

Domina el Límite

Técnicas de Pilotaje de Nivel Profesional para Simuladores de Carreras

Desde la secuencia visual que los equipos de Le Mans enseñan a sus pilotos hasta la lectura científica del setup a través de temperaturas de neumático. Una guía técnica completa, sin atajos, para pilotos que quieren entender cada décima que ganan — y cada una que pierden.

9

DISCIPLINAS CORE

12

DRILLS PRÁCTICOS

∞

MEJORA DE VUELTAS

01

Visión y Puntos de Referencia

03

Frenada: Threshold y Trail

05

Mid-Corner y el Apex Real

07

Fundamentos de Setup

✓

12 Drills de Entrenamiento

02

Trazada Óptima y Física

04

Entrada y Círculo de Fricción

06

Salida de Curva y Aceleración

08

Mentalidad de Piloto Competitivo

Visión y Puntos de Referencia

El elemento más subestimado. La mejora de mayor retorno con el menor esfuerzo físico.

La visión es el elemento más subestimado en el mundo del sim racing, y al mismo tiempo el que más tiempo esconde en cualquier nivel. La mayoría de los pilotos se obsesionan con la frenada o el setup, descuidando completamente dónde están mirando en cada milisegundo. Es un error que cuesta entre **0.3 y 0.8 segundos por vuelta** en pilotos intermedios.

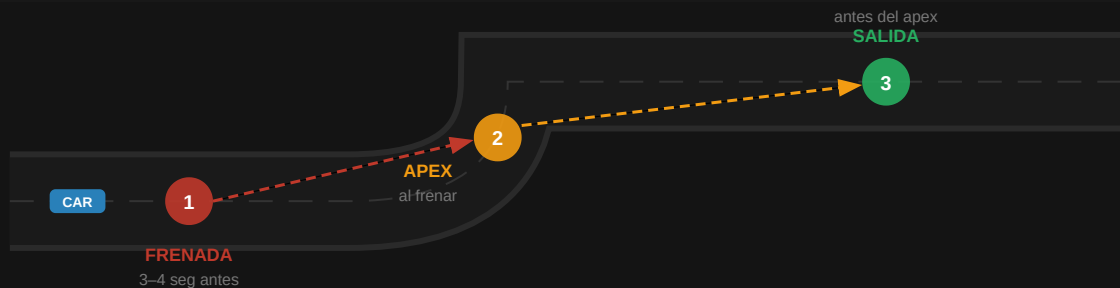


Fig. 1.1 — Secuencia visual: los ojos anticipan cada input — nunca lo siguen

Fig. 1.1 — Secuencia visual correcta en curva. Al iniciar la frenada los ojos saltan al apex; antes de llegar al apex ya están en el punto de salida. Si ves el apex cuando ya lo estás pasando, llegas tarde.

Img 1.1 — Cockpit view: marcadores de frenada y apex visibles desde el asiento del piloto

Img 1.2 — Comparación FOV: single screen (~50°) vs triple screen (~180°) en sim racing

Por Qué Importa Físicamente

El cerebro humano necesita aproximadamente **0.2 segundos** para registrar información visual, **0.3 segundos** para procesarla, y otros **0.5 segundos** para ejecutar una respuesta motora. A 200 km/h, esos milisegundos equivalen a casi **28 metros recorridos sin información útil**. En un circuito donde se compete por centésimas, ese margen no existe.

El error más común no es "mirar cerca" — es **mirar de forma vaga**. Mirar lejos sin un objetivo concreto no vale nada. Lo correcto es mucho más específico: dirigir la mirada a marcadores físicos y concretos en el momento exacto antes de cada input. Tu visión debe **anticipar la acción, no seguirla**. Si ves el apex en el momento en que ya lo estás pasando, llegas tarde.

La Secuencia Visual Correcta

En cada curva existe una cadena de **cuatro miradas** que debe ejecutarse en orden estricto. La visión periférica mantiene el marcador anterior mientras los ojos principales ya se mueven al siguiente.

MIRADA 1 — 3 A 4 SEGUNDOS ANTES

Punto de Frenada

Identifícalo mientras aún estás acelerando. Un cono, una señal, una sombra en el asfalto, la línea de bordillo. **Nómbralo en voz alta.** Tu cerebro ya sabe dónde está aunque tus ojos sigan avanzando al siguiente punto.

MIRADA 2 — AL INICIAR FRENADA

Apex

Tan pronto pisas el freno, los ojos saltan al apex. El punto de frenada queda en visión periférica. Este salto es lo que permite iniciar el turn-in con precisión consistente.

MIRADA 3 — ANTES DE LLEGAR AL APEX

Punto de Salida

Los ojos se mueven al punto de salida mientras el coche aún se acerca al apex. El apex se "clipa" con visión periférica. Este salto permite saber cuándo abrir gas: cuando ves el punto de salida, el coche ya está alineado.

MIRADA 4 — EN LA SALIDA

Siguiete Frenada

Antes de completar la salida de curva, los ojos ya deben estar buscando la zona de frenada de la próxima curva. El ciclo no tiene pausa — **siempre hay un objetivo visual por delante.**



POR QUÉ FUNCIONA LA VERBALIZACIÓN

Anunciar en voz alta cada referencia antes de llegar a ella activa dos mecanismos: primero, obliga a tu cerebro a buscar activamente el marcador en lugar de esperar a verlo. Segundo, crea un bucle de retroalimentación — si no puedes nombrarlo, no lo estabas mirando. Esta es la diferencia entre **velocidad reactiva y velocidad proactiva.**



POR QUÉ FUNCIONA LA VERBALIZACIÓN

Anunciar en voz alta cada referencia antes de llegar a ella activa dos mecanismos: primero, obliga a tu cerebro a buscar activamente el marcador en lugar de esperar a verlo. Segundo, crea un bucle de retroalimentación — si no puedes nombrarlo, no lo estabas mirando. Esta es la diferencia entre **velocidad reactiva y velocidad proactiva.**

El Problema Específico del Sim Racing

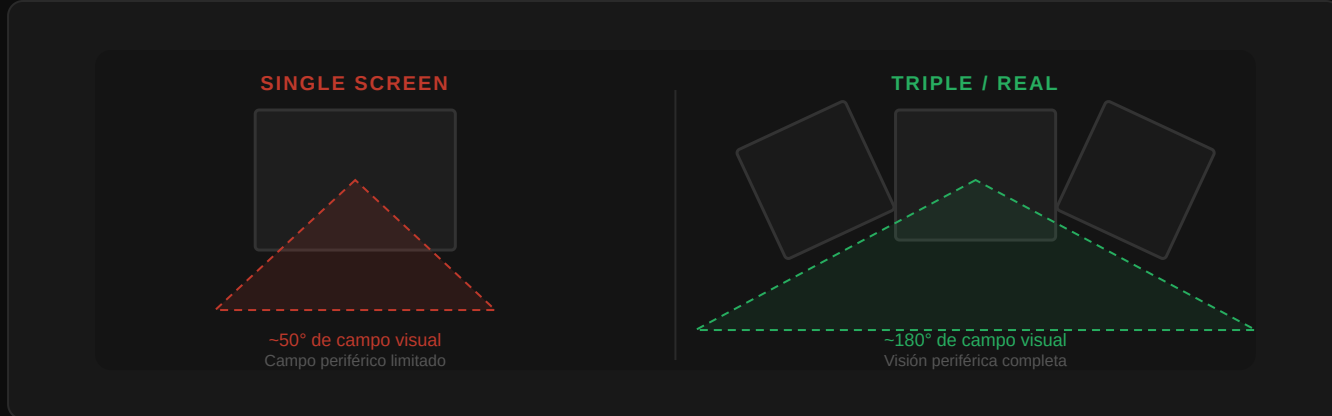


Fig. 1.2 — Comparación de campo visual: single monitor (~50°) vs. triple screen o coche real (~180°). La diferencia obliga a pilotos de single screen a entrenar activamente el hábito de mirar lejos.

En un coche real tienes un campo visual periférico de casi **200 grados**. En un monitor único, tienes entre **40 y 60 grados**. Esto crea un hábito involuntario de mirar demasiado cerca del morro del coche, porque es todo lo que la pantalla muestra con claridad. La consecuencia directa: **reacciones tardías, inputs nerviosos, inconsistencia**.

La solución no es siempre comprar más pantallas — es entrenar activamente el hábito de "mirar a través del monitor". Imagina que el cristal de la pantalla no existe y que estás mirando la pista real. Los pilotos de alto nivel en single screen desarrollan este hábito de forma deliberada y son igual de rápidos que en triple.

La Regla del 95%

Practica visión a exactamente el 95% de tu ritmo máximo — no al 60%, no al 100%. Al 95% el coche es exigente pero manejable, y puedes dedicar atención consciente a dónde miras. Al 100% el piloto automático toma el control y vuelves a los viejos hábitos. Al 60% es tan fácil que no hay urgencia y no entrenas el hábito bajo presión real.

Regla práctica de entrenamiento de visión

Qué Mejora con la Visión Correcta

Cuando empiezas a mirar los marcadores correctos en el momento correcto, varios problemas desaparecen simultáneamente:

- ✓ Las frenadas se vuelven más consistentes — porque tienes la misma referencia cada vuelta
- ✓ El punto de giro mejora — porque ves el apex antes de llegar a él
- ✓ La apertura de gas se adelanta — porque ves la salida mientras aún estás en el apex
- ✓ La consistencia general sube — porque cada input tiene una referencia visual previa

Cómo Seleccionar Buenos Marcadores

No todos los marcadores son iguales. Los mejores son los que están **siempre en el mismo lugar** independientemente del tráfico, la lluvia o el horario. Señales de distancia pintadas en el asfalto, bordes de

kerb, líneas blancas, sombras de estructuras fijas. Los conos y banderas no cuentan — pueden moverse. Antes de cada sesión en un circuito nuevo, escribe en papel los marcadores de cada curva y repásalos con los ojos cerrados.



ERROR CRÍTICO — LOS ESPEJOS EN CURVA

Mirar los espejos durante la fase de giro es uno de los hábitos más dañinos. En el momento de máxima carga lateral, el cerebro no puede procesar dos fuentes visuales simultáneamente. Hacerlo provoca **micro-inputs inconscientes en el volante** que desestabilizan el coche. Los espejos son exclusivamente para las rectas y las frenadas en línea recta.

Visión en Condiciones Adversas

Lluvia, niebla, o pistas con grip variable cambian los marcadores: los kerbs pueden ser intocables, las frenadas se acortan, las referencias de asfalto mojado cambian de color. En estas condiciones, la visión anticipatoria es **aún más crítica** porque el margen de corrección es menor. Practica activamente la lluvia en el sim — no la evites. Es donde más se gana consistencia porque obliga a elevar la calidad de la visión.

Trazada Óptima y Física

La trazada no es un camino fijo que hay que memorizar. Es la respuesta a preguntas que debes hacerte en cada curva.

La trazada no es un camino fijo que hay que memorizar. Es la respuesta a una serie de preguntas que debes hacerte en cada curva, en cada vuelta. El piloto que **piensa activamente** mientras conduce es sistemáticamente más rápido que el que ejecuta de memoria.

La Física que lo Explica Todo

Un coche es más rápido en línea recta que en curva porque en curva los neumáticos soportan carga lateral (centrípeta) además de la longitudinal. La fórmula fundamental:

$$a_c = V^2 / R$$

a_c = aceleración centrípeta (carga lateral sobre el neumático) · V = velocidad · R = radio de la curva



Fig. 2.1 — Trazada geométrica (rojo discontinuo) vs. trazada parabólica (verde). El apex tardío permite gas antes y mayor velocidad en toda la recta siguiente. Una diferencia de 5 km/h en la salida vale ~0.4 segundos en 500 metros.

La conclusión es directa: mayor radio R = menor carga lateral para la misma velocidad V. O al revés: si agrandas el radio, puedes llevar más velocidad sin superar el límite de adherencia. Este es el principio

físico detrás de toda trazada óptima — **maximizar el radio efectivo disponible usando cada centímetro de asfalto.**

Trazada Geométrica vs. Trazada Parabólica

La trazada geométrica divide la curva en mitades iguales golpeando el apex en el centro. Tiene el radio máximo posible, sí — pero no puede acelerarse hasta el final de la curva porque si se aplica gas antes del centro el arco se agranda y el coche sale de pista.

La **trazada parabólica** entra con un radio más pequeño deliberadamente, lo que permite acelerar desde el apex tardío con el radio aumentando hacia la salida. El resultado: la velocidad se lleva durante 300–500 metros de recta, no solo 100 metros de entrada.

Tipo de Trazada	Apex	Ventaja	Limitación	Cuándo usar
Geométrica	Central (50%)	Máxima velocidad de paso	Gas restringido en salida	Curvas rápidas sin recta larga
Parabólica	Tardío (65–75%)	Gas más temprano, más velocidad en recta	Mayor velocidad de entrada = más riesgo	Cualquier curva con recta larga de salida
Doble Apex	Dos track apexes, un car apex	Minimiza pérdida total en 180°	Alta precisión requerida	Horquillas de 180° con recta larga

"Cuanto más rápida la curva, más cerca de la trazada geométrica debes conducir. Cuanto más lenta, más tardío debe ser el apex."

Ross Bentley — Speed Secrets

La razón es física: en curvas rápidas ya no puedes acelerar mucho más al salir (el coche ya va a 180 km/h), así que maximizar velocidad de paso importa más. En curvas lentas, el potencial de aceleración es enorme (de 80 a 200 km/h en la recta siguiente) y vale la pena sacrificar velocidad de entrada.

Img 2.1 — Línea de carrera: geométrica (verde) vs. parabólica ideal (rojo) — el apex tardío permite acelerar antes

El Apex Tardío — Cómo Ejecutarlo

El apex tardío no significa simplemente "entrar más tarde". Significa construir una línea que **incremente su radio de forma continua** desde el apex hacia la salida. La entrada es más estrecha y aguda deliberadamente. Desde el apex, el radio se abre en parábola — de ahí el nombre.

El Apex Temprano — Cuándo y Por Qué es un Error

El apex temprano (girar antes del punto óptimo) es el error más común en pilotos principiantes e intermedios. El coche entra rápido y cómodo, pero en la salida el radio se cierra: el coche quiere salirse de pista, el piloto tiene que levantar el gas o corregir dirección. El tiempo se pierde en la salida y en los metros de recta que siguen.

El apex temprano tiene sentido **solo** cuando la curva lleva directamente a otra curva sin recta intermedia, o cuando necesitas defender posición ante un rival que te presiona por el exterior.

Las Preguntas que Definen tu Trazada

Para cada zona de una curva, hazte estas preguntas activamente. No es un protocolo — es una mentalidad:

ENTRADA

¿Cuánto espacio tengo?

¿Puedo usar el kerb de entrada? ¿Hay una curva siguiente que limite mi posición de salida? ¿Existen baches o humedad en esta zona? ¿Hay un coche delante?

APEX

¿Es seguro recortar?

¿El kerb me empuja hacia afuera o es plano? ¿El coche puede manejar el impacto a esta velocidad? ¿Cuál es la geometría real — hay dos apexes posibles? En rF2 y LMU un kerb alto tiene consecuencias reales.

SALIDA

¿Qué viene después?

Si hay recta larga: la salida es la prioridad absoluta, incluso a costa de entrar más lento. Si hay otra curva inmediata: evalúa cuál tiene mayor impacto en la siguiente recta larga del circuito.

Tipos de Curvas y su Trazada Óptima

Tipo	Por qué	Cómo	Qué mejora
Horquilla lenta (hairpin)	Potencial de aceleración máximo (60 → 200 km/h)	Apex muy retrasado, 70–75% de la curva. Entrada sacrificada.	Cada km/h adicional al apex vale ~0.4 seg en 500 m de recta
Curva rápida de alta carga	Potencial de aceleración adicional pequeño	Apex cercano al geométrico. Prioridad en velocidad de paso.	Errores aquí son muy costosos y pueden causar accidente
Ese / Chicane	La salida del segundo elemento define la recta siguiente	Sacrifica la entrada del primer elemento para estar óptimamente posicionado en el segundo	Una buena salida de chicane vale 0.5–0.8 seg sobre el siguiente km
Doble apex (180°)	Dos track apexes pero el car apex es uno solo	El car apex debe ocurrir antes del segundo track apex	Velocidad al inicio de recta 8–12 km/h mayor que con apex único central

El Límite del Track — Usa Cada Centímetro

El asfalto que no usas es tiempo regalado. Al frenar, el coche debe estar en el borde exterior. Al apex, el neumático interior debe tocar o rozar el kerb. A la salida, el neumático exterior debe llegar al límite. Si no sientes el coche al borde en estas tres fases, hay tiempo disponible ahí.



TRAMPA DEL CONFORT

Quedarte medio metro dentro de la pista "para mayor seguridad" en todos los puntos equivale a reducir el radio efectivo de cada curva entre un **5 y un 15%**. La física es implacable: menor radio = menor velocidad mínima posible. Acumula ese coste en 10 curvas por vuelta y estás perdiendo **1-2 segundos sin siquiera saberlo**.



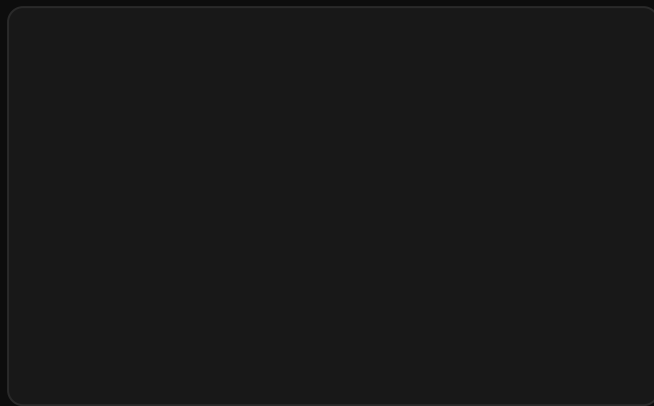
HERRAMIENTA — GOOGLE EARTH

Antes de rodar un circuito nuevo, estudia su layout en Google Earth o Google Maps satélite. Identifica los ángulos reales de cada curva, los kerbs disponibles, y los puntos más agudos. Los **rastros de goma en el asfalto** son literalmente el mapa de la trazada óptima que otros ya descubrieron.

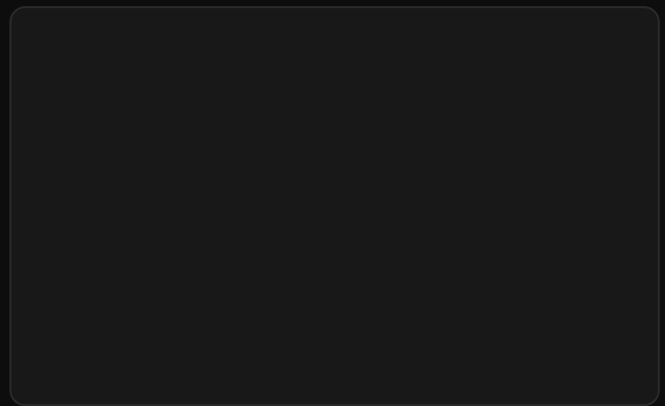
Frenada: Threshold y Trail Braking

No gana quien frena más tarde. Gana quien frena mejor, vuelta tras vuelta.

La frenada es la fase más malinterpretada en sim racing. La mayoría asume que quien frena más tarde es más rápido. Eso no es necesariamente cierto. La velocidad se gana frenando al límite exacto del neumático de forma consistente, no apostando a frenar tarde y errando en la mitad de las vueltas. El tiempo de frenada en un circuito técnico representa entre el **15 y el 25% de una vuelta** — y su influencia es mayor porque también determina la velocidad mínima en curva y el momento de apertura de gas.



Img 3.1 — Trail braking: presión de freno se reduce progresivamente mientras el volante gira hacia el apex



Img 3.2 — Perfil de BrakePres en telemetría: plateau threshold + zona de trail braking hasta el apex

Threshold Braking — Qué Es y Por Qué Importa

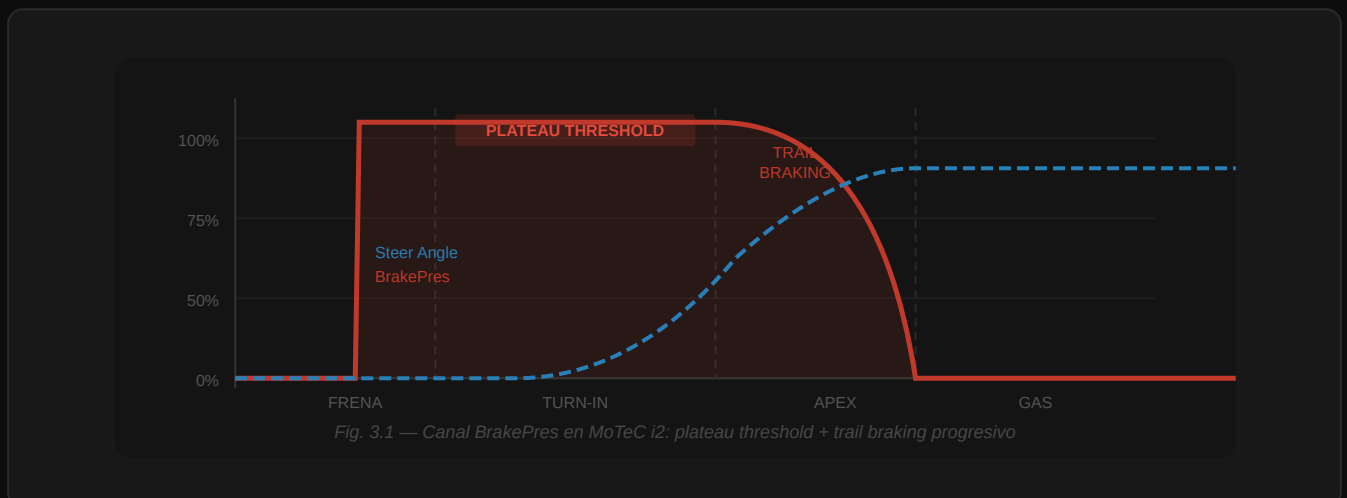


Fig. 3.1 — Perfil de frenada ideal en MoTeC i2: el plateau alto es el threshold (máxima presión sostenida). La zona de "trail" es donde freno y dirección se solapan. Si la caída del freno es abrupta, se perdió el beneficio del trail braking.

El threshold braking es la máxima presión de frenada que el neumático puede absorber en línea recta sin bloquearse. Es el punto de máxima deceleración — más allá, el neumático se bloquea, la distancia de frenado aumenta y el control desaparece. El objetivo no es llegar a ese límite una vez — es **sostenerse tan cerca de él como sea posible durante toda la zona de frenada, vuelta tras vuelta.**

El threshold cambia con cada curva porque el peso del coche varía (combustible), la temperatura de los neumáticos cambia, y la altimetría modifica la carga sobre el eje delantero. En una bajada, el umbral es mayor; en una subida, menor. No existe un punto de frenada fijo — debe ajustarse cada vuelta según las condiciones del momento.

i

ABS: QUÉ HACE Y POR QUÉ NO REEMPLAZA EL THRESHOLD

El ABS evita el bloqueo, pero no maximiza la deceleración. Un piloto que frena al threshold sin ABS puede frenar hasta un **5–8% más eficientemente** que el ABS en condiciones óptimas. Sin embargo, el ABS es más consistente bajo fatiga. En simuladores con ABS, puedes ir con presión máxima y confiar en el sistema — pero el trail braking sigue siendo tuyo: el ABS no modula la liberación.

EJERCICIO DE BÚSQUEDA DEL THRESHOLD

Identificar el límite sensorial del neumático

Elige un circuito sencillo. Frena en línea recta mucho antes de la zona de frenada, con presión mínima. Cada vuelta, aumenta la presión inicial unos pocos puntos. Tu objetivo es identificar el sonido, la vibración del FFB, y el comportamiento que preceden al bloqueo. Ese umbral sensorial es tu threshold. Una vez lo conoces, tu trabajo es sostenerte justo debajo de él.

Trail Braking — La Herramienta de Rotación

El trail braking no es simplemente "frenar tarde". Es mantener presión de freno **parcial y decreciente** durante la fase de giro, hasta cerca del apex. Cuando mantienes freno al iniciar el giro, el peso permanece cargado sobre el eje delantero — los neumáticos delanteros tienen más contacto con el asfalto, más agarre disponible para el giro. Simultáneamente, el eje trasero se alivia levemente, lo que reduce su resistencia a girar. El resultado: el coche **rota** hacia el apex de forma más eficiente, con menor ángulo de volante necesario para la misma curva. Menos ángulo = menos scrub de neumático = más grip disponible.

3 Beneficios Concretos y Medibles en los Datos

- **Mayor velocidad de entrada:** Como el freno va liberándose progresivamente durante el giro, el coche lleva más velocidad al apex. La velocidad mínima sube entre **3 y 8 km/h** en curvas donde se aplica correctamente.
- **Menor subviraje en la entrada:** Menos subviraje significa menos corrección de volante, menos scrub de neumático, y un car apex más limpio y consistente.
- **Apertura de gas más temprana:** Porque el coche ya está bien orientado hacia la salida desde el apex, en lugar de necesitar correcciones adicionales.

Errores Comunes en Trail Braking

Error	Qué ocurre	Fix
Sostener demasiado freno demasiado tiempo	El coche subvirará porque los delanteros están saturados entre frenada y lateral. El coche no rota — va recto.	Libera el freno antes, o reduce la presión más rápido al iniciar el giro.
Soltar el freno de golpe	El peso vuelve a la trasera bruscamente. La trasera tiene de repente más carga y puede snap-oversteering al entrar en curva.	La liberación debe ser lenta y controlada, no abrupta.
Exceso de ángulo de volante simultáneo	Combinar demasiado freno + demasiada dirección supera el límite del círculo de fricción. Los delanteros se bloquean o pierden agarre lateral.	Menor ángulo de dirección cuando hay freno — el trail braking permite girar con menos volante.
Pedal de freno mal calibrado	El trail braking es control de presión milimétrico. Si el pedal tiene demasiado recorrido libre o no está calibrado correctamente, la modulación fina es imposible.	Calibra el Set Max al 85% de fuerza máxima , no al 100%.



TRANSFERENCIA DE PESO — LA FÍSICA COMPLETA

Bajo frenada fuerte, hasta el **70% del peso del coche puede transferirse al eje delantero**. Los neumáticos delanteros tienen más grip disponible; los traseros se alivian. Si la frenada es extremadamente agresiva, el eje trasero puede levantarse levemente, reduciendo su agarre y creando inestabilidad. Esto es visible en MoTeC en los canales de **Wheel Load**. En rF2 y LMU la física lo modela con precisión real.

Entrada y Círculo de Fricción

El concepto más importante de la física del pilotaje. Todo lo demás es una consecuencia.

La entrada a curva (turn-in) es la transición entre la frenada y el giro puro — el momento donde simultáneamente reduces freno e incrementas ángulo de dirección. Es la fase más técnicamente compleja porque implica gestionar dos fuerzas al mismo tiempo, y es donde el concepto de círculo de fricción pasa de ser teoría a ser herramienta real.

Img 4.1 — El círculo de fricción real: el radio representa el 100% del grip disponible del neumático

El Círculo de Fricción — Por Qué es el Concepto Más Importante

Cada neumático tiene una capacidad máxima de agarre que puede usarse en cualquier dirección, pero no en todas a la vez. La representación más útil es un círculo cuyo radio es el grip máximo del neumático:

- **Eje vertical (arriba/abajo):** Fuerzas longitudinales — frenada y aceleración
- **Eje horizontal (izquierda/derecha):** Fuerzas laterales — dirección y giro

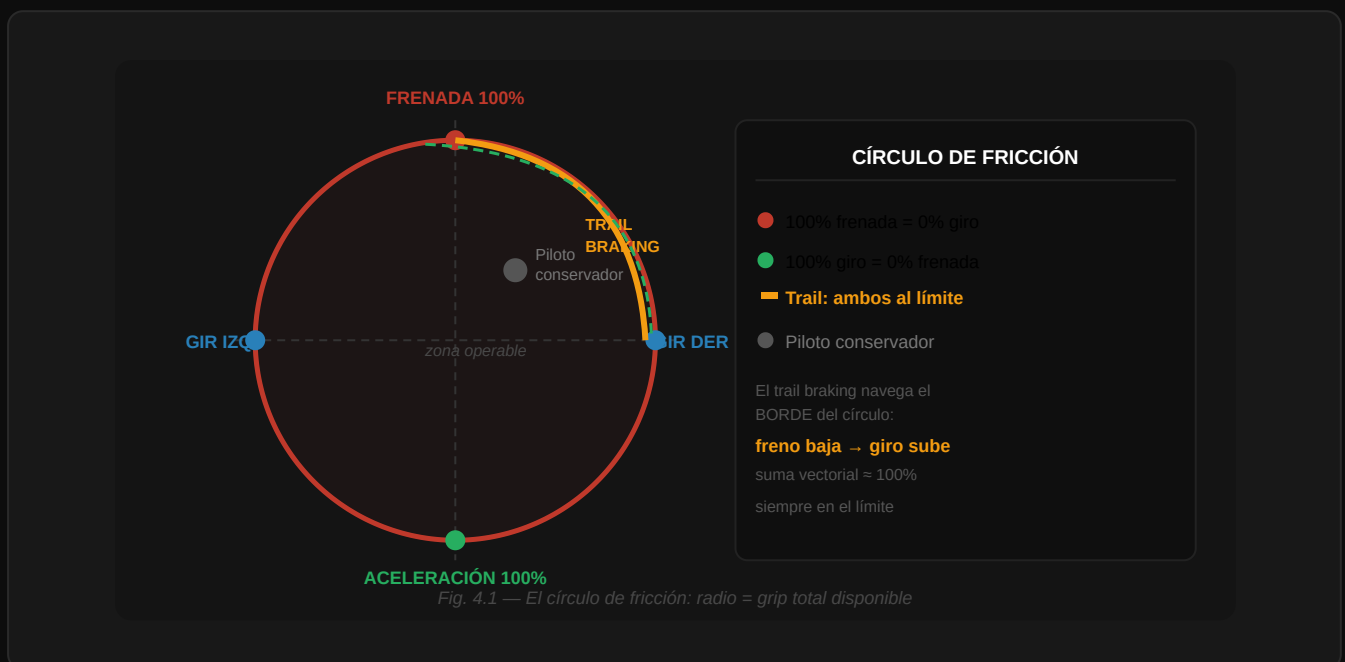


Fig. 4.1 — El círculo de fricción: radio = grip total disponible

Fig. 4.1 — El círculo de fricción. El trail braking navega el borde del círculo desde la zona de frenada (12h) hasta la zona de giro (3h), manteniendo siempre la suma vectorial cerca del límite máximo del neumático.

La implicación práctica es fundamental: **puedes usar el 100% del grip para frenar en línea recta, o el 100% para girar, pero no el 100% para ambas cosas a la vez.** Si la suma vectorial de las fuerzas que aplicas supera la circunferencia del círculo, el neumático pierde agarre.

El trail braking es precisamente la técnica de navegar ese borde: mientras reduces frenada, aumentas dirección, manteniendo siempre la suma vectorial cerca del 100% del límite. Es como deslizarse por el borde del círculo de las 12 hasta las 3 del reloj en lugar de saltar directamente de un punto a otro.

Diagnóstico Exacto de Subviraje y Sobreviraje en Turn-in

Síntoma	Causa	Corrección
Subviraje en turn-in (el coche no gira, va recto)	Demasiado freno + demasiada dirección simultánea: los delanteros están saturados entre dos fuerzas. El círculo de fricción está superado. O velocidad de entrada excesiva: el slip angle supera el óptimo antes incluso de añadir frenada.	Reduce el ángulo de dirección (con trail braking activo) o libera el freno antes de iniciar el giro.
Sobreviraje en turn-in (la trasera sale)	Los frenos traseros bloquean: el eje trasero pierde contacto efectivo. O el freno se soltó demasiado rápido: el peso regresa a la trasera bruscamente, que luego patina al combinar inercia lateral.	Ajusta brake bias más hacia delante, o libera el freno más lentamente en el turn-in.

Slip Angle — El Concepto Avanzado

El ángulo de deslizamiento (slip angle) es la diferencia entre la dirección en que apunta el neumático y la dirección en que realmente se mueve. Un slip angle cero significa cero agarre útil — el neumático rueda pero no genera fuerza lateral. Un slip angle óptimo (**entre 5 y 12 grados** según el compuesto) genera la máxima fuerza lateral. Un slip angle excesivo es donde el neumático pierde agarre.



POR QUÉ EL SLIP ANGLE IMPORTA EN EL TURN-IN

Si giras el volante demasiado rápido en el turn-in, el slip angle sube abruptamente y supera el óptimo — el coche subvirará incluso si no hay frenada. Si giras lentamente y con precisión, el slip angle se construye de forma controlada y el neumático trabaja en su zona óptima. **La suavidad del turn-in no es estética — es física.**

El FFB como Instrumento de Medición del Slip Angle

El Force Feedback bien calibrado es literalmente un sensor de slip angle. La fuerza crece cuando los neumáticos trabajan dentro de su rango óptimo. Cuando baja de repente, el slip angle superó el máximo. Cuando el volante se pone muy pesado sin velocidad real de la curva, hay exceso de ángulo de dirección y scrub. Configura tu FFB para que la diferencia entre grip y pérdida de grip sea táctilmente obvia.

El FFB como Instrumento de Medición del Slip Angle

El Force Feedback bien calibrado es literalmente un sensor de slip angle. La fuerza crece cuando los neumáticos trabajan dentro de su rango óptimo. Cuando baja de repente, el slip angle superó el máximo. Cuando el volante se pone muy pesado sin velocidad real de la curva, hay exceso de ángulo de dirección y scrub. Configura tu FFB para que la diferencia entre grip y pérdida de grip sea táctilmente obvia — no tan fuerte que fatigue, no tan suave que no transmita nada.



FFB EN RF2 Y LMU — ESPECÍFICO

rFactor 2 y Le Mans Ultimate tienen uno de los FFB más ricos en información de todos los simuladores. El canal de FFB muestra deflexión, vibración de neumático, y carga de suspensión simultáneamente. Usa "**steering force**" en torno a **60–75%** y "per-car multiplier" para ajustar por coche. Con un volante de alta resolución (DD), baja el multiplicador — hay demasiada información si no se filtra.

EJERCICIO DEL CÍRCULO DE FRICCIÓN — 3 PASOS

Aprender a sentir el límite vectorial del neumático

Paso 1 — Encuentra el límite lateral puro: Rueda en círculos amplios dentro del circuito, sin gas ni freno, aumentando velocidad gradualmente. Cuando los neumáticos pierden agarre lateral, has encontrado el 100% del eje horizontal del círculo de fricción. Memoriza esa sensación de FFB.

Paso 2 — Aplica esa sensación en curva real: Durante el turn-in de una curva lenta, busca activamente esa misma sensación en el FFB. Cuando la sientas aproximarse, estás cerca del límite lateral — eso te dice cuánto freno puedes añadir todavía.

Paso 3 — Verifica en MoTeC con la curva G-G: Grafica G-Force Lat vs G-Force Long. Los puntos de turn-in bien ejecutados deberían aparecer cerca del borde del círculo, moviéndose de la zona de frenada a la zona de giro de forma suave y continua.

Mid-Corner y el Apex Real

Car apex vs. Track apex. La distinción que más tiempo decide en cada vuelta.

El mid-corner es la fase entre el turn-in y el momento en que empiezas a acelerar — la "zona neutral" donde el coche está en giro puro. Es aquí donde el coche alcanza su **velocidad mínima de la vuelta**: el car apex. Entender que el car apex y el track apex son dos cosas distintas es uno de los mayores saltos conceptuales en el pilotaje.

Track Apex vs. Car Apex — La Distinción Clave

El **track apex** es el punto geométrico más cercano al interior de la curva — el kerb interior que "recortas" visualmente. Es una posición en el espacio.

El **car apex** es el momento temporal donde el coche alcanza su velocidad mínima durante el giro. Es un evento en el tiempo.

En pilotaje óptimo, el car apex ocurre **antes** del track apex. Esto significa que cuando el coche pasa físicamente por el punto más cercano al interior, ya está acelerando — no llegando al mínimo.



VERIFICACIÓN EN MOTEC

La prueba exacta: el mínimo en el canal **Ground Speed** debe aparecer ligeramente **antes** del momento en que el canal de posición transversal muestre la máxima cercanía al interior. Si coinciden exactamente, hay tiempo disponible. Si el mínimo está después del interior geométrico, el turn-in es demasiado tardío.

Img 5.1 — Speed trace: la velocidad mínima (car apex) ocurre antes del kerb interior (track apex) en pilotaje óptimo

Por Qué el Car Apex Antes del Track Apex es Más Rápido

Si el mínimo de velocidad coincide con el track apex (el kerb), significa que en ese momento el coche está en la velocidad más baja posible justo cuando pasa el interior. Si el mínimo ocurre antes, el coche **ya está acelerando al pasar el kerb** — lleva más velocidad en el mismo punto y la mantiene todo el camino hasta la recta siguiente.

Velocidad Mínima — El Indicador Más Importante de Todos

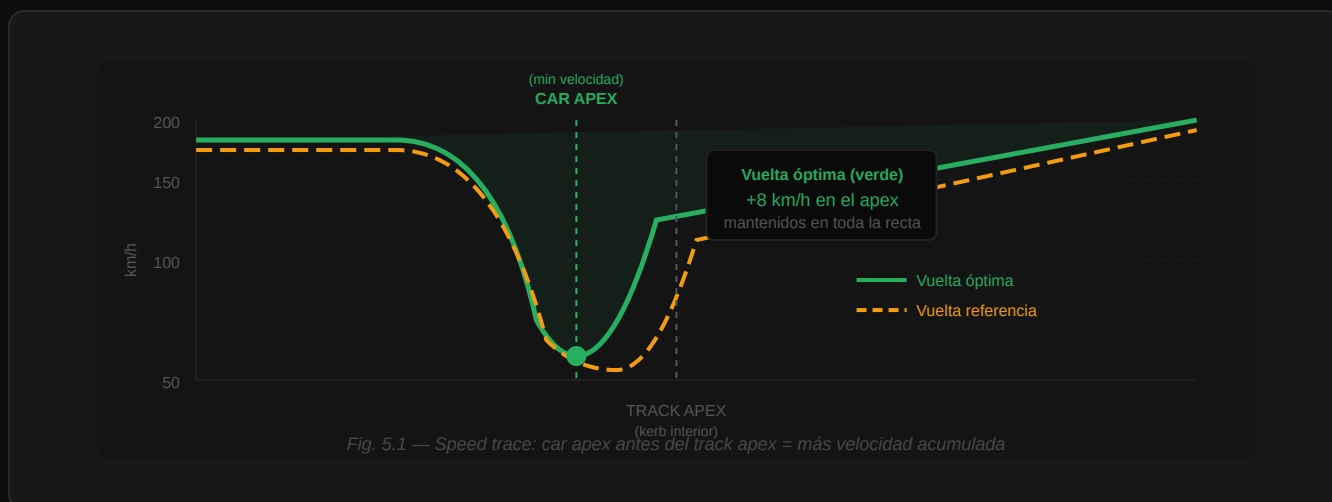


Fig. 5.1 — Speed trace comparativa: la vuelta verde alcanza su velocidad mínima (car apex) antes del track apex y ya acelera al pasar el kerb. La diferencia de 8 km/h en el mínimo se mantiene durante toda la recta — multiplicado por 10 curvas es el lap time.

De todos los datos que puedes comparar entre vueltas, la velocidad mínima en curva es el número que más importa. No el punto de frenada, no la velocidad punta — **la velocidad mínima**. Un piloto que tiene consistentemente 3–4 km/h más de velocidad mínima en todas las curvas es más rápido aunque frene exactamente en el mismo punto. Esos 4 km/h se conservan durante toda la recta siguiente y se multiplican en cada curva de la vuelta.

Balance en Mid-Corner — Por Qué la Neutralidad es la Meta

En la fase de giro puro, el estado ideal del coche es **neutral o muy ligeramente sobrevirador**. Esto significa que el coche rota suavemente hacia el apex sin que el piloto tenga que añadir correcciones ni volante adicional.

Si el coche understeera en mid-corner, hay que añadir más ángulo de dirección para seguir la línea — eso aumenta el scrub, aumenta la temperatura del neumático, y retrasa el momento de apertura de gas. Si el subviraje en mid-corner es consistente, el trail braking insuficiente es la primera causa a revisar — antes de tocar el setup.

Curvas de 180° — El Caso del Doble Apex

En horquillas de 180 grados hay dos track apes pero el car apex sigue siendo uno solo. La estrategia depende de qué viene después:

- **Si hay recta larga de salida:** El primer track apex es casi irrelevante. Entra tarde, sacrifica el primer apex, y coloca el car apex justo antes del segundo track apex. El tiempo ganado en los 300–500 metros de recta supera largamente lo perdido en la entrada.
- **Si viene otra curva inmediata:** Evalúa qué curva tiene mayor impacto en la siguiente recta larga del circuito y sacrifica la que menos importa.



Muchos pilotos intentan "adelantar el gas" abriendo el ángulo de dirección antes de llegar al car apex — como si reducir la dirección ya fuera lo mismo que estar listo para acelerar. No lo es. El radio se amplía prematuramente, el coche se sale de la trazada óptima, y el gas real debe retrasarse de todos modos porque el coche aún está subvirando. **El volante debe abrirse como consecuencia natural de la aceleración, no antes de ella.**

El Ángulo de Subviraje y Cómo Leerlo en MoTeC

Superpón los canales **Steer Angle** y **Ground Speed**. En una curva bien ejecutada, el ángulo máximo de dirección debería coincidir aproximadamente con el mínimo de velocidad (car apex). Si el ángulo máximo está mucho antes del mínimo de velocidad, estás girando demasiado pronto y luego corrigiendo con más volante. Si está mucho después, tardas demasiado en completar el giro.

Salida de Curva y Gestión del Acelerador

Todo lo anterior existe para llegar aquí en la posición correcta.

La salida de curva es donde se gana o se pierde el lap time acumulado. Todo lo que hiciste antes — la visión, la frenada, el trail, el car apex — existe únicamente para llegar a este momento en la posición correcta y poder acelerar antes, más fuerte, y con el coche más estable. Una diferencia de 30 metros en el punto de gas completo equivale a **0.2–0.4 segundos en una recta de 500 metros.**

Cuándo Abrir el Gas — La Respuesta Correcta

No es "lo más pronto posible". La respuesta exacta es: en el momento en que el coche puede asumir carga longitudinal **sin perder la línea de salida**. Ese momento varía con:

- **El balance del coche:** un coche con más tracción trasera (springs, diferencial, downforce trasero) permite gas antes.
- **La temperatura de neumáticos:** neumáticos fríos o degradados toleran menos gas en el mismo punto.
- **El nivel de combustible:** con el tanque lleno hay más peso trasero, lo que da más grip trasero y permite gas algo antes.
- **El tipo de curva:** salidas lentas requieren más progresividad; salidas de alta velocidad en coches con downforce permiten gas más agresivo.

La Transición de Grip — Lo que Ocurre Físicamente

Cuando el coche está en el apex y empieza a acelerar, ocurre una transición en el grip disponible: el neumático pasa de usar su capacidad para girar a usarla para acelerar. Estas dos demandas compiten en el mismo círculo de fricción. Si se añade aceleración antes de haber liberado la mayoría del giro, el neumático tiene que repartir su capacidad entre ambas — y puede perder tracción trasera.

La ejecución óptima sigue este orden: el ángulo de dirección empieza a reducirse → simultáneamente se inicia la apertura de gas → a medida que el radio se abre, más gas es posible hasta llegar al 100%. Es un proceso continuo, no tres pasos separados.

El "Throttle Jump" — Técnica Avanzada de Salida

En coches de alto grip o con control de tracción, existe una técnica específica para maximizar la aceleración de salida. En lugar de una apertura completamente lineal, se hace un **"salto" inicial al 30–50% de gas** tan pronto como el coche está orientado, seguido de la apertura final a fondo. Este salto inicial carga el eje trasero inmediatamente, planta los neumáticos, y permite llegar a gas completo antes que con una apertura 100% progresiva.

Tipo de Coche	Throttle Jump	Razón
GT3 (con TC)	Hasta el 100%	El control de tracción modula la potencia
F2 / LMP2	30–50%	El torque puede sobresaturar los traseros
Coches sin TC	Muy progresivo, adaptado a cada curva	La apertura debe seguir al grip disponible específico de esa salida

Control de Sobreviraje y Subviraje — "Manejar con los Pies"

La técnica de **"steering with your feet"** es fundamental para el control avanzado del coche. Usando throttle y freno, no solo el volante, puedes ajustar la distribución de peso y recuperar el equilibrio del coche en tiempo real durante la curva.

Tipos de Sobreviraje y su Origen

Tipo	Cómo ocurre	Corrección
Sobreviraje de potencia	Demasiado gas con el volante girado — traseras se saturan entre tracción y carga lateral	Reducir gas progresivamente + contravolante suave y simultáneo
Lift-off oversteer	Levantar el gas abruptamente en mid-corner — peso se transfiere adelante súbitamente, traseras pierden grip	Nunca levantar de golpe en curva — soltar gas de forma progresiva o mantenerlo
Snap oversteer	Transición rápida de subviraje a sobreviraje — el piloto añade demasiado volante al subvirar, cuando el grip regresa el coche rota violentamente	No añadir volante al subvirar — esperar que el coche regrese y solo entonces contravolantear
Sobreviraje de frenada	Frenos traseros bloquean en la entrada a curva — eje trasero pierde contacto efectivo	Ajustar brake bias más hacia delante + liberación más progresiva del freno



SOBREVIRAJE VS. SUBVIRAJE — CUÁL ES PEOR

En la mayoría de casos, **es mejor tener un coche sobrevirador que subvirador**. El sobreviraje puede controlarse con throttle y contravolante. El subviraje fuerte no tiene corrección inmediata — solo esperar a que los delanteros recuperen grip, lo cual requiere reducir velocidad drásticamente. Verstappen famosamente prefiere coches con tendencia al sobreviraje: le permite rotar el coche para estar orientado antes del apex.

Corrección del Sobreviraje en iRacing vs. ACC

La física de neumáticos varía entre simuladores. En **ACC**, el contravolante funciona de forma progresiva y el coche perdona. En **iRacing**, la física de neumáticos es más extrema — el slip angle cae abruptamente, por lo que el contravolante debe anticiparse: si esperas a sentir el cambio de rotación para contravolantear, ya llegas tarde. La técnica de combinar freno + gas simultáneamente (100% de ambos) puede detener la rotación en iRacing mejor que el contravolante solo en situaciones límite.

Sobreviraje de Aceleración — Tres Niveles de Respuesta

Nivel	Situación	Respuesta
Nivel 1	Pequeño deslizamiento trasero	Reduce el gas un 10–20% momentáneamente. El coche se reagrupa y vuelves a gas completo. Esta corrección es invisible en datos y no cuesta tiempo relevante.
Nivel 2	Deslizamiento significativo	Contravolante simultáneo al alivio de gas. El volante se gira en la dirección contraria al deslizamiento. Libera el gas al mismo tiempo. Cuando el coche se estabiliza, retoma el gas de forma progresiva.
Nivel 3	Sobreviraje consistente en la misma curva	Prevención: Un car apex más tardío, una apertura más gradual, o un ajuste de diferencial eliminan el problema de raíz. Si ocurre consistentemente, la causa es técnica — no mala suerte.



GESTIÓN EN CARRERA VS. CLASIFICACIÓN

En clasificación, cada curva es al límite absoluto. En carrera, la variable crítica es la degradación de neumáticos. Una apertura de gas agresiva en una curva crítica genera calor en el neumático trasero exterior — si se repite durante 20 vueltas, el neumático se degrada antes. La diferencia entre un piloto que gestiona y uno que no puede ser de **8–12 vueltas de vida del compuesto** en una carrera de Le Mans.



ERROR CLÁSICO — EL GAS ANTES DE ENDEREZAR

Aplicar gas agresivo con el volante todavía girado es la causa número uno de oversteer de salida. El neumático trasero está simultáneamente girando (demanda lateral) y acelerando (demanda longitudinal) — el círculo de fricción se satura y la trasera sale. **Regla práctica: el ángulo de volante debe ser decreciente en el momento en que añades gas significativo.**

Setup Completo y Ajustes de Chasis

El setup no es un fin en sí mismo — es una herramienta para que el coche se adapte a tu estilo y a las condiciones.

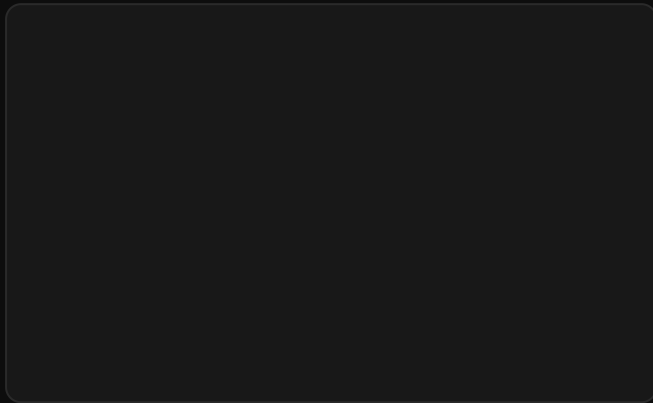
Para ajustar bien, primero necesitas entender qué hace cada parámetro con precisión técnica. Esta sección cubre todos los ajustes fundamentales del chasis con la profundidad que merece.



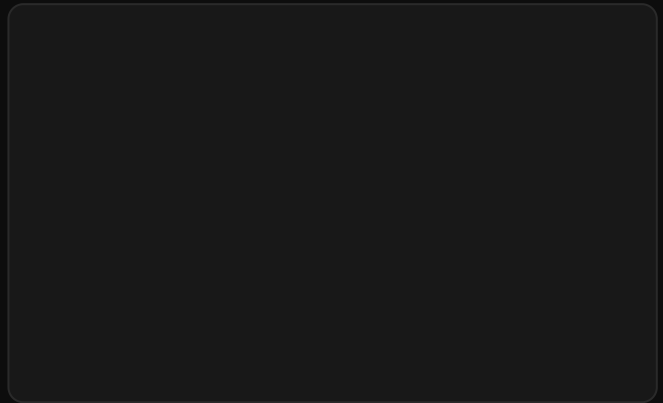
REGLA DE ORO

Antes de cambiar cualquier parámetro, describe exactamente qué problema tienes y en qué fase de la curva ocurre. "El coche no gira" no es accionable. "Subviraje en la entrada al T4 cuando aplico trail braking" sí lo es. **Cambia un solo parámetro a la vez** y rueda al menos 3 vueltas antes de evaluar.

Camber — Geometría de Rueda



Img 7.1 — Camber negativo: la parte superior de la rueda se inclina hacia el interior del coche



Img 7.2 — Lectura pirómetro: Interior/Medio/Exterior — diagnóstico científico de camber y presión

CAMBER NEGATIVO ✓



CAMBER POSITIVO ✗

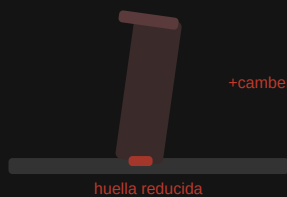


Fig. 7.1 — Camber negativo maximiza la huella de contacto en curva; positivo la reduce

Fig. 7.1 — Camber negativo (correcto): la parte superior de la rueda se inclina hacia el centro del coche. En curva, el rolido del chasis tiende a verticalizar la rueda, y el camber negativo compensa esa tendencia manteniendo la huella de contacto completa.

El camber es la inclinación hacia adentro o hacia afuera de la rueda vista desde el frente. El camber negativo inclina la parte superior hacia el centro del vehículo. Su función es mantener la mayor superficie posible del neumático en contacto durante el giro — cuando el coche rola en curva, el neumático exterior tiende a inclinarse hacia afuera. El camber negativo compensa esa pérdida, maximizando la huella de contacto.

Lectura Pirómetro (Interior/Medio/Exterior)	Diagnóstico	Acción
Interior mucho más caliente	Exceso de camber negativo — la rueda se apoya en el filo interior	Reducir camber negativo
Exterior mucho más caliente	Camber insuficiente — la rueda se apoya en el filo exterior en curva	Aumentar camber negativo
Centro más caliente que ambos filos	Neumático sobreinflado	Reducir presión
Centro más frío que ambos filos	Neumático subinflado	Aumentar presión
Temperatura uniforme en las tres zonas	✓ Camber correcto — huella de contacto completa	No cambiar

Proceso de ajuste recomendado: Rueda 10 vueltas → toma temperaturas → ajusta cambers delanteros → rueda 10 vueltas → ajusta presión → rueda 10 vueltas → ajusta toe si es necesario → repite. Nunca combines dos cambios en la misma sesión.

Caster — Estabilidad Direccional

Img 7.3 — Caster positivo (correcto): el pivote inclinado hacia atrás crea estabilidad natural y autocorrección en recta



Fig. 7.2 — Caster positivo: la inclinación del pivote hacia atrás crea estabilidad natural en recta (auto-centra) y más feedback en el FFB. El caster negativo elimina ese efecto — el coche se vuelve incontrolable.

El caster es la inclinación hacia adelante o hacia atrás del pivote de dirección visto de lado. El caster positivo inclina la parte superior del pivote hacia la trasera — es la configuración estándar y proporciona estabilidad direccional natural. Analogía: imagina las ruedas de una silla de oficina — cuando empujas la silla, las ruedas se alinean solas. Con caster negativo, la silla se vuelve incontrolable.

MÁS CASTER POSITIVO

Efectos

Más feedback en el volante. Mayor estabilidad en recta. Afloja el chasis al girar porque el giro extrae cross weight dinámicamente. Más fácil atrapar slides en la salida. Útil en circuitos técnicos y lentos.

CASTER SPLIT (RF ≠ LF)

Diferencial de Caster

El coche tiende a girar hacia el lado con menor caster positivo. En pistas con solo curvas a izquierda, se usa más caster en RF. Mayor split = más fácil girar + más inestabilidad al frenar + mayor esfuerzo de contravolante en recta.



ADVERTENCIA — FFB Y CASTER

En simuladores con volante de fuerza (FFB), el caster alto puede hacer el volante muy pesado. Calibra el FFB después de cada cambio de caster para mantener la sensibilidad óptima sin fatiga. Demasiado caster + FFB pesado = decisiones tardías en curva.

Toe — Convergencia / Divergencia



Fig. 7.3 — Toe out (divergencia): las puntas de las ruedas apuntan hacia afuera. Facilita el giro inicial. Diagnóstico térmico: ambos filos interiores calientes = demasiado toe out; ambos exteriores calientes = exceso de toe in.

El toe describe si las ruedas del mismo eje apuntan hacia adentro (toe in) o hacia afuera (toe out) vistas desde arriba. En el eje delantero, el toe out es el estándar en competición porque previene el subviraje inicial.

Ajuste	Efecto	Firma térmica	Cuándo usarlo
Mayor toe out delantero	Mejor grip en entrada de curva. Excesivo crea scrub en recta y temperatura elevada en el filo interior.	Ambos filos interiores delanteros más calientes	Circuitos técnicos y lentos
Mayor toe in delantero	El coche entra en curva más rápido en ciertos setups. Temperatura más alta en filo exterior.	Ambos exteriores delanteros más calientes	Pistas de alta velocidad con curvas largas
Punto de partida	0.050 toe out — ajusta fino solo cuando el resto del setup esté estable	—	Base para cualquier circuito

Amortiguadores (Shocks) — Control de Transferencia de Peso

Img 7.4 — Amortiguador: compresión (pisón baja) vs. rebound (pisón sube) — controla la velocidad de transferencia de peso



Fig. 7.4 — Anatomía del shock y efectos por posición y fase. Compresión dura = el coche tarda más en hundirse bajo carga. Rebound duro = tarda más en extenderse al quitarse la carga. Nunca cambies 2 shocks a la vez.

Los amortiguadores no controlan **cuánto** peso se transfiere — los muelles hacen eso. Los amortiguadores controlan con qué **velocidad** ocurre esa transferencia. **Regla universal: amortiguador más rígido = menos grip en esa esquina.**

Posición	Compresión ↑ (más dura)	Rebound ↑ (más duro)
Delantera	Chasis más apretado al frenar	Chasis más apretado al acelerar

Posición	Compresión ↑ (más dura)	Rebound ↑ (más duro)
Trasera	Chasis más suelto al acelerar	Chasis más suelto al frenar

Estrategia progresiva: Empieza con shocks 50/50 (compresión = rebound). Identifica si el problema es en frenada (entrada) o en aceleración (salida). Ajusta solo la variable que corresponde a esa fase. Nunca cambies 2 shocks a la vez.

Presión de Neumáticos — El Ajuste Más Dinámico

Img 7.5 — Huella de contacto según presión: subinflado (filos trabajan), óptimo (uniforme), sobreinflado (solo centro)

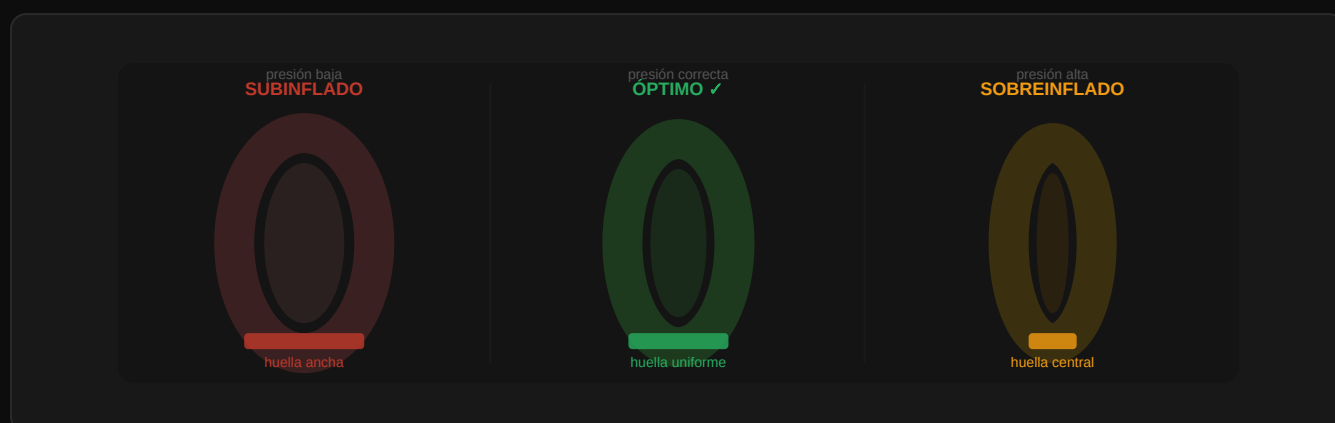


Fig. 7.5 — Efecto de la presión en la huella de contacto. Subinflado: desgaste en los filos, temperatura alta. Óptimo: huella uniforme, grip máximo. Sobreinflado: solo el centro toca, pérdida de grip lateral pero mayor velocidad punta.

La presión cambia constantemente con la temperatura durante la sesión. Los neumáticos se calientan, el aire se expande, la presión sube — y con ella cambia el tamaño de la huella de contacto, la rigidez de la pared lateral, y el comportamiento del chasis.

- **Presión baja → más calor → más desgaste:** El neumático deflexiona más, genera más fricción interna. Útil a corto plazo, perjudicial en stints largos.
- **Presión alta → menos calor → menor desgaste:** Menos deformación, menos grip mecánico, mayor velocidad punta.
- **Stagger:** La diferencia de circunferencia entre neumáticos derecha/izquierda. Un neumático mayor en el lado derecho hace que el coche tienda a girar hacia la izquierda naturalmente.

Guía de Diagnóstico Completa — Temperaturas de Neumático

Síntoma Térmico	Diagnóstico	Acción
RF interior mucho más caliente	Exceso camber negativo RF	Reducir camber negativo RF
RF exterior mucho más caliente	Exceso camber positivo RF	Aumentar camber negativo RF

Síntoma Térmico	Diagnóstico	Acción
Centro más caliente en ambos delanteros	Sobreinflado	Reducir presión
Centro más frío en ambos delanteros	Subinflado	Aumentar presión
Interior de ambos delanteros más caliente	Exceso toe out	Reducir toe out
Exterior de ambos delanteros más caliente	Exceso toe in	Aumentar toe out
RF más de 10°F sobre RR	Chasis apretado (push)	Resorte RF más blando o RR más rígido
RR más caliente que RF	Chasis suelto (loose)	Resorte RR más blando
Un neumático mucho más caliente que los otros tres	Esa esquina trabaja demasiado	Reducir carga en esa esquina

Wedge, Track Bar y Balance Global

Wedge (Cross Weight): El peso total de las esquinas RF y LR dividido entre el peso total del coche.

Wedge alto → chasis más apretado (subviraje tendencia). Wedge bajo → chasis más suelto (sobreviraje tendencia). Se ajusta mediante los pernos de carga sobre los muelles RF y LR.

Track Bar (Panhard Bar): Mantiene el eje trasero centrado durante las curvas. Sus montajes son ajustables en altura y cambian el roll center trasero. Subir ambos extremos → afloja el chasis. Bajar ambos extremos → aprieta el chasis.

Aerodinámica, Diferencial y Brake Bias

Aerodinámica: Mayor downforce = más carga sobre neumáticos, más agarre en curva, menor velocidad punta. En Le Mans, Monza o Spa sector 1: menor downforce. En circuitos técnicos: mayor downforce.

Grill Tape (Sim Racing): En simuladores que lo implementan, la cinta de rejilla cubre las entradas de aire del radiador. Mayor cobertura → menos resistencia aerodinámica → mayor velocidad punta → mayor carga en el morro → afloja el chasis. La temperatura del motor limita cuánta cinta puedes usar — vigila siempre el agua y el aceite. Con calor ambiental alto necesitarás menos cinta para evitar el sobrecalentamiento.

Diferencial: Más cerrado en aceleración = más tracción pero más sobreviraje agresivo. Más abierto = salidas más suaves. En rF2 y LMU se modelan preload, ramp angle de aceleración y frenada de forma independiente. El ramp de frenada afecta la entrada a curva; el de aceleración afecta la salida.

Brake Bias: Distribuye la presión de freno entre el eje delantero y trasero. Más adelante → estabilidad trasera, riesgo de bloqueo delantero. Más atrás → mayor frenada trasera, riesgo de spin. Ajústalo también según el nivel de combustible — con el tanque lleno el eje trasero tiene más carga.

Guía de Diagnóstico Rápido — Síntomas y Causas

Problema	Causas Comunes
Suelto en Entrada	Demasiado caster · stagger excesivo · RF caster muy alto · exceso camber negativo RF · track bar muy alto · wedge muy bajo · rebound trasero muy rígido · compresión delantera muy blanda · demasiado trail braking
Push (Subviraje) en Entrada	Poco stagger · exceso de toe out · poco camber negativo RF · poco brake bias trasero · front sway bar muy grande · muelles delanteros muy rígidos · track bar muy bajo · wedge muy alto
Suelto en el Medio	Wedge muy bajo · RF muelle muy blando · RR muelle muy rígido · RR psi muy alto · track bar muy alto · demasiado stagger · exceso de caster positivo
Push en el Medio	Wedge muy alto · RF muelle muy duro · RR muelle muy blando · RR psi muy bajo · stagger bajo · track bar muy bajo · poco caster positivo
Suelto en Salida	Demasiado stagger · wedge bajo · LR muelle muy blando · RR muelle muy duro · RR psi muy alto · LR psi muy bajo · diferencial muy cerrado · rebound delantero demasiado suave · track bar alto
Push en Salida	Poco stagger · wedge alto · LR muelle muy duro · RR muelle muy blando · LR psi muy alto · diferencial demasiado cerrado · front sway bar muy grande · rebound delantero muy rígido

Mentalidad de Piloto Competitivo

Las habilidades técnicas son solo la mitad de la ecuación.

Los mejores pilotos de sim racing tienen algo en común que va más allá del lap time: una estructura mental que convierte cada sesión en aprendizaje accionable. La mejora en sim racing no es lineal. Hay plateau largos donde sientes que no avanzas — y saltos repentinos cuando algo hace "click". La diferencia entre quien supera los plateau y quien se rinde está en la **calidad de la práctica**, no en la cantidad de horas.

Img 8.1 — Setup de sim racing profesional: Direct Drive wheel, load cell pedals y rig de aluminio

El Proceso de Mejora

Práctica sin objetivo = no es práctica. Antes de cada sesión define: ¿qué quiero mejorar específicamente hoy? "Mejorar mi tiempo de vuelta" no es un objetivo. "Encontrar 0.3s en la chicane del T7 mejorando mi punto de frenada" sí lo es.

Gestión de Errores

Los errores son información, no fracasos. Cuando vayas al muro o pierdas el control, no reinicies inmediatamente. Pregúntate: ¿dónde estaba mirando? ¿Estaba en el límite del freno o lo crucé? ¿Apliqué gas demasiado pronto? La respuesta honesta a estas preguntas vale más que 10 vueltas adicionales sin reflexión.

Consistencia sobre Velocidad Máxima

Un piloto que hace 10 vueltas consecutivas en 1:32.5 es más valioso en carrera que uno que hace una vuelta en 1:31.8 y las demás en 1:33.5–1:34.0. La consistencia es el resultado del dominio técnico real. Si tu mejor y peor vuelta difieren en más de 1 segundo, la consistencia debe ser tu prioridad antes que la velocidad pura.

Carrera vs. Clasificación vs. Práctica

Son tres habilidades distintas que requieren mentalidad diferente:

- **Práctica:** Experimentación sin consecuencias, máximo riesgo aceptable. Es el momento para probar técnicas nuevas y encontrar el límite real del coche.
- **Clasificación:** 1–3 vueltas al 100% de concentración, memorización de referencias perfectas. Error = vuelta perdida. No hay margen para experimentar.
- **Carrera:** Gestión de recursos (neumáticos, combustible, rivales), toma de decisiones bajo presión, ritmo sostenido sin errores.

Preparación Física y Mental

Aunque sim racing se practica sentado, la hidratación, el descanso y el estado mental afectan directamente el rendimiento. Sesiones de más de **90 minutos sin descanso** producen fatiga cognitiva que se traduce en errores de concentración. Un sim racer de élite trata sus sesiones con el mismo respeto que un atleta trata un entrenamiento.

Cómo Estudiar un Circuito Nuevo

1 Estudia el layout en satélite

Google Maps / Earth te da la geometría real. Identifica los apexes, las secuencias, las zonas de frenada probable. Los rastros de goma revelan la trazada óptima que otros ya encontraron.

2 Ve onboard del mejor

Busca onboards de los pilotos más rápidos de la categoría en ese circuito. Observa visión, puntos de frenada, apex, y estilo de aceleración. No imites ciegamente — analiza por qué funciona.

3 Primera sesión lenta y consciente

Al 60% de ritmo. Memoriza referencias, identifica cambios de grip, estudia los bordillos seguros e inseguros. El mapa mental del circuito es más valioso que los primeros tiempos.

4 Construye ritmo progresivamente

Segunda sesión al 80%, tercera al 95%. No intentes el 100% hasta tener las referencias memorizadas automáticamente. La confianza construida progresivamente es más sólida que la arrancada agresiva.



MENTALIDAD DE EQUIPO

Comparte tus datos con compañeros de equipo. El análisis cruzado de telemetría revela hábitos ciegos que no puedes detectar solo — cosas que haces de forma tan consistente que ya no las percibes como área de mejora. Un segundo par de ojos en tus datos MoTeC vale más que horas de práctica individual.

La estrategia de carrera es el meta-juego del sim racing: los pilotos con mayor pace no siempre ganan. Gestionar combustible, neumáticos y ventanas de pit puede compensar hasta 0.5 segundos de déficit de pace puro.

Cálculo de Combustible

El proceso correcto: hacer 3–5 laps al ritmo de carrera (no clasificación) y registrar el consumo promedio por vuelta. **Nunca uses el ritmo de clasificación para calcular combustible** — consume significativamente más. Añade siempre 1–2 laps de margen para compensar periodos bajo safety car, vueltas de formación y variaciones de temperatura.

- **Temperaturas calientes:** esperan 2–5% más de consumo de combustible
- **Lluvia:** el ritmo más lento reduce el consumo pero el tiempo de vuelta sube — calcular en función del tiempo total de carrera, no de las vueltas
- **Vuelta de pit:** la vuelta de salida de boxes consume combustible pero no suele ser a ritmo de carrera — incluirla en el cálculo

Undercut vs. Overcut

Undercut: Entrar a boxes antes que el rival para salir con neumáticos frescos y atacar en las vueltas donde ellos aún corren con neumáticos usados. Efectivo cuando: el coche es rápido en vuelta de install, el rival no puede responder inmediatamente, o el pit lane no es demasiado largo.

Overcut: Quedarte fuera más tiempo que el rival esperando que el track position o el ritmo de degradación te favorezca. Efectivo cuando: tienes mejor gestión de neumáticos, la pista tiene mucho degradación o el rival tiene que parar obligatoriamente por fuel.



ESTRATEGIA DE NEUMÁTICOS EN ENDURANCE

En resistencia, los neumáticos típicamente duran 45–90 minutos dependiendo del coche y circuito. La regla de oro: **planear los pit stops alrededor de las ventanas de neumático, no solo del combustible**. Un doble stint de neumático (parar solo a repostar sin cambiar gomas) puede ser más rápido en total si el compuesto aguanta y el tiempo de pit es menor — pero analiza las temperaturas en MoTeC para confirmar que el neumático no está degradado.

12 Drills para Implementar Hoy

Los ejercicios que convierten cada capítulo de esta guía en tiempo real en pista.

Cada drill aquí está diseñado para trabajar un concepto específico de esta guía. Trabaja uno a la vez, con sesiones de 15–20 minutos de foco total. No mezcles drills en la misma sesión. Un drill bien ejecutado vale más que dos horas de laps sin estructura.

VISIÓN

01

Verbalización de Referencias

5–10 vueltas al 60% nombrando en voz alta cada punto de referencia antes de llegar a él. Sin presión de tiempo. Solo visión. Si no puedes nombrarlo, no lo estabas mirando.

TRAZADA

02

Sin Racing Line

Apaga el asistente de línea permanentemente. Estudia el circuito en satélite primero y construye tus propias referencias. La dependencia del asistente paraliza el desarrollo de la visión anticipatoria.

FRENADA

03

Búsqueda del Threshold

Frena en línea recta antes de la zona de frenada, aumentando presión cada vuelta hasta identificar el límite del neumático por la vibración del FFB. Ese umbral sensorial es tu threshold.

FRENADA

04

Trail Braking Progressivo

Intenta mantener una fracción de freno hasta el apex en una curva específica. Observa cómo cambia la rotación del coche. Compara el perfil en MoTeC (BrakePres + Steer Angle superpuestos).

CÍRCULO DE FRICCIÓN

05

Círculos de Velocidad

Rueda en círculos en una zona amplia, aumentando velocidad hasta que los neumáticos pierdan agarre lateral. Memoriza esa sensación de FFB — es el 100% del eje horizontal del círculo de fricción.

MID-CORNER

06

Car Apex Retrasado

Prueba a retrasar deliberadamente tu apex en 3–4 curvas. Compara la velocidad de salida y el tiempo resultante con MoTeC. El canal Ground Speed mínimo debe aparecer antes del track apex.

SALIDA

07

Gas Progresivo vs. Explosivo

En la misma curva, prueba apertura de gas explosiva vs. progresiva. Compara en MoTeC: ¿cuál produce

MOTEC

08

Análisis de Delta Time

Carga 5 vueltas y activa el canal Delta Time. Identifica las 3 zonas donde más tiempo pierdes.

mejor velocidad en el punto de 100m de recta? El canal Throttle superpuesto a Steer Angle lo revela.

Define un objetivo específico para la siguiente sesión. No intentes mejorar todo a la vez.

MOTEC

09

Curva G-G

Grafica G-Force Lat vs. G-Force Long en MoTeC. Identifica zonas donde estás lejos del límite exterior del círculo — ahí está el tiempo disponible. Arcos suaves en las esquinas = trail braking correcto.

CONSISTENCIA

10

20 Vueltas Idénticas

Rueda 20 vueltas consecutivas intentando que cada una sea lo más igual posible a la anterior. Evalúa la desviación estándar en MoTeC. Si supera 0.5 seg entre mejor y peor, la consistencia es tu prioridad.

SETUP

11

Cambio Único

Modifica un solo parámetro de setup. Rueda 3 vueltas. Evalúa. Documenta el resultado antes de cambiar cualquier otra cosa. Si el resultado no es claro, necesitas más vueltas — no otro cambio.

CARRERA

12

Stint de Neumáticos

Rueda un stint completo de 20+ vueltas monitorizando temperaturas de neumáticos en MoTeC. Aprende cómo gestionar el calor sin degradación excesiva. Este drill integra todos los capítulos anteriores.

La Velocidad es una Consecuencia

De la visión correcta. De la frenada precisa. Del car apex antes del track apex. Del gas en el momento justo. Del setup que entiendes. La velocidad no se busca directamente — se construye sistemáticamente, décima a décima.

Aviso de Responsabilidad: Esta guía tiene carácter exclusivamente educativo e informativo para el contexto del sim racing y la simulación de automovilismo. Los principios descritos se basan en física del automóvil aplicada a entornos de simulación. El autor no se responsabiliza por ningún uso de esta información fuera del contexto de simuladores de carreras, ni por decisiones de setup o pilotaje tomadas con base en este contenido. Compatibilidad: rFactor2 · Le Mans Ultimate · iRacing · Assetto Corsa Competizione. Edición 2026.