

**UNIVERSIDAD DISTRITAL  
"Francisco José de Caldas"  
Facultad Tecnológica**



**Formato para Propuesta de Proyecto de Grado de  
Tecnología Electrónica**

**Modalidad**

PASANTÍA

MONOGRAFÍA

INVESTIGACIÓN

**TITULO PROPUESTA**

ROBÓTICA COOPERATIVA BASADA EN COLONIA DE HORMIGAS PARA LA OPTIMIZACIÓN  
EN LA BUSQUEDA DE RUTAS MAS CORTAS.

**PROPONENTES**

DIEGO JESUS ARCILA PEROZO COD:20181573035  
LEIDY YURANI LÓPEZ LÓPEZ COD:20181573070

**DIRECTOR**

ING. KRISTEL SOLANGE NOVOA ROLDÁN

**REFERENCIA AL CONSEJO**

Este documento presenta la implementación de la robótica cooperativa, combinada con los sistemas bio-inspirados al emular el comportamiento cooperativo de las hormigas para la búsqueda de rutas más cortas hacia una posición donde hay alimentos. Con lo anterior se busca que tomando comportamientos de la naturaleza se logre optimizar procesos de búsqueda en diferentes aplicaciones.

**DATOS DE ENLACE**

E-mail: djarcilap@correo.udistrital.edu.co

Teléfonos: 320-2625180

E-mail: lylopezl@correo.udistrital.edu.co

Teléfonos: 322-9004351

**Espacio Exclusivo Consejo Curricular**

APROBADO

MODIFICAR

RECHAZADO

## HOJA DE ACEPTACIÓN

### ROBÓTICA COOPERATIVA BASADA EN COLONIA DE HORMIGAS PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LA BUSQUEDA DE RUTAS MAS CORTAS.

Observaciones.

---

---

---

---

---

---

---

Original Firmado

KRISTEL SOLANGE NOVOA

Anteproyecto Diego Ardila - Leidy López

Febrero 04, 2021

Director del Proyecto

Ing. Kristel Solange Novoa

Evaluador del Proyecto

Ing. Frank Giraldo

Vo.Bo. Metodología

Nombre y apellidos

Fecha de presentación: Febrero del 2021

## INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

<b>Título:</b> ROBOTICA COOPERATIVA BASADA EN COLONIA DE HORMIGAS PARA LA OPTIMIZACIÓN EN LA BUSQUEDA DE RUTAS MAS CORTAS.		
<b>Estudiantes Proponentes: 2</b>		
Diego Jesus Arcila Perozo	COD: 20181573035	
Leidy Yurani López López	COD:20181573070	
<b>Línea de Investigación:</b>		
<b>Descriptor / Palabras claves:</b> Robótica cooperativa, Bioinspirado, Algoritmos, Comunicación, Hormigas.		
<b>Modalidad</b>		
Pasantía:	Monografía:	Investigación: <b>X</b>
<b>Lugar de Ejecución del Proyecto:</b>		
<b>Nombre de la Entidad:</b>		
Entidad Pública	Entidad Privada	
Empresa agrícola	Empresa Industrial	Empresa servicios
Grupo investigación	Otras (Indicar cuál)	
Ciudad: Bogotá	Departamento: Cundinamarca	
Dirección: Calle 75 Sur No 68 <sup>a</sup> - 51		
Teléfono: 7 31 15 40	Fax:	
Correo Electrónico: roma@udistrital.edu.co		
Sede de la Entidad: Facultad Tecnológica	Nit: 899.999.230.7	
Duración del Proyecto (meses): 4 meses		
Valor total del proyecto: \$ 8760		
<b>Modalidad – Investigación: Desarrollo Tecnológico o Experimental</b>		
Grupo de investigación: Semillero de Investigación en Robótica Móvil		
Director del Grupo: Giovanni Bermúdez Bohórquez.		
Proyecto de investigación adscrito:		
Observaciones:		

## **RESUMEN EJECUTIVO**

En las últimas décadas, los sistemas bio-inspirados o sistemas biológicos se han convertido en elementos imprescindibles para la comprensión y la explicación de la lógica y la complejidad de la vida.[1]

Dado un problema o tarea siempre se puede buscar la manera de dar con una solución, pero cuando la o las tareas a realizar se vuelven complejas, así mismo se hacen más complejas las soluciones, por lo cual es más práctico dar solución desde la robótica cooperativa y los sistemas bio-inspirados encargando diferentes trabajos a un determinado número de robots convirtiendo lo que era una tarea compleja para un robot en un cúmulo de tareas realizadas por distintos robots, es aquí donde se contempla el trabajo cooperativo de las hormigas lo cual lleva a la implementación de un algoritmo bio-inspirado, que toma como base el comportamiento de lo que ya otorga la naturaleza y lo usa en su favor para así resolver de manera más eficiente problemas de la vida real [2][3].

Un proyecto de estas características lleva un tiempo de desarrollo de alrededor de 5 meses, contemplando que se cumpla a cabalidad cada una de las fases propuestas, para así lograr los objetivos planteados.

Este proyecto tiene un valor de 10'344.000 en pesos colombianos, los cuales se especifican en el presupuesto realizado en el documento.

## **2.0 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **2.1 Planteamiento del Problema**

En la década de los 60's se da inicio al desarrollo de la robótica como una nueva rama del conocimiento, concentrando el interés de una gran cantidad de investigadores a lo largo del tiempo[3]. Desde entonces la robótica se ha visto inmersa en toda clase de ámbitos, desde áreas tan especializadas como la aeronáutica, el ejército, o la industria como en el entretenimiento, volviéndose ya parte de la vida cotidiana [3].

En las últimas décadas la idea de recrear sistemas biológicos se convierte en un elemento imprescindible para la comprensión y la explicación de la lógica y la complejidad de la vida, además de esto se ha incluido la robótica cooperativa donde se implementan múltiples robóticos capaces de resolver problemas en conjunto[2], dando paso al diseño de sistemas robóticos que se convierten en reflejo de complejidad y organización, donde lo que busca es tomar patrones que ya existen en la naturaleza y usarlos en favor del desarrollo de nuevas tecnologías [1].

En la actualidad los sistemas robóticos bio-inspirados y la robótica cooperativa representan una gran oportunidad en desarrollo de tecnologías, dado que, cuando una tarea a realizar se vuelve compleja, así mismo se hace la solución, por lo cual es más práctico buscar fraccionar la tarea en un cúmulo de tareas pequeñas y sencillas, además una estructura que en principio parece simple puede ayudar a modelar sistemas complejos como lo son las hormigas, que como elemento más característico tiene generación de caminos por medio de la deposición de ciertas sustancias químicas llamadas feromonas. Estas sustancias funcionan a modo de atractores para toda la colonia, generando al cabo del tiempo un camino real entre la fuente de alimentación y el hormiguero.[4]

Es por eso que una solución para aportar al desarrollo de estas ramas de la robótica es la utilización de algoritmos bio-inspirados basados en el comportamiento cooperativo de las hormigas y emplear robótica cooperativa para generar una parte de la estructura organizacional de las hormigas.

## **2.2 Justificación**

Desde que los volúmenes de información se hicieron masivos y los sistemas robóticos empezaron a volverse más estructurados se hace claro que la tecnología se ha convertido en un terreno fundamental tanto para el progreso del conocimiento como para el impacto de este sobre la sociedad y la naturaleza.[1] Dando lugar a los sistemas complejos, que son estructuras altamente robustas y con un alto coste computacional donde los algoritmos convencionales no daban abasto cuando el problema crecía, donde se da un nuevo enfoque a la manera de resolver problemas complejos abriendo una brecha para sistemas bio-inspirados y más precisamente la vida artificial convirtiéndose en el fundamento mismo de la ingeniería de sistemas complejos. La ingeniería bio-inspirada se configura entonces como una ingeniería de sistemas complejos.

Tomando como base de estudio a las hormigas, entendiendo que son insectos simples que viven en colonias con una organización social altamente estructurada.[5] El trabajo cooperativo de las hormigas, logra desarrollar tareas muy complejas como encontrar los caminos más cortos del hormiguero a los lugares del entorno donde existe comida. La hormiga como especie, representa un marco de desarrollo de nuevas tecnologías que vienen en auge como lo son la robótica cooperativa y el uso de algoritmos bio-inspirados.[6]

Entendiendo las amplias aplicaciones de dicha investigación lo que se busca es un desarrollo de la robótica ampliando así el alcance de esta.

## **3. Estado del Arte**

A continuación, se hará una breve descripción del estado del arte de la robótica cooperativa implementando diferentes sistemas bio-inspirados, para lo cual se utilizará la presentación de artículos, investigaciones relacionadas con los diferentes entornos, emulación de comportamientos de animales, sus usos, entre otros, que han sido recopilados.

### **3.1 Investigaciones Internacionales**

#### **3.1.1 ALGORITMOS BIOINSPIRADOS EN LA PLANEACIÓN OFF-LINE DE TRAYECTORIAS DE ROBOTS SERIALES.**

En el siguiente artículo Álvaro Gutiérrez Martín, Felix Monasterio-Huelin Maciá Universidad Politécnica de Madrid, introducen las primeras nociones sobre algoritmos bio-inspirados y las jerarquías sociales de las hormigas. proponen además un modelo de lo que puede ser una emulación del algoritmo de búsqueda

por medio de feromonas tan reconocido por las hormigas, además del método de locomoción utilizado.

Consiste en dar al efector final del robot las trayectorias necesarias para desplazarse en su espacio de trabajo y ejecutar diferentes tareas mediante un ambiente virtual en el que se simula tanto el robot como el entorno del que hace parte. En este artículo se presenta una revisión de las técnicas tradicionalmente usadas en el desarrollo y optimización de la planeación de trayectorias off-line en robots seriales. Se resaltan las bondades y carácter multidisciplinar de los algoritmos bio-inspirados gracias a su uso como herramienta de búsqueda y optimización en problemas de diferentes áreas del conocimiento. Por último, son expuestas las principales aplicaciones en planeación de trayectorias off-line en las que los algoritmos bioinspirados han contribuido como alternativa para la búsqueda y optimización de soluciones en trayectorias de robots seriales [4].

### **3.1.2 COMPARATIVA DE ALGORITMOS BIOINSPIRADOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE REDES NEURONALES.**

El artículo de Yang Jian, Yang Li, presenta mejoras significativas en el desarrollo de un algoritmo que tiene similitud con el presentado por Álvaro Gutiérrez Martín, con la salvedad de que presenta un uso mayor de variables de entorno para describir de manera más exacta el fenómeno, así como un componente de retroalimentación para el manejo de errores.

se presenta una comparativa de diferentes algoritmos bioinspirados con la finalidad de ser usados para encontrar la estructura óptima de una red neuronal artificial. En la primera parte se presentan los algoritmos revisados y se explica el porqué de la selección de los algoritmos que se comparan. Posteriormente se realiza una comparativa de su rendimiento en la optimización de funciones difíciles de optimizar. Finalmente se usan los mejores algoritmos para encontrar la estructura óptima de una red neuronal artificial de tipo backpropagation, esto es, encontrar tanto el número de neuronas como el número de capas de la red. Los resultados [3].

## **3.2 Investigaciones Locales**

### **3.2.1 IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MULTIROBOT BASADO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS HORMIGAS.**

Leidy Yolanda López Osorio, Establece su proyecto sobre las bases de la robótica cooperativa y sus principios, además formaliza un comportamiento del sistema a partir de la estructura organizacional de las hormigas.

En este artículo se muestra el diseño, desarrollo y resultados de un sistema que usara tres plataformas robóticas tipo LEGO® en un entorno controlado, las cuales están inspiradas en el comportamiento de las hormigas en cuanto a la búsqueda y transporte de alimentos; dos plataformas representan el papel de las obreras, las cuales se encargan de la búsqueda y transporte del “alimento” hacia el “hormiguero”, la tercera plataforma “la reina” llega al alimento después de ser recolectado. La parte mecánica de las plataformas se realiza con las fichas del kit

de LEGO® MINDSTORMS®, mientras que el sistema de control y comunicación se implementa con un microcontrolador PIC® de Microchip y módulos XBEE soportados bajo el protocolo ZIGBEE® respectivamente. Esto con el fin de fortalecer las líneas de investigación en robótica cooperativa y robótica bioinspirada del grupo de investigación de Robótica[5]

### **3.2.2 BÚSQUEDA Y TRANSPORTE DE OBJETOS CON PLATAFORMAS ROBÓTICAS BIOINSPIRADAS TIPO LEGO EN UN AMBIENTE CONOCIDO.**

Leidy Yolanda López Osorio y Guillermo Benavides Benavides muestran un proyecto el cual enmarca las bases en el modelado de robots, capaces de emular el comportamiento. Donde las bases se centran en el diseño e implementación de los robots y las diferentes tecnologías implementadas.

Las hormigas son insectos muy simples que viven en colonias con una organización social altamente estructurada. Gracias al trabajo cooperativo, pueden desarrollar tareas muy complejas como encontrar los caminos más cortos del hormiguero a los lugares del entorno donde existe comida, organizarse en patrullas multitudinarias para salir de caza o construir gigantescas estructuras de túneles para vivir cómodamente. [2]

## **4 Marcos de referencia**

### **4.1 Marco Teórico**

#### **4.1.1 Algoritmos bio-inspirados**

##### **4.1.1.1 Problemas de optimización**

A medida que los problemas de optimización se hacen más grandes y complejos, de la misma manera lo hacen los algoritmos que son capaces de resolver dichos problemas, por lo cual, es necesario la implementación de nuevos métodos (algoritmos) que sean capaces de abordar los nuevos problemas, es entonces cuando se cambia el enfoque en la manera de realizar los algoritmos, dando una mirada a lo que la naturaleza ofrece, dando como resultado los algoritmos bio-inspirados.

Como su nombre lo indica, los algoritmos bio-inspirados son métodos de optimización que han sido creados a partir de inspiraciones de sucesos biológicos naturales. Estos eventos biológicos se han desarrollado y perfeccionado de manera natural a través de procesos de evolución, por lo que la idea de imitar a la naturaleza parece buena [7].

Los algoritmos bio-inspirados se han convertido en una salida costo eficiente en la solución de la planeación de trayectorias en estas tres situaciones, debido a que se abarcan más soluciones posibles para cada punto del espacio de trabajo otorgando no solo una solución óptima de posición orientación de un manipulador, lo que difiere del caso de optimización tradicional en el que puede

abarcar menos soluciones para un mismo punto.[8]

Otra de las técnicas que se reconocen como bio-inspiradas, es el proceso de búsqueda estocástico basado en la teoría de selección natural. Esta teoría se resume en la "supervivencia del más apto" de ese modo, a medida que transcurren las generaciones en una población de individuos, los genes que determinen características ventajosas en los organismos que lo posean tenderán a prevalecer sobre los otros [9].

## **4.2 Descripción del sistema de colonias de hormigas**

### **4.2.1 esquemas de organización**

Las hormigas son insectos muy simples que viven en colonias con una organización social altamente estructurada. Gracias al trabajo cooperativo, pueden desarrollar tareas muy complejas como encontrar los caminos más cortos del hormiguero a los lugares del entorno donde existe comida, organizarse en patrullas multitudinarias para salir de caza o construir gigantescas estructuras de túneles para vivir cómodamente; la mayoría de las especies de hormigas tienen como principal fuente sensorial la capacidad de rastreo de feromonas que han ido dejando ellas mismas, convergiendo en un camino entre la fuente de comida y el hormiguero[10].

Es por dicha organización, que según Klaus Jaffé se consiguen resultados sobresalientes a la hora de buscar y transportar alimentos, aunque, especies de hormigas hay muchas, en general las diversas especies suelen compartir características como: los sistemas de comunicación basados en feromonas, cambiando algunas interacciones por otras más simples dependiendo del entorno en el que se encuentren y la evolución propia de la especie.

### **4.2.2 Sistemas de comunicación basados en hormigas**

Las hormigas tienen múltiples sistemas de comunicación, la mayoría de ellos basados en señales químicas. De los sistemas de comunicación conocidos podemos nombrar la comunicación de alarma, reclutamiento, señalamiento de territorio y el reconocimiento de las compañeras del nido. Para todos estos sistemas de comunicación se han encontrado en diferentes especies feromonas o complejos de feromonas responsables de la comunicación. En algunas especies, sin embargo, la comunicación se da a través de señales no químicas tales como señales visuales, sonoras o táctiles. A pesar de que las sociedades de hormigas utilizan diferentes tipos de señales en su comunicación intraespecífica, las señales químicas parecen ser las de mayor importancia. Las especies de hormigas con sociedades de mayor complejidad con respecto al número de individuos por colonia, sofisticación del nido y división del trabajo, basan su comunicación casi exclusivamente en señales químicas [10].

## **4.3 Robótica cooperativa**

### **4.3.1 Definición**

Algunos problemas son demasiado difíciles de resolver para un único robot: (empujar una caja, explorar un campo, etc.) La robótica cooperativa busca diseñar sistemas compuestos de varios robots capaces de resolver problemas conjuntamente. Los robots que forman parte de un sistema multi-robot son



simples en términos de diseño y control, y menos costosos que los sistemas de un solo robot especializado. Los sistemas multi-robot están orientados a resolver problemas en los cuales la participación de un solo robot no es suficiente o resulta ser muy costosa, en términos de diseño y tiempo, como por ejemplo el transporte de objetos voluminosos, el manejo de material peligroso, la exploración y cobertura de terreno [5].

La robótica cooperativa tiene un inmenso potencial debido a su simplicidad en términos teóricos y prácticos y alta aplicabilidad, siendo visible en casi cualquier entorno de la naturaleza, donde el conjunto de acciones bien desarrolladas y realizadas en momento indicado generan más eficiencia.

#### **4.3.2 Sistemas de comunicación**

En el mundo actual, la comunicación entre dispositivos electrónicos es una necesidad tecnológica básica, en particular, los dispositivos que se encuentran a corta distancia y que normalmente se comunican entre sí por medios alambrados. Estos utilizan una amplia gama de cables y conectores que hacen la comunicación, en un momento dado, limitada, falible e incómoda en situaciones donde existen demasiados cables. Debido a este escenario, la tendencia ahora es establecer enlaces inalámbricos entre dichos dispositivos [11].

Anteriormente se abordaba el sistema de comunicación de las hormigas, que se entiende tienen una metodología bien definida y es por eso que tiene una estructura tan organizada, sin embargo, es necesario trabajar sobre la manera en la que los dispositivos físicos se mantendrán interconectados para la transmisión y recepción de datos, ya que es ahí donde radica la propia emulación de la hormigas y sus dinámicas como un ente social altamente organizado, teniendo en cuenta que una mala comunicación, implica un mal desarrollo de la mecánica del grupo de robots(hormigas) que deben mantenerse en comunicación inalámbricamente.

Por eso se implementará el uso de Bluetooth que es un protocolo de comunicaciones inalámbrico de corto alcance y bajo consumo de potencia en la banda ICM de 2,4 GHz que soporta tanto tráfico de datos como de audio. Su enlace es tan altamente confiable que hace de la tecnología una de las más aptas para cualquier tipo de aplicación en comunicaciones digitales, ya que habilita mecanismos de detección de error [11].

Además de lo anteriormente mencionado tener en cuenta la facilidad de obtención, un bajo costo y su fácil adaptabilidad harán que el proyecto se desarrolle en términos de comunicación más fácilmente.

La robótica cooperativa y el desarrollo de algoritmos bio-inspirados, son temas que hoy tienen un gran impacto en diferentes indoles tecnológicas, donde el perfeccionamiento de la industria ha sido por el avance las mismas, en el caso de la construcción de algoritmos bio-inspirados, la más beneficiada ha sido la rama informática, y siendo más puntuales, con el desarrollo de algoritmos basados en hormigas. Se ha avanzado en métodos de detección de errores, mejora en los

algoritmos de transmisión de datos, mitigación de los mínimos locales y una serie más de problemas a los que se someten los algoritmos computacionales, todo esto gracias a ANTNET una red basada en el comportamiento de las hormigas y que se puede usar para el desarrollo de este artículo.

#### **4.4 Marco Legal**

##### **IEEE802.3**

Tiene que ver con la reglamentación legal que permita garantizar la calidad del diseño electrónico, en este sentido se deben abordar normas de calidad para dispositivos electrónicos desde la IEEE, UIT, o en su defecto si el dispositivo se encuentra normalizado en el país, se utilizará la norma ICONTEC. Si no se encuentra normas de calidad específicas para el diseño en cuestión en ninguna de las organizaciones anteriores se optará por la utilización de la norma ISO 9001, y el aparte que tiene que ver con diseño tecnológico.

- IPC-2222A rígido orgánicos placa de circuito impreso diseño de la estructura [14].
- IPC 2221 esta define los requisitos generales para el diseño de PCB [14].
- IPC-D-325 Requisitos de documentación para cartulinas impresas, ensamblajes y dibujo de Apoyo [14].
- IPC 600 - Aceptabilidad de tableros impresos [14].
- IPC 610 Aceptabilidad de ensamblajes electrónicos [14].
- IPC 7711/21 Reproceso, modificación y reparación de tarjetas electrónicas [14].
- IPC 620 Requisitos y aceptación de cables [14].

#### **5. Objetivos**

##### **5.1 General.**

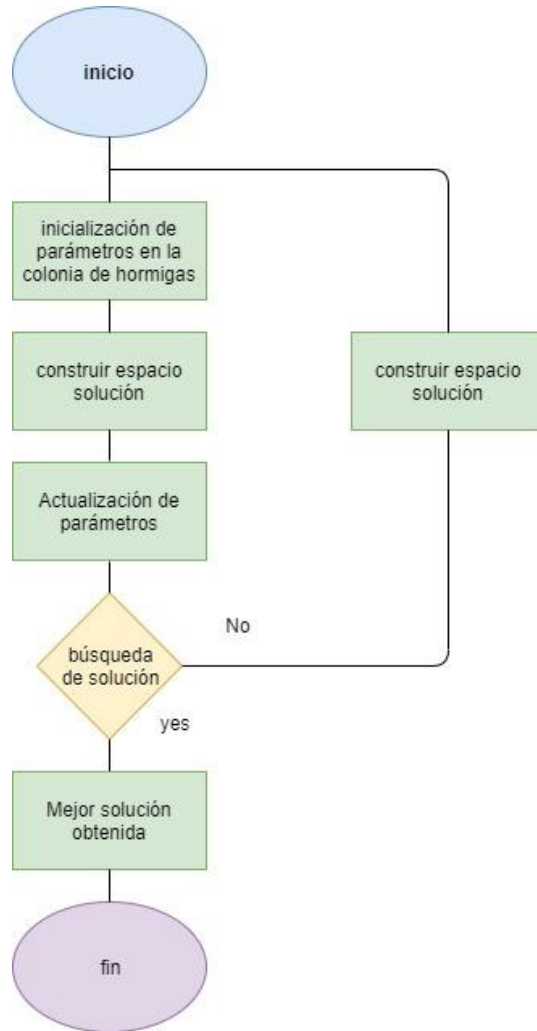
Desarrollar un sistema de robótica cooperativa capaz de emular el comportamiento de las hormigas, para la búsqueda de la ruta más corta hasta un punto, en un entorno controlado con una superficie irregular.

##### **5.2 Específicos.**

- Diseñar dos plataformas móviles capaces de emular el comportamiento de una hormiga obrera y una hormiga recolectora.
- Desarrollar un algoritmo para emular la manera en que las hormigas encuentran la ruta más corta hacia un punto desde su colmena, y se la comunican a las demás
- Implementar un protocolo de comunicación y una interfaz gráfica que sirva como soporte para el enlace entre las plataformas móviles (hormigas) y la base (colonia de hormigas).
- Diseñar un entorno controlado para el movimiento de las plataformas donde los obstáculos sean de no más de 1cm de alto.

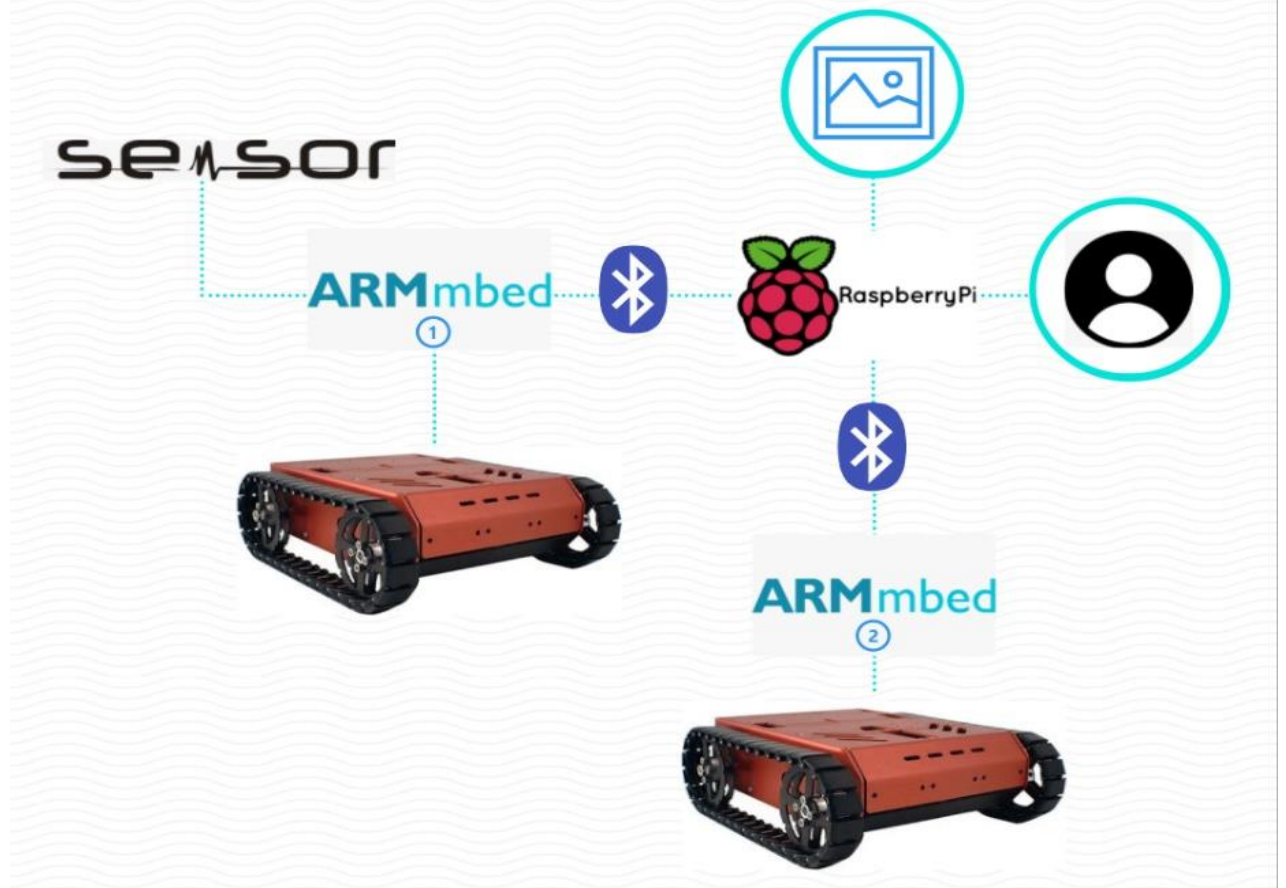
## 6 Alternativa de Solución

### 6.1 Diagrama de flujo de la solución



*Imagen 1. Diagrama de flujo*

### 6.2 Diagrama de bloques de la solución



*Imagen 2. Diagrama de bloques*

### 6.3 Especificaciones Técnicas de la solución propuesta (Evaluación de tecnologías)

- **Plataformas:** Constan de una serie de mecanismos que hacen posible tener locomoción, además de la implementación de sensores y actuadores que hacen un símil con los sentidos humanos.
- **Sensor de posición:** Será el encargado de medir la posición de cuanto se desplaza la plataforma en el entorno.
- **Sensor de aceleración:** Mide que tan rápido se hace el cambio de velocidad, útil cuando las plataformas se muevan.
- **Microcontrolador mbed:** por medio de dicho microcontrolador se implementará toda la sensorica, y mediante RTOS se adaptará un sistema de lectura multitareas para la toma de datos, y así mismo ejecutar acciones.
- **Raspberry pi:** Empleará su poder de computo para procesar el sensado y así mismo implementar la capa de comunicación inalámbrica necesaria para que los dispositivos se puedan comunicar.
- **Interfaz gráfica:** Una interfaz gráfica, que sirve de soporte y además hace más intuitivo el manejo de sistema.

## **7 Metodología Propuesta**

### ***Etapa 1***

- Identificar en la literatura científica las diferentes topologías para un robot cooperativo para superficies irregulares.
- Seleccionar la topología que se ajuste a las necesidades del proyecto.
- Identificar y dimensionar la sensorica que se ajuste a las necesidades del proyecto.
- Identificar las plataformas disponibles en el grupo de investigación que se ajusten a la topología y la sensorica necesaria para el proyecto, o proponer una plataforma.
- Configurar la plataforma para la hormiga obrera y la hormiga recolectora.
- Probar y ajustar las plataformas.

### ***Etapa 2***

- Identificar en la literatura científica, las diferentes topologías para emulación de algoritmos basados en hormigas.
- Encontrar que algoritmo que adapta mejor al problema planteado.
- Identificar las tecnologías en las que se puede implementar el algoritmo de manera más sencilla.
- Desarrollar pruebas del funcionamiento del algoritmo, y de haber errores corregir.

### ***Etapa 3***

- Revisar la literatura asociada con el desarrollo de interfaces gráficas.
- Encontrar un lenguaje de alto nivel que simplifique la realización de la de la interfaz, pero que a su vez sea robusto a nivel de ejecución.
- Generar el enlace entre las plataformas robóticas y la interfaz por medio de comunicación inalámbrica.

## **8 cronograma de Actividades.**

Fase	Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5			
	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Identificar en la literatura científica las diferentes topologías para un robot cooperativo para superficies irregulares.	█	█																		
	Seleccionar la topología que se ajuste a las necesidades del proyecto.		█	█	█						█										
	Identificar y dimensionar la sensorica que se ajuste a las necesidades del proyecto.			█	█	█					█				█						
	Identificar las plataformas disponibles en el grupo de investigación que se ajusten a la topología y la sensorica necesaria para el proyecto, o proponer una plataforma.					█	█				█	█									
	Configurar la plataforma para la hormiga obrera y la hormiga recolectora.						█	█	█						█	█					█
	Probar y ajustar las plataformas.									█	█	█	█	█	█						█
2	Identificar en la literatura científica, las diferentes topologías para emulación de algoritmos basados en hormigas.										█	█									
	Encontrar que algoritmo se adapta mejor al problema planteado.										█	█	█								
	Identificar las tecnologías en las que se puede implementar el algoritmo de manera más sencilla.										█	█	█								
	Desarrollar pruebas del funcionamiento del algoritmo, y de haber errores corregir.												█	█	█					█	█
3	Revisar la literatura asociada con el desarrollo de interfaces gráficas.																		█	█	
	Encontrar un lenguaje de alto nivel que simplifique la realización de la de la interfaz, pero que a su vez sea robusto a nivel de ejecución.																		█	█	
	Generar el enlace entre las plataformas robóticas y la interfaz por medio de comunicación inalámbrica.																				Activ Ve a C

## 9. Impacto Esperado.

### 9.1 Impacto Social

Se espera que este proyecto pueda servir como insumo a los investigadores en el área de la robótica, que además sirva para dar una visión diferente de la robótica como área de investigación, dando un paso pequeño pero significativo de este tipo de tecnologías para el mejoramiento de la sociedad, siendo útil en labores de almacenamiento y búsqueda de víctimas.

### 9.2 Impacto Económico

Se espera que sea vistoso para el sector empresa, ya que se están empleando tecnologías emergentes, de menor costo, bajo consumo y que a su vez busca mejoras en puntos donde antes no había.

### 9.3 Impacto Tecnológico

La implementación de dos técnicas de realización de robótica ya genera sus complicaciones, pero, que a su vez busca reflejar una mejora sustancial con dispositivos de sus mismas características, además, no complejizar la tecnología convirtiéndola en algo al acceso de todos los que quieran implementarla.

## **10. Resultados Esperados**

Con este proyecto se busca generar un aporte a la comunidad en la búsqueda de nuevas formas de hacer robótica, desarrollando nuevos algoritmos y nuevas herramientas que facilitaran la búsqueda y recorrido en rutas no conocidas, por otro lado, dar paso a la elaboración de plataformas que sirvan como base para que futuros estudiantes diseñen y hagan academia a través de estas.

Se espera que dicho proyecto pueda tener la validez de la comunidad académica para ser publicado.

## **11 Estrategia de Comunicación**

Al finalizar el proyecto se optará por una estrategia de comunicación con los siguientes ítems:

- Sustentación pública en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Realización de un poster en el formato establecido por el grupo de investigación ROMA.
- Entrega del documento en el cual se mostrará el proceso realizado, los resultados, conclusiones obtenidas y todo lo relacionado con el proyecto.
- Participación en un congreso o seminario a nivel nacional y/o internacional.
- Proporcionar toda la información relacionada al proyecto (propuesta, documento final, presentación pública, videos y fotos sobre resultados obtenidos) en un CD para que quede como referencia en el grupo de investigación ROMA.
- Publicación en internet de un video donde se comparta el funcionamiento del proyecto.

## **12. Trayectoria del Grupo Investigador**

El grupo de investigación ROMA por su temática principal se encuentra adscrito al proyecto curricular de Tecnología Electrónica de la Facultad Tecnológica pero tiene dentro de los procesos de formación de investigadores estudiantes adscritos a programas de más de 5 proyectos curriculares de la Universidad entre los cuales se encuentran Tecnología Electrónica, Ingeniería en control, Ingeniería en Telecomunicación, Ingeniería Telemática, Ingeniería Electrónica (Facultad de Ingeniería), Maestría en Ciencias de la Comunicación (Facultad de Ingeniería).

### 13 PRESUPUESTO

PRESUPUESTO GLOBAL DE LA PROPUESTA POR FUENTES DE FINANCIACIÓN							
(En miles de \$)							
RUBROS	FUENTES						TOTAL
	Univ. Distrital 1		Recursos propios 2		Empresa 3		
	Especie	Dinero	Especie	Dinero	Especie	Dinero	
PERSONAL	\$1200		\$4800				\$6000
EQUIPO			\$758				\$758
MATERIALES			\$2110				\$2110
SALIDAS DE CAMPO							
VIAJES							
BIBLIOGRAFÍA							
SOFTWARE							
PUBLICACIONES							
SERVICIOS TÉCNICOS			\$600				\$600
CONSTRUCCIONES							
MANTENIMIENTO							
ADMINISTRACIÓN							
OTROS			\$876				\$876
<b>TOTAL</b>							<b>\$10344</b>

DESCRIPCIÓN DE LOS GASTOS DE PERSONAL							
(En miles de \$)							
INVESTIGADOR/AUXILIAR	FORMACIÓN	FUNCIÓN DENTRO DEL PROYECTO	DEDICACIÓN	RECURSOS			TOTAL
				1	2	3	
Kristel Novoa	Profesional especializado	Director	32	\$1200			
Diego Arcila	Estudiante de Tecnología	Investigador	192		\$2400		
Leidy López	Estudiante de Tecnología	Investigadora	192		\$2400		
			24	\$1200	\$4800		
<b>TOTAL</b>							<b>\$6000</b>

1 → Empresa, o institución  
2 → Contrapartida



Tecnólogo 3 SMLV 160 horas  
 Técnico o estudiante de tecnología 2,5 SMLV POR 160 HORAS.... \$9250  
 Profesional 4,5 SMLV  
 Profesional especializado 5 SMLV POR 160 HORAS... \$18000

DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE USO PROPIO				
(En miles de \$)				
EQUIPO	1	2	3	Total
Computador portátil		\$150		
Multímetro		\$8		
Fuente alimentación regulada	\$200			
Osciloscopio	\$400			
<b>TOTAL</b>				<b>\$758</b>

MATERIALES Y SUMINISTROS	
(En miles de \$)	
Materiales*	Valor
Microcontroladores	\$500
Sensores	\$600
cables	\$10
Ruedas	\$200
Servomotores	\$100
Puente H	\$100
Batería	\$500
Elementos varios	\$100
<b>TOTAL</b>	<b>\$2110</b>

SERVICIOS TÉCNICOS	
(en miles de \$)	
Tipo de servicio	Valor
Circuito impreso	\$100
Estructura	\$500
	\$600
BIBLOGRAFÍA	
(en miles de \$)	
Referencia	Valor

VARIOS	
(en miles de \$)	
Varios	Valor
imprevistos	\$876

## BIBLIOGRAFÍA

Presentación de la bibliografía bajo norma IEEE

*Para artículos en revistas:*

- [1] N. A. Gómez-Cruz and C. E. Maldonado, "Sistemas bio-inspirados: un marco teórico para la ingeniería de sistemas complejos," *Ing. Sist. complejos. Compil. las Conf. Present. en la Cuarta Asam. la Red Cart. Ing.*, p. , 2011.
- [2] Y. Leidy, O. López, D. Guillermo, and B. Benavides, "Plataformas Bionpiradas Tipo Lego En Un Ambiente Conocido."
- [3] Y. Jian and Y. Li, "Research on intelligent cognitive function enhancement of intelligent robot based on ant colony algorithm," *Cogn. Syst. Res.*, vol. 56, pp. 203–212, 2019, doi: 10.1016/j.cogsys.2018.12.014.
- [4] L. M. Layos, E. L. Mundo, and D. E. L. A. S. Hormigas, "HORMIGAS," 2006.
- [5] Y. Leidy, O. López, G. Duvan, and B. Benavides, "Implementación de un sistema multirobot basado en el comportamiento de las hormigas."
- [6] J. Rolando, C. López, N. Johanna Hernández Suárez, A. Del Pilar, and R. Tibaduiza, "Sistema de transporte y embalaje utilizando robótica cooperativa basada en teoría de colonias de hormigas mediante plataforma Mindstorm de LEGO® Transportation and Packaging System Using Cooperative Robotics Based on Theory of Ants Colonies Using Platform," vol. 6, no. 1, pp. 60–71, 2015, doi: 10.14483/udistrital.jour.redes.2015.1.a04.
- [7] A. González, J. Francisco, F. De Jesús, and T. Romero, "Comparativa de algoritmos bioinspirados para la optimización de redes neuronales," no. 1, pp. 2850–2856.
- [8] M. Guzmán and C. Peña, "Algoritmos bioinspirados en la planeación 'off-line' de trayectorias de robots seriales," *Visión electrónica*, no. 1, pp. 27–39, 2013, doi: 10.14483/22484728.4390.
- [9] D. Rocha, D. A. López Sarmiento, and E. Gómez Vargas, "Los Sistemas Bioinspirados Y Su Enfoque En La Solución De Necesidades En La Ingeniería," *Redes Ing.*, vol. 1, no. 2, p. 22, 2012, doi: 10.14483/2248762x.7157.
- [10] K. Jaffe, "Evolucion de Sistemas de Comunicacion Quimico en Hormigas (Hymenoptera: Formicidae)," *Folia Entomológica Mexicana*, vol. 61. pp. 189–203, 1984.
- [11] G. Andrés, "Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84912053026>," 2004.