



UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICUAR TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO

No. DE RADICACIÓN _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1		
Nombre (s):	DAVID LEONARDO	
Apellido (s):	GAITÁN TABARES	
Código:	20132375040	
E-mail:	dlgaitant@correo.udistrital.edu.co	
Teléfono fijo:		
Ceular:	3003611896	
Ejecutor 2		
Nombre (s):	HÉCTOR FABIO	
Apellido (s):	MARTÍNEZ ARCILA	
Código:	20141375030	
E-mail:	hfmartineza@correo.udistrital.edu.co	
Teléfono fijo:	(571) 4631409	
Ceular:	3123520133	

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del proyecto:	SISTEMA AUTÓNOMO PARA RECOLECCIÓN DE BOLAS DE TENIS MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL	
Duración (Estimada):	5 MESES	
Tipo de proyecto (Marque con una "X")	Innovación y desarrollo tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y servicios tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otros	<input type="checkbox"/>
Modalidad de trabajo de grado:		
Línea de investigación de la facultad:	DESARROLLO TECNOLÓGICO, LOCAL E INSTITUCIONAL	
Línea de investigación del proyecto curricular:	DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN EN INGENIERÍA MECÁNICA	
Grupo de investigación:		
Proyecto de investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra	AUTOMATIZACIÓN, PROGRAMACIÓN Y DISEÑO	

INFORMACIÓN PASANTÍA

Nombre de la empresa:	
Dirección:	
Teléfono:	
Correo electrónico:	
Página web:	

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director (Vo. Bo.)	Ing. JOHN ALEJANDRO FORERO CASALLAS Ms.C.
Proyecto de pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación proyecto de grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	

**SISTEMA AUTÓNOMO PARA RECOLRECCIÓN DE BOLAS DE TENIS
MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL**

DAVID LEONARDO GAITÁN TABARES

20132375040

HÉCTOR FABIO MARTÍNEZ ARCILA

20141375030

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA

TECNOLOGÍA MECÁNICA

BOGOTÁ D.C.

2014

**SISTEMA AUTÓNOMO PARA RECOLLECCIÓN DE BOLAS DE TENIS
MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL**

DAVID LEONARDO GAITÁN TABARES

20132375040

HÉCTOR FABIO MARTÍNEZ ARCILA

20141375030

Proyecto para optar al grado de Ingeniero Mecánico

PRESENTADO A:

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA MECÁNICA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA

TECNOLOGÍA MECÁNICA

BOGOTÁ D.C.

2014

ÍNDICE

	Pág.
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
2. ESTADO DEL ARTE	2
3. JUSTIFICACIÓN	6
4. OBJETIVOS	7
4.1 OBJETIVO GENERAL	7
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
5. MARCO TEÓRICO	8
5.1 ROBOT RECOLECTOR	8
5.2 SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL	9
5.3 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN Y LabVIEW	10
6. METODOLOGÍA GENERAL	12
7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	14
7.1 ACTIVIDADES	14
7.2 DIAGRAMA DE GANTT	15
8. RECURSOS	16
8.1 RECURSOS MATERIALES	16
8.2 RECURSOS HUMANOS	16
8.3 RECURSOS ECONÓMICOS	16
9. COSTOS ESTIMADOS	17
BIBLIOGRAFÍA	18

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día los avances tecnológicos son uno de los fenómenos que mueven el mundo y motivan la creatividad y el talento de la humanidad. Estar a la vanguardia de la tecnología se ha convertido en una de las herramientas más importantes del ingeniero, ya que de esta forma se pueden desarrollar modelos tecnológicos con mejores prestaciones, características técnicas y mucho más versátiles y flexibles. Es por ello que nos hemos puesto en la tarea de desarrollar un proyecto que sea práctico, tecnológico, moderno y sobre todo que sea de gran ayuda a los jugadores de tenis.

El tenis es un deporte de gran acogida a nivel mundial, el cual llama la atención de muchas personas y las motiva a practicarlo, bien sea a nivel profesional o como hobby. En el campo de juego los tenistas a menudo interrumpen el juego para recoger las bolas de tenis o designan a una persona que esté realizando esta labor de recogerlas y llevarlas a la zona de servicio. En algunas ocasiones los deportistas aficionados que practican este deporte no consiguen un recogebolas bien sea por el horario de juego, el lugar donde se encuentra la cancha o simplemente por los elevados costos que implica la contratación de una persona que realice esta labor.

Por lo anterior hemos visto la necesidad de implementar un robot autónomo cuya función sea recoger las bolas de tenis que se encuentren fuera del campo de juego y llevarlas a una zona destinada para el saque de cada jugador. Esto se debe hacer de manera autónoma, eficiente y sin interrumpir el juego para darle continuidad a los partidos o los entrenamientos y evitar al máximo los tiempos muertos que causa la recolección de bolas de tenis.

2. ESTADO DEL ARTE

El tenis es un deporte en el que interactúan al menos dos jugadores y un máximo de cuatro, según la modalidad de juego, el objetivo del juego es golpear una pelota desde uno de los lados de la cancha hacia el otro y lanzarla dentro del campo de juego contrario tratando de evitar que el disparo sea contestado por el adversario, es un deporte de origen francés, en sus inicios se jugaba golpeando una pelota con las manos tiempo después se implementaron las raquetas. En la actualidad el tenis se ha universalizado y es jugado en todo el mundo.

Sin embargo este deporte no es solo practicado por jugadores profesionales, y como todos los demás deportes tiene jugadores aficionados que lo practican. En los partidos de liga, como ya se había mencionado con anterioridad, se suele contratar personal para recoger las pelotas de tenis que se esparcen en la pista de juego durante un partido y llevarlas a la zona de saque con el fin de lograr un juego fluido.

En los entrenamientos se suele emplear una gran cantidad de pelotas, y también es muy común ver como se dispersan por todo el campo de juego, en estos casos también existe personal autorizado que recolecta las bolas.

Al inicio la tarea de recoger las pelotas se hacía de manera netamente manual, en esta forma la persona caminaba hasta donde se encontraba cada bola, se inclinaba y la recogida, con el paso del tiempo y con la finalidad de optimizar esta labor se han desarrollado dispositivos que asistan en esta tarea, es el caso de un dispositivo manual creado por Delbert Lee en 1982 que asiste al recogebolas en el desarrollo de su actividad, consiste en una canastilla con un conjunto de rodillos acoplados a un eje común, los rodillos enfrentados unos con otros crean varias concavidades que halan las pelotas hacia el interior de la canastilla por el efecto del giro, de esta manera al pasar el mecanismo sobre las bolas de tenis se recolectan de manera rápida.

Sin embargo ese sistema, aunque optimiza el procedimiento, aun depende de un operador humano que lo desplace sobre las pelotas en el campo de juego dado que éste no es del todo autónomo.

Se pueden encontrar otro tipo de innovaciones tecnológicas como la propuesta por Edward B. Frankel en su patente titulada *Device for retrieving and securely storing ball*. Cumple con el mismo objetivo del dispositivo anterior pero la manera de recolectar las pelotas es diferente en este dispositivo no se cuenta con un rodillo que hale las pelotas, la canasta de recolección permanece aunque en una disposición diferente y en lugar del eje con rodillos se tienen dos palas laterales que recogen las bobas por arrastre hacia la canasta que las almacena.

Sin embargo así como el anterior el dispositivo, éste necesita ser empujado por una persona para realizar el arrastre de las pelotas ya que no lo hace por sí solo, únicamente asiste en la tarea de recolección.

Existen dispositivos para aplicaciones similares como el recolector de pelotas de ping pong, presentado por Kuan-Teng Tsai en 2008 con número de patente US7674196 B2, este es un mecanismo robótico autónomo programado para recolectar las bolas de tenis de mesa sin la ayuda de un ser humano, luego de la programación es totalmente autónomo pero recoge las pelotas de manera aleatoria o en una ruta previamente programada, cuenta con un sistema de paletas giratorias ancladas a un eje en la parte delantera, una rampa fija y una canastilla de almacenamiento, el robot está montado sobre un carro móvil de cuatro ruedas que impulsan el dispositivo.

La compañía LEGO en su línea mindstorms ofrece a sus compradores robots programables para distintos tipos de uso práctico o académico, muchos usuarios libres y aficionados a la robótica los utilizan para crear dispositivos diferentes a los robots bases para los que viene diseñado el paquete de piezas, en uno de los foros de la página de lego se puede encontrar un robot que permite recolectar las pelotas de tenis, éste cuenta con una cavidad de almacenamiento de 3 a 5 pelotas y una brazo giratorio en la punta que empuja las bolas al interior, el robot realiza el proceso en línea recta sin seguir una ruta programada.

En el departamento de ingeniería mecánica y de materiales de la Universidad Internacional de Florida en Miami (Estados Unidos), por parte de los estudiantes: Neha Chawla, Wuqayan Alwuqayan, Ahmed Faizan, Sabri Tosunoglu, se llevó a cabo el desarrollo del proyecto titulado *Robotic Tennis Ball Collector*, en este trabajo se plantea la propuesta para construir un dispositivo que reemplace las tareas humanas de recoger las pelotas en un campo de tenis, el dispositivo planteado por los estudiantes emplea un mecanismo de reconocimiento de objetos cercanos y está programado para evitarlos e identificar las pelotas de tenis y recoger solo éstas.

Los sistemas de reconocimiento visual o de visión artificial son elementos usados hoy en día de manera común, se utilizan desde los celulares para escanear y editar textos, hasta sistemas globales satelitales que son capaces de identificar objetivos puntuales, los fines de su uso pueden ser ilimitados, estos sistemas básicamente están compuestos de un sensor que recibe las señales visuales del medio en el que se va a utilizar, una cámara fotográfica es la primera opción para emplear como sensor, esta señal se envía a una unidad de procesamiento como una computadora donde según el fin para el que se vaya a utilizar la imagen, se genera un código de programación específico, finalmente la unidad de procesamiento envía una señal codificada al actuador que en este caso es el dispositivo de recolección de pelotas de tenis.

Christophe Rosenberg en conjunto con Bruno Emile y Helene Laurent, estudiantes de la Universidad de Orleans en Francia, realizaron un proyecto que consiste en el filtrado de imágenes, se describe un sistema de visión artificial para el control de calidad de las cerezas mediante un software de procesamiento de imágenes que determina tres tipos de información describiendo la calidad de la fruta: el color como un indicador de la madurez, la presencia de defectos tales como grietas, y el tamaño.

La clasificación de cerezas condicionadas por todos estos criterios se lleva a cabo a una alta velocidad (unas 20 cerezas / s). Se requiere por tanto de un procesamiento de imágenes en tiempo real.

Un simple sensor se utiliza para sincronizar el procesamiento y la clasificación de cerezas. Actuadores de aire se utilizan para expulsar las cerezas defectuosas después de efectuar el control de calidad por visión.

En la escuela superior de ingenieros de Sevilla el estudiante de pregrado Francisco Javier Romero Galey en su proyecto titulado *Integración de Sistema de Visión Artificial y Robot en la Aplicación Tipo Pick & Place*. Plantea un robot selector utilizado en el sector de alimentos que mediante un mecanismo de reconocimiento visual identifica y compara los objetos que pasan sobre una banda transportadora y los selecciona rechazando los que se encuentren defectuosos, con esto se consigue que el producto final sea de calidad evitando que se pasen por alto alimentos alterados.

En la actualidad en los campos de tenis se utiliza una tecnología que permite a los jueces tomar decisiones en jugadas dudosas y aprobar o no un punto a favor de alguno de los deportistas, esta tecnología se conoce como *Hawk Eye* o en español Ojo de Halcón, se usa cuando algunas pelotas rápidas golpean a gran velocidad el suelo muy cerca de las líneas que delimitan el campo y no se percibe con claridad si es anotación o no. El sistema se compone de una red periférica de cámaras de alta resolución y velocidad dispuestas alrededor del campo de juego que captan la posición y movimiento de la bola y con la ayuda de un algoritmo se calcula la trayectoria que ésta seguirá lo cual permite con mucha precisión determinar si la pelota golpea sobre, dentro o fuera de la línea.

3. JUSTIFICACIÓN

En las canchas de tenis a menudo se observa que los jugadores deben parar el juego para recoger las pelotas que han quedado fuera del campo, en otras ocasiones contratan a un caddy para realizar esta labor. Algunas veces los jugadores prefieren horarios nocturnos o lugares de juego que se encuentran en zonas campestres y alejadas de la zona urbana, es por ello que resulta difícil conseguir un caddy o los costos para su contratación son muy elevados. Es por ello que proponemos diseñar un dispositivo autónomo para recoger bolas de tenis que se encuentren fuera de la cancha, sin interrumpir las actividades deportivas al interior de ésta, para llevarlas a una zona especificada y de esta forma evitar pérdidas de tiempo de los jugadores y sobrecostos en sus horas de juego.

Este proyecto logrará que los partidos o entrenamientos no se vean interrumpidos y que los jugadores puedan ubicar fácilmente las pelotas que se encuentran en la zona dispuesta para tal fin. Además se logrará un desarrollo tecnológico autónomo que funcionará con la ayuda de un sistema de visión artificial bajo condiciones de iluminación controlada. El prototipo se construirá para operar en canchas de concreto y se desplazará a una velocidad promedio ideal para realizar su labor. Éste ubicará los objetivos y tendrá la posibilidad de desplazarse por la ruta más óptima; esto logrará que el dispositivo sea ideal para la recolección de bolas de tenis de forma automática.

Uno de los beneficios que ofrecerá el proyecto está relacionado con el aspecto económico, debido a que no se tendrá que incurrir en gastos adicionales para la contratación de un caddie, el cual cobra en promedio \$ 15.000/hora, además, si la cancha está ubicada en las afueras de la ciudad o los horarios son nocturnos se generarán más gastos por parte de los jugadores.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema autónomo para recolección de bolas de tenis mediante visión artificial.

4.2 Objetivos específicos

- Diseñar un robot para recolección de pelotas de tenis.
- Construir un prototipo autónomo a partir de la plataforma LEGO® para recolectar pelotas de tenis.
- Seleccionar el sistema de visión artificial para el prototipo.
- Programar los algoritmos del robot, sistema de visión artificial y el control general.
- Implementar el prototipo.
- Desarrollar un análisis financiero de los costos del proyecto.

5. MARCO TEORICO

A lo largo de la historia, el hombre ha desarrollado cada día más tecnología siempre con la intención de mejorar lo ya realizado, desde la revolución industrial en el siglo XVIII el ser humano dejó de hacer los procedimientos de fabricación manuales y comenzó a emplear mecanismos que le resultaban más eficientes sin esforzarse tanto, al comienzo la máquina de vapor hizo la diferencia y era utilizada por una gran parte de las fábricas de la época, optimizando los medios de transporte y modelos de producción industrial.

Hoy en día la automatización es la base de las industrias, esto debido al descubrimiento y dominio de la electricidad que ha complementado a los dispositivos netamente mecánicos desarrollados en la antigüedad, la sistematización y desarrollo de lenguajes de programación ha contribuido enormemente para facilitar mediante el uso de algoritmos la designación de tareas específicas a dispositivos robóticos, esto permite el acceso a un mundo ilimitado de aplicaciones que van desde un simple sensor de control de luces hasta robots recolectores de objetos o más complejos aun como los robots médicos asistentes en cirugías de alto nivel.

5.1 Robot Recolector

Los sistemas autónomos de recolección, son dispositivos diseñados con la finalidad de recoger algún tipo de objeto, por lo general son utilizados en la industria para seleccionar piezas, tomarlas y llevarlas de un lugar a otro u organizar objetos. Los robots están dispersos por todas las ciencias y todas las aplicaciones posibles, los más empleados actualmente son usados en el sector industrial en plantas automatizadas, pero también se pueden encontrar, aunque en menor cantidad, en el área de la medicina, la biología, los hogares con aplicaciones domésticas y el sector deportivo no es una excepción, de hecho en los mundiales de fútbol más recientes y en partidos de alta relevancia se ha

empleado un dispositivo controlado a distancia que sobrevuela el estadio, éste dispone de cuatro hélices y una cámara de alta definición para la transmisión de los juegos.

En el tenis existen robots recolectores de bolas que realizan la labor de alzar las pelotas que se encuentran en el campo, aun estos dispositivos son algo rústicos y se pueden mejorar. La recolección de objetos se utiliza ampliamente en el sector industrial para realizar tareas comparativas en las que un brazo o manipulador selecciona una pieza, un sistema adicional la compara con una base de datos y con base en los resultados el robot decide si la rechaza o no.

5.2 Sistema De Visión Artificial

La visión artificial es un mecanismo automatizado que se desarrolla con el fin de procesar imágenes y dar alguna orden a un dispositivo con base en las fotografías o videos procesados.

El sistema consta básicamente de un sensor una unidad de procesamiento CPU y dependiendo de lo que se desee hacer, un actuador particular, el sensor encargado de percibir la señal visual es una cámara, que obedeciendo a la exactitud y precisión de lo que se requiera puede variar, se pueden utilizar cámaras de baja resolución (2 a 5 megapíxeles a 30 cuadros por segundo) hasta cámaras de alta velocidad y resolución (15 a 30 megapíxeles de hasta 20000 cuadros por segundo) siendo estas últimas las más adecuadas a la hora de procesar imágenes en movimiento.

Adicionalmente cuando las tareas a desempeñar no son muy complejas y el procesamiento de datos es mínimo se pueden utilizar microcontroladores de bajo costo y programarlos para tal fin, mientras que si la labor a realizar es más robusta y requiere de mayor precisión y exactitud se suelen utilizar computadoras con software especializado.

En varios dispositivos el procedimiento de análisis se da de la siguiente manera: en primer lugar se captura la imagen mediante la cámara dispuesta para ello,

luego es enviada a una computadora donde un software determinado la analiza, para ello se puede filtrar según los requerimientos, en algunos casos la imagen se filtra en escala de grises o blanco y negro lo que reduce el nivel de información a procesar, también se ejecutan filtros por tamaños o por figuras geométricas determinadas así se simplifica la tarea al momento de encontrar o analizar el objeto deseado, se emplean diferentes tipos de algoritmos para realizar el trabajo deseado y finalmente el procedimiento concluye con la ejecución de la orden mediante el actuador.

5.3 Lenguajes De Programación Y LabVIEW

Los lenguajes de programación son diseñados para llevar procesos en máquinas o computadoras. Actualmente la electrónica digital tiene usos en todos los campos desde los elementos de uso cotidiano hasta los sistemas industriales más complejos, los lenguajes de programación permiten de manera intuitiva dar y almacenar las órdenes a los dispositivos para que realicen una tarea específica, además muchos de los lenguajes están diseñados con estructuras semánticas y condicionales que permiten una fácil interacción hombre-máquina, dado que estas plataformas se ejecutan de manera muy similar al comportamiento humano.

National Instruments es una compañía Estadounidense con sede en Austin, Texas es una empresa dedicada a la producción de software para la instrumentación y automatización industrial, se fundó en 1970 por parte de James Truchard, Jeff Kodosky y Bill Nowlin, y su principal producto es LabVIEW, este último es su producto principal y es una plataforma de desarrollo basada en un tipo de programación visual, el lenguaje gráfico se llama G

El lenguaje de programación utilizado en LabVIEW, también conocido como G, es un flujo de datos de programación del lenguaje. La ejecución está determinada por la estructura de un diagrama de bloques (gráfica) en el que el programador conecta diferentes de nodos dibujando cables. Estos alambres propagan las variables y cualquier nodo puede ser ejecutado tan pronto como se disponga de

todos los datos de entrada. Dado que este podría darse el caso de varios que varios nodos se activen simultáneamente, G es intrínsecamente capaz de ejecutarse en paralelo.

6. METODOLOGÍA GENERAL

El objetivo principal del proyecto en descripción es desarrollar un robot autónomo para recolectar bolas de tenis con la ayuda de un sistema de visión artificial. El desarrollo de este proyecto se logrará mediante la integración de varios pasos que serán fundamentales para la construcción de un prototipo que sea capaz de recoger pelotas de tenis ubicadas fuera del campo de juego y llevarlas a una zona especificada para dejarlas allí y que los jugadores puedan hacer uso de ellas. El diseño de debe ser un sistema autónomo cuya programación permita la ubicación de las bolas fuera del campo de juego y posteriormente se realice el recorrido más óptimo para su recolección. Esto se logrará con la ayuda de un sistema de visión artificial que estará enviando información actualizada al dispositivo de control del robot para asignar una rutina, de tal forma que ésta se haga de la forma más eficiente posible.

En primer lugar se hará un estudio de campo donde se reconocerá el área de operación del equipo y se tomarán una serie de fotografías para elaborar un banco de imágenes para la programación del sistema de visión artificial; se recurrirá a la ayuda de varios tipos de cámara para analizar cuál es la que ofrece la mejor calidad de imagen, éstas se pondrán en varios puntos de la cancha a un ángulo y una altura controladas para la toma de las fotografías, también se buscará que el campo esté bajo condiciones de iluminación controlada. El desarrollo del prototipo se hará en plataforma LEGO[®], donde realizaremos una configuración física de nuestro diseño de tal forma que sea apto para funcionar en terreno de cemento y pueda recolectar las pelotas en una forma adecuada. Para el funcionamiento del robot será necesario seleccionar e implementar un sistema de visión artificial que se ajuste a las condiciones de iluminación controlada del entorno, mediante el cual se puedan ubicar las bolas de tenis que se encuentran fuera del campo de juego y se haga un reconocimiento del área de trabajo para el desplazamiento del dispositivo. Después procederemos a programar los algoritmos del robot, el sistema de visión artificial y el algoritmo de control general, mediante los cuales el

prototipo cumplirá el objetivo general. Esta programación se hará en plataforma LabVIEW o en la plataforma predeterminada por LEGO® para la programación de los dispositivos desarrollados por dicha firma.

Finalmente se realizarán las pruebas del prototipo en campo para corregir las posibles fallas que éste pueda tener y se hará una puesta a punto.

Adicionalmente al proceso de diseño, construcción y programación del robot se hará un análisis de costos del proyecto, ya que es necesario a la hora de estudiar la viabilidad comercial del dispositivo, para establecer una relación costo/beneficio que determine si el proyecto es viable o no.

7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

7.1 Actividades

1. Obtención de la información
2. Análisis de la información
3. Redacción del anteproyecto
4. Entrega del anteproyecto
5. Documentación y obtención de información para inicio del proyecto
6. Trabajo de campo
7. Selección del sistema de visión artificial
8. Configuración del sistema físico del prototipo con plataforma LEGO®
9. Programación de los algoritmos del sistema de visión artificial, del robot y del control general.
10. Puesta a punto e implementación del prototipo
11. Análisis de costos del proyecto
12. Redacción del artículo del proyecto
13. Entrega final
14. Sustentación

*El cronograma de actividades puede verse modificado a causa de imprevistos durante el desarrollo del proyecto.

7.2 Diagrama de Gantt

ETAPA	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN	■	■																				
ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN		■	■																			
REDACCIÓN DEL ANTEPROYECTO			■	■																		
ENTREGA DEL ANTEPROYECTO				■																		
DOCUMENTACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN PARA EL INICIO DEL PROYECTO					■	■	■															
TRABAJO DE CAMPO						■	■															
SELECCIÓN DEL SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL							■	■														
CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA FÍSICO DEL ROBOT									■	■												
PROGRAMACIÓN DE LOS ALGORITMOS DEL SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL, ROBOT Y CONTROL GENERAL											■	■	■	■								
PUESTA A PUNTO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO													■	■								
ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO																■						
REDACCIÓN DEL ARTÍCULO DEL PROYECTO																	■	■				
ENTREGA FINAL																			■			
SUSTENTACIÓN																				■		

8. RECURSOS

8.1 Recursos Materiales

La universidad Distrital cuenta con un laboratorio de automatización en el que se encuentran a disposición de los estudiantes softwares de programación y diseño asistido por computadora, como LabVIEW. Además de sistema completo de biblioteca para revisar diferentes bibliografías referentes al tema.

8.2 Recursos Humanos

La finalidad de realizar un trabajo de grado, además de presentar algo útil y funcional a la sociedad, es también permitir aplicar los conocimientos adquiridos durante el tiempo transcurrido en la carrera, por lo anterior gran parte del material humano corresponderá a nosotros como investigadores, igualmente, se tendrá el apoyo y asesoría de personal calificado como los docentes e ingenieros del área de Automatización de la Universidad Distrital.

8.3 Recursos Económicos

La mayor parte de los gastos que se llevarán a cabo serán cubiertos por nosotros como desarrolladores del proyecto. Dado que la finalidad del mismo es el diseño y la construcción, los costos estimados se relacionan en el siguiente apartado.

9. COSTOS ESTIMADOS

CONCEPTO	VALOR (COP)
LEGO MINDSTORMS EV3	1.000.000
FOTOCOPIAS	50.000
TRANSPORTE	100.000
ALQUILER DE LA CANCHA	100.000
IMPRESIONES	20.000
OTROS	100.000
ACCESORIOS MINDTORMS	200.000
TOTAL	1'570.000

* Los Valores especificados son aproximados y pueden variar.

BIBLIOGRAFÍA

ROMERO, Francisco, VARGAS, Manuel, CASTAÑO, Luis. Integración De Sistemas De Visión Artificial, Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla. España.

CHAWLA, Neha, ALWUQAYAN, Wuqayan, FAIZAN, Ahmed, TOSUNOGLU, Sabri, Robotic Tennis Ball Collector, Florida International University. Miami. 2012

LEE, Delbert, Tennis Ball Retrieving Device, United States Patent, California (USA). 1982.

FRANKEL, Edward, Device for retrieving and securely storing balls. United States Patent. California (USA). 1991

TSAI, Kuan-Teng, Robot for collecting table tennis balls, United States Patent. Taipei (TW). 2010

ROSENBERGER Christophe, EMILE, Bruno, LAURENT Helene, Calibration and quality control of cherries by artificial visión,
<http://electronicimaging.spiedigitallibrary.org/article.aspx?articleid=1098283#1%e2%80%83Introduction> Consultado, 23 de Noviembre de 2014.

LEGO, MINDSTORMS, Tennis ball picker uppe, <http://www.us.lego.com/en-us/mindstorms/community/robot?projectid=7bdb7066-986d-4467-ad64-342f029e3840>, Consultado 23 de Noviembre de 2014.