



II CAIM 2010  
Segundo Congreso Argentino  
de Ingeniería Mecánica  
San Juan - Noviembre 2010

## Desarrollo del Proyecto Robótico del Instituto de Informática de la Universidade Federal do Rio Grande do Sul Atendido por una División de Ingeniería Mecánica

Cássio Klen de Azevedo<sup>(1)</sup>, Cristian Adolfo<sup>(2)</sup>, Dante Augusto Couto Barone<sup>(3)</sup> y Felipe Augusto Chies<sup>(4)</sup>

*Instituto de Informática – Escola de Engenharia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Av. Bento Gonçalves, 9500 Porto Alegre – Brasil  
Tel/Fax: +55 - (51) 3308 - 6000 - E-mail: [ufrgs@inf.ufrgs.br](mailto:ufrgs@inf.ufrgs.br)*

<sup>(1)</sup> [klen.azevedo@ufrgs.br](mailto:klen.azevedo@ufrgs.br), <sup>(2)</sup> [cristian.adolfo@ufrgs.br](mailto:cristian.adolfo@ufrgs.br), <sup>(3)</sup> [dante.barone@gmail.com](mailto:dante.barone@gmail.com), <sup>(4)</sup> [fachies@inf.ufrgs.br](mailto:fachies@inf.ufrgs.br)

### RESUMÉN

El suceso del área de Mecatrónica depende de una fuerte integración entre las áreas de Mecánica, Electrónica y Informática. El proyecto RoboPET, Robótica Inteligente de la Universidad Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) de Brasil, consiste en la construcción de robots jugadores de fútbol en la liga F-180 de la federación RoboCUP. El mismo presenta aportes significativos en cada una de las áreas, trabajando de una forma integrada y sinérgica.

En el equipo de investigación, además de profesores de Electrónica y Informática, hay Estudiantes de cuatro cursos de Grado: Maestría en Computación, Ingeniería de Computación, Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Mecánica. Esos Estudiantes desarrollaron en un corto tiempo un proyecto mecánico innovador que cumplen los requisitos de la parte de control.

Como características del proyecto se puede destacar que este es modular, facilitando montajes, cambios y encortando el tiempo para restaurar los robots. Se debe resaltar que la mayor innovación mecánica se encuentra en el nuevo conjunto de ruedas, que presenta características como transmisión acoplada, un número menor de tornillos con mejor funcionalidad e inclinación de las ruedas.

Materiales más leves o más resistentes fueron empleados donde era necesario, utilizando la experiencia mecatrónica que no se tenía antes del ingreso de los mecánicos en el equipo de investigación. El número de ruedas de 3 pasó para 4 en la locomoción de los robots. Esta modificación permite alcanzar velocidad mayor al costo de un consumo de energía un poco mayor.

Fueron también desarrollados estudios estructurales que tornaron posible la utilización de material ecológico en la construcción del carenaje de los robots, al contrario de material en acrílico antes utilizado. El desenvolvimiento de la investigación fue acompañada de simulaciones, cálculos, estudios y dibujos, donde todos los avances apuntados en el proyecto estarán descriptos por este trabajo.

**Palabras Claves:** modularización; robopet; Robocup; UFRGS; fútbol

## 1. INTRODUCCIÓN

El equipo RoboPET participa en la categoría F-180 (SSL - Small Size League) de la federación RoboCup. Los robots que participan en el Small Size League tienen dimensiones limitadas, deben caber en un cilindro de 180 mm de diámetro y 150 mm de altura. También deben, con la inteligencia artificial, emular el desempeño humano de conducir y disparar el balón en juegos que se extienden por diez minutos o diez goles.

Un gran problema en la construcción de estos robots es el arreglo de sus componentes. Para que el robot se mueva y realice las maniobras necesarias requiere-se que el espacio disponible es utilizado plenamente. La versión anterior del equipo de robots no utilizaba el espacio correctamente, sólo contaba con tres ruedas, no había ningún dispositivo de conducir o disparar el balón.

Para aumentar la competitividad del equipo RoboPET, se le incumbió a una nueva división mecánica creada, el desarrollo de un nuevo proyecto, teniendo en cuenta las normas generales establecidas para los robots de la categoría. Marcado por la modulación de todos los mecanismos para facilitar y agilizar el intercambio de componentes, se produjo un diseño dinámico y versátil que cumple los requisitos para una competencia exitosa en los juegos. Con toda la libertad creativa para el nuevo equipo, fueron posibles no sólo los cambios simples para nivelar el equipo, sino también las innovaciones que imponen los rasgos más llamativos para el equipo.

Este trabajo detalla cada uno de los cambios introducidos en el nuevo proyecto, que serán presentados paso a paso al lector con un enfoque de cada uno de estos mecanismos en el robot. Para una mejor comprensión del estudio se analizarán las ventajas y desventajas de cada una de las modificaciones e innovaciones del proyecto.

## 2. NECESIDAD DE UN SISTEMA MODULAR

Como un juego de fútbol de robot es muy dinámico, las colisiones pueden ocurrir. Con el estudio de las salidas, vemos la necesidad de diseñar un robot extremadamente seguro, sin aumentar su robustez, ya que tiene un tamaño limitado y el aumento de su masa sería perjudicial para su rendimiento. Por lo tanto, para que los componentes dañados por golpes sean cambiados rápidamente, el nuevo proyecto fue concebido sobre una propuesta de módulos. Esto hace cada pieza independiente del conjunto y los conjuntos independientes del montaje final del robot.

## 3. MODIFICACIONES AL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

El sistema de locomoción de los robots se compone de juegos de ruedas, todos acoplados a motores eléctricos y codificadores, los mecanismos responsables de leer su movimiento. Las ruedas de los robots de fútbol se llaman ruedas omnidireccionales. Éstas están formadas por un gran disco rodeado de pequeños discos en un eje circular perpendicular al eje de la rueda, rodeada como pequeños pendientes en una oreja (Figura 3.2.1). Estas unidades más pequeñas se unen a la gran rueda a través de un cable que forma el eje circular. Con esta característica, el movimiento de las ruedas puede ocurrir en dos ejes simultáneamente sin pérdida significativa de energía en fricción. Dada la importancia de este conjunto,

se intentó realizar la modulación a fin de que estas rodillas, muy frágiles y con montaje complejo, podrían ser reemplazadas en poco tiempo. Por lo tanto, no hay sustento para la protección o divisiones que puedan impedir el acceso a las partes.

### 3.1. Aumento del Número de Ruedas

El primer cambio realizado en el proyecto actual consiste en utilizar cuatro ruedas para la locomoción de los robots en lugar de las tres utilizadas anteriormente. Esta característica, presente en otros robots similares, proporciona mayor rendimiento para el manejo del equipo. A pesar del aumento del consumo de energía, las cuatro ruedas permiten movimientos más rápidos debido a la menor fricción y a la mayor cantidad de potencia disponible.

Otras ventajas de la aplicación de las cuatro ruedas es la vibración reducida y una mayor facilidad de movimiento en línea recta, cualquiera que sea la dirección que tomen. Estas características se deben al menor ángulo formado por dos rodillas consecutivas. Así, el componente de la velocidad responsable de un movimiento rectilíneo no es tan afectado por elementos laterales como ocurre en el proyecto con tres ruedas.

Basándose en esta nueva función, el interés inicial fue luchar por la simetría de los robots, siendo el ángulo de  $90^\circ$  favorito entre las ruedas. Esta configuración, además de contribuir a la centralización del centro de masa del sistema, que es muy importante para la estabilidad del robot, sigue generando facilidad en la programación de sus movimientos y facilita la creación de un sistema modular.

Sin embargo, es también de interés que hay un amplio espacio en el frente del robot, donde están los sistemas de tiro y conducción de la pelota. Por eso es necesario que se separe un tanto de las ruedas delanteras, dejando sólo un eje de simetría en el robot. Esta nueva configuración, a pesar de perjudicar el control del centro de masa del robot y obstaculizar la modulación debido al reducido espacio, está muy bien considerada en la cuestión del movimiento. Cuando el robot se mueve hacia adelante, las ruedas apartadas contribuirán a la aceleración del robot más que cuando están empleados en la configuración con  $90^\circ$ .

Tratando de compensar estas dos configuraciones, las ruedas fueron separadas como se muestra:

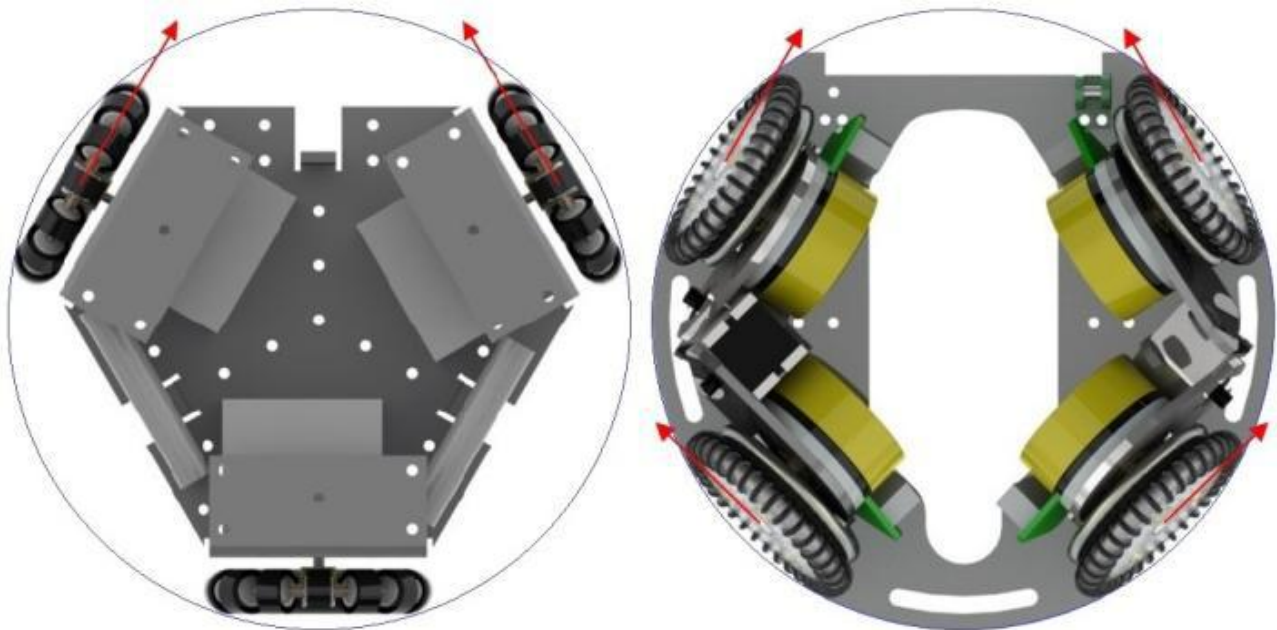


Figura 3.1.1. Ángulo formado por las ruedas sobre el nuevo modelo y ex modelo (izquierda).

### 3.2. Aumento del Número de Pequeños Discos

Diferente del proyecto anterior, donde la rueda tuvo 13 discos más pequeños, el actual contiene 36 de ellos. Con este aumento, se hace obligatorio el uso de discos con un espesor mucho menor que el utilizado antes. Así, la longitud del cable que sujeta los discos va a ser muy pequeña dentro de ellos, acercándose a una línea recta. Este hecho contribuye a un mejor deslizamiento de los discos en el eje, impidiendo la posibilidad de liberación de energía en caso de un bloqueo posible.

Esta modificación también permite una mayor facilidad de romper la inercia cuando el robot se detiene y tiende a moverse, ya que la vibración de las ruedas debido a la rotación de ellos será mucho menor. Esto se debe a una estrecha interacción entre los discos consecutivos. La siguiente figura (Figura 3.2.1) muestra que la amplitud de la vibración de la rotación de las ruedas es mucho menor en el proyecto actual en comparación con el anterior.

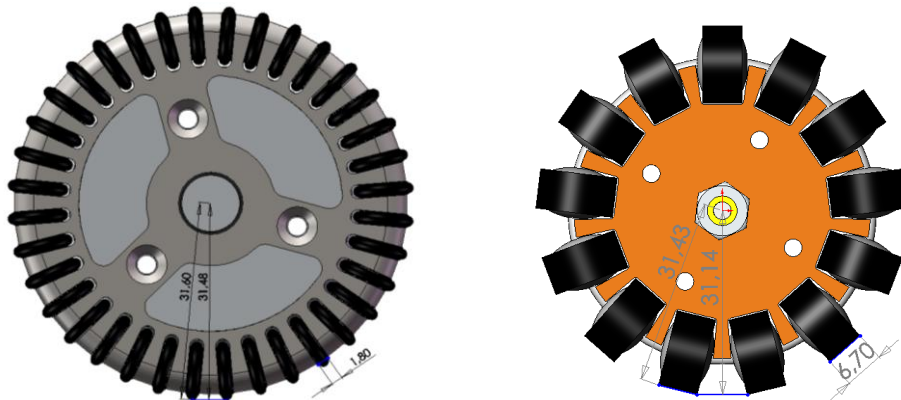


Figura 3.2.1. Comparación entre la nueva rueda omnidireccional (izquierda) y ex.

Otro hecho importante es el examen de los esfuerzos en la rueda del robot. Para este fin, se supone que dos discos están en contacto con el suelo en un momento dado (ya que el esfuerzo cuando uno está en el suelo será el mismo para ambos casos). Se sabe que los discos están distantes unos de otros en el proyecto con 13, un ángulo de  $\alpha = 360/13 = 27.69^\circ$ , mientras que el proyecto de 36 discos, éstos están distantes unos de otros  $\theta = 360/36 = 10^\circ$ . Así, los esfuerzos en las ruedas serán diferentes en función del tipo de proyecto.

En el proyecto con 13 ruedas hay mucho esfuerzo distribuido en el eje que contiene los discos, y también un esfuerzo que se produce en la dirección axial de los discos. En la rueda actual, con 36, hay un esfuerzo aún mayor en el eje, pero ahora mucho menos esfuerzo en la dirección axial de los discos. Entre los esfuerzos aplicados a los discos, el que se produce en el cable, además de ser aplicado a una pieza de acero muy resistente, aplica una fuerza de fricción en los discos de una manera controlada, como un casquillo. Ya la fuerza axial en los discos, ejercida en la rueda de pieza de aluminio será más perjudicial en relación con el deslizamiento de los discos debido a la torsión generada por la fuerza de rozamiento. Por lo tanto, es ventajoso utilizar un mayor número de discos en el proyecto ya que éstos facilitarán el deslizamiento, y por lo tanto el robot se mueve mejor.

Por otra parte, en el modelo anterior, los registros de configuración no eran fiables, puesto que no había ningún dispositivo que contuviera el eje circular. En el nuevo diseño, el eje quedó atascado entre dos semi-tractores que componen la rueda. Éstos, cuando están unidos, colocan a la perfección al eje y la posición de los discos.

### 3.3. Inclinación Lateral de las Ruedas

Considerando la posibilidad de tener motores de 50 W en lugar del motor normal de 30 W o 20 W usados por la mayoría de los equipos, se dejó un poco de lado la preocupación por la velocidad y la aceleración del robot y se centraron los esfuerzos para el estudio de una mayor estabilidad. Con esto en mente, se creó una de las características más llamativas del equipo del proyecto: la inclinación de las ruedas de los robots (Figura 3.3.1).

El principal objetivo de esta enmienda es distanciar al máximo los puntos de contacto entre las ruedas del robot y el suelo del punto central de éste, reduciendo las posibilidades de que se vuelque, como resultado de las grandes aceleraciones causadas por motores potentes. Otra consecuencia importante de la inclinación de las ruedas es que es posible la reducción leve de la altura del centro de masa, y esto fue buscado por todos los equipos en la competencia también por aumentar la estabilidad de los robots. La rueda de inclinación permite que el punto de contacto entre la rueda y el suelo sólo esté limitado por el radio utilizado en los discos. Este ángulo depende también del diámetro total de la rueda en uso, siendo que más grande, mayor será la pendiente para ajustarse a las limitaciones establecidas por la competición.

Sin embargo, el aumento de la estabilidad causada por la inclinación lateral de las ruedas del robot se produce a expensas de la pérdida del par proporcionado por el motor (componente perpendicular al suelo). Esta pérdida viene dada por el seno del ángulo de inclinación de las ruedas, que en este caso es de  $9.34^\circ$  y también reduciendo la distancia entre el punto de aplicación de par en el volante y este contacto con el suelo. Luego, vemos que la pérdida será sólo el 2%. Es irrelevante en comparación con una ganancia de estabilidad del robot, lo que significa que el cambio estructural es muy ventajoso.

El apoyo de las ruedas no se llevará a cabo por el chasis del robot, sino por una pieza que está en el chasis, en el medio de las ruedas (Figura 3.3.1). El sistema de las ruedas (ruedas, motor, codificador y artes) recibirá el apoyo de todos estos medios, de manera que la modulación del robot se ha completado. La resistencia mecánica es esencial en estas partes debido a la exigencia de estabilidad. Por eso, y también pensando en la durabilidad, consisten en láminas de acero al carbono SAE 1020, con 2.5 mm de espesor, dobladas en el ángulo de inclinación de las ruedas.

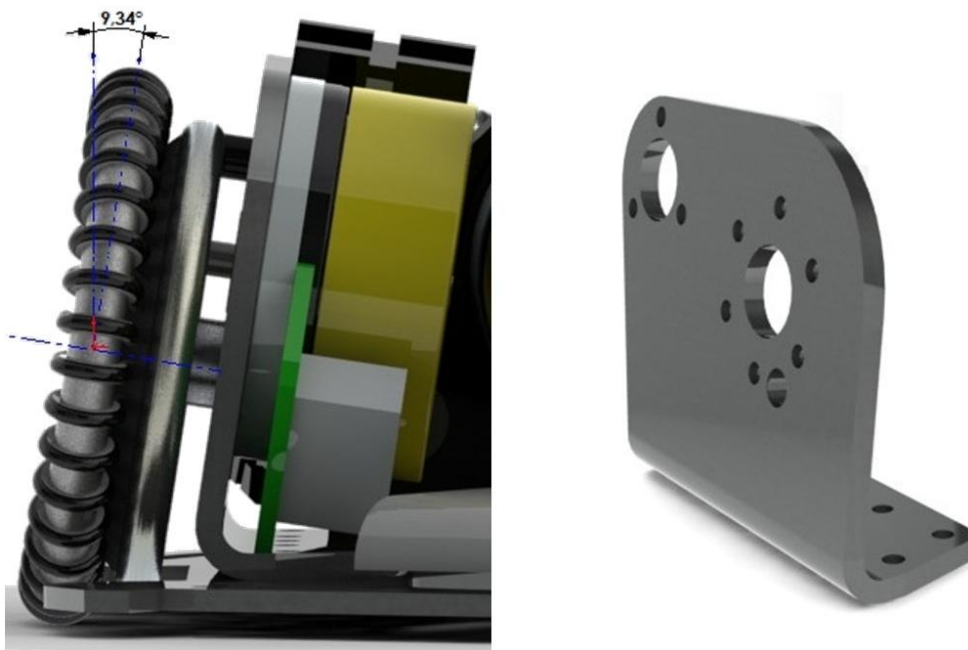


Figura 3.3.1. Montaje del sistema de locomoción del robot (izquierda) y su correspondiente apoyo.

### 3.3.1. Cálculo de la Inclinación de las Ruedas

Para este cálculo sólo se necesita conocer dos aspectos del proyecto: la distancia del radio de la rueda al eje del anillo (que tiene las ruedas), que llamamos  $D$ , y el radio de este último, que llamamos  $d$ . El primer paso para realizar este cálculo es considerar una vista superior (Figura 3.3.1.1-A), teniendo el dibujo del círculo de 180 mm de diámetro definido por las normas que limitan el tamaño del robot. Considerando un robot sin inclinación, tenemos la posición de la rueda de tal manera que dos de las ruedas pequeñas tocan el círculo. Aquí el lector puede tener una buena idea del espacio perdido sin inclinación.

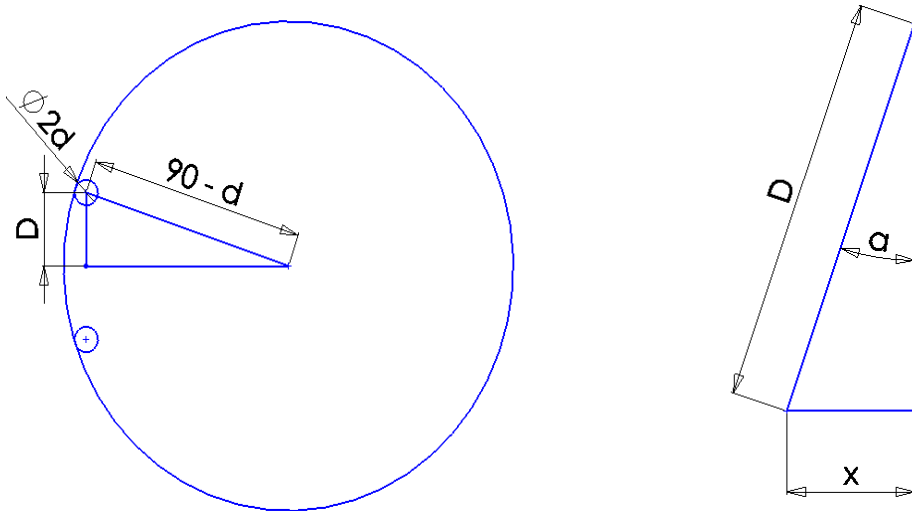


Figura 3.3.1.1. Las imágenes a (izquierda) y b ayudan a comprender los cálculos.

Ahora el siguiente paso consiste en calcular la distancia en que se pueden arrastrar las ruedas sobre el terreno para la inclinación, sin llegar a pasar el límite del círculo. Sin embargo, no es posible desplazar el centro de la rueda hasta el final del círculo, ya que se hace necesario descontar la dimensión  $d$ , radio de la rueda más pequeña. Con el uso de la geometría simples, *Ecuación (1)*, es fácil ver que la distancia buscada es:

$$x = 90 - \sqrt{(90 - d)^2 - D^2} - d \quad (1)$$

Observando, por último, una vista lateral del proyecto (Figura 3.3.1.1-b), es evidente que el ángulo buscado es traducido por la *Ecuación (2)*:

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{x}{D}\right) \quad (2)$$

Dado que en el proyecto en cuestión, los valores de  $d$  y  $D$  son, respectivamente, 4.7 y 27 mm, la inclinación que encaja perfectamente en este caso será  $\alpha = 9.34^\circ$ .

## 4. CAMBIOS EN EL CONJUNTO CONDUCTOR / TIRO

El conductor es el mecanismo responsable de la conducción del balón. Este es un rodillo conectado a un motor eléctrico capaz de adherirse a la superficie de la pelota y hacer su rotación. Ya el mecanismo de tiro es el sistema de poder lanzar el balón al arco, hacer pases y cruces. Este último tiene los dispositivos de

Cássio Klen de Azevedo, Cristian Adolfo, Dante Augusto Couto Barone y Felipe Augusto Chies / Desarrollo del Proyecto Robótico del Instituto de Informática de la Universidade Federal do Rio Grande do Sul Atendido por una División de Ingeniería Mecánica

tiro recto y alto. Estos dos mecanismos deben encontrarse enfrente del robot. Trabajando en contra de un problema evidente de falta de espacio, se decidió hacer un conjunto que compiló todos estos dispositivos en el mismo lugar con la mayor funcionalidad posible.

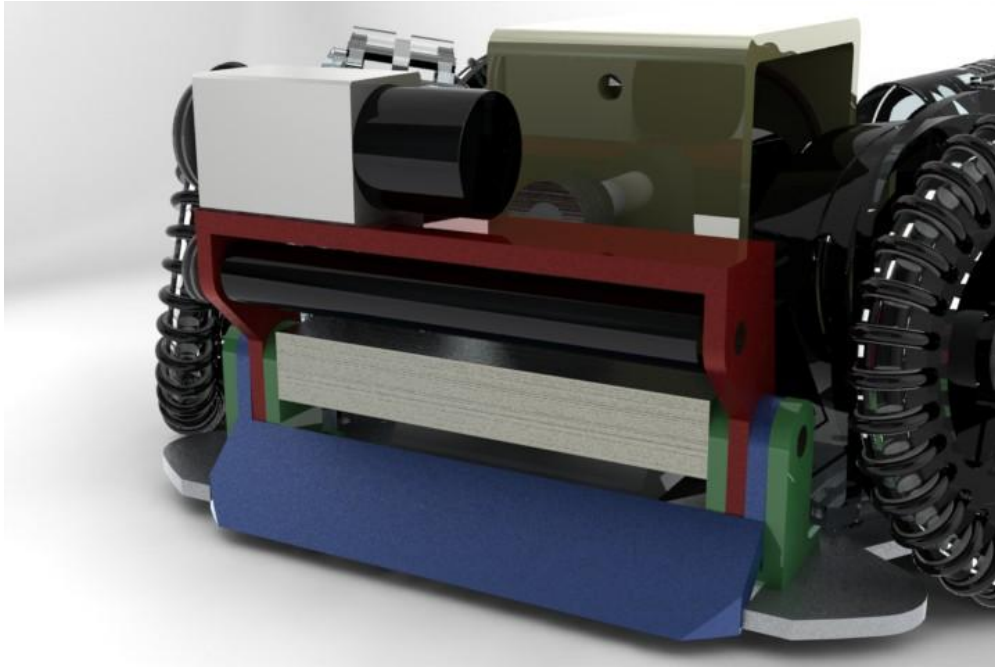


Figura 4.1. Esquema que muestra la posición y características de los sistemas de conducción y tiro.

#### 4.1. Conductor Móvil

Una preocupación importante a la hora de montar el conductor es la altura que hace contacto con el balón, mediante la determinación de la fuerza con que la pelota gira contra el robot. Es de sumo interés que el contacto se produzca en el punto más alto posible de la pelota, para que la fuerza ejercida por el rodillo se intensifique con el fin de hacerla girar, y no en el sentido de presionarla contra el piso, lo que aumentaría la fuerza de fricción. Pero, para que la pelota pueda ser identificada por las cámaras que controlan el juego, el conductor no puede ocultar más de 20% de la superficie de ésta, viéndose desde arriba. Por lo tanto, no debe subir tanto que exceda el límite de esta zona.

Como la intención de la patada alta del sistema es hacer que la pelota vaya lo más alto posible, existe la preocupación de que pueda ocurrir una colisión entre la pelota y el rodillo durante el tiro. Debido a esta limitación, muchos equipos dejan de lado el rendimiento de éste para no interferir con la patada alta y disminuir la altura del contacto.

Pensando en este problema, el equipo RoboPET hizo un cambio capaz de mantener gran parte de la eficiencia tanto de la patada alta como de la conducción del balón. Se trata de un acoplamiento entre la patada alta (Figura 4.1. Pieza azul) y el apoyo del conductor (Figura 4.1. Pieza roja). Así, cuando ocurre el disparo, el mecanismo de tiro empuja al sistema para atrás, lo que permite que la pelota sea lanzada a un ángulo mayor, sin el temor de un choque con el rodillo por arriba.

Sin embargo, hay algunos datos a considerar para la aplicación de esta modificación en la estructura del robot. En primer lugar, el rodillo de conducción es activado por un motor eléctrico a través de un cinturón. Por lo tanto, éste no puede estirarse, para que no apriete demasiado. Para evitar esto, el motor se coloca al lado del rollo, y por lo tanto los dos sistemas tienen capacidad de movilidad.

Las piezas que componen este sistema (Figura 4.1) están todas conectadas por un pasador único. Por lo tanto, la simple retirada de esta pieza permite separar las tres partes que lo componen y, también,

facilita el montaje; ésta puede ser hecha solamente por la parte frontal del robot. Considerando que este mecanismo será susceptible a las colisiones con el balón, también se decidió por la opción del acero al carbono SAE 1020. Aunque más pesado que materiales como el aluminio, también es importante para reducir las vibraciones generadas por los movimientos del resorte de amortiguación.

#### 4.2. Amortiguación del Pase

Una de las innovaciones que el equipo está realizando en sus robots es un sistema de suspensión de pases. Esto ayuda al dominio de la pelota en el campo de juego de fútbol, amortiguando el impacto entre ésta y la estructura frontal del robot. Con el fin de reducir el impacto, por lo general, se utiliza un material de relleno como la espuma, para absorber la energía generada por el impacto de la pelota.

En el proyecto Robopet, la amortiguación se preparó en el cambio de la movilidad del conductor. Se hizo un ajuste entre los mecanismos de patada alta y la conducción de manera que estén unidos durante la patada, pero separadas para la recepción de pases. Es decir, contrariamente a lo que ocurre durante el saque, cuando el balón empuja el rodillo, el mecanismo de la patada no se mueve. Esto significa que el conductor puede regresar libremente, pero está vinculado al movimiento de la patada alta. Así, se colocó un muelle (comprimido) preso en la parte de arriba del sistema de accionamiento del eje y en el núcleo de alto retroceso del solenoide, manteniéndolo listo para la patada. De esta manera, cuando el balón empuja el rodillo hacia atrás, el muelle va a absorber algo de energía y frenar el paso, simulando una dominada de la pelota en el fútbol de verdad.

#### 4.3. Sistema de Tiro

El sistema de disparo del robot tiene como objetivo lanzar la pelota a velocidades de hasta 10 m/s, de acuerdo con la regla de la competencia. Para eso, utiliza un solenoide de accionamiento (Figura 4.3.1) con un núcleo de hierro en el centro. Cuando se activa, la corriente eléctrica produce un campo que pone en marcha el núcleo en contra de la pelota, empujándola lejos del robot. Este sistema consiste en dos componentes básicos: la patada recta y patada alta. Mientras que la primera produce patadas fuertes y rectas, la segunda lanza el balón con un cierto ángulo con respecto al plano del suelo. El equipo RoboPET es capaz de activar los dos solenoides al mismo tiempo, variando sus intensidades respectivas. Así, se establece un abanico de posibilidades para los caminos que tomará la pelota durante el tiro. Un sistema de control se encarga de la distribución de las fuerzas resultantes en un disparo alto en una determinada dirección y velocidad.

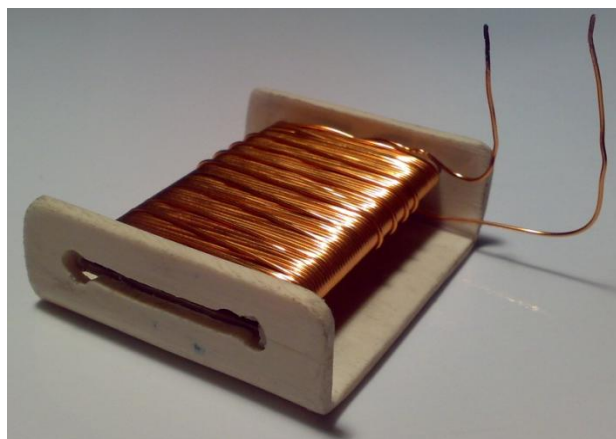


Figura 4.3.1. Solenoide aburrado hechos a mano

Es muy práctico dividir los mecanismos tiro recto y alto en tan sólo tres piezas: la base, el tubo con la bobina y el núcleo de hierro. Un cambio hecho en este proyecto conecta estas tres piezas, contribuyendo mucho para la modulación de este sistema. Mientras que la base de la cascada se fija al chasis del robot, el tubo puede ser colocado en posición sin tener que quitar la base. En consecuencia, serán atados unos a otros cuando el núcleo de hierro se inserta en el centro del tubo. En el momento en que el núcleo se quita, queda más práctica la eliminación de cualquiera de estas piezas para cualquier cambio o mantenimiento.

Para el material usado para hacer este mecanismo es necesario tener en cuenta dos cosas. El núcleo debe ser un poco denso, con buenas propiedades magnéticas. Con este fin, una placa fue elegida al cromo-manganeso de acero SAE 5160, ampliamente utilizado en la fabricación de muelles helicoidales, que tiene alto módulo y buenas propiedades ferro-magnéticas. Ya el material del carrete que encapsula el núcleo, debe ser ligero, tener una resistencia media y no debe ser susceptible a la magnetización del campo magnético que lo rodea. Así, se optó por PVC rígido, el mismo utilizado en tuberías de agua, que sirve bien a las necesidades. Además, el PVC tiene bajo costo y buena flexibilidad a temperaturas ligeramente superiores, lo que facilita el proceso de fabricación de bobinas planas, utilizado en el mecanismo de patada alta.

## **5. CABECEADOR**

Se sabe que la gran mayoría de los equipos hacen que sus robots sigan ciertos patrones, así como la programación de la defensa jugada considerando los opositores dentro de los estándares. A partir de esta disposición, cualquier cambio que afecta el modo de juego del robot servirá como una estrategia muy notable. La falta de conciencia de los nuevos movimientos anima a los equipos para desarrollar modificaciones para sorprender con sus cuadros.

En el proyecto del equipo del Robopet se creó el cabeceador: la parte que permite al robot terminar una jugada con la pelota en el aire. Ésta es una extensión del movimiento de la patada recta, pero ahora en la región más alta del robot. Cuando se activa, también empuja una placa colocada en la "cabeza" del robot, como un tiro. Así, mientras el equipo contrario se coloca para atrapar la pelota en su punto de contacto con el suelo, el equipo RoboPET puede intervenir en la trayectoria de la misma antes de que suceda. Esto sirve como un tiro inesperado, y se puede engañar al arquero cuando se ejecuta correctamente.

## **6. TIRO CON ALTERNANCIA DE DIRECCIONES**

Una de las innovaciones más interesantes del equipo es el "tiro de pinball". Compuesto de dos palancas (similares a las que se mueven en un juego de pinball) situadas justo debajo del rodillo de conducción y por delante de la patada recta, este sistema ayuda a la actuación del robot de dos maneras.

Una de las aportaciones de esta innovación es la siguiente: cuando el conductor está en movimiento, es imprevisible el desplazamiento de la pelota a lo largo de éste, siendo a veces difícil hacer un tiro con la precisión necesaria. A través de la geometría triangular, que forman estas varillas con el rodillo, es inevitable que, con el despido del conductor, la pelota tiende a alojarse en el punto central de éste. Esta tendencia de la colocación de la pelota es muy importante porque cuando se activa el sensor de movimiento en la posición central, se tiene una muy buena previsibilidad del destino de la pelota después de la patada. Esta preocupación es muy común en el fútbol de robots, y existen varios mecanismos de varios equipos que ayudan a la posición de la pelota en la ubicación deseada.

La segunda contribución de este sistema, sin embargo, es de gran innovación en las competiciones. Si la pelota no se coloca exactamente en el centro del conductor, algunos tiros pueden salir torcidos e inexactos. Ahora, con el disparo de pinball, este tipo de tiro es previsible. Simplemente porque tiene las características de disparo que no sigue los patrones directamente desde el saque, este sistema termina por confundir a los equipos rivales, como ocurre con el cabeceador.

Cuando la pelota se desplaza desde el centro del rollo, se disparará el sensor lateral de presencia para poder accionar este tipo de tiro. La aplicación de la patada empuja la varilla de pinball, que unido a un eje, empuja la pelota en una dirección inclinada a unos grados del tiro recto.

En un tiro penal, por ejemplo, lo habitual es que el robot gire alrededor de su eje para cambiar la dirección de la patada. El robot en cuestión, sin embargo, simplemente se direcciona un poco hacia un lado para que el retroceso se produzca en la dirección opuesta. Mientras el arquero se mueve hacia adelante contra el atacante, la pelota irá en su "pie de atrás".

## **7. CARENADO ECOLÓGICO**

El carenado es la protección que envuelve al robot. Por lo general, define el tamaño máximo permitido por las reglas de la competición, siendo un cilindro de aproximadamente 180 mm de diámetro y 140 mm de altura. Por contener una parte importante en la protección de los mecanismos internos del robot, muchos equipos buscan utilizar materiales resistentes a impactos como acrílicos y fibras de vidrio.

El proyecto en cuestión, pensando en la demanda actual de utilización de materiales reciclados, buscó de diversos modos algunos materiales que se adecuaron a sus características mecánicas requeridas. Y ese fue el camino que llevó al grupo a emplear el uso de material PET reciclado como las portadas de los robots. Es el mismo material usado en las botellas retornables de bebidas gaseosas. Además de tener muy buenas propiedades mecánicas para este fin, muchas compañías trabajan con la comercialización de este material en forma de placas, lo que facilita las dimensiones del molde.

La resistencia mecánica de este material es importante debido a posibles colisiones entre robots durante los partidos. Además de absorber el impacto, el carenado es responsable de cubrir la mayor parte de los mecanismos internos del robot. Por supuesto, hay una abertura en frente del robot, así que se puede patear y conducir la pelota, por ejemplo. Las ruedas también son elementos que se exponen en la mayoría de los equipos. En este proyecto, debido a la inclinación lateral de ellos, puede haber una cobertura mucho mayor, lo que ayuda en su protección. La parte descubierta de la rueda, al contrario de la altura normal de 65 mm, ahora llega a pocos 20 mm como mínimo. Esto puede ser observado en la imagen debajo:



Figura 7.1. Ilustración de la cubierta utilizada en el nuevo proyecto.

## 8. REFERENCIAS

[1] Dinâmica: Mecânica Para Engenharia - R. C. Hibbeler, 11ª Ed.

[2] Resistência dos Materiais - Beer, Ferdinand P.; Dewolf, John T.; Johnston, E. Russell, Jr. 4ª Ed.

[3] Skuba 2009 Extended Team Description. [Online]  
<[http://small-size.informatik.uni-bremen.de/tdp/etdp2009/small\\_skuba.pdf](http://small-size.informatik.uni-bremen.de/tdp/etdp2009/small_skuba.pdf)> 14/11/2009 14:00

[4] CMDragons 2009 Extended Team Description. [Online]  
<[http://small-size.informatik.uni-bremen.de/tdp/etdp2009/small\\_cmdragons.pdf](http://small-size.informatik.uni-bremen.de/tdp/etdp2009/small_cmdragons.pdf)> 14/11/2009 19:30

[5] Plasma-Z 2009 Extended Team Description. [Online]  
<[http://small-size.informatik.uni-bremen.de/tdp/etdp2009/small\\_plasmaz.pdf](http://small-size.informatik.uni-bremen.de/tdp/etdp2009/small_plasmaz.pdf)> 15/11/2009 21:00

## 9. DERECHOS DE AUTOR

El trabajo en coautoría de Cássio Klen de Azevedo, Cristian Adolfo y Felipe Augusto Chies, graduados de la Universidad Federal del Rio Grande del Sur, RoboPET adjunta al proyecto del Instituto de Informática.