

Ciclisme professional: enginyeria i disseny

Introducció

La bicicleta, coneguda en els seus inicis amb el nom de velocípede, va néixer de les llavors de la necessitat de traslladar-se amb un mitjà eficient, ecològic però sobretot econòmic, en un moment en què la situació social era precària. Arran d'aquest nou invent, del qual es van ramificar diverses funcions, es va desenvolupar l'aspecte referent a l'oci, avui en dia anomenat «ciclisme».

El ciclisme es va introduir l'any 1868, quan van emergir proves ciclistes de pocs corredors, generalment al voltant dels deus, en petits circuits francesos. Aquesta disciplina es va popularitzar al llarg de la següent dècada, sobretot en l'àmbit obrer i en zones molt concretes i ben delimitades.

Actualment, el ciclisme és un esport de molta importància a nivell nacional (Espanya va ser un dels països pioners en la pràctica d'aquest esport) i internacional (França, Itàlia, el Regne Unit, Holanda i els Estats Units destinen una quantitat important de recursos per al desenvolupament del món ciclista) ja que promou diverses disciplines humanes pel que fa a l'àmbit físic i tècnic en el terreny del desenvolupament de sistemes, així com científiques a nivell de recerca.



Metodologia

Aquest treball es destina a investigar els diversos factors físics que intervenen en una competició qualsevol de ciclisme, els fenòmens que s'hi esdevenen i com afecten els sistemes implicats, a més de com, aprofitant coneixements d'enginyeria de materials, d'enginyeria aeronàutica (mecànica de fluids) i disseny, podem desenvolupar quadres que beneficiïn el corredor en un gran ventall de casos diversos. Per aquesta raó, la metodologia seguida per a la projecció del treball es basa en els fonaments de la tècnica: la prova empírica. S'ha treballat amb diferents prototips, fonamentats en assajos previs de cases comercials ciclistes, per tal de buscar una relació entre elles que permetés, mitjançant una adequada combinació de tals prototips, obtenir un disseny del quadre que, deixant de banda les condicions i restriccions imposades per la Unió Ciclista Internacional (UCI), s'assimilés a un model per una banda futurista i, per l'altra, eficientment potenciat respecte dels actuals.

Cos del treball

Una bicicleta, per definició, és un dispositiu format per una estructura bàsica anomenada quadre des de la qual s'articulen dues rodes que permeten el seu desplaçament, un manillar encarregat de la direcció, un seient per al conductor i uns pedals que transmeten, gràcies a una cadena i uns pinyons, energia a les rodes.

Si analitzem de forma rigorosa el quadre, podem desglossar-lo en diverses parts cadascuna de les quals, segons la seva forma, longitud, disposició... interpreta un paper molt important en el comportament global de la bicicleta. Les principals característiques o elements amb què podem jugar són molt diverses, des dels angles de la direcció, el seient o la potència, fins a les longituds del tub horitzontal, de les beines posteriors, l'alçada de l'eix de pedalar o la distància entre els eixos.

En funció d'aquestes característiques, es poden classificar els quadres en quatre grans grups: les bicicletes pensades per a recorreguts llargs (gran fons), les destinades a les etapes de muntanya (escaladores), les dissenyades per a les curses de contrarellotge i les híbrides, entre els dos últims grups.

Marc pràctic

La part pràctica del treball va adreçada a dissenyar un quadre de contrarellotge. Per desenvolupar un disseny de qualsevol sistema o mecanisme cal, en primer lloc, aprofundir de forma objectiva en les característiques i les seves propietats, així com buscar-ne les millors qualitats i elements que les potenciïn.

En primer lloc, cal investigar sobre els materials vigents en el mercat destinats a la

confecció de quadres de bicicleta, tant dels que s'utilitzen en l'actualitat com dels que es troben en desús.

Les propietats fonamentals que cal valorar són, pel que fa a la indústria ciclista, l'elasticitat, la duresa, la resiliència, la fragilitat, la fatiga, la mal·leabilitat, la ductilitat, la tenacitat i la colabilitat, entre d'altres de menys importants.

Aquestes característiques les trobem en materials com l'alumini, el titani o la fibra de carboni. El primer, a més, és distint dels altres pel que fa a la seva abundància a la natura i la seva gran facilitat per formar aliatges. El segon, per la seva banda, és més lleuger que l'alumini, però el seu elevat cost d'obtenció i producció li fan perdre punts en aquest sector. Finalment, la fibra de carboni és el producte estrella, ja que combina una duresa excepcional amb una lleugeresa sorprenent, així com una mal·leabilitat i colabilitat molt productives per a la fabricació en sèrie de quadres, a més d'una densitat molt reduïda.

Escollim la fibra de carboni (un material relativament nou i jove amb molts anys de trajectòria i desenvolupament) per confeccionar un quadre.

En segon lloc, cal desglossar les funcions i característiques de què ha de disposar el disseny. En les curses a contrarellotge, els dos factors més importants que cal tenir presents són el pes i l'aerodinàmica. Una vegada solucionat el primer problema, el pes del conjunt, passem a estudiar el segon.

L'aerodinàmica és aquella disciplina dins la física que s'encarrega d'analitzar el comportament de l'aire davant diversos sistemes mecànics i a la inversa, és a dir, com interactuen els cossos davant un flux d'aire determinat. Els tres factors més destacats per estudiar són l'arrossegament, la sustentació i la capa límit.

L'arrossegament és aquell fenomen pel qual l'aire exerceix una força de la mateixa direcció i sentit que el seu moviment sobre un cos concret. Aquesta força que crea depèn, en últim terme, del volum i la forma del cos en qüestió i de la diferència de velocitat entre la del mòbil i la del vent. Excepte en condicions particulars, l'arrossegament és (a excepció de dispositius com els paracaigudes o els vaixells a vela) un efecte indesitjable, ja que afavoreix el desgast o, en aquest cas, augmenta la resistència aerodinàmica. La sustentació és una propietat de determinats cossos d'aprofitar l'arrossegament (la seva component vertical) per generar una força de direcció en l'eix d'ordenades i sentit ascendent que permeti, en el millor dels casos, el vol (exemple: un avió). Pel que fa al ciclisme no és un objectiu a millorar, però sí que cal procurar no impulsar-lo perquè pot provocar turbulències en el conjunt.

La capa límit és, respecte a la superfície del cos a tractar, una regió de l'espai en la qual el flux d'aire que hi incideix es desadhereix del volum i desencadena un comportament inestable semblant a un remolí. Aquest efecte, a causa que en líquids també es dona, es pot observar de forma empírica quan un vaixell es desplaça pel mar (els remolins que deixa al seu pas).

Aquests fenòmens es poden solucionar si modifiquem pel que fa al volum i a la forma les seccions del quadre, ja que tots ells depenen de la superfície en la qual impacta el flux.

A continuació, fem un estudi de la geometria del quadre en funció de les característiques de la bicicleta i la de les competicions. En el cas d'una bicicleta de contrarellotge, cal que la distància entre els eixos sigui major que en una d'escaladora per dotar-la d'estabilitat, així com la longitud del tub horitzontal per reduir la superfície del ciclista exposada al flux d'aire, l'angle del seient gran, de la mateixa manera que el de la direcció, però al contrari que el de la potència, i l'*sloping* nul.

A partir d'aquí cal donar forma als tubs del quadre. Per fer-ho, es treballa amb les seccions més importants que els defineixen, a més de la vista de perfil del conjunt. Amb la finalitat de concretar uns perfils eficients, s'estudien, mitjançant programes informàtics que reproduïxen i simulen túnels de vent, la velocitat de l'aire, la pressió d'aquest sobre una superfície i les turbulències que genera en altres que ja siguin al mercat per desenvolupar-ne un prototip. Els resultats obtinguts en les simulacions permeten elaborar un o més prototips modificables de secció que s'empraran en el quadre. Amb les tecnologies actuals, aquests perfils es poden introduir en un disseny en dues dimensions (2D) basat en el sistema geomètric o, fins i tot, dièdric, que permeti la correcta lectura del document, o fins i tot en tres dimensions (3D), que permet treballar amb comoditat els objectes i obtenir-ne una visió global, precisa i molt propera a la realitat del quadre.

El primer prototip serveix com a model per a la posterior millora del disseny que, després de ser estudiat aerodinàmicament en un túnel de vent virtual, que ens proporciona tot tipus d'informació sobre les condicions a les quals s'enfronta el quadre i com ho fa, ens permet observar els problemes d'eficiència mecànica i aerodinàmica que presenta. Amb aquestes dades es redissenya el quadre, basant-se en els punts forts del primer esbós, i es fa el mateix procés fins a assolir l'objectiu proposat.

Per acabar, es digitalitza el disseny en tres dimensions. El programa informàtic utilitzat és *SolidWorks*, que permet, a banda de fer-lo amb precisió i eines polivalents i autònomes, aplicar-li textures que el dotin de realisme i detallisme.

Conclusions

Com a resultat d'una important tasca de recerca he obtingut un disseny, possiblement futurista, d'un quadre de competició de la disciplina de contrarellotge. Aquest era l'objectiu principal inicial del treball, del qual ha anat variant l'enfocament, i s'ha assolit amb un grau de satisfacció personal molt elevat, tenint en compte les importants dificultats físiques, tècniques i matemàtiques, com la manca de recursos

materials, tècnics i de formació informàtica i de coneixements avançats en l'àmbit matemàtic; si bé han estat compensats gràcies a la tutora del treball, M. Nieves Del Rio, i a Moisès Morón, integrant del Departament de Representació Gràfica de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) de Terrassa, i professor d'aquesta mateixa facultat, que han fet possible assolir aquest objectiu.

Un punt molt important que cal remarcar, també, és el fet d'haver conegut i haver-me apropiat a la importància de l'aerodinàmica, l'estudi del flux de l'aire a través dels diferents materials que coneixem, en el futur de disciplines tècniques com l'automobilisme (Fórmula 1, GP2...), l'aviació i el ciclisme, així com en qualsevol ciència tècnica. L'estudi dels factors externs que ens envolten i la seva aplicació pràctica poden beneficiar molts camps, com ara el de l'energia, ja que la força del vent és extremadament poderosa.

Bibliografia i webgrafia

— ALCALDE, Y. «¿La aerodinámica es todo?». *BiciSport*, núm. 07. — ANTÓN, M. M.; ASIAIN, X.; GOROSTIAGA, E. M.; IBÁÑEZ, J.; IZQUIERDO, M.; MENDIGUCHIA, J. *Predicción del rendimiento en pruebas en el llano y en el ascenso*. — BAÑÓN, J.; GISBERT, J. V.; PALOMAR, S.; PASTOR, J. «Las reinas del gran fondo». *BiciSport*, núm. 01. — CALDERÓN, J.; CASADO, J. P.; OCAMPO, J.; PALOMAR, S. «Sabor casero». *BiciSport*, núm. 06. — CRESPO MARTÍNEZ, A. *Mecánica de fluidos*. Ed. Thomson. — DAVID, R.; ROTOR BIKE. *Pedalada a pedalada, hasta llegar a lo más alto*. — DÍAZ ORTIZ, J. E. *Mecánica de fluidos e hidráulica*. Ed. Programa Editorial Universidad del Valle. — DUARTE AGUDELO, C. A.; NIÑO VICENTES, J. R. *Introducción a la mecánica de fluidos*. Ed. Universidad Nacional de Colombia. — GALLEGO, J. E. *Conceptos de perspectiva. Uso de la bicicleta como medio de transporte alternativo*. — GISPERT, J. V. «Presentación Campagnolo 2015: la evolución continúa». *Ciclismo a Fondo*, núm. 357. — GISPERT, J. V. «Presentación Canyon Aeroad CF SLX: la nueva arma de Valverde y Purito». *Ciclismo a Fondo*, núm. 357. — GISPERT, J. V. «Presentación gama Trek Émonda». *Ciclismo a Fondo*, núm. 357. — GISPERT, J. V.; OCAMPO, J.; PALOMAR, S.; PASTOR, J. «Se impone la lógica». *BiciSport*, núm. 02. — GISPERT, J. V.; OCAMPO, J.; PASTOR, J. «Más rápidas que el viento». *BiciSport*, núm. 07. — L. MOTT, R. *Mecánica de fluidos*. Ed. Prentice Hall. — L. MOTT, R. *Mecánica de fluidos aplicada*. Ed. Prentice Hall. — L. STREETER, V.; WYLIE, E. B.; BEDFORD, K. W. *Mecánica de fluidos*. Ed. Mc Graw Hill. — MADRAMANY NUÑEZ, B. *Diseño de una rueda de bicicleta en material compuesto*. — MONTE, A. *Il costo energetico nella corsa*. — MUÑOZ MATO, L. *Arrastre y sustentación de cuerpos sumergidos*. — <<http://www.fisicaeingenieria.es/resources/arrastre.pdf>> — OCAMPO, J. «Presentación Focus Cayo: alta calidad para todos los bolsillos». *Ciclismo a Fondo*, núm. 357. — OCAMPO, J.; PALOMAR, S.; PASTOR, J.

«Evolución». *BiciSport*, núm. 07. — PALOMAR, S. «Canyon Ultimate CF SL: ¿quién da más?». *Ciclismo a Fondo*, núm. 358. — PALOMAR, S. «Cortando el viento». *BiciSport*, núm. 03. — PALOMAR, S. «Una historia de ángulos y milímetros». *BiciSport*, núm. 01. — PALOMAR, S. «La importancia de la flecha». *BiciSport*, núm. 02. — PALOMAR, S. «Making of». *BiciSport*, núm. 02. — PALOMAR, S. «Pinarello Dogma F8». *Ciclismo a Fondo*, núm. 357. — PALOMAR, S. «Presentación Lapierre». *Ciclismo a Fondo*, núm. 357. — PALOMAR, S. «Scott Solace: allanando el camino». *Ciclismo a Fondo*, núm. 358. — RODRÍGUEZ, M. *Introducción a la capa límite laminar bidimensional y estacionaria*. — <http://webserver.dmt.upm.es/zope/DMT/docencia/mecanica-de-fluidos-i/material/Capa_Limite_Laminar_Introduccion.pdf> — LA BIO GUIA. Información sobre bicicletas ecológicas. — <<http://www.labioguia.com/notas>> — BMC - The Bicycle Manufacturing Company <<http://www.bmc-switzerland.com/int-es/innovacion/>> CERVÉLO Aerodinámica <<http://www.cervelo.com/es/engineering/thinking-and-processes/aerodynamics.html>> — *Laboratorio frente a realidad* <<http://www.cervelo.com/es/engineering/thinking-and-processes/lab-vs-reality.html>> — *Ocho gramos de ingeniería* <<http://www.cervelo.com/es/engineering/thinking-and-processes/8-grams-of-engineering.html>> — *Peso versus aerodinámica* <<http://www.cervelo.com/es/engineering/thinking-and-processes/weight-vs-aero.html>> — CICLISMO A FONDO. *Componentes de una bicicleta de ruta* <<http://www.ciclismoafondo.es/mecanica/reparacion-y-mantenimiento/articulo/partes-bicicleta-carretera>> — *Cuestión de geometría y algo más* <<http://www.ciclismoafondo.es/bicis/noticias-bici/articulo/geometria-bicis-carretera-aero-escaladoras-granfondo>> — *Informe: la geometría de una bicicleta* <<http://www.ciclismoafondo.es/mecanica/Informes/articulo/geometria-bicicleta-angulos>> — *Informe: los materiales de un cuadro* <<http://www.ciclismoafondo.es/mecanica/Informes/articulo/material-cuadro-bicicleta>> — CRONORAMIA. *Ciclismo y viento* <<http://www.cronoramia.com/2014/02/13/ciclismo-y-viento-ene-migos-irreconciliables/>> — CUBE. *Technology* <<http://www.cube.eu/cube-bikes/>> — *Aerodynamic system* <<http://www.cube.eu/cubeworld/technologie/#goToaerodynamicsystem>> — INSTITUT TECNOLÒGIC I D'ENERGIES RENOVABLES S.A. *Túnel de vent* <<http://www.iter.es/index.php/mod.pags/mem.detalle/idpag.101/idmenu.1091/chk.04442b7e1cc70f1f9cb0ef904936b626.html>> — MEGAMO <http://www.megamo.com/web/index_es.php> — MERIDA. *Tecnología* <<http://www.merida-bikes.com/es/>> — MONOGRAFÍAS. *Mecánica de fluidos* <<http://www.monografias.com/trabajos82/teoria-capa-limite-sustentacion-arrastre/teoria-capa-limite-sustentacion-arrastre2.shtml>> — SPECIALIZED. *Aero is everithing* <<http://www.specialized.com/es/es/technology/aero>> — *Carbono FACT* <<http://www.specialized.com/es/es/technology/fact>> — TREK <http://www.trekbikes.com/es/es_ES> — UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA *Serveis científic-tècnics* <<http://www.upc.edu/sct/es/equip/162/tunel-viento.html>> — WILIER.

Technologie <<http://www.wilier.com/en/technologies>> – WIKIPEDIA. *Ciclisme* <<https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclismo>> – *Túnel de vent* <https://es.wikipedia.org/wiki/T%C3%BAnel_de_viento>.