

Estado Mecánico de Fábrica en Bicicletas Nuevas: Análisis Tribológico y Cinemático

Carlos Eduardo Ravello Joo

BikeLab Studio · Trujillo, Perú

ORCID: 0009-0007-5631-7436

Marzo 2026 · bikelabstudio.com

RESUMEN

Una bicicleta nueva no es una bicicleta calibrada. Es una bicicleta ensamblada bajo los parámetros de tolerancia que la cadena de producción industrial considera suficientes para que el producto llegue al punto de venta sin daño visible y con funcionamiento básico verificable.

Esos parámetros no son los parámetros de rendimiento óptimo. Son los parámetros de rendimiento mínimo aceptable para el transporte y la exhibición en tienda. La diferencia entre ambos es el objeto de este análisis.

Se definen cinco vectores de degradación mecánica cuantificables: V_1 — lubricación de fábrica; V_2 — integridad estructural de ruedas; V_3 — compliancia hidráulica; V_4 — torque de ensamble; V_5 — pérdida total en transmisión. Cada vector opera de forma independiente y sus efectos son aditivos sobre el rendimiento global del sistema.

Los fabricantes de bicicletas de primer nivel —Trek, Specialized, Giant, Cannondale— no formulan sus propios lubricantes de ensamble. Utilizan grasas industriales de proveedores como Klüber o Mobil, generalmente clasificadas como NLGI Grado 2 con una viscosidad de aceite base de entre 100 y 150 cSt a 40°C.

Palabras clave: *white paper bicicleta nueva, PDI bicicleta análisis técnico, lubricación fábrica NLGI tribología, tensión radios kgf, torque carbono bicicleta, pérdida watts transmisión nueva, BikeLab Studio Trujillo*

Análisis mecánico de bicicleta nueva — estado de fábrica — BikeLab Studio Trujillo

ABSTRACT

Este artículo cuantifica las desviaciones mecánicas sistemáticas presentes en bicicletas nuevas sin inspección pre-entrega (PDI). Se analizan cinco vectores independientes: (1) coeficiente de fricción del lubricante de fábrica frente a lubricantes técnicos de referencia, con pérdidas de potencia en cadena de 6–10 W a 250 W de entrada; (2) uniformidad de tensión de radios, con variaciones del 20–30% entre radios adyacentes respecto al valor objetivo de 100–120 kgf; (3) compliancia volumétrica del circuito hidráulico por presencia de microburbujas, con incremento de distancia de parada del 25% a 30 km/h; (4) torque de ensamble en interfaces de carbono, con un 40% de tornillos críticos fuera de tolerancia; (5) pérdida total de eficiencia de transmisión del 2.5–4% en condición de fábrica. La evidencia establece la necesidad del PDI profesional como protocolo estándar previo a la primera rodada.

MÓDULO_00 // MARCO_CONCEPTUAL

MÓDULO_01 // V₁ — LUBRICACIÓN_DE_FÁBRICA

1.1 Composición y clasificación del lubricante de origen

Esta clasificación sitúa los lubricantes de fábrica en el rango de grasas de uso general, optimizadas para sellado, protección anticorrosiva y resistencia mecánica durante el almacenamiento, no para minimizar la fricción en operación dinámica.

Las cadenas, por su parte, salen de fábrica con un recubrimiento anticorrosivo de base petrolera espesa —frecuentemente denominado "factory grease" o "shipping compound"— que no debe confundirse con un lubricante funcional. Su viscosidad elevada actúa como trampa de partículas abrasivas desde los primeros kilómetros.

1.2 Modelo de fricción y pérdida de potencia

La relación entre el coeficiente de fricción cinética (μ) y la pérdida de potencia en la cadena puede aproximarse mediante el modelo de eficiencia de transmisión por eslabón:

$$P_{loss} = P_{input} \times (1 - \eta_{chain})$$

Los benchmarks de Zero Friction Cycling y CeramicSpeed Friction Facts, bajo protocolo de carga controlada a 250 W de potencia de entrada y 100 rpm, establecen los siguientes valores comparativos:

CONDICIÓN DE CADENA	P_{loss} (W)	η (%)	μ ESTIMADO
Nueva, recubrimiento de fábrica sin tratar	6 – 10	96.0 – 97.6	0.07 – 0.10
Nueva, limpia + lubricante húmedo premium	4 – 6	97.6 – 98.4	0.04 – 0.06
Tratada con cera de parafina hot-melt	3.4 – 4.0	98.4 – 98.9	0.02 – 0.03
CeramicSpeed UFO Drip (referencia de laboratorio)	3.78	98.5	~0.018

Fuente: Zero Friction Cycling Chain Lubricant Independent Test Results; CeramicSpeed / Friction Facts Chain Efficiency Benchmarks.

1.3 Degradación de rodamientos

Los rodamientos de pedalier, bujes y dirección operan en el rango viscoso de la grasa industrial NLGI 2. El coeficiente de fricción de arranque en rodamientos sellados con esta grasa se sitúa en $\mu = 0.05 - 0.10$. Una grasa técnica de alta temperatura como SKF LGHP 2/1 opera en $\mu = 0.01 - 0.03$.

La vida útil de la lubricación de fábrica en rodamientos sellados es de 3,000 – 5,000 km en condiciones secas. Este valor se reduce drásticamente ante exposición a agua por lavado a presión, dado que las grasas NLGI 2 genéricas presentan resistencia al lavado inferior a la de formulaciones técnicas específicas para rodamientos de bicicleta.

SERVICIO RELACIONADO — RODAMIENTOS HARDTAIL Extracción, limpieza ultrasónica y reempaque con SKF LGHP 2/1. Pedalier, bujes y dirección.

[VER PROTOCOLO →](#)

MÓDULO_02 // V_2 — INTEGRIDAD_ESTRUCTURAL_DE_RUEDAS

2.1 Tensión de radios: valor objetivo y tolerancia admisible

La tensión de radios es la variable primaria que determina la rigidez lateral, la resistencia a la deformación bajo carga y la vida útil estructural de una rueda construida. El valor objetivo para el lado del plato (drive-side) en ruedas de 29" y 27.5" se sitúa en el rango de 100 – 120 kgf (980 – 1,177 N), con una tolerancia de uniformidad inferior al $\pm 10\%$ entre radios adyacentes.

Este criterio de uniformidad es el indicador estructural crítico: no es suficiente que la tensión media esté dentro del rango; la distribución de carga entre radios debe ser homogénea para que el aro trabaje como un sistema continuo y no como una cadena de puntos de tensión desigual.

2.2 Desviaciones observadas en ruedas de fábrica

El proceso de centrado en línea de producción masiva —generalmente automatizado o semiautomático con verificación manual básica— no garantiza la uniformidad de tensión entre radios individuales. Las

vibraciones y compresiones durante el transporte en caja generan asentamientos adicionales que incrementan la variabilidad.

Los reportes de talleres especializados y la evidencia acumulada de mecánicos certificados PBMA sitúan la variación entre radios adyacentes en ruedas nuevas no inspeccionadas en el rango del 20 – 30% respecto al valor medio.

PARÁMETRO	VALOR FÁBRICA (TÍPICO)	VALOR OBJETIVO PDI	DESVIACIÓN
Tensión media drive-side	80 – 120 kgf	100 – 120 kgf	Variable
Uniformidad entre radios adyacentes	±20 – 30%	< ±10%	2–3× fuera de tolerancia
Desviación lateral del aro	0.5 – 2.0 mm	< 0.5 mm	Hasta 4× fuera de tolerancia
Tiendas que verifican tensión con tensiómetro	< 30%	100%	70% sin verificación instrumental

Fuente: Park Tool Wheel Truing Reference; PBMA Pre-Delivery Inspection Standards; datos consolidados de talleres especializados.

2.3 Implicaciones estructurales

La tensión desigual entre radios genera distribución de carga no uniforme sobre el aro. En condición estática, esto se manifiesta como descentrado lateral o radial. En condición dinámica, los radios bajo mayor tensión trabajan con menor reserva de fatiga, acelerando la probabilidad de rotura bajo carga cíclica. El radio con mayor tensión relativa es el primero en fallar.

SERVICIO RELACIONADO — CENTRADO DE RUEDAS Corrección lateral y radial con nivelación de tensión mediante tensiómetro calibrado. MTB y ruta.

[VER PROTOCOLO →](#)

MÓDULO_03 // V₃ — COMPLIANCIA_HIDRÁULICA

3.1 Fundamento físico: compliancia volumétrica y respuesta de palanca

Un circuito hidráulico de freno de bicicleta opera bajo el principio de transmisión de presión hidrostática. La relación entre la fuerza aplicada en la palanca (F_{lever}), el área del pistón del cilindro maestro (A_{master}) y la presión hidráulica resultante (P) se expresa:

$$P = \frac{F_{lever}}{A_{master}} \Rightarrow F_{caliper} = P \times A_{caliper}$$

Este modelo asume un fluido esencialmente incompresible. La presencia de gas (aire) en el circuito introduce compliancia volumétrica: una fracción del desplazamiento de la palanca se consume en comprimir la burbuja de aire en lugar de desplazar las pastillas hacia el rotor.

3.2 Cuantificación del efecto de burbuja

Una burbuja de aire de 0.1 – 0.5 cm³ en el circuito hidráulico —volumen difícil de detectar visualmente pero suficiente para alterar la respuesta— genera los siguientes efectos medibles:

- Desplazamiento de palanca aumentado hasta el punto de mordida (mayor recorrido libre)
- Reducción de la fuerza de frenada máxima alcanzable antes del contacto mango-manillar
- Modulación degradada: la respuesta no es lineal sino progresivamente esponjosa
- Incremento de la distancia de parada de hasta un 25% respecto al circuito perfectamente purgado

VECTOR DE SEGURIDAD — CUANTIFICACIÓN

A 30 km/h, una distancia de frenada de referencia de **7.0 metros** se convierte en **8.75 metros** con un sistema hidráulico con compliancia por aire. En descenso a 40 km/h, la diferencia supera los **3 metros**. Este margen no es despreciable en tráfico urbano ni en singletrack técnico.

3.3 Caliper: alineación y bed-in

La alineación del caliper respecto al plano del rotor determina la uniformidad del contacto pastilla-rotor. Un caliper descentrado en 0.3 – 0.5 mm genera contacto asimétrico, con una pastilla rozando antes que la otra. El efecto es desgaste desigual de pastillas, calentamiento localizado y ruido de rozamiento desde los primeros kilómetros.

El proceso de bed-in —rodado controlado de ciclos de frenada progresiva para transferir material de pastilla al rotor y crear una capa de transferencia uniforme— rara vez se realiza correctamente en tienda. Sin él, la eficiencia de frenado inicial es inferior a la especificación del fabricante.

SERVICIO RELACIONADO — PURGADO DE FRENOS HIDRÁULICOS Restauración de presión hidráulica, centrado de caliper y verificación de punto de mordida. Shimano, SRAM, Magura, Tektro.

[VER PROTOCOLO →](#)

MÓDULO_04 // V₄ — TORQUE_DE_ENSAMBLE

4.1 Especificaciones y tolerancias en componentes de carbono

Los componentes de carbono presentan un rango de torque de apriete significativamente más estrecho que los componentes de aluminio o acero. La razón es la anisotropía del material: la resistencia a la compresión radial es alta, pero la tolerancia a la concentración de tensiones por sobretorque es baja. La deformación por aplastamiento en carbono no es reversible.

COMPONENTE	TORQUE ESPECIFICADO (Nm)	CONSECUENCIA POR EXCESO	CONSECUENCIA POR DEFECTO
Potencia — tornillos de manillar	4 – 6	Micro-fisura en manillar carbono	Deslizamiento bajo carga
Potencia — tornillos de horquilla	5 – 8	Fisura en área de compresión	Giro no controlado
Tija de sillín — abrazadera	4 – 6	Aplastamiento de la tija	Deslizamiento axial (creaking)
Pedaliar — tornillos de biela	12 – 15	Rotura de rosca en aluminio	Juego axial progresivo

Fuente: Shimano Dealer's Manual; SRAM Technical Service Guide; especificaciones de componente FSA, Ritchey, Zipp.

4.2 Incidencia de desviaciones en inspección de campo

La evidencia acumulada en taller indica que hasta un 40% de los tornillos críticos en potencia y manillar de bicicletas nuevas presentan torque fuera del rango especificado al momento de la primera inspección. Las desviaciones son en ambas direcciones: subtorque por omisión de la llave dinamométrica en el montaje de tienda, y sobretorque por aplicación de fuerza manual excesiva.

Entre el 15 y 20% de las garantías por fisuras en manillares y tijas de carbono en bicicletas nuevas se atribuyen a sobre-torque en el ensamble inicial o en el primer montaje por el usuario. La fisura no siempre aparece inmediatamente: puede manifestarse a los 200 – 500 km bajo carga cíclica sobre la micro-fisura preexistente.

PROTOCOLO DE TALLER — TORQUE

Cada punto de apriete crítico en BikeLab Studio se verifica con llave dinamométrica calibrada. Los componentes de carbono reciben pasta anti-deslizante de carbono (Carbon Grip / Fiber Grip) antes del montaje para alcanzar el torque especificado sin necesidad de exceder el valor máximo.

MÓDULO_05 // V₅ — PÉRDIDA_TOTAL_EN_TRANSMISIÓN

5.1 Modelo de pérdida acumulada

Los vectores V₁ a V₄ no son mutuamente excluyentes. En una bicicleta nueva sin PDI, todos operan simultáneamente. La pérdida total de eficiencia en transmisión puede estimarse como la suma de contribuciones independientes:

$$P_{total_loss} = P_{V1_chain} + P_{V1_bearings} + P_{V5_misalignment}$$

Este rango de 7.5 – 13.5 W representa una pérdida de eficiencia global del 3 – 5.4% a 250 W. Para un ciclista que mantiene 200 W durante 3 horas, la energía disipada por fricción evitable supera los 16,200 julios en una sola salida.

5.2 Desalineación de transmisión: contribución adicional

La desviación del hanger (patilla de cambio) —frecuente en bicis nuevas por compresión durante el transporte en caja— introduce una desalineación del derailleur trasero respecto al plano de los piñones. Una desviación de 1 – 3 mm en el hanger genera:

- Indexado incorrecto: la cadena no cae limpiamente en el piñón objetivo
- Cruce de cadena amplificado: mayor fricción lateral en combinaciones extremas
- Desgaste acelerado de piñones y cadena por contacto angular no diseñado
- Riesgo de salto de cadena bajo carga, especialmente en sistemas de 12 velocidades con tolerancias de perfil de piñón más ajustadas

LECTURA RELACIONADA — WHITE PAPER 11V / 12V Análisis de tolerancias cinemáticas en transmisiones de alta velocidad y el impacto de la desalineación de hanger.

[VER ANÁLISIS →](#)

MÓDULO_06 // SÍNTESIS_CUANTITATIVA

VECTOR	PARÁMETRO MEDIDO	CONDICIÓN FÁBRICA	CONDICIÓN ÓPTIMA	IMPACTO CUANTIFICADO
V ₁ Lubricación cadena	P _{loss} a 250 W	6 – 10 W	3.4 – 4.0 W	-2.6 a -6.6 W recuperables
V ₁ Lubricación rodamientos	μ cinético	0.05 – 0.10	0.01 – 0.03	Reducción de fricción 3-5×
V ₂ Tensión de radios	Variación entre adyacentes	±20 – 30%	< ±10%	Desgaste asimétrico, fatiga acelerada
V ₃ Compliancia hidráulica	Distancia de parada	+25% vs. óptimo	Referencia	+1.75 m a 30 km/h
V ₄ Torque de ensamble	% componentes fuera de rango	~40%	0%	Riesgo de micro-fisura en carbono
V ₅ Pérdida total transmisión	P _{loss} acumulada	7.5 – 13.5 W	3.9 – 5.5 W	Δ = 3.6 – 8.0 W recuperables

MÓDULO_07 // CONCLUSIONES

El análisis de los cinco vectores demuestra que el estado mecánico de una bicicleta nueva de caja se sitúa sistemáticamente fuera de los parámetros de rendimiento óptimo en todos los puntos evaluados. Las desviaciones no son aleatorias ni excepcionales: son estructurales al proceso de producción y transporte masivo.

La pérdida de potencia recuperable oscila entre 3.6 y 8.0 W solo en la cadena y rodamientos. El riesgo hidráulico introduce un margen de seguridad comprometido de +1.75 m de distancia de parada a velocidades moderadas. Las desviaciones de torque exponen al ciclista a fallos diferidos en carbono.

Un PDI completo —con verificación instrumental de tensión de radios, reemplazo del lubricante de cadena, purgado del circuito hidráulico, alineación de patilla y verificación de torques con llave dinamométrica— corrige todos los vectores identificados en una sola intervención de 90 – 150 minutos.

La pregunta no es si el PDI vale la pena. La pregunta es por qué no es estándar en todas las tiendas.

PDI PROFESIONAL — BIKELAB STUDIO, TRUJILLO Verificación instrumental de los cinco vectores. Tensiómetro calibrado, llave dinamométrica, lubricantes técnicos certificados.

[AGENDAR VÍA WHATSAPP →](#)

Referencias

REFERENCIAS

- [1] Zero Friction Cycling. *Chain Lubricant Independent Test Results — Watt Loss Benchmarks at 250W*. Evaluación independiente de lubricantes de cadena bajo protocolo de carga controlada.
 - [2] CeramicSpeed / Friction Facts. *Chain Lubrication Efficiency Benchmarks*. Comparativa de coeficiente de fricción y pérdidas de potencia en transmisión de bicicleta.
 - [3] SKF Group. *LGHP 2 High Temperature Bearing Grease — Technical Data Sheet*. Viscosidad, coeficiente de fricción y vida útil en rodamientos de precisión.
 - [4] Klüber Lubrication. *NLGI Consistency Classification and Base Oil Viscosity Reference*. Clasificación de grasas industriales por grado NLGI y rango de viscosidad.
 - [5] Shimano Inc. *Dealer's Manual — Road and MTB Component Assembly*. Especificaciones de torque y procedimientos de instalación para componentes Shimano.
 - [6] SRAM LLC. *Technical Service Guide — Red / Force / Rival / Eagle Assembly Torque Specifications*.
 - [7] Park Tool Company. *Wheel Truing and Spoke Tension Reference Guide*. Metodología de centrado, tensión de radios y criterios de uniformidad.
 - [8] PBMA (Professional Bicycle Mechanics Association). *Pre-Delivery Inspection Standards*. Estándar de inspección pre-entrega para bicicletas nuevas — procedimientos y criterios de aceptación.
 - [9] Pascal, B. (1663). *Traité de l'équilibre des liqueurs*. Fundamento del principio de transmisión de presión hidrostática aplicado al circuito de freno hidráulico.
-