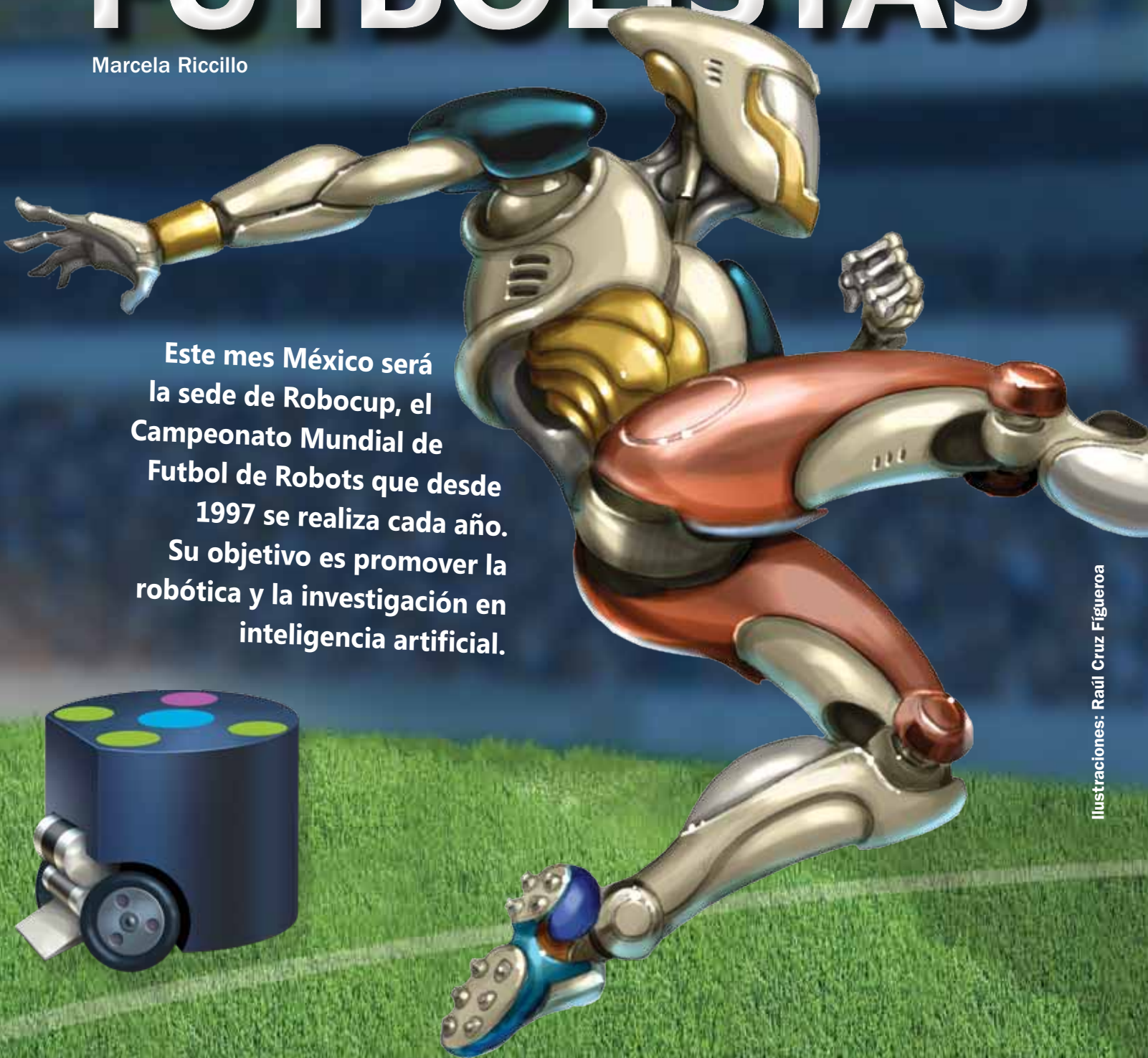
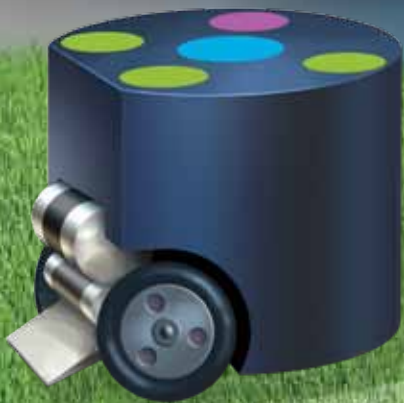


ROBOTS FUTBOLISTAS

Marcela Riccillo

Este mes México será la sede de Robocup, el Campeonato Mundial de Futbol de Robots que desde 1997 se realiza cada año. Su objetivo es promover la robótica y la investigación en inteligencia artificial.



Ilustraciones: Raúl Cruz Figueroa

El jugador lleva la pelota, esquiva a los contrincantes y se detiene frente a la portería. Mira atentamente su objetivo y da una patada. El portero se lanza hacia la derecha, pero la pelota logra entrar. El público se levanta y festeja al grito de “¡gol!”, enarbolando banderas de victoria. Sin embargo, los jugadores de ambos equipos, inmutables, no se alegran ni se entristecen. El portero se levanta y todos se dirigen a sus posiciones iniciales para esperar el aviso del árbitro y comenzar la siguiente jugada.

Este mes la Ciudad de México recibe equipos de fútbol de todo el mundo, como en el Campeonato Mundial de 1986; la diferencia es que los jugadores no serán de carne y hueso, sino de plástico y metal. Por primera vez se jugará en un país latinoamericano el campeonato Robocup, el mundial de fútbol de robots, a celebrarse del 18 al 24 de junio en el World Trade Center de la Ciudad de México. En este torneo participan equipos de 40 países, entre ellos México, Japón, Estados Unidos, China y Portugal.



Por lo general, los equipos están asociados a universidades. Los integran las personas que investigan y desarrollan el *hardware* y los algoritmos de juego, y los robots, que pueden ser robots reales o programas que los simulan, como en un juego electrónico.

Aunque parece solamente un juego, esta actividad es muy importante para el avance de la robótica. En primer lugar porque el fútbol atrae multitudes, lo que a su vez atrae a los anunciantes e inversionistas, algo siempre útil en el medio académico, donde no sobran los recursos económicos. En segundo lugar, porque un robot que juega al fútbol tiene que poseer habilidades muy útiles para cualquier robot. En otras palabras, el fútbol encarna una buena parte de los problemas de la vida diaria que tiene que resolver cualquier robot autónomo.

El terreno de juego contiene jugadores del propio equipo, jugadores del equipo contrario y un balón que hay que perseguir y encajar en la portería del adversario: el buen robot futbolista debe ser capaz de registrar los movimientos de todos estos elementos y usarlos para anticipar los propios, lo que no es nada fácil. Además, esos movimientos propios están guiados por la necesidad de colaborar con los compañeros de equipo con el objetivo de meter goles, lo cual requiere tener en mente una estrategia.

Como metáfora de la vida, el fútbol no está mal. Los avances en robótica futbolística se pueden aplicar a otras tareas que exijan movimientos coordinados, colaboración y estrategia en un universo complejo y cambiante, como en actividades de

rescate, de construcción, de reparación e incluso en tareas domésticas.

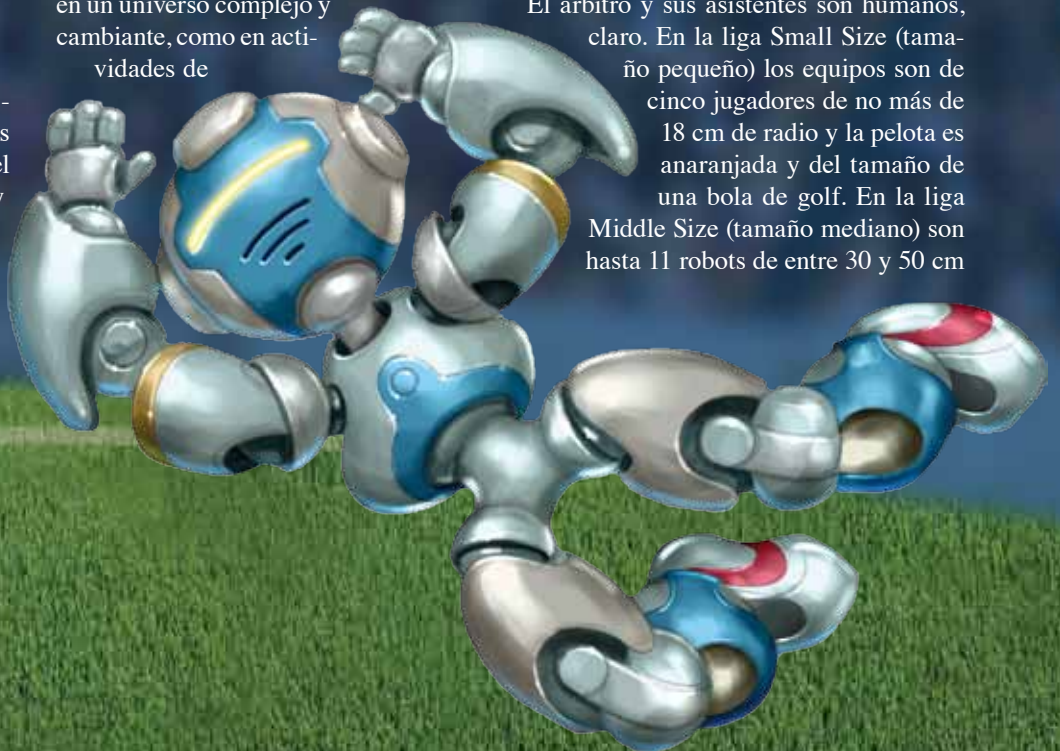
Los robots que participan en los partidos no son todos iguales. Existen varias categorías: la de robots parecidos a autos pequeños (Small Size League y Middle Size League), las de robots con forma de humanos (Humanoid League y Standard Platform League) y una de robots simulados en computadora (Simulation League).

Los obstáculos técnicos

Un robot futbolista debe poder orientarse y moverse por la cancha, y localizar el balón, trasladarlo, pasarlo y patearlo hacia la portería

Uno podría imaginarse a los jugadores de la Robocup como robotitos con piernas, brazos y la camiseta del equipo; pero sólo son así los de la Liga Humanoide. Construir robots con forma humana, y sobre todo robots que se desplazan por medio de piernas en vez de ruedas, es difícil y costoso. No está al alcance de todos los equipos universitarios. El estilo de jugador más común en este campeonato parece más un carrito que una persona.

El campo de juego es como el de un partido real, aunque más pequeño. El suelo es verde con líneas blancas que delimitan las zonas y hay dos porterías con todo y red. Una valla baja rodea la cancha para que la pelota no se salga del área de juego. El árbitro y sus asistentes son humanos, claro. En la liga Small Size (tamaño pequeño) los equipos son de cinco jugadores de no más de 18 cm de radio y la pelota es anaranjada y del tamaño de una bola de golf. En la liga Middle Size (tamaño mediano) son hasta 11 robots de entre 30 y 50 cm



de diámetro y la pelota es parecida a la del juego real.

Avanzar y retroceder no es difícil para un robot con ruedas. Arrastrar la pelota hacia adelante parece que tampoco (aunque hay que poder ubicarla y conservarla durante el desplazamiento). ¿Pero cómo puede un carrito patear una pelota? Los robots de esta categoría tienen al frente una placa metálica que se extiende para impulsar la pelota como si se le diera una patada.

Mirada de robot

Los humanos vemos con los ojos, pero también con el cerebro: la información visual se procesa de maneras complicadas para darnos información sobre la ubicación de los objetos, sus formas, sus distancias, sus colores, sus movimientos. ¿Cómo ve un robot? No bastaría con ponerle cámaras a manera de ojos, porque éstas sólo detectan la luz y sus variaciones. El robot necesita sensores de movimiento, detectores de sonido y hasta sensores de temperatura, además de un procesador central que reúna esta información y la interprete. Otro problema es que, además de ubicar a los otros jugadores y predecir sus trayectorias para controlar la suya, el robot futbolista tiene que poder distinguir entre compañeros de equipo y adversarios. Para eso sí sirven las cámaras. En la liga Small Size se usa una única cámara situada en alto para darle al robot una vista panorámica de la cancha. Las imágenes son transmitidas a las computadoras de cada equipo, que se encuentran fuera del campo. La computadora del equipo procesa las imágenes y le manda a cada

jugador instrucciones para realizar el mejor movimiento posible según su ubicación: acercarse a la pelota, llevarla a la portería, chutar a gol, pasarle la pelota a un compañero, evitar a un contrincante. En otras ligas cada robot tiene sus propias cámaras y su propia computadora para ver y decidir la mejor opción de manera autónoma.

La iluminación de la cancha debe ser lo más estable posible para no producirles confusión a los procesadores de los robots. También es importante controlar los colores de los jugadores. Un equipo podría decidir pintar a sus jugadores con líneas y puntitos raros y luego dotarlos de un sistema de percepción visual capaz de procesar el complicado patrón, pero sería injusto para el otro equipo. Por eso hay reglas para los uniformes y para identificar a los jugadores individuales. En la liga Small Size cada jugador es como una cajita con ruedas y cinco círculos de colores pintados en la parte superior. El círculo central es para el color del equipo (que puede ser azul o amarillo). Los otros colores distinguen a los jugadores, que además deben llevar un número, como los jugadores humanos.

Los equipos necesitan estrategias definidas, además de una alineación: hay robots delanteros y robots defensores; el robot portero es un caso particular por las habilidades que requiere. La estrategia debe contemplar las li-

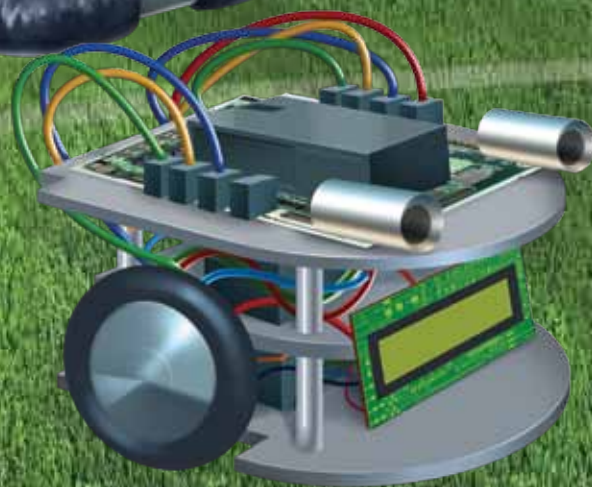
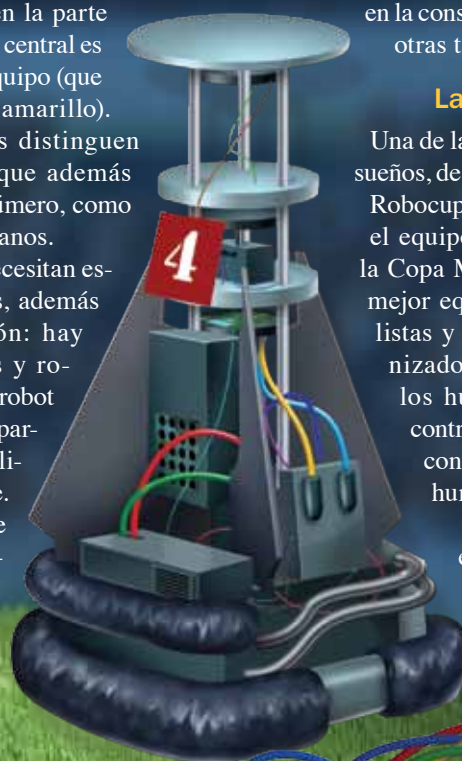
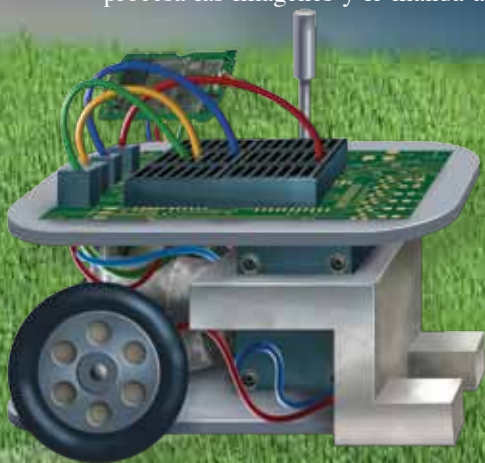
| Sedes de la Robocup | |
|---------------------|---------------|
| 1997 | Japón |
| 1998 | Francia |
| 1999 | Suiza |
| 2000 | Australia |
| 2001 | EUA |
| 2002 | Japón y Corea |
| 2003 | Italia |
| 2004 | Portugal |
| 2005 | Japón |
| 2006 | Alemania |
| 2007 | EUA |
| 2008 | China |
| 2009 | Austria |
| 2010 | Singapur |
| 2011 | Turquía |

mitaciones físicas: baterías gastadas, choques, caídas, problemas de iluminación momentáneos, fallas de la comunicación con la computadora central. Al resolver estos problemas futbolísticos los diseñadores de robots desarrollan técnicas, programas y máquinas que serán útiles en la construcción de robots para otras tareas.

La liga humanoide

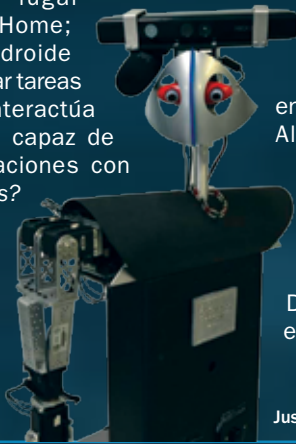
Una de las metas, o quizá de los sueños, de los organizadores de la Robocup, es que en el año 2050 el equipo humano ganador de la Copa Mundial se enfrente al mejor equipo de robots futbolistas y pierda. Pero los organizadores no se imaginan a los humanos compitiendo contra cajas con ruedas, sino contra máquinas de forma humana.

¿Qué quiere decir exactamente tener forma humana en el con-



La UNAM en la Robocup 2012

La delegación mexicana que participará en la Robocup 2012 fue seleccionada en el pasado Torneo Mexicano de Robótica, celebrado en el Tecnológico de Monterrey campus Estado de México del 26 al 28 de abril. Parte de esta delegación está integrada por equipos de la UNAM, entre ellos los de alumnos del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) Vallejo que en el Torneo Mexicano fueron ganadores en la categoría Soccer Junior con los robots Pumabot y Kingbot. Otro equipo es del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), que con el robot Golem-II+ obtuvo el primer lugar en la categoría @Home; se trata de un androide diseñado para realizar tareas domésticas que interactúa con humanos y es capaz de mantener conversaciones con ellos (en *¿Cómo ves?* No. 135 se publicó la historia del robot Golem, antecedente del II+). Justina es otro robot de servicio que estará compitiendo en la categoría @Home



Justina.

de la Robocup 2012 y que obtuvo el segundo lugar en el Torneo Mexicano; fue creado en el Laboratorio de Biorrobótica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Mide aproximadamente 1.70 cm y tiene la habilidad de reconocer gestos, personas y objetos, puede desplazarse y mover el torso, tomar objetos y obedecer órdenes; su voz es femenina. Puedes ver a Justina en acción en: <http://biorobotics.fi-p.unam.mx/>

Otro grupo que representa a la UNAM en la Robocup 2012 es el Club de Robótica de la Facultad de Ingeniería, que llegó a la final en el Torneo Mexicano en la categoría Junior. Visita su foro en: www.ingenieria.unam.mx/crofi/foro/index.php

La UNAM empezó a competir en la Robocup en 2006, en Bremen, Alemania, en la categoría Senior. Posteriormente, para estimular la participación de alumnos de nivel medio superior, se organizaron talleres de robótica tanto en las preparatorias como en los CCH. Desde el año 2010 son campeones en las categorías Junior.

Alma Martínez
y Mónica Genis

robot debe ser negro o gris oscuro y cada uno debe llevar una marca con el color del equipo (magenta o cian) en brazos y piernas.

Cada partido dura dos tiempos de 10 minutos con un intervalo de cinco minutos. Si los jugadores cometen faltas, el árbitro les puede sacar tarjeta amarilla o tarjeta roja. Las faltas en esta competencia pueden ser choques o caídas que hagan caer a otros jugadores. Y si la falta se comete en la zona de ataque el árbitro indicará un penal.

En Japón están creando humanoides muy realistas, con piel sintética y gestos humanos. Como ejemplos se pueden citar la línea Actroid, de la Universidad de Osaka y la empresa Kokoro; y la línea HRP, del Instituto Nacional de Tecnología y Ciencia Avanzada AIST y la empresa Kawada. Estos robots aún no podrían jugar al fútbol porque la tecnología todavía no ha avanzado lo suficiente para que se trasladen fácilmente y colaboren con otros robots. Sin embargo, podría ser que en el futuro los humanoides futbolistas empezaran a tener cara y manos y a comunicarse entre ellos (como humanos) para coordinar las jugadas.

Todos iguales

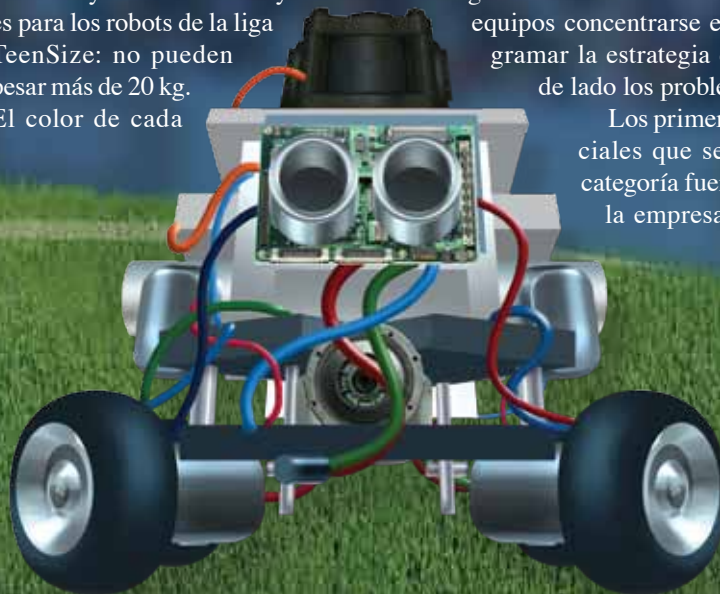
Hay una liga especial que se llama Standard Platform. En las otras ligas cada equipo compite con un diseño particular y exclusivo que resuelve muchos problemas técnicos: caminar sin caerse, procesar rápidamente las jugadas, baterías duraderas. La idea de la categoría Standard Platform es que todos los jugadores sean iguales en *hardware*. Esto permite a los equipos concentrarse en diseñar y programar la estrategia de juego y dejar de lado los problemas mecánicos.

Los primeros robots comerciales que se usaron en esta categoría fueron los AIBO, de la empresa japonesa Sony.

texto de esta competencia? El reglamento de la Robocup define como jugador humanoide a un robot con dos piernas, dos brazos y una cabeza unidos a un tronco. El robot debe caminar con las piernas y patear la pelota con los pies. Los jugadores son autónomos, con cámaras propias que procesan la información del juego.

Existen tres subligas según el tamaño de los participantes. En la KidSize (infantil) juegan por equipo tres robots de 30 a 60 cm con una pelota del tamaño de una de tenis. En la TeenSize (juvenil) son dos

jugadores por equipo (un pateador y un portero) de entre 100 y 120 cm. Y en la AdultSize (adultos) sólo hay dos jugadores, su tamaño alcanza 1.60 m, semejante a la altura de humanos adultos; en el juego primero uno de los robots es pateador y el otro portero, después las posiciones se invierten. En cuanto al peso, el reglamento sólo incluye una restricción y es para los robots de la liga TeenSize: no pueden pesar más de 20 kg. El color de cada



El AIBO es un simpático robot con forma de perrito. Verlos correr tras la pelota y meter goles fue un deleite para el público presente. En 2008 se cambió la pauta y hoy se juega con robots Nao de la empresa francesa Aldebaran Robotics, que es uno de los grandes patrocinadores de la Robocup. Este robot humanoide es blanco con detalles en azul o rojo, mide poco más de 50 cm de alto y pesa 4.5 kg. Tiene en la cara dos cámaras, pero no están ubicadas como los ojos en un rostro humano. Una de las cámaras se encuentra en la frente y sirve para ver la cancha en perspectiva y ubicar correctamente los distintos elementos (jugadores, pelota, portería). La otra cámara, en la barbilla, le sirve para ver la pelota cuando está cerca de los pies. Cada pie tiene un sensor que hace que el robot “sienta” cuando patea la pelota.

El Instituto Politécnico de Virginia, Estados Unidos, está desarrollando actualmente un robot parecido al Nao llamado DARwin-OP (“darwin” son las siglas en inglés de Robot Antropomórfico Dinámico con Inteligencia). El robot mide unos 20 cm de estatura, está pintado de gris oscuro y tiene en la cabeza dos picos que le dan un aspecto de Batman en miniatura. En 2011 un equipo de DARwins ganó la Robocup de Estambul, Turquía, en la cate-

goría humanoide KidSize. En la categoría humanoide AdultSize también ganó el Politécnico de Virginia. Su laboratorio de robótica, RoMeLa (*Robotics and Mechanisms Laboratory*), dirigido por Dennis Hong, presentó al robot CHARLI, siglas de *Cognitive Humanoid Autonomous Robot with Learning Intelligence* (Robot Autónomo Humanoide Cognitivo con Inteligencia de Aprendizaje). El CHARLI mide 1.50 m y su cabeza tiene la forma de un pequeño casco. Este robot también se llevó el premio Louis Vuitton al mejor humanoide de la competencia.

En la categoría TeenSize el ganador fue el equipo NimbRo, de la Universidad de Bonn, Alemania. El robot, llamado Dynaped, de color oscuro y cara sonriente, iba vestido con un uniforme de camiseta y pantalones cortos.

La emoción del partido

Cuando veo un partido de futbol de robots me emociona pensar que están jugando por sí solos, analizando y tomando sus propias decisiones sin intervención de sus creadores. Algunos partidos son más dinámicos y entretenidos que otros. Los humanoides AdultSize son lentos en sus decisiones, pero impresionantes en sus movimientos tan parecidos a los humanos. Puedes ver muchos partidos y demostraciones si buscas “Robocup” en Youtube.

Algunos países tienen competencias de robots propias, por ejemplo el Torneo Mexicano de Robótica, que en 2011 se llevó a cabo en la Ciudad de México, en el Instituto Tecnológico Autónomo

Otras modalidades

Además de la competencia de futbol, en la Robocup existen tres modalidades más:

- Robocup Rescue - Participan equipos en desafíos de rescate de personas.
- Robocup@Home - Competencias de tareas domésticas. El énfasis está en la interacción humano-robot, así como en la navegación en ambientes dinámicos, reconocimiento de objetos y cooperación.
- Robocup Junior - Es una competencia con fines educativos dirigida a jóvenes estudiantes. Consta de actividades de futbol, danza y rescate.

de México y en 2012 en el Tecnológico de Monterrey del Estado de México. Estos torneos los organiza la Federación Mexicana de Robótica, que actualmente preside el doctor Jesús Savage, de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. La Federación es parte del Comité Organizador de Robocup 2012.

Por ahora, son los integrantes humanos los que se emocionan y aplauden cuando su equipo marca un gol o da muestras de asombrosa coordinación con una jugada maestra. ¿Llegará el día en que las gradas estén repletas de aficionados robots y que se festeje a una máquina por haber metido el mejor gol de su carrera? 🐾

Marcela L. Riccillo es doctora en ciencias de la computación de la Universidad de Buenos Aires. Docente universitaria, con especialización en Inteligencia Artificial (IA), ha participado en grupos de investigación y congresos internacionales y ha dictado diversas conferencias sobre robótica e IA. Participó como miembro evaluador en el Workshop del Campeonato Argentino de Fútbol de Robots (2009) y jurado de la Competencia de Robots Velocistas, Universidad de Buenos Aires (2011).

MÁS INFORMACIÓN

- Gifford, Clive, *¿Cómo construir un robot?*, Ediciones Oniro, serie Juegos de la ciencia, España, 2006.
- www.pandagrades.com/cdrc/federacion.php
- www.robocup.org

