

# Diseño e implementación de dos plataformas móviles bioinspiradas para la simulación del comportamiento de caza

*Designs implementation of two bioinspired mobile platforms for the simulation of the behavior of hunting*

**KRISTEL SOLANGE NOVOA ROLDÁN**

Ingeniera en Control Electrónico e Instrumentación. Docente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.

Contacto: [ksnooar@udistrital.edu.co](mailto:ksnooar@udistrital.edu.co)

**HÉCTOR IVÁN TANGARIFE ESCOBAR**

Tecnólogo en Electrónica, estudiante de Ingeniería en Control de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.

Contacto: [hitangarife@correo.udistrital.edu.co](mailto:hitangarife@correo.udistrital.edu.co)

**RHONIER ERNESTO MACHADO MOSQUERA**

Tecnólogo en Electrónica, estudiante de Ingeniería en Control de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.

Contacto: [remachadom@correo.udistrital.edu.co](mailto:remachadom@correo.udistrital.edu.co)

Fecha de recepción: 15 agosto de 2013

Clasificación del artículo: investigación

Fecha de aceptación: 1 de noviembre de 2013

Financiamiento: Universidad Distrital Francisco José de Caldas

**Palabras clave:** depredador, Lego MINDSTORMS®, presa, robótica bioinspirada.

**Key words:** Depredator, Lego MINDSTORMS®, prey, bio-inspired robotics.

## RESUMEN

El proyecto parte de un escenario en el cual interactúan un cazador y su presa en un entorno natural de pradera; de él se extrae el comportamiento de los individuos y se implementa sobre plataformas móviles tipo LEGO®. Igualmente, algunas características del ambiente natural son fuente de inspi-

ración para el entorno artificial. En el artículo se presenta el proceso de diseño e implementación de un sistema que simula el comportamiento de caza de un depredador, representado por un felino (jaguar), cuyo objetivo es buscar su presa, que deambula por un entorno controlado y es representada por un ciervo. El objetivo del proyecto es simular el comportamiento básico de caza de dos anima-

les en su entorno, con plataformas robóticas tipo LEGO® NXT 2.0. Se desarrolla un *software* para el control de las mismas, el cual se implementa con LabView de National Instrument. Por otro lado, se pretende fortalecer las líneas de investigación en robótica bioinspirada del grupo de investigación “Robótica móvil autónoma” (Roma).

## ABSTRACT

The project begins with a scenario in which interact a hunter and his prey in a natural prairie, it takes the behavior of individuals and is implemented on LEGO type mobile platforms, also

\* \* \*

## INTRODUCCIÓN

El proyecto se fundamenta en la construcción de dos plataformas móviles que simulan el comportamiento de supervivencia de un jaguar que representa un cazador y un ciervo que representa la presa, específicamente en los procesos de caza y huida, teniendo en cuenta las diferentes posibilidades que se pueden presentar. El cazador ve a la presa y esta no ve al felino, los dos se divisan, o la presa ve al cazador y este no ve a la presa. Cada una de estas situaciones representa un comportamiento que se simula en un entorno artificial controlado que posee obstáculos que se deben evadir. Se ejecutan decisiones que se basan en la información adquirida mediante sensores de color, luz, ultrasonido, entre otros, haciendo uso de dos plataformas robóticas tipo LEGO®, que son programadas en LabView *software* de entorno gráfico, como aporte en la investigación y desarrollo de plataformas bioins-

some features of the natural environment are source of inspiration for artificial environment, the paper show the design and implementation process of a system that simulates the behavior of a predator, represented by a feline(jaguar), its aims is to find the prey, which roams a controlled environment and is represented by a deer. The project objective is to simulate the basic behavior of two animals in their hunting behavior with LEGO type robotic platforms and develop NXT 2.0 software to control them this is implemented with LabView from National Instrument. On the other hand aims to strengthen the research in bio-inspired robotics research group ROMA Autonomous Mobile Robotics.

piradas para aplicaciones posteriores en comportamientos colectivos de cazadores o presas. Esto último es la etapa preliminar para realizar aplicaciones dirigidas a la sociedad con fines cooperativos, entre plataformas móviles para búsqueda y rescate de víctimas en catástrofes o evasión de peligros después de haber sido hallados.

## METODOLOGÍA

En las figuras 1 y 2 se muestra el comportamiento de las plataformas cazador y presa, respectivamente, mediante diagramas de flujo. Las dos plataformas evaden los obstáculos; para la presa, el agua y la vegetación representan el alimento. La plataforma del cazador está en permanente búsqueda de la presa y cuando la encuentra aumenta su velocidad para alcanzarla. Cuando la presa percibe la presencia del cazador emprende la huida aumentado de igual forma su velocidad.

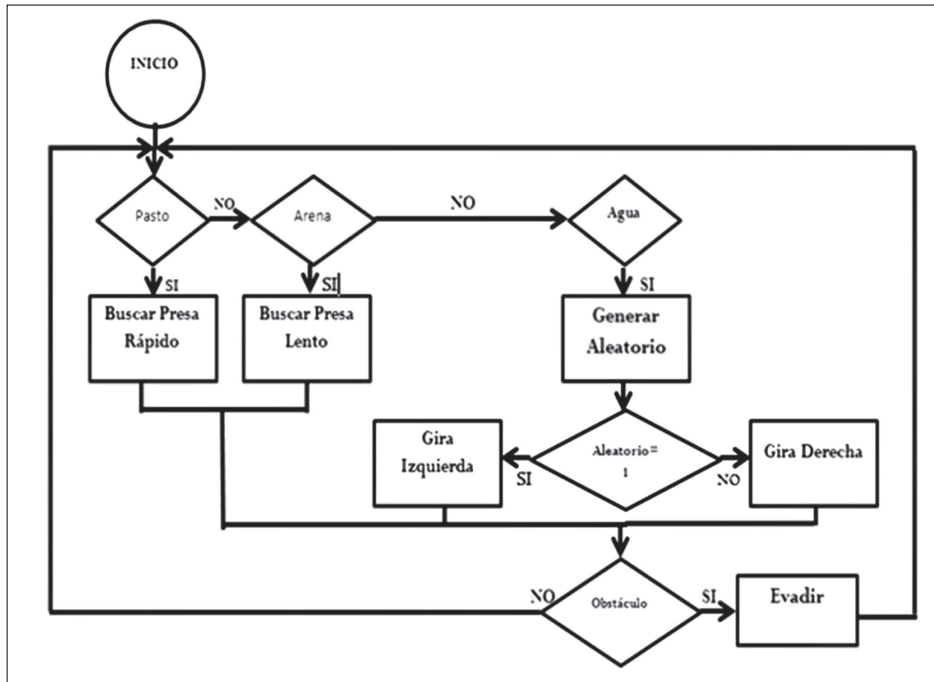


Figura 1. Diagrama de flujo plataforma del cazador

Fuente: elaboración propia.

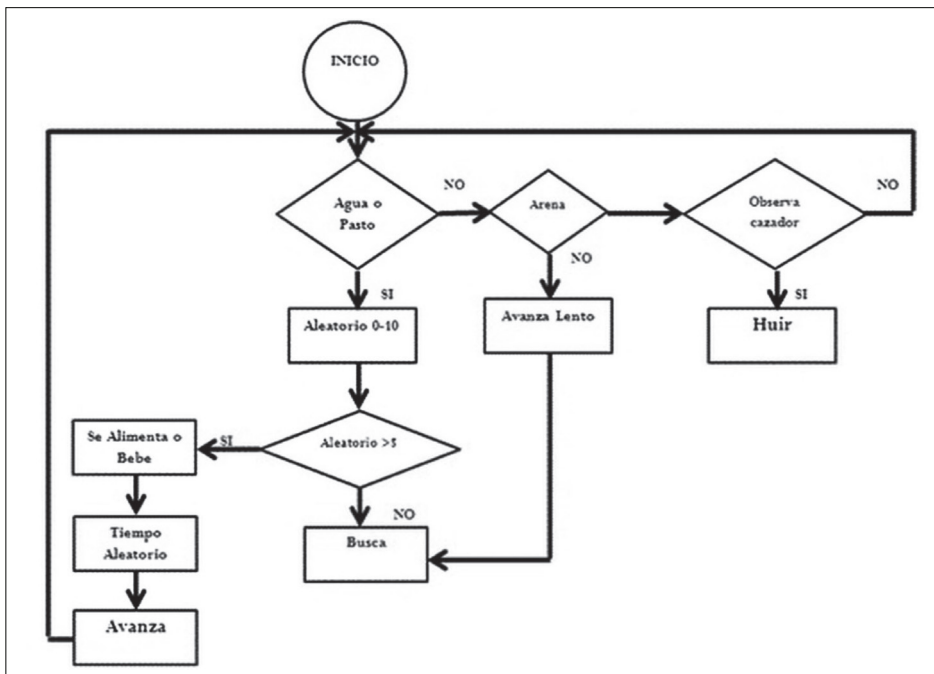


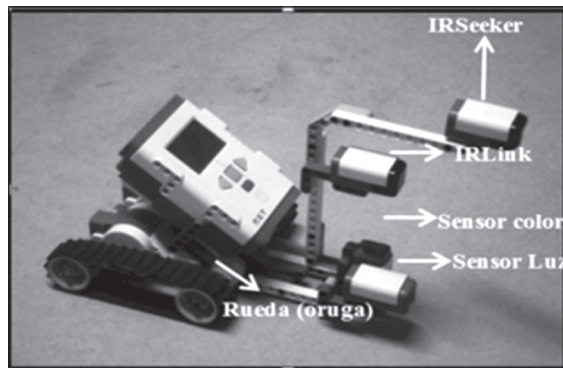
Figura 2. Diagrama de flujo plataforma de la presa

Fuente: elaboración propia.

## Construcción de plataformas cazador, presa, entorno y obstáculos

Se construyó la estructura de la plataforma del cazador (figura 3) dentro del entorno controlado así:

- Dimensiones: 14,0 cm de ancho, 19,2 cm de alto y 30,0 cm de largo
- Motores: se ubicaron dos motores en el prototipo, con un sistema de rodamiento tipo oruga que controla los movimientos de giro y avance de la plataforma.
- Sensor de color: detecta la superficie del entorno; en el color verde avanza en la búsqueda de la presa, en la amarilla avanza más lento debido a la dificultad para moverse en estos terrenos, en los límites (superficie negra) se realiza un giro, igualmente en la superficie azul (agua).
- Sensor de luz: este sensor permite al cazador evadir obstáculos voluminosos que emiten una cantidad de luz mayor a la del ambiente.
- Sensor IRSeeker: es un sensor de infrarrojo (HiTechnic, 2013) que recibe la señal ubicada en la presa y le permite al cazador determinar si su alimento está a la derecha, al frente o a la izquierda para iniciar la persecución.



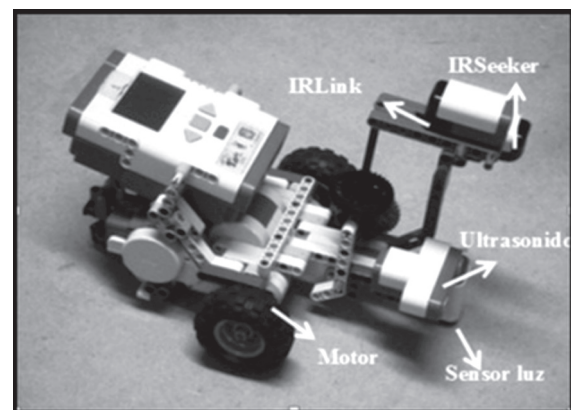
**Figura 3.** Plataforma del cazador (jaguar)

Fuente: elaboración propia.

Se construyó la estructura de la plataforma de la presa (figura 4) dentro del entorno controlado así:

- Dimensiones: 16,4 cm de ancho, 18,8 cm de alto y 25,0 cm de largo.

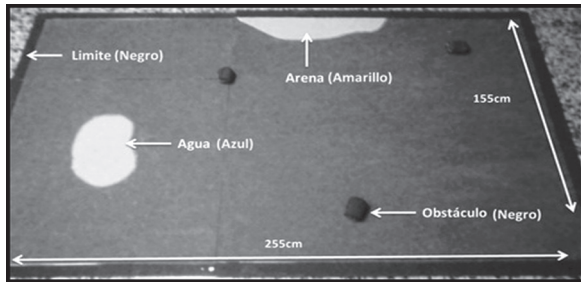
- Motores: el prototipo usa dos motores que controlan el desplazamiento, contiene dos llantas laterales y una rueda que sirve de pivote en la parte trasera, lo que le da mayor flexibilidad a los giros.
- Sensor de color: el sensor de color detecta la superficie del entorno; en el color verde avanza en la búsqueda de alimento (pasto), en el color azul se detiene para beber agua, en el amarillo avanza más lento debido a la dificultad para moverse en este terreno, en los límites (superficie negra) se realiza un giro.
- Sensor de ultrasonido: este sensor determina la distancia a la cual están los obstáculos (Silva, 2011); en este caso permite localizar al cazador para evitarlo.
- Sensor IR Seeker: recibe la señal de infrarrojo ubicada en el cazador y le permite a la presa determinar si el felino está a la derecha, al frente o a la izquierda para iniciar la huida.



**Figura 4.** Plataforma de la presa (ciervo)

Fuente: elaboración propia.

El espacio en el que se mueven las plataformas (figura 5) está hecho en una superficie de madera pintada con vinilo, la cual está dividida en una superficie que representa la vegetación (verde), amarillo que representa arena o un terreno arcilloso, azul (agua) y negro (límite del entorno). Sus dimensiones son 2,55 m, de largo, 1,55 m de ancho.



**Figura 5.** Entorno controlado

Fuente: elaboración propia.

Los objetos voluminosos del entorno pueden representar pequeños arbustos o rocas que son evadidos por las plataformas y que están contruidos con espuma recortable con una cinta de *led* alrededor para ser detectados por el cazador. Sus dimensiones oscilan entre 6,4-7,0 cm de ancho, y 8,5-9,5 cm

de espesor y 4,5 de alto, lo que le permite ser detectado por el sensor de ultrasonido de la presa. En su interior poseen una batería para alimentación.

## RESULTADOS

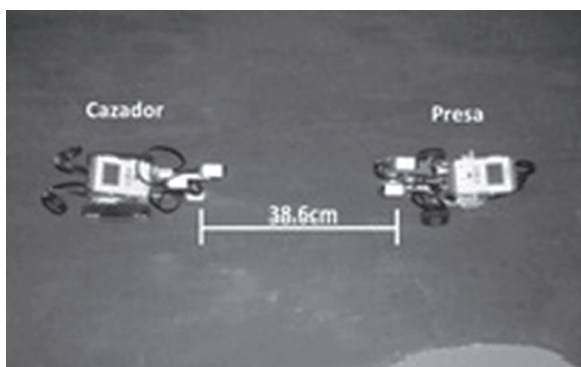
### El depredador y la presa se divisan

La tabla 1 contiene los resultados de siete pruebas que se realizaron cuando las plataformas se encuentran de frente. En cada prueba se muestran distancias, velocidades, tiempos y ángulos. Se presentó un error en las pruebas, el cual se indica en la tabla con el símbolo (X) y significa que no generó ningún dato. La última columna muestra el promedio de las pruebas realizadas; en la figura 6 y 7 se puede visualizar tanto las distancias de detección, como los ángulos de giro al detectar la presa al cazador.

**Tabla 1.** El depredador y la presa se divisan

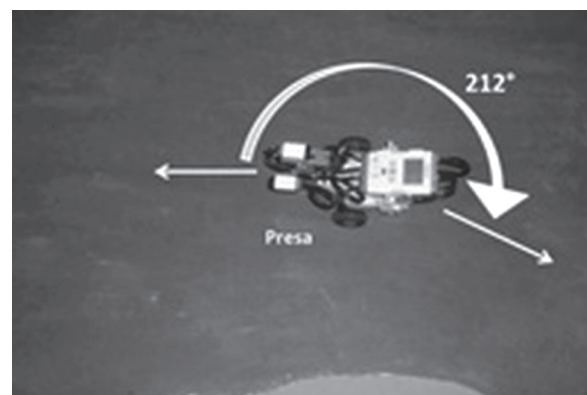
	Pruebas							Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	
Distancia de detección de la presa al cazador (cm)	44,0	47,0	45,0	39,0	20,0	X	37,0	38,6
Velocidad de reacción de la presa (cm/s)	19,2	15,0	42,7	19,1	18,5	X	23,1	23,0
Tiempo de reacción de la presa (s)	2,29	2,92	1,03	2,30	2,37	X	1,90	2,1
Ángulo de giro de la presa (°)	220	210	215	215	210	X	205	212,5

Fuente: elaboración propia.



**Figura 6.** Distancia de detección de la presa al cazador (cm)

Fuente: elaboración propia.



**Figura 7.** Ángulo de giro de la presa

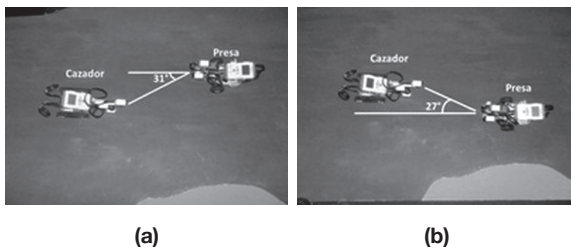
Fuente: elaboración propia.

En la tabla 2 se toman siete datos, los tres primeros corresponden al ángulo de detección de la presa al cazador por la izquierda, los siguientes cuatro se realizan por la derecha y uno de ellos no genera lectura porque la plataforma no identificó al cazador. De aquí se obtiene que el ángulo de detección total de la presa al cazador es de aproximadamente de  $58^\circ$  (figura 8). En un encuentro frontal, este es el campo de visión que tiene la presa para identificar al felino.

**Tabla 2.** Ángulo de detección de la presa al cazador

Izquierda	Derecha						
Ángulo de detección de la presa al cazador ( $^\circ$ )	35	30	28	X	26	33	24

Fuente: elaboración propia.



**Figura 8.** Ángulo de detección de la presa al cazador, (a) izquierda (b) derecha

Fuente: elaboración propia.

## El depredador detecta a la presa y esta no ve al cazador

Se realizan siete pruebas en las cuales se cuantifica el tiempo que tarda el depredador en cazar su presa tan pronto es encontrada. La tabla 3 muestra las magnitudes del tiempo en segundos; los tiempos cortos simulan captura inmediata y los tiempos prolongados, una persecución. De acuerdo con estos datos, siempre las plataformas se comportan de manera diferente debido a la interacción con el entorno y la interacción entre ellas; a esto se debe la variación en los tiempos de caza.

**Tabla 3.** Tiempo en ser cazada

Pruebas							
	1	2	3	4	5	6	7
Tiempo que tarda en ser cazada la presa (s)	1	4	X	1	2	4,7	8

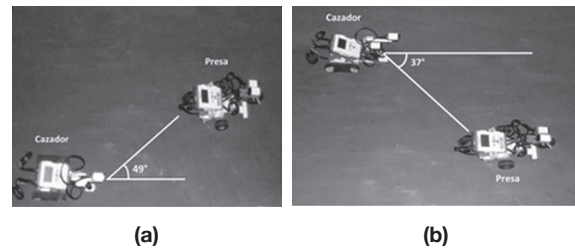
Fuente: elaboración propia.

En la tabla 4 se presentan los ángulos de detección por la izquierda y la derecha del cazador a la presa, sumando y promediando el cazador tiene un ángulo de visión frontal aproximadamente de  $86^\circ$ , como se puede apreciar en la figura 9.

**Tabla 4.** Ángulo de detección de la presa

Izquierda	Derecha						
Ángulo de detección del cazador a la presa ( $^\circ$ )	47	51	49	37	35	41	36

Fuente: elaboración propia.



**Figura 9.** Ángulo de detección del cazador a la presa, (a) izquierda (b) derecha

Fuente: elaboración propia.

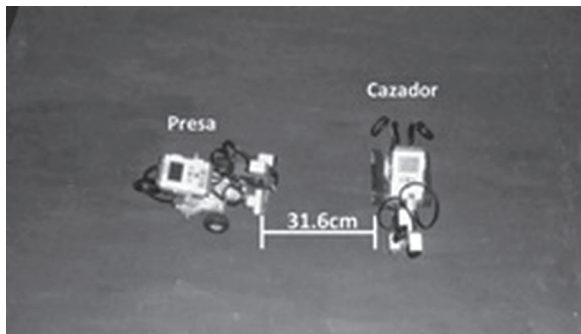
## La presa ve al depredador y este no detecta a la presa

La tabla 5 corresponde a la reacción de la presa al detectar al cazador, distancias, tiempos, velocidades y ángulos. En la figura 10 se observa que la distancia de detección es aproximadamente de 31 cm y en la figura 11 se puede ver que el ángulo de giro de la presa está alrededor de  $90^\circ$ ; magnitudes adecuadas para emprender la huida teniendo en cuenta que puede ser perseguida y la probabilidad de ser capturada debe ser baja.

**Tabla 5.** La presa ve al depredador y este no detecta a la presa

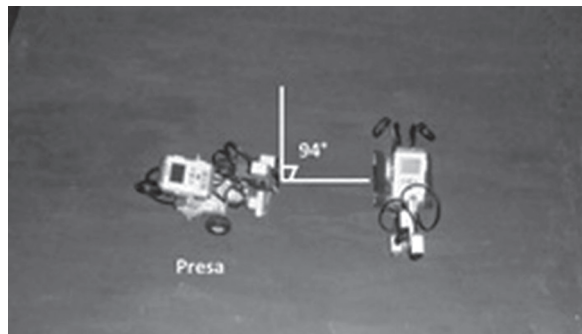
Pruebas								
	1	2	3	4	5	6	7	Promedio
Distancia de detección de la presa al cazador (cm)	30,0	27,0	32,0	X	32,0	29,0	30,0	31,6
Velocidad de reacción de la presa (cm/s)	39,6	40,3	41,8	X	43,5	65,6	39,9	38,6
Tiempo de reacción de la presa (s)	1,11	1,09	1,05	X	1,01	0,67	1,10	0,86
Ángulo de giro de la presa (°)	94	95	96	X	90	95	95	94

Fuente: elaboración propia.



**Figura 10.** Distancia de detección de la presa al cazador (cm)

Fuente: elaboración propia.



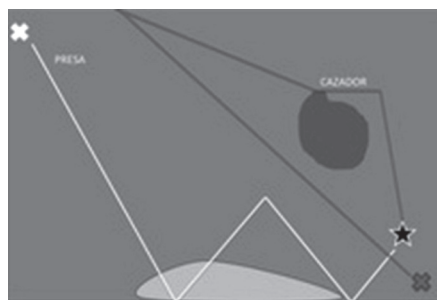
**Figura 11.** Ángulo de giro de la presa

Fuente: elaboración propia.

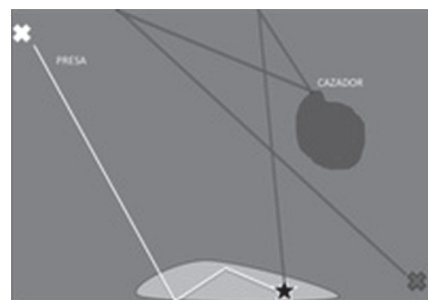
**Aleatoriedad**

En la figura 12 se denotan los recorridos de las plataformas y el tiempo que tarda el cazador en hallar y cazar a su presa, el símbolo (“X”) blanco es el punto de partida de la presa; el negro es el punto de partida del cazador; y la estrella de color

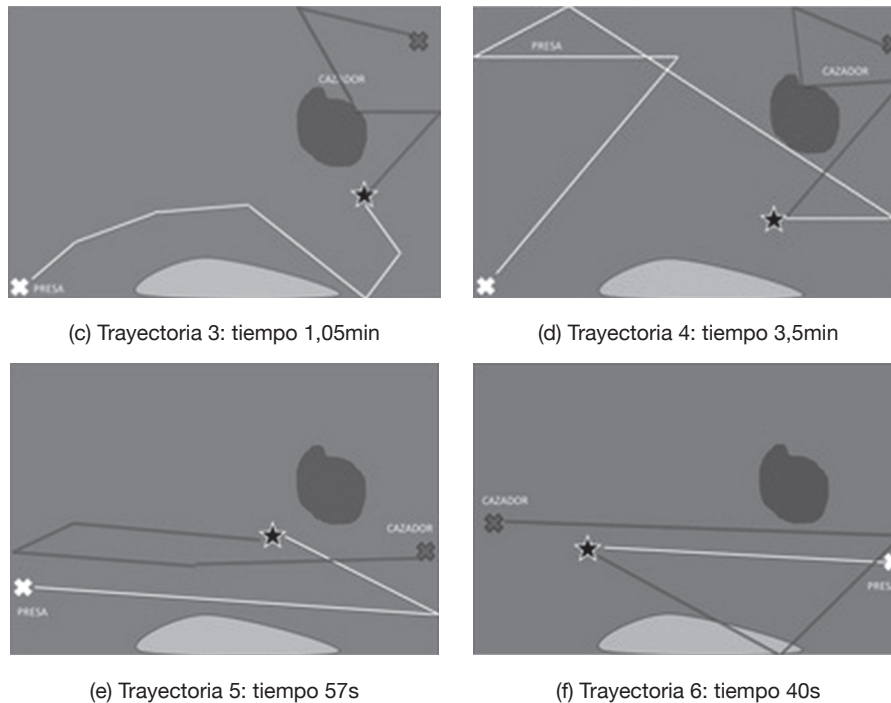
negro es el punto donde el proceso termina porque la presa fue capturada. En todos los casos se pueden apreciar comportamientos dirigidos por la interacción con el ambiente. En la trayectoria c y d se observan puntos de partida similares; sin embargo, las trayectorias y los tiempos son totalmente diferentes. Este comportamiento es propio de los animales en entornos naturales.



(a) Trayectoria 1: tiempo 1.01min



(b) Trayectoria 2: tiempo 45s

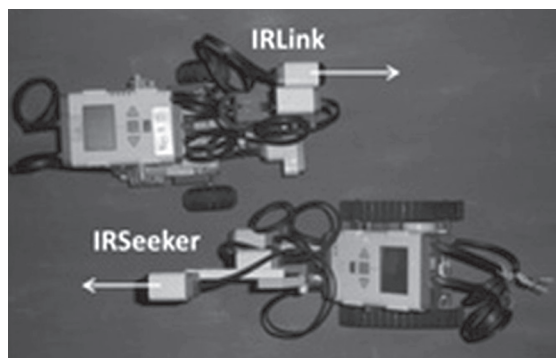


**Figura 12.** Trayectorias y tiempos

Fuente: elaboración propia.

### Puntos de no detección

Se presentan puntos en los cuales el cazador no detecta la presa. La figura 13 muestra una posición en la cual las plataformas no realizan ninguna acción porque los sensores no reciben señal, la flecha que tiene el IR *link* indica la dirección de la señal, la cual no llega al IR *Seeker*.



**Figura 13.** Cazador y presa no se detectan

Fuente: elaboración propia.

Como resultado se obtienen dos plataformas móviles que tienen movimientos aleatorios dentro del entorno. El objetivo de cada una es encontrar su alimento; la presa busca el pasto y el cazador busca la presa. Cuando surgen encuentros de frente, la presa puede identificar al cazador en un campo visual de  $68^\circ$  de apertura y emprender la huida, y si el felino llega por la parte lateral la presa tiene un campo visual de  $56^\circ$  a la derecha y a la izquierda, lo que le permite huir en dirección contraria a la que llega el felino. Treinta centímetros es la distancia máxima a la cual la presa evade al cazador si este no la ve. El felino puede identificar a la presa cuando está en un campo visual de  $86^\circ$ . Para probar la efectividad y darle un margen de supervivencia a la presa, el cazador tiene alrededor de un minuto para cazarla; si no sucede, el proceso termina y la presa sobrevive, lo que le da al cazador, de acuerdo con las pruebas, una efectividad de caza alrededor del 70%.



## CONCLUSIONES

Debido a que se trabaja con la luz ambiente, los datos que se toman como referencia cambian en función de la intensidad, y de acuerdo con el valor que se tenga la evasión de obstáculos por parte de las plataformas debe ser ajustada desde el *software*, cambiando la referencia a la que se hacen los giros. De igual forma, el sensor de color se afecta con la intensidad de la luz, por lo que es necesario mantenerlo a una distancia no mayor a un centímetro de la superficie.

La búsqueda, el acecho y la caza se pueden realizar con un sensor de ultrasonido, pero no se puede ubicar la presa si esta se mueve a la derecha o a la izquierda de su campo de visión frontal; por lo cual se utilizan sensores de infrarrojo para captar la intensidad de las señales, que pueden venir de distintas direcciones.

La efectividad del cazador depende del flanco por el cual este se acerca a la presa, como sucede en la realidad la mayoría de las veces cuando la presa es acechada y cazada por un punto ciego (Sanderson, 2001). Si el encuentro es de frente o si el cazador llega por el lado derecho o izquierdo, la plataforma que representa la presa está en capacidad de huir y la probabilidad de ser cazada disminuye.

En los ecosistemas naturales la supervivencia de los cérvidos está determinada por la visualización del felino que los acecha y por la distancia a la cual se encuentran del cazador para emprender la huida (Leith, 2012). En el entorno controlado se puede simular este comportamiento de una manera muy acertada: la distancia a la cual la plataforma que representa la presa, observa la plataforma que representa al cazador. Este es un factor que determina la efectividad de huida de esta última. Si se encuentra cerca es muy probable que sea cazada, y con distancias favorables a la presa esta puede iniciar la huida con antelación y alejarse o perderse de la vista del cazador aumentando la probabilidad de sobrevivir.

En la naturaleza se presentan varios tipos de interacción, uno de ellos es entre el cazador y su presa. Dichas interacciones están determinadas por la visión, el olfato y la capacidad auditiva, entre otros (Nowell y Jackson, 1996). De acuerdo con lo observado, mediante el sensor IR *Seeker* se puede simular de manera adecuada la capacidad visual entre plataformas con las posibilidades que se pueden presentar, que el cazador observe a su presa o que los dos se dividan.

Un segundo tipo de interacción se presenta entre los individuos y el medio que los rodea: la relación es determinada por sentidos como la vista (Baker y Rock, 2013). Para lograr esta relación los sensores color, ultrasonido y luz permiten la interacción presa-entorno y cazador-entorno. En un entorno silvestre puede que la presa no vea al cazador, porque está camuflado y hay obstáculos que impiden verlo o porque este es muy sigiloso al acercarse (Pisarowicz, 2007). De manera similar, los puntos alrededor del sensor IR *Seeker* que no generan ninguna lectura pueden simular este comportamiento en las plataformas; estas son posiciones en las cuales la presa no realiza ninguna acción aun estando cerca del predador porque no lo identifica.

Cuando el proceso de caza se realiza, las dos plataformas deben detenerse. Existe una distancia en la cual el cazador termina las rutinas porque la presa está muy cerca. Para lograr que esta última se detenga, la plataforma del cazador envía información que le permite a la presa tomar la decisión de detenerse. Así pues, la lectura de la información emitida por el cazador presenta un retardo por parte de la presa, que se manifiesta con un movimiento posterior al envío del dato, esto se debe a las rutinas que está realizando la presa y al tiempo que tarda el programa en repetir un ciclo.

## FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al grupo de investigación “Robótica móvil autónoma” (Roma) de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Fa-

cultad Tecnológica, por el préstamo del espacio de prueba y las plataformas para el desarrollo del proyecto “Diseño e implementación de dos plataformas móviles bioinspiradas para la simulación del comportamiento de caza” y a la ingeniera

Kristel Novoa Roldán, tutora del proyecto, y al semillero de investigación en robótica (SIRO), por su apoyo, asesoría y colaboración durante todo el desarrollo del proyecto.

---

## REFERENCIAS

---

- Baker, W. and Rock, L. (2013). *Jaguar species survival plan. Guidelines for captive management of jaguars, natural history & behavior*. Recuperado de <http://www.jaguarssp.com/Animal%20Mgmt/JAGUAR%20GUIDELINES.pdf>
- HiTechnic, H. T. (2013). NXTIRSeekerV2Sensor for LEGO Mind storms NXT. Recuperado de <http://www.hitechnic.com/cgi-bin/commerce.cgi?preadd=action&key=NSK1042>
- Leith, B. (2012). *La guía máxima: Grandes felinos*. David Hickman film LTD. Scorer associates.
- Nowell, K. y Jackson, P. (1996). *Wild Cats*. Recuperado de <http://carnivoractionplans1.free.fr/wildcats.pdf>
- Pisarowicz, J. (2007). *American Elk - Cervus elaphus, National Park Service*.
- Sanderson, E., Redford, K., Chekiewicz, C., Medellin, R., Rowinowitz, A., Robinson, J. and Taber, A. (2001). *Planning to save a species the jaguar as a model*. Recuperado de [http://www.jaguarresearchcenter.com/The\\_jaguar.pdf](http://www.jaguarresearchcenter.com/The_jaguar.pdf)
- Silva, M. (2011). *Construcción y Programación de un Grupo de Robots Móviles sobre la base del Producto Lego Mindstorms NXT*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.