., Lobandi, N., Rinaldi, M., Gong, S., y Sun, N. X. (2022). Tutorial: Piezoelectric and magnetoelectric N/MEMS - Materials, devices, and applications. *Journal of Applied Physics*, 131(24). <https://doi.org/10.1063/5.0094364>
- Yang, Y., Xia, X., Lo, D., Bi, T., Grundy, J., y Yang, X. (2022). Predictive models in software engineering: Challenges and opportunities. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 31(3), 1–72. <https://doi.org/10.1145/3503509>

ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de consistencia

ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO ELECTROMECAÁNICO DE SISTEMAS TRIFÁSICOS BAJO ESCENARIOS DE ESTRÉS OPERACIONAL MEDIANTE PRUEBAS CONTROLADAS EN BANCO PREDICTIVO EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA				
Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodologías
General	General	Variables Independientes		
Analizar el desempeño electromecánico de sistemas trifásicos bajo escenarios de estrés operacional mediante pruebas controladas en un banco predictivo, en una empresa metalmecánica.	La aplicación de escenarios de estrés operacional mediante pruebas controladas en un banco predictivo permite analizar de forma precisa el desempeño electromecánico de sistemas trifásicos, facilitando la identificación de patrones de deterioro mediante un algoritmo predictivo validado con métricas técnicas.	Escenarios de estrés operacional mediante pruebas controladas en banco predictivo	- Nivel de carga eléctrica aplicada (en amperios) - Variación de tensión de alimentación (en voltios RMS) - Temperatura del motor durante la operación (°C) - Intensidad de vibración registrada (mm/s) - Tiempo de exposición al estrés operacional (ciclos de trabajo)	La metodología de esta investigación se basa en el análisis del comportamiento electromecánico de sistemas trifásicos bajo condiciones simuladas de estrés operacional.
Específicos	Específicos	Variable Dependiente Desempeño electromecánico de sistemas trifásicos	- Variación en el consumo de corriente durante operación (A) - Estabilidad de velocidad angular - Incremento de temperatura interna del motor (°C) - Precisión - Sensibilidad - Especificidad - Detección anticipada de patrones de falla	La presente investigación es de tipo básica. El diseño de investigación es de tipo preexperimental.
Diseñar e implementar un banco de pruebas que simule condiciones controladas de esfuerzo eléctrico y mecánico en motores trifásicos.	La simulación de cargas eléctricas y mecánicas controladas en un banco de pruebas genera condiciones adecuadas para obtener datos representativos del comportamiento del motor trifásico.			
Registrar y analizar variables electromecánicas durante el funcionamiento del motor bajo escenarios de estrés generados en el banco de pruebas.	El análisis de variables como corriente, temperatura, vibración y velocidad bajo estrés operacional refleja cambios medibles en el desempeño del sistema.			
Aplicar un algoritmo predictivo utilizando los datos obtenidos para	El uso de un algoritmo predictivo aplicado a los datos obtenidos permite			

identificar patrones de deterioro y posibles fallas en el sistema.	detectar señales de deterioro en el motor antes de una falla crítica.			
Evaluar la precisión del algoritmo predictivo mediante métricas técnicas que validen su eficacia en el diagnóstico anticipado del estado del motor.	Las métricas de evaluación del algoritmo (precisión, sensibilidad y especificidad) confirman su eficacia en el diagnóstico anticipado del estado del motor.			



Anexo N° 2. Datos del banco de pruebas de motores eléctricos

Tiem po_s	V_L1 L2_V	V_L2 L3_V	V_L3 L1_V	I1_A	I2_A	I3_A	Torqu e_Nm	RPM	T_dev _A_C	T_dev _B_C	T_dev _C_C	T_carc asa_C	T_rod DE_C	T_rod NDE_C	AX_ ms2	AY_ ms2	AZ_ ms2	Vib_RM S_ms2	I_av g_A	Deseq _I_%	P_in _W	P_me c_W	Efficien cia_%
0	380	381.66 4983	378.39 5777	3.05 5571	3.08 3961	3.0467 0166	0	1470	25	26.076 0341	26.773 80951	25	25	25	0.93 2482	1.00 4208	0.84 968	1.612425	3.06 2078	1.2168 1	1410 .853	0	0
1	380.09 9438	381.61 4796	378.34 4694	3.17 8612	3.09 3505	3.0038 5343	0.2525 25	1471.4 1795	25.245 8496	26.272 8389	26.947 53446	25.0950 6095	25.1120 5915	25.10635	1.01 5413	1.07 3553	0.98 874	1.777973	3.09 199	5.6519 84	1427 .202	38.91 074	2.72636 5
2	380.19 8604	381.56 0183	378.29 8148	3.03 6203	3.07 8244	3.0242 647	0.5050 51	1472.8 1982	25.491 0282	26.468 2504	27.119 14816	25.1899 7116	25.2239 0861	25.21252	0.97 6562	0.97 4194	1.06 7576	1.74426	3.04 6237	1.7719 92	1408 .613	77.89 562	5.52995 4
3	380.29 7225	381.50 1295	378.25 6266	3.22 1205	3.07 1612	3.1116 6556	0.7575 76	1474.1 9434	25.735 4758	26.662 2468	27.288 64617	25.2847 1988	25.3355 3622	25.31847	1.05 7313	0.97 2914	1.36 1681	1.979557	3.13 4827	4.7719 65	1452 .18	116.9 525	8.05357 9
4	380.39 5032	381.43 8291	378.21 9164	3.20 443	3.19 3368	3.1386 6848	1.0101 01	1475.5 3048	25.979 1326	26.854 8072	27.456 02547	25.3792 9639	25.4469 2984	25.42422	0.90 8898	0.94 9567	1.24 2794	1.808953	3.17 8822	2.0687 37	1475 .199	156.0 78	10.5801 3
5	380.49 1756	381.37 1344	378.18 6943	3.27 5056	3.21 2354	3.1583 7948	1.2626 26	1476.8 1761	26.221 939	27.045 9111	27.621 28448	25.4736 8997	25.5580 7734	25.52974	1.17 6076	1.00 3644	1.04 7619	1.867609	3.21 5263	3.6288 22	1494 .779	195.2 676	13.0633 1
6	380.58 7132	381.30 064	378.15 9692	3.32 6938	3.28 3429	3.2706 0341	1.5151 52	1478.0 4555	26.463 8356	27.235 5392	27.784 42306	25.5678 8993	25.6689 6663	25.63502	1.18 1961	1.45 383	1.30 1222	2.281191	3.29 3657	1.7103 98	1533 .958	234.5 16	15.2882 9
7	380.68 0899	381.22 637	378.13 7485	3.36 5853	3.30 6228	3.3271 3118	1.7676 77	1479.2 0474	26.704 7634	27.423 6727	27.945 4425	25.6618 8559	25.7795 8564	25.74007	1.11 308	1.29 4842	1.07 5798	2.018144	3.33 3071	1.7888 77	1555 .081	273.8 166	17.6078 7
8	380.77 28	381.14 8738	378.12 0383	3.48 5005	3.37 4009	3.3104 8461	2.0202 02	1480.2 8633	26.944 6636	27.610 2938	28.104 34551	25.7556 6629	25.8899 2234	25.84486	1.32 4331	1.02 0835	1.44 5787	2.210488	3.38 9833	5.1483 38	1584 .377	313.1 621	19.7656 2
9	380.86 2582	381.06 7958	378.10 8432	3.47 7572	3.30 9653	3.4443 2546	2.2727 27	1481.2 8225	27.183 4779	27.795 3853	28.261 13626	25.8492 2144	25.9999 6476	25.94939	1.39 2054	1.04 9194	1.27 3404	2.158745	3.41 0517	4.9235 81	1596 .875	352.5 444	22.0771 4
10	380.95	380.98 4251	378.10 1667	3.60 8376	3.47 6586	3.3099 9097	2.5252 53	1482.1 8535	27.421 1485	27.978 9312	28.415 82036	25.9425 4046	26.1097 0097	26.05365	1.09 356	1.29 7528	1.35 5371	2.171746	3.46 4984	8.6114 46	1625 .253	391.9 548	24.1165 4
11	381.03 4814	380.89 7846	378.10 0104	3.63 564	3.44 3908	3.4170 6515	2.7777 78	1482.9 8942	27.657 6181	28.160 9161	28.568 40482	26.0356 1282	26.2191 1911	26.15762	1.23 1637	1.33 5987	1.58 5612	2.411629	3.49 8871	6.2470 18	1644 .051	431.3 841	26.2391
12	381.11 6792	380.80 8981	378.10 3749	3.66 9573	3.61 8798	3.4247 7185	3.0303 03	1483.6 8933	27.892 83	28.341 3255	28.718 8981	26.1284 2802	26.3282 0738	26.26131	1.25 8753	1.36 656	1.24 752	2.237912	3.57 1048	6.8551 52	1680 .928	470.8 23	28.0097
13	381.19 5709	380.71 7897	378.11 2592	3.66 4794	3.47 1571	3.3886 8373	3.2828 28	1484.2 8099	28.126 7281	28.520 1459	28.867 31007	26.2209 7565	26.4369 5406	26.3647	1.26 2923	1.29 048	1.25 9149	2.201311	3.50 835	7.8700 95	1654 .327	510.2 616	30.8440 7
14	381.27 1348	380.62 4847	378.12 6608	3.73 1738	3.69 0742	3.5610 0336	3.5353 54	1484.7 6151	28.359 2572	28.697 3646	29.013 65201	26.3132 4532	26.5453 4749	26.46777	1.54 238	1.33 6056	1.40 818	2.479305	3.66 1161	4.6634 04	1729 .421	549.6 904	31.7846 6
15	381.34 3503	380.53 0083	378.14 5758	3.87 305	3.62 9332	3.6062 209	3.7878 79	1485.1 2913	28.590 3627	28.872 97	29.157 93662	26.4052 2672	26.6533 7612	26.57053	1.42 6353	1.42 7125	1.68 5861	2.629315	3.70 2868	7.2060 24	1752 .194	589.0 998	33.6207
16	381.41 1975	380.43 3867	378.16 9991	3.89 154	3.61 6697	3.7753 5782	4.0404 04	1485.3 833	28.819 9907	29.046 9511	29.300 17796	26.4969 096	26.7610 2849	26.67296	1.44 5572	1.42 2722	1.32 2211	2.421169	3.76 1199	7.3073 27	1782 .916	628.4 807	35.2501 6
17	381.47 6577	380.33 6461	378.19 924	3.81 1955	3.67 9152	3.7619 7689	4.2929 29	1485.5 2467	29.048 0886	29.219 2982	29.440 39152	26.5882 8379	26.8682 9323	26.77505	1.21 1536	1.11 9949	1.14 0339	2.005612	3.75 1028	3.5404 36	1781 .207	667.8 243	37.4928 1
18	381.53 7132	380.23 8133	378.23 3425	3.92 8418	3.74 2824	3.6897 9688	4.5454 55	1485.5 5508	29.274 6042	29.390 0023	29.578 59411	26.6793 3919	26.9751 5908	26.87679	1.64 3656	1.43 4443	1.54 9516	2.675861	3.78 7013	6.3010 34	1801 .436	707.1 226	39.2532 8
19	381.59 3474	380.13 9153	378.27 2451	4.01 0477	3.85 231	3.9615 532	4.7979 8	1485.4 7755	29.499 4868	29.559 0554	29.714 80392	26.7700 6577	27.0816 1488	26.97818	1.38 048	1.36 9517	1.74 5833	2.613281	3.94 1447	4.0129 3	1878 .167	746.3 682	39.7391 7
20	381.64 5448	380.03 9791	378.31 6213	3.84 6741	3.91 4338	3.9684 3166	5.0505 05	1485.2 9623	29.722 6863	29.726 4504	29.849 04049	26.8604 536	27.1876 4962	27.07921	1.61 5686	1.55 2491	1.88 8771	2.93055	3.90 9837	3.1124 29	1866 .348	785.5 548	42.0904 8

21	381.69 2912	379.94 032	378.36 459	4.04 9972	3.88 3525	3.9743 3827	5.3030 3	1485.0 1638	29.944 154	29.892 1815	29.981 32467	26.9504 9283	27.2932 5237	27.17986	1.68 1753	2.01 8618	1.63 8602	3.09647	3.96 9278	4.1933 78	1898 .015	824.6 772	43.4494 6
22	381.73 5736	379.84 1012	378.41 745	3.97 8438	3.98 2125	3.9660 1857	5.5555 56	1484.6 4428	30.163 8422	30.056 2434	30.111 67862	27.0401 737	27.3984 1238	27.28013	1.89 3443	1.64 1518	1.67 8	3.015857	3.97 5527	0.4051 27	1904 .301	863.7 31	45.3568 6
23	381.77 3803	379.74 214	378.47 4647	4.10 2553	4.21 3148	3.9625 2676	5.8080 81	1484.1 8721	30.381 7043	30.218 6321	30.240 12578	27.1294 8657	27.5031 1899	27.38	1.47 4867	1.56 1576	1.98 7422	2.926363	4.09 2743	6.1235 53	1963 .843	902.7 135	45.9667
24	381.80 7007	379.64 3976	378.53 6025	4.01 7698	4.23 7907	4.0658 7998	6.0606 06	1483.6 5331	30.597 6952	30.379 3445	30.366 69089	27.2184 2186	27.6073 6172	27.47948	1.20 5721	1.79 2168	1.47 4533	2.615316	4.10 7162	5.3615 97	1974 .168	941.6 231	47.6972
25	381.83 5259	379.54 6786	378.60 1416	3.95 5284	4.18 9081	4.2432 6976	6.3131 31	1483.0 5153	30.811 7708	30.538 3785	30.491 39991	27.3069 7014	27.7111 3022	27.57855	1.78 9889	1.75 0291	1.77 3755	3.068131	4.12 9212	6.9743 5	1988 .192	980.4 596	49.3141 2
26	381.85 848	379.45 084	378.67 064	3.99 2613	4.21 2452	4.3679 07	6.5656 57	1482.3 9155	31.023 8884	30.695 7329	30.614 28004	27.3951 2207	27.8144 1429	27.6772	2.10 9788	1.76 9837	1.91 302	3.353085	4.19 0991	8.9547 83	2021 .415	1019. 224	50.4213 2
27	381.87 6608	379.35 6398	378.74 3507	4.15 5003	4.27 5643	4.3970 5471	6.8181 82	1481.6 8361	31.234 0069	30.851 4075	30.735 35968	27.4828 6843	27.9172 0391	27.77543	2.04 3445	1.83 2092	1.99 4851	3.392884	4.27 59	5.6608 35	2065 .916	1057. 92	51.2082 6
28	381.88 9592	379.26 372	378.81 9819	4.19 7694	4.37 4111	4.2788 4278	7.0707 07	1480.9 3847	31.442 0864	31.005 4033	30.854 6684	27.5702 001	28.0194 892	27.87323	1.88 724	2.11 7202	1.84 196	3.381869	4.28 3549	4.1184 9	2073 .165	1096. 55	52.8925 5
29	381.89 7396	379.17 3061	378.89 9366	4.12 6314	4.28 6596	4.2781 2177	7.3232 32	1480.1 6726	31.648 0884	31.157 7221	30.972 23695	27.6571 0812	28.1212 6047	27.97058	1.78 642	1.58 3002	1.97 9522	3.100919	4.23 0344	3.7888 56	2050 .924	1135. 121	55.3468 1
30	381.9	379.08 4668	378.98 1929	4.28 4374	4.40 7477	4.4427 6569	7.5757 58	1479.3 8132	31.851 976	31.308 3668	31.088 09718	27.7435 8363	28.2225 0821	28.06749	2.06 3178	1.89 9536	1.50 5749	3.183115	4.37 8206	3.6177 38	2126 .242	1173. 64	55.1978 5
31	381.89 7396	378.99 8784	379.06 7283	4.11 8859	4.33 3799	4.3248 456	7.8282 83	1478.5 9217	32.053 7138	31.457 341	31.202 28207	27.8296 179	28.3232 2307	28.16394	1.75 0585	1.67 1746	1.90 232	3.078653	4.25 9168	5.0465 27	2071 .966	1212. 114	58.5006 8
32	381.88 9592	378.91 5644	379.15 5193	4.28 7245	4.57 1571	4.5646 7264	8.0808 08	1477.8 1128	32.253 2681	31.604 6498	31.314 82564	27.9152 0235	28.4233 9591	28.25992	2.06 3525	1.97 516	2.16 1976	3.582392	4.47 4496	6.3543 82	2180 .43	1250. 554	57.3535 5
33	381.87 6608	378.83 5477	379.24 5419	4.22 3254	4.64 532	4.5724 2124	8.3333 33	1477.0 5003	32.450 6066	31.750 2989	31.425 76299	28.0003 2854	28.5230 1778	28.35543	2.10 1094	1.72 545	1.89 3718	3.313298	4.48 0332	9.4204 08	2186 .991	1288. 969	58.9380 3
34	381.85 848	378.75 8501	379.33 7713	4.30 9249	4.59 0305	4.5918 9481	8.5858 59	1476.3 1954	32.645 6988	31.894 2951	31.535 1302	28.0849 8815	28.6220 7992	28.45046	2.24 5558	1.84 8287	2.14 4393	3.613463	4.49 7149	6.2850 1	2198 .932	1327. 372	60.3644 1
35	381.83 5259	378.68 4928	379.43 1822	4.41 1553	4.83 0085	4.5333 2644	8.8383 84	1475.6 3054	32.838 5156	32.036 6461	31.642 96436	28.1691 7303	28.7205 7376	28.54501	2.62 9263	1.89 981	2.26 0323	3.953652	4.59 1655	9.1150 59	2248 .952	1365. 775	60.7294
36	381.80 7007	378.61 496	379.52 7489	4.37 5232	4.61 2701	4.7771 9766	9.0909 09	1474.9 933	33.029 0301	32.177 3607	31.749 3035	28.2528 7517	28.8184 9097	28.63906	2.17 296	2.18 0196	2.12 0249	3.737709	4.58 8377	8.7605 19	2251 .154	1404. 19	62.3764 6
37	381.77 3803	378.54 8788	379.62 4451	4.46 504	4.63 3117	4.7220 5317	9.3434 34	1474.4 1747	33.217 2166	32.316 4487	31.854 18656	28.3360 8672	28.9158 2341	28.73262	2.01 325	2.20 0234	2.26 524	3.745066	4.60 6737	5.5790 78	2263 .985	1442. 632	63.7209 2
38	381.73 5736	378.48 6593	379.72 2442	4.64 2406	4.83 7118	4.7028 2601	9.5959 6	1473.9 12	33.403 0515	32.453 9207	31.957 65338	28.4187 9999	29.0125 6316	28.82566	2.14 6013	1.78 9322	2.04 1601	3.460517	4.72 745	4.1187 5	2327 .234	1481. 114	63.6427
39	381.69 2912	378.42 8547	379.82 1194	4.55 2174	4.95 8139	4.5774 5697	9.8484 85	1473.4 8503	33.586 5128	32.589 7883	32.059 74465	28.5010 0742	29.1087 0253	28.91819	1.79 5838	2.08 4114	2.24 3576	3.549958	4.69 5924	8.6450 56	2315 .612	1519. 651	65.6263 1
40	381.64 5448	378.37 4808	379.92 0436	4.74 096	5.06 0643	4.8930 6717	10.101 01	1473.1 4383	33.767 5805	32.724 0642	32.160 50186	28.5827 0167	29.2042 3404	29.0102	2.05 8442	1.95 2396	2.46 4464	3.758007	4.89 8224	6.5265 21	2419 .434	1558. 255	64.4057 6
41	381.59 3474	378.32 5523	380.01 9896	4.61 7062	4.88 828	5.1084 2844	10.353 54	1472.8 9466	33.946 2361	32.856 7617	32.259 96729	28.6638 7551	29.2991 5046	29.10168	2.15 0646	1.86 2203	2.39 1505	3.716501	4.87 1257	10.087 05	2410 .159	1596. 941	66.2587 7
42	381.53 7132	378.28 0829	380.11 9302	4.83 8122	5.07 7159	5.1350 6622	10.606 06	1472.7 4277	34.122 4634	32.987 8955	32.358 18397	28.7445 2193	29.3934 4478	29.19264	2.15 3616	2.11 2235	2.24 6396	3.761103	5.01 6782	5.9190 13	2486 .326	1635. 722	65.7887 4
43	381.47 6577	378.24 0846	380.21 8381	4.99 3483	5.00 1189	4.9592 8809	10.858 59	1472.6 9232	34.296 2476	33.117 4807	32.455 19562	28.8246 3406	29.4871 1023	29.28305	2.33 8118	2.12 0386	2.47 2401	4.009439	4.98 4653	0.8406	2474 .542	1674. 611	67.6735 8

44	381.41 1975	378.20 5685	380.31 6861	4.67 8617	5.02 1641	4.9783 4753	11.111 11	1472.7 4629	34.467 576	33.245 5338	32.551 04664	28.9042 0522	29.5801 4029	29.37291	2.14 1435	2.75 4589	2.62 5079	4.366297	4.89 2869	7.0106 95	2433 .04	1713. 618	70.4311 5
45	381.34 3503	378.17 5442	380.41 4472	4.91 2571	5.16 1755	5.1196 678	11.363 64	1472.9 0652	34.636 438	33.372 0717	32.645 78205	28.9832 2891	29.6725 2868	29.46223	2.62 8607	2.34 2674	1.97 306	4.036169	5.06 4664	4.9200 46	2522 .674	1752. 755	69.4800 4
46	381.27 1348	378.15 02	380.51 0948	5.12 221	5.17 1076	5.0025 5535	11.616 16	1473.1 7363	34.802 8245	33.497 1126	32.739 44747	29.0616 9882	29.7642 6937	29.55099	2.39 3989	1.96 0939	2.80 4985	4.17665	5.09 8614	3.3052 15	2543 .818	1792. 03	70.4464 5
47	381.19 5709	378.13 0028	380.60 6023	5.11 5505	4.97 4425	5.1673 659	11.868 69	1473.5 4708	34.966 7285	33.620 6754	32.832 08906	29.1396 0881	29.8553 5658	29.63919	2.42 1988	2.17 2961	2.45 9862	4.079057	5.08 5765	3.7937 4	2541 .633	1831. 451	72.0580 5
48	381.11 6792	378.11 4982	380.69 9437	5.24 8114	5.32 062	5.2471 8694	12.121 21	1474.0 2509	35.128 1451	33.742 7797	32.923 75351	29.2169 5295	29.9457 8479	29.72683	2.37 4062	2.56 9986	2.68 6933	4.411418	5.27 1974	1.3928 98	2639 .071	1871. 025	70.8971 1
49	381.03 4814	378.10 5102	380.79 0934	5.21 8702	5.34 3172	5.3272 4482	12.373 74	1474.6 0472	35.287 071	33.863 4462	33.014 48796	29.2937 2548	30.0355 4874	29.81389	2.52 3411	2.85 3605	2.92 1464	4.800585	5.29 6373	2.3500 95	2655 .685	1910. 756	71.9496 3
50	380.95	378.10 0417	380.88 0262	5.36 4338	5.16 6106	5.2210 7971	12.626 26	1475.2 819	35.443 5051	33.982 6963	33.104 33999	29.3699 2085	30.1246 4343	29.90038	2.72 2676	2.01 044	2.27 8663	4.08009	5.25 0508	3.7754 87	2637 .05	1950. 646	73.9707 6
51	380.86 2582	378.10 0938	380.96 7179	5.40 9695	5.30 5647	5.2425 3446	12.878 79	1476.0 5146	35.597 4482	34.100 5521	33.193 35756	29.4455 3371	30.2130 6414	29.98629	2.32 473	1.96 3582	2.48 3113	3.927579	5.31 9292	3.1425 38	2676 .017	1990. 697	74.3902 8
52	380.77 28	378.10 6664	381.05 1444	5.62 4978	5.34 9493	5.2041 3792	13.131 31	1476.9 0718	35.748 9029	34.217 0366	33.281 58898	29.5205 5889	30.3008 0639	30.07161	2.40 6243	2.90 4789	2.62 6506	4.59634	5.39 287	7.8036 3	2717 .514	2030. 907	74.7339 9
53	380.68 0899	378.11 7579	381.13 2827	5.59 2933	5.35 9122	5.2431 5986	13.383 84	1477.8 4187	35.897 8739	34.332 1737	33.369 08287	29.5949 9143	30.3878 66	30.15635	2.52 6908	2.57 2217	2.52 19	4.400175	5.39 8405	6.4792	2724 .791	2071. 273	76.0158 5
54	380.58 7132	378.13 3654	381.21 1106	5.66 8212	5.30 7653	5.3424 1066	13.636 36	1478.8 4745	36.044 3678	34.445 9878	33.455 88811	29.6688 2659	30.4742 3905	30.24049	2.28 1543	2.28 7078	3.24 8444	4.581326	5.43 9425	6.6286 33	2750 .017	2111. 789	76.7918 7
55	380.49 1756	378.15 4845	381.28 6064	5.64 6033	5.33 0953	5.4432 3696	13.888 89	1479.9 1505	36.188 393	34.558 5041	33.542 05379	29.7420 5981	30.5599 2188	30.32404	2.44 8198	2.66 8773	2.56 0104	4.435105	5.47 3408	5.7565 7	2771 .747	2152. 449	77.6567 6
56	380.39 5032	378.18 1093	381.35 7498	5.69 6352	5.43 9175	5.5413 9009	14.141 41	1481.0 3507	36.329 96	34.669 7487	33.627 6292	29.8146 8677	30.6449 1115	30.40698	2.56 8534	1.88 6811	2.67 4497	4.160572	5.55 8972	4.6263 46	2819 .699	2193. 243	77.7828 8
57	380.29 7225	378.21 2327	381.42 5211	5.75 8203	5.61 0718	5.3940 7425	14.393 94	1482.1 9733	36.469 0812	34.779 7481	33.712 66373	29.8867 0333	30.7292 0375	30.48933	2.96 5743	2.59 1784	2.92 2166	4.904286	5.58 7665	6.5166 6	2838 .899	2234. 16	78.6981 1
58	380.19 8604	378.24 846	381.48 9018	5.90 6921	5.58 4262	5.6891 2078	14.646 46	1483.3 9115	36.605 7707	34.888 5296	33.797 20688	29.9581 0557	30.8127 9689	30.57107	2.82 9979	2.70 5576	2.54 7378	4.67098	5.72 6768	5.6342 33	2914 .335	2275. 187	78.0688 3
59	380.09 9438	378.28 9394	381.54 8743	5.85 9212	5.52 6972	5.5380 5162	14.898 99	1484.6 0547	36.740 0449	34.996 1212	33.881 30821	30.0288 898	30.8956 8805	30.6522	2.84 1849	2.89 3276	2.81 1446	4.934712	5.64 1412	5.8893 15	2875 .589	2316. 309	80.5507 6
60	380	378.33 5017	381.60 4223	5.98 7674	5.70 0974	5.6119 236	15.151 52	1485.8 29	36.871 9216	35.102 5516	33.965 01727	30.0990 5253	30.9778 7499	30.73271	3.05 798	2.40 5825	3.05 3028	4.945727	5.76 6857	6.5156 88	2944 .329	2357. 51	80.0695 2
61	379.90 0562	378.38 5204	381.65 5306	6.24 2038	5.33 9861	5.5778 3528	15.404 04	1487.0 5032	37.001 4209	35.207 8498	34.048 38356	30.1685 905	31.0593 5577	30.81262	2.80 9355	2.72 9248	2.89 1354	4.868387	5.71 9911	15.772 56	2925 .118	2398. 772	82.0059 8
62	379.80 1396	378.43 9817	381.70 1852	6.13 4332	5.84 3879	5.4356 537	15.656 57	1488.2 58	37.128 5644	35.312 0458	34.131 45653	30.2375 0065	31.1401 2872	30.89191	2.99 1194	2.48 1759	2.99 4499	4.906465	5.80 4621	12.036 58	2973 .267	2440. 076	82.0671 7
63	379.70 2775	378.49 8705	381.74 3734	6.02 181	5.56 4206	5.8667 1478	15.909 09	1489.4 4075	37.253 3757	35.415 1697	34.214 28547	30.3057 8016	31.2201 9248	30.97057	2.87 9063	2.83 4215	2.89 2859	4.968944	5.81 7577	7.8658 81	2984 .743	2481. 402	83.1362 2
64	379.60 4968	378.56 1709	381.78 0836	6.23 5889	5.77 6661	5.9045 9266	16.161 62	1490.5 875	37.375 8803	35.517 2525	34.296 91953	30.3734 2641	31.2995 4596	31.04862	3.01 7394	2.54 2406	2.61 8943	4.735753	5.97 2381	7.6891 81	3069 .135	2522. 731	82.1967 9
65	379.50 8244	378.62 8656	381.81 3057	6.06 4412	5.74 3107	5.8416 0701	16.414 14	1491.6 8758	37.496 1052	35.618 3256	34.379 40764	30.4404 3704	31.3781 8838	31.12605	2.79 6635	2.70 6078	3.21 846	5.050002	5.88 3042	5.4615 4	3028 .12	2564. 039	84.6742 8
66	379.41 2868	378.69 936	381.84 0308	5.88 5716	5.77 8483	5.9400 3424	16.666 67	1492.7 308	37.614 0795	35.718 4208	34.461 79847	30.5068 0987	31.4561 1923	31.20285	2.26 8355	2.56 6193	3.70 2804	5.04396	5.86 8078	2.7530 5	3025 .301	2605. 307	86.1172 7

67	379.31 9101	378.77 363	381.86 2515	6.03 0431	6.13 0012	6.0527 4237	16.919 19	1493.7 0757	37.729 8337	35.817 5705	34.544 14041	30.5725 4298	31.5333 383	31.27903	2.98 9612	3.06 6236	3.18 7673	5.338618	6.07 1062	1.6402 49	3135 .003	2646. 512	84.4181 7
68	379.22 72	378.85 1262	381.87 9617	5.93 9941	5.99 4349	5.8618 5197	17.171 72	1494.6 09	37.843 4002	35.915 8075	34.626 48151	30.6376 3466	31.6098 4569	31.35459	3.49 6053	3.15 7177	3.28 6028	5.74353	5.93 2047	2.2335 8	3068 .155	2687. 633	87.5976 9
69	379.13 7418	378.93 2042	381.89 1568	6.14 1771	6.15 4274	6.0472 4755	17.424 24	1495.4 27	37.954 813	36.013 1648	34.708 86942	30.7020 8343	31.6856 4178	31.42952	3.37 7194	2.86 7471	3.47 0275	5.627667	6.11 4431	1.7503 93	3167 .576	2728. 649	86.1431 4
70	379.05 5749	379.01 8333	381.89 0617	6.20 0617	6.16 7767	6.2716 29	17.676 77	1496.1 5439	38.064 1078	36.109 6762	34.791 35139	30.7658 8804	31.7607 2722	31.50382	3.42 2533	2.97 649	2.86 1279	5.362848	6.21 3338	1.6716	3223 .987	2769. 542	85.9042 5
71	378.96 5186	379.10 2154	381.89 9896	6.41 887	6.29 5084	6.0791 6672	17.929 29	1496.7 8494	38.171 3219	36.205 3755	34.873 97421	30.8290 4745	31.8351 0299	31.57749	3.54 1084	2.56 024	3.87 2468	5.838674	6.26 4374	5.4227 83	3255 .683	2810. 29	86.3195 4
72	378.88 3208	379.19 1019	381.89 6251	6.26 3437	6.30 7392	6.3346 9095	18.181 82	1497.3 1348	38.276 4941	36.300 2969	34.956 78416	30.8915 6089	31.9087 7034	31.65054	3.21 0027	2.93 2143	3.40 8505	5.524459	6.30 184	1.1306 78	3280 .401	2850. 878	86.9063 9
73	378.80 4291	379.28 2103	381.88 7408	6.20 7958	6.19 6445	6.1870 85	18.434 34	1497.7 359	38.379 6648	36.394 475	35.039 82696	30.9534 2778	31.9817 3081	31.72296	3.27 5501	3.03 6195	3.92 3108	5.944591	6.19 7163	0.3368 14	3231 .071	2891. 289	89.4839 3
74	378.72 8652	379.37 5153	381.87 3392	6.35 249	6.54 8979	6.4809 3694	18.686 87	1498.0 4928	38.480 8758	36.487 9447	35.123 14779	31.0146 478	32.0539 8624	31.79475	3.04 2155	3.88 7587	3.15 4981	5.858493	6.46 0802	3.0412 45	3373 .906	2931. 509	86.8877
75	378.65 6497	379.46 9917	381.85 4242	5.98 6992	6.41 7628	6.4770 1474	18.939 39	1498.2 5183	38.580 1705	36.580 7411	35.206 79118	31.0752 2083	32.1255 3876	31.86592	3.16 9285	2.76 337	4.06 1116	5.845789	6.29 3878	7.7857 12	3291 .977	2971. 526	90.2657
76	378.58 8025	379.56 6133	381.83 0009	6.31 0961	6.33 7501	6.3298 4167	19.191 92	1498.3 4299	38.677 5936	36.672 8994	35.290 80099	31.1351 4699	32.1963 9078	31.93646	3.50 6421	3.59 732	3.73 702	6.261072	6.32 6101	0.4195 43	3314 .098	3011. 329	90.8642 2
77	378.52 3423	379.66 3539	381.80 076	6.39 8602	6.54 277	6.7530 0349	19.444 44	1498.3 2337	38.773 1912	36.764 4551	35.375 2204	31.1944 2666	32.2665 4501	32.00638	3.73 4628	3.48 2339	3.69 3564	6.302106	6.56 4792	5.3985 21	3444 .609	3050. 912	88.5706 5
78	378.46 2868	379.76 1867	381.76 6575	6.13 7736	6.85 5572	6.5580 1096	19.696 97	1498.1 9479	38.867 0108	36.855 444	35.460 09185	31.2530 6041	32.3360 0443	32.07567	3.31 6732	3.28 5131	3.61 4471	5.903998	6.51 7106	11.014 65	3425 .014	3090. 269	90.2264 6
79	378.40 6526	379.86 0847	381.72 7549	6.49 7064	6.82 4588	6.6017 3651	19.949 49	1497.9 6025	38.959 101	36.945 9018	35.545 45702	31.3110 4906	32.4047 7233	32.14434	3.24 1148	3.79 1264	3.47 507	6.079049	6.64 113	4.9317 51	3495 .724	3129. 398	89.5207 5
80	378.35 4552	379.96 0209	381.68 3787	6.42 6039	6.71 5972	6.7902 613	20.202 02	1497.6 2387	39.049 5119	37.035 8645	35.631 35674	31.3683 9366	32.4728 5226	32.2124	3.42 4423	3.37 4077	4.02 71	6.271253	6.64 4091	5.4819 04	3502 .815	3168. 299	90.4500 8
81	378.30 7088	380.05 968	381.63 541	6.36 496	6.76 5999	6.9701 1997	20.454 55	1497.1 9088	39.138 2946	37.125 368	35.717 83105	31.4250 9548	32.5402 4806	32.27983	3.66 2235	3.40 9533	3.67 8185	6.210147	6.70 036	9.0317 55	3538 .06	3206. 975	90.6422
82	378.26 4264	380.15 8988	381.58 255	6.54 0066	6.81 7604	6.7223 3688	20.707 07	1496.6 6755	39.225 5013	37.214 4484	35.804 91907	31.4811 5603	32.6069 6386	32.34665	2.98 1687	3.29 302	2.93 9322	5.32673	6.69 3336	4.1464 69	3539 .925	3245. 433	91.6808 4
83	378.22 6197	380.25 786	381.52 5353	6.79 8513	7.19 4404	6.9160 2261	20.959 6	1496.0 6112	39.311 1855	37.303 1418	35.892 65901	31.5365 7705	32.6730 0405	32.41286	2.70 8009	3.74 7992	3.27 8566	5.668311	6.96 9647	5.6802 19	3691 .862	3283. 68	88.9437 4
84	378.19 2993	380.35 6024	381.46 3975	6.57 6719	7.00 3926	7.0104 4335	21.212 12	1495.3 7972	39.395 4016	37.391 4843	35.981 08817	31.5913 6049	32.7383 7331	32.47845	3.35 0264	3.73 7493	3.65 3542	6.208179	6.86 3696	6.3191 08	3641 .455	3321. 729	91.2198 4
85	378.16 4741	380.45 3214	381.39 8584	6.64 0238	7.05 1871	7.0886 5685	21.464 65	1494.6 3228	39.478 2049	37.479 5118	36.070 24283	31.6455 0854	32.8030 7658	32.54344	3.13 926	3.18 4429	3.87 0936	5.914363	6.92 6922	6.4735 67	3680 .767	3359. 593	91.2742 9
86	378.14 152	380.54 916	381.32 936	6.60 5485	7.17 5133	7.0550 7808	21.717 17	1493.8 2843	39.559 6518	37.567 2604	36.160 15828	31.6990 2362	32.8671 191	32.60782	3.42 2822	2.97 3815	3.76 4937	5.893559	6.94 5232	8.2019 97	3696 .279	3397. 29	91.9110 8
87	378.12 3392	380.64 3602	381.25 6493	6.61 6191	7.10 0272	7.0146 5116	21.969 7	1492.9 7843	39.639 7996	37.654 766	36.250 86877	31.7519 0838	32.9305 0634	32.67159	3.58 2625	3.38 4425	4.28 3607	6.529841	6.91 0371	7.0051 38	3683 .48	3434. 838	93.2498
88	378.11 0408	380.73 628	381.18 0181	6.91 1634	7.06 3848	6.9831 0699	22.222 22	1492.0 9298	39.718 7062	37.742 0644	36.342 40747	31.8041 6566	32.9932 4406	32.73477	3.50 0476	3.20 4653	3.09 8826	5.667967	6.98 6196	2.1787 84	3729 .715	3472. 258	93.0971 5
89	378.10 2604	380.82 6939	381.10 0634	6.75 3158	7.10 4773	7.1450 7185	22.474 75	1491.1 832	39.796 4304	37.829 1911	36.434 80647	31.8557 9857	33.0553 3829	32.79736	4.23 3943	3.48 9811	3.93 7556	6.753473	7.00 1001	5.5979 66	3743 .447	3509. 574	93.7524 7

90	378.1	380.91 5332	381.01 8071	6.95 6306	7.15 2924	7.0095 8346	22.727 27	1490.2 6043	39.873 0319	37.916 1816	36.528 09671	31.9068 1042	33.1167 9528	32.85935	3.84 9059	3.97 9075	3.20 2145	6.395469	7.03 9604	2.7930 31	3769 .95	3546. 812	94.0811 4
91	378.10 2604	381.00 1216	380.93 2717	6.95 7815	7.18 6729	6.7718 7094	22.979 8	1489.3 3613	39.948 5706	38.003 0712	36.622 308	31.9572 0473	33.1776 2158	32.92075	3.87 0481	3.40 6454	4.24 5196	6.67879	6.97 2138	5.9502 23	3739 .624	3583. 996	95.8384 2
92	378.11 0408	381.08 4356	380.84 4807	7.17 3994	7.32 4833	7.2828 0344	23.232 32	1488.4 2178	40.023 1075	38.089 8949	36.717 46895	32.0069 8525	33.2378 2398	32.98157	4.02 3563	3.58 3075	3.93 9704	6.674485	7.26 0543	2.0775 12	3900 .359	3621. 156	92.8416 2
93	378.12 3392	381.16 4523	380.75 4581	7.23 6713	7.25 4067	7.3775 4673	23.484 85	1487.5 2873	40.096 7039	38.176 6875	36.813 607	32.0561 5596	33.2974 095	33.04181	3.38 3355	3.64 8319	4.17 7316	6.496714	7.28 9442	1.9320 25	3921 .952	3658. 32	93.2780 6
94	378.14 152	381.24 1499	380.66 2287	7.42 3642	7.37 9293	6.9290 2801	23.737 37	1486.6 6806	40.169 4215	38.263 4834	36.910 74833	32.1047 2103	33.3563 8544	33.10148	4.24 8385	3.96 6252	3.69 1822	6.885454	7.24 3988	6.8279 27	3903 .525	3695. 518	94.6712 9
95	378.16 4741	381.31 5072	380.56 8178	7.28 2153	7.28 6891	7.1512 7956	23.989 9	1485.8 5052	40.241 3224	38.350 3169	37.008 91789	32.1526 8486	33.4147 5931	33.16058	3.84 9401	2.85 6904	4.59 3818	6.639499	7.24 0108	1.8730 58	3907 .461	3732. 778	95.5295
96	378.19 2993	381.38 504	380.47 2511	7.40 1289	7.33 6247	7.4154 3031	24.242 42	1485.0 8632	40.312 4694	38.437 2217	37.108 13935	32.2000 5207	33.4725 3888	33.21911	4.17 1188	3.48 833	4.53 2126	7.07866	7.38 4322	1.0723 14	3991 .439	3770. 13	94.4554 2
97	378.22 6197	381.45 1212	380.37 5549	7.37 7488	7.05 7457	7.6537 4527	24.494 95	1484.3 8511	40.382 9253	38.524 2313	37.208 43511	32.2468 2746	33.5297 3215	33.27708	3.51 7147	3.82 1496	4.37 7739	6.792551	7.36 2897	8.0985 53	3985 .985	3807. 604	95.5247 8
98	378.26 4264	381.51 3407	380.27 7558	7.53 8914	7.51 379	7.3816 348	24.747 47	1483.7 5582	40.452 7531	38.611 3788	37.309 82623	32.2930 1608	33.5863 4734	33.3345	3.35 2902	4.22 3787	4.11 4197	6.782989	7.47 8113	2.1031 87	4054 .582	3845. 227	94.8365 8
99	378.30 7088	381.57 1453	380.17 8806	7.74 3923	7.45 8367	7.2991 9061	25 25	1483.2 0657	40.522 0162	38.698 6969	37.412 33248	32.3386 2316	33.6423 9291	33.39137	4.32 7156	3.61 3077	4.44 354	7.177998	7.50 0493	5.9293 75	4072 .957	3883. 026	95.3367 7
100	378.35 4552	381.62 5192	380.07 9564	7.83 246	7.53 9726	7.3651 3639	25 25	1482.7 446	40.590 7779	38.786 2177	37.515 97226	32.3836 5413	33.6978 7752	33.4477	4.15 0564	3.08 691	3.90 3105	6.480002	7.57 9107	6.1659 48	4115 .654	3881. 816	94.3183 4
101	378.40 6526	381.67 4477	379.98 0104	7.64 4795	6.99 3928	7.6281 0277	25.252 53	1482.3 7617	40.659 1018	38.873 973	37.620 76261	32.4281 1463	33.7528 1009	33.50349	3.66 6749	4.06 6062	4.59 3874	7.147138	7.42 2275	8.7690 95	4036 .665	3920. 052	96
102	378.46 2868	381.71 9171	379.88 0698	7.99 3836	7.76 9265	7.3614 2307	25.505 05	1482.1 0651	40.727 0512	38.961 9941	37.726 71923	32.4720 1052	33.8071 997	33.55875	3.70 747	3.61 248	4.96 6915	7.173952	7.70 8175	8.2044 45	4198 .565	3958. 533	94.2829 8
103	378.52 3423	381.75 9154	379.78 1619	8.13 6179	7.47 292	7.3740 6114	25.757 58	1481.9 3973	40.794 6896	39.050 3116	37.833 8564	32.5153 4782	33.8610 5567	33.61349	4.55 1314	3.42 4016	4.75 533	7.419671	7.66 1054	9.9479 52	4179 .271	3997. 276	95.6452 9
104	378.58 8025	381.79 4315	379.68 3139	8.04 6711	7.69 9312	7.4596 4305	26.010 1	1481.8 7883	40.862 0802	39.138 9558	37.942 18701	32.5581 3277	33.9143 8752	33.66771	3.63 103	3.67 0711	4.01 1554	6.53843	7.73 5222	7.5895 37	4226 .165	4036. 299	95.5073 7
105	378.65 6497	381.82 4558	379.58 5528	8.33 6405	7.41 5989	7.4291 0268	26.262 63	1481.9 2561	40.929 2861	39.227 9564	38.051 72255	32.6003 7178	33.9672 0496	33.72141	4.83 3473	3.87 1164	4.51 6636	7.664749	7.72 7166	11.911 44	4228 .19	4075. 615	96
106	378.72 8652	381.84 98	379.48 9052	7.95 8365	7.71 0714	7.6360 4802	26.515 15	1482.0 8069	40.996 3702	39.317 3422	38.162 47309	32.6420 7149	34.0195 1789	33.77462	3.80 5195	3.73 2479	3.82 3102	6.559498	7.76 8376	4.1490 89	4257 .199	4115. 234	96
107	378.80 4291	381.86 9972	379.39 3977	7.92 4258	7.50 2529	7.9130 2688	26.767 68	1482.3 4349	41.063 3948	39.407 1417	38.274 44728	32.6832 3867	34.0713 3642	33.82732	4.48 102	3.11 8955	4.67 588	7.188273	7.77 9938	5.4207 25	4270 .003	4155. 164	96
108	378.88 3208	381.88 5018	379.30 0563	7.87 3628	7.76 7197	7.7632 6574	27.020 2	1482.7 1223	41.130 4223	39.497 3828	38.387 65234	32.7238 8033	34.1226 7081	33.87954	4.10 301	4.39 1848	4.65 5269	7.602273	7.75 1364	3.3082 06	4260 .765	4195. 407	96
109	378.96 5186	381.89 4898	379.20 9066	8.44 1295	8.06 2878	7.7264 1206	27.272 73	1483.1 8395	41.197 5142	39.588 0925	38.502 09402	32.7640 0361	34.1735 3152	33.93127	4.53 0453	4.57 6574	3.64 7496	7.400964	8.07 6862	8.8509 98	4446 .398	4235. 963	95.2673
110	379.05	381.89 9583	379.11 9738	8.33 0352	7.79 0625	7.7748 0705	27.525 25	1483.7 5456	41.264 7319	39.679 2974	38.617 77668	32.8036 1586	34.2239 2918	33.98252	4.06 8896	4.35 4213	3.99 3267	7.173651	7.96 5261	6.9745 98	4391 .581	4276. 83	96
111	379.13 7418	381.89 9062	379.03 2821	8.23 5203	7.91 2074	7.6315 2507	27.777 78	1484.4 1887	41.332 136	39.771 023	38.734 70321	32.8427 246	34.2738 7458	34.03331	4.26 279	3.64 8319	4.42 1172	7.143415	7.92 6267	7.6161 75	4376 .67	4317. 999	96
112	379.22 72	381.89 3336	378.94 8556	8.30 7584	8.07 5643	8.0777 132	28.030 3	1485.1 7064	41.399 7865	39.863 2945	38.852 87504	32.8813 3751	34.3233 7866	34.08364	4.38 1492	4.06 1927	4.44 397	7.44618	8.15 3646	2.8446 26	4508 .998	4359. 461	96

113	379.31 9101	381.88 2421	378.86 7173	8.08 7823	8.07 8631	7.9868 7565	28.282 83	1486.0 0268	41.467 7429	39.956 1362	38.972 29219	32.9194 6245	34.3724 5254	34.13352	3.95 3584	4.17 152	4.05 5628	7.03424	8.05 111	1.2538 27	4458 .984	4401. 199	96
114	379.41 2868	381.86 6346	378.78 8894	8.68 8317	8.08 7228	8.0338 679	28.535 35	1486.9 0689	41.536 0639	40.049 5716	39.092 9532	32.9571 0743	34.4211 0747	34.18295	4.75 2001	4.45 4705	4.82 6153	8.106643	8.26 9805	7.9137 24	4586 .976	4443. 198	96
115	379.50 8244	381.84 5155	378.71 3936	8.31 0595	8.18 747	8.6472 2198	28.787 88	1487.8 7438	41.604 8074	40.143 6235	39.214 85518	32.9942 8064	34.4693 5485	34.23194	4.22 5932	4.51 4648	4.79 4894	7.825059	8.38 1762	5.4851 41	4656 .038	4485. 435	96
116	379.60 4968	381.81 8907	378.64 2502	8.31 0967	8.58 8393	8.2434 6018	29.040 4	1488.8 9552	41.674 0304	40.238 3137	39.337 99382	33.0309 9041	34.5172 062	34.28051	4.38 2325	3.94 7804	4.61 7608	7.490809	8.38 094	4.1156 85	4662 .542	4527. 886	96
117	379.70 2775	381.78 7673	378.57 4789	8.41 5232	8.25 2156	8.1374 5504	29.292 93	1489.9 6014	41.743 7891	40.333 6636	39.462 36335	33.0672 4523	34.5646 7321	34.32866	4.06 6188	4.32 4565	4.38 2595	7.378542	8.26 8281	3.3595 46	4606 .734	4570. 525	96
118	379.80 1396	381.75 154	378.51 0982	8.37 5767	8.36 2794	8.2582 6853	29.545 45	1491.0 5752	41.814 1388	40.429 6933	39.587 95658	33.1030 5375	34.6117 6766	34.3764	3.38 0757	4.51 5644	5.27 3247	7.721897	8.33 2276	1.4101 57	4649 .309	4613. 321	96
119	379.90 0562	381.71 0606	378.45 1257	8.33 4151	8.57 3401	8.5898 2368	29.797 98	1492.1 7661	41.885 1337	40.526 4224	39.714 76491	33.1384 2475	34.6585 0145	34.42374	4.48 8348	4.97 9811	5.59 9893	8.735136	8.49 9125	3.0082 25	4749 .466	4656. 243	96
120	380 4983	381.66 4983	378.39 5777	8.16 7556	8.65 1408	8.4834 3373	30.050 51	1493.3 061	41.956 827	40.623 8696	39.842 77831	33.1733 6717	34.7048 8661	34.47068	5.71 7326	4.68 4033	4.60 2496	8.706948	8.43 4133	5.7368 28	4720 .149	4699. 257	96
121	380.09 9438	381.61 4796	378.34 4694	8.38 0305	8.73 3334	8.2854 1372	30.303 03	1494.4 3453	42.029 2708	40.722 0525	39.971 98537	33.2078 9007	34.7509 3526	34.51724	5.00 0135	4.75 2089	4.57 0168	8.274668	8.46 6351	5.2905 91	4745 .209	4742. 328	96
122	380.19 8604	381.56 0183	378.29 8148	8.62 0279	8.70 6024	8.7542 4872	30.555 56	1495.5 5049	42.102 516	40.820 988	40.102 37327	33.2420 0266	34.7966 5964	34.56342	4.65 7678	4.47 0496	5.14 0692	8.252637	8.69 3517	1.5410 27	4879 .747	4785. 418	96
123	380.29 7225	381.50 1295	378.25 6266	8.53 9943	8.46 2127	8.5443 7389	30.808 08	1496.6 4264	42.176 6125	40.920 6922	40.233 92783	33.2757 1428	34.8420 7206	34.60924	4.57 3491	5.09 1485	4.75 5245	8.33381	8.51 5481	0.9658 51	4786 .882	4828. 49	96
124	380.39 5032	381.43 8291	378.21 9164	8.59 3867	9.00 7058	9.0489 0092	31.060 61	1497.6 9993	42.251 6087	41.021 18	40.366 63348	33.3090 344	34.8871 8493	34.65471	4.73 7893	4.67 493	4.89 4445	8.261851	8.88 3275	5.1223 64	5001 .006	4871. 507	96
125	380.49 1756	381.37 1344	378.18 6943	8.25 9859	8.58 0611	8.9716 5277	31.313 13	1498.7 1166	42.327 5518	41.122 4657	40.500 47333	33.3419 7259	34.9320 1073	34.69982	5.01 7872	4.13 0511	5.36 4945	8.427502	8.60 4041	8.2727 86	4850 .946	4914. 431	96
126	380.58 7132	381.30 064	378.15 9692	8.20 1214	8.89 2824	8.7602 417	31.565 66	1499.6 6763	42.404 4877	41.224 5624	40.635 42915	33.3745 3858	34.9765 6203	34.7446	4.22 252	5.18 6806	4.06 7387	7.827916	8.61 8093	8.0250 99	4866 .02	4957. 223	96
127	380.68 0899	381.22 637	378.13 7485	8.37 2738	8.75 9811	9.1218 4824	31.818 18	1500.5 5822	42.482 4608	41.327 4823	40.771 48137	33.4067 4217	35.0208 5145	34.78905	5.35 5082	4.89 6722	5.72 6032	9.243497	8.75 1466	8.5598 21	4948 .587	4999. 848	96
128	380.77 28	381.14 8738	378.12 0383	8.43 6098	8.93 4262	8.9578 7813	32.070 71	1501.3 7455	42.561 5143	41.431 2368	40.908 60915	33.4385 9331	35.0648 9168	34.83318	5.19 5336	4.40 1992	5.12 791	8.524348	8.77 6079	5.9454 83	4969 .786	5042. 271	96
129	380.86 2582	381.06 7958	378.10 8432	8.65 0912	9.05 3588	9.1478 5152	32.323 23	1502.1 0851	42.641 6898	41.535 8363	41.046 79036	33.4701 0203	35.1086 9546	34.877	5.22 9175	4.41 2611	4.91 1931	8.422735	8.95 0784	5.5519 06	5076 .145	5084. 459	96
130	380.95	380.98 4251	378.10 1667	8.22 2785	9.09 812	9.1276 5867	32.575 76	1502.7 529	42.723 0273	41.641 2901	41.186 00162	33.5012 7847	35.1522 7557	34.92053	5.12 4343	4.80 1948	5.10 8549	8.684174	8.81 6188	10.263 78	5007 .126	5126. 379	96
131	381.03 4814	380.89 7846	378.10 0104	8.82 4369	9.15 906	8.9286 795	32.828 28	1503.3 0149	42.805 5653	41.747 6066	41.326 21831	33.5321 3287	35.1956 4485	34.96376	4.94 9083	4.90 977	5.16 6878	8.677321	8.97 0703	3.7309 39	5102 .323	5168. 004	96
132	381.11 6792	380.80 8981	378.10 3749	8.59 3056	9.41 6064	9.0042 6464	33.080 81	1503.7 4907	42.889 341	41.854 7933	41.467 41459	33.5626 7558	35.2388 1615	35.00672	5.30 4089	4.81 4358	4.31 481	8.362355	9.00 4462	9.1400 11	5128 .993	5209. 309	96
133	381.19 5709	380.71 7897	378.11 2592	8.61 0155	9.24 0919	9.3464 9554	33.333 33	1504.0 9155	42.974 3896	41.962 8565	41.609 56346	33.5929 1699	35.2818 0236	35.04941	5.29 5907	4.89 7872	6.03 4843	9.405057	9.06 5856	8.1221 31	5171 .483	5250. 27	96
134	381.27 1348	380.62 4847	378.12 6608	8.57 6963	9.14 6218	9.1295 5997	33.585 86	1504.3 2597	43.060 7448	42.071 8018	41.752 63672	33.6228 6764	35.3246 164	35.09184	4.85 221	5.59 1161	5.30 3646	9.106793	8.95 0914	6.3597 39	5113 .339	5290. 869	96
135	381.34 3503	380.53 0083	378.14 5758	8.53 7287	9.39 9413	9.1471 5858	33.838 38	1504.4 5056	43.148 4386	42.181 6336	41.896 60507	33.6525 3809	35.3672 7117	35.13402	4.77 0329	5.32 2728	5.54 9032	9.048714	9.02 7953	9.5495 18	5164 .836	5331. 092	96

136	381.41 1975	380.43 3867	378.16 9991	9.05 656	9.46 9652	9.0729 1864	34.090 91	1504.4 6471	43.237 5014	42.292 3554	42.041 43806	33.6819 3902	35.4097 7961	35.17596	5.14 2763	4.92 8562	5.85 4101	9.220045	9.19 971	4.4902 66	5270 .727	5370. 926	96
137	381.47 6577	380.33 6461	378.19 924	9.00 7839	9.04 7671	9.3539 8336	34.343 43	1504.3 6905	43.327 9618	42.403 9695	42.187 1042	33.7110 8115	35.4521 5464	35.21768	5.91 4498	5.32 3113	4.82 8166	9.307417	9.13 6498	3.7885 86	5242 .087	5410. 367	96
138	381.53 7132	380.23 8133	378.23 3425	8.84 8845	9.41 0426	9.6829 1877	34.595 96	1504.1 6537	43.419 8465	42.516 4776	42.333 57092	33.7399 7529	35.4944 0918	35.25917	4.51 3187	4.38 8628	5.66 5196	8.468965	9.31 4063	8.9549 99	5351 .689	5449. 411	96
139	381.59 3474	380.13 9153	378.27 2451	8.93 7095	9.45 2446	9.1226 9858	34.848 48	1503.8 5666	43.513 1806	42.629 8799	42.480 80464	33.7686 3229	35.5365 5613	35.30046	4.42 1373	5.11 8616	5.29 5288	8.590043	9.17 0747	5.6195 16	5276 .947	5488. 061	96
140	381.64 5448	380.03 9791	378.31 6213	9.20 6258	9.28 7419	9.3475 4732	35.101 01	1503.4 4704	43.607 9873	42.744 1761	42.628 77079	33.7970 6308	35.5786 0838	35.34155	5.29 7997	5.84 7396	5.93 6142	9.874137	9.28 0408	1.5224 5	5347 .743	5526. 324	96
141	381.69 2912	379.94 032	378.36 459	9.67 6199	9.62 1269	9.6281 0676	35.353 54	1502.9 4171	43.704 2879	42.859 3645	42.777 43383	33.8252 7862	35.6205 7877	35.38246	5.26 9102	4.87 171	4.33 3603	8.383144	9.64 1858	0.5697 02	5564 .02	5564. 211	96
142	381.73 5736	379.84 1012	378.41 745	9.41 0144	9.35 5846	9.3690 6162	35.606 06	1502.3 4694	43.802 1019	42.975 4426	42.926 75731	33.8532 8993	35.6624 8013	35.42319	5.36 4126	4.58 4503	5.48 1501	8.935232	9.37 8351	0.5789 74	5419 .734	5601. 738	96
143	381.77 3803	379.74 214	378.47 4647	9.26 7225	9.42 8208	9.4896 7592	35.858 59	1501.6 6996	43.901 447	43.092 4068	43.076 70387	33.8811 0808	35.7043 2524	35.46375	5.43 2399	4.70 9364	5.23 252	8.892038	9.39 5036	2.3677 5	5437 .167	5638. 924	96
144	381.80 7007	379.64 3976	378.53 6025	9.60 0928	9.39 3199	9.2255 4731	36.111 11	1500.9 1889	44.002 3389	43.210 2528	43.227 23531	33.9087 4415	35.7461 2683	35.50416	5.21 4292	4.51 4586	5.84 2067	9.03881	9.40 6558	3.9906 24	5451 .635	5675. 795	96
145	381.83 5259	379.54 6786	378.60 1416	9.68 6909	9.45 1108	9.5290 9841	36.363 64	1500.1 0263	44.104 7915	43.328 9748	43.378 31259	33.9362 0929	35.7878 9756	35.54442	6.16 2745	4.69 5583	5.89 6539	9.73638	9.55 5705	2.4676 44	5545 .998	5712. 377	96
146	381.85 848	379.45 084	378.67 064	9.29 8532	9.26 4351	9.4365 7707	36.616 16	1499.2 3084	44.208 8167	43.448 5665	43.529 89589	33.9635 1465	35.8296 5006	35.58455	4.53 0421	4.93 4385	5.26 2863	8.518838	9.33 3153	1.8453 17	5424 .571	5748. 704	96
147	381.87 6608	379.35 6398	378.74 3507	9.90 2673	9.22 428	9.6850 7256	36.868 69	1498.3 1372	44.314 4244	43.569 0204	43.681 94465	33.9906 7142	35.8713 9687	35.62455	4.97 4846	4.42 8737	5.28 9839	8.505598	9.60 4008	7.0636 43	5589 .961	5784. 809	96
148	381.88 9592	379.26 372	378.81 9819	9.94 7443	9.82 971	9.7521 4641	37.121 21	1497.3 62	44.421 6227	43.690 3281	43.834 41758	34.0176 908	35.9131 5046	35.66444	5.39 8225	5.18 9911	5.66 3892	9.389126	9.84 31	1.9840 91	5737 .285	5820. 732	96
149	381.89 7396	379.17 3061	378.89 9366	10.2 0868	9.39 4784	10.051 618	37.373 74	1496.3 8677	44.530 4178	43.812 4801	43.987 27271	34.0445 8401	35.9549 2321	35.70423	4.58 3584	5.68 0747	5.24 2706	8.986996	9.88 5027	8.2336 37	5769 .922	5856. 512	96
150	381.9	379.08 4668	378.98 1929	10.5 1239	9.40 0177	9.7015 1038	37.626 26	1495.3 9935	44.640 8137	43.935 4661	44.140 46746	34.0713 6228	35.9967 2743	35.74393	5.41 8165	4.76 3785	6.27 8494	9.563977	9.87 136	11.267 09	5770 .131	5892. 192	96
151	381.89 7396	378.99 8784	379.06 7283	10.4 3003	9.21 2546	9.6898 973	37.878 79	1494.4 1122	44.752 8128	44.059 2749	44.293 95863	34.0980 3683	36.0385 7533	35.78354	6.46 6815	6.06 8568	5.60 7748	10.49257	9.77 7493	12.451 95	5723 .372	5927. 817	96
152	381.88 9592	378.91 5644	379.15 5193	10.2 0104	9.54 3813	9.7049 3802	38.131 31	1493.4 3382	44.866 4152	44.183 8942	44.447 70246	34.1246 1889	36.0804 79	35.82308	5.58 7403	5.56 7535	4.15 2636	8.914085	9.81 6599	6.6951 07	5754 .405	5963. 433	96
153	381.87 6608	378.83 5477	379.24 5419	10.0 7717	9.45 4049	9.6424 2767	38.383 84	1492.4 7851	44.981 6192	44.309 3108	44.601 65469	34.1511 197	36.1224 5045	35.86256	5.73 5393	5.87 462	5.66 573	9.975289	9.72 455	6.4077 45	5708 .514	5999. 086	96
154	381.85 848	378.75 8501	379.33 7713	10.8 7972	10.0 7869	9.8242 8788	38.636 36	1491.5 5636	45.098 4213	44.435 5108	44.755 77056	34.1775 5046	36.1645 0155	35.90199	4.92 6089	5.00 2305	5.30 3553	8.798698	10.2 609	10.285 97	6031 .874	6034. 823	96
155	381.83 5259	378.68 4928	379.43 1822	10.3 9434	10.0 0709	9.7510 2777	38.888 89	1490.6 7809	45.216 8159	44.562 4791	44.910 00489	34.2039 2238	36.2066 4408	35.94137	5.31 7395	5.84 3353	4.97 9391	9.338833	10.0 5082	6.4005 68	5916 .715	6070. 69	96
156	381.80 7007	378.61 496	379.52 7489	10.4 1284	9.72 7464	9.8964 4306	39.141 41	1489.8 5393	45.336 7954	44.690 2	45.064 3121	34.2302 4663	36.2488 8967	35.98073	5.48 3221	4.82 1153	5.24 1612	8.987977	10.0 1225	6.8453 74	5902 .318	6106. 731	96
157	381.77 3803	378.54 8788	379.62 4451	10.4 261	10.3 6772	10.182 2305	39.393 94	1489.0 9349	45.458 3503	44.818 6567	45.218 64626	34.2565 3438	36.2912 4982	36.02007	5.54 5309	5.92 5285	6.07 9431	10.13997	10.3 2535	2.3618 33	6095 .461	6142. 993	96
158	381.73 5736	378.48 6593	379.72 2442	10.4 8737	10.1 7754	9.7806 134	39.646 46	1488.4 0571	45.581 4694	44.947 8317	45.372 96111	34.2827 9675	36.3337 359	36.05939	6.49 5492	5.56 3688	6.84 8678	10.95675	10.1 4851	6.9641 79	5999 .487	6179. 515	96

159	381.69 2912	378.42 8547	379.82 1194	10.4 2482	9.97 9962	10.274 2287	39.898 99	1487.7 987	45.706 1393	45.077 7065	45.527 21014	34.3090 4483	36.3763 5914	36.09872	6.11 0664	5.80 2689	6.26 7603	10.50211	10.2 2634	4.3501 67	6053 .984	6216. 339	96
160	381.64 5448	378.37 4808	379.92 0436	10.3 388	9.60 6055	10.377 8713	40.151 52	1487.2 7969	45.832 3449	45.208 262	45.681 3466	34.3352 8967	36.4191 306	36.13805	5.17 1515	4.87 749	5.73 8572	9.135956	10.1 0758	7.6360 13	5992 .066	6253. 501	96
161	381.59 3474	378.32 5523	380.01 9896	10.3 4367	10.6 465	10.156 0263	40.404 04	1486.8 5492	45.960 0691	45.339 4781	45.835 32358	34.3615 4229	36.4620 612	36.17741	5.99 2653	5.05 8754	6.42 0876	10.13561	10.3 8207	4.7242 79	6163 .41	6291. 034	96
162	381.53 7132	378.28 0829	380.11 9302	10.4 4672	9.96 5613	9.8154 8839	40.656 57	1486.5 2962	46.089 2931	45.471 3339	45.989 09399	34.3878 1365	36.5051 617	36.21679	6.17 1682	5.91 8391	5.88 9343	10.38274	10.0 7594	6.2647 3	5990 .039	6328. 968	96
163	381.47 6577	378.24 0846	380.21 8381	10.3 3267	9.98 2663	10.196 8675	40.909 09	1486.3 079	46.219 9962	45.603 8079	46.142 61068	34.4141 1466	36.5484 4269	36.25622	6.58 2815	5.08 1268	5.77 3577	10.12358	10.1 7073	3.4413 5	6054 .837	6367. 328	96
164	381.41 1975	378.20 5685	380.31 6861	10.2 881	10.6 0778	10.664 8359	41.161 62	1486.1 9273	46.352 1557	45.736 8777	46.295 82642	34.4404 5615	36.5919 1457	36.29569	6.87 8139	5.90 3785	5.51 6461	10.61107	10.5 2024	3.5810 3	6271 .64	6406. 136	96
165	381.34 3503	378.17 5442	380.41 4472	10.4 4881	10.9 7932	10.463 7233	41.414 14	1486.1 8593	46.485 7474	45.870 5202	46.448 69398	34.4668 4894	36.6355 8759	36.33522	5.36 3716	4.89 5879	5.17 0104	8.914542	10.6 3062	4.9904 4	6346 .27	6445. 408	96
166	381.27 1348	378.15 02	380.51 0948	10.3 6322	10.8 3368	10.331 1396	41.666 67	1486.2 8809	46.620 7451	46.004 7115	46.601 16615	34.4933 0372	36.6794 7179	36.37482	5.51 3485	6.18 3459	6.05 4348	10.26103	10.5 0935	4.7818 83	6282 .602	6485. 155	96
167	381.19 5709	378.13 0028	380.60 6023	10.7 2013	10.7 3435	10.507 4779	41.919 19	1486.4 9862	46.757 121	46.139 4272	46.753 1958	34.5198 3117	36.7235 7703	36.4145	5.27 1945	5.02 2701	6.43 1895	9.715462	10.6 5399	2.1294 74	6377 .918	6525. 383	96
168	381.11 6792	378.11 4982	380.69 9437	9.84 8451	10.8 1356	10.866 106	42.171 72	1486.8 1574	46.894 8456	46.274 6421	46.904 73593	34.5464 4183	36.7679 1299	36.45426	5.91 8776	6.07 5567	6.30 2149	10.567	10.5 0937	9.6833 06	6300 .075	6566. 093	96
169	381.03 4814	378.10 5102	380.79 0934	10.6 2252	10.9 4036	10.874 3776	42.424 24	1487.2 3649	47.033 8877	46.410 3302	47.055 73968	34.5731 4622	36.8124 8913	36.49413	6.37 4964	6.14 8376	6.12 9425	10.77091	10.8 1242	2.9395 82	6490 .725	6607. 281	96
170	380.95	378.10 0417	380.88 0262	10.6 5428	10.9 8943	10.773 3928	42.676 77	1487.7 5676	47.174 2142	46.546 4652	47.206 1604	34.5999 5473	36.8573 1472	36.53409	6.72 5581	5.40 9968	5.81 9416	10.40994	10.8 057	3.1016 55	6495 .672	6648. 935	96
171	380.86 2582	378.10 0938	380.96 7179	9.96 8348	10.9 5236	10.811 2083	42.929 29	1488.3 7135	47.315 7908	46.683 0198	47.355 95169	34.6268 7769	36.9023 9881	36.57417	6.10 4794	6.18 4072	6.85 1963	11.06619	10.5 7731	9.3030 54	6367 .165	6691. 04	96
172	380.77 28	378.10 6664	381.05 1444	10.3 3817	10.9 7716	10.868 5033	43.181 82	1489.0 7403	47.458 5814	46.819 9666	47.505 06744	34.6539 253	36.9477 5024	36.61438	5.98 4094	6.02 5678	5.63 5971	10.19227	10.7 2795	5.9562 96	6466 .762	6733. 577	96
173	380.68 0899	378.11 7579	381.13 2827	10.3 4821	11.0 0065	10.811 2466	43.434 34	1489.8 5758	47.602 5484	46.957 2771	47.653 46186	34.6811 0771	36.9933 7763	36.65472	6.30 6395	5.58 3517	7.02 8909	10.9705	10.7 2004	6.0862 31	6470 .904	6776. 519	96
174	380.58 7132	378.13 3654	381.21 1106	10.1 5447	10.9 0421	11.428 8356	43.686 87	1490.7 139	47.747 6526	47.094 9226	47.801 08954	34.7084 3492	37.0392 8939	36.6952	5.72 1093	5.33 22	5.89 7638	9.795171	10.8 2917	11.767 89	6545 .783	6819. 835	96
175	380.49 1756	378.15 4845	381.28 6064	10.3 1579	11.0 6179	11.052 5221	43.939 39	1491.6 3409	47.893 8534	47.232 8738	47.947 90548	34.7359 1686	37.0854 9369	36.73582	7.58 3438	4.78 9544	6.09 0782	10.84186	10.8 1003	6.9009 37	6543 .203	6863. 49	96
176	380.39 5032	378.18 1093	381.35 7498	10.2 8302	10.7 9519	11.445 5128	44.191 92	1492.6 0854	48.041 1089	47.371 1008	48.093 86513	34.7635 6332	37.1319 9846	36.77661	5.28 9717	6.19 7245	5.64 7437	9.913652	10.8 4124	10.722 89	6571 .106	6907. 444	96
177	380.29 7225	378.21 2327	381.42 5211	10.9 3237	11.1 9683	11.560 2448	44.444 44	1493.6 2703	48.189 3756	47.509 5735	48.238 92446	34.7913 8399	37.1788 1141	36.81756	6.45 0336	5.07 5177	6.31 6568	10.3568	11.2 2981	5.5911 71	6815 .967	6951. 656	96
178	380.19 8604	378.24 846	381.48 9018	10.8 1433	11.0 3771	11.485 1723	44.696 97	1494.6 7886	48.338 6088	47.648 2611	48.383 03994	34.8193 8843	37.2259 4	36.85869	7.65 1386	6.10 3094	7.33 3504	12.22995	11.1 124	6.0368 86	6753 .947	6996. 077	96
179	380.09 9438	378.28 9394	381.54 8743	10.9 4844	11.0 4854	11.200 3774	44.949 49	1495.7 5297	48.488 7626	47.787 1324	48.526 16864	34.8475 8609	37.2733 9146	36.9	6.39 8287	5.91 4218	7.05 981	11.21414	11.0 6579	2.2767 06	6734 .818	7040. 659	96
180	380	378.33 5017	381.60 4223	10.9 0082	11.3 7245	11.423 1831	45.202 02	1496.8 3802	48.639 7895	47.926 156	48.668 26824	34.8759 8628	37.3211 7275	36.9415	6.30 2157	6.51 7513	7.40 5445	11.70623	11.2 3215	4.6506 05	6845 .415	7085. 349	96
181	379.90 0562	378.38 5204	381.65 5306	10.5 7737	11.6 7818	11.356 363	45.454 55	1497.9 2259	48.791 6412	48.065 2999	48.809 29706	34.9045 9819	37.3692 9061	36.9832	6.22 3831	5.94 6609	7.13 1143	11.17817	11.2 0397	9.8251 75	6837 .56	7130. 095	96

182	379.80 1396	378.43 9817	381.70 1852	10.7 9006	11.5 9785	11.182 8419	45.707 07	1498.9 9521	48.944 2681	48.204 532	48.949 21413	34.9334 3085	37.4177 5149	37.0251	6.36 7867	5.95 7646	6.05 7592	10.6178	11.1 9025	7.2186 6	6838 .5	7174. 841	96
183	379.70 2775	378.49 8705	381.74 3734	11.1 0087	11.0 5399	11.486 4874	45.959 6	1500.0 4457	49.097 6194	48.343 8197	49.087 97921	34.9624 9317	37.4665 6161	37.06722	7.40 9583	6.64 2378	6.61 4619	11.9489	11.2 1378	3.8568 .61	6862 .211	7219. 531	96
184	379.60 4968	378.56 1709	381.78 0836	10.8 1646	11.2 0724	11.163 9285	46.212 12	1501.0 596	49.251 6433	48.483 1302	49.225 5528	34.9917 9392	37.5157 2691	37.10956	5.09 769	6.42 6527	6.33 6518	10.36524	11.0 6254	3.5324 87	6778 .867	7264. 111	96
185	379.50 8244	378.62 8656	381.81 3057	11.3 457	11.6 6784	11.724 3959	46.464 65	1502.0 296	49.406 2872	48.622 4304	49.361 89623	35.0213 417	37.5652 5307	37.15213	7.58 4106	6.44 4471	7.82 3247	12.65911	11.5 7931	3.2704 4	7105 .17	7308. 525	96
186	379.41 2868	378.69 936	381.84 0308	11.2 3426	11.2 4401	11.362 7981	46.717 17	1502.9 4435	49.561 4973	48.761 6869	49.496 97166	35.0511 4498	37.6151 4553	37.19493	5.66 5386	6.57 0259	6.10 6228	10.609	11.2 8036	1.1394 56	6931 .116	7352. 721	96
187	379.31 9101	378.77 363	381.86 2515	11.3 0807	11.4 3348	11.531 287	46.969 7	1503.7 9424	49.717 2191	48.900 8665	49.630 74211	35.0812 1208	37.6654 0941	37.23797	6.45 9403	5.33 6437	7.59 0927	11.30591	11.4 2428	1.9539 21	7029 .059	7396. 645	96
188	379.22 72	378.85 1262	381.87 9617	11.6 6352	11.6 2651	11.565 1562	47.222 22	1504.5 7037	49.873 3971	49.039 9352	49.763 17153	35.1115 5113	37.7160 496	37.28126	6.38 0504	6.81 2633	7.62 5068	12.05257	11.6 184	0.8466 28	7158 .167	7440. 25	96
189	379.13 7418	378.93 2042	381.89 1568	11.7 1014	11.2 9167	11.455 0532	47.474 75	1505.2 6464	50.029 9751	49.178 8594	49.894 22478	35.1421 7012	37.7670 7069	37.3248	7.09 1122	6.75 1781	8.31 8374	12.8478	11.4 8562	3.6433 93	7085 .927	7483. 489	96
190	379.05	379.01 5749	381.89 8333	11.6 2884	11.5 5396	11.664 9514	47.727 27	1505.8 6982	50.186 8962	49.317 605	50.023 86772	35.1730 7689	37.8184 7701	37.3686	5.65 2171	5.74 1156	6.77 4249	10.52608	11.6 1592	0.9554 89	7175 .983	7526. 32	96
191	378.96 5186	379.10 2154	381.89 9896	12.0 9209	11.2 3747	11.435 8493	47.979 8	1506.3 7968	50.344 1029	49.456 1381	50.152 06719	35.2042 7907	37.8702 726	37.41267	7.06 9892	6.26 3005	7.60 0879	12.12361	11.5 8847	7.3747 75	7168 .678	7568. 703	96
192	378.88 3208	379.19 1019	381.89 6251	11.6 6222	11.4 2368	11.764 2451	48.232 32	1506.7 8903	50.501 5369	49.594 4246	50.278 79108	35.2357 8416	37.9224 6122	37.45702	8.16 1956	6.42 3138	8.75 3468	13.58298	11.6 1672	2.9316 48	7195 .825	7610. 606	96
193	378.80 4291	379.28 2103	381.88 7408	12.1 6604	11.6 5599	11.270 1328	48.484 85	1507.0 9374	50.659 1395	49.732 4304	50.404 00833	35.2675 9945	37.9750 4635	37.50164	5.88 8745	6.39 0155	6.71 6916	10.98309	11.6 9739	7.6590 2	7255 .536	7651. 999	96
194	378.72 8652	379.37 5153	381.87 3392	12.2 5489	11.2 3379	11.632 8058	48.737 37	1507.2 9088	50.816 8516	49.870 1214	50.527 68899	35.2997 3208	38.0280 3117	37.54654	6.97 8405	6.72 3272	6.08 7076	11.44347	11.7 0716	8.7220 1	7271 .351	7692. 86	96
195	378.65 6497	379.46 9917	381.85 4242	12.1 2324	11.7 3033	12.078 8057	48.989 9	1507.3 7863	50.974 6133	50.007 4634	50.649 8042	35.3321 89	38.0814 1861	37.59174	6.42 3424	7.47 0225	5.86 4847	11.46565	11.9 7746	3.2804 15	7449 .208	7733. 169	96
196	378.58 8025	379.56 6133	381.83 0009	12.3 5989	11.6 5098	11.422 3716	49.242 42	1507.3 5641	51.132 3649	50.144 4225	50.770 32628	35.3649 7696	38.1352 1126	37.63722	7.20 334	7.27 3669	7.77 1586	12.8527	11.8 1108	7.9375 83	7355 .57	7772. 916	96
197	378.52 3423	379.66 3539	381.80 076	12.0 4451	11.8 1596	11.528 4105	49.494 95	1507.2 2483	51.290 0458	50.280 9647	50.889 22869	35.3981 0254	38.1894 1147	37.68301	6.95 2681	5.72 7354	5.91 4232	10.77592	11.7 9629	4.3750 86	7356 .187	7812. 095	96
198	378.46 2868	379.76 1867	381.76 6575	12.6 4922	11.7 7446	11.842 4479	49.747 47	1506.9 8568	51.447 5956	50.417 0561	51.006 48611	35.4315 7213	38.2440 2126	37.7291	6.52 26	7.03 3098	7.04 5712	11.90172	12.0 8871	7.2361 87	7548 .609	7850. 707	96
199	378.40 6526	379.86 0847	381.72 7549	12.4 3145	12.0 8208	11.803 4473	50	1506.6 4193	51.604 9534	50.552 6631	51.122 07443	35.4653 9192	38.2990 4239	37.7755	7.34 1511	7.53 3741	7.67 1425	13.01944	12.1 0566	5.1876 51	7569 .276	7888. 759	96
200	378.35 4552	379.96 0209	381.68 3787	14.2 0165	13.5 5803	13.618 9936	60	1506.1 977	51.762 0585	50.687 7521	51.235 97077	35.4995 679	38.3544 763	37.82221	9.67 9565	8.09 1324	8.76 9436	15.36446	13.7 9289	4.6663 7	9078 .184	9463. 719	96
201	378.30 7088	380.05 968	381.63 541	14.6 4526	13.4 1167	13.660 1976	60	1505.6 5821	51.918 8497	50.822 2899	51.348 15354	35.5341 0588	38.4103 2417	37.86924	8.04 3459	8.63 9874	8.97 6308	14.82966	13.9 0571	8.8711 14	9152 .466	9460. 33	96
202	378.26 4264	380.15 8988	381.58 255	14.1 2539	13.5 695	13.708 2285	60	1505.0 297	52.075 2663	50.956 2432	51.458 60241	35.5690 1146	38.4665 8685	37.91659	8.79 0202	9.35 7559	8.80 1392	15.56586	13.8 0104	4.0278 84	9083 .605	9456. 38	96
203	378.22 6197	380.25 786	381.52 5353	13.8 9787	13.6 9687	13.850 3636	60	1504.3 1939	52.231 2473	51.089 5793	51.567 29836	35.6042 9003	38.5232 6492	37.96426	7.13 9516	8.58 747	9.71 1103	14.79942	13.8 1504	1.4549 46	9092 .846	9451. 917	96
204	378.19 2993	380.35 6024	381.46 3975	13.8 2116	13.5 8062	13.678 5649	60	1503.5 354	52.386 7319	51.222 2655	51.674 22369	35.6399 4678	38.5803 5866	38.01226	7.41 5722	7.98 4211	7.79 0056	13.39498	13.6 9345	1.7566 2	9012 .847	9446. 992	96

205	378.16 4741	380.45 3214	381.39 8584	14.3 939	13.6 0026	13.523 6619	60	1502.6 8665	52.541 6595	51.354 2697	51.779 36204	35.6759 867	38.6378 6805	38.0606	8.58 7373	8.60 4124	8.02 7107	14.56737	13.8 3928	6.2882 04	9108 .858	9441. 659	96
206	378.14 152	380.54 916	381.32 936	13.8 0739	13.4 2371	13.798 0034	60	1501.7 8275	52.695 9698	51.485 5598	51.882 69839	35.7124 1456	38.6957 9279	38.10926	9.41 6975	7.90 2868	7.94 474	14.63741	13.6 7637	2.8054 19	9001 .662	9435. 979	96
207	378.12 3392	380.64 3602	381.25 6493	14.6 0769	13.4 6291	14.162 2307	60	1500.8 3394	52.849 6027	51.616 1042	51.984 21911	35.7492 3492	38.7541 3228	38.15827	8.49 1603	7.80 862	9.32 4795	14.83353	14.0 7761	8.1319 29	9265 .782	9430. 018	96
208	378.11 0408	380.73 628	381.18 0181	13.4 6398	13.2 9189	13.639 2445	60	1499.8 5091	53.002 4985	51.745 8719	52.083 91192	35.7864 5215	38.8128 8563	38.20761	7.94 3292	7.51 6248	9.38 5243	14.41085	13.4 6504	2.5796 47	8862 .619	9423. 841	96
209	378.10 2604	380.82 6939	381.10 0634	14.4 5544	14.1 8918	13.442 2596	60	1498.8 4476	53.154 598	51.874 8319	52.181 76596	35.8240 7036	38.8720 5164	38.2573	8.19 9419	9.00 7899	8.99 8505	15.14417	14.0 2896	7.2220 3	9233 .815	9417. 519	96
210	378.1 5332	380.91 8071	381.01 8666	13.9 0309	13.4 0309	14.049 3617	60	1497.8 2681	53.305 8423	52.002 954	52.277 77173	35.8620 9349	38.9316 2884	38.30733	7.17 4666	7.15 2444	9.62 8988	13.97679	13.8 0703	4.6807 71	9087 .771	9411. 123	96
211	378.10 2604	381.00 1216	380.93 2717	13.8 1011	13.5 9058	13.748 3844	60	1496.8 0852	53.456 1732	52.130 2083	52.371 9212	35.9005 2522	38.9916 1546	38.3577	8.69 5703	8.98 3714	7.59 5707	14.62932	13.7 1636	1.6004 73	9028 .111	9404. 725	96
212	378.11 0408	381.08 4356	380.84 4807	13.6 1313	13.6 1989	13.217 9769	60	1495.8 0135	53.605 5331	52.256 5654	52.464 2077	35.9393 6905	39.0520 0944	38.40843	8.92 3513	8.17 9394	10.0 4548	15.73033	13.4 8367	2.9807 36	8874 .979	9398. 397	96
213	378.12 3392	381.16 4523	380.75 4581	13.7 9933	14.1 0296	14.089 7955	60	1494.8 1662	53.753 8649	52.381 9964	52.554 62603	35.9786 2823	39.1128 0844	38.4595	7.82 9286	6.69 994	9.92 1508	14.30466	13.9 9736	2.1691 6	9213 .118	9392. 21	96
214	378.14 152	381.24 1499	380.66 2287	13.6 0868	13.8 0859	13.741 815	60	1493.8 6543	53.901 1124	52.506 473	52.643 17238	36.0183 058	39.1740 0983	38.51093	7.81 4565	8.07 6399	9.24 3371	14.55114	13.7 197	1.4571 41	9030 .379	9386. 233	96
215	378.16 4741	381.31 5072	380.56 8178	13.8 5006	14.2 7196	13.899 2662	60	1492.9 5847	54.047 2201	52.629 9674	52.729 84442	36.0584 0456	39.2356 1069	38.56271	8.41 802	6.15 4079	10.1 4413	14.54782	14.0 071	3.0120 57	9219 .569	9380. 535	96
216	378.19 2993	381.38 504	380.47 2511	13.5 1841	13.7 6821	14.048 8651	60	1492.1 0598	54.192 1333	52.752 4525	52.814 64122	36.0989 2712	39.2976 0781	38.61484	7.84 189	8.27 7271	7.18 3647	13.4764	13.7 785	3.8498 74	9069 .123	9375. 178	96
217	378.22 6197	381.45 1212	380.37 5549	13.4 701	14.0 6317	14.038 4199	60	1491.3 1757	54.335 7981	52.873 9015	52.897 56331	36.1398 7581	39.3599 9772	38.66732	8.14 5771	8.47 9595	8.15 845	14.31144	13.8 5723	4.2798 96	9120 .965	9370. 225	96
218	378.26 4264	381.51 3407	380.27 7558	13.2 8117	13.7 7669	14.209 5673	60	1490.6 0217	54.478 1617	52.994 2886	52.978 61266	36.1812 5279	39.4227 7665	38.72016	9.92 1772	7.32 8555	7.97 6904	14.68946	13.7 5581	6.7491 1	9054 .228	9365. 73	96
219	378.30 7088	381.57 1453	380.17 8806	13.3 1954	14.6 3468	13.910 4178	60	1489.9 6787	54.619 1723	53.113 5885	53.057 79266	36.2230 5996	39.4859 4057	38.77336	7.99 7439	7.88 6244	9.23 1194	14.53846	13.9 5488	9.4242 59	9185 .274	9361. 744	96
220	378.35 4552	381.62 5192	380.07 9564	13.3 8116	13.7 1663	14.194 5435	60	1489.4 2191	54.758 7789	53.231 7766	53.135 10815	36.2652 9899	39.5494 8515	38.82691	7.90 6161	9.31 2289	7.70 5829	14.4432	13.7 6411	5.9094 76	9059 .724	9358. 314	96
221	378.40 6526	381.67 4477	379.98 0104	12.8 1881	14.1 5075	13.990 605	60	1488.9 7053	54.896 9319	53.348 8288	53.210 56541	36.3079 7133	39.6134 0582	38.88081	7.66 9016	7.39 6023	9.26 2203	14.11748	13.6 5339	9.7554 .	8986 .86	9355. 478	96
222	378.46 2868	381.71 9171	379.88 0698	12.8 9827	14.2 5053	14.280 0885	60	1488.6 1895	55.033 5826	53.464 7221	53.284 17214	36.3510 782	39.6776 9772	38.93507	8.81 0237	6.96 5111	9.79 0032	14.89892	13.8 0963	10.006 22	9089 .711	9353. 269	96
223	378.52 3423	381.75 9154	379.78 1619	13.4 4525	14.1 9234	14.249 0822	60	1488.3 7128	55.168 6836	53.579 4338	53.355 93745	36.3946 2058	39.7423 5572	38.98968	8.05 1396	8.94 4216	9.20 857	15.15327	13.9 6222	5.7572 08	9190 .163	9351. 713	96
224	378.58 8025	381.79 4315	379.68 3139	13.2 9605	14.0 2246	13.811 2951	60	1488.2 3048	55.302 1888	53.692 9422	53.425 87188	36.4385 9924	39.8073 7443	39.04464	7.66 7514	9.31 8855	8.85 431	14.96765	13.7 0994	5.2983 66	9024 .114	9350. 828	96
225	378.65 6497	381.82 4558	379.58 5528	13.2 1423	14.0 3195	14.374 0438	60	1488.1 9836	55.434 0532	53.805 2265	53.493 98738	36.4830 1469	39.8727 4821	39.09996	9.28 3469	7.79 2879	7.75 9441	14.39169	13.8 7341	8.3599 5	9131 .725	9350. 626	96
226	378.72 8652	381.84 98	379.48 9052	13.2 8978	14.0 6988	13.906 8711	60	1488.2 7552	55.564 2332	53.916 2663	53.560 29727	36.5278 6724	39.9384 7115	39.15562	9.36 4074	8.57 793	7.88 0861	14.94573	13.7 5551	5.6711 34	9054 .128	9351. 111	96
227	378.80 4291	381.86 9972	379.39 3977	13.4 0849	14.0 0075	14.268 9737	60	1488.4 6137	55.692 6868	54.026 0424	53.624 81628	36.5731 5694	40.0045 3708	39.21164	7.70 7653	8.83 501	9.68 5922	15.20797	13.8 9274	6.1937 58	9144 .461	9352. 279	96

228	378.88 3208	381.88 5018	379.30 0563	13.2 1143	14.2 9251	14.125 2029	60	1488.7 5411	55.819 373	54.134 5361	53.687 56051	36.6188 8363	40.0709 3961	39.268	6.66 9437	7.21 1605	9.28 1019	13.51392	13.8 7638	7.7908 53	9133 .698	9354. 118	96
229	378.96 5186	381.89 4898	379.20 9066	13.1 9457	14.6 1727	14.513 0278	60	1489.1 5077	55.944 2526	54.241 7298	53.748 5474	36.6650 469	40.1376 7205	39.32471	13.5 3924	10.1 9143	10.7 2051	20.05257	14.1 0829	10.084 12	9286 .348	9356. 61	96
230	379.05	381.89 9583	379.11 9738	13.5 1061	13.8 1528	13.908 6099	60	1489.6 4726	56.067 2879	54.347 6066	53.807 79575	36.7116 4613	40.2047 2753	39.38175	15.2 7721	15.3 1049	12.3 7527	24.9189	13.7 4483	2.8956 23	9047 .114	9359. 73	96
231	379.13 7418	381.89 9062	379.03 2821	13.2 5417	13.5 5874	13.843 2601	60	1490.2 3837	56.188 4424	54.452 1505	53.865 32569	36.7586 8046	40.2720 9888	39.43914	22.1 2078	19.3 4308	12.0 1511	31.7466	13.5 5205	4.3469 05	8920 .223	9363. 444	96
232	379.22 72	381.89 3336	378.94 8556	13.6 9542	13.8 8319	13.902 3458	60	1490.9 1786	56.307 6815	54.555 3463	53.921 15863	36.8061 4879	40.3397 7873	39.49687	19.7 5354	20.5 7121	15.3 7599	32.40059	13.8 2699	1.4965 11	9101 .188	9367. 713	96
233	379.31 9101	381.88 2421	378.86 7173	13.1 8922	14.5 8868	13.788 7982	60	1491.6 785	56.424 9721	54.657 1799	53.975 31731	36.8540 4981	40.4077 5947	39.55493	8.93 193	7.10 4625	10.2 5573	15.34389	13.8 5557	10.100 37	9119 .996	9372. 492	96
234	379.41 2868	381.86 6346	378.78 8894	14.0 0896	13.6 1438	14.058 1597	60	1492.5 1221	56.540 2827	54.757 638	54.027 82572	36.9023 8197	40.4760 3326	39.61333	7.20 6839	9.33 7921	7.50 7528	13.98207	13.8 9383	3.1940 65	9145 .18	9377. 731	96
235	379.50 8244	381.84 5155	378.71 3936	13.9 3044	14.2 524	13.353 8983	60	1493.4 1006	56.653 5836	54.856 7081	54.078 70911	36.9511 4349	40.5445 9204	39.67205	8.79 9227	7.37 6374	8.77 3142	14.4501	13.8 4558	6.4894 22	9113 .411	9383. 372	96
236	379.60 4968	381.81 8907	378.64 2502	13.9 4462	14.2 2502	13.473 1717	60	1494.3 6244	56.764 8467	54.954 3788	54.127 99395	37.0003 3236	40.6134 2753	39.7311	8.21 1704	7.52 8928	9.47 7409	14.62662	13.8 8094	5.4164 37	9136 .677	9389. 356	96
237	379.70 2775	381.78 7673	378.57 4789	14.2 1992	13.5 751	13.433 9257	60	1495.3 5914	56.874 0455	55.050 6395	54.175 70792	37.0499 4637	40.6825 3123	39.79047	7.41 777	8.05 6681	7.52 9512	13.29011	13.7 4298	5.7192 76	9045 .865	9395. 619	96
238	379.80 1396	381.75 154	378.51 0982	14.4 8234	13.8 4807	13.952 4896	60	1496.3 8946	56.981 1556	55.145 4806	54.221 87989	37.0999 8304	40.7518 9445	39.85016	7.86 623	9.00 0691	8.76 9036	14.82518	14.0 943	4.5002 46	9277 .097	9402. 092	96
239	379.90 0562	381.71 0606	378.45 1257	14.3 6698	14.1 042	14.126 663	60	1497.4 4232	57.086 1541	55.238 8936	54.266 53988	37.1504 3971	40.8215 0828	39.91016	8.76 2781	8.45 5247	9.41 7545	15.39376	14.1 9928	1.8506 5	9346 .186	9408. 708	96
240	380	381.66 4983	378.39 5777	13.6 2143	13.5 2561	13.600 4784	60	1498.5 0639	57.189 02	55.330 8707	54.309 71904	37.2013 1347	40.8913 6361	39.97048	8.28 6833	8.11 318	8.62 0762	14.45036	13.5 825	0.7054 56	8940 .199	9415. 393	96
241	380.09 9438	381.61 4796	378.34 4694	13.8 3347	13.5 4622	13.555 6797	60	1499.5 7023	57.289 7342	55.421 4053	54.351 44963	37.2526 0119	40.9614 5114	40.03109	8.67 9219	8.15 0902	11.0 797	16.26425	13.6 4513	2.1051 38	8981 .404	9422. 078	96
242	380.19 8604	381.56 0183	378.29 8148	14.0 664	13.4 1984	13.596 8238	60	1500.6 2238	57.388 2793	55.510 4916	54.391 76497	37.3042 9955	41.0317 6138	40.09201	9.82 0681	7.82 3898	7.17 3336	14.46084	13.6 9435	4.7213 16	9013 .79	9428. 689	96
243	380.29 7225	381.50 1295	378.25 6266	14.2 9153	13.2 828	13.873 0159	60	1501.6 5153	57.484 6399	55.598 1248	54.430 69944	37.3564 0496	41.1022 8465	40.15323	6.91 7322	8.22 4791	9.52 1565	14.35816	13.8 1578	7.3012 8	9093 .699	9435. 155	96
244	380.39 5032	381.43 8291	378.21 9164	14.4 6332	13.3 6659	13.291 2696	60	1502.6 466	57.578 8024	55.684 3013	54.468 28844	37.4089 1366	41.1730 1111	40.21473	9.52 6114	5.81 9473	8.46 1218	14.00733	13.7 0706	8.5507 26	9022 .118	9441. 407	96
245	380.49 1756	381.37 1344	378.18 6943	14.1 2886	13.2 0028	13.596 0285	60	1503.5 9688	57.670 7552	55.769 0183	54.504 56834	37.4618 2165	41.2439 3074	40.27652	8.28 5572	7.55 8943	9.27 4623	14.55359	13.6 4173	6.8069 13	8979 .095	9447. 378	96
246	380.58 7132	381.30 064	378.15 9692	14.4 0283	13.5 3461	13.789 1846	60	1504.4 9216	57.760 4884	55.852 2739	54.539 57648	37.5151 2473	41.3150 3333	40.33859	7.46 2997	7.97 799	8.98 9965	14.14794	13.9 0887	6.2422 1	9154 .913	9453. 003	96
247	380.68 0899	381.22 637	378.13 7485	14.1 3487	13.3 1589	13.659 6916	60	1505.3 2283	57.847 9943	55.934 0674	54.573 3511	37.5688 1848	41.3863 0853	40.40094	7.10 9143	6.89 336	7.97 8753	12.71687	13.7 0348	5.9764 5	9019 .704	9458. 222	96
248	380.77 28	381.14 8738	378.12 0383	14.1 6887	13.5 911	13.579 1372	60	1506.0 7997	57.933 267	56.014 3991	54.605 93135	37.6228 9827	41.4577 4584	40.46356	8.04 4921	8.09 0946	8.80 7166	14.41355	13.7 797	4.2797 55	9069 .849	9462. 98	96
249	380.86 2582	381.06 7958	378.10 8432	13.9 2415	13.1 1517	13.807 4028	60	1506.7 5548	58.016 3024	56.093 2701	54.637 35723	37.6773 5926	41.5293 3459	40.52643	8.95 5753	7.63 0717	7.01 0347	13.69592	13.6 1557	5.9415 67	8961 .794	9467. 224	96
250	380.95	380.98 4251	378.10 1667	14.0 3666	13.6 3931	12.817 0863	60	1507.3 4215	58.097 0985	56.170 6826	54.667 66952	37.7321 9643	41.6010 6399	40.58957	8.09 541	9.15 7516	9.12 9396	15.25587	13.4 9768	9.0354 02	8884 .176	9470. 91	96

251	381.03 4814	380.89 7846	378.10 0104	13.8 7963	13.7 9354	13.751 3013	60	1507.8 3372	58.175 6553	56.246 6399	54.696 90984	37.7874 0452	41.6729 2308	40.65296	9.43 9147	9.01 5382	8.86 6714	15.77952	13.8 0816	0.9293 93	9088 .505	9473. 999	96
252	381.11 6792	380.80 8981	378.10 3749	13.9 4397	13.0 4737	13.411 4643	60	1508.2 25	58.251 9747	56.321 1461	54.725 12051	37.8429 7809	41.7449 008	40.71659	7.01 0036	7.42 7137	9.15 9886	13.71884	13.4 676	6.6574 78	8864 .325	9476. 457	96
253	381.19 5709	380.71 7897	378.11 2592	14.4 6888	13.7 1672	13.116 3871	60	1508.5 1188	58.326 0603	56.394 2064	54.752 34459	37.8989 1151	41.8169 8594	40.78045	8.19 0087	7.67 2497	9.52 104	14.71716	13.7 6733	9.8239 39	9061 .579	9478. 26	96
254	381.27 1348	380.62 4847	378.12 6608	13.8 4444	13.9 788	13.783 2935	60	1508.6 914	58.397 918	56.465 8269	54.778 62577	37.9551 9894	41.8891 6719	40.84455	7.17 3037	7.73 2395	8.92 6521	13.81757	13.8 6884	1.4096 81	9128 .368	9479. 388	96
255	381.34 3503	380.53 0083	378.14 5758	14.7 886	13.3 4467	14.051 2311	60	1508.7 6175	58.467 5554	56.536 0149	54.804 00842	38.0118 3435	41.9614 331	40.90888	8.49 8178	7.43 8157	8.73 7505	14.27898	14.0 615	10.268 68	9255 .146	9479. 83	96
256	381.41 1975	380.43 3867	378.16 9991	14.1 1901	14.1 6807	13.671 7782	60	1508.7 2235	58.534 9822	56.604 7785	54.828 53746	38.0688 1152	42.0337 7215	40.97342	8.92 7248	7.94 1924	7.85 14	14.29736	13.9 8629	3.5483 93	9205 .612	9479. 582	96
257	381.47 6577	380.33 6461	378.19 924	13.9 6137	13.8 6021	14.006 9704	60	1508.5 738	58.600 2098	56.672 1267	54.852 2584	38.1261 2406	42.1061 7268	41.03817	7.85 4975	7.19 9298	7.99 6778	13.32212	13.9 4285	1.0525 62	9176 .995	9478. 649	96
258	381.53 7132	380.23 8133	378.23 3425	13.5 9933	13.5 8724	14.225 9596	60	1508.3 1789	58.663 2518	56.738 0696	54.875 21723	38.1837 6537	42.1786 2296	41.10312	6.06 4545	6.90 9251	9.63 1779	13.31494	13.8 0418	4.6269 89	9085 .693	9477. 041	96
259	381.59 3474	380.13 9153	378.27 2451	13.9 559	13.8 0302	14.181 836	60	1507.9 576	58.724 1234	56.802 6181	54.897 46042	38.2417 2867	42.2511 1116	41.16826	8.36 3137	8.27 5092	9.84 6685	15.34198	13.9 8025	2.7096 36	9201 .554	9474. 777	96
260	381.64 5448	380.03 9791	378.31 6213	10.0 0224	10.3 5499	10.576 5195	40	1507.4 9703	58.782 8419	56.865 7844	54.919 0349	38.3000 0703	42.3236 2538	41.2336	6.05 3308	5.85 6871	5.94 4991	10.30963	10.3 1125	5.5694 7	6107 .993	6314. 589	96
261	381.69 2912	379.94 032	378.36 459	10.0 9073	10.2 8252	10.419 3043	40	1506.9 4139	58.839 4263	56.927 5812	54.939 98795	38.3585 9332	42.3961 5365	41.29911	6.03 4491	5.06 6822	6.11 8016	9.975865	10.2 6419	3.2011 8	6080 .096	6312. 261	96
262	381.73 5736	379.84 1012	378.41 745	10.5 2882	10.4 029	10.307 5333	40	1506.2 9694	58.893 8977	56.988 0225	54.960 36723	38.4174 8024	42.4686 839	41.3648	6.51 6754	6.00 3341	5.53 909	10.44939	10.4 1309	2.1251 15	6168 .279	6309. 562	96
263	381.77 3803	379.74 214	378.47 4647	9.94 9941	10.1 2551	9.9849 5314	40	1505.5 7089	58.946 2787	57.047 1228	54.980 22068	38.4766 6033	42.5412 0403	41.43064	5.17 8789	5.16 2001	6.80 4209	9.988161	10.0 2013	1.7521 61	5935 .492	6306. 521	96
264	381.80 7007	379.64 3976	378.53 6025	10.1 5448	10.3 7185	10.285 9699	40	1504.7 7136	58.996 594	57.104 8979	54.999 59653	38.5361 2596	42.6137 0188	41.49665	6.19 4525	5.64 9494	6.49 5239	10.60552	10.2 7077	2.1164 17	6083 .937	6303. 172	96
265	381.83 5259	379.54 6786	378.60 1416	9.74 9364	10.0 6298	10.181 1354	40	1503.9 0725	59.044 8698	57.161 3644	55.018 54321	38.5958 6933	42.6861 6524	41.5628	6.49 1654	5.96 201	7.27 2201	11.42681	9.99 7827	4.3186 56	5922 .241	6299. 552	96
266	381.85 848	379.45 084	378.67 064	9.84 9203	10.3 4888	10.822 2882	40	1502.9 8819	59.091 1345	57.216 5396	55.037 10934	38.6558 8251	42.7585 8184	41.62909	4.76 8419	5.49 1479	5.55 5101	9.151684	10.3 4012	9.4107 71	6124 .982	6295. 702	96
267	381.87 6608	379.35 6398	378.74 3507	10.1 7804	10.1 973	10.348 5149	40	1502.0 244	59.135 4177	57.270 4418	55.055 34368	38.7161 5738	42.8309 3939	41.6955	5.98 5398	5.76 0562	5.85 9793	10.16594	10.2 4129	1.6645 55	6066 .418	6291. 665	96
268	381.88 9592	379.26 372	378.81 9819	9.68 7303	10.2 4193	10.420 4548	40	1501.0 2659	59.177 751	57.323 0902	55.073 29506	38.7766 8569	42.9032 2559	41.76204	5.50 7576	5.22 5447	6.23 0951	9.82158	10.1 1656	7.2470 43	5992 .519	6287. 485	96
269	381.89 7396	379.17 3061	378.89 9366	10.1 5284	10.6 5829	10.515 8801	40	1500.0 0583	59.218 1677	57.374 5047	55.091 01239	38.8374 5903	42.9754 281	41.82869	5.75 2717	5.40 1747	6.48 3712	10.21328	10.4 4234	4.8404 4	6185 .474	6283. 21	96
270	381.9 4668	379.08 1929	378.98 1929	9.93 0837	10.6 3096	10.412 9588	40	1498.9 7346	59.256 7027	57.424 7062	55.108 54458	38.8984 6886	43.0475 3456	41.89545	6.00 1652	5.39 6571	5.95 8658	10.03237	10.3 2492	6.7809 36	6115 .904	6278. 885	96
271	381.89 7396	378.99 8784	379.06 7283	9.68 3873	10.5 2971	10.755 647	40	1497.9 4092	59.293 3924	57.473 7162	55.125 94048	38.9597 065	43.1195 3261	41.9623	5.51 7407	5.09 8635	5.55 8367	9.345229	10.3 2308	10.382 32	6114 .796	6274. 56	96
272	381.88 9592	378.91 5644	379.15 5193	9.92 7106	10.1 7128	10.268 9511	40	1496.9 1968	59.328 2749	57.521 5572	55.143 24889	39.0211 6311	43.1914 0989	42.02924	5.40 8089	5.41 2597	6.62 6777	10.12214	10.1 2244	3.3771 03	5995 .937	6270. 283	96
273	381.87 6608	378.83 5477	379.24 5419	10.0 1026	10.3 2462	10.430 8097	40	1495.9 2107	59.361 3898	57.568 2522	55.160 51847	39.0828 2975	43.2631 5405	42.09625	5.81 9808	4.65 6711	6.52 9171	9.908845	10.2 5523	4.1008 55	6074 .575	6266. 1	96

274	381.85 848	378.75 8501	379.33 7713	9.96 4604	10.6 3071	10.224 7773	40	1494.9 5616	59.392 7782	57.613 8253	55.177 79772	39.1446 9733	43.3347 5275	42.16333	5.16 9397	5.23 9374	5.53 1989	9.207422	10.2 7336	6.4838 17	6085 .302	6262. 058	96
275	381.83 5259	378.68 4928	379.43 1822	9.56 1521	10.3 9361	10.090 6138	40	1494.0 3565	59.422 4826	57.658 3011	55.195 13494	39.2067 5664	43.4061 9367	42.23046	5.17 0221	5.35 3034	6.91 5465	10.15922	10.0 1525	8.3082 22	5932 .397	6258. 202	96
276	381.80 7007	378.61 496	379.52 7489	9.76 2649	10.8 2659	10.220 0449	40	1493.1 6978	59.450 547	57.701 7048	55.212 57816	39.2689 9835	43.4774 6451	42.29765	6.19 4037	5.36 8845	6.80 2651	10.65207	10.2 6976	10.359 9	6083 .139	6254. 575	96
277	381.77 3803	378.54 8788	379.62 4451	9.89 79	10.4 0766	10.318 7798	40	1492.3 6816	59.477 0167	57.744 0627	55.230 17513	39.3314 1304	43.5485 5302	42.36487	5.13 3699	5.37 6935	6.17 1787	9.662155	10.2 0811	4.9936 79	6046 .611	6251. 217	96
278	381.73 5736	378.48 6593	379.72 2442	9.97 7202	10.3 4354	10.215 4915	40	1491.6 397	59.501 9384	57.785 4014	55.247 97327	39.3939 9113	43.6194 4697	42.43213	6.18 6461	5.47 5968	6.13 8475	10.29269	10.1 7874	3.5990 45	6029 .203	6248. 166	96
279	381.69 2912	378.42 8547	379.82 1194	10.1 6536	10.2 1609	10.137 2827	40	1490.9 9251	59.525 36	57.825 7482	55.266 0196	39.4567 2297	43.6901 3419	42.4994	6.06 8303	5.77 4172	6.42 7421	10.55827	10.1 7291	0.7746 52	6025 .736	6245. 455	96
280	381.64 5448	378.37 4808	379.92 0436	10.1 2808	10.2 8128	9.9654 9121	40	1490.4 3382	59.547 3309	57.865 1312	55.284 36075	39.5195 9879	43.7606 0256	42.56669	4.79 9032	5.99 1859	5.56 5223	9.481814	10.1 2495	3.1189 38	5997 .317	6243. 115	96
281	381.59 3474	378.32 5523	380.01 9896	9.87 4661	10.1 96	10.210 1918	40	1489.9 6988	59.567 9012	57.903 5791	55.303 04288	39.5826 0874	43.8308 4002	42.63397	5.40 7013	5.15 1979	6.10 8289	9.648309	10.0 9362	3.3241 87	5978 .749	6241. 171	96
282	381.53 7132	378.28 0829	380.11 9302	10.2 7756	10.3 4445	9.8930 3704	40	1489.6 0588	59.587 1226	57.941 1209	55.322 11163	39.6457 4285	43.9008 3459	42.70125	6.49 2583	4.84 7036	4.77 9198	9.406813	10.1 7168	4.4379 78	6024 .981	6239. 647	96
283	381.47 6577	378.24 0846	380.21 8381	10.3 796	10.3 6746	10.327 4476	40	1489.3 4595	59.605 0478	57.977 7865	55.341 61213	39.7089 9107	43.9705 7434	42.76851	5.23 0924	4.93 5834	6.62 3761	9.777486	10.3 5817	0.5035 36	6135 .434	6238. 558	96
284	381.41 1975	378.20 5685	380.31 6861	10.4 232	9.98 661	10.162 833	40	1489.1 9304	59.621 7302	58.013 6062	55.361 58891	39.7723 4328	44.0400 4743	42.83573	5.53 0646	5.24 1551	5.13 9051	9.190851	10.1 9088	4.2840 88	6036 .337	6237. 917	96
285	381.34 3503	378.17 5442	380.41 4472	10.5 832	9.85 0909	9.8253 4165	40	1489.1 4897	59.637 2247	58.048 6108	55.382 08588	39.8357 8925	44.1092 4212	42.90292	6.06 7995	5.31 6091	7.00 5583	10.68455	10.0 8648	7.5136 13	5974 .495	6237. 733	96
286	381.27 1348	378.15 02	380.51 0948	10.5 8151	9.72 527	10.033 6025	40	1489.2 1432	59.651 5868	58.082 8315	55.403 1463	39.8993 1871	44.1781 4675	42.97007	6.25 4366	5.08 5732	5.88 8957	9.983065	10.1 1346	8.4663 53	5990 .469	6238. 006	96
287	381.19 5709	378.13 0028	380.60 6023	10.5 4885	10.1 7592	9.9220 33	40	1489.3 885	59.664 8729	58.116 3002	55.424 81274	39.9629 2129	44.2467 4975	43.03715	5.65 4107	4.79 584	5.96 1095	9.513341	10.2 156	6.1359 08	6050 .965	6238. 736	96
288	381.11 6792	378.11 4982	380.69 9437	10.4 7855	9.83 1509	10.117 5355	40	1489.6 6972	59.677 1404	58.149 049	55.447 12701	40.0265 8655	44.3150 3968	43.10416	5.45 3444	5.25 8677	5.70 771	9.485341	10.1 4253	6.3795 26	6007 .682	6239. 914	96
289	381.03 4814	378.10 5102	380.79 0934	10.1 7872	9.60 3648	10.304 8146	40	1490.0 5502	59.688 4473	58.181 1105	55.470 13018	40.0903 0402	44.3830 052	43.1711	6.62 4975	5.60 9966	5.91 4584	10.50449	10.0 2906	6.9913 53	5940 .468	6241. 528	96
290	380.95	378.10 0417	380.88 0262	10.6 4851	10.0 9898	9.6452 7631	40	1490.5 4027	59.698 8524	58.212 5178	55.493 86249	40.1540 6314	44.4506 3509	43.23795	6.80 8562	5.83 7861	6.95 3886	11.34873	10.1 3092	9.9027 07	6000 .803	6243. 56	96
291	380.86 2582	378.10 0938	380.96 7179	10.6 2469	10.5 0871	10.032 6585	40	1491.1 2029	59.708 4151	58.243 3042	55.518 36335	40.2178 5331	44.5179 1825	43.3047	6.36 7738	5.20 286	4.57 4925	9.409982	10.3 8869	5.6987 86	6153 .482	6245. 99	96
292	380.77 28	378.10 6664	381.05 1444	10.6 5444	10.0 0034	9.9695 2569	40	1491.7 8882	59.717 1955	58.273 5034	55.543 67129	40.2816 6388	44.5848 4372	43.37134	5.84 9485	5.28 2438	6.86 7672	10.45397	10.2 081	6.7095 48	6046 .52	6248. 79	96
293	380.68 0899	378.11 7579	381.13 2827	10.3 3513	10.1 6467	10.131 2526	40	1492.5 3865	59.725 2542	58.303 1494	55.569 82391	40.3454 8416	44.6514 0067	43.43787	5.33 1206	4.99 9389	6.29 5856	9.646422	10.2 1035	1.9967 55	6047 .853	6251. 931	96
294	380.58 7132	378.13 3654	381.21 1106	10.3 7842	10.0 1247	10.038 7367	40	1493.3 6167	59.732 6522	58.332 2765	55.596 85791	40.4093 0342	44.7175 7842	43.50426	5.31 8342	5.49 2677	5.35 4924	9.334317	10.1 4321	3.6078 .087	6008 .379	6255. 379	96
295	380.49 1756	378.15 4845	381.28 6064	10.8 2563	9.97 9066	9.8484 6522	40	1494.2 4896	59.739 451	58.360 9192	55.624 80897	40.4731 1088	44.7833 6643	43.57052	6.10 3058	5.04 2516	5.43 5135	9.602863	10.2 1772	9.5634 69	6052 .226	6259. 095	96
296	380.39 5032	378.18 1093	381.35 7498	10.5 813	10.1 8907	9.9413 1538	40	1495.1 9093	59.745 7124	58.389 1123	55.653 71178	40.5368 9576	44.8487 5432	43.63663	6.04 2671	5.82 5793	7.11 0923	11.00086	10.2 3723	6.2515 83	6063 .786	6263. 041	96

297	380.29 7225	378.21 2327	381.42 5211	10.7 1416	9.95 6812	9.8555 1022	40	1496.1 7734	59.751 4986	58.416 8907	55.683 6	40.6006 4723	44.9137 3187	43.70258	6.61 2927	4.52 5988	5.51 4186	9.727364	10.1 755	8.4384 43	6027 .225	6267. 173	96
298	380.19 8604	378.24 846	381.48 9018	10.5 4987	10.0 8168	10.243 855	40	1497.1 9749	59.756 872	58.444 2895	55.714 50621	40.6643 5445	44.9782 8904	43.76837	6.17 7261	5.31 1844	5.38 761	9.767322	10.2 918	4.5491 87	6096 .124	6271. 446	96
299	380.09 9438	378.28 9394	381.54 8743	10.5 1783	10.1 0884	10.048 4961	40	1498.2 4031	59.761 8952	58.471 344	55.746 46188	40.7280 0658	45.0424 1593	43.83398	4.92 8213	5.67 591	6.78 2625	10.12459	10.2 2505	4.5899 97	6056 .595	6275. 814	96
300	380 5017	378.33 4223	381.60 7023	10.6 7023	9.92 8698	10.445 7996	40	1499.2 9447	59.766 6307	58.498 0895	55.779 4974	40.7915 9274	45.1061 0285	43.8994	6.41 013	5.61 1293	6.29 6179	10.59331	10.3 4824	7.1657 39	6129 .572	6280. 23	96
301	379.90 0562	378.38 5204	381.65 5306	10.3 2325	10.2 8463	10.072 3121	40	1500.3 4852	59.771 1415	58.524 5616	55.813 64196	40.8551 0206	45.1693 4027	43.96462	5.22 1125	6.99 3862	5.51 8803	10.32625	10.2 2673	2.4537 47	6057 .608	6284. 645	96
302	379.80 1396	378.43 9817	381.70 1852	10.4 0397	10.0 7262	9.9647 8251	40	1501.3 91	59.775 4902	58.550 7957	55.848 92361	40.9185 2369	45.2321 1886	44.02964	5.57 7297	5.70 274	6.22 1925	10.11631	10.1 4713	4.3282 4	6010 .466	6289. 012	96
303	379.70 2775	378.49 8705	381.74 3734	10.2 3829	9.97 9922	9.8263 1106	40	1502.4 1061	59.779 7395	58.576 8273	55.885 36918	40.9818 4674	45.2944 2948	44.09444	5.94 5116	4.95 6766	5.46 5317	9.475422	10.0 1484	4.1137 1	5932 .12	6293. 283	96
304	379.60 4968	378.56 1709	381.78 0836	10.1 9192	10.2 6838	9.7929 9094	40	1503.3 9624	59.783 952	58.602 692	55.923 00428	41.0450 6037	45.3562 6319	44.15901	6.95 7487	5.45 7399	6.76 04	11.13072	10.0 8443	4.7140 7	5973 .352	6297. 411	96
305	379.50 8244	378.62 8656	381.81 3057	10.1 6401	10.0 0333	9.8636 4227	40	1504.3 3721	59.788 19	58.628 4253	55.961 85328	41.1081 5374	45.4176 1125	44.22335	7.60 3753	4.53 1288	6.73 6375	11.12333	10.0 1033	3.0005 96	5929 .472	6301. 353	96
306	379.41 2868	378.69 936	381.84 0308	10.2 1794	10.2 1938	10.268 1923	40	1505.2 233	59.792 5157	58.654 0626	56.001 93926	41.1711 1601	45.4784 6513	44.28745	6.15 1899	5.46 559	6.41 3992	10.4335	10.2 3517	0.4909 49	6062 .668	6305. 065	96
307	379.31 9101	378.77 363	381.86 2515	10.0 2185	10.2 3877	10.344 8273	40	1506.0 4488	59.796 9908	58.679 6393	56.043 28405	41.2339 364	45.5388 1651	44.35129	5.69 3746	5.05 0986	6.31 0252	9.886884	10.2 0181	3.1659 25	6042 .923	6308. 506	96
308	379.22 72	378.85 1262	381.87 9617	10.3 1898	10.4 8989	9.9422 3799	40	1506.7 9306	59.801 6769	58.705 1906	56.085 90815	41.2966 0413	45.5986 5729	44.41487	6.11 0013	6.01 438	7.16 2564	11.17172	10.2 5037	5.3427 83	6071 .7	6311. 64	96
309	379.13 7418	378.93 2042	381.89 1568	9.83 678	10.3 8972	10.476 2409	40	1507.4 5971	59.806 635	58.730 7517	56.129 83072	41.3591 0847	45.6579 796	44.47817	6.31 484	5.20 7203	6.08 9809	10.20186	10.2 3425	6.2482 42	6062 .165	6314. 432	96
310	379.05	379.01 5749	381.89 8333	9.93 1835	10.3 1029	10.215 7933	40	1508.0 3762	59.811 9255	58.756 3573	56.175 06962	41.4214 3871	45.7167 7577	44.54119	5.61 4013	5.44 5662	5.37 0239	9.487457	10.1 5264	3.7276 53	6013 .842	6316. 853	96
311	378.96 5186	379.10 2154	381.89 9896	9.83 9022	10.5 059	10.367 1876	40	1508.5 2056	59.817 6085	58.782 0424	56.221 64131	41.4835 8421	45.7750 384	44.60392	6.84 1223	5.15 9808	6.36 373	10.67347	10.2 3737	6.5141 81	6064 .049	6318. 876	96
312	378.88 3208	379.19 1019	381.89 6251	10.1 746	10.6 4372	10.689 7013	40	1508.9 0331	59.823 7434	58.807 8412	56.269 56091	41.5455 3435	45.8327 6028	44.66636	5.93 3441	6.46 8107	7.36 0403	11.45503	10.5 0267	4.9045 1	6221 .216	6320. 479	96
313	378.80 4291	379.28 2103	381.88 7408	9.89 4845	10.4 8766	10.557 9895	40	1509.1 8176	59.830 3889	58.833 7882	56.318 84214	41.6072 7857	45.8899 3448	44.72848	6.08 8691	5.33 2995	5.47 2011	9.770154	10.3 135	6.4298 67	6109 .178	6321. 646	96
314	378.72 8652	379.37 5153	381.87 3392	10.0 3277	10.3 872	10.329 2725	40	1509.3 5295	59.837 6029	58.859 9172	56.369 49734	41.6688 0639	45.9465 5429	44.79028	6.18 6236	6.51 9739	5.86 9869	10.73461	10.2 4974	3.4579 51	6071 .432	6322. 363	96
315	378.65 6497	379.46 9917	381.85 4242	9.51 8842	10.1 2211	10.209 5649	40	1509.4 1509	59.845 4428	58.886 2619	56.421 53742	41.7301 0736	46.0026 1325	44.85176	6.04 452	5.95 8598	6.34 3616	10.59635	9.95 0174	6.9418 2	5893 .999	6322. 623	96
316	378.58 8025	379.56 6133	381.83 0009	9.85 0013	10.1 7959	9.9535 3088	40	1509.3 6758	59.853 9649	58.912 8556	56.474 97189	41.7911 7111	46.0581 0515	44.9129	6.28 6585	5.77 5619	6.05 7172	10.46749	9.99 4378	3.2976 26	5920 .201	6322. 424	96
317	378.52 3423	379.66 3539	381.80 076	9.96 6457	10.3 4038	10.254 2463	40	1509.2 1101	59.863 2247	58.939 7313	56.529 80885	41.8519 8735	46.1130 2404	44.9737	5.44 1993	5.71 3172	5.49 1777	9.613285	10.1 8703	3.6705 36	6034 .336	6321. 768	96
318	378.46 2868	379.76 1867	381.76 6575	9.81 0167	10.2 7616	10.359 0478	40	1508.9 4719	59.873 2768	58.966 9214	56.586 05494	41.9125 4584	46.1673 6421	45.03415	5.47 6185	5.72 6982	6.77 3211	10.42417	10.1 4846	5.4085 15	6011 .509	6320. 663	96
319	378.40 6526	379.86 0847	381.72 7549	10.0 1201	10.3 5956	10.193 1402	40	1508.5 7907	59.884 1748	58.994 4582	56.643 71539	41.9728 3646	46.2211 2023	45.09424	5.16 1911	4.44 7852	7.50 2905	10.1352	10.1 8824	3.4112 24	6035 .092	6319. 121	96

320	378.35 4552	379.96 0209	381.68 3787	9.71 7674	10.4 0214	10.363 0927	40	1508.1 1078	59.895 9712	59.022 3733	56.702 79397	42.0328 4913	46.2742 8693	45.15396	6.05 4911	5.35 6335	6.20 9444	10.1936	10.1 6097	6.7362 33	6018 .958	6317. 16	96
321	378.30 7088	380.05 968	381.63 541	10.1 1963	10.4 8885	10.394 8505	40	1507.5 4753	59.908 7174	59.050 6979	56.763 29303	42.0925 7389	46.3268 5938	45.2133	6.25 1783	5.97 5682	5.53 9422	10.27029	10.3 3444	3.5727 54	6121 .736	6314. 8	96
322	378.26 4264	380.15 8988	381.58 255	10.3 254	10.3 4962	10.317 6251	40	1506.8 9555	59.922 4638	59.079 4629	56.825 21346	42.1520 0087	46.3788 3296	45.27227	6.06 5508	5.48 3058	5.14 6683	9.6614	10.3 3088	0.3097 11	6119 .647	6312. 069	96
323	378.22 6197	380.25 786	381.52 5353	9.83 4829	10.4 4731	10.212 1332	40	1506.1 6206	59.937 2593	59.108 6983	56.888 55471	42.2111 2028	46.4302 0329	45.33083	6.77 1206	4.73 574	6.24 7107	10.35871	10.1 6476	6.0255 64	6021 .26	6308. 997	96
324	378.19 2993	380.35 6024	381.46 3975	9.85 8513	10.3 3974	10.361 261	40	1505.3 5518	59.953 1519	59.138 434	56.953 31479	42.2699 2245	46.4809 6628	45.389	5.79 6754	5.48 1125	6.76 2261	10.45817	10.1 8651	4.9354 36	6034 .162	6305. 617	96
325	378.16 4741	380.45 3214	381.39 8584	10.2 8252	9.89 6859	10.395 0366	40	1504.4 8382	59.970 1881	59.168 6989	57.019 49026	42.3283 9781	46.5311 181	45.44677	6.18 787	6.44 8962	6.37 9377	10.98068	10.1 9147	4.8881 79	6037 .123	6301. 967	96
326	378.14 152	380.54 916	381.32 936	10.3 5792	10.0 8652	10.055 4612	40	1503.5 576	59.988 4131	59.199 5217	57.087 07626	42.3865 3691	46.5806 5522	45.50412	5.16 6813	6.19 7037	6.08 8536	10.10789	10.1 6663	2.9750 34	6022 .427	6298. 087	96
327	378.12 3392	380.64 3602	381.25 6493	9.98 6672	10.2 2435	10.543 2469	40	1502.5 8674	60.007 8707	59.230 9301	57.156 06648	42.4443 304	46.6295 7438	45.56105	5.57 5482	5.47 5836	5.73 1134	9.691061	10.2 5142	5.4292 46	6072 .671	6294. 021	96
328	378.11 0408	380.73 628	381.18 0181	10.0 6036	9.97 9755	10.207 0249	40	1501.5 8194	60.028 6034	59.262 9516	57.226 4532	42.5017 6905	46.6778 726	45.61755	6.20 3412	6.03 4249	5.42 4872	10.2139	10.0 8238	2.2541 3	5972 .553	6289. 812	96
329	378.10 2604	380.82 6939	381.10 0634	10.1 4252	10.3 2239	10.203 8453	40	1500.5 5428	60.050 6522	59.295 6127	57.298 22726	42.5588 4378	46.7255 4717	45.67361	6.29 2479	5.30 8055	6.59 8364	10.55031	10.2 2292	1.7594 74	6055 .821	6285. 507	96
330	378.1 5332	380.91 8071	381.01 8651	9.97 8651	10.4 8425	10.316 9001	40	1499.5 151	60.074 0564	59.328 9394	57.371 37811	42.6155 456	46.7725 9571	45.72924	5.62 9499	4.57 1167	6.64 6487	9.836799	10.2 5993	4.9279	6077 .767	6281. 154	96
331	378.10 2604	381.00 1216	380.93 2717	10.1 1841	10.3 9342	10.193 4288	40	1498.4 7583	60.098 854	59.362 9569	57.445 8938	42.6718 6567	46.8190 1608	45.78442	5.75 8472	5.00 0619	5.14 8651	9.201891	10.2 3508	2.6869 5	6063 .063	6276. 801	96
332	378.11 0408	381.08 4356	380.84 4807	10.1 5124	10.0 7716	10.313 2823	40	1497.4 4795	60.125 0813	59.397 6897	57.521 76097	42.7277 9529	46.8648 0645	45.83914	4.91 9633	6.37 1152	7.05 8212	10.70573	10.1 8056	2.3193 63	6030 .779	6272. 495	96
333	378.12 3392	381.16 4523	380.75 4581	10.2 481	10.3 9705	10.154 0145	40	1496.4 4277	60.152 7731	59.433 1617	57.598 9649	42.7833 2589	46.9099 6527	45.8934	5.59 2923	5.35 903	6.43 9609	10.07316	10.2 6639	2.3672 62	6081 .638	6268. 285	96
334	378.14 152	381.24 1499	380.66 2287	10.4 4561	10.1 0352	9.9501 8239	40	1495.4 7138	60.181 9623	59.469 3959	57.677 48952	42.8384 4906	46.9544 9131	45.9472	6.31 6422	5.37 5895	6.94 2353	10.81636	10.1 6644	4.8731 37	6022 .444	6264. 216	96
335	378.16 4741	381.31 5072	380.56 8178	10.5 4243	9.98 5583	10.126 0465	40	1494.5 4447	60.212 6805	59.506 4145	57.757 31738	42.8931 5651	46.9983 8358	46.00052	6.13 3619	5.34 4789	5.27 2644	9.694784	10.2 1802	5.4496 92	6053 .016	6260. 333	96
336	378.19 2993	381.38 504	380.47 2511	10.8 5496	9.91 2646	9.8062 0234	40	1493.6 7228	60.244 9572	59.544 2391	57.838 42973	42.9474 4011	47.0416 4142	46.05337	6.09 0386	6.55 9179	5.25 8213	10.38097	10.1 9127	10.290 71	6037 .181	6256. 68	96
337	378.22 6197	381.45 1212	380.37 5549	10.3 4699	9.96 0481	10.042 86	40	1492.8 6441	60.278 8204	59.582 8902	57.920 80649	43.0012 919	47.0842 6446	46.10574	5.82 8869	6.40 5903	5.99 9278	10.53578	10.1 1678	3.8204 52	5993 .066	6253. 296	96
338	378.26 4264	381.51 3407	380.27 7558	10.7 8903	9.93 1921	10.002 9788	40	1492.1 2979	60.314 2963	59.622 3877	58.004 42628	43.0547 0406	47.1262 5261	46.15761	5.80 4097	6.73 2548	6.39 6196	10.95108	10.2 4131	8.3691 8	6066 .851	6250. 219	96
339	378.30 7088	381.57 1453	380.17 8806	10.5 5153	10.0 3565	9.9599 2738	40	1491.4 7652	60.351 4094	59.662 7507	58.089 26645	43.1076 6894	47.1676 0607	46.209	5.41 7014	5.42 2366	7.18 3984	10.50503	10.1 8237	5.8101 .	6031 .945	6247. 482	96
340	378.35 4552	381.62 5192	380.07 9564	10.5 9546	10.0 2913	9.9713 2467	40	1490.9 1182	60.390 182	59.703 9972	58.175 3031	43.1601 7906	47.2083 2535	46.25988	6.20 532	5.67 2889	6.52 0002	10.63946	10.1 9864	6.1197 79	6041 .593	6245. 117	96
341	378.40 6526	381.67 4477	379.98 0104	10.7 5094	9.99 6723	9.6198 9037	40	1490.4 4193	60.430 6351	59.746 1446	58.262 51109	43.2122 2708	47.2484 1124	46.31026	6.04 4164	4.67 433	5.94 2207	9.679417	10.1 2252	11.173 59	5996 .51	6243. 149	96
342	378.46 2868	381.71 9171	379.88 0698	10.3 6425	10.0 8622	9.8891 094	40	1490.0 7207	60.472 7875	59.789 2091	58.350 86407	43.2638 0587	47.2878 6481	46.36014	6.08 5371	6.32 3791	5.46 4941	10.33865	10.1 1319	4.6982 02	5990 .994	6241. 599	96

343	378.52 3423	381.75 9154	379.78 1619	10.6 7067	10.2 4341	10.023 7377	40	1489.8 0635	60.516 6561	59.833 2063	58.440 33451	43.3149 0845	47.3266 8747	46.4095	5.49 49	4.86 6553	6.83 907	10.03245	10.3 1261	6.2732 55	6109 .134	6240. 486	96
344	378.58 8025	381.79 4315	379.68 3139	10.6 0528	10.2 0515	10.046 9725	40	1489.6 4772	60.562 2563	59.878 1509	58.530 89371	43.3655 2803	47.3648 8085	46.45835	4.55 1061	5.62 9443	5.50 2494	9.092867	10.2 858	5.4279 57	6093 .261	6239. 822	96
345	378.65 6497	381.82 4558	379.58 5528	10.6 4775	9.73 0237	9.8219 3842	40	1489.5 98	60.609 601	59.924 0563	58.622 51184	43.4156 5798	47.4024 4694	46.50668	6.43 6349	4.90 5386	7.08 1737	10.75362	10.0 6664	9.1143 59	5963 .438	6239. 614	96
346	378.72 8652	381.84 98	379.48 9052	10.5 7236	9.53 1172	10.298 4758	40	1489.6 5777	60.658 7017	59.970 9354	58.715 15796	43.4652 9187	47.4393 8797	46.55449	5.52 2274	5.18 5534	5.91 681	9.612175	10.1 34	10.274 22	6003 .348	6239. 864	96
347	378.80 4291	381.86 9972	379.39 3977	10.9 88	10.2 512	9.8888 3079	40	1489.8 2645	60.709 5678	60.018 8	58.808 80006	43.5144 2347	47.4757 0648	46.60177	5.29 959	5.04 8668	7.05 8664	10.16855	10.3 7601	10.593 38	6146 .717	6240. 57	96
348	378.88 3208	381.88 5018	379.30 0563	10.2 9786	9.80 886	10.280 0775	40	1490.1 0223	60.762 2066	60.067 6608	58.903 40505	43.5630 4671	47.5114 0529	46.64852	6.20 2218	5.17 5061	6.50 3469	10.37034	10.1 2893	4.8277 79	6000 .351	6241. 726	96
349	378.96 5186	381.89 4898	379.20 9066	10.2 7373	10.0 6256	10.194 3555	40	1490.4 8215	60.816 6237	60.117 5278	58.998 93886	43.6111 5572	47.5464 8752	46.69473	5.57 2633	5.21 2943	6.00 657	9.711225	10.1 7688	2.0750 87	6028 .757	6243. 317	96
350	379.05	381.89 9583	379.11 9738	10.2 0505	9.89 5946	10.002 1174	40	1490.9 621	60.872 8227	60.168 4098	59.095 36641	43.6587 4485	47.5809 5655	46.74041	6.41 4763	5.20 7904	5.77 3688	10.08003	10.0 3437	3.0804 09	5944 .334	6245. 327	96
351	379.13 7418	381.89 9062	379.03 2821	10.1 6705	9.79 3226	10.520 0867	40	1491.5 3688	60.930 8051	60.220 3149	59.192 65166	43.7058 0862	47.6148 1606	46.78555	6.15 7863	5.96 9167	5.88 2387	10.39965	10.1 6012	7.1540 52	6018 .829	6247. 735	96
352	379.22 72	381.89 3336	378.94 8556	10.0 9688	10.2 9669	9.9431 9767	40	1492.2 0023	60.990 5707	60.273 2499	59.290 75766	43.7523 4175	47.6480 7001	46.83016	6.19 647	4.90 1221	6.35 0845	10.13664	10.1 1225	3.4956 35	5990 .471	6250. 514	96
353	379.31 9101	381.88 2421	378.86 7173	10.4 1466	10.3 687	10.401 3836	40	1492.9 4495	61.052 117	60.327 2208	59.389 64654	43.7983 3917	47.6807 2263	46.87421	5.00 7746	5.63 1518	6.13 6988	9.718752	10.3 9491	0.4421 36	6157 .917	6253. 633	96
354	379.41 2868	381.86 6346	378.78 8894	10.4 0621	10.1 2256	10.445 5659	40	1493.7 6292	61.115 44	60.382 2326	59.489 2796	43.8437 9602	47.7127 7844	46.91773	6.50 2928	6.18 1095	5.72 8369	10.64463	10.3 2478	3.1284 8	6116 .364	6257. 059	96
355	379.50 8244	381.84 5155	378.71 3936	9.95 1261	9.73 4877	10.129 213	40	1494.6 4524	61.180 5333	60.438 2893	59.589 61731	43.8887 0764	47.7442 4221	46.96069	5.95 1525	5.22 7229	5.98 913	9.930471	9.93 845	3.9677 84	5887 .502	6260. 755	96
356	379.60 4968	381.81 8907	378.64 2502	9.84 9251	10.1 7957	10.578 6313	40	1495.5 8228	61.247 389	60.495 3939	59.690 61936	43.9330 6957	47.7751 19	47.00311	5.58 5819	5.11 4427	6.13 7853	9.748435	10.2 0248	7.1490 51	6043 .909	6264. 68	96
357	379.70 2775	381.78 7673	378.57 4789	10.0 6309	10.3 9629	10.263 8663	40	1496.5 6383	61.315 997	60.553 5484	59.792 24469	43.9768 7758	47.8054 1413	47.04498	5.88 3165	5.38 2981	4.79 3601	9.304124	10.2 4108	3.2535 69	6066 .767	6268. 792	96
358	379.80 1396	381.75 154	378.51 0982	9.81 6689	10.0 3109	10.396 5237	40	1497.5 7918	61.386 3452	60.612 7537	59.894 45151	44.0201 2764	47.8351 3321	47.0863	4.76 9784	6.16 0029	6.36 9024	10.06287	10.0 8144	5.7515 09	5972 .188	6273. 045	96
359	379.90 0562	381.71 0606	378.45 1257	10.0 136	10.3 9376	10.409 7018	40	1498.6 1725	61.458 4199	60.673 0099	59.997 19737	44.0628 1593	47.8642 8207	47.12706	6.03 7019	5.61 6953	5.49 335	9.908211	10.2 7236	3.8559 59	6085 .28	6277. 393	96
360	380	381.66 4983	378.39 5777	9.89 6101	10.3 6877	10.344 0892	40	1499.6 6673	61.532 2053	60.734 316	60.100 4392	44.1049 3886	47.8928 6684	47.16728	5.20 2965	5.21 7301	5.38 7621	9.127843	10.2 0299	4.6326 98	6044 .178	6281. 789	96
361	380.09 9438	381.61 4796	378.34 4694	9.53 1914	10.5 0537	10.553 4522	40	1500.7 1615	61.607 6838	60.796 67	60.204 1333	44.1464 9305	47.9208 9388	47.20694	5.01 5451	5.77 6616	5.06 2407	9.173441	10.1 9691	10.018 11	6040 .568	6286. 185	96
362	380.19 8604	381.56 0183	378.29 8148	10.1 1395	10.4 197	10.559 8047	40	1501.7 5408	61.684 8359	60.860 0688	60.308 23545	44.1874 7533	47.9483 6983	47.24604	4.91 7032	4.90 2637	4.99 7519	8.555013	10.3 6448	4.3017 68	6139 .827	6290. 533	96
363	380.29 7225	381.50 1295	378.25 6266	10.1 4959	10.1 9874	10.037 4232	40	1502.7 6917	61.763 6404	60.924 5085	60.412 70087	44.2278 8277	47.9753 0155	47.2846	6.44 5359	5.88 5429	5.26 4532	10.19295	10.1 2858	1.5926 64	6000 .07	6294. 785	96
364	380.39 5032	381.43 8291	378.21 9164	9.67 2217	10.6 5287	10.675 2902	40	1503.7 5035	61.844 074	60.989 9841	60.517 48435	44.2677 1264	48.0016 9616	47.3226	5.43 5027	5.73 5143	5.65 8206	9.718368	10.3 3346	9.7070 48	6121 .423	6298. 895	96
365	380.49 1756	381.37 1344	378.18 6943	9.71 8106	10.3 6999	10.057 0782	40	1504.6 8692	61.926 1119	61.056 4897	60.622 5402	44.3069 6247	48.0275 6103	47.36004	6.68 9562	5.34 0398	7.27 9535	11.23662	10.0 4839	6.4874 68	5952 .541	6302. 818	96

366	380.58 7132	381.30 064	378.15 9692	9.85 9162	10.3 9276	10.613 1802	40	1505.5 6866	62.009 7275	61.124 0182	60.727 82238	44.3456 2997	48.0529 0377	47.39694	5.48 9235	5.04 7939	5.76 9739	9.428854	10.2 8837	7.3288 42	6094 .686	6306. 511	96
367	380.68 0899	381.22 637	378.13 7485	9.88 4945	10.1 9643	10.624 5065	40	1506.3 8596	62.094 8922	61.192 5619	60.833 28447	44.3837 131	48.0777 322	47.43328	4.80 9732	5.02 1439	6.19 825	9.314863	10.2 3529	7.2256 04	6063 .23	6309. 935	96
368	380.77 28	381.14 8738	378.12 0383	9.97 1835	10.2 8688	10.152 4372	40	1507.1 2989	62.181 576	61.262 1117	60.938 87974	44.4212 1004	48.1020 5439	47.46908	5.15 2416	5.80 4684	6.33 3893	10.01798	10.1 3705	3.1078 78	6005 .019	6313. 051	96
369	380.86 2582	381.06 7958	378.10 8432	10.2 6841	10.1 8083	10.279 0788	40	1507.7 9236	62.269 7471	61.332 658	61.044 5612	44.4581 192	48.1258 7865	47.50432	6.51 6771	6.18 7168	6.16 9819	10.90028	10.2 4277	0.9592 18	6067 .63	6315. 826	96
370	380.95	380.98 4251	378.10 1667	9.87 1661	10.3 1085	10.117 8335	40	1508.3 6614	62.359 372	61.404 1898	61.150 28163	44.4944 3923	48.1492 1347	47.53902	5.70 9579	5.15 8843	6.04 2837	9.784111	10.1 0012	4.3483 78	5983 .107	6318. 229	96
371	381.03 4814	380.89 7846	378.10 0104	9.78 8327	10.6 7995	10.282 0416	40	1508.8 45	62.450 4157	61.476 6954	61.255 99364	44.5301 6899	48.1720 6761	47.57317	5.48 1993	5.76 2571	5.36 2066	9.592248	10.2 501	8.6986 35	6071 .941	6320. 235	96
372	381.11 6792	380.80 8981	378.10 3749	9.71 6431	10.0 2124	10.240 4823	40	1509.2 2372	62.542 8415	61.550 1622	61.361 64968	44.5653 0757	48.1944 5001	47.60678	5.89 2811	4.36 0048	6.97 3615	10.11764	9.99 2718	5.2443 31	5919 .454	6321. 822	96
373	381.19 5709	380.71 7897	378.11 2592	9.89 394	9.94 7903	10.439 932	40	1509.4 9819	62.636 6113	61.624 5767	61.467 20211	44.5998 5429	48.2163 6981	47.63985	6.09 1034	5.18 7876	7.19 0583	10.75729	10.0 9392	5.4091 16	5979 .389	6322. 971	96
374	381.27 1348	380.62 4847	378.12 6608	10.0 8552	10.5 556	10.522 6113	40	1509.6 6545	62.731 6854	61.699 9242	61.572 60325	44.6338 0873	48.2378 3638	47.67238	6.44 8091	5.49 2887	5.06 5261	9.869476	10.3 8791	4.5252 47	6153 .52	6323. 672	96
375	381.34 3503	380.53 0083	378.14 5758	10.5 0976	10.1 8437	10.512 669	40	1509.7 2371	62.828 0226	61.776 1895	61.677 8054	44.6671 7065	48.2588 5927	47.70437	6.64 013	5.00 8764	5.46 6367	9.952899	10.4 0227	3.1559 89	6162 .006	6323. 916	96
376	381.41 1975	380.43 3867	378.16 9991	10.0 9441	10.0 6351	10.085 3177	40	1509.6 7236	62.925 5804	61.853 3562	61.782 76088	44.6999 4009	48.2794 4823	47.73583	5.59 1334	4.99 3985	5.91 9596	9.552199	10.0 8108	0.3064 96	5971 .724	6323. 701	96
377	381.47 6577	380.33 6461	378.19 924	10.3 0028	10.3 8438	10.130 242	40	1509.5 1201	63.024 3148	61.931 4072	61.887 4221	44.7321 1728	48.2996 1321	47.76675	5.03 0892	5.14 2053	5.50 2596	9.056995	10.2 7163	2.4742 17	6084 .585	6323. 029	96
378	381.53 7132	380.23 8133	378.23 3425	10.3 0441	10.0 2321	9.8044 9735	40	1509.2 4444	63.124 1806	62.010 3245	61.991 74159	44.7637 0271	48.3193 6432	47.79715	5.56 019	5.67 0998	6.39 8133	10.19863	10.0 4404	4.9771 68	5949 .746	6321. 908	96
379	381.59 3474	380.13 9153	378.27 2451	10.6 055	10.4 8996	9.9572 4667	40	1508.8 7264	63.225 1311	62.090 0892	62.095 67204	44.7946 9708	48.3387 1185	47.82703	5.95 0963	5.40 6782	5.64 6482	9.824969	10.3 509	6.2627 41	6131 .501	6320. 351	96
380	381.64 5448	380.03 9791	378.31 6213	10.9 3393	10.2 3293	10.290 8618	40	1508.4 007	63.327 1186	62.170 6818	62.199 16633	44.8251 0133	48.3576 6628	47.85638	5.24 102	4.27 6735	7.40 8519	10.03219	10.4 859	6.6851 69	6211 .453	6318. 374	96
381	381.69 2912	379.94 032	378.36 459	10.3 4188	9.97 5271	10.399 0648	40	1507.8 3384	63.430 094	62.252 0817	62.302 17761	44.8549 1663	48.3762 3824	47.88522	5.24 4852	4.34 1494	6.81 5044	9.633373	10.2 3874	4.1391 23	6065 .021	6316	96
382	381.73 5736	379.84 1012	378.41 745	10.3 9056	10.4 8712	9.8051 729	40	1507.1 7831	63.534 0073	62.334 2677	62.404 65931	44.8841 4438	48.3944 3854	47.91354	5.99 9397	5.17 5617	6.21 9458	10.07281	10.2 2762	6.6677 39	6058 .416	6313. 254	96
383	381.77 3803	379.74 214	378.47 4647	10.7 4834	9.91 4189	9.9168 4906	40	1506.4 4131	63.638 8071	62.417 2177	62.506 56518	44.9127 8621	48.4122 7811	47.94136	5.77 1782	5.76 2185	6.71 5435	10.56472	10.1 9313	8.1834 32	6037 .964	6310. 167	96
384	381.80 7007	379.64 3976	378.53 6025	10.7 0178	10.1 6983	10.015 8099	40	1505.6 3096	63.744 4411	62.500 9089	62.607 84936	44.9408 4396	48.4297 6807	47.96867	5.81 9022	3.99 6125	6.76 3493	9.77624	10.2 9581	6.6626 25	6098 .77	6306. 772	96
385	381.83 5259	379.54 6786	378.60 1416	10.9 7153	10.0 6955	10.065 7174	40	1504.7 5617	63.850 8561	62.585 3179	62.708 4664	44.9683 1973	48.4469 1965	47.99548	5.36 0073	5.23 4649	5.74 6556	9.442184	10.3 6893	8.7358 17	6142 .065	6303. 108	96
386	381.85 848	379.45 084	378.67 064	10.7 2064	10.2 6195	9.8396 1131	40	1503.8 2657	63.957 9978	62.670 4202	62.808 3713	44.9952 1582	48.4637 4424	48.0218	5.66 6368	5.22 0037	5.59 2924	9.520363	10.2 7407	8.5752 86	6085 .853	6299. 214	96
387	381.87 6608	379.35 6398	378.74 3507	10.5 2974	10.3 0923	10.081 8115	40	1502.8 5236	64.065 8111	62.756 1912	62.907 51957	45.0215 3476	48.4802 5335	48.04763	5.26 3945	6.27 4974	6.13 7589	10.23496	10.3 0693	4.3458 8	6105 .3	6295. 133	96
388	381.88 9592	379.26 372	378.81 9819	10.7 3308	10.0 0251	9.9013 8288	40	1501.8 4427	64.174 2401	62.842 605	63.005 86724	45.0472 7932	48.4964 5862	48.07297	6.31 6315	5.29 7853	6.61 4736	10.56967	10.2 1233	8.1440 79	6049 .245	6290. 911	96

389	381.89 7396	379.17 3061	378.89 9366	10.8 3741	9.84 8176	9.9959 5155	40	1500.8 1335	64.283 228	62.929 6354	63.103 37093	45.0724 5247	48.5123 718	48.09784	6.40 0445	5.72 1027	6.17 4688	10.57462	10.2 2718	9.6726 33	6058 .026	6286. 592	96
390	381.9	379.08 4668	378.98 1929	10.7 6345	10.0 972	10.114 4723	40	1499.7 7095	64.392 7174	63.017 2555	63.199 98787	45.0970 5742	48.5280 0476	48.12223	4.72 9211	5.58 7833	5.12 9609	8.938803	10.3 2504	6.4527 94	6115 .977	6282. 226	96
391	381.89 7396	378.99 8784	379.06 7283	10.6 7733	9.87 9208	10.016 2398	40	1498.7 2851	64.502 6502	63.105 4379	63.295 67595	45.1210 976	48.5433 6948	48.14615	5.26 0884	4.33 6058	5.60 108	8.823287	10.1 9093	7.8317 13	6036 .518	6277. 859	96
392	381.88 9592	378.91 5644	379.15 5193	10.7 6884	10.4 3186	9.9405 2799	40	1497.6 9749	64.612 9676	63.194 1544	63.390 39375	45.1445 7665	48.5584 7804	48.16962	4.93 2013	5.93 3282	6.04 4951	9.801531	10.3 8041	7.9795 54	6148 .739	6273. 541	96
393	381.87 6608	378.83 5477	379.24 5419	10.7 5739	10.0 7164	10.022 1961	40	1496.6 8921	64.723 6104	63.283 3762	63.484 10058	45.1674 9843	48.5733 426	48.19263	5.42 2986	5.62 8683	6.04 392	9.880274	10.2 8374	7.1491 15	6091 .466	6269. 317	96
394	381.85 848	378.75 8501	379.33 7713	10.7 6321	9.98 9634	10.045 3757	40	1495.7 1475	64.834 5189	63.373 0744	63.576 75651	45.1898 6702	48.5879 7541	48.21518	5.75 1606	5.79 0056	7.29 1278	10.94388	10.2 6607	7.5352 27	6080 .983	6265. 235	96
395	381.83 5259	378.68 4928	379.43 1822	10.5 6624	10.1 218	10.009 9189	40	1494.7 8482	64.945 6329	63.463 219	63.668 32244	45.2116 8671	48.6023 8881	48.2373	4.95 9206	7.67 3357	5.24 5933	10.53537	10.2 3265	5.4367 16	6061 .172	6261. 34	96
396	381.80 7007	378.61 496	379.52 7489	10.3 4931	9.83 5659	10.055 6758	40	1493.9 0965	65.056 8919	63.553 7799	63.758 76006	45.2329 6202	48.6165 9522	48.25898	5.26 5321	4.36 1654	6.39 7904	9.363803	10.0 8021	5.0955 86	5970 .864	6257. 674	96
397	381.77 3803	378.54 8788	379.62 4451	10.3 6416	9.93 6174	10.457 0674	40	1493.0 9883	65.168 235	63.644 7263	63.848 03199	45.2536 9764	48.6306 0711	48.28023	5.21 7705	6.46 0308	6.99 687	10.85892	10.2 5247	5.0806 65	6072 .883	6254. 278	96
398	381.73 5736	378.48 6593	379.72 2442	10.5 2936	10.4 0327	10.273 3378	40	1492.3 613	65.279 6012	63.736 0273	63.936 10173	45.2738 9852	48.6444 3702	48.30106	5.92 0215	5.35 1616	7.47 3313	10.9334	10.4 0199	2.4612 5	6161 .438	6251. 188	96
399	381.69 2912	378.42 8547	379.82 1194	10.0 6015	10.0 5255	10.126 1768	40	1491.7 0515	65.390 9291	63.827 6512	64.022 93371	45.2935 6977	48.6580 9753	48.32148	5.84 022	5.66 8318	5.84 3722	10.01934	10.0 7962	0.7304 83	5970 .48	6248. 44	96
400	381.64 5448	378.37 4808	379.92 0436	8.43 9329	8.23 5105	8.5284 6592	30	1491.1 3761	65.502 1574	63.919 5661	64.108 49334	45.3127 1674	48.6716 0129	48.34148	4.26 8001	4.35 0111	5.06 736	7.925745	8.40 0967	3.4919 88	4699 .697	4684. 547	96
401	381.59 3474	378.32 5523	380.01 9896	10.9 2494	11.2 6383	11.069 8161	45	1490.6 6492	65.613 2246	64.011 7397	64.192 74706	45.3313 4496	48.6849 6098	48.36109	6.51 3165	5.82 2064	7.10 2879	11.25916	11.0 8619	3.0569 09	6749 .089	7024. 593	96
402	381.53 7132	378.28 0829	380.11 9302	9.18 3251	9.58 3	9.5806 4531	35	1490.2 9229	65.724 0693	64.104 1394	64.275 66231	45.3494 6018	48.6981 8931	48.3803	4.91 5726	4.65 8503	5.56 6733	8.766671	9.44 8966	4.2306 15	5441 .425	5462. 207	96
403	381.47 6577	378.24 0846	380.21 8381	12.0 8481	12.2 8235	12.197 7568	50	1490.0 2383	65.834 63	64.196 7322	64.357 20762	45.3670 6832	48.7112 9901	48.39913	6.80 9841	6.86 9123	7.27 7349	12.10449	12.1 883	1.6207 29	7620 .556	7801. 747	96
404	381.41 1975	378.20 5685	380.31 6861	7.35 8232	7.73 599	7.5686 1456	25	1489.8 625	65.944 8455	64.289 485	64.437 35258	45.3841 7551	48.7243 0286	48.41759	4.66 9381	3.22 3474	4.38 311	7.169767	7.55 4279	5.0005 9	4101 .722	3900. 451	95.0930 1
405	381.34 3503	378.17 5442	380.41 4472	8.18 2208	8.38 3845	8.5889 1736	30	1489.8 1011	66.054 6546	64.382 3642	64.516 06795	45.4007 8808	48.7372 1361	48.43567	5.21 6612	4.69 8003	3.60 6925	7.892666	8.38 499	4.8504 41	4690 .729	4680. 376	96
406	381.27 1348	378.15 02	380.51 0948	10.4 6827	10.9 4907	10.915 47	45	1489.8 6725	66.163 9966	64.475 3361	64.593 32558	45.4169 1253	48.7500 4405	48.4534	5.56 8268	5.82 6954	7.17 8351	10.79295	10.7 776	4.4610 67	6561 .187	7020. 834	96
407	381.19 5709	378.13 0028	380.60 6023	9.12 0567	9.74 0734	9.2436 6617	35	1490.0 3332	66.272 8108	64.568 3669	64.669 09855	45.4325 5557	48.7628 0697	48.47077	5.63 1461	4.38 1746	5.52 8893	9.026722	9.36 8322	6.6198 21	5394 .958	5461. 257	96
408	381.11 6792	378.11 4982	380.69 9437	11.7 1389	12.1 3885	11.925 9614	50	1490.3 0653	66.381 037	64.661 4225	64.743 36109	45.4477 2407	48.7755 1512	48.4878	7.56 7978	6.35 0741	7.18 6481	12.21686	11.9 2624	3.5632 54	7456 .671	7803. 227	96
409	381.03 4814	378.10 5102	380.79 0934	7.52 5561	7.60 4922	7.6651 1641	25	1490.6 8392	66.488 6156	64.754 4686	64.816 08868	45.4624 2509	48.7881 8127	48.50449	3.54 0695	4.27 7717	5.05 9682	7.512374	7.59 8533	1.8366 14	4125 .737	3902. 601	94.5916 1
410	380.95	378.10 0417	380.88 0262	8.01 9013	8.79 3197	8.8624 6248	30	1491.1 6136	66.595 4872	64.847 4709	64.887 25802	45.4766 6588	48.8008 1815	48.52086	4.97 6638	4.13 6059	4.50 4007	7.88416	8.55 8224	9.8554 25	4787 .628	4684. 622	96
411	380.86 2582	378.10 0938	380.96 7179	10.7 0295	11.4 4783	11.827 1261	45	1491.7 3366	66.701 5931	64.940 3951	64.956 84711	45.4904 5385	48.8134 3848	48.5369	7.38 4276	6.29 794	6.44 9133	11.65259	11.3 2597	9.9256 12	6895 .011	7029. 629	96

412	380.77 28	378.10 6664	381.05 1444	8.97 4408	9.57 1548	9.6061 0501	35	1492.3 9457	66.806 875	65.033 2066	65.024 83519	45.5037 9658	48.8260 5493	48.55265	4.61 6277	4.57 8908	6.54 7388	9.227388	9.38 402	6.7316 3	5403 .994	5469. 912	96
413	380.68 0899	378.11 7579	381.13 2827	11.8 9693	12.7 6317	12.356 0033	50	1493.1 3687	66.911 2757	65.125 8709	65.091 20283	45.5167 0183	48.8386 8013	48.56809	6.35 7748	7.15 4018	6.73 8435	11.70502	12.3 387	7.0204 94	7714 .56	7818. 046	96
414	380.58 7132	378.13 3654	381.21 1106	7.20 6285	7.54 1648	7.3647 763	25	1493.9 5246	67.014 7382	65.218 3535	65.155 93193	45.5291 7751	48.8513 2667	48.58324	4.40 7065	4.06 0493	3.96 8952	7.187656	7.37 0903	4.5498 19	4002 .146	3911. 158	96
415	380.49 1756	378.15 4845	381.28 6064	8.15 0576	8.70 5939	8.4545 5937	30	1494.8 3242	67.117 2065	65.310 62	65.219 0057	45.5412 3171	48.8640 0707	48.5981	4.72 4888	5.17 7842	4.75 8987	8.472459	8.43 7025	6.5824 45	4719 .835	4696. 155	96
416	380.39 5032	378.18 1093	381.35 7498	10.8 7316	11.2 9159	11.101 0216	45	1495.7 6714	67.218 6256	65.402 6359	65.280 40872	45.5528 7265	48.8767 3381	48.6127	6.75 2945	5.97 3257	7.28 4974	11.59107	11.0 8859	3.7735 21	6750 .515	7048. 637	96
417	380.29 7225	378.21 2327	381.42 5211	9.06 6309	9.48 4378	9.3165 6339	35	1496.7 4639	67.318 9411	65.494 3669	65.340 12694	45.5641 0874	48.8895 1929	48.62704	5.37 7106	5.27 0315	5.57 346	9.367655	9.28 9083	4.5006 45	5349 .341	5485. 862	96
418	380.19 8604	378.24 846	381.48 9018	11.5 9803	12.5 2012	12.107 8853	50	1497.7 5947	67.418 0996	65.585 7788	65.398 14769	45.5749 485	48.9023 7584	48.64112	7.27 3487	6.71 5215	6.39 992	11.78799	12.0 7535	7.6361 14	7549 .932	7842. 25	96
419	380.09 9438	378.28 9394	381.54 8743	7.37 5635	7.65 3394	7.5049 0715	25	1498.7 9531	67.516 0489	65.676 8375	65.454 45968	45.5854 0064	48.9153 157	48.65496	3.46 9411	4.29 2431	3.97 6489	6.802518	7.51 1312	3.6978 79	4078 .404	3923. 837	96
420	380	378.33 5017	381.60 4223	8.44 6383	8.55 6725	8.1304 6677	30	1499.8 4257	67.612 7375	65.767 509	65.509 05303	45.5954 7398	48.9283 5102	48.66856	5.08 1766	4.05 587	4.53 6648	7.928153	8.37 7858	5.0879 17	4686 .763	4711. 894	96
421	379.90 0562	378.38 5204	381.65 5306	10.7 5722	11.3 9801	11.325 5648	45	1500.8 8981	67.708 1153	65.857 7597	65.561 91928	45.6051 775	48.9414 9388	48.68194	7.14 8538	6.53 2963	6.66 8107	11.75776	11.1 6026	5.7416 83	6794 .194	7072. 777	96
422	379.80 1396	378.43 9817	381.70 1852	9.27 5018	9.25 6729	9.1247 2928	35	1501.9 2558	67.802 1331	65.947 556	65.613 05138	45.6145 2029	48.9547 5624	48.69511	5.08 0717	4.84 382	5.69 2511	9.037751	9.21 8825	1.6302 35	5308 .92	5504. 845	96
423	379.70 2775	378.49 8705	381.74 3734	11.8 3197	11.7 9859	12.057 4192	50	1502.9 3854	67.894 7432	66.036 8648	65.662 4437	45.6235 1161	48.9681 4994	48.70807	6.96 9566	6.60 7315	7.65 7381	12.28279	11.8 9599	2.1757 71	7437 .854	7869. 368	96
424	379.60 4968	378.56 1709	381.78 0836	7.72 0199	7.32 3703	7.7902 9001	25	1503.9 1762	67.985 8987	66.125 653	65.710 09206	45.6321 6081	48.9816 8674	48.72084	3.38 7557	3.83 4866	3.45 4075	6.173522	7.61 1397	6.1301 05	4132 .783	3937. 247	95.2686 7
425	379.50 8244	378.62 8656	381.81 3057	8.23 017	8.02 7013	8.2019 747	30	1504.8 5211	68.075 5545	66.213 888	65.755 99371	45.6404 7738	48.9953 7826	48.73343	4.83 6557	4.48 0229	5.34 3883	8.486568	8.15 3052	2.4917 93	4561 .045	4727. 632	96
426	379.41 2868	378.69 936	381.84 0308	11.1 4731	11.4 6625	10.455 9956	45	1505.7 318	68.163 6663	66.301 5376	65.800 14734	45.6484 7094	49.0092 3599	48.74584	6.76 6117	6.00 9333	6.88 9726	11.37369	11.0 2319	9.1647 91	6710 .811	7095. 594	96
427	379.31 9101	378.77 363	381.86 2515	9.56 1169	9.00 2106	9.1525 5672	35	1506.5 4707	68.250 1917	66.388 5696	65.842 55306	45.6561 512	49.0232 713	48.75808	5.16 7661	5.04 6068	6.21 5954	9.529198	9.23 8611	6.0513 76	5320 .371	5521. 783	96
428	379.22 72	378.85 1262	381.87 9617	12.6 8252	11.7 9882	12.112 2152	50	1507.2 89	68.335 0893	66.474 9527	65.883 21246	45.6635 28	49.0374 9542	48.77018	7.78 7047	7.69 9449	7.67 6486	13.37341	12.1 9785	7.2447 4	7626 .674	7892. 147	96
429	379.13 7418	378.93 2042	381.89 1568	7.70 5501	7.35 1251	7.6817 0545	25	1507.9 4949	68.418 3193	66.560 6555	65.922 12853	45.6706 1128	49.0519 1942	48.78213	3.86 6369	4.17 4471	4.66 2556	7.356252	7.57 9486	4.6737 94	4115 .504	3947. 803	95.9251 2
430	379.05	379.01 5749	381.89 8333	8.57 4226	8.31 5561	8.0615 0987	30	1508.5 2133	68.499 8435	66.645 6475	65.959 30572	45.6774 1109	49.0665 5425	48.79394	4.85 9719	4.74 9821	5.05 5341	8.469601	8.31 7099	6.1646 07	4652 .875	4739. 16	96
431	378.96 5186	379.10 2154	381.89 9896	11.9 2163	11.0 8323	11.013 6504	45	1508.9 9825	68.579 6252	66.729 8983	65.994 74992	45.6839 3757	49.0814 1067	48.80563	5.74 7415	5.80 3032	7.62 4664	11.17334	11.3 3951	8.0072 4	6903 .472	7110. 987	96
432	378.88 3208	379.19 1019	381.89 6251	9.36 7759	9.28 3489	9.0414 9595	35	1509.3 7507	68.657 6291	66.813 3783	66.028 46842	45.6902 0095	49.0964 9931	48.81721	5.18 7753	4.50 0715	5.74 5149	8.954102	9.23 0915	3.5344 63	5316 .01	5532. 149	96
433	378.80 4291	379.28 2103	381.88 7408	11.9 1868	11.6 2932	11.741 605	50	1509.6 4766	68.733 8218	66.896 058	66.060 46997	45.6962 1155	49.1118 3061	48.82869	6.87 7952	7.28 5275	7.27 8032	12.38351	11.7 632	2.4598 35	7355 .012	7904. 497	96
434	378.72 8652	379.37 5153	381.87 3392	7.86 7122	7.32 6184	7.7395 1164	25	1509.8 1307	68.808 1712	66.977 9089	66.090 76471	45.7019 798	49.1274 1485	48.84008	4.09 0123	4.13 2898	5.15 4423	7.77033	7.64 4273	7.0763 88	4150 .741	3952. 681	95.2283 3

435	378.65 6497	379.46 9917	381.85 4242	8.64 8095	8.27 8618	7.9846 4196	30	1509.8 6949	68.880 6472	67.058 9028	66.119 36419	45.7075 1617	49.1432 6213	48.85138	4.43 0018	5.01 3557	5.25 9405	8.51012	8.30 3785	7.9897 7	4645 .494	4743. 395	96
436	378.58 8025	379.56 6133	381.83 0009	11.3 0216	10.8 2697	10.936 3117	45	1509.8 1633	68.951 2212	67.139 0121	66.146 28136	45.7128 3123	49.1593 8235	48.86261	6.31 5858	5.71 278	7.10 5556	11.09121	11.0 2181	4.3113 37	6710 .162	7114. 842	96
437	378.52 3423	379.66 3539	381.80 076	9.79 2086	9.41 5606	9.2076 8016	35	1509.6 5419	69.019 8665	67.218 2099	66.171 53057	45.7179 3563	49.1757 8526	48.87378	5.62 9545	4.82 6603	4.76 3138	8.813362	9.47 1791	6.1699 61	5454 .811	5533. 172	96
438	378.46 2868	379.76 1867	381.76 6575	12.4 9604	11.8 9799	12.038 1593	50	1509.3 8486	69.086 5579	67.296 4699	66.195 12751	45.7228 4005	49.1924 8036	48.8849	6.69 4265	5.55 9743	6.40 3094	10.80387	12.1 4406	4.9245 82	7593 .265	7903. 121	96
439	378.40 6526	379.86 0847	381.72 7549	7.66 5403	7.48 194	7.3880 1586	25	1509.0 1131	69.151 2722	67.373 7664	66.217 08927	45.7275 5528	49.2094 7701	48.89598	3.35 7369	3.65 0861	4.32 2941	6.579402	7.51 1786	3.6926 94	4078 .866	3950. 582	96
440	378.35 4552	379.96 0209	381.68 3787	8.43 4926	8.38 137	8.3226 685	30	1508.5 3765	69.213 988	67.450 0743	66.237 43424	45.7320 9212	49.2267 8432	48.90703	5.40 4809	4.80 5501	4.90 0287	8.735995	8.37 9655	1.3396 41	4688 .012	4739. 211	96
441	378.30 7088	380.05 968	381.63 541	11.5 9671	11.2 081	10.865 3062	45	1507.9 6909	69.274 6857	67.525 3695	66.256 18218	45.7364 6146	49.2444 1122	48.91806	7.28 4131	5.79 6371	6.30 731	11.24449	11.2 2337	6.5167 98	6832 .981	7106. 137	96
442	378.26 4264	380.15 8988	381.58 255	9.63 4208	9.22 8023	9.2442 2485	35	1507.3 1187	69.333 3475	67.599 6283	66.273 35414	45.7406 7421	49.2623 6641	48.92907	4.52 8023	5.25 6397	5.53 6977	8.876419	9.36 8818	4.3354 96	5395 .595	5524. 587	96
443	378.22 6197	380.25 786	381.52 5353	12.1 9225	11.5 8333	11.810 1344	50	1506.5 7322	69.389 9575	67.672 8278	66.288 97246	45.7447 4135	49.2806 5837	48.94009	7.48 2795	6.52 3315	8.51 7641	13.08037	11.8 619	5.1334 75	7416 .958	7888. 399	96
444	378.19 2993	380.35 6024	381.46 3975	7.87 9037	7.51 0356	7.5434 2038	25	1505.7 6123	69.444 5016	67.744 946	66.303 06076	45.7486 7387	49.2992 9538	48.95112	3.79 881	3.92 3142	4.49 2069	7.071116	7.64 4271	4.8229 75	4150 .871	3942. 074	94.9698
445	378.16 4741	380.45 3214	381.39 8584	8.28 572	8.25 7545	8.3046 8959	30	1504.8 8483	69.496 9679	67.815 9615	66.315 64391	45.7524 8281	49.3182 8547	48.96217	4.72 1204	3.86 8459	4.27 8893	7.454104	8.28 2651	0.5692	4633 .817	4727. 735	96
446	378.14 152	380.54 916	381.32 936	10.7 9008	10.9 6798	11.168 7765	45	1503.9 5362	69.547 3461	67.885 8539	66.326 74802	45.7561 7924	49.3376 3644	48.97325	6.58 8303	6.13 1807	6.64 5066	11.18757	10.9 7561	3.4503 04	6682 .244	7087. 214	96
447	378.12 3392	380.64 3602	381.25 6493	9.14 6802	9.42 1633	9.3069 7328	35	1502.9 7784	69.595 6279	67.954 6033	66.336 40039	45.7597 7425	49.3573 5586	48.98438	5.07 8108	3.46 2379	5.02 0488	7.936029	9.29 1803	2.9577 76	5351 .323	5508. 701	96
448	378.11 0408	380.73 628	381.18 0181	11.8 9354	12.3 4618	12.319 1333	50	1501.9 6818	69.641 8069	68.022 1908	66.344 62951	45.7632 7895	49.3774 5107	48.99555	6.45 1364	6.52 5714	7.06 5041	11.58101	12.1 8628	3.7143 34	7619 .901	7864. 287	96
449	378.10 2604	380.82 6939	381.10 0634	7.43 7615	7.55 2415	7.5414 4409	25	1500.9 3573	69.685 8789	68.088 5985	66.351 46504	45.7667 0446	49.3979 2916	49.00678	3.72 3784	3.18 042	4.02 6281	6.339762	7.51 0491	1.5285 4	4078 .289	3929. 441	96
450	378.1 5332	380.91 8071	381.01 8664	8.20 8664	8.52 8122	8.1752 134	30	1499.8 918	69.727 8412	68.153 809	66.356 93776	45.7700 6191	49.4187 9695	49.01809	4.17 8552	4.89 702	4.59 9297	7.911677	8.30 4	4.2498 59	4645 .829	4712. 049	96
451	378.10 2604	381.00 1216	380.93 2717	10.9 2511	11.6 0781	11.508 9578	45	1498.8 4786	69.767 6934	68.217 8061	66.361 07955	45.7733 6244	49.4400 6104	49.02947	5.86 7634	6.55 2664	5.87 6549	10.5783	11.3 4729	6.0164 39	6908 .632	7063. 154	96
452	378.11 0408	381.08 4356	380.84 4807	8.82 3928	9.47 0147	9.2540 3966	35	1497.8 1536	69.805 4369	68.280 5742	66.363 92337	45.7766 1719	49.4617 2777	49.04095	5.16 5067	5.17 0535	5.39 0301	9.081173	9.18 2705	7.0373 5	5288 .567	5489. 78	96
453	378.12 3392	381.16 4523	380.75 4581	11.9 6937	12.8 1722	12.023 9762	50	1496.8 0562	69.841 0751	68.342 0988	66.365 50325	45.7798 3729	49.4838 0321	49.05252	6.49 8968	7.66 1469	6.93 7953	12.20942	12.2 7019	6.9098 45	7672 .47	7837. 256	96
454	378.14 152	381.24 1499	380.66 2287	7.23 5225	7.71 269	7.5355 7841	25	1495.8 2971	69.874 6134	68.402 3663	66.365 8542	45.7830 3386	49.5062 9318	49.06421	4.27 2821	3.43 9412	2.96 9632	6.237408	7.49 4498	6.3708 76	4069 .659	3916. 073	96
455	378.16 4741	381.31 5072	380.56 8178	8.27 6113	8.25 1217	8.7874 8592	30	1494.8 9836	69.906 0588	68.461 3638	66.365 01224	45.7862 18	49.5292 0323	49.07601	5.28 4133	5.13 3598	5.82 1585	9.389715	8.43 8272	6.3552 03	4721 .01	4696. 362	96
456	378.19 2993	381.38 504	380.47 2511	10.7 4911	11.4 8247	10.828 8564	45	1494.0 2177	69.935 4207	68.519 0795	66.363 01434	45.7894 0082	49.5525 3865	49.08795	6.02 8766	6.64 6772	7.45 1653	11.66416	11.0 2015	6.6546 89	6709 .537	7040. 412	96
457	378.22 6197	381.45 1212	380.37 5549	9.01 4787	9.55 5703	10.078 5401	35	1493.2 0956	69.962 7102	68.575 5027	66.359 8984	45.7925 9336	49.5763 0444	49.10002	5.32 449	4.82 3142	5.25 454	8.900735	9.54 9677	11.139 15	5499 .98	5472. 899	96

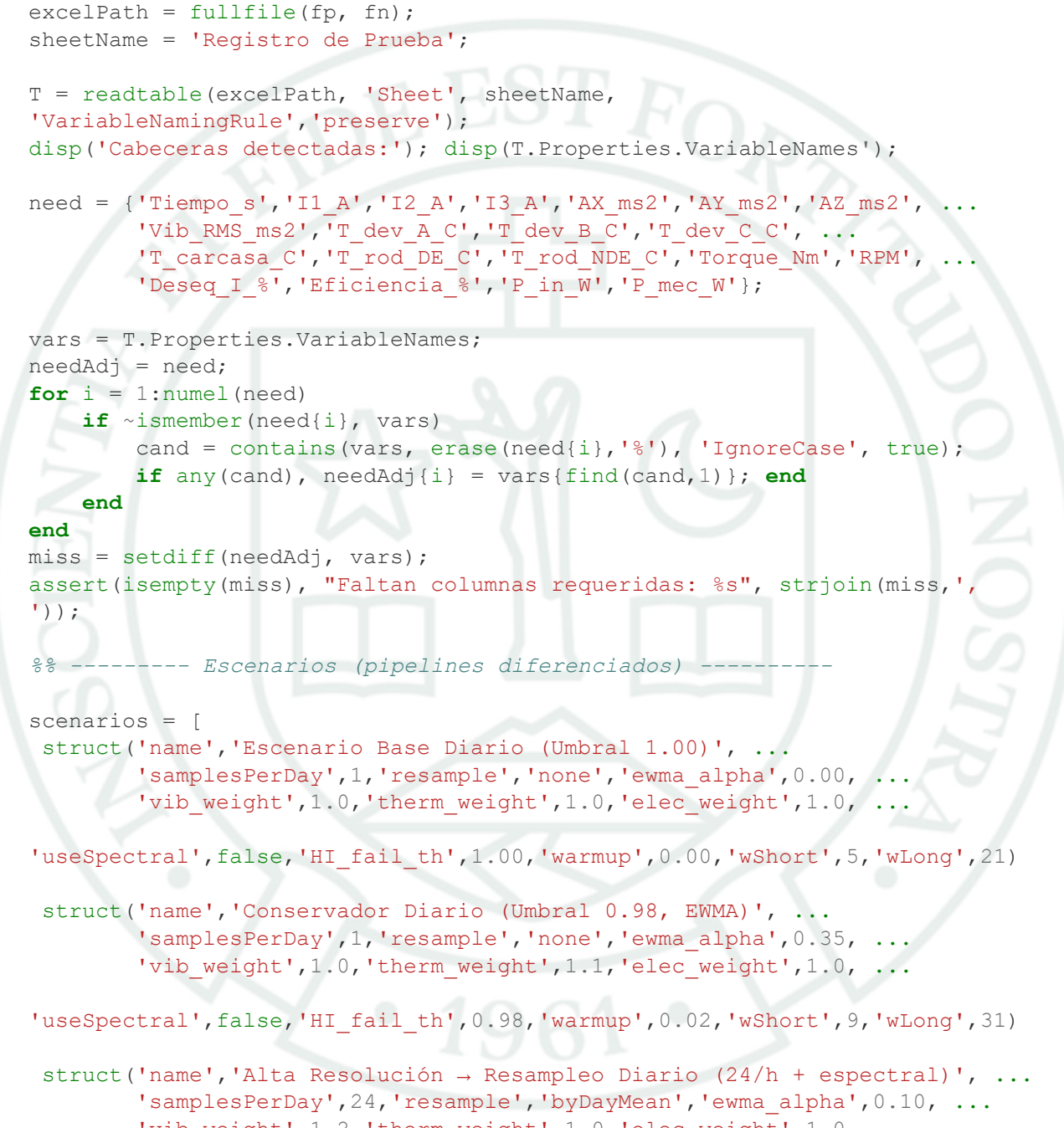
458	378.26 4264	381.51 3407	380.27 7558	11.6 5155	12.5 5559	12.498 3859	50	1492.4 7065	69.987 9402	68.630 6232	66.355 70318	45.7958 0667	49.6005 0536	49.11223	7.34 978	7.40 5187	7.36 3832	12.77036	12.2 3518	7.3889 3	7650 .663	7814. 558	96
459	378.30 7088	381.57 1453	380.17 8806	7.26 599	7.75 2233	7.6833 9886	25	1491.8 1315	70.011 1257	68.684 4323	66.350 46833	45.7990 5174	49.6251 4588	49.12461	4.18 8801	3.37 9608	3.70 7905	6.535776	7.56 7207	6.4256 61	4109 .185	3905. 558	95.0445 9
460	378.35 4552	381.62 5192	380.07 9564	8.17 6929	8.53 971	8.5540 2184	30	1491.2 4426	70.032 2834	68.736 9218	66.344 23429	45.8023 3953	49.6502 3018	49.13715	4.63 4939	4.00 9687	5.64 9034	8.334977	8.42 3554	4.4766 47	4712 .823	4684. 882	96
461	378.40 6526	381.67 4477	379.98 0104	10.9 6973	11.0 303	11.371 7422	45	1490.7 7025	70.051 4322	68.788 0847	66.337 04229	45.8056 8097	49.6757 6217	49.14986	6.87 5317	5.70 9977	7.99 4978	11.99139	11.1 2392	3.6139 84	6772 .783	7025. 089	96
462	378.46 2868	381.71 9171	379.88 0698	9.00 9045	9.42 3552	9.5617 4149	35	1490.3 9631	70.068 5924	68.837 915	66.328 93433	45.8090 8693	49.7017 455	49.16276	5.45 0769	4.67 8685	5.54 5555	9.074919	9.33 1446	5.9229 42	5374 .34	5462. 588	96
463	378.52 3423	381.75 9154	379.78 1619	11.7 7825	11.9 8581	12.350 5619	50	1490.1 2655	70.083 7864	68.886 4076	66.319 95308	45.8125 6821	49.7281 835	49.17585	6.13 3636	5.94 7389	8.10 2295	11.77455	12.0 382	4.7541 5	7527 .556	7802. 284	96
464	378.58 8025	381.79 4315	379.68 3139	7.27 128	7.51 9493	7.6923 6237	25	1489.9 6395	70.097 0385	68.933 5583	66.310 14192	45.8161 3558	49.7550 7925	49.18913	4.34 7662	4.26 4772	4.27 362	7.440045	7.49 4378	5.6186 49	4069 .666	3900. 717	95.8485 7
465	378.65 6497	381.82 4558	379.58 5528	8.42 7706	8.60 4225	8.5193 5407	30	1489.9 103	70.108 3745	68.979 3641	66.299 54482	45.8197 9974	49.7824 3551	49.20263	5.00 8154	4.25 6881	4.18 4362	7.79176	8.51 7095	2.0725 23	4765 .188	4680. 691	96
466	378.72 8652	381.84 98	379.48 9052	10.7 2663	11.5 8763	11.168 8792	45	1489.9 662	70.117 8221	69.023 8229	66.288 20639	45.8235 7132	49.8102 5477	49.21635	5.91 1497	6.29 4323	6.44 3255	10.77403	11.1 6105	7.7143 31	6795 .425	7021. 3	96
467	378.80 4291	381.86 9972	379.39 3977	9.48 4519	9.44 6594	9.3442 5589	35	1490.1 3104	70.125 4109	69.066 9335	66.276 17176	45.8274 6087	49.8385 3924	49.23029	5.21 9728	4.65 8246	5.53 2033	8.91898	9.42 5123	1.4881 86	5428 .318	5461. 616	96
468	378.88 3208	381.88 5018	379.30 0563	11.8 6365	11.7 7488	12.016 3817	50	1490.4 0304	70.131 1719	69.108 6958	66.263 48658	45.8314 7888	49.8672 9083	49.24446	7.47 833	5.43 9299	7.01 5907	11.60751	11.8 8497	2.0320 06	7431 .768	7803. 732	96
469	378.96 5186	381.89 4898	379.20 9066	7.24 6542	7.58 6861	7.6905 1191	25	1490.7 7922	70.135 138	69.149 1107	66.250 19698	45.8356 3575	49.8965 1114	49.25887	3.91 6274	3.90 2622	4.10 8166	6.88801	7.50 7972	5.9133 15	4077 .06	3902. 851	95.7270 8
470	379.05	381.89 9583	379.11 9738	8.42 1522	8.60 1034	8.4997 1753	30	1491.2 5548	70.137 3437	69.188 1801	66.236 34953	45.8399 4179	49.9262 0152	49.27353	5.09 357	3.53 4345	4.78 5854	7.832014	8.50 7424	2.1100 69	4759 .788	4684. 917	96
471	379.13 7418	381.89 9062	379.03 2821	11.0 0718	10.9 354	10.419 3841	45	1491.8 2661	70.137 825	69.225 9069	66.221 99118	45.8444 0724	49.9563 6299	49.28845	7.91 2878	6.03 827	6.66 565	11.97937	10.7 8732	5.4489 5	6567 .891	7030. 067	96
472	379.22 72	381.89 3336	378.94 8556	9.55 6293	9.22 6064	9.3722 1258	35	1492.4 8637	70.136 6196	69.262 2948	66.207 16923	45.8490 4221	49.9869 963	49.30364	4.79 1287	4.26 4052	5.48 8533	8.441716	9.38 4857	3.5187 39	5405 .131	5470. 248	96
473	379.31 9101	381.88 2421	378.86 7173	12.0 2831	11.9 098	11.952 6784	50	1493.2 2753	70.133 7666	69.297 3489	66.191 93128	45.8538 5676	50.0181 0188	49.31909	6.03 3269	7.97 1539	6.57 0455	11.96314	11.9 636	0.9905 63	7480 .934	7818. 521	96
474	379.41 2868	381.86 6346	378.78 8894	7.58 4593	7.30 7023	7.4207 7979	25	1494.0 4199	70.129 3069	69.331 0748	66.176 32522	45.8588 6081	50.0496 799	49.33482	4.12 1527	4.14 6318	3.89 8853	7.02709	7.43 7465	3.7320 57	4038 .769	3911. 393	96
475	379.50 8244	381.84 5155	378.71 3936	8.28 2924	8.40 3443	8.2314 1995	30	1494.9 2084	70.123 2824	69.363 4794	66.160 39914	45.8640 6418	50.0817 3021	49.35084	4.93 1919	4.41 6214	4.20 9546	7.845193	8.30 5929	2.0710 9	4647 .046	4696. 432	96
476	379.60 4968	381.81 8907	378.64 2502	11.3 1586	10.9 1396	11.186 3865	45	1495.8 5446	70.115 7368	69.394 5705	66.144 20132	45.8694 7659	50.1142 5238	49.36715	6.25 2246	6.84 8334	7.37 7092	11.84955	11.1 3873	3.6081 47	6781 .833	7049. 048	96
477	379.70 2775	381.78 7673	378.57 4789	9.13 4126	9.22 7034	9.3236 5918	35	1496.8 3263	70.106 7151	69.424 3569	66.127 78017	45.8751 0763	50.1472 4569	49.38376	5.95 5696	4.52 192	4.31 0317	8.631159	9.22 8273	2.0538 3	5314 .93	5486. 178	96
478	379.80 1396	381.75 154	378.51 0982	12.0 2746	11.5 8027	11.607 2947	50	1497.8 4464	70.096 2635	69.452 8484	66.111 1842	45.8809 6677	50.1807 0911	49.40067	6.06 2976	7.01 1414	8.19 7889	12.37437	11.7 3834	3.8096 96	7340 .049	7842. 696	96
479	379.90 0562	381.71 0606	378.45 1257	7.89 8274	7.29 5629	7.4199 4119	25	1498.8 7942	70.084 4295	69.480 0555	66.094 46197	45.8870 6339	50.2146 4134	49.4179	4.27 7167	3.87 5928	4.78 2267	7.495802	7.53 7948	7.9948 17	4093 .314	3924. 057	95.8650 3
480	380 4983	381.66 4983	378.39 5777	8.86 3998	8.35 5576	8.0765 1404	30	1499.9 2564	70.071 262	69.505 99	66.077 66204	45.8934 0669	50.2490 4077	49.43544	4.32 1304	4.48 5377	4.68 4047	7.79311	8.43 2029	9.3391 99	4717 .57	4712. 155	96

481	380.09 9438	381.61 4796	378.34 4694	11.6 3998	10.7 9799	10.578 9344	45	1500.9 7185	70.056 811	69.530 6643	66.060 83296	45.9000 0577	50.2839 0551	49.45331	7.50 0402	6.85 3591	4.97 0692	11.31086	11.0 0564	9.6409 36	6700 .752	7073. 163	96
482	380.19 8604	381.56 0183	378.29 8148	9.48 4744	9.42 8898	8.9998 6455	35	1502.0 0659	70.041 1276	69.554 0921	66.044 02317	45.9068 6959	50.3192 3338	49.4715	6.23 6108	5.30 1851	5.26 2724	9.731132	9.30 4502	5.2112 39	5358 .795	5505. 142	96
483	380.29 7225	381.50 1295	378.25 6266	12.4 6141	11.6 6932	11.966 2357	50	1503.0 1854	70.024 2641	69.576 2877	66.027 281	45.9140 0697	50.3550 2191	49.49004	6.46 334	6.84 2001	7.30 2825	11.91298	12.0 3232	6.5830 13	7523 .816	7869. 787	96
484	380.39 5032	381.43 8291	378.21 9164	7.78 597	7.38 9794	7.4969 7239	25	1503.9 9663	70.006 2736	69.597 2665	66.010 65462	45.9214 2658	50.3912 6834	49.50891	3.78 0177	3.17 1143	3.77 5549	6.212942	7.55 7579	5.2421 05	4103 .938	3937. 454	95.9433
485	380.49 1756	381.37 1344	378.18 6943	8.50 3116	8.40 1442	8.3322 4328	30	1504.9 3014	69.987 2106	69.617 0447	65.994 192	45.9291 3694	50.4279 6963	49.52812	4.99 541	3.95 046	4.58 115	7.845202	8.41 2267	2.0312 36	4706 .47	4727. 877	96
486	380.58 7132	381.30 064	378.15 9692	11.8 1925	10.6 0331	11.071 1356	45	1505.8 0886	69.967 1301	69.635 6393	65.977 94084	45.9371 4643	50.4651 2246	49.54769	6.15 2236	6.00 5393	7.74 8291	11.57371	11.1 6457	10.891 09	6797 .447	7095. 957	96
487	380.68 0899	381.22 637	378.13 7485	9.75 2253	8.83 5452	9.2525 035	35	1506.6 2317	69.946 0884	69.653 0685	65.961 94857	45.9454 6328	50.5027 2322	49.56761	5.17 6386	4.98 6126	5.82 305	9.250099	9.28 007	9.8792 41	5344 .666	5522. 062	96
488	380.77 28	381.14 8738	378.12 0383	12.2 6752	11.4 7777	11.687 1215	50	1507.3 6416	69.924 1422	69.669 3509	65.946 26226	45.9540 9554	50.5407 6803	49.5879	7.01 7772	5.89 8415	6.67 0445	11.33734	11.8 108	6.6867 25	7385 .217	7892. 54	96
489	380.86 2582	381.06 7958	378.10 8432	7.67 3908	7.60 2352	7.4791 6298	25	1508.0 2372	69.901 3493	69.684 5062	65.930 92862	45.9630 5112	50.5792 5273	49.60854	3.23 2131	4.71 6437	3.52 9008	6.719029	7.58 5141	2.5674 58	4118 .857	3947. 997	95.8517 7
490	380.95	380.98 4251	378.10 1667	8.58 7179	8.23 2354	8.4574 8616	30	1508.5 9463	69.877 768	69.698 555	65.915 99396	45.9723 3775	50.6181 7288	49.62956	4.59 3635	5.03 2664	4.67 2051	8.261794	8.42 5673	4.2112 35	4713 .912	4739. 39	96
491	381.03 4814	380.89 7846	378.10 0104	10.7 8643	11.5 9137	11.193 5326	45	1509.0 7065	69.853 4575	69.711 5185	65.901 50408	45.9819 63	50.6575 2378	49.65095	5.95 8574	6.44 6088	6.57 6557	10.96849	11.1 9045	7.1931 21	6813 .116	7111. 328	96
492	381.11 6792	380.80 8981	378.10 3749	9.32 7756	9.15 8419	9.4832 0834	35	1509.4 4656	69.828 4774	69.723 4188	65.887 50434	45.9919 3426	50.6973 0044	49.67271	4.94 3576	4.97 5586	5.73 0925	9.057533	9.32 3128	3.4836 9	5369 .393	5532. 411	96
493	381.19 5709	380.71 7897	378.11 2592	11.8 6795	12.0 282	12.153 7356	50	1509.7 1827	69.802 888	69.734 2788	65.874 03952	46.0022 5875	50.7374 9762	49.69486	8.01 0542	6.50 8881	6.95 6542	12.447	12.0 1663	2.3782 77	7513 .814	7904. 866	96
494	381.27 1348	380.62 4847	378.12 6608	7.33 0121	7.74 1644	7.5628 0655	25	1509.8 8279	69.776 7498	69.744 122	65.861 15384	46.0129 4352	50.7781 0981	49.71738	3.49 7397	3.43 8271	4.41 483	6.598804	7.54 4857	5.4543 61	4096 .924	3952. 864	96
495	381.34 3503	380.53 0083	378.14 5758	8.28 6225	8.77 1829	8.6139 647	30	1509.9 3835	69.750 124	69.752 9728	65.848 89088	46.0239 9542	50.8191 3125	49.7403	4.97 4074	4.40 3859	5.76 4679	8.795847	8.55 734	5.6747 14	4787 .506	4743. 611	96
496	381.41 1975	380.43 3867	378.16 9991	11.3 4821	11.6 3348	11.166 8952	45	1509.8 8434	69.723 072	69.760 8563	65.837 2936	46.0354 2114	50.8605 559	49.7636	6.22 1464	6.23 6714	7.26 8017	11.42048	11.3 8286	4.0989 93	6930 .162	7115. 162	96
497	381.47 6577	380.33 6461	378.19 924	9.24 9271	9.61 0671	9.2183 7963	35	1509.7 2135	69.695 6557	69.767 7981	65.826 40422	46.0472 2716	50.9023 7749	49.7873	5.05 4525	4.32 657	5.43 3744	8.590285	9.35 9441	4.1914 01	5390 .224	5533. 418	96
498	381.53 7132	380.23 8133	378.23 3425	11.5 9437	12.3 8438	12.096 2483	50	1509.4 5119	69.667 9371	69.773 8248	65.816 26425	46.0594 1978	50.9445 8947	49.81139	7.55 326	6.87 2227	7.21 5384	12.50364	12.0 25	6.5698 01	7518 .933	7903. 468	96
499	381.59 3474	380.13 9153	378.27 2451	7.38 2348	7.69 0689	7.4873 833	25	1509.0 7681	69.639 9784	69.778 9634	65.806 91445	46.0720 0512	50.9871 8508	49.83588	4.13 6021	3.74 1002	4.05 0197	6.892449	7.52 014	4.1002 11	4083 .439	3950. 754	96

Anexo N° 3. Código utilizado en Matlab

```
clear; clc; close all;

[fn, fp] = uigetfile({'*.xlsx;*.xls','Archivos Excel (*.xlsx;*.xls)'}, ...
    'Selecciona el Excel con "Registro de Prueba"');
assert(ischar(fn) || isstring(fn), 'No se seleccionó archivo.');
```



```
excelPath = fullfile(fp, fn);
sheetName = 'Registro de Prueba';

T = readtable(excelPath, 'Sheet', sheetName,
    'VariableNamingRule','preserve');
disp('Cabeceras detectadas:'); disp(T.Properties.VariableNames);

need = {'Tiempo_s','I1_A','I2_A','I3_A','AX_ms2','AY_ms2','AZ_ms2', ...
    'Vib_RMS_ms2','T_dev_A_C','T_dev_B_C','T_dev_C_C', ...
    'T_carcasa_C','T_rod_DE_C','T_rod_NDE_C','Torque_Nm','RPM', ...
    'Deseq_I_%','Eficiencia_%','P_in_W','P_mec_W'};

vars = T.Properties.VariableNames;
needAdj = need;
for i = 1:numel(need)
    if ~ismember(need{i}, vars)
        cand = contains(vars, erase(need{i}, '%'), 'IgnoreCase', true);
        if any(cand), needAdj{i} = vars{find(cand,1)}; end
    end
end
miss = setdiff(needAdj, vars);
assert isempty(miss), "Faltan columnas requeridas: %s", strjoin(miss,',
');

%% ----- Escenarios (pipelines diferenciados) -----

scenarios = [
    struct('name','Escenario Base Diario (Umbral 1.00)', ...
        'samplesPerDay',1,'resample','none','ewma_alpha',0.00, ...
        'vib_weight',1.0,'therm_weight',1.0,'elec_weight',1.0, ...
        'useSpectral',false,'HI_fail_th',1.00,'warmup',0.00,'wShort',5,'wLong',21)

    struct('name','Conservador Diario (Umbral 0.98, EWMA)', ...
        'samplesPerDay',1,'resample','none','ewma_alpha',0.35, ...
        'vib_weight',1.0,'therm_weight',1.1,'elec_weight',1.0, ...
        'useSpectral',false,'HI_fail_th',0.98,'warmup',0.02,'wShort',9,'wLong',31)

    struct('name','Alta Resolución → Resampleo Diario (24/h + espectral)', ...
        'samplesPerDay',24,'resample','byDayMean','ewma_alpha',0.10, ...
        'vib_weight',1.2,'therm_weight',1.0,'elec_weight',1.0, ...
        'useSpectral',true,'HI_fail_th',0.95,'warmup',0.03,'wShort',24,'wLong',96)

    struct('name','Robusto con Énfasis en Vibración', ...
        'samplesPerDay',1,'resample','none','ewma_alpha',0.00, ...
        'vib_weight',2.0,'therm_weight',1.0,'elec_weight',1.0, ...
```

```

'useSpectral',true,'HI_fail_th',0.97,'warmup',0.00,'wShort',7,'wLong',25)

    struct('name','Escenario Térmico (pondera temperaturas)', ...
        'samplesPerDay',1,'resample','none','ewma_alpha',0.15, ...
        'vib_weight',0.9,'therm_weight',2.0,'elec_weight',1.0, ...

'useSpectral',false,'HI_fail_th',0.98,'warmup',0.01,'wShort',7,'wLong',35)

    struct('name','Escenario Eléctrico (pondera desequilibrio e I)', ...
        'samplesPerDay',1,'resample','none','ewma_alpha',0.10, ...
        'vib_weight',0.9,'therm_weight',1.0,'elec_weight',2.0, ...

'useSpectral',false,'HI_fail_th',0.97,'warmup',0.00,'wShort',9,'wLong',31)
];

results = table(); % resumen por escenario
compT = {}; compHI = {}; compName = {}; % para comparativa de HI

%% -----Utilidades inline -----
mov = @(x,w) movmean(x,w,'Endpoints','shrink');
mder = @(x) [0; diff(x)];
nz = @(x) (x - nanmean(x)) ./ max(nanstd(x), eps);
cindex = @(y_true,y_pred) ...
    mean(arrayfun(@(i) mean(((y_pred(i+1:end)-y_pred(i)).*(y_true(i+1:end)-
y_true(i)))>0), 1:numel(y_true)-1, 'uni',1), 'omitnan'));

%% -----Loop de escenarios -----
for s = 1:numel(scenarios)
    S = escenarios(s);
    fprintf('\n=== ESCENARIO: %s ===\n', S.name);

    I1 = T.(needAdj{strcmp(need,'I1_A')})(:);
    I2 = T.(needAdj{strcmp(need,'I2_A')})(:);
    I3 = T.(needAdj{strcmp(need,'I3_A')})(:);
    VibRMS = T.(needAdj{strcmp(need,'Vib_RMS_ms2')})(:);
    TdevA = T.(needAdj{strcmp(need,'T_dev_A_C')})(:);
    TdevB = T.(needAdj{strcmp(need,'T_dev_B_C')})(:);
    TdevC = T.(needAdj{strcmp(need,'T_dev_C_C')})(:);
    TrodDE = T.(needAdj{strcmp(need,'T_rod_DE_C')})(:);
    TrodNDE= T.(needAdj{strcmp(need,'T_rod_NDE_C')})(:);
    Torque = T.(needAdj{strcmp(need,'Torque_Nm')})(:);
    RPM = T.(needAdj{strcmp(need,'RPM')})(:);
    EtaCol = T.(needAdj{strcmp(need,'Eficiencia_%')})(:);

    varNames = T.Properties.VariableNames;
    idxDeseq = find(strcmpi(varNames,'Deseq_I_%') |
strcmpi(varNames,'Deseq_I_'), 1);
    if isempty(idxDeseq), error('No se encontró Deseq_I_% / Deseq_I_.');
end
    Deseq = T.(varNames{idxDeseq})(:);

    n = height(T);
    S.wShort = max(3, min(S.wShort, max(3, floor(n/4))));
    S.wLong = max(S.wShort+1, min(S.wLong, max(S.wShort+1, floor(n/2))));

```

```

k0 = max(1, floor(S.warmup*n)+1);
idx = (k0:n).';
if numel(idx) < 10
    warning('Muy pocos datos tras warmup=%.2f. Se ajusta warmup a 0.',
S.warmup);
    S.warmup = 0; k0 = 1; idx = (k0:n).';
end

%% ===== CONSTRUCCIÓN DE HI DIFERENCIADA POR ESCENARIO =====
% Utilidades locales
ewmaLoc = @(x,a) local_ewma(x,a);
resDaily = @(x,spd,mode) local_resample_daily(x,spd,mode);
[welchFeatFcn, crestFcn, posIntFcn] = local_feature_handles();

% 1) Señales base
Iavg = (I1+I2+I3)/3;
Vib = VibRMS(:);
Tdev = (TdevA+TdevB+TdevC)/3;
Trod = (TrodDE+TrodNDE)/2;
Desq = Deseq(:);
Eta = EtaCol(:);

spd = S.samplesPerDay;
fs_nom = spd; % "Hz por día" para Welch
if spd>1 && ~strcmpi(S.resample,'none')
    Vib = resDaily(Vib, spd, S.resample);
    Iavg = resDaily(Iavg, spd, S.resample);
    Tdev = resDaily(Tdev, spd, S.resample);
    Trod = resDaily(Trod, spd, S.resample);
    Desq = resDaily(Desq, spd, S.resample);
    Torque = resDaily(Torque, spd, S.resample);
    RPM = resDaily(RPM, spd, S.resample);
    Eta = resDaily(Eta, spd, S.resample);
    t_days = (0:numel(Vib)-1)'; % 1 punto = 1 día real
else
    Vib=Vib(idx); Iavg=Iavg(idx); Tdev=Tdev(idx); Trod=Trod(idx);
    Desq=Desq(idx); Torque=Torque(idx); RPM=RPM(idx); Eta=Eta(idx);
    t_days = ((1:numel(Vib))' - 1)/max(spd,1);
end

nameLower = lower(S.name);

if strcmp(nameLower, lower('Escenario Base Diario (Umbral 1.00)'))
    V1 = mov(Vib,S.wShort); I1m = mov(Iavg,S.wShort);
    Td = mov(Tdev,S.wLong); Tr = mov(Trod,S.wLong); Dm =
mov(Desq,S.wShort);
    X = [V1 I1m Td Tr Dm mder(V1) mder(Td) mder(Tr) mder(Dm) Torque
RPM];
    HI = local_pca_hi(X, V1);
    tag = 'PCA (todas las variables)';

elseif strcmp(nameLower, lower('Conservador Diario (Umbral 0.98,
EWMA)'))
    V1 = ewmaLoc(mov(Vib,S.wShort), 0.35);
    Td = ewmaLoc(mov(Tdev,S.wLong), 0.35);

```

```

Dm = ewmaLoc(mov(Desq,S.wShort),0.35);
base = 0.5*nz(V1) + 0.3*nz(Td) + 0.2*nz(Dm);
HI = base; for k=2:numel(HI), HI(k)=max(HI(k-1),HI(k)); end %
rolling-min (monótono)
HI = (HI - min(HI))/max(max(HI)-min(HI),eps);
tag = 'EWMA + rolling-min (prudente)';

elseif strcmp(nameLower, lower('Alta Resolución → Resampleo Diario
(24/h + espectral)'))
[E0_10,E10_50,E50_200,CF,KU] = welchFeatFcn(Vib, fs_nom);
V1 = mov(Vib,S.wShort);
X = [nz(E0_10) nz(E10_50) nz(E50_200) nz(CF) nz(KU) nz(V1)];
HI = local_pca_hi(X, V1);
tag = 'Welch (0-10/10-50/50-200) + CF/Kurt';

elseif strcmp(nameLower, lower('Robusto con Énfasis en Vibración'))
% Filtro pasa-altos simple: señal - media móvil
wHP = max(5, round(0.02*numel(Vib)));
Vhp = Vib - mov(Vib, wHP);
CFm = crestFcn(Vib, max(15, round(0.03*numel(Vib))));
base = 0.6*nz(Vhp) + 0.3*nz(CFm) + 0.1*nz(mder(Vib));
HI = (base - min(base))/max(max(base)-min(base),eps);
tag = 'High-pass Vib + Crest factor + dVib';

elseif strcmp(nameLower, lower('Escenario Térmico (pondera
temperaturas)'))
Tref = 60; Texp = max(Tdev - Tref, 0);
CTA = posIntFcn(Texp); % carga térmica acumulada
base = 0.7*nz(CTA) + 0.2*nz(Trod) + 0.1*nz(mder(Tdev));
HI = (base - min(base))/max(max(base)-min(base),eps);
tag = 'Carga térmica acumulada (CTA) + rodamientos';

elseif strcmp(nameLower, lower('Escenario Eléctrico (pondera
desequilibrio e I)'))
Itrend = mov(Iavg, S.wShort);
dI = mder(Itrend);
pfPen = nz(100 - Eta); % eficiencia baja → peor
salud
base = 0.45*nz(Desq) + 0.35*nz(dI) + 0.20*pfPen;
HI = (base - min(base))/max(max(base)-min(base),eps);
tag = 'Desequilibrio + dI + penalización por baja η';

else
V1 = mov(Vib,S.wShort); Td = mov(Tdev,S.wLong); Dm =
mov(Desq,S.wShort);
X = [V1 Td Dm mder(V1) mder(Td) mder(Dm) Torque RPM];
HI = local_pca_hi(X, V1);
tag = 'Fallback PCA';
end

HI(~isfinite(HI)) = 0; HI = min(max(HI,0),1);

mdl = fitlm(t_days, HI, 'RobustOpts','on');
a = mdl.Coefficients.Estimate(1);
b = mdl.Coefficients.Estimate(2); if b<=0, b = max(b,1e-6); end
HIth = S.HI_fail_th;

```

```

t_hit = (HIth - a)/b;
t_now = t_days(end);
RUL    = t_hit - t_now;

    thBT = min(0.90, HIth-0.02);
iFail = find(HI >= thBT, 1, 'first');
if isempty(iFail), tFail = t_hit; else, tFail = t_days(iFail); end
kStart = max(20, ceil(0.1* numel(t_days)));
pred=[]; tru=[];
step = max(1, round(numel(t_days)/40));
for k = kStart:step:max(numel(t_days)-5, kStart)
    mdlk = fitlm(t_days(1:k), HI(1:k), 'RobustOpts','on');
    ak = mdlk.Coefficients.Estimate(1);
    bk = mdlk.Coefficients.Estimate(2); if bk<=0, bk=max(bk,1e-6); end
    thk = (thBT - ak)/bk;
    pred(end+1) = max(thk - t_days(k),0); %#ok<SAGROW>
    tru(end+1)  = max(tFail - t_days(k),0); %#ok<SAGROW>
end
err = pred - tru;
MAE = mean(abs(err)); RMSE = sqrt(mean(err.^2));
R2 = 1 - sum(err.^2)/max(sum((tru-mean(tru)).^2),eps);
Cidx = cindex(tru, pred);

    results = [results; table(string([S.name ' [' tag ']]'), RUL, MAE,
RMSE, R2, Cidx, ...
    'VariableNames',
{'Escenario','RUL_dias','MAE_d','RMSE_d','R2','Cindex'})];

    % Guardar para comparativa
    compT{end+1} = t_days;
    compHI{end+1} = HI;
    compName{end+1} = sprintf('%s [%s]', S.name, tag);

    %% ---- Gráficas por escenario ----
    figure('Name',[ 'HI_',S.name], 'Color','w');
    plot(t_days, HI, 'b.-', 'DisplayName','HI'); hold on;
    plot(t_days, predict(mdl, t_days), 'r-
    ', 'LineWidth',1.5, 'DisplayName','Ajuste robusto');
    yline(HIth, 'k--', sprintf('Umbral %.2f', HIth));
    xline(t_hit, 'k:', 't_{falla}');
    xlabel('Tiempo (días)'); ylabel('HI [0-1]');
    title(sprintf('%s | %s', S.name, tag));
    legend('Location','southeast'); grid on;

    figure('Name',[ 'Iavg_',S.name], 'Color','w');
    plot(t_days, Iavg(1:numel(t_days)));
    xlabel('Tiempo (días)'); ylabel('A'); grid on;
    title([S.name ' | Corriente promedio (Iavg)']);

    figure('Name',[ 'Temperaturas_',S.name], 'Color','w');
    Td_plot = mov(Tdev, S.wLong); Tr_plot = mov(Trod, S.wLong);
    plot(t_days, Td_plot(1:numel(t_days))); hold on;
    plot(t_days, Tr_plot(1:numel(t_days)));
    xlabel('Tiempo (días)'); ylabel('°C'); grid on;
    title([S.name ' | Temperaturas (dev y rodamientos)']);
    legend('Tdev','Trod','Location','best');

```

```

figure('Name', ['Vib_', S.name], 'Color', 'w');
V_plot = mov(Vib, S.wShort);
plot(t_days, V_plot(1:numel(t_days)), 'r');
xlabel('Tiempo (días)'); ylabel('m/s^2'); grid on;
title([S.name ' | Vibración RMS (suavizada)']);

figure('Name', ['Torque_RPM_', S.name], 'Color', 'w');
yyaxis left; plot(t_days, Torque(1:numel(t_days)), 'b'); ylabel('N·m');
yyaxis right; plot(t_days, RPM(1:numel(t_days)), 'm'); ylabel('rpm');
xlabel('Tiempo (días)'); title([S.name ' | Torque y RPM']); grid on;
end

%% ----- Comparativa de escenarios (HI) -----
figure('Name', 'Comparativa de HI por escenario', 'Color', 'w');
hold on;
for k = 1:numel(compHI)
    plot(compT{k}, compHI{k}, 'LineWidth', 1.4, 'DisplayName', compName{k});
end
yline(1.0, 'k--', 'Umbral 1.00');
xlabel('Tiempo (días)'); ylabel('HI [0-1]');
title('Índice de Salud por escenario (comparativa)');
legend('Location', 'best'); grid on;

%% ----- Resumen final -----
disp('=== RESUMEN ESCENARIOS (RUL y métricas) ===');
disp(results);

%% ===== FUNCIONES LOCALES =====
function y = local_ewma(x, alpha)
    if alpha <= 0 || isempty(x), y = x; return; end
    y = x; for k=2:numel(x), y(k) = alpha*y(k-1) + (1-alpha)*x(k); end
end

function Xd = local_resample_daily(x, spd, mode)
    if spd <= 1 || numel(x) < spd, Xd = x; return; end
    m = floor(numel(x)/spd); x = x(1:m*spd);
    X = reshape(x, spd, m).';
    switch lower(mode)
        case 'bydaymean', Xd = mean(X, 2);
        case 'bydaymedian', Xd = median(X, 2);
        case 'bydaymax', Xd = max(X, [], 2);
        otherwise, Xd = mean(X, 2);
    end
end

function [welchFeatFcn, crestFcn, posIntFcn] = local_feature_handles()
    welchFeatFcn = @local_welch_bandfeatures;
    crestFcn = @local_crestfactor;
    posIntFcn = @(x) cumtrapz(max(x, 0));
end

function [E0_10, E10_50, E50_200, CF, KU] = local_welch_bandfeatures(x, fsd)

    x = x(:); L = numel(x);
    if L < 16, E0_10=zeros(L, 1); E10_50=E0_10; E50_200=E0_10; CF=E0_10;
    KU=E0_10; return; end

```

```

w = max(32, round(0.15*L)); hop = max(8, round(0.05*L));
E0_10 = zeros(L,1); E10_50 = zeros(L,1); E50_200 = zeros(L,1);
CF = zeros(L,1); KU = zeros(L,1);
for c=1:hop:(L-w)
    seg = x(c:c+w-1); seg = seg - mean(seg);
    N = 2^nextpow2(numel(seg));
    S = abs(fft(seg,N)).^2; f = (0:N-1)'/N * fsd;
    e01 = mean(S(f<=10));
    e10 = mean(S(f>10 & f<=50));
    e50 = mean(S(f>50 & f<=200));
    cf = max(abs(seg))/max(rms(seg),eps);
    ku = kurtosis(seg);
    E0_10(c:c+w-1) = e01; E10_50(c:c+w-1) = e10; E50_200(c:c+w-1) =
e50;
    CF(c:c+w-1) = cf; KU(c:c+w-1) = ku;
end

if any(E0_10==0), E0_10(E0_10==0) = mean(E0_10(E0_10>0)); end
if any(E10_50==0), E10_50(E10_50==0) = mean(E10_50(E10_50>0)); end
if any(E50_200==0), E50_200(E50_200==0) = mean(E50_200(E50_200>0)); end
if any(CF==0), CF(CF==0) = mean(CF(CF>0)); end
if any(KU==0), KU(KU==0) = mean(KU(KU>0)); end
end

function CFm = local_crestfactor(x,w)
x = x(:); L=numel(x); w=max(5,min(w,L));
CFm = zeros(L,1); half=floor(w/2);
for k=1:L
    i1=max(1,k-half); i2=min(L,k+half);
    seg=x(i1:i2); CFm(k) = max(abs(seg))/max(rms(seg),eps);
end
end

function HI = local_pca_hi(X, vref)
X(~isfinite(X))=0; Xz= zscore(X); Xz(~isfinite(Xz))=0;
stds = std(X,0,1); Xz = Xz(:, stds>1e-12);
if size(Xz,2)==0, Xz = X; end
try
    [~,score] = pca(Xz, 'Algorithm', 'eig');
    h = score(:,1);
catch
    [U,S,~] = svd(Xz, 'econ');
    HS = U*S;
    h = HS(:,1);
end
if corr(h, vref, 'rows', 'complete') < 0, h = -h; end
p5=prctile(h,5); p95=prctile(h,95);
HI=(h-p5)/max(p95-p5,eps); HI=min(max(HI,0),1);
end

```

Anexo N° 4. Evidencias del módulo de análisis del laboratorio eléctrico



