

HACIENDO LA BICICLETA DE CARRERAS MÁS RÁPIDA DEL MUNDO

# Tarmac SL8 White Paper



# Tabla de contenido

- 03 | Resumen ejecutivo
- 04 | Introducción
  - A. Condiciones de prueba
  - B. Estado de la velocidad
- 09 | Desarrollo
  - A. Aerodinámica
  - B. Peso
  - C. Calidad de rodado y rigidez
- 21 | Validación
- 22 | Apéndice



## RESUMEN EJECUTIVO

Durante casi medio siglo, la innovación ha sido el núcleo de cada producto que desarrollamos. La Tarmac SL8 es uno de los mejores ejemplos del impulso de nuestro equipo para ofrecer a los ciclistas la siguiente bicicleta más innovadora de la industria.

En los últimos 15 años, las bicicletas de carretera se han segmentado en "aerodinámicas" o en "escaladoras versátiles". A medida que nuestro equipo desarrolló una Venge más ligera y una Tarmac más aerodinámica, las líneas entre estos dos segmentos de bicicletas comenzaron a desdibujarse y la próxima gran innovación se hizo evidente.

Tomamos nuestra riqueza de conocimientos de décadas de desarrollo aerodinámico y la experiencia en peso ligero de la Tarmac SL6 para crear la Tarmac SL7, una bicicleta con más victorias en carreras World Tour que cualquier otra bicicleta en el mismo período de tiempo.

Decir que estamos orgullosos de la siguiente generación de la Tarmac sería quedarse corto. Eclipsa a la Venge 2020 como la bicicleta de carretera más aerodinámica que jamás hayamos fabricado, además el chasis es más de 200 g más ligero que el SL7 y mejora las mismas características de manejo ya comprobadas de la Tarmac. Cuando decimos "una bicicleta para conquistar a todas las demás", lo decimos en serio. La Tarmac SL8 es la bicicleta más rápida del mundo.

TARMAC SL8

# Introducción

El desarrollo de todas nuestras bicicletas está unido por un hilo simple: nos obsesiona encontrar beneficios de rendimiento técnico para el ciclista más exigente. Para la Tarmac SL8, eso significa ayudar a nuestros atletas de carretera del World Tour a llegar primero a la línea de meta, reducir el tiempo de los segmentos locales de Strava o ganar sprints en la línea de llegada de la ciudad en un paseo en grupo los sábados.

Antes de que comenzáramos el desarrollo en serio de la SL8, era clave establecer métricas para crear y proporcionar un entorno consistente para pruebas de prototipos aerodinámicos. Estas métricas se basan en décadas de experiencia trabajando con los mejores ciclistas de ruta del mundo, y todos los ciclistas de ruta pueden beneficiarse de este rendimiento aerodinámico mejorado. El viento que experimentan la bicicleta y el ciclista depende de una variedad de factores. La velocidad del viento, la dirección del mismo y la velocidad del ciclista tienen un gran impacto en el viento que siente el ciclista durante un viaje y, a su vez, en el rendimiento de una bicicleta aerodinámica para minimizar la resistencia. La curva de guiñada utilizada durante todo el desarrollo de la SL8, así como la evaluación comparativa en una variedad de otras bicicletas de carretera, reprodujo velocidades de ciclista de 45 km/h con una variedad de velocidades del viento provenientes de todos los ángulos, con los ángulos de guiñada más comunes del mundo real ponderados más pesado en nuestra puntuación. Cuando afirmamos que la Tarmac SL8 es "16,6 segundos más rápida que la SL7 en 40 km", estos son los ingredientes exactos.

TARMAC SL8

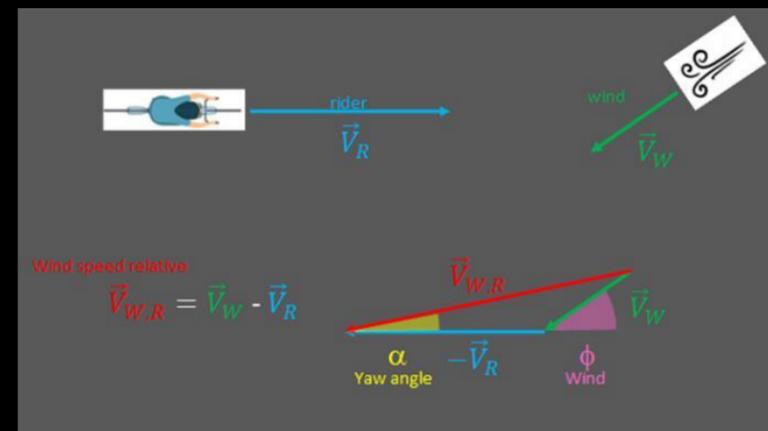
SPECIALIZED BICYCLE COMPONENTS | 04

COMPLETAMENTE NUEVA TARMAC SL8

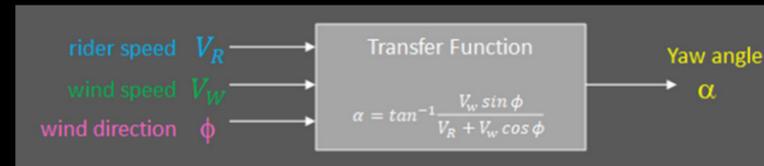
# Condiciones de prueba

# Condiciones de prueba

Un ciclista con velocidad  $V_r$  experimenta una velocidad relativa del viento que es una composición de su velocidad y la velocidad del viento. Aunque la velocidad del viento tiene una dirección  $\Phi$  y una magnitud absoluta  $V_w$ , la velocidad relativa del viento con respecto al ciclista  $V_{w,r}$  es diferente, dependiendo de qué tan rápido rueda el ciclista. El ángulo del viento con respecto al ciclista (a lo que nos referimos como "ángulo del viento"  $\alpha$ ) es una función de la velocidad del ciclista, la velocidad del viento y la dirección del viento:



*Función de densidad de probabilidad de los ángulos del aire experimentados por el ciclista en condiciones típicas de conducción*



El equipo de desarrollo trató la ecuación anterior como una "función de transferencia" entre entradas: velocidad del ciclista  $V_r$ , velocidad del viento  $V_w$ , dirección del viento  $\Phi$  y salida (ángulo de viento  $\alpha$ ). Esta función de transferencia es válida durante cada momento de la rodada, por lo que el equipo aplicó una "población" de entradas para generar una "población" de ángulos de viento. Estos principios se adhieren a la función de densidad de Weibull, un estándar bien establecido en la industria automotriz y de turbinas eólicas.

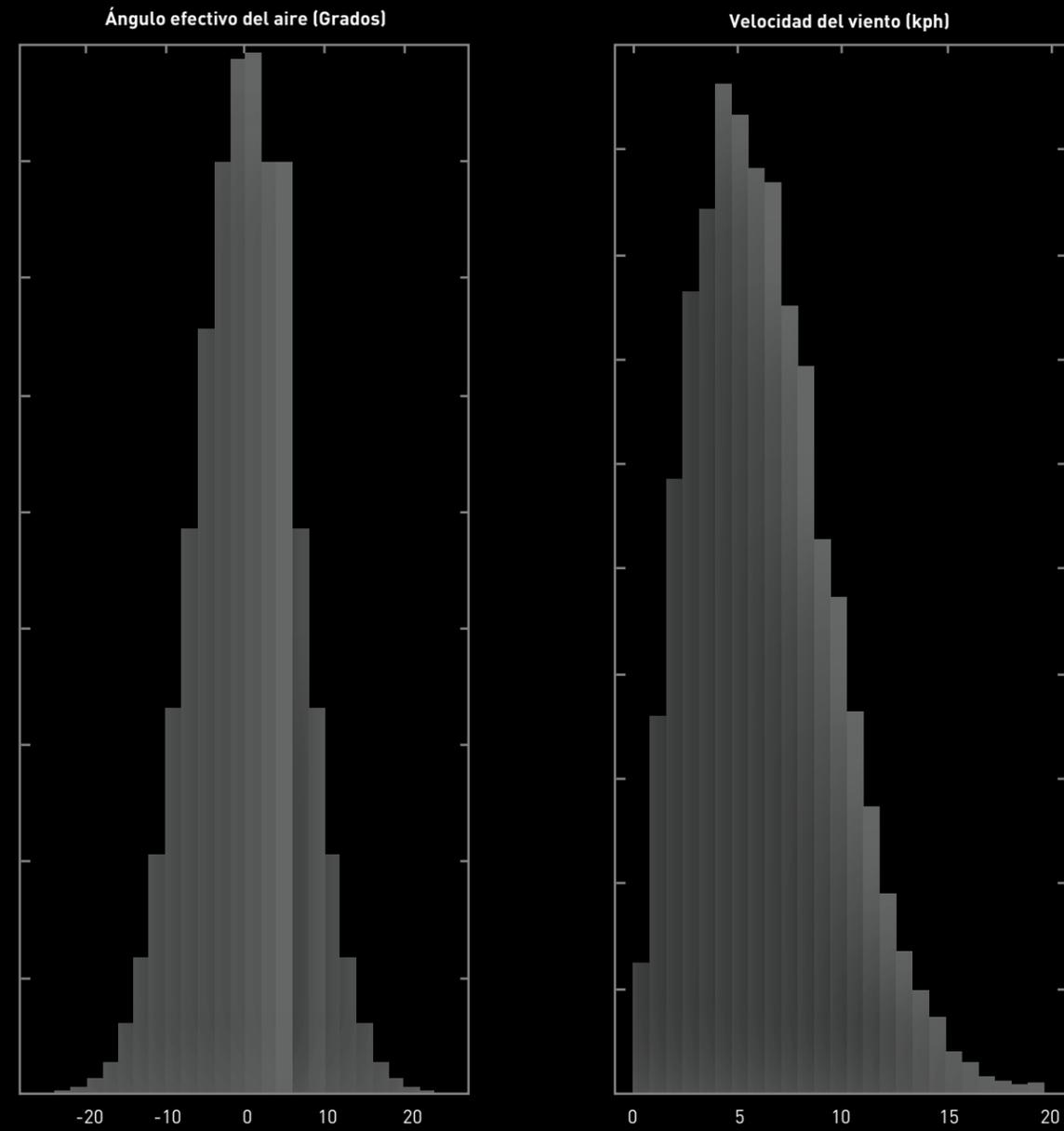
Los valores de velocidad y dirección del viento de "entrada" se basan en condiciones de conducción del mundo real recopiladas a lo largo de décadas de investigación y desarrollo aerodinámico, por lo que los ángulos de viento de "salida" para los que está diseñado el SL8 son representativos de los ángulos de viento del mundo real que experimentarían los ciclistas.

Estos conceptos fueron la piedra angular del desarrollo de la SL8, informando directamente las decisiones de diseño clave a lo largo del proyecto. La forma de los tubos aerodinámicos en la parte delantera de la SL8, o los tubos del cuadro optimizados para el peso y la rigidez (tubo inferior), fueron resultado de las fórmulas enumeradas anteriormente.

Para comparar la SL8 con otras bicicletas, creamos una población de 10.000 rodadas individuales y se procesó los ángulos del viento. Estos valores se usaron luego para establecer nuestro rango de ángulo de viento del túnel de viento y para calcular los valores de  $C_dA$  para varios diseños de bicicletas.

# Condiciones de prueba

Ángulo de viento efectivo y velocidad del viento utilizados para la evaluación comparativa de la Tarmac SL8 :



# Estado de la velocidad

Dado que la Tarmac SL8 es más aerodinámica que la Venge, sería fácil decir que "la aerodinámica lo es todo" y dar por terminado el día. Pero también sabemos que el peso es un factor crucial, y que hay muchos recorridos con subidas de HC, descensos vertiginosos y sprints planos. Sabíamos que la Tarmac SL8 debía estar en el límite UCI (6,8 kg/15 lb) lista para rodar, en un paquete aerodinámico completo. Nuestros ciclistas necesitaban estar en la bicicleta perfecta en cualquier escenario, sin dudar nunca de su elección para los recorridos del día.

Un cuadro aerodinámico y ligero es genial, pero si es flexible bajo altas cargas de pedaleo, o no responde de manera precisa a las exigencias de manejo que implica entrar en la curva final faltanado 200 metros, se ha perdido todo. La Tarmac SL8 utilizó la experiencia en fibra de carbono de nuestro equipo guiada por los principios de Rider First Engineering para ajustar la rigidez por tamaño. el resultado fue valores de elasticidad vertical, Zedler, caja de eje pedalier, extremo delantero y rigidez del triángulo trasero que superan a la Tarmac SL7.

En pocas palabras, la aerodinámica no es el único ingrediente para la velocidad. Es, por supuesto, un factor clave, pero el estado moderno de la velocidad requiere una ecuación más compleja. Puede que no sea necesario un título en ingeniería mecánica para saber que la aerodinámica, el peso, y la rigidez son prioridades en conflicto, pero se necesita un equipo de ingenieros brillantes para equilibrar estos atributos y darle vida a la bicicleta de carretera más rápida que jamás hayamos fabricado.

**Velocidad en subida**



**Ligereza de peso: Gramos del cuadro**

**Velocidad: CdA x Peso**

Etapa de montaña: +/- 5000m elevación

Etapa plana: +/- 500m elevación

**Comodidad: Suavidad sobre el asiento**

**Respuesta de manejo: Rigidez / Peso**

COMPLETAMENTE NUEVA TARMAC SL8

# Desarrollo

# Desarrollo

El desarrollo de la Tarmac SL8 fue guiado por nuestra nueva "ecuación" para la velocidad:

**SL8 = [aero: igual o mejor que Venge] x [peso: 6.8kg lista para rodar] x [calidad de rodado: rigidez >= SL7]**

Inicialmente, el equipo abordó esta ecuación aparentemente imposible de equilibrar mediante el estudio de tres de nuestras plataformas de carretera más innovadoras: Venge, Aethos y SL7. ¿Podríamos hacer una Venge ligera? ¿Podríamos hacer una Aethos aerodinámica? ¿Podría una evolución de la plataforma SL7 permitirnos alcanzar nuestros objetivos? El resultado de esta investigación y desarrollo inicial rápidamente quedó claro: con márgenes de éxito tan estrechos y objetivos en conflicto, el equipo necesitaría un enfoque completamente nuevo con un diseño completamente nuevo. Dando un paso atrás, nuestro equipo analizó el módulo de bicicleta como un todo, un enfoque de optimización del sistema, para ayudar a los próximos pasos en el desarrollo.

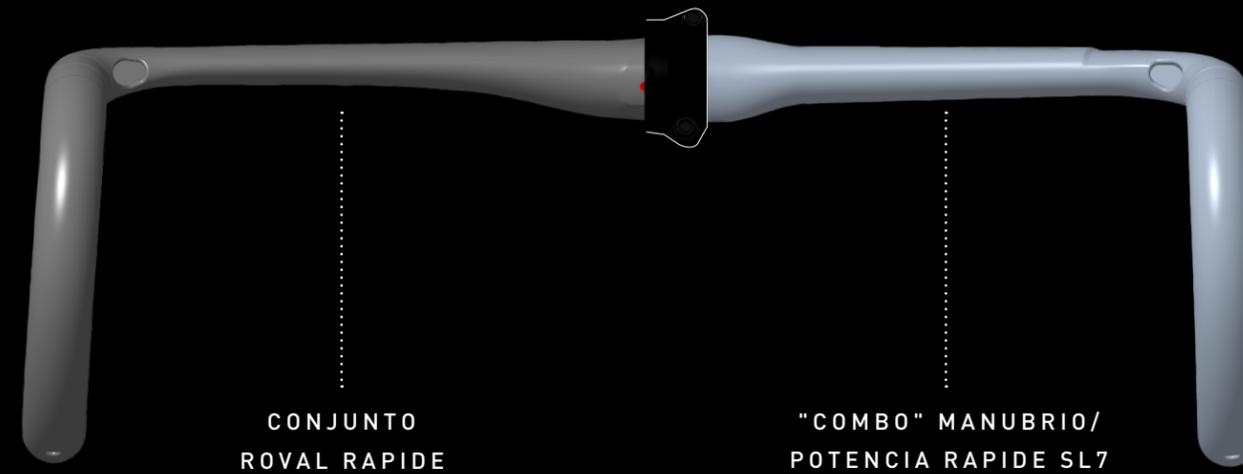
## OBJETIVOS DE DESARROLLO UTILIZANDO EL ENFOQUE DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA: DEFINICIONES DE RENDIMIENTO DE COMPONENTES INDIVIDUALES

Conjunto potencia manubrio	Rigidez =	Resistencia ↓	Peso ↓
Cuadro	Rigidez ↑	Resistencia ↓	Peso ↓
Horquilla	Rigidez =	Resistencia ↓	Peso =
Poste de asiento	Rigidez =	Resistencia ↓	Peso ↓



# Aerodinámica

El mayor aprendizaje de la primera fase de I+D de optimización del sistema fue que se necesitaba un frente cónico para alcanzar nuestros objetivos aerodinámicos. A través del tiempo dedicado a CFD y en nuestro Win Tunnel, el equipo determinó que la parte delantera de la bicicleta, donde el flujo de aire es más laminar, es más importante cuando se persigue un CdA bajo. Utilizando CFD y validando con impresiones 3D en el túnel, investigamos seis diseños de frente cónico y métodos de fabricación diferentes. Nuestros ingenieros lograron un frente cónico que agregaría 25 gramos al tubo de dirección sobre la SL7, pero nos permitiría alcanzar nuestros objetivos aerodinámicos. Una vez que se determinó el diseño del tubo de dirección, el equipo pudo comenzar a diseñar la corona de la horquilla y las palas de la horquilla que complementaron la aerodinámica del frente cónico y el tubo de dirección. Armados con el conocimiento de que el aire laminar en la parte delantera de la bicicleta impacta más en la resistencia, el equipo se dispuso a optimizar el conjunto potencia/manubrio, el otro frente de ataque clave de un módulo de cuadro. Al quitar el grupo de herrajes de la potencia y cambiar a manubrio/potencia de una sola pieza, sabíamos que podíamos lograr mejoras aerodinámicas sustanciales. El desarrollo del Roval Rapide Cockpit fue un ingrediente clave para lograr esta proeza aerodinámica de la SL8, al mismo tiempo que ahorró al equipo 50 gramos cruciales en comparación con una configuración de dos piezas de manillar Rapide y potencia de la SL7. Los 15 tamaños para el Rapide Cockpit se determinaron utilizando nuestra base de datos Retul Fit.



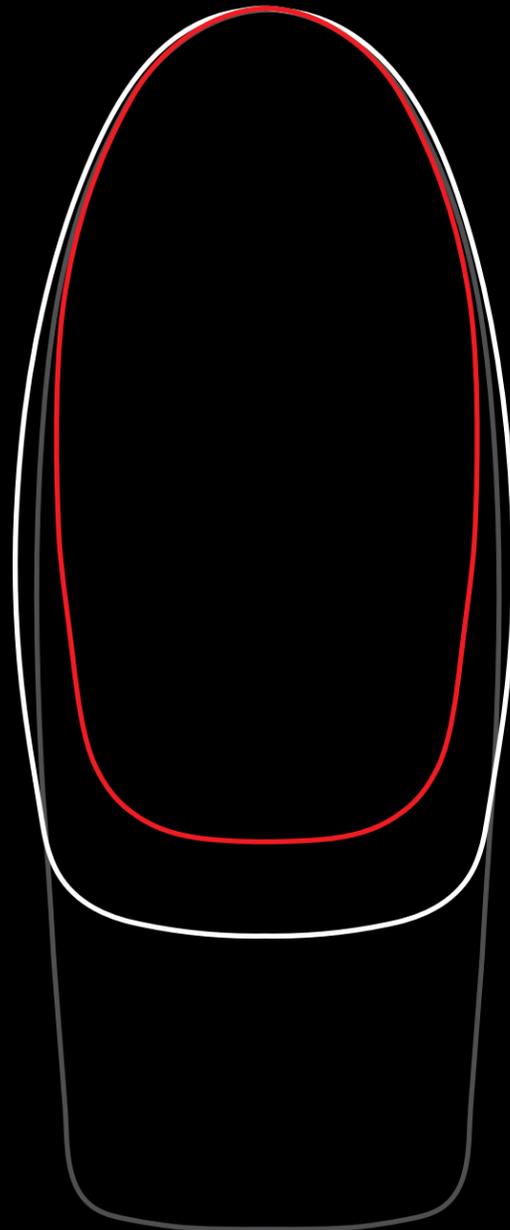
TALLAS DE CONJUNTO RAPIDE

Ancho de manubrio	380mm	400mm	420mm	440mm
Longitud de potencia	75mm	90mm	90mm	110mm
	90mm	100mm	100mm	125mm
	115mm	110mm	110mm	
		120mm	120mm	
		135mm	135mm	

# Aerodinámica

## CORTE SECCIONADO DEL POSTE DE ASIENTO

- SL8
- SL7
- VENGE



Además del frente de ataque de la bicicleta, hemos aprendido que las vainas bajas y un poste de asiento/tubo de asiento angostos son las otras áreas que mueven la aguja en términos de rendimiento aerodinámico. Si bien una sección transversal profunda para el poste de asiento, el tubo del asiento y las vainas superiores pueden verse bien en términos de desempeño aerodinámico, hay muy pocas ganancias aerodinámicas en el mundo real. Usando CFD y pruebas de maniquí para replicar las condiciones del mundo real, el equipo determinó que el aire que fluye alrededor de esta área de la bicicleta es mucho más turbulento debido a la alteración creada por las piernas, y el beneficio de un poste de asiento de forma plana y alargada es insignificante. El tubo del asiento de la SL8 tiene el mismo ancho que el poste de asiento de la Venge 2020, lo que aumenta el rendimiento aerodinámico de la SL8 y reduce el peso. Para hacer el tubo y poste del asiento más angostos, el equipo ideó una ubicación novedosa para el almacenamiento de la batería Di2: se sujeta de forma segura debajo del poste de asiento en lugar de dentro de la tija del sillín como con la SL6, la SL7 y la Venge. El diseño del poste de asiento y el tubo del asiento de la Tarmac SL8 es una trifecta de aerodinámica, peso y calidad de rodado. Es un 6 % más "elástico verticalmente" en comparación con un poste de asiento SL7 (movimiento del asiento adelante/atrás) pero tiene una rigidez lateral idéntica.

La optimización aerodinámica para el tubo de dirección, la horquilla, el conjunto manubrio/potencia, el tubo del asiento y el poste de asiento no se completó individualmente. Más bien, el equipo utilizó un modelo CFD paramétrico que representaba toda la bicicleta y el ciclista como un sistema, no los tubos del cuadro por sí solos, para finalizar los aspectos aerodinámicos clave de la construcción de la SL8.

# Peso

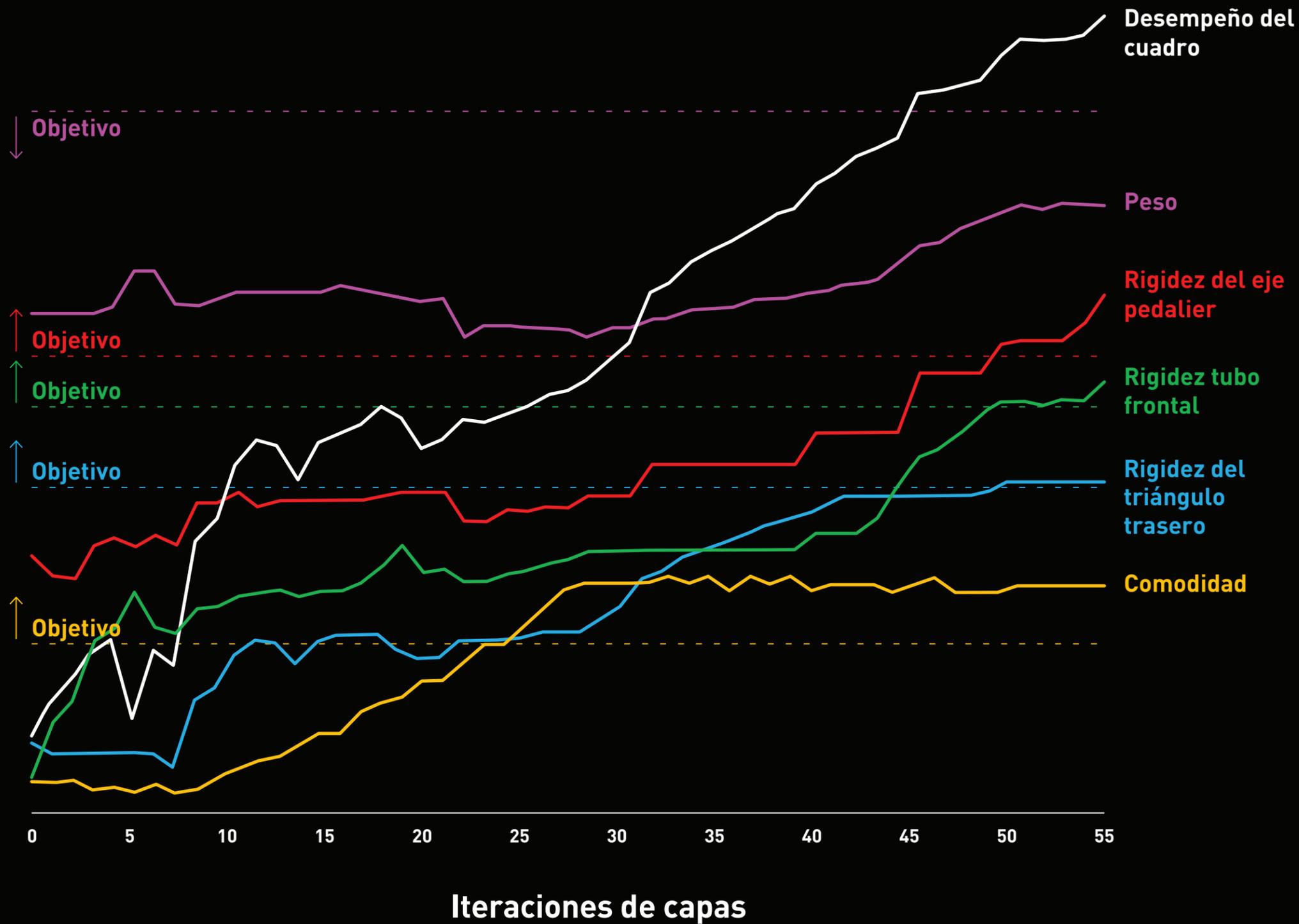
Para el resto del diseño de la bicicleta, en lugar de un enfoque aerodinámico completo, el equipo se centró en la aerodinámica donde realmente importa y optó por ahorrar peso donde la aerodinámica importa menos o nada. Utilizando esta estrategia como guía, el tubo inferior, las vainas inferiores y el tubo superior se optimizaron para obtener el mejor peso y rigidez posibles del cuadro.



● AERO/WEIGHT/  
STIFFNESS  
OPTIMIZED

● STIFFNESS/  
WEIGHT  
OPTIMIZED

# Peso

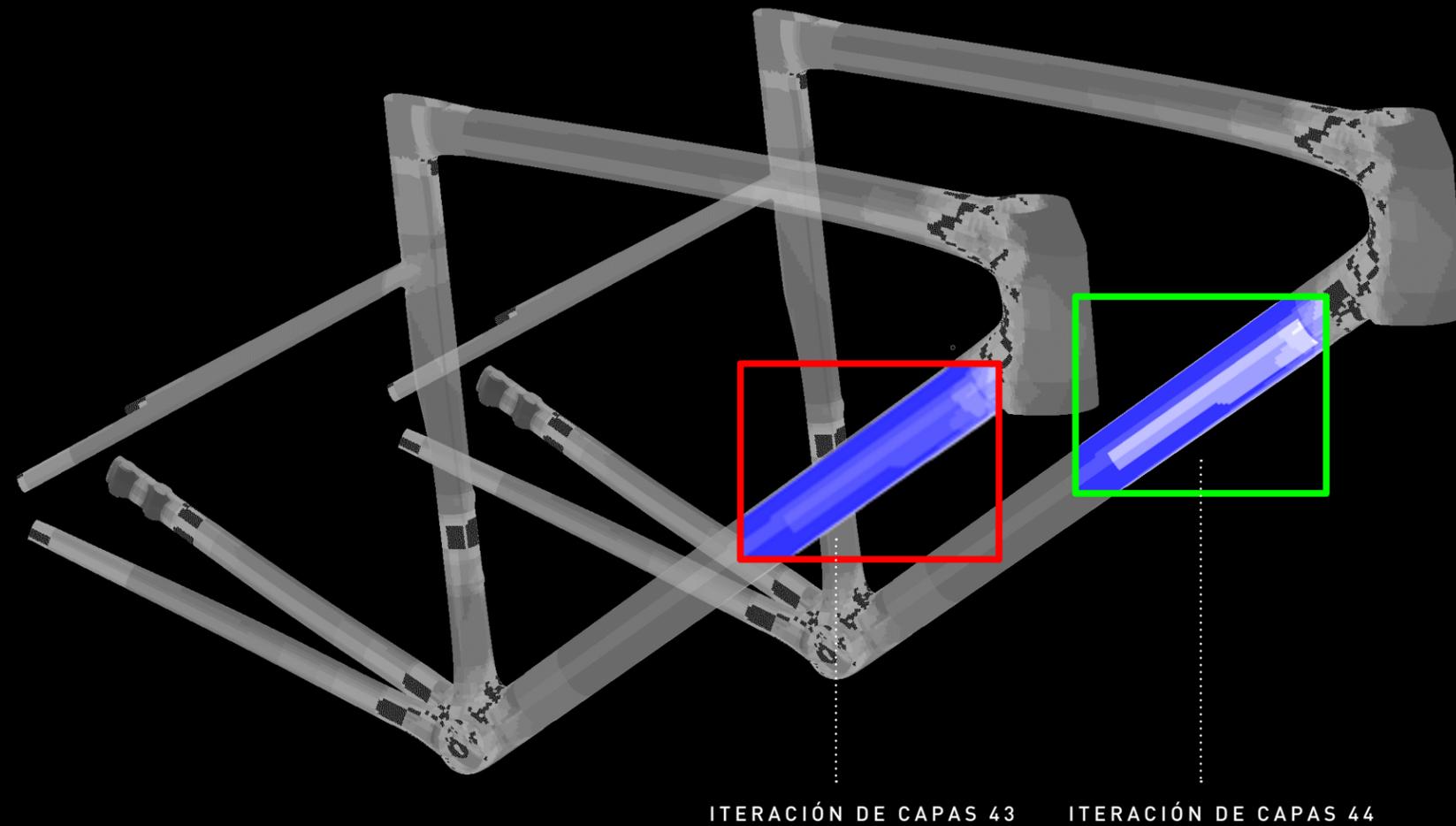


Cuando se trataba del objetivo de peso agresivo del cuadro, nuestro equipo de ingeniería se apoyó en gran medida en su experiencia en el desarrollo de la Aethos, el cuadro de bicicleta de carretera de producción más ligero del mundo. Se realizó un FEA similar y un análisis capa por capa en cada tubo para garantizar que no hubiera un solo gramo de material desperdiciado que no contribuyera a la rigidez, la aerodinámica y la resistencia del cuadro. Si bien ciertamente utilizamos los aprendizajes de la Aethos para lograr el peso del cuadro de la SL8, el proceso de desarrollo estuvo lejos de ser simple. Sabíamos qué secciones transversales y formas de tubo tendrían la mejor eficiencia estructural, pero con los tirantes más bajos y los objetivos de mayor rigidez, la estrategia de disposición de la Aethos tuvo que evolucionar. El triángulo delantero pasó por más de 53 revisiones diferentes de disposición antes de que el equipo llegara a una solución lo suficientemente rígida como para cumplir con los rigurosos objetivos establecidos anteriormente en el proyecto: objetivos de rigidez que se establecieron trabajando directamente con nuestros atletas del World Tour.

*En las primeras 34 iteraciones de disposición de las capas, el peso generalmente se mantuvo constante. Para las 20 iteraciones finales, las capas de rigidez se cambiaron en áreas clave para cumplir con los objetivos de rigidez. El rendimiento del cuadro es un promedio ponderado de la rigidez, la comodidad y el peso del cuadro.*

# Peso

Se utilizaron los principios de diseño y materiales similares tanto para Aethos como para la SL8, pero el diseño de disposición de las capas - el patrón en el que se colocan las capas de fibra de carbono en cada tubo del cuadro - fue radicalmente diferente para la SL8. Este diseño de colocación exacto es la magia detrás del cuadro de 685 g de la SL8. La receta es la culminación de décadas de experiencia y simulaciones en fibra de carbono. Cada tubo en la SL8 utiliza aprendizajes de nuestro análisis paso a paso, y los detalles en torno a este proceso son uno de los secretos mejor guardados de Specialized.



# Comparación de tallas

## SL8 COMPARACIÓN DE PESO POR TALLA: 12R Y 10R

Talla de cuadro	Cuadros 12r	Cuadros 10r	Horquilla 12r (tubo de 240mm)	Horquilla 10r (tubo de 240mm)
44	640	720	358	371
49	645	740		
52	660	760		
54	670	765		
56	685	780		
58	705	825		
61	725	845		

COMPARACIÓN DE PESO

## Venge vs. SL7 vs. SL8

Construir una bicicleta de 6,8 kg lista para las carreras fue un objetivo clave a perseguir durante el desarrollo de la SL8. El desglose de pesos a continuación muestra los pesos completos de las bicicletas para Tarmac SL8, SL7 y Venge. El equipo se obsesionó con cuadros como estos a lo largo del desarrollo de la SL8 para garantizar que nos mantuviéramos en el camino correcto y dentro de nuestro objetivo de peso.

VENGE V.S SL7 V.S SL8 COMPARACIÓN DE PESO (GRAMOS)

COMPARACIÓN MODELOS	VENGE	SL7	SL8	NOTAS
Cuadro	960	800	685	S- Works, 56 cm
Horquilla	385	365	358	Tubo de horquilla S-works, 44mm offset, 240mm
Front Der. Hanger backing plate	-	-	4	-
Placa desviador delantero	-	9	7	-
Tornillo desviador delantero	-	2	2	1g por tornillo x2
Eje delantero	30	30	23	-
Eje trasero	37	37	29	-
Rear Derailleur Hanger	13	13	9	-
Tornillo de la pata de cuadro	3	3	3	-
Tornillos porta botella	5	4	5	-
Cuña del poste de asiento	35	27	23	-
Expansor tubo horquilla	27	43	43	-
Baleros de dirección	42	42	42	21g por balero x2
Anillo de compresión baleros dirección	8	15	6	-
Espaciador de transición del tubo frontal	15	8	8	-
Espaciador de 10mm	7	6	6	qty 1
Espaciador de 5mm	3	3	3	qty 1

VENGE V.S SL7 V.S SL8 WEIGHT COMPARISON (GRAMS)

COMPARACIÓN MODELOS	VENGE	SL7	SL8	NOTAS
Espaciador de transición de la potencia	6	4	4	-
Tornillo tapa potencia	6	6	6	-
Tapa conjunto dirección	4	4	5	-
Cubierta de la potencia	9	6	-	-
Poste de asiento con hardware	206	191	161	-
Potencia 100mm	207	155	-	con tornillos de la potencia
Manubrio 42cm	235	225	-	-
Rapide Cockpit 100mm/420cm	-	-	323	con tornillos de la potencia
Soporte de CPU	31	31	31	con soporte para Garmin instalado, incluyendo los tornillos
Ganchos/tornillos de ruteado de cables manubrio	6	6	-	-
Chassis con todas las "partes chicas"	2280	2035	1786	-

Grupo, Ruedos/Llantas tubeless con 30mm de sellador	2036	-	-	Rapide CLX II, Rapidair 26c, 30ml de sellador en cada llanta
Grupo Dura Ace R9200	2473	-	-	cassete 11-30 , Crank 52/36 172.5mm con medidor de potencia dual 4iiii , rotores 140/160
Asiento Power S-Works 143mm	159	-	-	-
Cinta de manubrio y tapones	68	-	-	Cinta Supacaz Sticky Kush
Pedales	236	-	-	Pedales Dura Ace R9100 SPD SL
Porta ánforas	48	-	-	Porta ánforas S-works Carbon Rib Cage III (Qty 2)
Kit de terminado	5020	-	-	-
Peso de bici completa, lista para rodar	7300	7055	6806	-



TARMAC SL8 DESARROLLO

## Calidad de rodada y rigidez

Recibir los primeros cuadros prototipo equipados y manejables fue el siguiente hito importante en el desarrollo de la Tarmac SL8. El equipo pudo validar los objetivos de rigidez con pruebas en el laboratorio, así como también rodar los cuadros al aire libre para validar la calidad de conducción y los parámetros de rigidez. Dado que el desarrollo estuvo cargado al principio con simulaciones capa por capa, el equipo tuvo una buena idea de cómo se comportarían los conjuntos de cuadros en la carretera. Aun así, se modificó el diseño y se actualizaron los procesos de fabricación en función de los aprendizajes de los primeros prototipos equipados con herramientas. La rigidez se mejoró después de recibir comentarios de nuestros atletas del World Tour.

Al igual que todas las Tarmac desde la SL5, la SL8 está diseñada bajo la filosofía Rider First Engineered: la rigidez de cada SL8 varía según el tamaño del cuadro para garantizar que los ciclistas de todos los tamaños tengan la misma calidad de conducción receptiva, elasticidad vertical y rigidez al aplicar potencia. Al igual que con todos los productos Specialized, la Tarmac SL8 se adhiere a nuestros principios Beyond Gender: los puntos de contacto en la bicicleta se pueden personalizar y las especificaciones de los componentes se eligen en función de nuestra base de datos de fits de Retül. Solo hacemos productos específicos de género cuando hay datos para respaldar la diferencia y un verdadero beneficio de rendimiento.

# Validación

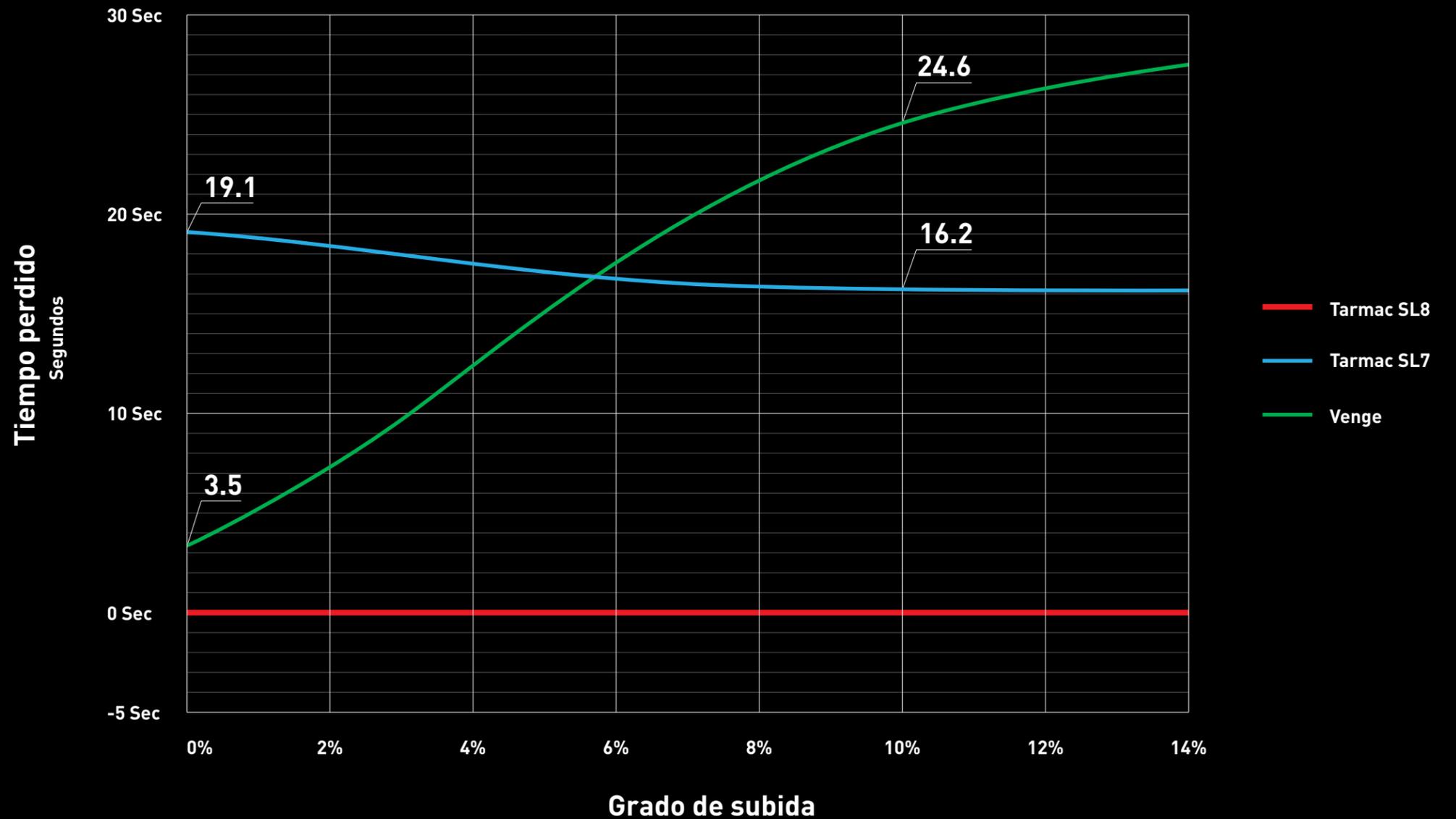
El éxito del desarrollo de la Tarmac SL8 es uno de los mayores logros de nuestro equipo de I+D de bicicletas hasta la fecha. Un cuadro de 685 g, una aerodinámica que eclipsa a la Venge y una calidad de rodado y rigidez que superan a la SL7 son métricas que hace cinco años muchos habrían pensado que eran imposibles. Cada característica de diseño se implementó teniendo en cuenta la conducción en el mundo real. Cada decisión técnica tomada en el desarrollo del SL8 se basó en pruebas y análisis rigurosos.

Utilizando las mismas simulaciones que utilizan nuestros equipos del World Tour para elegir el equipamiento el día de la carrera, comparamos la SL8 con modelos anteriores de bicicletas de carretera Specialized. Estas simulaciones asumen direcciones y velocidades del viento del mundo real, potencia de nivel World Tour (6 W/kg), ruedas Rapide CLX II en todas las bicicletas Specialized para aislar el módulo del cuadro, dos botellas de agua de 22 onzas montadas en la posición más baja posible, llantas de 25 mm a 90 psi, y un conjunto de conducción con manubrio de 42 cm/potencia de 100 mm. Se utilizaron números de altura iguales en todas las bicicletas para obtener valores de CdA comparables en nuestro Win Tunnel.

Usando las mismas suposiciones para las condiciones del mundo real, nuestro equipo de Ride Science simuló dos campos icónicos del mundo real: Milán San Remo y el Col du Tourmalet. En comparación con la SL7, la SL8 es 128 segundos más rápida en el recorrido de Milán San Remo, con 4 de esos segundos en los últimos kilómetros comenzando en la parte inferior de Poggio. En el Col du Tourmalet, la SL8 es 20 segundos más rápida que la SL7. 16 segundos ganados en el ascenso y 4 segundos adicionales ganados en el descenso.

Nuestras simulaciones capturan datos valiosos para nuestros atletas del World Tour y todos los ciclistas de carretera. A pesar de lo útiles que pueden ser estas simulaciones, no cuentan la historia completa. Cualquiera que haya competido en una carrera de ruta, un criterium o se haya unido a un grupo competitivo conoce la sublime sensación de cómo una respuesta, peso ligero, y un cuadro cómodo se desempeña en la carretera, especialmente al acelerar. Puede ser difícil capturar esta entrada cualitativa y asignar una mejora numérica. Los mejores ciclistas de todo el mundo saben que esta sensación es invaluable. Innumerables aceleraciones a lo largo de una carrera pueden desgastarte, y una bicicleta suave y con capacidad de respuesta puede marcar la diferencia. Esperamos que puedas experimentar la rodada de la Tarmac SL8 de primera mano.

Tiempo adelante de la SL8 después de 1h rodando - velocidad del viento 5.1 kph



# Apéndice

CFD: Computational Fluid Analysis -  
Análisis computacional de fluidos.

Win Tunnel: Túnel de viento de  
Specialized en Morgan Hill, CA.

CdA: Coefficient of aero-dynamic -  
coeficiente aerodinámico.

FEA: Finite Element Analysis -  
Análisis de elemntos finitos