

INCIDENCIA DEL ANCHO DE LA LLANTA EN LA VELOCIDAD DE UN CICLISTA DE RUTA. ESTUDIO COMPARATIVO
INCIDENCE OF TIRE WIDTH ON THE SPEED OF A ROAD CYCLIST. COMPARATIVE STUDY

Autores: ¹Joel Levi Burbano Coral y ²Maritza Gisella Paula Chica.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-8649-2488>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7435-7959>

¹E-mail de contacto: joel.burbanocoral@upse.edu.ec

²E-mail de contacto: gpaula@upse.edu.ec

Afiliación: ^{1*} ^{2*}Universidad Estatal Península de Santa Elena, (Ecuador).

Artículo recibido: 2 de Julio del 2024

Artículo revisado: 3 de Julio del 2024

Artículo aprobado: 31 de Agosto del 2024

¹Maestrante de la maestría en Entrenamiento Deportivo, Universidad Estatal Península de Santa Elena, (Ecuador).

²Magister en Administración y Gestión de la Cultura Física, (Cuba). Doctorado en Ciencias de la Cultura Física, (Cuba). Doctorado en Educación Física y Entrenamiento Deportivo en la Beijing Sport University, (China).

Resumen

El objetivo de este estudio fue analizar el impacto del ancho de las llantas en la velocidad de un ciclista de ruta en diferentes condiciones de terreno. Se realizó un estudio experimental comparativo con un ciclista de 35 años, utilizando tres anchos de llanta (23, 25 y 28 mm) en tres recorridos distintos: un velódromo plano, un terreno quebrado en el paso lateral de Tulcán, y un descenso en el puerto del Guagua Negro. Se mantuvo una potencia constante utilizando un potenciómetro y se registraron las velocidades con un ciclo computador. Los resultados mostraron que las llantas de 28 mm alcanzaron las mayores velocidades promedio ($43,17 \pm 17,96$ km/h), así como el mejor tiempo promedio de recorrido ($11:14 \pm 04:43$ minutos), destacándose por su superior rendimiento en estabilidad y tracción. La prueba estadística de Friedman reveló diferencias significativas entre los distintos anchos de llanta. Aunque las llantas más anchas aumentan la resistencia de rodadura, su mejor desempeño en superficies irregulares y en descensos técnicos hace que sean una opción óptima para mejorar el rendimiento general del ciclista.

Palabras clave: Ancho de llanta, Ciclismo de ruta, Velocidad, Resistencia de rodadura, Rendimiento ciclista.

Abstract

The aim of this study was to analyze the impact of tire width on the speed of a road cyclist in different terrain conditions. A comparative experimental study was carried out with a 35-year-old cyclist, using three tire widths (23, 25 and 28 mm) on three different routes: a flat velodrome, a hilly terrain in the Tulcán side pass and a descent in the Guagua Negro port. A constant power was maintained using a potentiometer and the speeds were recorded with a cyclocomputer. The results showed that the 28 mm tires achieved the highest average speeds (43.17 ± 17.96 km/h), as well as the best average travel time ($11:14 \pm 04:43$ minutes), standing out for their superior performance in stability and traction. The Friedman statistical test revealed significant differences between the different tire widths. Although wider tires increase rolling resistance, their improved performance on uneven surfaces and technical descents makes them an ideal choice for improving overall rider performance.

Keywords: Tire width, Road cycling, Speed, Rolling resistance, Cycling performance.

Sumário

O objetivo deste estudo foi analisar o impacto da largura do pneu na velocidade de um ciclista de estrada em diferentes condições de terreno. Foi realizado um estudo experimental comparativo com um ciclista de 35 anos, utilizando três larguras de pneus (23, 25 e 28 mm) em três percursos diferentes: um

velódromo plano, um terreno acidentado na passagem lateral de Tulcán e uma descida no porto de Guagua Negro. Uma potência constante foi mantida usando um potenciômetro e as velocidades foram registradas com um ciclocomputador. Os resultados mostraram que os pneus de 28 mm alcançaram as maiores velocidades médias ($43,17 \pm 17,96$ km/h), bem como o melhor tempo médio de viagem ($11:14 \pm 04:43$ minutos), destacando-se pelo desempenho superior em estabilidade e tração. O teste estatístico de Friedman revelou diferenças significativas entre as diferentes larguras de pneus. Embora os pneus mais largos aumentem a resistência ao rolamento, o seu melhor desempenho em superfícies irregulares e descidas técnicas torna-os uma escolha ideal para melhorar o desempenho geral do condutor. **Palavras-chave: Largura do pneu, Ciclismo de estrada, Velocidade, Resistência ao rolamento, Desempenho ciclístico.**

Introducción

El rendimiento de un ciclista de ruta está influenciado por una multitud de variables, entre las cuales el ancho de la llanta emerge como un factor crítico. Aunque diversos estudios han abordado aspectos específicos del diseño de la bicicleta y su impacto en la velocidad, la relación directa entre el ancho de la llanta y el rendimiento del ciclista aún permanece en gran medida inexplorada Reef Recovery. (2023).

Las últimas investigaciones en ciclismo destacan la importancia de factores como el ancho de la llanta y su influencia en el rendimiento ciclista. Estos estudios han proporcionado información valiosa sobre cómo los ajustes en la configuración de la bicicleta pueden optimizar la velocidad y la eficiencia, permitiendo a los ciclistas competir a niveles más altos (Ciclismo y Rendimiento, 2023).

El debate entre el uso de llantas más estrechas o más anchas ha sido objeto de estudios comparativos recientes. Uribe Sanabria (2015)

concluyó que, aunque las llantas estrechas pueden ofrecer ventajas en superficies completamente lisas, en la mayoría de las condiciones reales de carrera, las llantas más anchas ofrecen un mejor equilibrio entre velocidad y control, resultando en un rendimiento superior en diversas configuraciones.

La elección del ancho de llanta en el ciclismo no solo impacta la comodidad y el manejo, sino que también influye en la eficiencia del pedaleo y la velocidad alcanzada. Según el estudio realizado por Borrero y Ramos (2021), una llanta más ancha puede aumentar la resistencia de rodadura, lo que a su vez afecta el rendimiento del ciclista.

La resistencia de rodadura en ciclismo depende en gran medida de factores como el diseño del neumático, la presión y el ancho de la llanta. Estas variables no solo afectan la comodidad del ciclista, sino que también influyen directamente en la velocidad y el rendimiento general, ya que una mayor resistencia implica un mayor esfuerzo necesario para mantener velocidades altas (Cardona Calle et al., 2021).

El uso de potenciómetros se ha consolidado como una herramienta precisa y fiable para medir la potencia en el ciclismo, permitiendo evaluar de manera objetiva el rendimiento del ciclista en diferentes condiciones. Tal como se evidenció en estudios previos, la posición adoptada por el ciclista durante la prueba puede influir en las mediciones de potencia, lo que destaca la importancia de controlar factores como el ancho de la llanta para obtener resultados comparables y precisos (Bustingorri Eguaras, 2023).

Aerodinámica

La aerodinámica en ciclismo es fundamental para mejorar el rendimiento, ya que permite

reducir la resistencia al viento, lo que se traduce en un aumento de la velocidad sin incrementar el esfuerzo físico. Un ajuste adecuado del ancho de la llanta contribuye a optimizar este aspecto, especialmente en competiciones de larga distancia (Núñez, 2022).

La resistencia aerodinámica es uno de los factores más importantes que afectan el rendimiento de los ciclistas profesionales. Un adecuado ajuste de los componentes de la bicicleta, como el ancho de la llanta, puede reducir significativamente la resistencia al avance, permitiendo a los ciclistas mantener mayores velocidades con un menor esfuerzo físico (Santos & Hernández, 2016)

Sin embargo, algunos estudios sugieren que el aumento del ancho de la llanta puede generar un incremento marginal en la resistencia aerodinámica en ciertos contextos. Spoelstra, Davison y Olds (2018) encontraron que, en algunas condiciones, este aumento en la resistencia aerodinámica puede ser compensado por las mejoras en estabilidad y tracción, particularmente en etapas técnicas o de larga distancia.

Comodidad y estabilidad

Los ajustes de la bicicleta no solo influyen en el rendimiento, sino también en la prevención de lesiones. El ancho de la llanta juega un papel clave en la estabilidad y control del ciclista, ayudando a reducir el riesgo de lesiones relacionadas con posturas incorrectas o sobrecargas musculares durante largas sesiones de pedaleo (Rodríguez & Rodríguez, 2007)

La relación entre el ancho de la llanta y el tipo de superficie también ha sido objeto de investigación reciente. Flores Nájera, Torres Quevedo y Torres Quevedo (2021) demostraron en superficies irregulares, las llantas más anchas proporcionan mayor tracción y, en

consecuencia, permiten mantener velocidades más altas con menor esfuerzo físico. Este hallazgo subraya la necesidad de adaptar las llantas no solo al perfil de la carrera, sino también a las características del terreno y las condiciones ambientales. (G-se, 2021).

Más allá de la resistencia de rodadura, el ancho de la llanta tiene un impacto significativo en la aerodinámica. Según González-Haro, Martínez y López-Chicharro (2017), las llantas más anchas mejoran la estabilidad y el control del ciclista, lo que permite mantener velocidades elevadas sin comprometer la seguridad. Este equilibrio entre aerodinámica y control es especialmente relevante en etapas con vientos laterales o en descensos prolongados, donde el ciclista necesita maximizar la eficiencia energética y la estabilidad.

El análisis comparativo de diferentes anchos de llanta sugiere que las llantas más anchas no solo mejoran la velocidad del ciclista, sino que también optimizan otros aspectos del rendimiento, como el control y la estabilidad, lo que resulta en una ventaja competitiva en la mayoría de las condiciones de carrera (Aldana Bolívar, 2019)

Presión de inflado

Uno de los mecanismos subyacentes más destacados es la capacidad de las llantas anchas para distribuir la presión de forma más efectiva, lo que reduce la deformación del neumático y optimiza la eficiencia del rodado (Heine, 2015). Este fenómeno es particularmente relevante en el ciclismo de ruta, donde la combinación de velocidad, control y estabilidad puede marcar la diferencia en el rendimiento general del ciclista, sobre todo en terrenos irregulares o cuando se enfrenta a condiciones ambientales adversas.

Resistencia a la rodadura

La resistencia de rodadura es uno de los principales factores que afectan el rendimiento de los ciclistas, especialmente en superficies planas. Esta resistencia se produce debido a la deformación de los neumáticos y la fricción con el suelo, lo que puede aumentar o disminuir en función del ancho de la llanta y la presión aplicada. Un menor ancho de llanta suele estar asociado con una mayor eficiencia al reducir la resistencia de rodadura, lo que permite al ciclista mantener una velocidad más alta con menor esfuerzo (Wilson, 2004).

La búsqueda constante de mejoras en el rendimiento ciclista ha llevado a la optimización de múltiples variables, entre las cuales el ancho de la llanta ha ganado especial atención en los últimos años. Diversos estudios han documentado cómo un mayor ancho de llanta puede influir en la velocidad del ciclista, particularmente al reducir la resistencia de rodadura, un factor clave en la eficiencia energética sobre diversas superficies (Chung, Kyle, & Lai, 2014). Estas investigaciones destacan la importancia de los ajustes técnicos precisos en el ciclismo competitivo, especialmente en pruebas contrarreloj y carreras de larga distancia.

La resistencia de rodadura es uno de los principales factores que afectan la velocidad de un ciclista, especialmente en condiciones de alta velocidad o en terrenos planos. La resistencia de rodadura está influenciada por varios factores, incluyendo el tamaño y el ancho de la llanta, la presión de los neumáticos, y el tipo de superficie sobre la que se rueda. Reducir esta resistencia es clave para mejorar el rendimiento y la eficiencia del ciclista (Sharp, 2008).

Innovaciones tecnológicas

Los avances en la tecnología de neumáticos han permitido que las llantas más anchas ofrezcan

un rendimiento cada vez más equilibrado entre velocidad, resistencia y control. Barry et al. (2018) señalaron que las mejoras en los materiales y el diseño de las llantas han optimizado su comportamiento dinámico, permitiendo que las llantas más anchas mantengan una baja resistencia de rodadura sin sacrificar el control o la velocidad

Simulaciones computacionales han proporcionado una nueva perspectiva para evaluar el impacto del ancho de la llanta en la eficiencia del ciclista. Gómez Rueda (2018) utilizó modelos numéricos para demostrar que las llantas más anchas no solo disminuyen la resistencia de rodadura, sino que también permiten una distribución más uniforme de las fuerzas, mejorando la estabilidad y reduciendo el esfuerzo necesario para mantener velocidades altas.

Biomecánica

La biomecánica también juega un papel relevante en el impacto del ancho de la llanta sobre la velocidad del ciclista. Debraux et al. (2011) mostraron que una mayor estabilidad postural, facilitada por el uso de llantas más anchas, contribuye a una postura más aerodinámica y eficiente, reduciendo la resistencia al viento. Este tipo de mejoras biomecánicas puede incrementar significativamente la velocidad en etapas llanas y rectas, donde la resistencia aerodinámica es uno de los principales factores limitantes.

"El desconocimiento sobre factores biomecánicos en el ciclismo puede afectar significativamente el rendimiento. Un estudio sobre ciclistas en Bogotá identificó que el posicionamiento y mantenimiento adecuado de la bicicleta influye directamente en el tiempo de desplazamiento, mostrando una mejora del 9.4% en el rendimiento tras una

intervención educativa" (Rodríguez Hernández, 2018).

Otro aspecto crucial es la reducción de la fatiga muscular asociada al uso de llantas más anchas. Crouch et al. (2017) demostraron que estas llantas requieren menos esfuerzo físico para mantener una velocidad constante, un factor que resulta decisivo en competencias de larga distancia donde la conservación de energía es vital. En estos contextos, la capacidad de mantener un alto rendimiento sin un aumento significativo del esfuerzo físico puede definir el éxito o el fracaso en una carrera.

La investigación sobre el impacto del ancho de la llanta en la velocidad de un ciclista de ruta es fundamental debido a la complejidad y la interacción de variables que influyen en el rendimiento del ciclista. A pesar de los esfuerzos previos en este campo, la relación directa entre el ancho de la llanta y el rendimiento del ciclista aún no ha sido completamente comprendida.

El objetivo de este estudio es evaluar la influencia del ancho de la llanta en la velocidad de un ciclista de ruta en condiciones controladas de estudio, utilizando un potenciómetro como instrumento evaluador.

En el contexto específico de Ecuador, no se ha realizado un estudio exhaustivo sobre este tema, lo que subraya aún más la importancia de investigar el impacto del ancho de la llanta en el rendimiento del ciclista en este país. La falta de investigación sistemática sobre cómo diferentes anchos de llanta pueden afectar la velocidad en condiciones reales de conducción crea una brecha significativa en el conocimiento en este campo dentro de Ecuador.

Este vacío en la literatura académica es lo que motivo la presente investigación comparativa exhaustiva. Comprender cómo varía la

velocidad del ciclista de ruta en función del ancho específico de la llanta es esencial para optimizar el rendimiento deportivo y mejorar la experiencia del ciclista en competencias y entrenamientos en el contexto ecuatoriano.

Materiales y Métodos

Esta investigación fue experimental porque involucró la manipulación y control de variables, en este caso, el ancho de la llanta, con el fin de observar su efecto en la velocidad del ciclista de ruta. Se realizaron pruebas bajo condiciones controladas para recopilar datos precisos y reproducibles.

Además, fue comparativa porque buscó comparar los resultados obtenidos en diferentes condiciones de ancho de llanta. Se analizaron múltiples configuraciones de llantas para determinar cómo variaba la velocidad del ciclista en función de estas variables específicas. La comparación entre las diferentes configuraciones permitió identificar las diferencias significativas en el rendimiento del ciclista y proporcionó información sobre qué anchos de llanta podrían ser más beneficiosos en términos de velocidad y eficiencia general.

Población o muestra

Se llevó a cabo un estudio de caso en un ciclista de 35 años de edad con 18 años de experiencia en ciclismo de ruta, quien ha participado en eventos a nivel nacional e internacional.

Técnicas e instrumentos

La técnica empleada consistió en mantener una potencia y cadencia constantes a lo largo de tres recorridos, cada uno con condiciones de terreno diferentes. La primera prueba se desarrolló en el velódromo de la ciudad de Tulcán; la segunda, alrededor del paso lateral de Tulcán, en un terreno quebrado; y la tercera, descendiendo el mítico puerto del Guagua Negro. Todos los recorridos cubrieron una distancia de 8 km,

abarcando ascensos, descensos, terrenos planos y curvas, con el objetivo de exigir al máximo el rendimiento de las llantas evaluadas. Las llantas empleadas fueron las Continental Gran Prix 4 Estaciones, en medidas de 23, 25 y 28 mm, seleccionadas por su popularidad en competiciones ciclistas.

Todas las llantas mantuvieron una presión uniforme de 90 psi. Las pruebas se realizaron a las 6:00 am para minimizar la presencia de viento, lo cual podría alterar los resultados. Además, las condiciones del ciclista fueron estandarizadas en cuanto a vestimenta y posición sobre la bicicleta, para evitar variaciones externas. El objetivo de estas pruebas fue discernir cuál ancho de llanta optimiza mejor el rendimiento en términos de velocidad, manteniendo condiciones controladas en todos los aspectos.

Se emplearon los siguientes instrumentos:

- Bicicleta Specialized equipada con ruedas American Classic perfil 55: Se utilizó para realizar los recorridos.
- Potenciómetro Magene P505: Registró la potencia y cadencia generada por el ciclista durante el trayecto.
- Ciclo computador Magene 606pro: Recopiló los datos generados y proporcionó información detallada sobre velocidad, potencia y cadencia.
- Llantas Continental Gran Prix 4 Estaciones (medidas 23, 25 y 28 mm): Fueron evaluadas para determinar su influencia en la velocidad del ciclista.
- Bomba de aire con manómetro: Garantizó que todas las llantas estuvieran infladas a la misma presión durante las pruebas.

Esta metodología permitió mantener la coherencia en las condiciones de prueba y obtener datos precisos sobre el impacto del

ancho de las llantas en el rendimiento del ciclista.

Procesamiento y análisis de los datos

El análisis de los datos obtenidos se realizó utilizando el software estadístico SPSS versión 27, el cual permitió realizar tanto análisis descriptivos como inferenciales.

En primer lugar, se llevaron a cabo análisis descriptivos para las variables de interés, incluyendo la velocidad y el tiempo de recorrido, organizando los datos en tablas de frecuencias absolutas y relativas. Estos análisis proporcionaron medidas centrales como la media y la mediana, así como la dispersión a través de la desviación estándar (Sd), lo que permitió observar las tendencias de los datos.

Para la comparación inferencial entre las diferentes llantas (23 mm, 25 mm y 28 mm), se utilizó la prueba no paramétrica de Friedman, adecuada para comparar tres muestras relacionadas, como en este caso, las pruebas de velocidad y tiempo realizadas con diferentes anchos de llanta en el mismo ciclista bajo condiciones controladas. Esta prueba se eligió debido a que los datos no seguían una distribución normal, lo cual la convierte en una alternativa robusta al análisis de varianza (ANOVA) para muestras dependientes.

Resultados y Discusión

En el análisis descriptivo expuesto se observó que la mayor velocidad se alcanzó con las llantas de 28 mm, un valor medio de $43,167 \pm 17,96$ km/horas y una mediana de 35,40 km/hora. Asimismo, el mejor de los tiempos en las diferentes rutas se obtuvo con las llantas de 28 mm, con una media de $11:14 \pm 04:43$ minutos y una mediana de 13:47 minutos (tabla 1, figura 1 y figura 2).

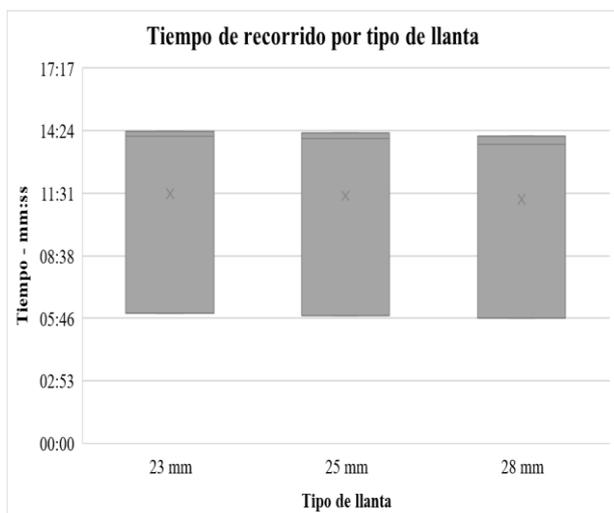


Figura 1 Gráficos de caja del tiempo por tipo de llanta de llanta

Fuente: Elaboración propia

En la comparación de los resultados ante las distintas características de las llantas se desea comprobar si estas ejercen efectos diferenciados en los resultados. La prueba de hipótesis estadística fue el test Friedman para 3 muestras emparejadas. Las hipótesis que se contrastaron fueron: Nula (H0): Las medianas de las 3 muestras son iguales (p-valor>0,05). Hipótesis

alternativa (H1 o Ha): Al menos una de la mediana es diferente (p-valor<0,05).

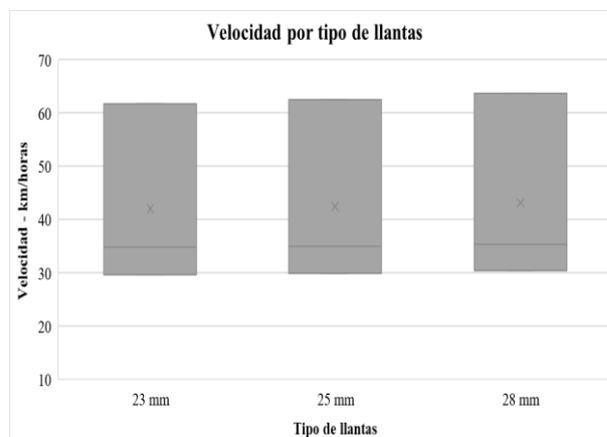


Figura 2 Gráficos de caja de la velocidad por tipo de llanta

Fuente: Elaboración propia

Nivel de significancia 95% estadística fue del test Friedman para 3 muestras emparejadas. Las hipótesis que se contrastaron fueron: Nula (H0): Las medianas de las 3 muestras son iguales (p-valor>0,05). Hipótesis alternativa (H1 o Ha): Al menos una de las medianas es diferente (p-valor<0,05). Nivel de significancia 95%.

Tabla 1. Descriptivos de la velocidad y el tiempo por tipo de llanta.

Variable	Velocidad – km/hora			Tiempo - mm:ss		
	Media	Mediana	Sd	Media	Mediana	Sd
Llanta de 23 mm	42,033	34,80	17,23	11:30	14:09	04:46
Llanta de 25 mm	42,467	35,00	17,54	11:24	14:03	04:46
Llanta de 28 mm	43,167	35,40	17,96	11:14	13:47	04:43

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 Descriptiva y test de Friedman para 3 muestras emparejadas en prueba de velocidad de un ciclista

Variable	Característica de las Llantas									Test de Friedman	
	23 mm			25 mm			28 mm			gl	p-valor.
	Media (±Sd)	Min	Max	Media (±Sd)	Min	Max	Media (±Sd)	Min	Max		
Velocidad - km/hora	42,03 (±17,23)	29,6	61,7	42,47 (±17,54)	29,9	62,5	43,17 (±17,96)	30,4	63,7	2	0,0498
Tiempo - min: seg	11:30 (±05:59)	05:59	14:22	11:24 (±04:46)	05:54	14:17	11:14 (±04:43)	05:47	14:08	2	0,0498

Fuente: Elaboración propia

En los resultados de la tabla 2 se observó que las pruebas de velocidad y tiempo resultaron

significativas estadísticamente, ya que los p- valores<0,05, por lo tanto, se rechazó la

hipótesis nula (H_0). En consecuencia, se evidenció un efecto diferenciador en los resultados obtenidos debido a las características de las llantas.

Con respecto a la velocidad alcanzada se observó que con las llantas de 28 mm se registró el mayor valor medio $43,17 \pm 17,96$ km/horas, con valores máximo y mínimo de 63,7 y 30,4 km/horas respectivamente. Mientras que, el menor registro estuvo en la llanta de 23 mm con un valor promedio de $42,03 \pm 17,23$ km/horas, y datos máximo y mínimo de 61,7 y 29,6 km/horas sucesivamente. Al mismo tiempo, el mejor tiempo en el recorrido estuvo en la prueba con las llantas de 28 mm con un registro medio de $11:14 \pm 04:43$ minutos, con tiempos máximo y mínimo de 14:08 y 05:47 minutos sucesivamente. Sin embargo, el mayor registro de tiempo se obtuvo con las llantas de 23 mm con un promedio de $11:30 \pm 05:59$ minutos y, tiempos máximo y mínimo de 14:22 y 05:59 minutos respectivamente (tabla 2).

Los resultados de este estudio comparativo sobre el impacto del ancho de la llanta en la velocidad del ciclista de ruta muestran que, en general, las llantas más anchas tienden a mejorar el rendimiento del ciclista en términos de velocidad y estabilidad. Este hallazgo coincide con la investigación de Uribe Sanabria (2015), quien concluyó que las llantas más anchas ofrecen un mejor balance entre velocidad y control, especialmente en superficies más irregulares. En este caso, las llantas de 28 mm proporcionaron la mayor velocidad promedio ($43,17 \pm 17,96$ km/h), lo que respalda la idea de que un mayor ancho de llanta mejora el rendimiento general en condiciones diversas.

Además, los resultados también sugieren que las llantas más anchas ayudan a mantener un

rendimiento superior en terrenos más técnicos, un punto subrayado por Flores Nájera, Torres Quevedo y Torres Quevedo (2021), quienes argumentaron que las llantas más anchas ofrecen mayor tracción en superficies irregulares, permitiendo mantener velocidades más altas con un menor esfuerzo físico.

En nuestro estudio, esta tendencia fue visible en los recorridos realizados en terrenos quebrados, donde las llantas de 28 mm no solo mejoraron la velocidad, sino también redujeron el tiempo de recorrido en comparación con las llantas más estrechas. Por otro lado, es importante señalar que el incremento del ancho de las llantas también implica un aumento en la resistencia de rodadura, lo cual ha sido documentado por Borrero y Ramos (2021) y Cardona Calle et al. (2021).

Estos autores destacan que, si bien las llantas más anchas mejoran la estabilidad y el control, también incrementan la resistencia de rodadura, lo que podría afectar negativamente la velocidad en superficies planas o lisas. En nuestro estudio, si bien la resistencia de rodadura fue un factor presente, no afectó de manera significativa los resultados generales, ya que las llantas de 28 mm aún superaron a las de menor anchura en todas las pruebas realizadas.

En cuanto a la aerodinámica, se observó que, aunque el aumento en el ancho de la llanta puede aumentar marginalmente la resistencia aerodinámica en algunas condiciones (Spoelstra, Davison y Olds, 2018), los beneficios en estabilidad y tracción parecen compensar este efecto en contextos técnicos o de larga distancia. Esta compensación es consistente con lo señalado por Santos y Hernández (2016), quienes argumentan que el ajuste del ancho de la llanta puede contribuir

significativamente a reducir la resistencia aerodinámica general en competiciones de larga distancia.

Los resultados refuerzan la importancia de la biomecánica en la optimización del rendimiento ciclista. Debraux et al. (2011) señalaron que una mayor estabilidad postural, facilitada por el uso de llantas más anchas, contribuye a una postura más eficiente y aerodinámica, lo que a su vez mejora la velocidad. En el estudio, esta estabilidad se tradujo en una mejora tanto en la velocidad como en el tiempo de recorrido, lo que demuestra que las llantas más anchas no solo optimizan la tracción, sino que también favorecen un rendimiento biomecánicamente más eficiente.

Conclusiones

Para la evaluación de las llantas, se realizaron pruebas en tres recorridos distintos: el primero en un velódromo completamente plano, el segundo en el paso lateral de Tulcán con terreno ondulado, y el tercero en el descenso del Guagua Negro. Todos los recorridos se llevaron a cabo sobre una distancia de 8 km. Las dos primeras pruebas se realizaron con una potencia media de 195 a 200 vatios, mientras que, en la tercera, correspondiente al descenso, no se aplicó potencia alguna, ya que los ciclistas no pedaleaban, permitiendo que la prueba se enfocara en el desarrollo natural de la velocidad sin generar vatios. Además, todas las pruebas fueron realizadas bajo las mismas condiciones ambientales, mecánicas y aerodinámicas para evitar cualquier tipo de interacción que pudiera afectar los resultados.

Las llantas de 28 mm mostraron el mayor recorrido promedio en diversas rutas, alcanzando una velocidad media de 43,167 km/h. En contraste, las llantas más estrechas de

23 mm presentaron un rendimiento inferior en términos de velocidad.

Este hallazgo subraya la influencia directa del ancho de las llantas en el rendimiento del ciclista, ya que las llantas más anchas tienden a ofrecer menor resistencia al rodar, lo que puede resultar en mayores velocidades y mejor estabilidad, especialmente en terrenos irregulares.

El mejor tiempo promedio registrado se obtuvo con las llantas de 28 mm, logrando un tiempo de 11:14 ± 04:43 minutos. En cambio, las llantas de 23 mm presentaron el peor rendimiento temporal. Esta diferencia en los tiempos sugiere que las llantas más anchas no solo permiten alcanzar mayores velocidades, sino que también contribuyen a una mayor eficiencia en recorridos prolongados. Para los ciclistas competitivos, donde cada segundo es crucial, la elección adecuada del tipo de llanta puede ser determinante para mejorar el rendimiento general

Agradecimientos

Agradezco, en primer lugar, a Dios por darme la fortaleza y sabiduría necesarias para completar este proyecto. A mi familia, por su incondicional apoyo y aliento en cada paso de este camino. Asimismo, expreso mi gratitud a los docentes de la Maestría en Entrenamiento Deportivo de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), quienes, a través de sus enseñanzas y conocimientos, fueron piezas clave para llevar a cabo esta investigación.

Referencias Bibliográficas

Aldana Bolívar, J. (2019). Modelamiento de las fuerzas resistivas en ciclismo: Un análisis de las fuerzas aerodinámicas y de rodadura en diferentes configuraciones de carrera (*Trabajo de grado*). Universidad de los Andes, Colombia.

- <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/441d3645-396d-4430-a190-d4d73e4559c8/content>
- Barry, N., Burton, D., Sheridan, J., Thompson, C., & Brown, T. (2018). Aerodynamic drag interactions between cyclists in a team pursuit. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 175, 293–304. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167610517309339?via%3Dihub>
- Borrero, D., & Ramos, J. (2021). Evaluación del rendimiento ciclista en función del ancho de llanta [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes]. *Repositorio Universidad de los Andes*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/fb9b83e8-10e8-4546-b0a5-bc55c88c5c3c>
- Bustingorri Eguaras, P. (2023). Comparación de dos sistemas de registro de la potencia en ciclismo durante el test de Wingate: Influencia de la posición adoptada (sentado vs. de pie) [Trabajo de fin de grado, Universidad de León]. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=112213>
- Cardona Calle, J., Piñeros Díaz, H., & Sarmiento González, A. (2021). Análisis de la resistencia de rodadura en bicicletas y su influencia en el rendimiento del ciclista [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes]. *Repositorio Universidad de los Andes*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/8bc89868-f747-43bc-9a3f-e6d37a173c0f>
- Ciclismo y Rendimiento. (2023). Últimas investigaciones en ciclismo. *Ciclismo y Rendimiento*. <https://www.ciclismoyrendimiento.com/ultimas-investigaciones-en-ciclismo/>
- Chung, J., Kyle, C., & Lai, Y. (2014). Experimental investigation of tire rolling resistance performance and development of analytical model. *Journal of Sports Science and Engineering*, 6(4), 1-7. https://www.researchgate.net/publication/373812954_Modelling_and_experimental_testing_of_truck_tyre_rolling_resistance
- Crouch, N., Burton, D., LaBry, A., Blair, B., & Sheridan, J. (2017). Riding against the wind: A review of competition cycling aerodynamics. *Sports Engineering*, 20(2), 81-110. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12283-017-0234-1>
- Debraux, P., Grappe, F., Manolova, V., & Bertucci, M. (2011). Aerodynamic drag in cycling: Methods of assessment. *Sports Biomechanics*, 10(3), 197-218. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21936289/>
- Flores Nájera, J., Torres Quevedo, A., & Torres Quevedo, S. (2021). El bike fitting sobre la biomecánica en ciclistas: Una revisión sistemática y documental. *Revista Electrónica Acimed*, 32(2), 1-13. https://www.researchgate.net/publication/351315580_El_Bike_fitting_sobre_la_biomecanica_en_ciclistas_una_revision_sistemica_y_documental
- Faria, W., Parker, L., & Faria, E. (2005). The science of cycling: Physiology and training - Part 1. *Sports Medicine*, 35(4), 285-312. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00002>
- González-Haro, C., Martínez, S., & López-Chicharro, J. (2017). Influence of tire width on the rolling resistance and speed of cyclists. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 98-110. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0395>
- Gómez Rueda, D. (2018). Análisis biomecánico del rendimiento en ciclismo mediante simulación computacional (Trabajo de grado). *Universidad de los Andes, Colombia*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/ecde4aad-e242-4c69-9c61-e303c343035a/content>
- G-se. (2021). Resistencia al rodamiento. G-se. <https://g-se.com/resistencia-al-rodamiento-bp-d57cfb26e77faf>
- Heine, J. (2015). Tire performance and comfort in competitive cycling. *Bicycle Quarterly*, 13(2), 8-14.

- <https://rehersecycles.com/BQTireDrop.pdf>
- Núñez, A. (2022). Aerodinámica en ciclismo: Te explicamos por qué es importante. Nuben entrenamiento ciclista. <https://nubentrenamientociclista.com/aerodinamica-en-ciclismo-te-explicamos-por-que-es-importante/>
- Reef Recovery. (2023). La ciencia de las bicicletas. Reef Recovery. <https://reefrecovery.org/es/la-ciencia-de-las-bicicletas/>
- Rodríguez, A., & Rodríguez, M. (2007). La importancia de los ajustes de la bicicleta en la prevención de lesiones. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 1(4), 171-177. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-andaluza-medicina-del-deporte-284-articulo-la-importancia-ajustes-bicicleta-prevencion-13127530>
- Rodríguez Hernández, S. (2018). Construyendo pedalología. *Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano*. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/28857>
- Santos, J., & Hernández, P. (2016). Resistencia aerodinámica de ciclistas profesionales y su influencia en el rendimiento deportivo. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 30(4), 22-28. https://www.researchgate.net/publication/309546513_Resistencia_aerodinamica_de_ciclistas_profesionales_y_su_influencia_en_el_rendimiento_deportivo
- Sharp, A. (2008). Bicycle technology. Squires. https://books.google.com.ec/books?hl=en&lr=&id=aaIzkSDNh14C&oi=fnd&pg=PA5&dq=resistencia+rodadura+ciclismo&ots=R7fZliNUio&sig=sH3bHaGrsY6_0FF3n3-tZnTDuss&redir_esc=y#v=onepage&q=resistencia%20rodadura%20ciclismo&f=false
- Spoelstra, T., Davison, R., & Olds, T. (2018). Rolling resistance and cycling speed. *Sports Biomechanics*, 17(2), 1-10. <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijspp/2/1/article-p5.xml>
- Uribe Sanabria, S. (2015). Medición de los coeficientes de arrastre aerodinámico y de rodadura en una bicicleta (*Proyecto de grado, Universidad de Los Andes*). Bogotá, Colombia. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/441d3645-396d-4430-a190-d4d73e4559c8/content>
- Wilson, G. (2004). *Bicycling science* (3rd ed.). The MIT Press. https://books.google.com.ec/books?hl=en&lr=&id=UcbnCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA107&dq=resistencia+rodadura+ciclismo&ots=VpwVCyb5WG&sig=ilxkedVBT178nDfIb2iMIHuIW0g&redir_esc=y#v=onepage&q=resistencia%20rodadura%20ciclismo&f=false



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Joel Levi Burbano Coral, y Maritza Gisella Paula Chica.

