

MALLA CURRICULAR

NIVEL- A

MECÁNICO MASTER DE BICICLETAS

12 CLASES	96 HORAS	12 MESES	NIVEL A
Cantidad de módulos	Carga horaria total	Duración del programa	Certificación MN-A

Certificación	MECÁNICO MASTER MN-A
Centros homologados	B2BIKE · CIMA · EMEB
Validación AIMPB	AIMPB-MNA-1-AAxxxxxxxx
Implementación	Abril 15, 2026
Prerrequisito	MN-C y MN-B aprobados

Objetivo General del Programa

La presente malla curricular está diseñada para proporcionar una comprensión integral y avanzada de la mecánica de bicicletas, abordando en profundidad las tecnologías más recientes y los principios de ingeniería que rigen el diseño y funcionamiento de sus componentes. El programa busca desarrollar un entendimiento técnico detallado de sistemas complejos como suspensiones, amortiguadores, transmisiones electrónicas, lubricación especializada y otros elementos clave en bicicletas de alto rendimiento.

A través de este enfoque, los participantes adquirirán conocimientos avanzados sobre la arquitectura y el comportamiento dinámico de la bicicleta como sistema mecánico de alta precisión, comprendiendo tanto los fundamentos teóricos como las aplicaciones prácticas utilizadas en contextos de alto nivel, incluyendo el uso competitivo y de élite.

Este proceso formativo está orientado a formar profesionales altamente capacitados, capaces de diagnosticar, optimizar y resolver problemas complejos en bicicletas modernas, manteniéndose a la altura de las últimas innovaciones tecnológicas desarrolladas por las principales marcas de la industria y las exigencias del mercado especializado.

Estructura del programa

#	Módulo	Clase	Área temática
1	Resortes y sistemas de suspensión	Clase 1	Suspensiones
2	Dampers y control hidráulico	Clase 2	Suspensiones
3	Valving y arquitectura interna	Clase 3	Suspensiones
4	Cinemática de suspensiones y cuadros	Clase 4	Suspensiones
5	Tribología y aceites de suspensión	Clase 5	Lubricación
6	Frenos hidráulicos avanzados	Clase 6	Frenos
7	Transmisiones electrónicas	Clase 7	Electrónica
8	Diagnóstico avanzado de transmisiones	Clase 8	Transmisión
9	Sistemas eléctricos y comunicación	Clase 9	Electrónica
10	Motores de e-bike	Clase 10	E-bike
11	Baterías y gestión energética	Clase 11	E-bike
12	Setup profesional y telemetría — Examen Final	Clase 12	Integrador

Duración	Clase	Enfoque
8 horas	Clase 1	Teórico-Práctico

1. Principios físicos de la suspensión

- Ley de Hooke: relación entre fuerza, constante de resorte y desplazamiento
- Diferencia funcional entre resorte (spring) y amortiguador (damper)
- Frecuencia natural de oscilación y resonancia
- Transmisibilidad de fuerzas y aislamiento vibracional

2. Tipos de resortes y usos

- Resorte de aire: características, curva de presión, ventajas y limitaciones
- Resorte de acero (coil): linealidad, durabilidad, peso y tuning
- Elastómeros y cauchos: aplicaciones en suspensiones antiguas y actuales
- Comparativa de rendimiento entre tipos de resorte según disciplina

3. Componentes del sistema de resorte

- Main Air Spring (MAS): función, calibrado y volumen
- Bottom-Out Spring (BOS): absorción de impactos en fondo de recorrido
- Top-Out Spring (TOS): retorno controlado y prevención de extensión brusca

4. Cámaras de aire

- Cámara positiva: generación de la fuerza de soporte
- Cámara negativa: reducción de la fuerza inicial, mejora de sensibilidad
- Sistemas autoequalizados: equilibrio dinámico entre cámaras
- Curvas de presión vs recorrido: lectura e interpretación

5. Presión, volumen y progresividad

- Ley de los gases ideales ($PV = nRT$) aplicada a suspensiones
- Espaciadores volumétricos (tokens): efecto sobre la progresividad
- Espaciadores dinámicos: comportamiento variable según recorrido
- Curvas de progresividad: lineal, progresiva y regresiva
- Interpretación de gráficas fuerza vs recorrido para tuning

6. Arquitecturas de suspensión delantera

- Horquillas convencionales: tubo exterior / tubo interior (upper/lower)
- Monoshock delantero (ej: Cannondale Lefty OPI): principios y ventajas
- Sistemas de guía: bolas, bujes, rodamientos de agujas
- Sellados y sistemas de lubricación en baño de aceite

7. Arquitecturas de shock trasero

- Monoshock estándar: configuración, montajes y ajustes
- Twinshock: disposición dual, usos históricos y actuales
- Cámaras de volumen adicional (piggyback): influencia en progresividad

8. Casos de estudio

- Fox Racing Shox – Sistema FLOAT: geometría de cámaras y tuning
- RockShox – DebonAir: equalización automática y sensibilidad
- Cannondale – Lefty OPI: diseño sin tubo exterior y control de torsión

OBJ. *Comprender los principios físicos y mecánicos que gobiernan los sistemas de suspensión en bicicletas modernas, analizando el funcionamiento de los distintos tipos de resortes, la relación entre presión y volumen en sistemas neumáticos, y el comportamiento de las curvas de progresividad para optimizar el desempeño según diferentes aplicaciones y condiciones de uso.*

Duración	Clase	Enfoque
8 horas	Clase 2	Teórico-Práctico

1. Principios de amortiguación hidráulica

- Diferencia funcional entre spring y damper en el sistema de suspensión
- Viscosidad del aceite y su efecto sobre el control de flujo
- Ley de Bernoulli y Hagen-Poiseuille aplicadas al flujo en orificios
- Velocidad del pistón y generación de la fuerza de amortiguación

2. Circuitos hidráulicos: baja y alta velocidad

- Low Speed Compression (LSC): control durante pedaleo y compresiones lentas
- High Speed Compression (HSC): absorción de impactos abruptos
- Low Speed Rebound (LSR): extensión controlada tras compresión moderada
- High Speed Rebound (HSR): extensión rápida tras impactos severos
- Interacción entre circuitos y respuesta global del damper

3. Controles externos e internos

- Ajustes de rebote: agujas de control y su impacto en el flujo
- Ajustes de compresión: tornillos LSC y HSC, posicionamiento y calibrado
- Bloqueos (lockout): mecanismos y válvulas de bypass
- Plataformas de pedaleo (pedaling platform): actuación threshold
- Sistemas automáticos: sensores inerciales y actuación electrónica

4. Arquitecturas de dampers

- Sistema de vejiga (bladder): separación gas-aceite flexible
- Pistón flotante interno (IFP): funcionamiento, precarga y presión de nitrógeno
- Vástago pasante (twin-tube / thru-shaft): doble circuito y volumen variable
- Comparativa de desempeño entre arquitecturas

5. Medios de presurización

- Gas nitrógeno: propiedades, ventajas sobre el aire y procedimientos de carga
- Aire como presurización en sistemas de bajo costo
- Sistemas aceite-gas integrados: comportamiento térmico
- Influencia de la temperatura en la presión interna y el damping

6. Ajustes de suspensión según disciplina

- XC / Cross-Country: eficiencia de pedaleo, firmeza y plataforma activa
- Trail: balance entre confort y control en terreno variado
- Enduro: agresividad en descenso, soporte y progresividad
- Downhill: máximo soporte, HSC alto, rebote controlado y veloz
- Metodología de setting: SAG, clicks y validación en campo

7. Casos de estudio

- Fox – GRIP2: circuitos independientes LSC/HSC/LSR/HSR
- RockShox – Charger 3.1: tubo de alta y baja velocidad separados
- Öhlins – TTX: tecnología twin-tube en aplicación MTB

OBJ. *Analizar en profundidad el funcionamiento de los sistemas de amortiguación hidráulica en suspensiones de bicicleta, comprendiendo la gestión de flujos de aceite, los circuitos de alta y baja velocidad, y las diferentes arquitecturas de dampers utilizadas por la industria para controlar el movimiento de la suspensión.*

Duración	Clase	Enfoque
8 horas	Clase 3	Teórico-Práctico · Laboratorio

1. Principios del valving hidráulico

- Función de las válvulas en el control de flujo de aceite
- Válvulas de aguja vs válvulas de shim: diferencias fundamentales
- Flujo laminar vs flujo turbulento en orificios de restricción
- Relación entre apertura de válvula, velocidad del pistón y fuerza de damping

2. Shim stacks: diseño y funcionamiento

- Qué es un shim (arandela de laminado) y función estructural
- Configuraciones de shim stack: cantidad, diámetro, espesor y secuencia
- Shim stack de compresión vs shim stack de rebote
- Efecto de la rigidez del stack sobre la curva de damping
- Lectura e interpretación de configuraciones de shim stacks
- Modificación de stacks para ajuste fino de la respuesta del damper

3. Diseño de pistones de damper

- Geometría de los orificios del pistón y su influencia en el flujo
- Pistones con orificios fijos (bleed) vs pistones con puertos variables
- Pistones de compresión y rebote en una misma cámara
- Sistemas shimless: válvulas de carrete y poppet como alternativa

4. Presurización interna de dampers

- Nitrógeno: presión estándar de carga (100-200 psi según aplicación)
- Influencia de la presión sobre el umbral de cavitación
- Aire como medio de presurización: riesgos de oxidación y cavitación
- Procedimiento de carga con bomba de nitrógeno: seguridad y protocolo

5. Sistemas avanzados de valving

- Specialized Brain System: válvula inercial activada por impactos
- Fox Live Valve: actuación electrónica en tiempo real
- RockShox Flight Attendant: respuesta automática según terreno
- Öhlins TTX22M: arquitectura twin-tube con doble flujo independiente

6. Procedimientos de servicio avanzado

- Desmontaje completo de damper: secuencia y precauciones
- Purga de dampers: eliminación total de aire y burbujas
- Uso de bomba de vacío: procedimiento y validación
- Reemplazo de sellos, O-rings y guías de pistón
- Carga de aceite: cantidad, viscosidad y nivel correcto
- Re-presurización y verificación post-servicio

7. Diagnóstico de problemas hidráulicos

- Cavitación: causas, síntomas (ruido, pérdida de damping) y solución
- Fugas internas de aceite: identificación y reemplazo de sellos
- Damper sobrec comprimido o bloqueado: diagnóstico por comportamiento
- Aceite degradado: síntomas visuales y prueba de viscosidad

OBJ. *Estudiar la arquitectura interna de los amortiguadores hidráulicos y los sistemas de valvulado, desarrollando la capacidad de interpretar, ajustar y optimizar configuraciones de shim stacks y presiones internas para mejorar el rendimiento de la suspensión y realizar servicios de nivel profesional.*

Duración	Clase	Enfoque
8 horas	Clase 4	Teórico · Análisis de casos

1. Leverage Ratio: concepto y análisis

- Definición de Leverage Ratio (LR): relación rueda/shock
- LR teórico vs LR real a lo largo del recorrido
- Curvas de LR: lectura, interpretación y consecuencias en tuning
- LR decreciente: efecto progresivo y su relación con el spring rate
- LR creciente: efecto regresivo y cuándo utilizarlo
- Diseño de LR para competición: criterios de ingeniería

2. Arquitecturas de suspensión trasera

- Single pivot: simplicidad, pedal kickback alto, comportamiento predecible
- Horst Link (4 barras con pivote en vaina): reducción de kickback y brake squat
- Virtual Pivot Point (VPP): trayectoria virtual del pivote, patente Santa Cruz/Intense
- DW-Link (Dave Weagle Link): anti-squat optimizado para pedaleo eficiente
- Virtual pivot / Faux Bar: variantes de bajo costo con comportamiento similar
- Comparativa de complejidad, peso, costo de mantenimiento y desempeño

3. Fenómenos dinámicos en suspensión trasera

- Anti-squat (AS): cómo el cuadro resiste el hundimiento al pedalear
- Anti-rise (AR): resistencia al levantamiento al frenar
- Brake squat / brake jack: interacción de la suspensión con el freno trasero
- Pedal kickback: retroceso del pedal al comprimir la suspensión
- Curvas de AS y AR a lo largo del recorrido: lectura e impacto en setting

4. Análisis cinemático

- Trayectoria del eje trasero (axle path): hacia adelante, vertical o atrás
- Efectos de la trayectoria sobre la absorción de impactos
- Análisis con software: Linkage X3, Bike Checker, Suspension Sim
- Cómo leer archivos kinematic de fabricantes

5. Casos de estudio de marcas

- Santa Cruz Bicycles – VPP: evolución y aplicación en Megatower / Hightower
- Trek Bicycle – Full Floater / ABP: pivote en el eje y comportamiento de frenado
- Specialized – FSR (Horst Link): historia, variantes y ajuste de pivotes
- Comparativa crítica: eficiencia de pedaleo, sensibilidad y mantenimiento

6. Evaluación crítica vs. mercadeo

- Diferencia entre claims de marketing y datos cinemáticos reales
- Cómo validar las afirmaciones de las marcas con herramientas técnicas
- Percepción del ciclista vs. comportamiento medido: análisis de casos

OBJ. *Estudiar la arquitectura y los diferentes diseños de suspensión trasera en bicicletas de doble suspensión, analizando su cinemática y los principios mecánicos que determinan su comportamiento dinámico, desarrollando pensamiento crítico para evaluar soluciones de ingeniería más allá de las estrategias de mercadeo.*

Duración	Clase	Enfoque
8 horas	Clase 5	Teórico · Laboratorio

1. Fundamentos de tribología

- Definición de tribología: fricción, desgaste y lubricación
- Regímenes de lubricación: hidrodinámica, elastohidrodinámica y límite
- Tipos de contacto: deslizamiento, rodadura y contacto mixto
- Importancia en sellos de horquilla, pistones y cojinetes de suspensión

2. Propiedades de los aceites

- Viscosidad dinámica (cP) y viscosidad cinemática (cSt): definiciones y medición
- Índice de viscosidad (VI): comportamiento del aceite frente a cambios de temperatura
- Clasificaciones de viscosidad: ISO VG, SAE, escala Weight (#5wt, #10wt, etc.)
- Gravedad específica y densidad: efecto sobre el damping
- Punto de fluidez y punto de inflamación: relevancia para condiciones extremas

3. Aceites sintéticos vs minerales

- Aceites minerales: origen, composición y comportamiento térmico
- Aceites sintéticos (PAO, ésteres): estabilidad, índice de viscosidad superior
- Aceites semi-sintéticos: balance costo/desempeño
- Compatibilidad con sellos de nitrilo, PTFE y poliuretano

4. Aditivos y su función

- Antioxidantes: retardo de degradación por oxidación
- Mejoradores del índice de viscosidad (VII): estabilización térmica
- Aditivos antidesgaste (ZDDP, MoS₂): protección de superficies metálicas
- Depresores del punto de fluidez: uso en condiciones de frío extremo
- Antiespumantes: importancia crítica en sistemas hidráulicos de alta velocidad

5. Espumado y cavitación

- Mecanismo de formación de espuma en aceites hidráulicos
- Cavitación: generación de burbujas por caída de presión y su colapso
- Consecuencias sobre el damping: pérdida de fuerza y ruido
- Ensayos de cavitación bajo presión y en condición libre de presión
- Métodos de prevención: presurización, desgasificación y antiespumantes

6. Selección de aceite según aplicación

- Aceites para damping (circuito hidráulico): viscosidades recomendadas por marca
- Aceites para lubricación de sellos y baños abiertos de horquilla
- Comparativa entre marcas: Fox Fluid, RockShox Judy Butter, Motorex, Maxima
- Efecto de la temperatura de operación sobre la selección de viscosidad
- Compatibilidad entre aceites: mezclas no recomendadas y riesgos

7. Principios físicos del flujo hidráulico

- Principio de Pascal: transmisión de presión en fluidos confinados
- Principio de Bernoulli: relación velocidad-presión en flujo dinámico
- Ecuación de continuidad: conservación del caudal en secciones variables
- Efecto de la temperatura sobre presión y viscosidad: implicaciones en campo

8. Experimentos de laboratorio

- Medición de viscosidad cinemática con viscosímetro Ubbelohde o Cannon-Fenske
- Prueba de espumado ASTM D892: evaluación de antiespumante
- Ensayo de cavitación libre y bajo presión: observación y registro
- Comparativa de aceites en banco de prueba de damper

OBJ. *Estudiar y analizar las propiedades y principios que gobiernan los aceites y sistemas hidráulicos en frenos y suspensiones, comprendiendo la tribología aplicada, la selección correcta de fluidos y los fenómenos de cavitación y espumado que afectan directamente el rendimiento de la suspensión.*

Duración	Clase	Enfoque
8 horas	Clase 6	Teórico-Práctico · Laboratorio

1. Principios del frenado hidráulico

- Ley de Pascal aplicada al circuito de freno hidráulico
- Relación entre diámetro de émbolo maestro y émbolo de pinza (ventaja mecánica)
- Temperatura, disipación de calor y fading de frenos
- Coeficiente de fricción pastilla-disco y su variación con temperatura

2. Arquitectura del sistema de freno hidráulico

- Cilindro maestro (master cylinder): tipos de reservorio (abierto vs cerrado)
- Líneas hidráulicas: tubo y liner, conexiones Barb y Olive
- Pinzas de freno: pistones simples, dobles y opuestos
- Discos de freno: geometría de ventilación, materiales y flotantes
- Pastillas: composición metálica, orgánica y sinterizada

3. Fluidos de freno

- DOT 3, DOT 4, DOT 5.1: base glicol, punto de ebullición seco y húmedo
- Aceite mineral (Shimano, Magura): propiedades, ventajas e incompatibilidades
- Absorción de humedad en fluidos DOT y degradación del punto de ebullición
- Compatibilidad de fluidos con sellos de goma y EPDM

4. Servicio avanzado de frenos hidráulicos

- Sangrado (bleeding) con jeringa y gravedad: Shimano, SRAM, Magura, TRP
- Uso de fluido DOT vs mineral: herramientas y protocolos distintos
- Alineación de pinza: método de la tarjeta y torque de apriete
- Rodaje de pastillas y disco: procedimiento correcto para máximo rendimiento
- Diagnóstico de ruido: chirrideos, vibración y soluciones

5. Sistemas de freno avanzados

- Frenos de 4 pistones vs 2 pistones: fuerza de mordida y modulación
- Sistemas servowave (Shimano): geometría de leva para progresividad en la palanca
- Frenos con servo-asistencia: Magura MT7 Pro, SRAM Code RSC
- Sistemas integrados freno-suspensión: interacción y configuración

6. Diagnóstico de problemas en frenos hidráulicos

- Palanca esponjosa: burbujas de aire en el circuito
- Fading: sobrecalentamiento, tipos de vapor y soluciones
- Arrastre de disco: causas y ajuste de pinza o pistón
- Fuga interna en master cylinder: diagnóstico y reemplazo de sellos

OBJ. *Comprender en profundidad el funcionamiento de los sistemas de freno hidráulico en bicicletas de alto rendimiento, dominando los principios físicos, fluidos, arquitecturas y procedimientos de servicio avanzado para diagnosticar y solucionar problemas complejos de frenado.*

Duración	Clase	Enfoque
8 horas	Clase 7	Teórico-Práctico · Diagnóstico

1. Arquitectura de cambios electrónicos

- Evolución de la transmisión: mecánica → electromecánica → inalámbrica
- Componentes principales: palanca de mando, actuador (derailleur), batería, E-tube
- Comparativa de arquitecturas cableada vs inalámbrica
- Tolerancias de indexado electrónico vs mecánico

2. Protocolos de comunicación

- ANT+: protocolo de baja potencia para sensores y componentes de bicicleta
- Bluetooth Low Energy (BLE): conectividad con aplicaciones móviles
- Protocolo propietario D-FLY (Shimano) y AXS (SRAM): características
- Actualizaciones de firmware: procedimiento y consideraciones

3. Sistemas de alimentación

- Baterías de litio integradas: carga, ciclos y gestión de energía
- Cables de carga E-tube: tipos, conectores y protocolos
- Autonomía según condiciones de uso: temperatura, frecuencia de cambios
- Indicadores de batería baja y comportamiento de seguridad del sistema

4. Actuadores y mecanismos de cambio

- Motor paso a paso (stepper motor): funcionamiento y precisión de posicionamiento
- Sensor de posición: encoder óptico y magnético
- Ajuste de límites: B-screw electrónico vs mecánico
- Sincronización automática (auto-trim) en sistemas electrónicos

5. Diagnóstico electrónico

- Aplicación E-tube Project (Shimano Di2): lectura de errores y ajuste fino
- Aplicación AXS (SRAM): firmware, personalización y diagnóstico
- Códigos de error comunes y su interpretación
- Multímetro en diagnóstico de circuitos de transmisión electrónica
- Procedimientos de reset y recalibración de actuadores

6. Casos de estudio

- Shimano Di2 – XTR Di2 / XT Di2: configuración multi-shifter y modos de cambio
- SRAM AXS – Eagle AXS: cadena de 12 velocidades inalámbrica y personalización
- Campagnolo EPS: arquitectura cableada de alta precisión en road/gravel

OBJ. *Comprender la arquitectura, comunicación y diagnóstico de los sistemas de transmisión electrónica modernos, desarrollando la capacidad de programar, calibrar y solucionar problemas en los principales sistemas del mercado.*

Duración	Clase	Enfoque
8 horas	Clase 8	Práctico · Medición

1. Eficiencia mecánica de la transmisión

- Pérdidas por fricción en cadena, piñones y platos: factores determinantes
- Chainline (alineación de cadena): medición, consecuencias y corrección
- Efecto del cross-chaining sobre la vida útil y la eficiencia
- Diferencias de eficiencia entre 1x, 2x y 3x en condiciones reales

2. Diagnóstico de desgaste

- Cadena: medición con gauge (0.5% y 0.75%): cuándo cambiar
- Casette: desgaste de dientes, perfil de onda y punto de skip
- Platos y coronas: desgaste asimétrico, dientes de carga y retención
- Pedalier: desgaste de ejes cuadrados, Hollowtech, DUB y T47
- Protocolo de reemplazo coordinado de cadena-casette-plato

3. Herramientas de medición profesional

- Medidor de desgaste de cadena: tipos, uso correcto e interpretación
- Regla de precisión para chainline: medición directa e indirecta
- Torquímetro: valores críticos en transmisión (casette, pedales, pedalier)
- Comparador de reloj y medición de excentricidad de platos
- Medición de tensión de cadena con tensiómetro

4. Fricción y rodamientos en transmisión

- Rodamientos de pedalier: tipos (sellados, abiertos, cerámicos) y selección
- Rodamientos de cambio trasero: servicio y criterios de reemplazo
- Pulidos y cerámicas: impacto real en eficiencia medida en vatios
- Lubricación de cadena: aceites, ceras y comparativa de resistencia al pedaleo

5. Indexado y ajuste de precisión

- Fundamentos del indexado mecánico: cable, tensor, límites y B-screw
- Diagnóstico de mal indexado: salto, demora, doble cambio
- Ajuste de la tensión de cable con precisión micrométrica
- Compatibilidad entre componentes de distintas marcas y generaciones

6. Transmisiones de alta gama: análisis técnico

- Shimano XTR M9100: tecnología Hyperglide+ y diseño asimétrico de dientes
- SRAM Eagle Transmission: acople directo sin cable exterior
- Campagnolo Ekar 13v: diseño para gravel y análisis de ratio de piñones

OBJ. *Desarrollar la capacidad de diagnosticar con precisión el desgaste y la eficiencia de los sistemas de transmisión, utilizando herramientas de medición profesional y metodologías técnicas para garantizar el rendimiento óptimo y la durabilidad de los componentes.*

Duración	Clase	Enfoque
8 horas	Clase 9	Teórico-Práctico · Diagnóstico

1. Arquitectura eléctrica de la bicicleta moderna

- Visión general del ecosistema eléctrico: fuentes, consumidores y redes
- Voltajes comunes: 3.7V (litio celda), 12V, 36V, 48V según sistema
- Conectores estándar y propietarios: JST, Rosenberger, Higo, SMBus
- Cableado interno en cuadros: gestión de rutas y protección

2. Sensores en bicicletas

- Sensor de cadencia: reed switch, efecto Hall y óptico
- Sensor de torque (strain gauge): ubicación en pedalier o vaina
- Sensor de velocidad: imán y captador en radios o cubo
- Giroscopio y acelerómetro: uso en sistemas de suspensión activa
- Sensores de temperatura en baterías y motores: protección térmica

3. Protocolos de comunicación

- CAN bus: protocolo robusto para sistemas críticos de e-bike
- ANT+ / ANT-FS: sensores de potencia, cadencia y frecuencia cardíaca
- Bluetooth Low Energy (BLE): conectividad con aplicaciones de entrenamiento
- Protocolo propietario Shimano (E-tube / D2): integración Di2 y STEPS
- UART y I2C: comunicación interna en microcontroladores de componentes

4. Integración con ciclocomputadores y aplicaciones

- Garmin Connect / Wahoo: compatibilidad ANT+ y BLE
- Aplicaciones nativas: Di2 E-tube, AXS App, Bosch eBike Flow
- Head units con control de suspensión activa: Fox Live Valve, RockShox ACS
- Registro de datos y exportación para análisis posterior

5. Diagnóstico de sistemas eléctricos

- Uso del multímetro en circuitos de bicicleta: voltaje, corriente y resistencia
- Diagnóstico de conectores corroídos o dañados
- Verificación de continuidad en cableado interno de cuadro
- Lectura de códigos de error con aplicaciones propietarias
- Osciloscopia básica en señales de sensor: forma de onda y frecuencia

OBJ. *Comprender la arquitectura eléctrica y los protocolos de comunicación de las bicicletas modernas, desarrollando la capacidad de diagnosticar, integrar y solucionar problemas en sistemas eléctricos y electrónicos de alto nivel.*

Duración	Clase	Enfoque
8 horas	Clase 10	Teórico-Práctico

1. Principios del motor eléctrico en bicicleta

- Tipos de motor: BLDC (brushless DC) y su principio de funcionamiento
- Par (torque) vs potencia: diferencia y relevancia en e-bike
- Eficiencia del motor: curvas de par-velocidad y puntos de operación
- Normativas legales: límites de potencia y velocidad por región (250W EU, 750W US)

2. Clasificación por posición del motor

- Motor de cubo trasero (rear hub): simplicidad, sin interacción con transmisión
- Motor de cubo delantero: tracción delantera, casos de uso
- Motor de pedalier (mid-drive): integración con transmisión, mayor eficiencia en subida
- Ventajas y limitaciones de cada posición según uso y terreno

3. Sistemas de asistencia

- Cadence sensing: detección de rotación de pedal, respuesta menos natural
- Torque sensing: medición de fuerza aplicada al pedal, respuesta proporcional
- Combinación torque + cadencia: sistemas híbridos de alta respuesta
- Modos de asistencia: ECO, TOUR, SPORT, TURBO y configuración personalizada

4. Eficiencia energética

- Consumo de energía por modo de asistencia y tipo de terreno
- Regeneración de energía: frenado regenerativo en sistemas que lo permiten
- Relación peso del sistema / asistencia disponible
- Gestión térmica del motor: disipación y protección por sobrecalentamiento

5. Casos de estudio

- Bosch eBike Systems – Performance Line CX: torque 85Nm, arquitectura y servicio
- Shimano STEPS EP8: integración total con Di2, modo Free (sin asistencia nativa)
- Brose Drive S Mag: motor silencioso, 90Nm, construcción magnésio
- Fazua Ride 60: sistema de motor removible, concepto de e-bike ligera
- Pinion MGU: motor integrado en caja de cambios, sistema cerrado

6. Servicio y diagnóstico de motores

- Diagnóstico con aplicación propietaria: errores y actualizaciones
- Inspección de rodamientos de motor: síntomas y criterios de reemplazo
- Mantenimiento del sistema de tracción: limpieza y engrase de interfaz motor-cuadro
- Restricciones de apertura: motores sellados vs. con acceso a servicio

OBJ. *Comprender el funcionamiento, eficiencia y sistemas de asistencia de los motores de e-bike, desarrollando capacidad para diagnosticar, configurar y mantener los principales sistemas del mercado con criterio técnico y profesional.*

Duración	Clase	Enfoque
8 horas	Clase 11	Teórico · Seguridad

1. Química de baterías de litio

- Celdas de ión-litio (Li-Ion) vs litio-polímero (LiPo): diferencias estructurales
- Química de cátodo: NMC, LFP, NCA — diferencias en densidad, seguridad y ciclos
- Voltaje nominal por celda: 3.6-3.7V y configuraciones en serie/paralelo
- Capacidad (Ah), energía (Wh) y su relación con la autonomía

2. BMS – Battery Management System

- Función del BMS: protección de sobrecargas, sobredescarga y cortocircuitos
- Balanceo de celdas: activo vs pasivo — importancia para la vida útil
- Monitoreo de temperatura: NTC, termistor y gestión térmica
- Comunicación del BMS con el controlador del motor: protocolos SMBus / CAN
- Diagnóstico de fallas del BMS con aplicación o multímetro

3. Ciclos de carga y degradación

- Ciclos de carga: definición de ciclo completo y su impacto en la capacidad
- Curva de degradación: capacidad retenida vs número de ciclos
- Factores que aceleran la degradación: calor, carga rápida, sobredescarga
- Profundidad de descarga (DoD): estrategia de uso para maximizar vida útil
- Almacenamiento correcto: carga recomendada (40-60%) y temperatura

4. Carga y cargadores

- Proceso de carga CC-CV (corriente constante - voltaje constante)
- Carga rápida: ventajas, riesgos térmicos y degradación acelerada
- Cargadores propietarios: compatibilidad y certificaciones
- Carga en condiciones de frío: precauciones y limitaciones

5. Seguridad en manejo de baterías

- Riesgos de Thermal Runaway: causas, síntomas y acción preventiva
- Protocolo de manejo de batería dañada o hinchada
- Transporte de baterías de litio: regulaciones IATA e ICAO
- Almacenamiento seguro: contenedores ignífugos y condiciones ambientales
- Disposición y reciclaje de baterías: normativa y responsabilidad ambiental

6. Evaluación de estado de la batería

- State of Charge (SoC): carga disponible en tiempo real
- State of Health (SoH): capacidad retenida respecto a la original
- Herramientas de diagnóstico: aplicaciones Bosch, Shimano y analizadores externos
- Criterio de reemplazo de batería: umbral de SoH aceptable para uso seguro

OBJ. *Comprender la química, funcionamiento y gestión de baterías de litio en e-bikes, desarrollando criterio técnico para el diagnóstico, mantenimiento seguro, carga correcta y evaluación del estado de salud de los sistemas energéticos.*

Duración	Clase	Enfoque
8 horas	Clase 12	Integrador · Evaluación Final

1. Medición y configuración del SAG

- Definición de SAG: compresión estática bajo peso del ciclista
- SAG recomendado por disciplina: XC (15-20%), Trail (25-30%), Enduro/DH (30-35%)
- Medición de SAG en horquilla y shock trasero: procedimiento estandarizado
- Correlación entre SAG, leverage ratio y presión de resorte
- SAG dinámico: verificación en movimiento con cinta de SAG

2. Telemetría de suspensión

- Qué es la telemetría aplicada a suspensiones de bicicleta
- Sensores de posición lineal: potenciómetro y sensor magnético (Shockwiz, Moto Ripple)
- Registro de datos: frecuencia de muestreo, almacenamiento y exportación
- Parámetros registrados: velocidad del pistón, recorrido utilizado, impactos
- Dispositivos de telemetría: Shockwiz Gen2, Garmin Physio True-Up, sistemas DIY

3. Análisis de datos de telemetría

- Lectura de histogramas de velocidad: distribución de compresión y rebote
- Análisis de uso de recorrido: detección de bottom-out y top-out
- Detección de cavitación a través de picos anómalos de velocidad
- Correlación entre datos de telemetría y percepción del ciclista
- Interpretación de reportes Shockwiz: ajustes sugeridos y validación

4. Setup para competición

- Protocolo de setup en pista: SAG → clicks base → validación → ajuste fino
- Adaptación del setting según condiciones: temperatura, altitud, tipo de terreno
- Setup de horquilla y shock coordinado: coherencia entre delantera y trasera
- Documentación del setup: ficha técnica de configuración por evento

5. Metodología de tuning profesional

- Ciclo de tuning: observar → hipótesis → ajuste → validación → registro
- Comunicación con el atleta: cómo traducir la percepción en ajustes técnicos
- Gestión de variables: cambiar un parámetro a la vez, documentar todo
- Construcción de la ficha de configuración personal por ciclista

6. Pruebas de campo

- Protocolos de test estandarizados: terreno de referencia y condiciones controladas
- Test de paso sobre obstáculo: velocidad constante, medición de recorrido
- Test de rebote: altura de caída estandarizada y medición de oscilaciones
- Comparativa antes/después con datos cuantitativos

Parte 1	Parte 2	Parte 3
Evaluación teórica escrita	Diagnóstico práctico en taller	Setup con telemetría y defensa
45 preguntas — 90 min	Caso real — 90 min	Prueba de campo — 60 min

OBJ. *Integrar y aplicar todos los conocimientos adquiridos durante el programa CMB-3 en situaciones reales de diagnóstico, setup y optimización de suspensiones, transmisiones y sistemas eléctricos, demostrando dominio técnico profesional en la evaluación final de certificación.*

Aprobación del examen final: nota mínima 70/100 en las tres partes.

La certificación MECÁNICO MASTER CMB-3 es emitida por AIMPB y válida en los centros homologados B2BIKE · CIMA · EMEB.