

ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO SONORO A UN BALÓN PARA
LA INNOVACIÓN EN LA PRÁCTICA DE FUTSAL EN PERSONAS CON
DISCAPACIDAD VISUAL. (Blindball)

JESUS CANDANOZA ECHEVERRIA
JOHN PEDROZA SAENZ
WOLFAN PEREZ FRAGOSO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
LINEA DE PROFUNDIZACIÓN EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL
BARRANQUILLA
2013

ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO SONORO A UN BALÓN PARA
LA INNOVACIÓN EN LA PRÁCTICA DE FUTSAL EN PERSONAS CON
DISCAPACIDAD VISUAL.(blindball)

Autores:

JESUS CANDANOZA ECHEVERRIA
JOHN PEDROZA SAENZ
WOLFAN PEREZ FRAGOSO

PROYECTO DE GRADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO MECATRONICO.

ASESOR DISCIPLINAR:
ING. MSC MAURICIO BARRIOS BARRIOS.

ASESOR METODOLOGICO:
ING. ESP ANTONIO MANUEL SALTARIN JIMENEZ.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
LÍNEA DE PROFUNDIZACIÓN EN GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL
BARRANQUILLA
2013

TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	14
1.1 Formulación del problema.	16
2. JUSTIFICACION	17
3. OBJETIVO GENERAL	20
3.1 Objetivos específicos	20
4 MARCO REFERENCIAL.	21
4.1 Sistema de control automático.	21
4.2 Sistema de lazo abierto.	21
4.3 Sistema de lazo cerrado.	21
4.4 Sistema de control on/off.	22
4.5 Sensores.	22
4.5.1 Sensor acelerómetro.	23
4.6 Sistema de sonido Electrónico.	23
4.6.1 Altavoces.	23
4.7 Arduino.	24
4.8 Espuma de Poliuretano.	24
4.9 Balón.	25
4.9.1 Balón para la práctica del futbol sala.	25
4.9.2 Balón para la práctica del futbol sala para invidentes.	25
4.9.3 Balón con sistema sonoro autónomo para la práctica del futsal para invidentes.	26
4.10 Estado del Arte.	27
5 DISEÑO METODOLÓGICO.	29
6 PROCEDIMIENTOS Y RESULTADOS.	32
6.1 Construir un sistema electrónico con capacidad sonora para escucharse en todo el campo de juego y así servir de guía a los jugadores de futsal invidentes.	32

6.1.1 Materiales.	32
6.1.2 Diseño del circuito.	33
6.1.3 Diagrama de Flujo de Funcionamiento.	35
6.1.4 Resultados Objetivo 1.	36
6.2 Realizar una fuente de alimentación para el sistema sonoro.	37
6.2.1 Materiales.	37
6.2.2 Diseño del Circuito.	39
6.2.3 Construcción del Circuito.	41
6.2.4 Pruebas.	43
6.2.5 Resultados Objetivo 2.	46
6.3 Modelar y Simular Físicamente el comportamiento del balón al recibir una patada.	47
6.3.1 Estrategia para probar la resistencia a los golpes del balón de futsal.	47
6.3.2 Resultados objetivo 3.	57
6.4 Construir un prototipo del balón acoplado con el sistema sonoro.	58
6.4.1 Materiales.	58
6.4.2 Construcción.	59
6.4.3 Pruebas.	70
6.4.4 Resultados objetivo 4.	70
7. CONCLUSIONES.	74
7.1 BEST-MARKING	76
Bibliografía	77

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de bloques sistema de control de lazo abierto.	22
Figura 2. Balón de futsal para invidentes.	26
Figura 3. Diagrama de diseño metodológico.	31
Figura 4. Esquema del sistema sonoro con encendido y apagado autónomo.	34
Figura 5. Diagrama de flujo del controlador.	35
Figura 6. Unificación funcional de componentes.	36
Figura 7. Diseño y simulación del circuito.	39
Figura 8. Diseño pcb del circuito.	40
Figura 9. Esquema del circuito.	40
Figura 10. Proceso de soldadura de componentes a la placa.	41
Figura 11. Apertura de cargador.	42
Figura 12. Apertura y modificación del cargador.	42
Figura 13. Cargador para blindball.	43
Figura 14. Prueba de voltaje al cargador.	44
Figura 15. Prueba de circuito de alimentación.	45
Figura 16. Prueba de circuito de alimentación conectado.	46
Figura 17. Fuente de alimentación de blindball.	46
Figura 18. Roberto Carlos pateando la pelota en un tiro libre.	48
Figura 19. Prueba caída del balón (deformado).	51
Figura 20. Prueba caída del balón (normal).	52
Figura 21. Medición de circunferencia del balón.	53
Figura 22. Ensayo de compresión del balón.	55
Figura 23. Ensayo de compresión de 1 cm de deformación.	56
Figura 24. Ensayo de compresión de 1.5 cm de deformación.	56
Figura 25. Ensayo de compresión de 2 cm de deformación.	57
Figura 26. Apertura del balón.	60
Figura 27. Apertura de la vejiga del balón.	60
Figura 28. Unificación del sistema autónomo y la fuente de alimentación.	61
Figura 29. Compartimiento circular preliminar.	62
Figura 30. Deposito contenedor del sistema sonoro con las dos ultimas capas de protección.	63
Figura 31. Ubicación de los zumbadores en la antepenultima capa.	64
Figura 32. Antepenultima capa de protección para el sistema sonoro con zumbadores en su posición.	64

Figura 33. Ultima capa de proteccion.	65
Figura 34. Ultima capa balón original.	66
Figura 35. Ultima capa de protección y capa externa.	66
Figura 36. Acople sistema sonoro autonomo con el balón.	67
Figura 37. Inicio de proceso de cosido del balón.	68
Figura 38. Proceso de cosido del balón.	68
Figura 39. Finalización del proceso de cosido del balón.	69
Figura 40. Acople balón con sistema autonomo sonoro.	69
Figura 41. Medición de intensidad sonora del balón son un sonómetro.	70
Figura 42. Prueba al balón sonoro maquina comprensión.	71
Figura 43. Prueba de compresión al balón sonoro a un 1 cm.	72
Figura 44. Prueba de compresión al balón sonoro a un 1.5 cm.	72

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. Altura alcanzada por el balón después de ser pateado.	49
Gráfica 2. Prueba de deformación del balón.	58
Gráfica 3. Prueba de deformación del balón electrónico sonoro.	73

LISTA DE ANEXOS.

Anexo A. Entrevista: mejoras para la práctica de futsal de personas con discapacidad visual

Anexo B. Best-marking

Anexo C. Ponencia adaptación de un sistema electrónico sonoro a un balón para la innovación en la práctica de futsal para personas con discapacidad visual. “Física para un balón” primer seminario de ciencias básicas. Universidad autónoma del caribe 20-11-13

DEDICATORIA.

Le doy gracias a Dios por permitirme llegar hasta este momento, a mis papas por todo lo que me han dado y siguen dándome, a mis tres hermanas que siempre me apoyaron y al resto de mi familia que son parte importante en mi desarrollo como persona, al Dr. Rafael Ortiz más que vecino, es mi amigo porque gracias a él y su programa de discapacitados visuales nos brindó parte de la idea para el desarrollo de este proyecto y por último al cuerpo de docentes del programa de Ingeniería Mecatrónica que han sido de total ayuda en mi formación y en especial a la ingeniera Stephany Berrío que a pesar de su corta estancia en el programa, fue primordial en mi desarrollo tanto en lo personal como en lo profesional gracias a sus buenos consejos, también rescato la colaboración del Ing. Mauricio Barrios que en estos diez semestres y en la finalización de este, que fue muy importante para mí. Gracias.

Jesús Enrique Candanoza E.

DEDICATORIA.

En estos 5 años de esfuerzos han estado en mi vida personas que le han dado un valor especial para que hoy en día pueda presentar este documento que me abrirá paso a mi vida profesional. Primeramente agradecerle a la vida por ponerme en el camino a estas personas y mi dedicación será para ellos. A mi madre Elena Sáenz Tordecilla por la crianza que me dio, por enseñarme los valores de la vida y por el esfuerzo que hizo para apoyarme en lo que yo quería hacer. A mi padre Roberto Pedroza Herazo por sus consejos acertados que me sirvieron para cumplir esta meta. A mi padrastro Rafael Rodríguez Cisneros por el apoyo que siempre me brindó en todos los aspectos que lo requería. A mis hermanos Erika y Roberto Pedroza Sáenz por estar siempre preocupados por mi bienestar. Al ingeniero Pablo Bonnaveri por mostrarme el camino a seguir en esta hermosa carrera. A los ingenieros Mauricio Barrios y Edgar Arcos que más que unos profesores fueron amigos, sus consejos siempre fueron los mejores y su exigencia me formó como profesional. Al profesor Javier Jaramillo por la gran ayuda que me brindó con el único interés de que pudiera hacer un excelente trabajo. A mis compañeros y amigos Hernando Hernández, Wilfrido Ramos, Arturo Castilla, Ernesto Fernández, Luis Barrios y Wolfan Pérez porque siempre encontré en ellos un soporte absoluto cuando necesité a su ayuda, su opinión y su consejo. Finalmente le agradezco a mi novia Edilma Aguilar por su apoyo incondicional que fue de gran ayuda para que pueda culminar este periodo tan importante de mi vida.

John Robert Pedroza S.

DEDICATORIA

Mis triunfos a Dios, por darme la oportunidad de vivir y por acompañarme en los momentos duros y buenos de la vida, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

A mis padres Dulfa Fragoso y Gerardo Pérez por su apoyo incondicional, esfuerzo y su amor que fue de vital importancia para culminar esta etapa, a mis hermanos Ghellen y Gera por su confianza, apoyo y compañía durante todo este proceso y al resto de mi familia y amigos por ayudarme a crecer cada día más como persona, al Dr. Rafael Ortiz por su tiempo y ayuda a la realización de este proyecto, al profesor Javier Jaramillo por la ayuda que nos brindó en este proceso, al cuerpo de docentes del programa de Ingeniería Mecatrónica a los ingenieros Kelvin beleño, stephany Berrío, Mauricio Barrios en especial a los ingenieros Francisco Arcos y Saúl Pérez por sus consejos, su guía, y su amistad.

Wolfan de Jesús Pérez F.

INTRODUCCIÓN

Las discapacidades físicas son una calamidad que afecta a la comunidad mundial desde tiempos inmemorables, ya sea por casos de nacimiento o accidentes. Cuando el ser humano se dio cuenta de su parte de culpa en esta problemática, buscó la forma de reparar los aspectos sociales en los que afecta a las personas discapacitadas. El deporte se volvió una forma de estímulo y en algunos casos le dio sentido a la vida de personas que habían perdido la razón de existir¹. En la época de posguerra se crearon los juegos paralímpicos como una oportunidad de inclusión a las personas que habían sufrido mutilaciones y discapacidad físicas en general durante la guerra, Devolverles la alegría a estas personas se volvió una labor primordial en algunos países que se interesaron mucho e invirtieron en equipos deportivos, instalaciones y un comité para el deporte de personas discapacitadas; Así se creó entonces el fútbol sala para ciegos, deporte que aumentó muy rápido su popularidad y que en poco tiempo se convirtió en deporte oficial en los juegos paralímpicos.

En Colombia hay muchas regiones donde se practican este deporte, pero algunas entidades dedicadas a esto no cuentan con una ayuda oficial del gobierno. Por sus propios medios estas personas han avanzado en la tarea de hacer digna la práctica del deporte que les gusta. Sin duda es una labor muy importante que debería ser apoyada en todos los países del mundo, pero, ¿Cómo unos estudiantes de ingeniería pueden aportar al buen desarrollo de este deporte?

El fútbol sala o futsal para personas ciegas se practica bajo circunstancias especiales, entre las cuales se destaca el balón con que se juega, Este balón posee la habilidad de sonar al rodar gracias a unos cascabeles en su interior, los que

¹ Miguel Verdugo Alonso, Personas con discapacidad. Perspectiva psicopedagógicas y rehabilitadoras. Editorial siglo XXI España 1998, Capítulo 8, páginas 335 a 337.

permite su localización en el terreno de juego por parte de los jugadores discapacitados.

El análisis de este deporte lleva a hallar algunos vacíos que tiene y que pueden afectar la autonomía de los jugadores que lo practica. Esta hipótesis se plantea gracias a la manifestación de algunos jugadores de fútbol con el que se pudo conversar y que habló del inconformismo que tiene con el sistema de juego actual. ¿Qué pasa si el balón queda detenido en una circunstancia de juego? ¿Cómo podemos evitar la perturbación auditiva por parte de personas externas a los jugadores que gritan para explicarles la ubicación del balón? ¿Cómo les damos mayor libertad a los jugadores durante el juego? ¿Cómo evitar que el balón afecte la integridad física de los jugadores? Estos son algunos interrogantes que inspiran la búsqueda del mejoramiento de la calidad de este deporte.

Por lo anterior, se desarrolló la idea de adaptar un balón con un sistema sonoro que tuviera la capacidad de emitir un sonido audible en la cancha y que a su vez emitiera sonido en estado estático y que solo se apague con una inactividad en un tiempo determinado; el objetivo principal es la de mejorar la práctica de fútbol para personas con discapacidad visual, lo que es sin duda un gran aporte en lo social, y tecnológico y que conlleva a utilizar conocimientos en el área de la ingeniería. Para lograr este gran propósito se plantea un plan de objetivos específicos a seguir, estudiando y solucionando paso a paso los obstáculos de cada problema. Primeramente se tiene en cuenta el sistema de sonido, por lo cual se da la tarea de construir uno que sea capaz de ser adaptado y brinde el volumen suficiente (en decibeles) para ser escuchado desde cada punto del terreno de juego, Seguidamente se diseña un sistema de alimentación eléctrica al circuito de sonido que tenga la cualidad de hacer sonar el balón durante todo un juego y que además pueda ser recargado para encuentros venideros.

Solucionado el problema del sonido se hace un estudio para comprobar que este sistema trabaje y resista los impactos que acarrea un partido de futbol, esto se hace tomando como punto de referencia la patada más fuerte que se ha dado a un balón y a partir de ahí se hacen las simulaciones pertinentes y los experimentos que nos permitan dar el aval de la construcción de un prototipo con los materiales idóneos; terminando cada estudio necesario, se lleva esta idea a la realidad, se construye un balón adaptado con este sistema el cual se pone a prueba en un encuentro con jugadores ciegos quienes al final darán su opinión sobre el desempeño de este sistema y si existe o no una mejora sustancial con respecto al anterior balón.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El fútbol o deporte rey como se le conoce es el deporte más popular y el que despierta más pasión en todo el planeta, la federación de fútbol asociación FIFA que es el organismo rector del fútbol a nivel mundial cuenta con más países asociados que la ONU, con una totalidad de 209 países asociados², quienes participan en los campeonatos realizados por este organismo en sus distintas modalidades; entre estas encontramos la copa mundial, la FIFA también es en ente regulador de competencias como el fútbol playa y el fútbol sala o futsal. Todas las competencias son practicadas tanto por hombres como por mujeres así como también cuenta con respectivos campeonatos mundiales, estos también hacen parte de los juegos olímpicos y paralímpicos los cuales son realizados o disputados por personas con alguna discapacidad física.

Entre los juegos paralímpicos encontramos el fútbol para personas con deficiencia visual, la identidad del juego es el mismo con la diferencia que los jugadores tiene deficiencia visual ya sea parcial o total. Su práctica no es fácil, ya que además de poseer las cualidades técnicas y físicas que requiere cada deporte específico, el deportista tiene que reunir cualidades tales como la orientación y la movilidad, asunto que se complica bastante si tenemos en cuenta que en un campo de veinte metros de largo y doce de ancho concurren 8 discapacitados visuales parciales o totales, durante el partidos los jugadores ubican el balón por medio del sonido que emite el balón.

En la actualidad el deporte ha sido un factor importante para que cada país demuestre su talento en cualquier tipo de disciplina, el fútbol es uno de los más

² FEDERACION INTERNACIONAL DE FUTBOL ASOCIACIÓN, Asociaciones , [Sitio web en línea 09-10-13]
Disponible en internet: < <http://es.fifa.com/>>

practicados en el mundo y tal vez el más asequible, por el hecho de que no importa la clase social o la discapacidad que tenga tal persona.

En el fútbol para personas invidentes las reglas son muy simples y el modo de juego es sencillo a comparación de otros. Ellos se basan de un sonido que es generado por un balón especial, el cual cuenta en su interior con unos cascabeles que emiten un sonido cada vez que el balón está en movimiento, esta es la principal desventaja de este tipo de balón ya que al estar en estado de inercia no emite ningún sonido lo que no le permite a los jugadores poder ubicarlo, su intensidad sonora depende directamente de las revoluciones que este tenga en determinado instante de tiempo lo que en algunos casos no permitiría la escucha para todos los jugadores, cuando esto ocurre los jugadores necesitan de terceros para encontrar su ubicación, esto les quita autonomía a los jugadores ya que aún con este balón, necesitan de otras personas como guías que a su vez causan una alta perturbación auditiva para poder realizar con satisfacción un partido de fútbol, además de esto los cascabeles son de metal y están ubicados siempre en la última capa del balón para que así se puedan escuchar esto hace que la conformación metálica de los cascabeles tengan contacto casi directo con la piel humana causando daño al cuerpo en cada contacto lo que puede causar trauma y desinterés por las personas que practican este deporte.

Para resolver el problema planteado se proponen el proyecto titulado “ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO SONORO A UN BALÓN PARA LA PRÁCTICA DE FÚTSAL EN PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL” el cual consiste en realizar la adaptación de un sistema de sonido electrónico dentro del balón de fútbol que permita a los jugadores escuchar en todo momento al balón y así no perder la referencia del mismo en la cancha ni necesitar de terceros para poder realizar un partido de fútbol, además de esto realizar un diseño que permita que el contacto con este balón no sea tan traumático como lo es con el anterior.

Para esto sus desarrolladores cuentan con conocimientos en Circuitos Eléctricos, Electrónica, Sensores, Diseño Mecatrónico, Física, Materiales y Dinámica adquiridos durante la carrera de Ingeniería Mecatrónica.

1.1 Formulación del problema

¿Cómo diseñar y construir un sistema electrónico sonoro y adaptarlo a un balón de fútbol para ser utilizado por personas con discapacidad visual?

2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad las personas con discapacidad física especialmente los aquellos con deficiencia visual han demostrado que su condición no es impedimento para realizar cualquier actividad, entre las actividades de mayor auge a nivel mundial encontramos la práctica del futsal para personas con discapacidad visual³. En este deporte las personas demuestran que a pesar de no contar con el sentido de la vista pueden llegar hacer tan buenos como aquellas personas que si cuentan con ese sentido en igual condiciones, una prueba es el partido que jugaron la selección nacional de futbol de la Argentina contra la selección nacional de fútbol para discapacitados de la vista y la cual fue ganado por una amplia ventaja por el equipo de los disminuidos visualmente⁴. El balón que se quiere desarrollar suplirá las necesidades presentadas en el diseño anterior entre estas se encuentran dos muy importantes:

- I. La escucha: el balón actual presenta una gran falencia en su sistema de sonido que es totalmente mecánico, Su funcionamiento es simple cada vez que el balón es golpeado los cascabeles emiten un sonido y así los jugadores pueden ubicarlo en la cancha, el problema radica en que los cascabeles tiene problema al sonar en movimiento ya que, si el balón va muy lento su intensidad sonora baja y si va muy rápido su emisión es nula o casi cero su sonido solo es seguro al impactar con algo, esto representa un gran problema si tenemos en cuenta que la única forma que tienen los jugadores para ubicarlo es por medio de su sonido.
- II. El contacto: este balón está formado básicamente por tres o cuatro cascabeles ubicados de forma estratégica para lograr una estabilidad en el balón, aunque esta nunca es total ya que en algunos casos esta distribución no es suficiente

³ Miguel Verdugo Alonso, Personas con discapacidad. Perspectiva psicopedagógicas y rehabilitadoras. Editorial siglo XXI España 1998, Capítulo 8, páginas 345 a 346.

⁴

para asegurar que el balón tenga un balance de masa aceptable, los cascabeles se encuentran en los límites del balón entre la última capa y la capa exterior lo que permite su visualización en el relieve del balón, por la ubicación de los cascabeles casi imposible que estos no tenga contacto casi directo con el cuerpo humano durante el partido y por su conformación metálica pueden ocasionar fuertes golpes, hematomas y hasta fracturas.

Uno de los más grandes desafíos de la humanidad es el poder superar sus límites, esto siempre de la mano de la ingeniería y gracias a la sed humana por la excelencia y el conocimiento le permite la utilización de su ingenio y creatividad para superar todos los obstáculos; El desarrollo de este nuevo sistema pone a prueba algunos de los escalones de la ciencia, la combinación de sistemas modernos en objetos tan simples pero de gran valor emocional como es un balón de fútbol, un simple juego que mueve todo el mundo y que gracias a este aporte estos jugadores discapacitados pueden realizar actividades de la vida cotidiana como cualquier persona, en este proceso se busca aprovechar los desarrollos y conocimientos en ingeniería para la integración deportiva ya sea profesional o amateur de personas con este tipo de discapacidad y así ayudar a en el desarrollo humano, deportivo, social y tecnológico.

La problemática por el mejoramiento de la calidad de vida para las personas con discapacidad visual como una labor social llevó a países como España y Brasil a ser líderes en el desarrollo de actividades que estimularan el área motriz, el área cognitivo-intelectual y el área de la personalidad de estas personas, logrando con sus avances una mejora en su autoestima y la inclusión del ellos en la sociedad, Esas actividades incluye como parte fundamental el deporte. Otros países se

animaron a la causa y así surgieron en muchos países comités de deporte y se crean los juegos paralímpicos⁵.

Con el fin de darle más competitividad al fútbol sala en Colombia y además de la adición de nuevas tecnologías que ayuden al mejoramiento de las reglas de juego de este deporte, se plantea un balón con sonido autónomo realizado con partes electrónicas y resistente a los impactos, que pondría a la vanguardia a Colombia con respecto a los demás países que tienen mayor experiencia en el deporte paralímpico y además tendría como país, la independencia de la logística necesaria (balones) para el libre desarrollo del juego.

⁵ Miguel Verdugo Alonso, Personas con discapacidad. Perspectiva psicopedagógicas y rehabilitadoras. Editorial siglo XXI España 1998, Capítulo 8, páginas 325 a 327.

3. OBJETIVO GENERAL

Adaptar un sistema electrónico sonoro a un balón para la innovación en la práctica de fútbol para personas con discapacidad visual.

3.1 Objetivos específicos

3.1.1 Diseñar y construir un sistema electrónico con capacidad sonora para escucharse en todo el campo de juego y así servir de guía a los jugadores de fútbol invidentes.

3.1.2 Diseñar y fabricar una fuente de alimentación recargable para el sistema sonoro.

3.1.3 Simular físicamente el comportamiento de un balón al recibir una patada.

3.1.4 Construir un prototipo del balón acoplado con el sistema sonoro.

4 MARCO REFERENCIAL

4.1 Sistema de control automático

Un sistema de control automático es una interconexión de elementos que forman una configuración denominada sistema, de tal manera que el arreglo resultante es capaz de controlarse por sí mismo. Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado (retroalimentados)³. En este caso, se desarrollará un control el cual nos permita por la señal de un sensor acelerómetro, activar el sistema de sonido y que este permanezca activo siempre y cuando esté en movimiento, cuando el balón presente una inactividad, esta será detectada por el sensor y al cabo de un tiempo el balón dejará de emitir el sonido.

4.2 Sistema de lazo abierto

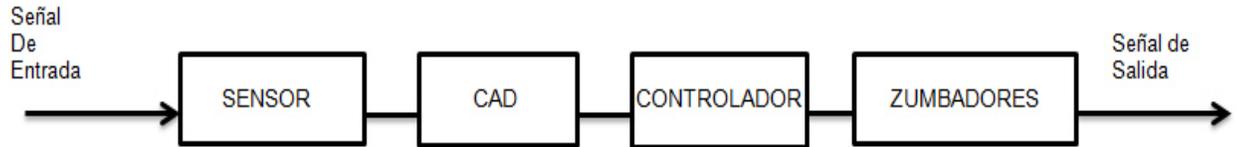
Es aquel sistema en el cual la acción de control es, en cierto modo, independiente de la salida. Este tipo de sistemas por lo general utiliza un regulador o actuador con la finalidad de obtener la respuesta deseada³.

4.3 Sistema de lazo cerrado

Es aquel sistema en el cual la acción de control depende de la salida. Dicho sistema utiliza un sensor que detecta la respuesta real para compararla, entonces, con una referencia a manera de entrada. Por esta razón, los sistemas de lazo cerrado se denominan sistemas retroalimentados. El término retroalimentar significa comparar; en este caso, la salida real se compara con respecto al comportamiento deseado, de tal forma que si el sistema lo requiere se aplica una acción correctora sobre el proceso por controlar⁶.

⁶ Ricardo Hernández Gaviño, Introducción a los Sistemas de Control, conceptos, aplicaciones y simulaciones con matlab, Pearson, Prentice Hall, 2010 Capítulo 1, páginas 2 a 6.

Figura 1. Diagrama de bloques sistema de control de lazo abierto



Fuente:

Creado por los autores en la herramienta de Windows 7 Microsoft Word 2013.

4.4 Sistema de control on/off

El sistema de control on/off también llamado todo o nada, es la forma más simple de controlar, y por lo tanto comúnmente utilizada. Su salida solo puede cambiar entre dos valores al igual que dos estados de un interruptor. El controlador no tiene la capacidad para producir un valor exacto en la variable controlada para un valor de referencia dado pues el controlador produce una continua desviación del valor de referencia⁷.

4.5 Sensores

Es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en una señal normalmente eléctrica de bajo valor para que esta pueda ser cuantificada y manipulada, también son llamados transductores⁸.

⁷ UNIVERSIDAD DON BOSCO, El controlador On-Off (si-no o todo y nada), Sistemas de Control Automático. [En línea], Facultad de Ingeniería Electrónica, [guía 4]. [Soyapango, El Salvador] [Citado 09-10-13]. Disponible en internet:<http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guia/electronica-ingenieria/sistemas-de-control-automatgico/2013/ii/guia-4.pdf>

⁸ Marcelo Antonio Sobrevila, Sensores Eléctricos Aplicables en informática, Mediciones, Regulación y Control Automático, Librería y Editorial Alsina, Capítulo 1 página 15

4.5.1 Sensor acelerómetro

Los sensores de aceleración, están diseñados para realizar la medida de aceleración o vibración, proporcionan una señal eléctrica según la variación física, en este caso la variación física es la aceleración o la vibración. Los rangos de medida son diversos, desde 1 g, hasta los miles de g. Respecto al rango de frecuencia disponible, hay acelerómetros que parten de 0 Hz, para medida de bajas frecuencias, acelerómetros que llegan hasta los miles de Hz para altas frecuencias de vibración, otros modelos de muy alta sensibilidad con bajo rango de frecuencia⁹.

4.6 Sistema de sonido Electrónico

El sistema de sonido es una unidad compuesta por circuitos electrónicos con altavoces emisores activado por una señal activa¹⁰.

4.6.1 Altavoces

Es un transductor electro acústico utilizado para la reproducción de sonido. Uno o varios altavoces pueden formar una pantalla acústica. Un altavoz magnético funciona al hacer reaccionar el campo magnético variable creado por una bobina con el campo magnético fijo de un imán. Esto hace que se produzcan fuerzas, que son capaces de mover una

⁹ SENSING, Sensores para la medición de parámetros físicos, [en línea], [citado 09-10-13], disponible en internet: <<http://www.sensing.es/>>

¹⁰ PCP FILES, Especialistas en proyectos de sistemas de audio. [Sitio web en línea, 09-10-13] Disponible en internet:<www.pcpaudio.com/pcpfiles/pcpfiles.htm>

estructura móvil que es la que transmite el sonido al aire. Esta estructura móvil se llama diafragma, puede tener forma de cúpula o de cono¹¹.

4.7 Arduino

Es una plataforma de electrónica abierta para la práctica académica y profesional basada en software y hardware flexibles y de fácil manejo, cumple distintas funciones entre ellas como tarjeta de adquisición de datos, su número de entradas y salidas depende de su modelo través de sus pines se pueden conectar una gama de sensores y puede afectar aquello que le rodea controlando luces, motores y muchos tipos de actuadores¹².

4.8 Espuma de Poliuretano

Es una sustancia orgánica por síntesis químicas. El poliuretano es un resultado de la mezcla del isocianato y polioliol, este último encargado de proveer el agente de expansión y espumante. Hoy el poliuretano es muy usado en la actualidad en la fabricación de espumas. Incluso en la fabricación de paneles aislantes, para cámaras frigoríficas. Logrando un muy buen aislamiento del frío. Otros puntos a favor del poliuretano, es que resiste muy bien el impacto. Con lo cual, puede ser utilizado en una amplia gama de procesos productivos. De la misma manera, contiene una flexibilidad mayor, a la de otros agentes similares. Con la característica, que al ser contornado,

¹¹ PCP FILES, Especialistas en proyectos de sistemas de audio. [en línea],[citado 09-10-13] Disponible en internet:<www.pcpaudio.com/pcpfiles/pcpfiles.html>

¹² ARDUINO, Plataforma Arduino, [en línea], [citado 09-10-13], disponible en internet: <<http://www.arduino.cc/es/>>

retoma a su forma original. Además de esto también tiene 4 características importantes¹³:

- Peso ligero.
- Resistencia al fuego.
- Duración Indefinida.
- Impermeabilidad al agua.

4.9 Balón

4.9.1 Balón para la práctica del futbol sala

Es una pelota esférica hecha de cuero u otro material adecuado. Tiene una circunferencia mínima de 58 cm y máxima de 62 cm. Para la práctica oficial se tienen en cuenta las siguientes especificaciones: calibración 9 libras. Al soltarse el balón a una altura de 2 metros, el primer rebote no excederá los 35 cm. y en el segundo salto no deberá pasar de los 6 cm. Además debe tener un peso de 440 a 450 grs. con una circunferencia 58 a 62 cm. para la categoría mayores, y un peso de 320 a 350 grs. con una circunferencia de 53 a 55 cm. para la categoría menores y femenino¹⁴.

4.9.2 Balón para la práctica del futbol sala para invidentes

Es una pelota con las mismas características que tiene el balón de futbol sala para videntes añadiendo a sus especificaciones un sistema de sonido que se encuentra dentro de la bola para permitirle rodar y

¹³ AISLACIONES POLI-PUR, Ingeniería Térmica, [en línea], [citado 22-10-13], disponible en internet: <<http://www.polypur.cl/poliuretano-aislante.html>>

¹⁴ ASOCIACION MUNDIAL DE FUTSAL, Reglas de juego. [Sitio web en línea] [Página oficial AMF 2013] Disponible en internet: <<http://www.amfutsal.com.py>>

rebotar de manera regular y así garantizar la seguridad de los jugadores en todo momento. El sistema utilizado deberá asegurarse de que la pelota haga un ruido cuando se está girando sobre su propio eje o girando por el aire¹⁵. Los elementos comúnmente utilizados para hacer ruido al momento de hacer rodar el balón son Sonajas o cascabeles insertados dentro del balón de manera tal que no comprometa el desarrollo normal de un partido.

Figura 2. Balón de futsal para invidentes



Fuente en:

<http://informaciona.com/balones-de-futbol-sala/videos>

4.9.3 Balón con sistema sonoro electrónico para la práctica del futsal para invidentes

Este balón tendrá las mismas especificaciones físicas que un balón regular de futbol sala, pero contará con un sistema de sonido electrónico que estará activo en todo momento del partido y se

¹⁵ FEDERACION INTERNACIONAL DE DEPORTES PARA CIEGOS, Reglas del juego, [Sitio web en línea 09-09-13]
Disponible en internet: <http://www.ibsasport.or>

desactivara cuando este termine, será más agradable al contacto humano lo que permitirá un juego más ameno y cómodo.

4.10 Estado del Arte

En 2004 debutó el fútbol sala como deporte paralímpico y se hizo tan popular que en 2012 se abrió el cupo de 6 a 8 equipos en disputa por una medalla. España fue la pionera en tener una federación de fútbol sala para invidentes, y ellos crearon unas normas o reglas de juego que son las que se utilizan en los juegos paralímpicos, En estas normas se incluye como parte esencial un balón sonoro, lo que permite a los participantes del juego guiarse por el sonido y así saber la posición de la pelota; Fabricaron los primeros balones especiales, que tienen la característica de permitir un desplazamiento regular del balón de manera que cuando este gire sobre sí mismo o en forma centrífuga, emita un sonido además de no cambiar su trayectoria gracias a una buen balance de masa¹⁶¹⁷.

Este balón tiene en su interior 3 o 4 sonajas metálicas que imiten sonido cuando el balón está en movimiento, siempre que no supere cierta velocidad, ya que si el balón va muy rápido las sonajas no emiten sonido debido a que la fuerza centrífuga fija a las paredes de las sonajas metálicas los balines que chocan con ellas para emitir el ruido, por la composición de este balón se

¹⁶ FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE DEPORTES PARA CIEGOS (IBSA), [en línea], [citado 09-10-13], disponible en internet: <<http://www.ibsasport.org/sports/football/>>

¹⁷BRASIL PORTAL, Historia del deporte paralímpico, [en línea], [citado 09-10-13], disponible en internet:<<http://www.brasil.gov.br/sobre/deportes/deporte-paralimpico/historia-del-deporte-paraolimpico/>>

vuelve peligroso el jugar con él ya que por la ubicación de sus sonajas, estas entran en contacto casi directo con el cuerpo y siendo estas metálicas tiene un comportamiento rígido con el cuerpo pudiendo hacer daño.

El balón propuesto tiene grandes ventajas sobre los balones convencionales que normalmente se utilizan para la práctica de este deporte ya que este siempre estará emitiendo un sonido durante todo el partido y su conformación física no será rígida al contacto humano.

5 DISEÑO METODOLÓGICO

Analizando los objetivos con los que se quiere llevar a cabo este proyecto, se dará a conocer una serie de procedimientos técnicos que se seguirán para un mejor desempeño a la hora de buscar resultados. Cuando se hace un diseño de algún dispositivo u objeto, siempre se tiene en cuenta los beneficios que este traerá a diferencia del anterior, en este caso este nuevo producto toma un papel importante ya que se trae una propuesta a un balón convencional que se viene usando años atrás pero con falencias en su desempeño. Estas conclusiones se sacaron gracias a la colaboración de un médico y jugador de fútbol al cual se le realizó una entrevista y que facilitó un balón sonoro convencional que fue analizado para descubrir sus falencias.

Fase 1: Construir un sistema sonoro electrónico

Se requiere un sistema de sonido que pueda acoplarse al balón y así por medio de él los jugadores puedan ubicarlo, para esto se construirá un sistema con autonomía e intensidad sonora de poder escucharse en todo el campo de juego.

- **Fase 2: Diseñar y fabricar una fuente de alimentación recargable para el sistema sonoro.**

Se necesita alimentar el sistema sonoro y el control de mando, para ello se realizara una fuente de alimentación recargable con capacidad de suministrar al sistema la energía necearía para su funcionamiento durante el partido de fútbol.

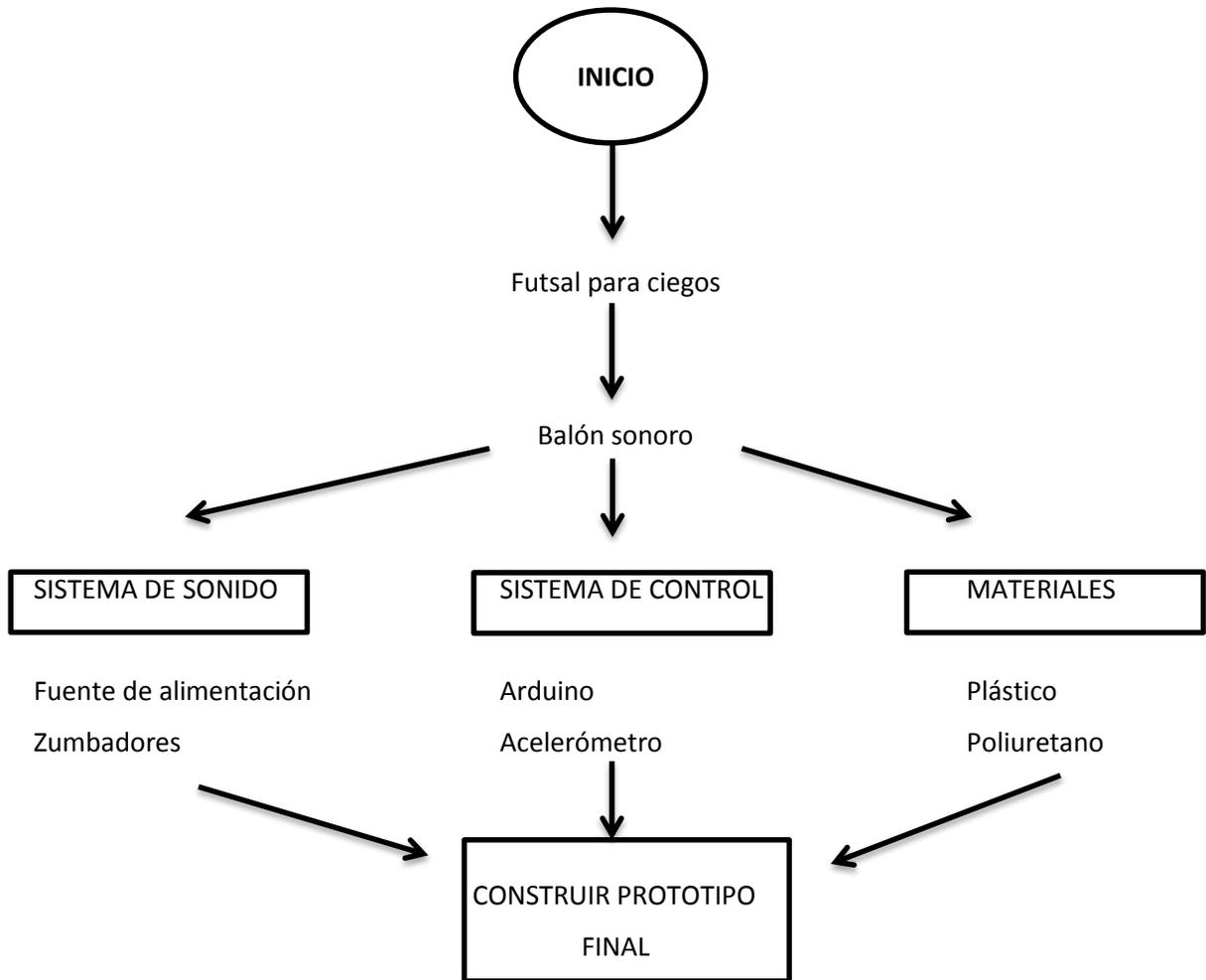
Fase 3: Simular Físicamente el Comportamiento del balón al recibir una patada

Se realizarán moldeamientos y simulaciones físicas que nos permitan obtener información del comportamiento interno del balón ante la patada con la mayor potencia registrada en este deporte, y así poder determinar qué tanta energía llega al centro del balón y a partir de esto poder saber qué tipo de protección necesita el sistema Sonoro para no ser dañado por los impactos con estos tendremos datos contundentes que nos permitan asegurar un funcionamiento y vida útil eficiente del sistema.

Fase 4: Construir un prototipo final

Como último requisito de este proceso se realizara la construcción de un prototipo donde se encuentren acoplados el sistema sonoro con el balón de fútbol y así poder concluir con efectividad este proceso.

Figura 3. Diagrama de diseño metodológico



Fuente: Creado por los autores en la herramienta de Windows 7 Microsoft Word 2013.

6 PROCEDIMIENTOS Y RESULTADOS

- 6.1** Construir un sistema electrónico con capacidad sonora para escucharse en todo el campo de juego y así servir de guía a los jugadores de futsal invidentes.

6.1.1 Materiales

Acelerómetro MMA7631

Es el que se utilizará para la realización del proyecto, el acelerómetro estará en el interior del balón su función será tomar el movimiento del balón que en este caso será la entrada de nuestro sistema y enviarla al Arduino para que pueda ser procesada y se inicie nuestro ciclo de control, su alimentación va de 3.3 v como máximo que será entregada por el Arduino, en las especificaciones más importantes de este acelerómetro encontramos que es un tipo Micromecanico-Capacitivo y entrega 0.80 mA por grado registrado.

Nano Arduino

El Nano Arduino tendrá la función de control además deberá alimentar al Acelerómetro con su pin de salida especial de 3.3v. El Arduino Nano puede ser alimentado usando el cable USB Mini-B, con una fuente externa no regulada de 6-20V (pin30), o con una fuente externa regulada de 5V (pin 27). La fuente de alimentación es seleccionada automáticamente a aquella con mayor tensión. Este Arduino Nano cuenta con 14 pines digitales y 8 analógicos estos pueden ser utilizado como una entrada o salida funcionan a 5v. Cada pin puede proporcionar o recibir un máximo de 40 mA y tiene una resistencia pull -up interna (desconectada por defecto) de 20 a 50 Kohm.

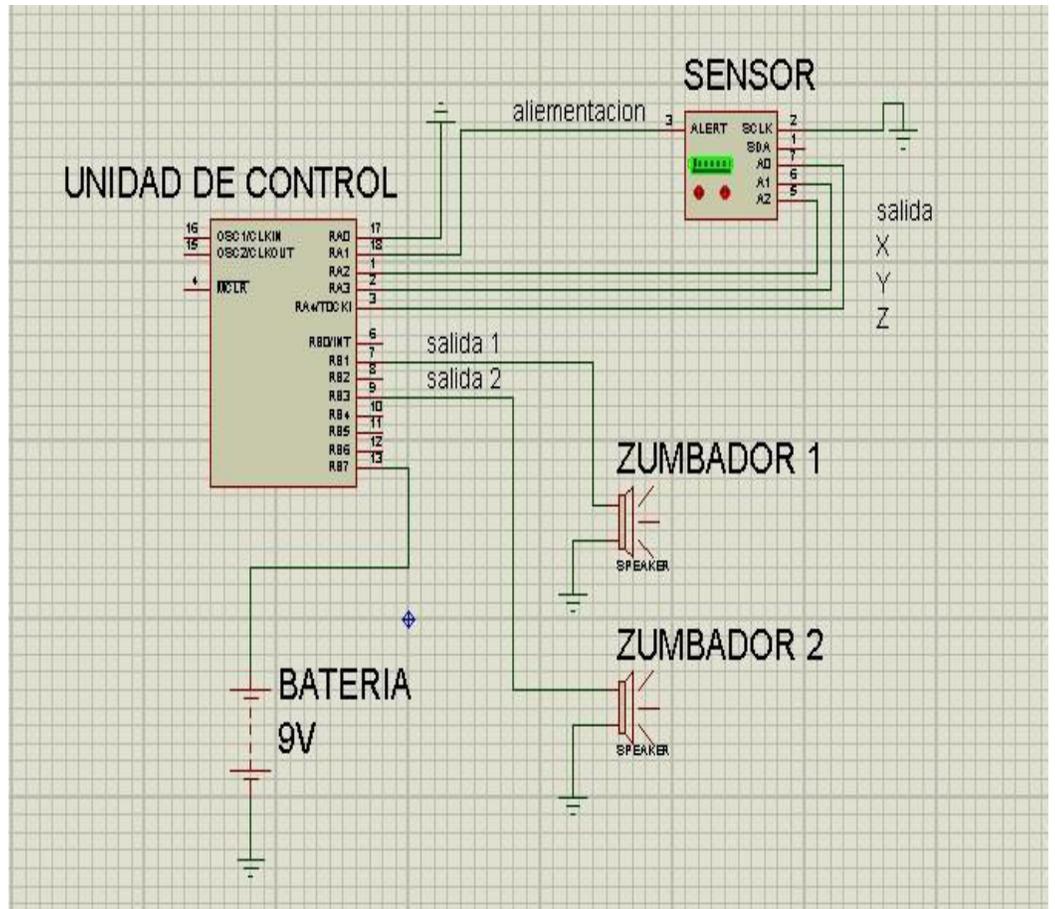
Zumbadores

El tipo de Zumbador a utilizar es de material pastico tiene un peso de 10 gramos, su alimentación va de 3 a 24 v, en este proyecto tendrá una alimentación de 5 voltios que será un alto del Arduino que será el encargado de darle la señal para que este pueda realizar el trabajo más importante en el proyecto, emitir un sonido desde el interior del balón para que los jugadores invidentes puedan localizarlo. En total serán utilizados 2 zumbadores estos serán ubicados en un lugar estratégico en el balón para evitar que interfieran en el balance de masa del balón y para aprovechar su intensidad sonora al máximo.

6.1.2 Diseño del circuito

Con la herramienta Proteus se realizó el diseño del esquema del Circuito Sonoro automático el cual cuenta del sensor acelerómetro, un Nano Arduino y dos zumbadores este circuito será alimentado por una fuente de energía de 9v.

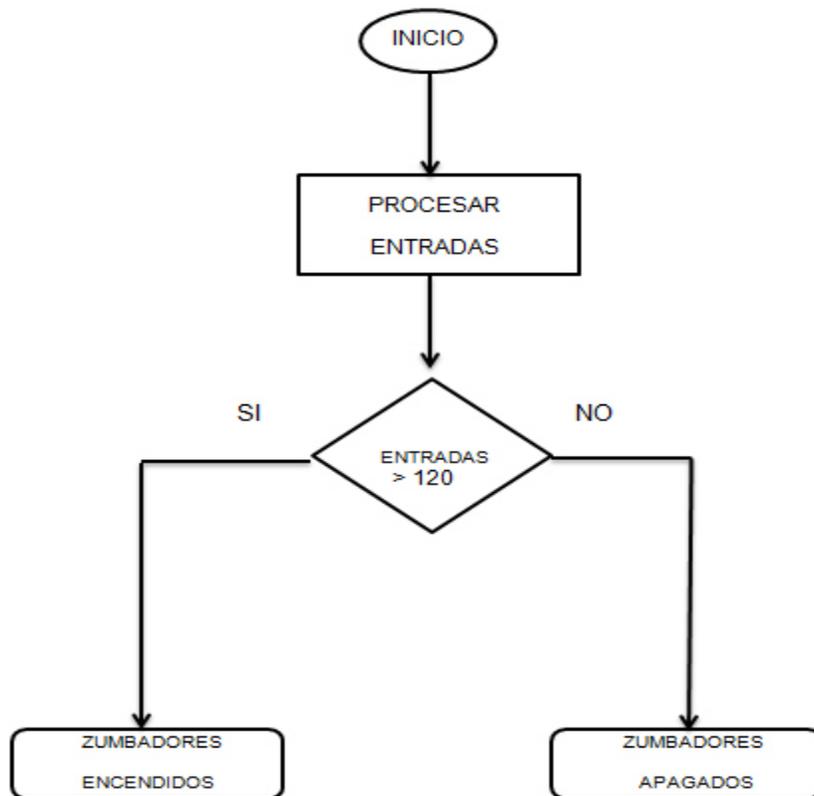
Figura 4. Esquema del Sistema Sonoro con Encendido y Apagado autónomo.



Fuente: Creado por los autores en la herramienta de Windows 7 Proteus 7 professional 2011.

6.1.3 Diagrama de Flujo de Funcionamiento

Figura 5. Diagrama de Flujo del controlador



Fuente: Creado por los autores en la herramienta de Windows 7 Microsoft Word 2013.

El Funcionamiento del sistema se explica a continuación:

- Se comienza leyendo las entradas análogas de Arduino de tal forma que se le dan valores enteros de 0 a 1023, dependiendo al voltaje que el sensor suministra.
- A cada salida análoga, es decir a cada eje del acelerómetro (X, Y, Z) son sometidas a una lectura por medio del puerto serial y con el software de Arduino, se grafican de tal manera que se pueda observar los valores enteros

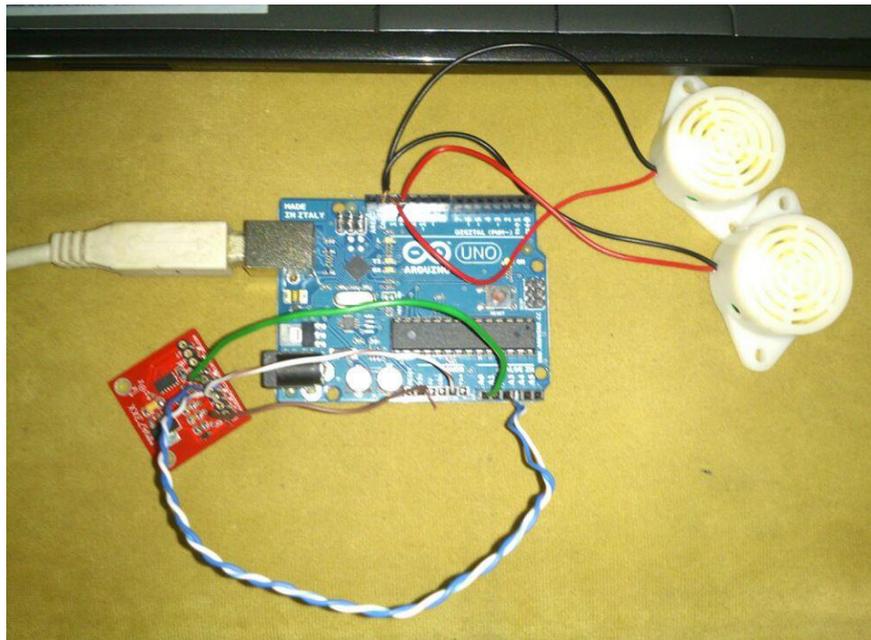
que representan los diferentes voltajes que el acelerómetro arroja por cada uno de sus ejes, cuando existe un cambio de aceleración en el dispositivo.

- Dependiendo de los cambios generados por el acelerómetro, caracterizamos los valores y se hace un análisis, comprobando los posibles movimientos que el balón causara.
- Se hace un ciclo condicional con los datos anteriores y así determinar las salidas respectivas que el sistema generará como mejora a este diseño de los componentes del balón.

6.1.4 Resultados Objetivo 1

Con la programación del Arduino terminada y la unificación de los componentes; la conformación de sistemas de sonido autónomo culminamos con satisfacción el objetivo 1, lo que permite poder realizar el siguiente objetivo el cual es estructurar y realizar una fuente de energía para es sistema de control.

Figura 6. Unificación Funcional de Componentes



Fuente: Propiedad de los autores.

6.2 Realizar una fuente de alimentación para el sistema sonoro

Como el sistema sonoro automático estará dentro del balón fue necesario diseñar y construir una fuente de alimentación que pueda satisfacer las necesidades del sistema y además de esto que pueda ser recargable desde su posición para evitar tener que abrir el balón para recargarlo. Por lo anterior, el circuito tendrá que cumplir las siguientes necesidades planteadas:

- I. Mientras la batería se esté cargando se debe cortar la corriente de alimentación que va hacia el Arduino, esto para aumentar la vida útil de la batería y del Arduino.
- II. Cuando la batería no este cargando, está siempre estará entregando energía al Arduino siempre y cuando este cargada.

6.2.1 Materiales

Batería de 9v

Se utilizará una batería de 9 v, con capacidad de 250 mA hora esta será la directa responsable de la alimentación del Arduino y los Zumbadores.

Cargador para Batería de 9v

Será el encargado de recargar la betería para que pueda cumplir su función de suministrar energía eléctrica al sistema sonoro autonómico, se realizara en él una pequeña modificación.

Diodo

Para cumplir con el diseño necesitaremos de 1 Diodo de uso común.

Relé

Para lograr el objetivo de diseño se necesitara un relé que cumplirá con la función de switcheo de vías cuando se esté cargando la batería y cuando no lo esté.

Resistencias

Serán necesarias 2 resistencias de 320 Ω .

Jack DC

Se necesitará 1 Jack DC. Esta será utilizada para cargar la batería con el Plug DC que tendrá el cargador.

Plug DC

Se utilizaran 2 Plug DC para la modificación del cargador y otro para la conexión del circuito con el Arduino.

Placas para circuito impreso

Para cumplir con el diseño necesitaremos 1 pequeña placa.

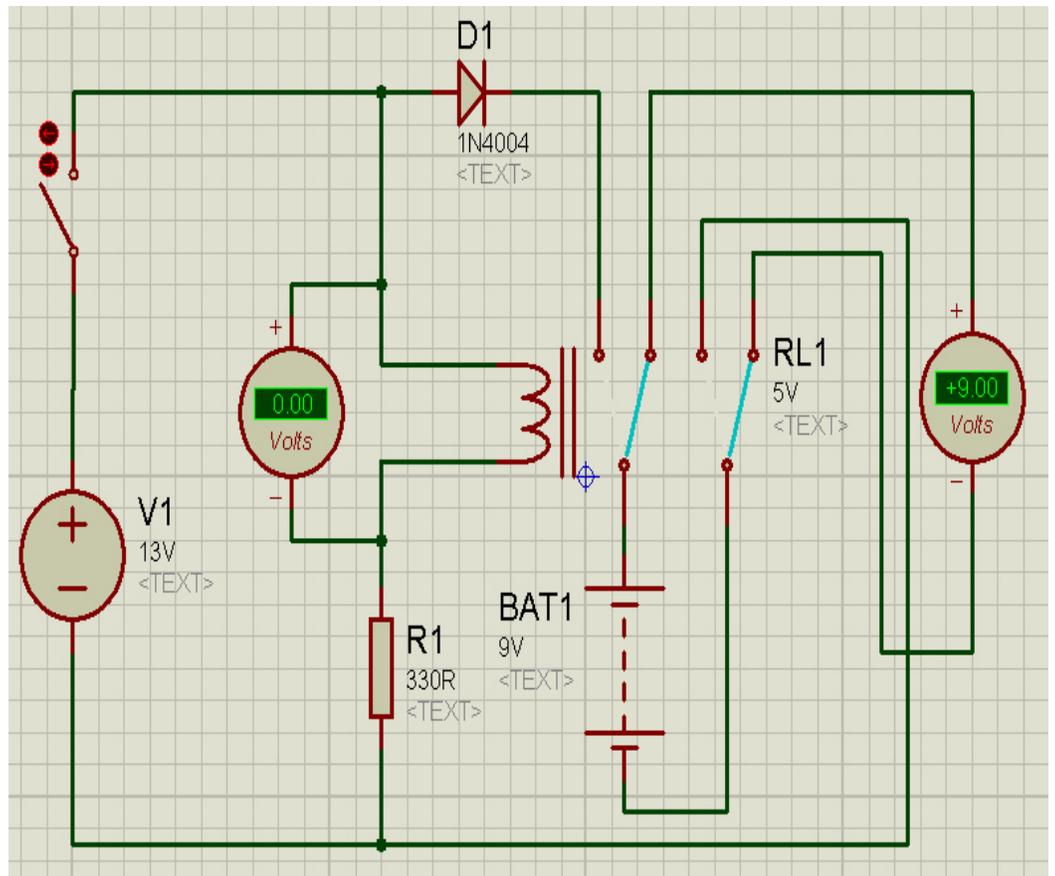
Conector Batería 9V

Se utilizará 1 conector para la Batería de 9v.

6.2.1 Diseño del Circuito

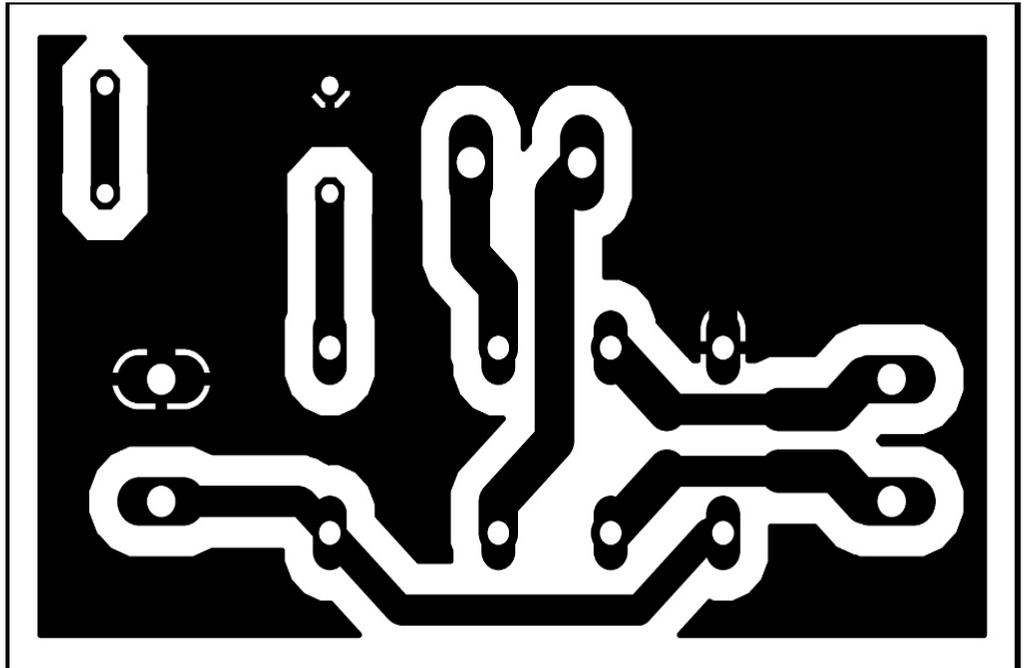
Después de conseguir todos los implementos necesarios se pasa a la construcción; comenzando por el diseño del PCB y las pruebas con software.

Figura 7. Diseño y simulación del Circuito.



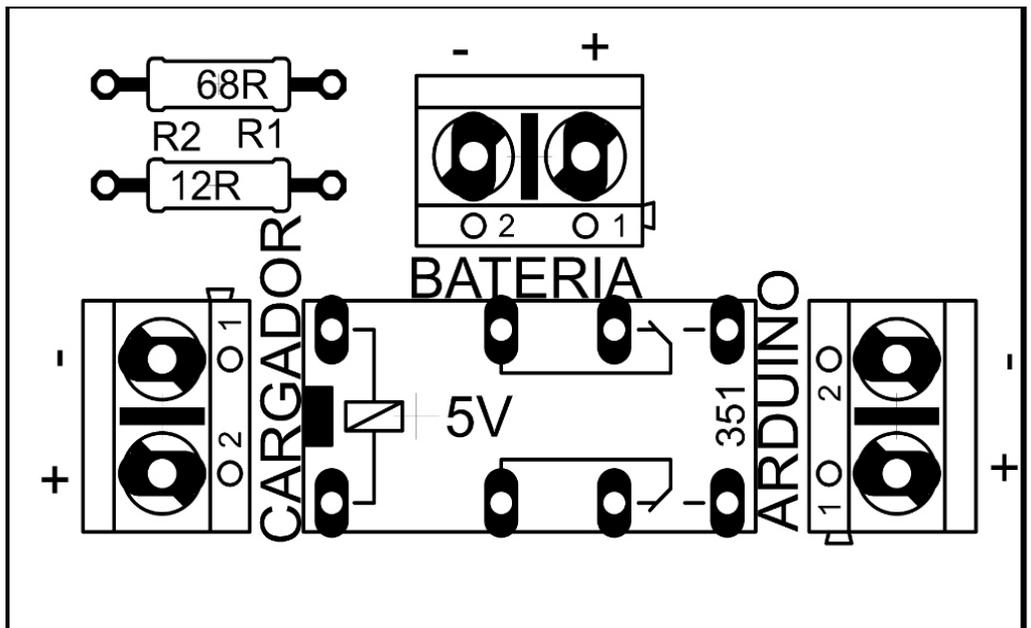
Fuente: Creado por los autores en la herramienta Proteus 7 professional 2011.

Figura 8. Diseño PCB del Circuito.



Fuente: Creado por los autores en la herramienta Proteus 7 professional 2011.

Figura 9. Diseño Esquema del Circuito.

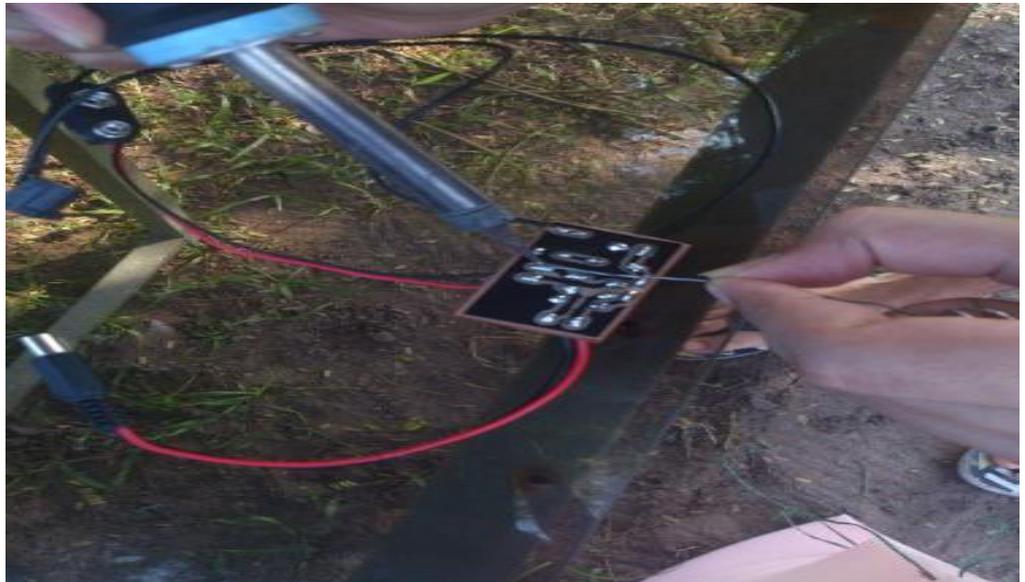


Fuente: Creado por los autores en la herramienta Proteus 7 professional 2011.

6.2.3 Construcción del Circuito

Tiempo después de realizar el diseño del circuito se pasa a la impresión de este en papel propalcote para luego hacer el planchado sobre la placa; en simultaneidad con el planchado se realiza la solución de cloruro férrico para después introducir la placa en esta y realizar la quema de la placa (con mucho cuidado). Terminado esto el siguiente paso es soldar los componentes al circuito.

Figura 10. Proceso de soldadura de componentes a la placa.



Fuente: propiedad de los autores.

El siguiente paso después de soldar los componentes a la placa es el modificar el cargador para esto se soldaran dos cables a una de sus salidas desde su interior hasta una distancia d_x al final de los cables se unificaran con un Plug DC finalmente el cargador tomara una forma parecida a los cargadores de teléfono celular.

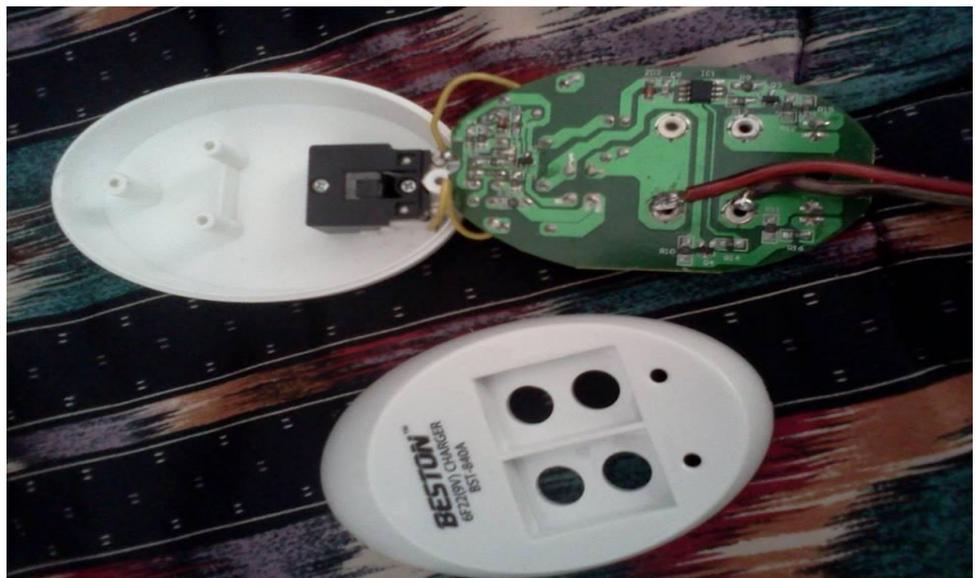
Figura 11. Apertura del cargador.



Fuente: propiedad de los autores.

Se realiza la apertura del cargador para su modificación, se procede a soldar el cable y el Plug DC.

Figura 12. Apertura y modificación del cargador.



Fuente: propiedad de los autores.

Finalmente después de realizar la modificación a cargador pasamos a cerrarlo y hacer las pruebas de funcionamiento.

Figura 13. Cargador para Blindball.



Fuente: propiedad de los autores.

6.2.4 Pruebas

La primera prueba será la del voltaje del cargador.

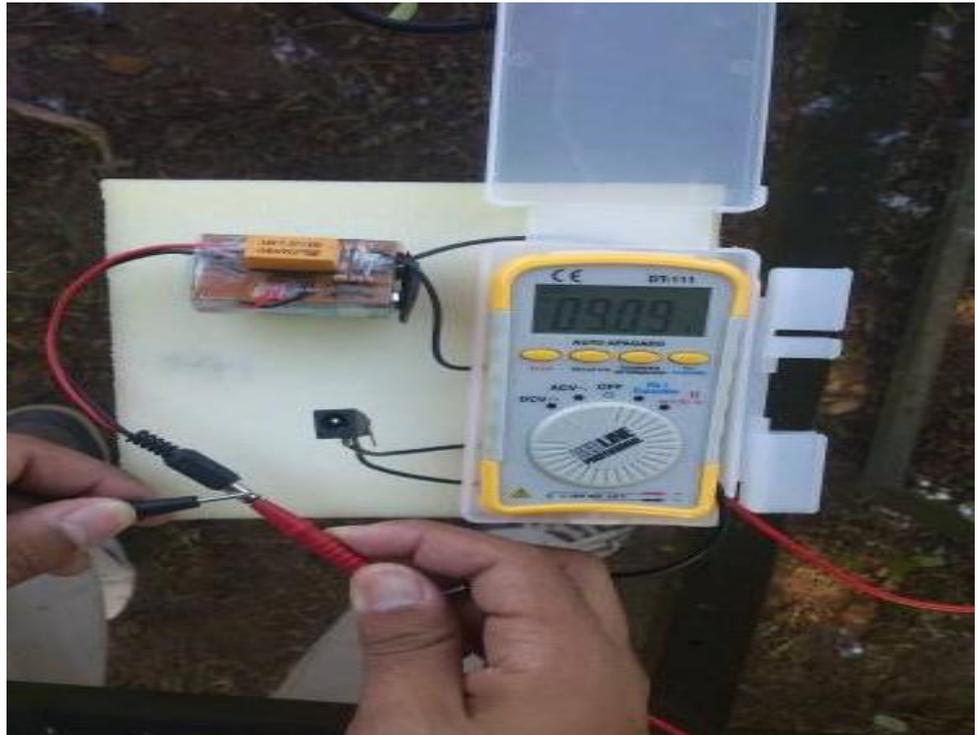
Figura 14. Prueba de voltaje al cargador para Blindball.



Fuente: Propiedad de los autores.

Al realizar la prueba del voltaje del cargador se encuentra con que entrega 13v, con este se puede descartar problemas con el cargador ya que este debe entregar un valor mayor a 9v para cargar la batería. La siguiente prueba será la del circuito de alimentación.

Figura 15. Prueba circuito de alimentación.



Fuente: Propiedad de los autores.

El circuito de alimentación mientras la batería no se encuentre cargando entrega 9.09v y cuando se está cargando 1782mv.

Figura 16. Prueba circuito de alimentación conectado.

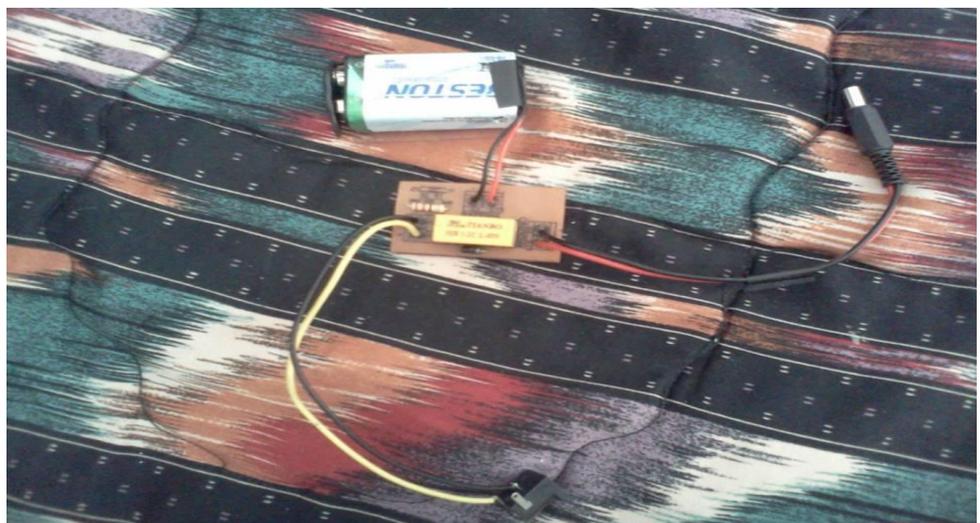


Fuente: Propiedad de los autores.

6.2.5 Resultados Objetivo 2

Después de realizar las pruebas y comprobar que los voltajes son los necesarios se puede afirmar que la fuente de alimentación esta lista para realizar su unión con el sistema de control sonoro.

Figura 17. Fuente de alimentación de Blindball.



Fuente: propiedad de los autores.

6.3 Simular Físicamente el comportamiento del balón al recibir una patada

6.3.1 Estrategia para probar la resistencia a los golpes del balón de futsal

El balón de futbol para la práctica del futsal recibirá muchas patadas durante un juego, por lo tanto, se debe asegurar que este resistirá muchos golpes; al partir del supuesto que el jugador que más fuerte ha pateado en la historia del futbol está en la cancha jugando con el balón electrónico sonoro.

En la copa confederaciones que se jugaba en Francia en el año 1997, se enfrentaban Francia y Brasil, los favoritos del torneo, el encuentro iba 0 a 0 cuando una falta a unos 40 metros de distancia se pitó a favor de Brasil, Roberto Carlos fue el encargado de rematar, su disparó alcanzó una velocidad máxima de 137 Km/hrs y terminó en un golazo.

Si se analiza este disparo en un balón de futbol sala se puede hallar la potencia de disparo que recibirá uno de estos balones y se sabrá si puede resistirlo.

Datos:

- Velocidad del disparo= 137 km/h
- Peso de la pelota de futsal= 450 gramos= 0.450 Kg. m/s^2 (incluida la gravedad)
- Potencia promedio del disparo= desconocida

Figura 18. Roberto Carlos pateando la pelota en un tiro libre.



Fuente en:

http://www.fansfutbol.com.mx/publicar_mas.php?id=387

$$P_{prom} = \frac{dW}{\Delta t} = f \cdot \frac{dr}{dt} = f \cdot v$$

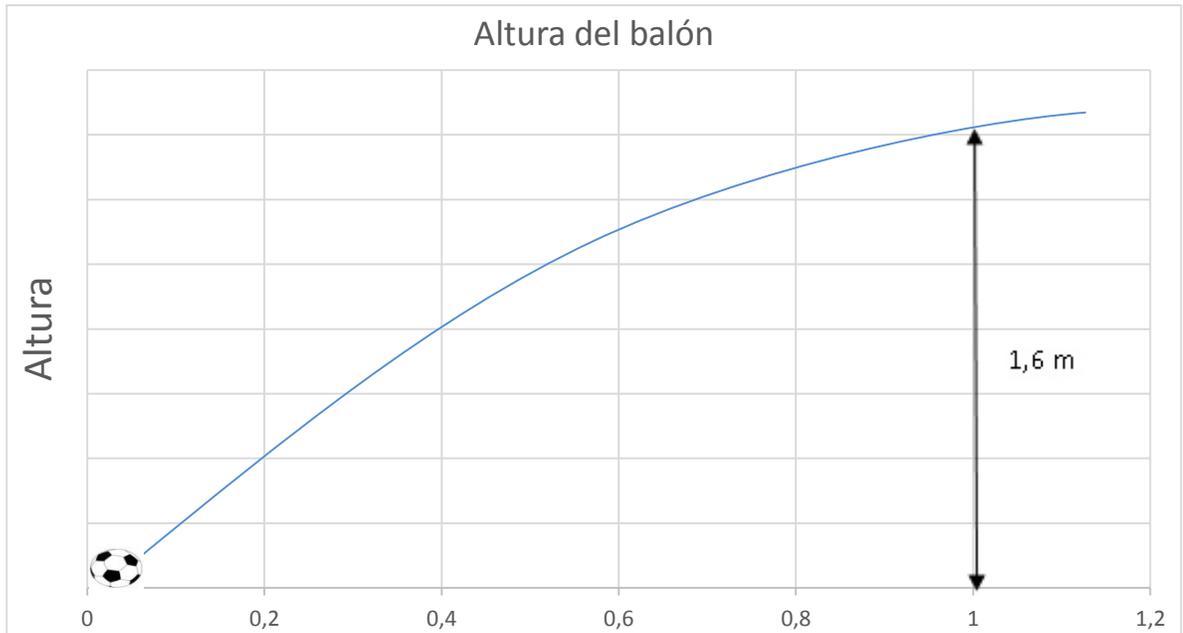
Con la ecuación de potencia, se puede relacionar el peso del balón y la velocidad.

$$P = 0,450kg \times \frac{137 \times 10^3 m}{3600 s}$$

$P = 17.125 \text{ Watt}$

Como también se debe tener en cuenta la fuerza que se le imprimió al pateo, se debe hallar una segunda potencia (P_2), que sería el trabajo necesario para que el balón alcance unos 1,6 metros de altura aproximadamente (analizado en video).

Grafica 1. Altura alcanzada por el balón después de ser pateado.



$$P_2 = \frac{W_2}{t} = 0,450kg \times \frac{1,6m}{1s}$$

$$P_2 = 0,72 \text{ Watt}$$

$$P_1 + P_2 = (17,125 + 0,72)\text{Watt} = 17,845 \text{ Watt}$$

Sumando las dos potencias halladas se tienen un total de 17,845 Watt de potencia, al cual se le aplicará un 10% adicional para mayor seguridad de ingeniería.

$$P_{final} = (17,845 + 1,7845)\text{Watt}$$

$$P_{final} = 19,6295 \text{ Watt}$$

Para mayor seguridad se redondea a 20 watt.

Seguidamente se descomponen las unidades de watt con el fin de hallar la velocidad final

$$20 \text{ Watt} \rightarrow 20 \text{ J/s} \rightarrow 20 \text{ N m/s} \rightarrow 20 \text{ Kg m/s}^2 \text{ m/s}$$

$$20 \text{ Kg m/s}^2 \text{ m/s} \rightarrow (40 \times 0,5) \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$$

$$V_f^2 = V_0^2 + 2 g h$$

$$h = \frac{V_f^2}{2g}$$

$$h = \frac{\left(20 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} = \frac{400 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{2 \left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)}$$

$h = 20,4 \text{ m}$

Esta altura se halla con el fin de simular el pateo de Roberto Carlos con un ejercicio práctico de caída libre, en el cual el balón se deja caer a 20.4m con el fin de que alcance la energía necesaria para que tenga la misma potencia del disparo cuando el balón caiga al piso.

El balón tendrá una deformación al impactar el piso, la longitud de tal deformación será tomada en cuenta para hallar el coeficiente de elasticidad de los materiales que protegen el interior del balón.

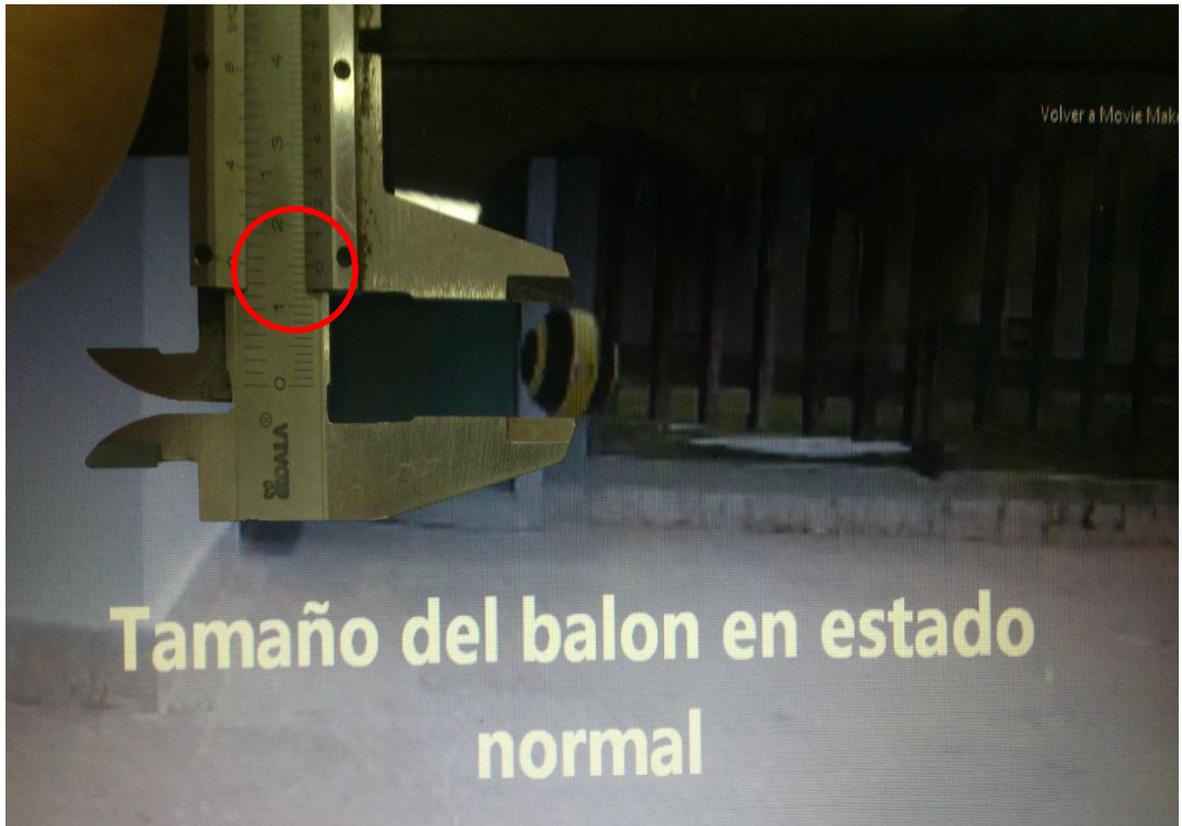
Figura 19. Prueba caída del balón desde el 7 piso de un edificio (deformado)



Fuente: propiedad de los autores.

La imagen anterior fue captada en el momento que el balón rebotó en el piso después de haber sido soltado a una altura de 20.5 metros aproximadamente. Se midió con un vernier la deformación que tuvo el balón al momento de tocar el piso en la imagen se pudo medir un diámetro de 1,4 cm (medida virtual).

Figura 20. Prueba caída del balón desde el 7 piso de un edificio (normal)

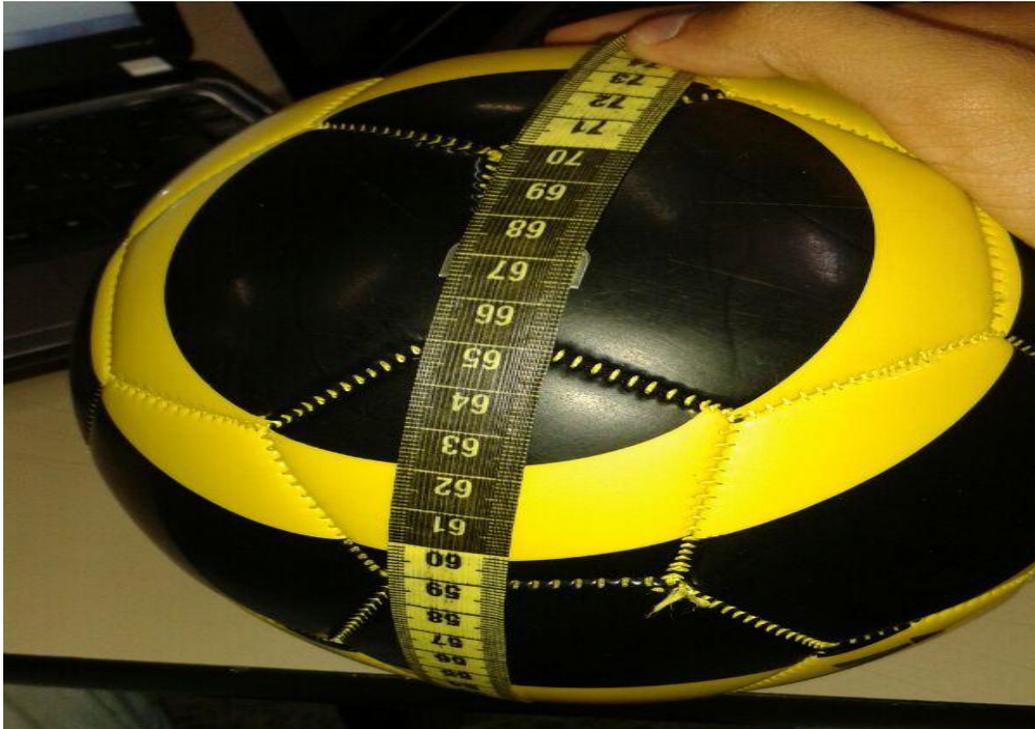


Fuente: propiedad de los autores.

En el caso de esta imagen, fue tomada antes de que el balón impactara el piso, y muestra la medida de su diámetro en estado normal que es 1,5 cm. Es decir, el balón se deformó 0,1 cm al llegar al suelo (según las medidas virtuales).

Anterior a esto se había tomado la medida de la circunferencia del balón con el fin de tener la medida de su diámetro real.

Figura 21. Medición de la circunferencia del balón.



Fuente: propiedad de los autores.

La longitud de la circunferencia fue de 66.5 cm. Con este dato aplicando una pequeña formula se halla el valor del diámetro.

$$l = 2\pi r$$

$$r = \frac{l}{2\pi}$$

$$r = \frac{66.5 \text{ cm}}{2\pi} = 10,5838 \text{ cm}$$

$$d = 2r$$

$$d = 2(10,5838)$$

$d = 21.1676$

Después de realizar los ejercicios anteriormente mencionados, se recopilaron una serie de datos necesarios para hallar la longitud de la deformación real.

- Medida virtual normal= 1,5 cm
- Medida virtual deformación= 0,1 cm
- Medida real balón normal= 21,1676 cm
- Medida real deformación = ¿?

$$1,5 \text{ cm} \rightarrow 21,1676 \text{ cm}$$

$$0,1 \text{ cm} \rightarrow x$$

$$x = \frac{21,1676 \text{ cm} \times 0,1 \text{ cm}}{1,5}$$

$x = 1,41 \text{ cm}$

Obtenida la deformación del balón al impactar el suelo después de haber sido soltado a una altura de 20,5 metros, se pasa de los datos virtuales a datos reales, después de esto se simula este mismo ejercicio en una máquina de ensayo deformando el balón la longitud de 1,5 (aproximado de 1,41), para así hallar la fuerza que fue necesaria para que el balón tenga esta deformación y poder tener el valor total de la fuerza máxima que recibirá el balón en un caso extremo como fue la patada de Roberto Carlos en ese momento.

Figura 22. Ensayo de compresión al balón.



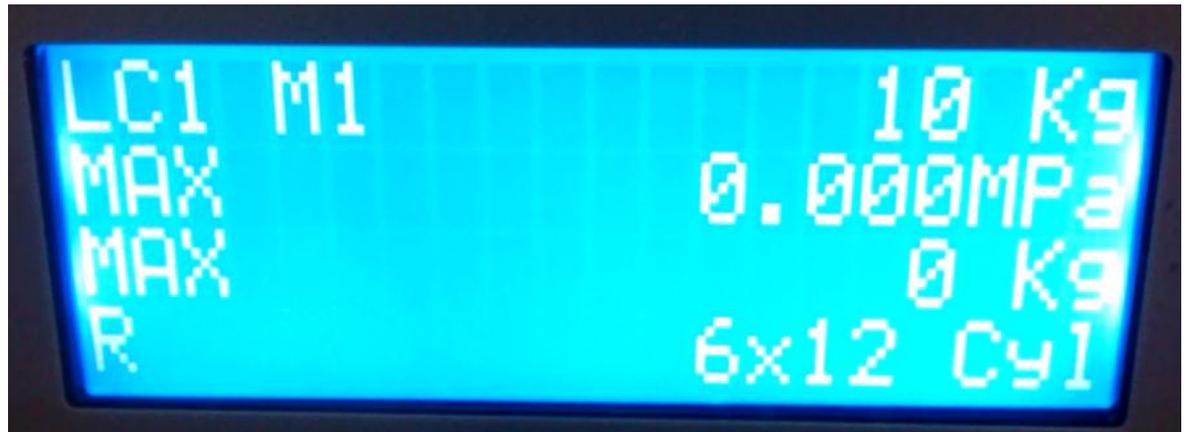
Fuente: Propiedad de los autores.

Se realiza en ensayo de compresión en el laboratorio de resistencia de materiales de la universidad autónoma del caribe, El ensayo de la deformación se realizó con tres medidas; la medida real de la deformación (1,5 cm aproximado), una medida mayor a la real (2cm) y una medida menor a la real (1cm).

Los resultados que arrojó la máquina de ensayo fueron los siguientes:

- Deformación de 1 cm = 10 kg de fuerza aplicada.

Figura 23. Ensayo de compresión 1cm de deformación.



Fuente: Propiedad de los autores.

- Deformación de 1,5 cm = 20 kg de fuerza aplicada

Figura 24. Ensayo de compresión 1.5 cm de deformación.



Fuente: Propiedad de los autores.

- Deformación de 2 cm = 30 kg de fuerza aplicada.

Figura 25. Ensayo de compresión 2cm de deformación.

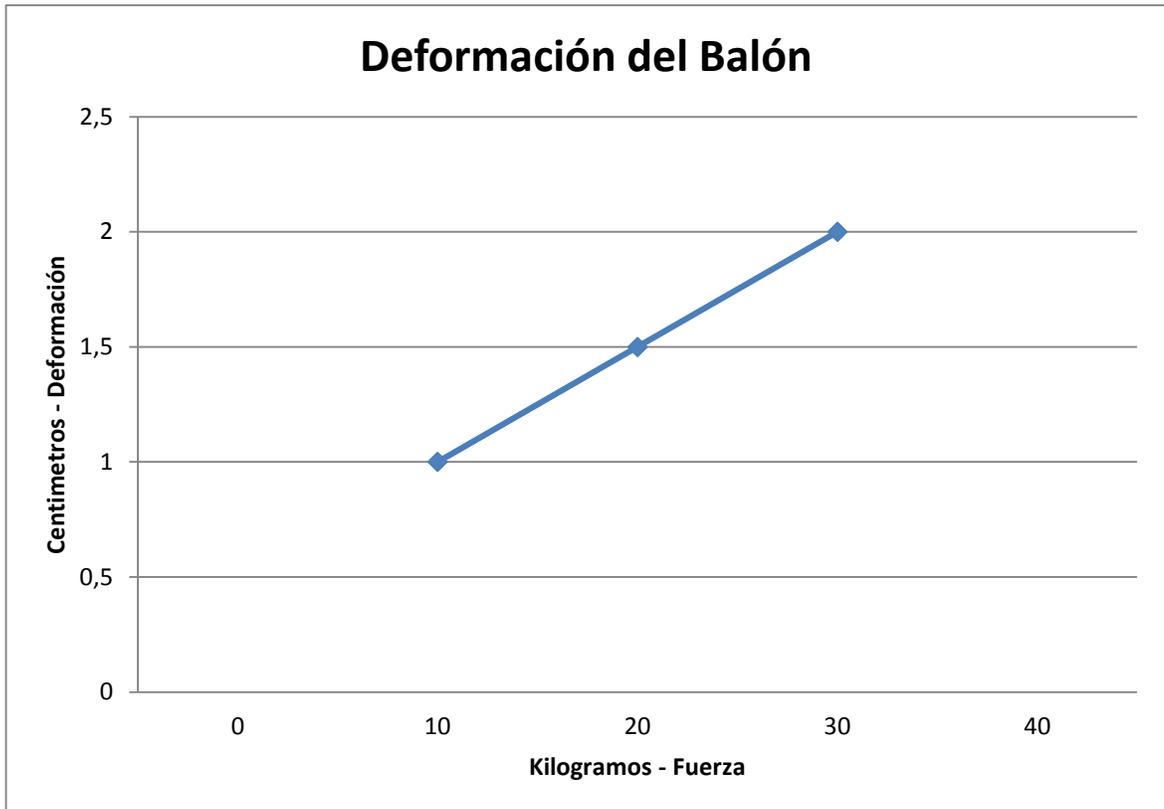


Fuente: Propiedad de los autores.

6.3.2 Resultados objetivo 3.

Al terminar este ensayo se llegó a la conclusión de que el balón se deformó linealmente, comportándose como un resorte, siendo esto así, se puede aplicar la Ley de Hooke, que dice que cuando estiramos (o comprimimos) un muelle, la fuerza recuperadora es directamente proporcional a la deformación y de signo contraria a ésta. $F = - k x$, Siendo k una constante de proporcionalidad, denominada constante elástica del muelle (en este caso el balón). El signo menos en la ecuación anterior se debe a que la fuerza recuperadora es opuesta a la deformación.

Grafica 2. Prueba de deformación del balón.



6.4 Construir un prototipo del balón acoplado con el sistema sonoro.

6.4.1 Materiales

Balón

El balón con el que se realizaron las pruebas de resistencia será utilizado para la realización del prototipo, en él se efectuarán modificaciones que permitan la adaptación del sistema sonoro autónomo.

Espuma de Poliuretano

Se utilizará espuma de múltiples espesores para la protección del sistema sonoro, por las propiedades que nos brinda este

material será de sum importancia para la realización del prototipo.

Cinta Aislante

Necesaria para evitar falsos contacto y corto circuito cuando se unan el sistema de alimentación y el sistema sonoro además de servir para los cables que saldrán de esa unión.

Cinta para Enmascarar

Para ayudar a la compresión de la espuma.

Pegante Bóxer

Será utilizado para la fijación de cables y del poliuretano al momento del acople con el balón.

Hilo Nylon

Necesario para ayudar a la compresión de la espuma de poliuretano.

Botellas plásticas de pony malta 1.5 L

Sera utilizado para hacer una cámara de compartimiento previo que será el centro de partida; en su interior se ubicaran el Arduino, el acelerómetro y el sistema de alimentación eléctrica los cables de los dispositivos saldrán por una de las bocas de las 3 necesarias para el diseño, las otras dos serán selladas para evitar daños.

6.4.2 Construcción

Pasando a la construcción del prototipo el primer paso es hacer la abertura del balón descociéndolo y dejándolo con una apertura de 16 cm, en sus interior se encontró una vejiga que como no fue utilizada se le realizó una apertura para ver que contenía en su interior.

Figura 26. Apertura del balón.



Fuente: Propiedad de los Autores.

Figura 27. Apertura de la vejiga del balón.

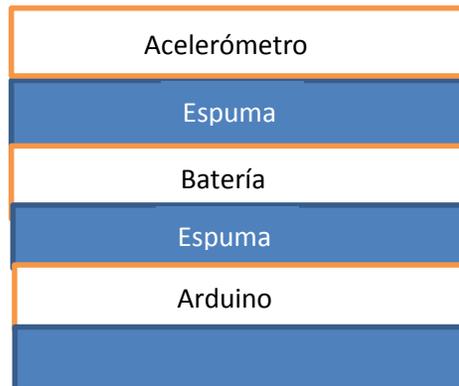


Fuente: Propiedad de los Autores.

Después de hacer la apertura de la vejiga se pudo encontrar en su interior partes de esponja de poliuretano y algodón sintético esto para disminuir su rebote.

El siguiente paso de la construcción fue la unificación del sistema de control y la fuente de energía; lo primero fue unirlos por capas colocando el Arduino en la parte inferior e iniciar desde el, una torre de componentes separados por una capa de poliuretano de 5cm de espesor y comprimirlo un poco, luego fue necesario asegurar su unión con cinta aislante, terminando esto se continua con la construcción del compartimiento circular preliminar que será el centro de partida del nuevo balón.

Figura 28. Unificación del sistema autónomo y la fuente de alimentación.



Fuente: Creado por los autores en la herramienta de Windows 7
Microsoft Word 2013.

Después de esto lo siguiente que se hizo fue el corte de las 3 botellas de pony malta de 1.5L; se realizó el corte desde su inicio hasta 8cm hacia abajo, luego de realizar los cortes se unieron en forma de círculo en su interior y se ubicó la unificación del sistema sonoro con la fuente de alimentación.

Figura 29. Compartimiento circular preliminar



Fuente: propiedad de los autores.

El siguiente paso luego de la realización de la unión y realización del depósito contenedor es ubicar los cables que salen, que son: 3 cables para los dos zumbadores, el cable con el Plug DC para la alimentación de la batería y el cable dos vías del Arduino; después de esto se recubre el depósito con dos capas de poliuretano 4cm de espesor cada una, estas fueron unidas con pegante bóxer y sujetadas con hilo para asegurar su unión.

Figura 30. Deposito contenedor con las dos primeras capas de protección.



Fuente: propiedad de los autores.

Después de esto se soldan los zumbadores a los cables para después ubicarlos a presión en una capa de poliuretano de 8 cm de espesor, los zumbadores fueron ubicados con una separación de 20 cm esta será la antepenúltima, para darle una forma esférica se necesitó aproximadamente 50 vueltas de hilo nylon a cierta presión, esta capa se realizó con dos uniones que formaron una capa esférica en forma de bola de softbol.

Figura 31. Ubicación de los zumbadores en la antepenúltima capa.



Fuente: propiedad de los autores.

Figura 32. Antepenúltima capa de protección para el sistema sonoro con Zumbadores en posición.



Fuente: Propiedad de los autores.

A este momento el sistemas de sonido autónomo con el recubrimiento para su protección tienen un diámetro de más o menos 57 cm. Aun es necesario agregar una capa para que pueda encajar con mayor precisión a la última capa que será la del balón original.

Figura 33. Última capa de protección parte interior.



Fuente: propiedad de los autores.

Figura 34. Última capa balón original.



Fuente: propiedad de los autores.

Por ser esta una adaptación artesanal, el balón no tiene una esférica bien definida, por eso la penúltima capa se realizará con el objetivo de darle la mayor estética y forma esférica posible antes de ajustarlo a su última capa.

Figura 35. Última capa de protección y capa externa.



Fuente: propiedad de los autores.

Finalmente después de realizar 3 capas para la protección del balón con poliuretano con diferentes espesores cada capa se acopla con la capa del balón original, el balón no tiene una forma esférica perfecta lo cual porque su acople con la capa del balón fue a presión. Antes de esto fue necesario fijar algunas partes a la última capa con pegante búmer para evitar que al momento de hacer el acople final algunos de los componentes del sistema sonoro autónomo tuviera algún movimiento. Los elementos que se fijaron a la última capa fueron los zumbadores y el Plug DC.

Figura 36. Acople sistema sonoro con el balón.



Fuente: propiedad de los autores.

Como último paso solo falta coser nuevamente el balón y realizar las pruebas sobre su intensidad sonora y resistencia a los impactos.

Figura 37. Inicio de proceso de cosido del prototipo de balón con sistema de sonido electrónico.



Fuente: propiedad de los autores.

Figura 38. Proceso de cosido del prototipo de balón con sistema de sonido electrónico.



Fuente: propiedad de los autores.

Figura 39. Finalización del proceso de cosido del balón con sistema de sonido electrónico.



Fuente: propiedad de los autores.

Figura 40. Balón electrónico sonoro finalizado.



Fuente: propiedad de los autores.

6.4.3 Pruebas

Las pruebas a realizar son para confirmar que el prototipo supera al balón anterior en intensidad sonora y en comodidad, puesto que esta era una de las razones de su construcción el que superara las falencias del anterior y cumpliera con las nuevas necesidades de los jugadores. Las pruebas son:

- I. Pruebas de compresión.
- II. Pruebas de intensidad sonora.

6.4.4 Resultados objetivo 4

La prueba de intensidad sonora será realizada con un software para celulares android llamado sonómetro, este instrumento mide la intensidad sonora de las cosa y las compara con circunstancias de la vida diaria.

Figura 41. Medición de intensidad sonora del prototipo con un sonómetro.



Fuente: propiedad de los autores.

Al realizar la medición de la intensidad sonora del balón prototipo con el sonómetro se registró que su intensidad sonora es de 85 Decibeles. Muy superior al balón de cascabeles que en anterior medición había registrado 62 decibeles (ver anexos), ambas mediciones se registraron una distancia de 10 cm.

La prueba de compresión se realizó con los mismos valores de distancia con la que hizo con el balón original, el resultado fue el mismo, para que el prototipo de balón sonoro se comprima la misma distancia que el original se necesitó de la misma cantidad de fuerza.

Figura 42. Prueba al balón sonoro con máquina de compresión.



Fuente: propiedad de los autores.

Figura 43. Prueba de compresión al balón sonoro 1 cm.



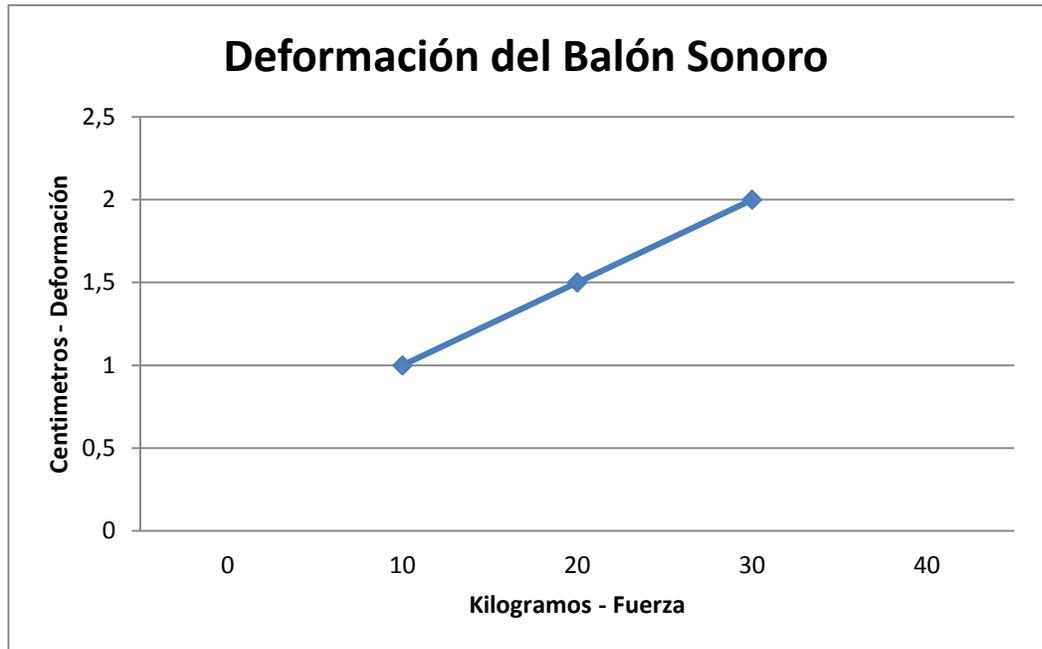
Fuente: propiedad de los autores.

Figura 44. Prueba de compresión al balón sonoro 1.5 cm.



Fuente: propiedad de los autores.

Grafica 2. Prueba de deformación del balón electrónico sonoro.



7. CONCLUSIONES

Sin duda los temas sociales que abarcan todo lo que tiene que ver con discapacidad tiene un amplio libro de opiniones, en este documento, se presentó la oportunidad de brindar una mejora en un aspecto tan importante como lo es el deporte y se llegaron a las siguientes conclusiones.

El deporte se presta como una oportunidad de mejora de la calidad de vida de las personas con discapacidad visual, es una manera de salir de ese mundo de oscuridad y comenzar a diseñar en su mente un terreno de juego donde sale a relucir su talento y competitividad deportiva, algo que le da otro sentido a su vida.

Las hipótesis planteadas alrededor de la práctica del deporte fueron especialmente pensadas y ayudó al mejoramiento en varios aspectos. Se pensó en una manera de hacer que los jugadores jamás perdieran el sentido de dirección del juego y a partir de ahí se ideó un sistema de sonido que no se apagaba aun estando la pelota en estado estático. Esto mejoró el posicionamiento de los jugadores en la cancha y les da la seguridad de la ubicación del balón en todo momento, no cabe duda de que en problema mencionado se solucionó satisfactoriamente.

Se ideó y se cumplió la tarea de realizar un sistema de carga que le permite al balón ser realimentado para otros encuentros sin necesidad de abrirlo para cambiar la batería. Esto como parte fundamental de la vida útil del balón.

Por su parte el estudio de la física del balón dio un punto de apoyo para elegir los materiales idóneos para la construcción de un prototipo resistente a impactos.

Además de los logros cumplidos mencionados anteriormente, el prototipo construido mejoró en el aspecto de la comodidad al patearlo y atraparlo (por el

arquero), ya que los materiales utilizados para proteger su núcleo de componentes electrónicos también le dio una sensación confortable a la parte externa del balón, contrario al maltrato que generaban las sonajas metálicas que posee el balón tradicional utilizado por los ciegos para jugar futsal.

Es necesario mencionar que no se pudo mantener el peso del balón en los estándares que se deseaban, pero partiendo de este proyecto se puede pensar en la manera de mejorar este aspecto, ya sea en trabajos futuros de los autores o por otros investigadores interesados en el tema.

Es general, se pudo aplicar la ingeniería para la innovación en un deporte especialmente practicado por personas discapacitadas visualmente, se mejoró la condición de juego a partir de los objetivos cumplidos, y mediante las hipótesis planteadas se logró satisfacer las necesidades que sugerían los deportistas. Respecto a lo social, es un punto muy importante que la ingeniería sea una herramienta de progreso para el mejoramiento de la calidad de vida de las personas discapacitadas, proyectando con este trabajo abrir las puertas a otras investigaciones que tengan como objetivo general dicha tarea.

7.1 Best-marking

Con el dato que arrojo el estudio realizado se planteó la realización de un Best-marking que permita la comparación del nuevo balón con el ya existente, y así poder determinar las mejoras o ventajas que este puede tener.

<i>Balón</i>	<i>Cascabeles</i>	<i>Normal</i>	<i>Prototipo electrónico</i>
<i>Circunferencia</i>	58.5 cm	66.5 cm	66.5 cm
<i>Intensidad sonora</i>	62-70Db	No tiene	80-85Db
<i>Comodidad</i>	Rígida	Buena	Buena
<i>Precio</i>	100.000-150.000	30.000-70.000	110.000

BIBLIOGRAFIA

FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE FUTBOL ASOCIACIÓN FIFA. 2013 [EN LÍNEA] [CITADO 10-10-13] disponible en: [≤http://es.fifa.com/≥](http://es.fifa.com/)

AISLACIONES POLI-PUR, Ingeniería Térmica, 2013 [en línea], [citado 22-10-13], disponible en internet: [≤http://www.polypur.cl/poliuretano-aislante.html>](http://www.polypur.cl/poliuretano-aislante.html)

ARDUINO, Plataforma Arduino, 2013 [en línea], [citado 09-10-13], disponible en internet: [<http://www.arduino.cc/es/ >](http://www.arduino.cc/es/)

ASOCIACION MUNDIAL DE FUTSAL, Reglas de juego.2013 [Sitio web en línea] [Página oficial AMF 2013] Disponible en internet: [≤http://www.amfutsal.com.py>](http://www.amfutsal.com.py)

BALÓN PARA LA PRÁCTICA DEL FUTBOL SALA PARA INVIDENTES [en línea], 2013. Disponible en internet: [≤http://informaciona.com/balones-de-futbol-sala/videos>](http://informaciona.com/balones-de-futbol-sala/videos)

BRASIL PORTAL, Historia del deporte paralímpico, 2013 [en línea], [citado 09-10-13], disponible en internet: [≤http://www.brasil.gov.br/sobre/deportes/deporte-paralimpico/historia-del-deporte-paraolimpico/>](http://www.brasil.gov.br/sobre/deportes/deporte-paralimpico/historia-del-deporte-paraolimpico/)

FEDERACION INTERNACIONAL DE DEPORTES PARA CIEGOS, Reglas del juego, 2013 [Sitio web en línea 09-09-13] Disponible en internet: [≤http://www.ibsasport.or>](http://www.ibsasport.or)

Hernández Gaviño, Ricardo. Introducción a los Sistemas de Control, conceptos, aplicaciones y simulaciones con matlab, Pearson, Prentice Hall, primera edición 2010 ISBN 978-442-843-8

SENSING, Sensores para la medición de parámetros físicos, 2013 [en línea], [citado 09-10-13], disponible en internet: [<http://www.sensing.es/>](http://www.sensing.es/)

Sobrevila, Marcelo Antonio. Sensores Eléctricos Aplicables en informática, Mediciones, Regulación y Control Automático, Librería y Editorial Alsina, primera edición 2008 ISBN 978-84-267-1450-3.

UNIVERSIDAD DON BOSCO, El controlador On-Off (si-no o todo y nada), Sistemas de Control Automático. [En línea], Facultad de Ingeniería Electrónica, [guía 4]. [Soyapango, El Salvador], 2010. [Citado 09-10-13]. Disponible en internet: [<http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guia/electronica-ingenieria/sistemas-de-control-automatico/2013/ii/guia-4.pdf>](http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guia/electronica-ingenieria/sistemas-de-control-automatico/2013/ii/guia-4.pdf)

Verdugo Alonso, Miguel. Personas con discapacidad. Perspectiva psicopedagógicas y rehabilitadoras. Editorial siglo XXI España 1998, ISBN 978-84-323-0867-3.

Anexo A. Entrevista: mejoras para la práctica de futsal de personas con discapacidad visual

Entrevista realizada al Dr. Rafael Ortiz, médico pediatra y coordinador de un programa dedicado a niños, adolescentes y adultos con discapacidad visual en la IPS universitaria. El Dr. Ortiz también se encuentra en discapacidad visual hace 5 años producto de un lamentable incidente. Actualmente el programa está manejando a 130 personas, entre los cuales se encuentran 86 niños y 44 adultos. El doctor Ortiz también se encuentra vinculado en actividades deportivas por parte del programa de la IPS y participa del juego como lúdica con su hijo y sus amigos.

¿En qué ayuda el deporte a las personas discapacitadas?

Dr. Ortiz: En el tema de las personas en situación o condición de discapacidad, el deporte va ser un puntal importante en la vida de una persona. Nos va a permitir un tema importante como lo es la inclusión social de la persona discapacitada a través de la adaptaciones que se van haciendo a las herramientas, en este caso en el tema deportivo que es interesante compartir un partidazo de futbol, y va a ser de mucha alegría y de disfrute para la vida de la persona con discapacidad.

¿Qué ventajas tiene que en un partido de futsal suene con total permanencia el balón dentro del campo de juego?

Dr. Ortiz: bueno ustedes están trabajando en un balón sonoro. El balón sonoro que conocemos a esta ahora, el regular, es un balón como un sonajero, el balón que ustedes quieren diseñar tiene un sonido electrónico. Por su puesto que la identificación del sonido va a ser la forma de nosotros ubicar el balón, de saber que el balón está presente, detectamos con ese sonido que tan cerca tenemos el elemento con el que estamos compartiendo el deporte y va a ser de gran ayuda porque de otra manera no podríamos identificar la localización del balón. Es muy importante entonces el sonido, oírlo, y así ubicamos el balón y vamos a poder dirigirlo hacia donde está el compañero de juego, a la derecha, a la izquierda, hacia adelante y para hacer el gol que es lo más importante.

¿Cree usted que variando el sonido cuando el balón está quieto a cuando se encuentra en movimiento ayudaría al desempeño de los jugadores dentro del campo de juego?

Dr. Ortiz: Bueno esta pregunta es muy interesante porque la experiencia de un balón sonoro de tipo electrónico como el que ustedes quieren diseñar, pues, que yo sepa es una experiencia nueva y ahí iremos aprendiendo de esa experiencia cuando tengamos la oportunidad de hacer muchos partidos. En principio y la experiencia que tengo en estos momentos, es que lo que interesa es el sonido, que tenga una misma frecuencia porque finalmente lo que nosotros identificamos es que hay un elemento que se está moviendo y que ese elemento está cerca de nosotros o se aleja de nosotros o que está en determinado lugar. A través de esa señal de audio es que vamos a encontrar el elemento, entonces, la respuesta con la experiencia que tenemos es que lo interesante es que el sonido exista y que no tenga variación

¿Sería una mejoría aumentar el volumen del balón cuando este cambie de velocidad?

Dr. Ortiz: Bueno. El volumen, en este momento, la experiencia es que la percepción del balón yo siento que es si el elemento se encuentra lejos el volumen es bajo y si está cerca voy a sentir que estoy próximo a patear el balón. De tal manera, si eso cambia demasiado, en una y otra oportunidad, lo que voy a hacer es que no voy a saber finalmente donde está el balón, si está cerca o está lejos. A mi me interesa es saber dónde está, que con esa ubicación es que yo voy a compartir el juego.

¿En qué consiste el programa para personas discapacitadas visuales que maneja la IPS?

Dr. Ortiz: el programa está basado en la habilitación y la rehabilitación. La habilitación incluye varios elementos, entre otros, que los pacientes o personas que estamos dentro del programa aprendamos a utilizar las herramientas con las cuales la vida de las personas con discapacidad visual va a ser lo más regular posible, que quiere decir esto, por ejemplo en el tema de la movilidad ¿cómo será mejor la

movilidad de la persona discapacitada visual? Entonces esta la orientación de la utilización del bastón de Hoover. ¿Cómo vamos hacer el tema de la comunicación? ¿Cómo vamos a leer y escribir? Entonces ya no vamos a utilizar el bolígrafo o el papel y la tinta, sino, vamos a utilizar llamado Braille que es un código de puntos a través del cual vamos a poder escribir y poder leer lo que escribimos. Otras herramientas importante es la tecnología que tenemos, por ejemplo, los lectores de pantalla a través del uso de computadores que hablan y que nosotros dentro de la discapacidad podemos manejar por medio de los comandos y con eso logramos entrar a Word, hacer actividades escritas, leer lo que está escrito en internet e inclusive los adolescentes del programa chatean, eso como actividades de la vida diaria. Y un tema muy importante en el que insistimos es en la inclusión, pero una inclusión que nosotros y la persona discapacitada este incluida en la actividad normal con logros y competencia, es decir, que la persona esté incluida no porque sea discapacitada visual, sino, porque lo que es capaz de hacer el bastante parecido a lo que hace todo el mundo y dentro de todo este proceso está el tema del deporte, en el grupo de nosotros tenemos un poquito de dificultad en la parte deportiva porque de todas maneras somos sector salud y no es frecuente que tengamos disponibles cancha, sin embargo, hacemos adecuaciones para que los niños tengan posibilidad de participar de actividad deportiva como el futbol y el atletismo. También hay personas adultas del programa que juegan bolos, toda esa actividad deportiva que ellos puedan desarrollar con las adecuaciones que se necesitan hace que participemos en todos los deportes, de hecho, también existe en las justas deportivas nacionales e internacionales los juegos paralímpicos y esos juegos están abierta las puertas para las personas en situación de discapacidad.

Anexo B. Best-marking

<i>Balón</i>	<i>Cascabeles</i>	<i>Normal</i>	<i>Prototipo electrónico</i>
<i>Circunferencia</i>	58.5 cm	66.5 cm	66.5 cm
<i>Intensidad sonora</i>	62-70Db	No tiene	80-85Db
<i>Comodidad</i>	Rígida	Buena	Buena
<i>Precio</i>	100.000-150.000	30.000-70.000	110.000

Anexo C. Ponencia adaptación de un sistema electrónico sonoro a un balón para la innovación en la práctica de futsal para personas con discapacidad visual. “Física para un balón” primer seminario de ciencias básicas. Universidad autónoma del caribe 20-11-13