



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ

FACULTAD DE INGENIERÍA
Vicedecanatura Académica
POSGRADOS

PRESENTACIÓN PROPUESTA

TESIS DE DOCTORADO

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

☐☐

TESIS DE MAESTRÍA

TRABAJO FINAL DE ESPECIALIZACIÓN

☐☐

1. FECHA: 12 de Febrero 2016.
2. ESTUDIANTE: Joaquín Fernando Sánchez Cifuentes

CÓDIGO

DOCUMENTO DE IDENTIDAD 80432896

E-MAIL: jofsanchezci@unal.edu.co

3. PROGRAMA: DOCTORADO EN INGENIERÍA – SISTEMAS Y COMPUTACIÓN
4. DIRECTOR PROPUESTO: PhD Jorge Eduardo Ortiz Triviño

CO-DIRECTOR / ASESORES:

5. TÍTULO: **Prototipo de un lenguaje de programación para la implementación de servicios a través de comunidades de agentes social inspirados sobre redes Ad-hoc.**

6. DEPARTAMENTO: INGENIERÍA DE SISTEMAS E INDUSTRIAL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Computación Aplicada. Inteligencia artificial

7. FIRMA DEL PROPONENTE: _____

8. FIRMA DEL DIRECTOR: _____



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ

**FACULTAD DE INGENIERÍA
Vicedecanatura Académica
POSGRADOS**

DOCTORADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

PROPUESTA DE TESIS

Prototipo de un lenguaje de programación para la implementación de servicios a través de comunidades de agentes social inspirados sobre redes Ad-hoc

PROPONENTE: Joaquín Fernando Sánchez Cifuentes

DIRECTOR: PhD. Jorge Eduardo Ortiz Triviño

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INDUSTRIAL
GRUPO DE INVESTIGACIÓN: TLÖN
Fecha: 12 de Febrero de 2016.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	9
2	REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1	LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN.	12
2.1.1	Retos a superar en los lenguajes de programación.	15
2.2	COMUNIDADES DE AGENTES.....	16
2.2.1	Retos a superar en el campo de las comunidades de agentes.....	17
2.2.2	Comportamiento social inspirado.	18
2.3	REDES AD-HOC	19
2.3.1	Características y ventajas de las redes Ad-hoc.	19
2.3.2	Enrutamiento en las redes Ad-hoc.	20
2.3.3	Desafíos que afrontan en el diseño de redes Ad-hoc.....	22
2.4	SÍNTESIS DE LA REVISIÓN DE LITERATURA.	23
3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
4	OBJETIVOS	25
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	25
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
5	JUSTIFICACIÓN	26
6	METODOLOGÍA	28
7	PLAN DE TRABAJO	29
8	RESULTADOS Y PRODUCTOS ESPERADOS	30
8.1	GENERACIÓN DE NUEVO CONOCIMIENTO	30
8.2	CONDUCTENTES AL FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD CIENTÍFICA NACIONAL	30
8.3	DIRIGIDOS A LA APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO	31
9	CRONOGRAMA	31
10	PRESUPUESTO	33
11	BIBLIOGRAFÍA	33
ANEXO 1	41

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1-1: MODELO SISTEMA DE CÓMPUTO TLÖN	9
FIGURA 2-1 ESTRUCTURA DE UN LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	12
FIGURA 2-2: ARQUITECTURA DE UN NODO DISEÑADO POR UN DSL	13
FIGURA 2-3: DEFINICIÓN DE GRAMÁTICA PARA UNA RED PERSONAL	13
FIGURA 2-4: SEGMENTO METALENGUAJE PARA UN NODOS AD-HOC	14
FIGURA 2-5: MODELO DE REFERENCIA PARA UN SISTEMA MULTI-AGENTE DE UNA RED AD-HOC.	16
FIGURA 2-6: MODELO DE JERARQUÍA EN LA ESTRUCTURA DE LA RED DE SENSORES	17
FIGURA 2-7: MODELO CONCEPTUAL DE UN AGENTE SOCIO CULTURAL	18
FIGURA 2-8: ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES IPV6.....	20
FIGURA 2-9: CONCEPCIÓN DE AGENTES INTELIGENTES PARA HACER EL ENRURAMIENTO.	21
FIGURA 2-10: EFECTO DEL DESEMPEÑO DE PROCESAMIENTO DE UNA RED DE SENSORES	22
FIGURA 5-1: SISTEMA DE COMPUTO TLÖN	27

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 GENERACIÓN DE NUEVO CONOCIMIENTO	30
TABLA 2 FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD CIENTÍFICA NACIONAL	30
TABLA 3 APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO	31
TABLA 4. PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO	33

1 Introducción

Las redes de comunicaciones son un sistema que ha evolucionado de manera interesante en las últimas décadas [1]. Se ha desarrollado una infraestructura heterogénea para conectar diferentes dispositivos entre si. Un ejemplo de este desarrollo es la internet, que en esencia es una red que conecta a través de enlaces a host y servidores, los cuales tiene servicios y contenidos para ofrecer a diferentes tipos de usuarios [2]. Pero este desarrollo se ha llevado a niveles de portabilidad, es acá que se han construido sistemas que amplían la cobertura de las redes fijas a redes móviles [3]. Las redes móviles cuentan en la actualidad con un amplio espectro de estilos, diseños y aplicaciones ofreciendo un nuevo concepto de conectividad para usuarios de redes de comunicaciones [4].

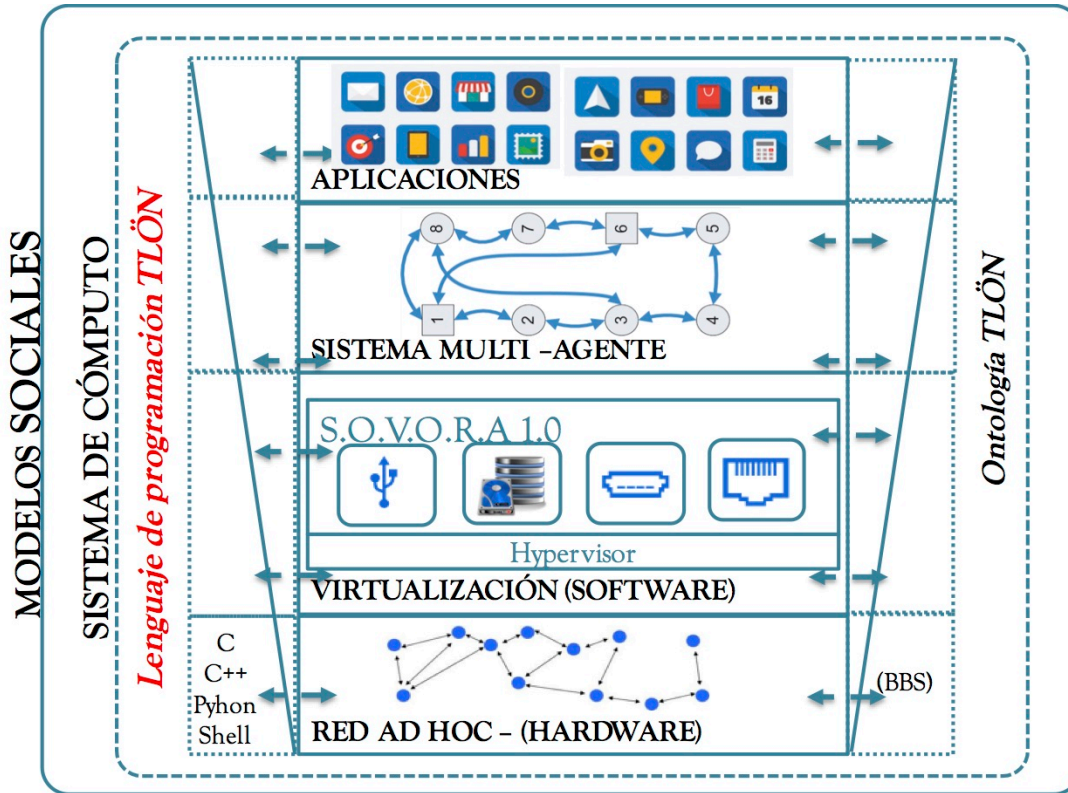
Las aplicaciones que se tienen en la actualidad para las redes inalámbricas se ven en varios sectores como: redes de comunicaciones, transporte, agricultura, educación, entretenimiento, entre muchas más [5] [6]. Con estas aplicaciones se busca ofrecer posibilidades a usuarios de conectarse entre si y a otros dispositivos para realizar operaciones particulares de traspaso de información. En contextos más específicos se pueden resolver problemas de conectividad y cobertura que las redes fijas no soportan [7].

Un subconjunto de las redes inalámbricas son las redes Ad-hoc [3] [7] las cuales tienen características especiales como: los nodos que la conforman tienen recursos limitados, los enlaces son inalámbricos, su topología es dinámica, comportamiento estocástico y son móviles [8]. El hecho de que una red Ad-hoc tenga las características mencionadas anteriormente, hace que este tipo de sistemas puedan ser muy flexibles para el diseño e implementación de soluciones a problemas de conectividad y cobertura que otro tipo de redes móviles no pueda ofrecer [5]. Pero hay retos que deben superar las redes Ad-hoc: la capacidad de ser autónoma, los nodos o dispositivos deben tener la capacidad de mantener energía necesaria para transmitir datos [9], tener la habilidad de conocer su entorno y autoconfiguración [8].

Al dar una mirada a la estructura de las redes Ad-hoc se tiene un esquema similar a un sistemas distribuido [10] [11]. Las propiedades de los sistemas distribuidos se enumeran como: sistemas que pueden ser complejos, sistemas que requieren auto organización, autonomía en los nodos del sistema, se presenta competencia por recursos [12] [13]. El diseño de sistemas distribuidos trae varios retos para soluciones particulares, como por ejemplo: la asignación de recursos, el conocimiento del entorno, el tipo de interacciones entre los elementos del sistema [14]. Uno de los retos relevantes a tener en cuenta para el diseño e implementación de sistemas distribuidos es generar mecanismos adaptativos para enfrentar la complejidad [15] [16].

Teniendo en cuenta los desafíos que representa el diseño e implementación de sistemas distribuidos, los cuales son la base para el funcionamiento de las redes Ad-hoc , se propone un sistema de computo el cual permita generar mecanismos de adaptación que ayuden a controlar la complejidad y de está manera se obtenga parámetros que ayuden al diseño de aplicaciones que permitan enfrentar problemas en entornos distribuidos, para el caso específico de esta investigación, entornos que utilicen redes Ad-hoc. El sistemas de computo que se propone se llama: sistema de computo TLÖN. Este sistema se describe en la Figura 1-1:

Figura 1-1: Modelo sistema de cómputo TLÖN



Referencia: Elaboración propia.

En la Figura 1-1 se describe el modelo conceptual por capas de un sistema de cómputo, el cual se basa en un sistema distribuido, una red Ad-hoc. Las capas que conforma el sistema de cómputo TLÖN se describen a continuación:

- Red Ad-hoc (hardware): esta capa define el ambiente en el cual se soportará el sistema de cómputo. Es un ambiente dinámico y estocástico que tiene propiedades de sistemas distribuidos.
- Virtualización (software): esta capa se encarga de tomar los recursos disponibles de los nodos que conforman la red Ad-hoc y ordenarlos de manera que el sistema tenga los requerimientos mínimos de funcionamiento. Los recursos que se toman en cuenta son: almacenamiento, conectividad, procesamiento y memoria.
- Sistema Multi Agente: en esta capa se propone el diseño de un sistema de agentes artificiales que sean capaces de proveer servicios para diferentes ámbitos y teniendo en cuenta consideraciones del entorno en cual esta el sistema de cómputo.
- Aplicaciones: en esta capa del sistema de cómputo se propone la construcción de programas los cuales permitan solucionar problemas de conectividad, cobertura, monitoreo o gestión de nodos.
- Ontología TLÖN: es una capa transversal al modelo. Esta capa proporciona las reglas para la interoperabilidad de los componentes del sistema.
- Lenguaje de programación TLÖN: es una capa transversal al modelo. El lenguaje de programación será el encargado de configurar los diferentes componentes del sistema de cómputo. La concepción de este lenguaje es tener una herramienta hecha a la medida para el sistema que permita la modificación en la parte física y lógica de los elementos de las capas. Como se observa en la Figura 1-1, el lenguaje de

programación está en forma de cuña, esto indica que en las capas superiores el lenguaje de programación tendrá mayor impacto en el sistema.

El sistema de computo TLÖN esta enmarcado en el concepto de la social inspiración o modelos sociales. Los modelos sociales son una forma de auto organización para generar adaptabilidad en sistemas complejos [12] [17]. De modo que en los modelos sociales es una manera de abordar la solución a problemas en sistemas distribuidos como la asignación de recursos, autonomía de los nodos, las interacciones entre los elementos de la red, conocimiento del entorno en el sistema.

La social inspiración como concepto para esta investigación va a manejar los siguientes principios: inmanencia [18], justicia [19]. Estos principios van a guiar el diseño de los elementos del sistema de computo TLÖN, en esta propuesta específicamente se propone el diseño del lenguaje de programación para el sistemas de computo TLÖN, en donde se tenga el control tanto físicos como lógico de los componentes del sistema.

Las definiciones de los principios anteriormente mencionados son las siguientes:

- Inmanencia: toda aquella actividad o comportamiento inherente al sistema de referencia cuya acción ocurre y perdura en su interior y tiene su razón de ser en ese mismo sistema y que, además, no es el resultado de una acción exterior a los elementos que la componen, aunque su estudio puede realizarse de forma aislada o independiente del sistema [18].
- Justicia: concepto como imparcialidad. Y se tienen dos principios. Principio de la libertad: no hay privilegiados.
- Principio de la diferencia: las desigualdades socio económicas solo se admiten si permiten una mejor situación a los menos aventajados [19] .

Estos principios de inmanencia y justicia se relación con el sistema de computo TLÖN de la siguiente manera: la inmanencia como principio de funcionamiento de los componentes del sistema. Los componentes se pueden analizar de forma independiente, pero no tienen sentido si se encuentran fuera del sistema. Un ejemplo: los nodos que conforman el sistema se organizan y cooperan para tomar la panorámica de un paisaje. Por otro lado la justicia se relación en la forma que se van a distribuir los recursos que tiene el sistema TLÖN para dar servicios a cada nodo de la red.

Teniendo como referencia el panorama anteriormente descrito, se plantea para esta investigación el diseño de un lenguaje de programación el cual será la base para el desarrollo del sistema de computo TLÖN. Para empezar a colocar las bases de este lenguaje de programación primero se propone trabajar sobre las redes Ad-hoc. En investigación realizadas por [20] [21] [22] se tiene que hay aplicaciones sobre redes inalámbricas y redes Ad-hoc que utilizan como herramienta de configuración lenguajes de dominio específico. También en investigaciones realizadas en [23] [24] [25] [16] se encuentra que se han utilizado agentes artificiales para hacer la gestión de los nodos que conforman redes inalámbricas. Sin embargo las limitantes de estas investigaciones radica en el hecho de que se conforman solo para una aplicación o una solución en particular y no se generan esquemas de diseño en forma general [26] [27] [28].

El reto que se tiene en esta investigación es diseñar un modelo de un lenguaje de programación enfocado en las redes Ad-hoc, el cual tenga como guía de desarrollo los principios de la social inspiración, justicia e inmanencia. Este lenguaje de programación también tendrá la capacidad de crear y manipular comunidades de agentes social inspirados, buscando generar servicios que se ofrezcan para la solución de problemas en ambientes distribuidos.

La distribución del documento es como sigue: en la sección 2 se va a exponer la revisión de la literatura sobre los ejes temáticos de la investigación. En la sección 3 se aborda el problema que se ha encontrado después de los resultados de la revisión bibliográfica. En la sección 4 están los objetivos y en la sección 5 la justificación, para luego pasar a la metodología, en las secciones 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 se dan los detalles y procedimientos de la investigación que se propone.

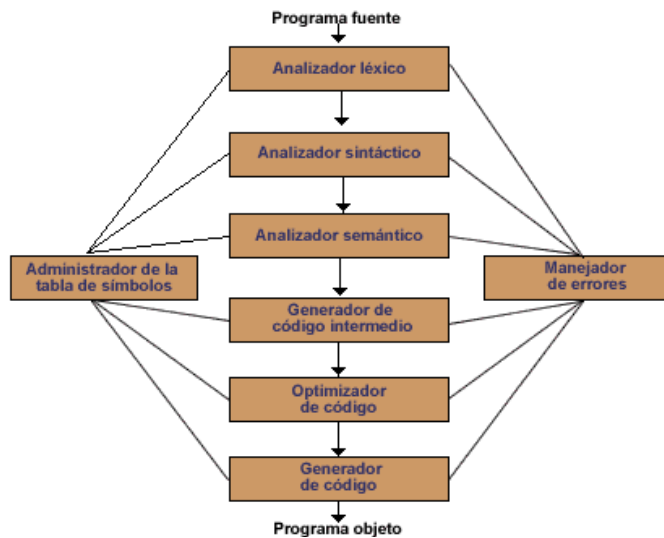
2 Revisión de Literatura

2.1 Lenguajes de programación.

Los lenguajes de programación son una herramienta que se usa para solucionar un problema en particular, como se muestra en [29] y [30]. Para el caso de esta investigación, hay varios retos por superar, enfocados al uso y configuración de redes Ad-hoc y de comunidades de agentes social inspirados. Para tener una concepción más amplia de lo que se requiere con el lenguaje de programación, es hacer una integración entre los nodos de una red Ad-hoc y comunidades de agentes, los cuales tendrán como función principal hacer gestiones a las conexiones de la red, para crear, modificar y/o eliminar un servicio de telecomunicaciones y solucionar una necesidad específica de transmisión de información.

El compilador de un lenguaje de programación está dividido en varios módulos como el analizador léxico, analizador sintáctico y analizador semántico, entre otros, los cuales se listan en [29]. Estos principios son mantenidos en los lenguajes de dominio específico, pero guardan las proporciones dependiendo de la aplicación para la cual han sido diseñados. Una de estas implementaciones se da en [21], que es una investigación en donde se ha realizado la modificación del sistema operativo TinyOS, con el propósito de darle funciones específicas de funcionamiento a los nodos de una red de sensores. De forma similar en [31] se trabaja con un lenguaje de dominio específico para la gestión de las funciones de los nodos.

Figura 2-1 Estructura de un compilador de programación

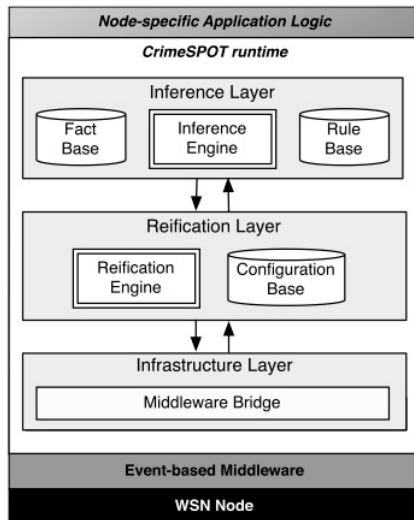


Referencia: adaptado de [29]

En la Figura 2-1 se encuentra la descripción de la composición de un compilador de un lenguaje de programación. Al realizar la división por capas, se han definido las funciones básicas que debe realizar un lenguaje de programación. Empezando con la entrada que son las instrucciones del usuario o programa fuente, luego pasa a un analizador léxico, que se encarga de hacer la división de las instrucciones en *tokens* que serán la entrada para el analizador sintáctico. El analizador sintáctico tiene como propósito revisar la sintaxis de las instrucciones del programa fuente en donde se verifica si tiene una estructura bien definida. La tercera capa es el analizador semántico, en este módulo se analiza si las instrucciones tienen sentido y de tal forma que se pueda proceder con las funciones u operaciones indicadas en el programa fuente. Los tres últimos módulos se encargan de realizar el proceso de generación y optimización de código para que la máquina ejecute las instrucciones dadas. Este es un

resumen de cómo se compone un compilador para un lenguaje de programación, una definición formal se puede encontrar en [29] [32] [33].

Figura 2-2: Arquitectura de un nodo diseñado por un DSL



Referencia: adaptado de [31]

En la Figura 2-2 se expone la concepción de un nodo de una red definido por el lenguaje construido en [31]. La estructura se maneja por capas, las cuales cumplen con tareas específicas; el nodo se divide en tres capas que contienen elementos como reglas de funcionamiento y base de configuración. Lo importante para tener en cuenta, es cómo se crean las funciones de las capas del nodo, esta claro que se utiliza una gramática para esto y los diferentes analizadores definidos en [8] y [21]. Un trabajo similar se muestra en [20], pero se diferencia en que se hace una modificación al sistema operativo TinyOS y se crea un lenguaje fundamentado en **C**. Este lenguaje de programación es pensado para la modificación de recursos a elementos embebidos en dispositivos pequeños. Este tipo de dispositivos son los que se necesitan para la implementación de redes Ad-hoc con una buena calidad de servicio.

Los lenguajes de programación tiene un elemento importante dentro de su estructura que es la gramática. Es un elemento de vital importancia para el funcionamiento de los lenguajes. En [34] se ha realizado el diseño de una gramática aleatoria, esto con el fin de acomodarse a las condiciones de una red Ad-hoc. Como se vio en [8], este tipo de redes tienden a un comportamiento aleatorio en la agregación o reducción de nodos a la topología de la red Ad-hoc. Esta técnica es consecuente con el contexto que se tiene en las redes Ad-hoc, debido a esto se especifican varias variables del sistema como la forma en la cual se deben tomar las decisiones de enrutamiento entre los nodos de la red. Otro trabajo que define una gramática específica para la aplicación de redes de área personal es [35]. Se realiza la adecuación de un problema de una red inalámbrica y se genera la solución con una gramática libre de contexto.

Figura 2-3: Definición de gramática para una red personal

$F \rightarrow S$	(1)
$S \rightarrow E ETS$	(2)
$E \rightarrow (E, E) (SENSOR, FEATURE) P LOC$	(3)
$T \rightarrow (time, C) (time, time) \epsilon$	(4)
$SENSOR \rightarrow chest waist wrist thigh ankle$	(5)
$FEATURE \rightarrow (threshold, C) (threshold, threshold)$	(6)
$C \rightarrow < >$	(7)
$P \rightarrow standing sitting lying$	(8)
$LOC \rightarrow bed couch other$	(9)

Referencia: adaptada de [35]

Lo que se observa en la Figura 2-3 es la definición de una gramática de contexto libre. Para este caso una producción que son las líneas del 1 al 9, denotan una función en particular. Por ejemplo para la producción número 9, define los parámetros del sensor que funciona dentro de la red inalámbrica.

Los lenguajes de dominio específico pueden trabajar sobre la solución a varios problemas, sin embargo se ha centrado la revisión de soluciones sobre redes Ad-hoc. En [26] se realiza la descripción de un DSL (*Domain Specific Language*), este lenguaje con su gramática definida se encarga de dar la propiedad de cooperación a los nodos de una red Ad-hoc. Se hace el enfoque para que trabaje en la solución de las limitaciones de los nodos de la red Ad-hoc. Un enfoque parecido se da en [27] ya que ha definido un lenguaje de dominio específico, teniendo una especial atención sobre la movilidad que se presentan en las redes Ad-hoc. Lo que se definió en este trabajo fue un metalenguaje, el cual pudiera funcionar en cualquier tipo de dispositivo con las características de un nodo inalámbrico.

Figura 2-4: Segmento metalenguaje para un nodos Ad-hoc

```

1  def leasedSession := aspect: {
2    //pointcut definition
3    capture: pass as: `session
4    and: { session.isTaggedAs('sessionType') };
5    //default advices
6    on: referencing do: {
7      RenewalOnCallLease.new(minutes(10));
8    };
9    on: expired do: {
10     system.println("session " + remoteUser + " expired");
11     senderLib.empty();
12   };
13   //custom advice
14   on: session.receive(msg)
15   and: {msg.methodName=='endExchange'} do: {revoke()};
16 }

```

Fuente: adaptada de [27]

En la Figura 2-4 se expone un segmento del código que se implementa con el lenguaje desarrollado en [27]. Lo que se observa son estructuras de control y palabras reservadas para la definición de funciones que permitan gestionar los nodos de la red. Otros trabajos que se centra en las redes de sensores son [36] y [37]. Estos trabajos definen el funcionamiento de los nodos a través de un lenguaje basado en el funcionamiento del sistema operativo TinyOS. Dado que este sistema operativo es especial para dispositivos pequeños, su arquitectura esta centrada en la utilización de los recursos disponibles en el dispositivo. En [37] se desarrolla un módulo para realizar el proceso de enrutamiento de una manera más eficiente.

Pero los lenguajes de dominio específico enfocados en redes inalámbricas no solo se diseñan para realizar tareas específicas de la operación de los nodos, también se han definido para abordar todo el desempeño de una red Ad-hoc. Hay que aclarar que los nodos son los que componen la red y que una red Ad-hoc es tan fuerte como su nodo más débil [8], tener una perspectiva de toda la red da varias ventajas. Los trabajos realizados en [38], [30], [39] se basan en un marco de referencia toda la red. De manera que en [39] se definió todo el lenguaje para una red

de sensores, se hace el diagrama UML para saber cual es el funcionamiento. En [30] se realiza toda la gramática del lenguaje para atender los problemas de enrutamiento entre los nodos. Un aspecto importante es que en [36] se define el contexto en el cual está la red; es así que se tiene un control sobre algunos los elementos que afectan a la red.

Uno de los aspectos claves en los lenguajes de programación es el analizador semántico que se describe en [29], de manera que en [40] se ha realizado un modelo para entender semánticamente como es la interoperabilidad de los sensores en una red. Un análisis a ese nivel permitir que los nodos reconozcan su posición dentro de la red. El estudio en [40] se puede completar con la investigación realizada en [41] ya que se diseña un *parsing* probabilístico, esta aplicación sobre [40] puede ser una combinación en la construcción de un analizador semántico para una red de sensores. Se debe considerar la arquitectura de los nodos en donde se piensa colocar los programas o script generados por el lenguaje de dominio específico. En [1] se realiza la modificación del sistema operativo TinyOS, pero considerando la dinámica de la red. Es de este modo que se debe llegar a un balance entre los recursos que cuentan los nodos y la estructura del programa generado por el lenguaje de dominio específico, enfocado a las redes Ad-hoc.

2.1.1 Retos a superar en los lenguajes de programación.

Los lenguajes de programación son una herramienta computacional que ayuda al diseño e implementación de soluciones a problemas particulares [42]. Sin embargo, se puede resaltar las siguientes cuestiones de interés en la concepción y diseño de un lenguaje de programación para un dominio en particular. Un lenguaje de programación debe tener los siguientes requerimientos, como lo indican los estudios hechos en [43], [44], [33], [45]:

- **Conformidad:** las construcciones del lenguaje deben corresponder a conceptos de dominio importantes.
- **Ortogonalidad:** cada instancia en el lenguaje se utiliza para representar exactamente un concepto distinto en el dominio.
- **Compatibilidad:** es factible proporcionar apoyo al lenguaje a través de herramientas como un modelo o programa de gestión, por ejemplo, crear, eliminar, editar, depurar.
- **Integralidad:** el lenguaje y sus herramientas, se pueden utilizar con otros lenguajes y herramientas con el mínimo esfuerzo.
- **Longevidad:** el lenguaje se debe usar y ser útil para un período no trivial de tiempo con el fin de asegurar el apoyo de la herramienta.
- **Simplicidad:** este es un requisito generalmente deseable. Un lenguaje debe ser tan simple como sea posible con el fin de expresar los conceptos de interés y para apoyar a sus usuarios en sus formas preferidas de trabajo.
- **Calidad:** el lenguaje debe establecer mecanismos generales de calidad de la construcción del sistema. Esto puede incluir que lenguaje se construye para la mejora de la fiabilidad, la seguridad y cuestiones sobre el funcionamiento del hardware donde esta trabajando.

En adición a estas características es deseable que la construcción de un lenguaje de programación cuente con escalabilidad, esta propiedad del lenguaje le permite crecer según las necesidades del entorno y de los requerimientos de los usuarios, por otro lado esta la usabilidad, en donde se cuente con elementos fácil de manejar y acceso rápido y seguro al los entornos de desarrollo.

Pero al trabajar sobre las formas de diseño mencionadas anteriormente de los lenguajes de programación, se pueden hacer algunas preguntas en consideración para el desarrollo de sistemas efectivos y que cubran las necesidades del sistema de cómputo TLÖN, en donde se ensamblan comunidades de agentes con los nodos de las redes Ad-hoc [33], [44].

- ¿Cómo se define de una manera adecuada el paradigma de programación para el lenguaje?
- ¿Cómo un lenguaje de programación simplifica la construcción de sistemas computacionales?

- ¿Cómo se implementa la gramática del lenguaje para describir el entorno en donde se va a usar la herramienta computacional?
- ¿Qué ventajas tiene un lenguaje de programación diseñado para un uso específico, que un lenguaje de programación de uso general?

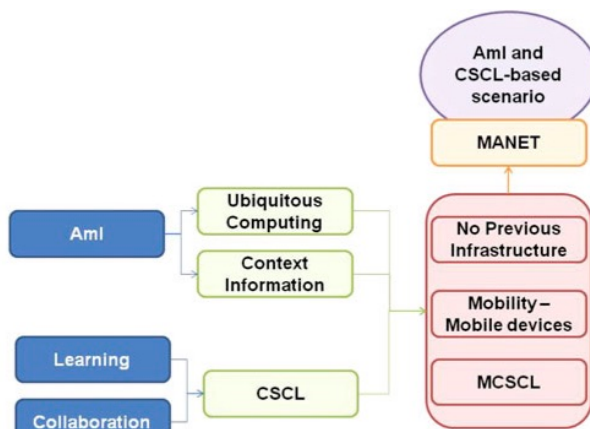
Se espera que con el desarrollo de la investigación se puedan dar respuestas a las preguntas planteadas.

2.2 Comunidades de Agentes

Por definición los agentes son entidades las cuales están compuestas por dos elementos fundamentales, un programa o software y un hardware o elemento físico en donde convive el programa, este concepto es expuesto en [46]. En la parte de hardware el agente debe contar con sensores y actuadores; los sensores son los encargados de hacer las mediciones del medio en el cual se encuentran. Con estas mediciones, que son las condiciones iniciales para la función o funciones que definen el comportamiento del agente, se hace el procesamiento y dan un resultado; este resultado será ejecutado por los actuadores que afectaran el ambiente en el cual se mueven los agentes, según se indica en [46] y [47]. Hay varios tipos de agentes con diferentes características para diferentes entornos o ambientes. La forma en la cual se diseña los agentes, brindan la oportunidad de dotarlos de funciones como movilidad, inteligencia, racionalidad entre otras, las cuales se describen en [46] y [48]. Por otro lado la reunión de varios agentes en un entorno, conlleva a la creación de una comunidad de agentes [49]. La idea de una comunidad de agentes es que la cooperación entre los diferentes individuos o entidades pueda solucionar problemas determinados del ambiente en donde se encuentran. Para definir esta cooperación, hay que definir las características de los agentes que conforman la comunidad [50], [51] una vez definida estas características, las condiciones de comunicación entre los agentes debe garantizar las acciones a realizar por la comunidad, de modo que se consigan resultados a los problemas encontrados en el ambiente.

En esta sección se va a exponer algunas aplicaciones de agentes de software y sistemas multi-agentes, enfocadas a las redes inalámbricas. De esta manera se muestra la flexibilidad de las redes Ad-hoc con el diseño de agentes. En [48] se realiza el diseño de un agente, el propósito de este agente es utilizar su función de operación para la gestión del nodo en donde está funcionando. Se ha implementado un *framework* que permite una guía de operación y así implementarlo en otros tipos de redes. La similitud de la investigación que se propone con el trabajo desarrollado en [28] se centra en el planteamiento de un diseño para que un sistema multi- agente pueda ser implementado en una red Ad-hoc.

Figura 2-5: Modelo de referencia para un sistema multi-agente de una red Ad-hoc.

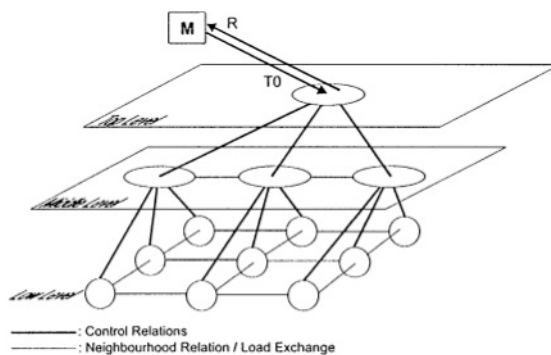


Referencia: adaptada de [28]

En la Figura 2-5 se describe el modelo utilizado en [28], este modelo tiene unas características importantes, como el manejo de capas en el sistema y considerar la movilidad de los dispositivos. También se definen las funciones del agente y por el otro lado esta la forma en la cual se relaciona la arquitectura de red con el agente, que en resumen gestiona el nodo en donde habita.

Una característica importante de los agentes, es que se pueden programar para aprender de su entorno, como se ve en [28]; teniendo en cuenta esta finalidad el estudio que se desarrolla en [52] además de brindar la funcionalidad de aprender al agente sobre el ambiente, también se define el concepto de un sistema distribuido, lo cual es muy conveniente debido a la naturaleza de las redes Ad-hoc. Otro ejemplo de la utilización del concepto de computación distribuida se ve en [53]; en este estudio se realiza una re-configuración de los agentes de una red Ad-hoc. Como se sabe de [8] la autoconfiguración es un elemento importante de la filosofía de las redes Ad-hoc, de manera que el desarrollo de este modelo puede ser un punto de referencia para el funcionamiento de las redes Ad-hoc utilizando agentes.

Figura 2-6: Modelo de jerarquía en la estructura de la red de sensores



Fuente: adaptada de [53]

En la Figura 2-6 se muestra la forma en la cual se diseñó el funcionamiento del sistema de agentes sobre los nodos de una red Ad-hoc. La utilización de capas por jerarquía es una solución de control de las diferentes funciones que debe cumplir un agente cuando se encarga de la gestión de los nodos de la red. La base de la jerarquía son los nodos que son controlados por el agente de la capa superior. Se debe notar que el agente depende del nodo, de sus recursos y su existencia, lo cual implica una relación fuerte entre los dos elementos.

La forma en la cual se hace la implementación de un sistema multi-agente sobre nodos de una red es seguida por el trabajo que se hace en [54] ya que utiliza un concepto importante para mejorar la eficiencia en el funcionamiento de la red en general. El concepto es cooperación. De manera que se utiliza un sistema de cooperación entre agentes para detectar intrusiones de seguridad en una red inalámbrica. Se demuestra en este trabajo que las aplicaciones que se le pueden dar a los agentes de software genera la flexibilidad para brindarle a las redes Ad-hoc un valor agregado en los servicios de telecomunicaciones.

2.2.1 Retos a superar en el campo de las comunidades de agentes.

Para la composición de las comunidades de agentes hay que tener en cuenta tres conceptos, inteligencia artificial, programación orientada a objetos y diseño de interfaces hombre máquina, esto según [55]. En la parte de inteligencia artificial las investigaciones se centran en la forma en la cual se puede tener un modelo para percibir el medio ambiente en donde están [46]. En la parte de la programación orientada a objetos, se tiene un mecanismo para enmarcar los estados en los cuales puede estar un agente y de esta manera llevar al mundo físico el estado correspondiente [56]. Por otro lado el lenguaje de programación se ha convertido en una herramienta para la

implementación de métodos que ayudan a los agentes a conseguir sus objetivos. Por último esta la interfaz humano máquina, es donde se centra la investigación para dotar a los agentes de una forma en la cual se puede comunicar entre otros agentes imitando el comportamiento humano, según lo que se indica en [57].

Las siguiente son las cuestiones sobre los sistemas multi-agente en donde se puede desarrollar investigaciones:

- Capacidad de solucionar problemas desde el punto de vista de cada agente.
- Tener un sistemas de control no-centralizado.
- Computación asíncrona.

Cuales son los retos de los sistemas multi-agentes, según [58], [55] [59], [60]:

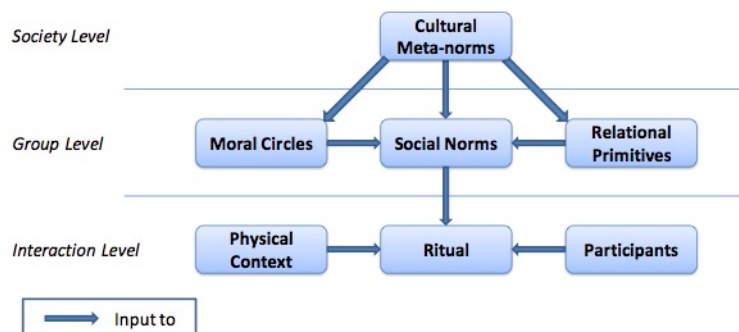
- ¿De qué manera se puede formular, describir y asignar problemas a un grupo de agentes?
- ¿Cómo habilitar de manera eficiente la comunicación entre agentes?
- ¿Cómo asegurar que el grupo de agentes toman una decisión acertada frente a un problema particular?
- ¿Cómo habilitar la representación de conocimiento a cada uno de los agentes de un grupo de agentes?
- ¿Cómo encontrar un equilibrio de procesamiento computación en un grupo de agentes?
- ¿Cómo controlar el comportamiento caótico de las interacciones de los agentes?
- ¿Cómo tener un método para el diseño de sistemas multi-agentes?

Estas cuestiones son los principios que se han tenido en el desarrollo de investigaciones sobre el comportamiento de los sistemas multiagentes y cuales son las aplicaciones que se pueden utilizar. Sin embargo se ha venido trabajando no en forma conjunta sobre todos estos aspectos, pero si en forma particular para cada una de las preguntar o cuestionamientos a resolver [49].

2.2.2 Comportamiento social inspirado.

Tomando las ideas de los sistemas biológicos se han desarrollado algoritmos bio-inspirados, un ejemplo son protocolos de enrutamiento de paquetes imitando el comportamiento de las hormigas [61]. Pero en estudios recientes [62], [63], [64] [65] se ha tomado el concepto de sociedad y cultura para el diseño de agentes que permitan realizar acciones determinadas por las interacciones entre los miembros de una comunidad. La idea de esta técnica es crear algoritmos y herramientas computaciones que se basen en el comportamiento social de individuos, en donde estén mezcladas varias características como altruismo, egoísmo, cooperación, coordinación entre otros más.

Figura 2-7: Modelo conceptual de un agente socio cultural



Fuente: adaptada de [64]

En el modelo que se muestra en la Figura 2-7 un agente socio-cultural se define en tres niveles, sociedad, grupal e interacciones. Cada una de estas capas aporta a la definición del agente, se presenta al agente como un individuo en una sociedad. Dependiendo de las variables de sus interacciones con el medio hay un comportamiento a nivel

grupal y a nivel de la sociedad. Los aspectos que se mencionan en el modelo de [64] y con las definiciones en [63] son el soporte para el inicio de desarrollo de agentes y comunidades de agentes que simulen comportamientos sociales para solucionar problemas específicos. Si bien en la vida cotidiana las sociedades han encontrado la forma de solucionar problemas, en ocasiones no de la mejor manera, la ventaja de los sistemas computacionales es que se puede crear las condiciones para que se aprovechen los recursos disponibles y las capacidades de cada individuo para dar solución a necesidades determinadas y no se tengan problemas como en las sociedades humanas.

2.3 Redes Ad-hoc

Por definición una red Ad-hoc es una colección de nodos interconectados inalámbricamente entre sí, pero la particularidad de este tipo de red es la forma en la cual se comporta, ya que los nodos de la red se pueden auto-configurar de manera que se crean conexiones espontáneas [8] [3]. Este tipo de redes muestran características interesantes como el hecho de que un nodo pueda entrar y salir sin problema alguno, genera comportamientos de aleatoriedad y dinamismo en las topologías y recursos a dimensionar [7]. La idea es que este tipo de redes de telecomunicaciones pueda ser flexible y solucionar problemas de conectividad y cobertura para ofrecer servicios particulares a los usuarios de la red [8].

Para iniciar con el concepto de redes Ad-hoc, se puede dar las descripciones sobre las características de las redes inalámbricas. A continuación se listan las principales características según los estudios hechos en [8] [66] [67]:

- Alta interferencia como resultado de la baja rentabilidad del medio de transmisión.
- Un bajo ancho de banda disponible y bajas tasas de transmisión, esto hace que la velocidad de transferencia de datos sea lenta comparada con las redes fijas, causa degradación en la calidad del servicio, incluyendo un alto *jitter*, altos retardos y tiempos largos de conexión.
- Una alta variabilidad en las condiciones de la red.
- Recursos limitados de computación y energía.
- Limitado servicio de cobertura.
- Recursos limitados de transmisión.
- Dispositivos de tamaño limitado con interfaces limitadas y pantallas pequeñas.
- Seguridad de la información baja.

Los tipos de redes inalámbricas se pueden clasificar de varias maneras, por su arquitectura, por su tecnología de acceso, por su área de cobertura o por sus aplicaciones [8] [5] [37]. En la clasificación por su arquitectura se encuentran basadas en una infraestructura fija y en red Ad-hoc [8]. En la clasificación por su tecnología de acceso se encuentran tecnologías como GSM, TDMA, IEEE 802.11, *bluetooth*, entre otras [7].

En la clasificación de las redes inalámbricas es importante notar que se han realizado investigaciones acerca de las redes de sensores y cuales deben ser sus principales características de funcionamiento. En estudios acerca de este tema [23] [68] [21] [25] se ve que la gestión de recursos sobre elementos de las redes son de crucial importancia para garantizar un buen funcionamiento. Sin embargo como los recursos son limitados, la posibilidad de ejercer un control óptimo, por ejemplo: el control se concentra en los dispositivos que reciben la información de los nodos y no en los sensores mismos [69]. Por otro lado el manejo de energía con el cual funciona los sensores es un recurso que impacta de manera directa el desempeño de la red [23]. Es de considerar que la transmisión de los datos se ve afectada por la potencia del transmisor.

2.3.1 Características y ventajas de las redes Ad-hoc.

Una de las ramas de las redes inalámbricas son las redes Ad-hoc, de manera que una de sus características son:

- Su medio de transmisión inalámbrica.
- No posee infraestructura y son autónomas.
- Poseen enrutamiento *multi-hopping*.

- Tiene movilidad.

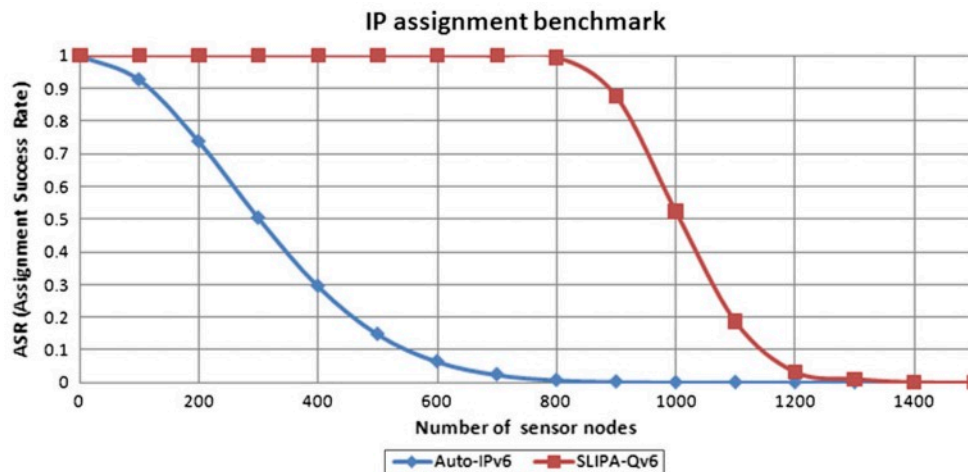
Los ítem anteriormente mencionadas son ventajas de las redes Ad-hoc referentes a otro tipo de tecnología de redes de datos. Por un lado esta la parte inalámbrica, ya que no necesita medios guiados para conectar los nodos entre si, pero los enlaces que se crean se ven afectados por las condiciones del medio ambiente [47]. La ventaja radica en que puede dar mayores posibilidades en cobertura a un bajo costo de implementación. Otra característica es la falta de infraestructura, eso le da un componente de flexibilidad, pero el problema se presenta en la forma en la cual se gestionan las reglas de funcionamiento de este tipo de redes [70]. El enrutamiento **multi-hopping** es la forma en la cual se puede realizar la comunicación entre nodos que no son vecinos o están geográficamente separados [71]. Las técnicas de enrutamiento son variadas y se basan en técnicas que se usan en las redes fijas [58]. El enrutamiento genera una dinámica en el funcionamiento de los nodos de las redes, ya que este proceso depende del tipo de técnica que se utilice, se debe manejar muy bien los recursos, desde la arquitectura interna del dispositivos como el procesamiento, hasta el manejo de corrientes para la transmisión de los datos [3].

Teniendo un panorama de las ventajas y problemas que se pueden presentar en las redes Ad-hoc, a continuación se va a realizar un descripción del enrutamiento, que es un proceso crucial para el buen funcionamiento de estos sistemas de telecomunicaciones, de manera que las redes sean funcionales buscando siempre una buena calidad de servicio.

2.3.2 Enrutamiento en las redes Ad-hoc.

En la sección anterior se ha discutido sobre algunas características de las redes Ad-hoc, pero no se profundizó en la forma como se hace el enrutamiento entre los nodos de este tipo de red. Primero hay que establecer un escenario en donde se considere todas la particularidades y variables que intervienen en la implementación de una red Ad-hoc. Por un lado están las condiciones del ambiente, esto hace que la información que se va a transmitir este expuesta a ruido del medio [8]. También hay que considerar que estos nodos tiene recursos limitados y estos recursos se deben usar solo en condiciones necesarias. Pero al ejecutar los algoritmos de enrutamiento, los procedimientos hacen que los nodos utilicen un porcentaje grande de sus recursos [72]. El enrutamiento se basa en que los nodos encuentren la mejor ruta entre un punto de partida y un punto de destino. Hay varias técnicas que se utilizan para esto [72], [73], [7]. Algunas técnicas se basan en algoritmos de enrutamientos para redes fijas, otros como en [73] utilizan sistemas de multi-agentes para conocer los nodos que están en la vecindad y luego realizar la tabla de enrutamiento. Todo este proceso de actualización de posición, actualización de tabla de enrutamiento, levantamiento de interfaces para hacer la retransmisión, hace que el proceso de enrutamiento gaste recursos de los nodos de la red. Para mostrar que el enrutamiento es un proceso de alto impacto en el desempeño de la red, en [72] se hace la simulación de la asignación de direcciones IPV6 a nodos de un red Ad-hoc, esto con el fin de crear el enrutamiento de los datos. El desempeño decae a razón del aumento del número de nodos que existen en la red Ad-hoc.

Figura 2-8: Asignación de direcciones IPV6



Fuente: adaptada de [72]

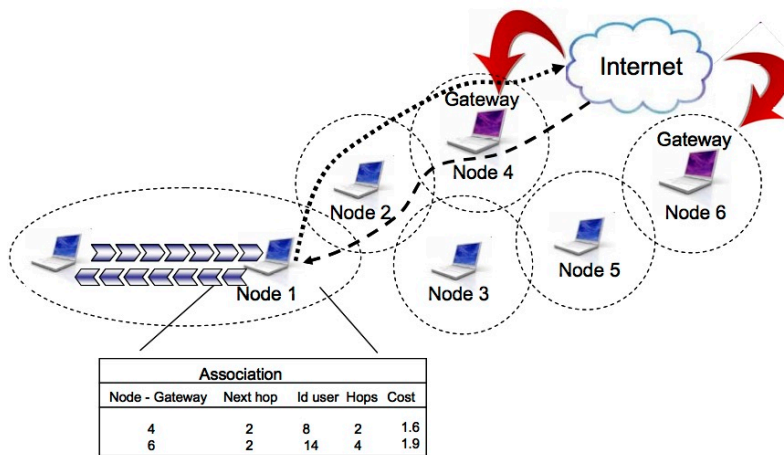
En la Figura 2-8 se tiene un escenario de simulación de más de 1400 nodos que componen una red Ad-hoc. Para realizar el enrutamiento el primer paso consiste en asignar direcciones IP, pero las curvas muestran que a mayor número de nodos, la tasa de asignación baja. Se muestra que el procesamiento en conjunto de la red baja al igual que su desempeño. Esto mismo se observa en [9], en donde se diseña un algoritmo de enrutamiento utilizando un algoritmo bio-inspirado en colonia de hormigas. Cuando se corre el algoritmo, el tiempo para la actualización de las tablas de enrutamiento se ve afectado por la cantidad de partículas o nodos en el sistema. También en [9] se hace una comparación de este tipo de técnica de enrutamiento con técnicas tradicionales como AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector) en donde el consumo de energía es mayor.

El problema de hacer un buen enrutamiento pero sin gastar recursos de los nodos se vuelve un elemento crucial en el desempeño de la red Ad-hoc. En [67] se propone un método para realizar un balance entre enrutamiento y el consumo de energía para la red. Se hace la propuesta de una ecuación de balance, basada en la segunda ley de la termodinámica, de este modo se encuentra la relación entre el consumo de potencia y los paquetes que puede entrar un nodo de la red.

Pero el balance que se puede lograr con el estudio dado en [67] puede sufrir algunos problemas de eficiencia gracias al sistemas operativo con el cual cuenten los nodos de la red. En la investigación desarrollada en [30], el sistemas operativo impacta directamente en las operaciones de enrutamiento, esto se muestra ya que teniendo un dispositivo MSB430, un sensor con capacidad de transmisión, se programa las funciones de enrutamiento para la difusión de transmisión. El hardware con el que cuenta este dispositivo no hace posible que la ecuación de balance da en [67] se implemente con facilidad.

Sin embargo, en la investigación desarrollada en [74] se ha propuesto otra solución para poder realizar la implementación del enrutamiento en las redes Ad-hoc. En [74] se presenta el concepto de agente de software. Con este agente se realiza la gestión de los recursos de los nodos y de esta manera optimizar el funcionamiento de los dispositivos. Para poder llegar a un nivel de funcionamiento aceptable de la red, se colocaron los agentes en internet, de manera que cuando se solicita el enrutamiento, las actualización de los nodos se realizara sin ningún problema.

Figura 2-9: Concepción de agentes inteligentes para hacer el enrutamiento.



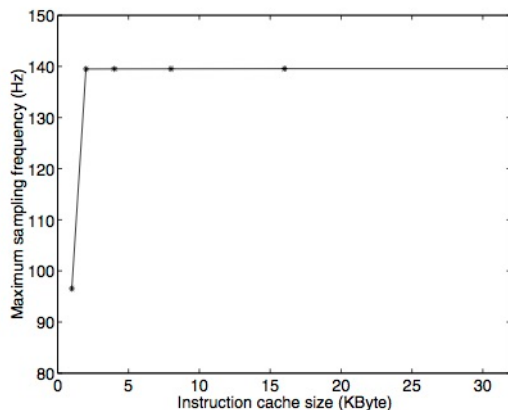
Fuente: adaptada de [74]

En la Figura 2-9 se aprecia un modelo de red Ad-hoc, esta red está compuesta por computadores personales conectados inalámbricamente con el protocolo IEEE 802.11. De manera que los nodos de esta red tienen la facilidad de guardar un agente, conectarse a Internet y enviar la información de enrutamiento. Esta información es la que se utiliza para hacer la actualización de la tabla de enrutamiento. Este ejemplo, es una forma de realizar el proceso de enrutamiento, pero se debe hacer la claridad de que los nodos son elementos con recursos físicos suficientes para conectarse a Internet y de procesar los datos de información de la red. Esto no se puede realizar de la misma manera en nodos con menores recursos, además hay que tener presente las características de las redes, en donde los nodos son heterogéneos.

2.3.3 **Desafíos** que afrontan en el diseño de redes Ad-hoc.

Como se describe en [75] las redes Ad-hoc necesitan superar problemas como degradación de las señales electromagnéticas a través del espacio libre. Una de las técnicas que se puede utilizar para **contrarrestar** este problema es colocar un sistema de monitoreo en los nodos, de manera que se pueda detectar cuando los nodos estén en un umbral crítico de recursos gastados. Estos problemas de propagación también se pueden observar en [23], **este estudio** muestra como es el desempeño de las redes Ad-hoc; se **expone cómo** el modelo que se ha planteado para medir el desempeño de la red, da como resultado la medición de los recursos que utilizan los nodos para mitigar el problema de los desvanecimientos.

Figura 2-10: Efecto del desempeño de procesamiento de una red de sensores



Fuente: Adaptado de [23]

En la Figura 2-10 se muestra el nivel de procesamiento que se da en una red de sensores. El significado de esta figura es que hay un tamaño constante en la memoria cache cuando se están ejecutando las instrucciones en los nodos de la red y se alcanza un nivel constante de muestreo de los nodos. De manera que el uso de los recursos limitados debe ser una prioridad en la administración de los nodos de la red de sensores [23].

Otro enfoque se puede dar en la administración de los nodos de una red Ad-hoc, con el fin de garantizar una calidad de servicio [71] se hace una presentación de un modelo computacional para la administración de los sistemas que no tienen una infraestructura física para su funcionamiento. La aplicación que se usa para comprobar el funcionamiento es una red VANET; el comportamiento en este tipo de aplicaciones es variable y dinámico, los cambios de topología se producen en intervalos cortos de tiempo. El control de topología es otro reto a superar, sin embargo la forma de administración de los nodos hace que se pueda llevar un registro de los cambios y de esta manera tener una variable para vigilar y tratar de controlar a la red Ad-hoc. [5] [58].

En el funcionamiento de las redes Ad-hoc está la autoconfiguración; la investigación realizada en [68], [76] se describe el procedimiento de autoconfiguración y auto organización que se presentan en las redes Ad-hoc. El proceso puede ser iniciado por varias técnicas disponibles. Una de estas técnicas es el uso de redes neuronales, en donde se entrena una red neuronal con los datos del entorno, es así que se realiza el cruce de la información entre los nodos y construyen las tablas de enrutamiento. Para tener una vista más general de cómo se puede realizar la autoconfiguración en las redes Ad-hoc, el uso de un sistemas de monitoreo [77] se usan señales de voltajes para hacer la sincronización entre los nodos. De la escogencia de la técnica adecuada para una red Ad-hoc en particular garantiza el buen funcionamiento, reiterando que se busca ofrecer una buena calidad de servicio.

Se han revisado tres aspectos a superar en el diseño e implementación de las redes Ad-hoc, la autoconfiguración, [76] y [78] la administración de nodos para hacer eficiente el funcionamiento de la red [79] y los problemas que se presentan en la propagación [80]. Otro aspecto a superar en el diseño de las redes Ad-hoc es la forma en la cual se hace la asignación de recursos. En [81] se muestra que la asignación de recursos se puede realizar mediante un algoritmo de optimización y aplicarlo a la capa física, de esta forma se garantiza que el espectro electromagnético, el cual es un recursos limitado, sea utilizado de manera eficiente.

Teniendo en cuenta las opciones de diseño de algoritmos y herramientas para poder implementar las redes Ad-hoc y considerando algunos resultados [10], [81], otra barrera que afrontan los ingenieros para el desarrollo de redes Ad-hoc es la manera en la cual se configuran los sistemas de gestión o sistemas internos de funcionamiento de los nodos de estas redes. Lo que se puede buscar para afrontar este problema son métodos que permitan un mejor dimensionamiento del contexto en el cual están las redes Ad-hoc pero que no involucre un gran gasto en los recursos de la red.

2.4 Síntesis de la Revisión de literatura.

Después de hacer un recorrido por la anterior revisión que se ha hecho sobre algunos artículos que se centran en los tres ejes de la investigación, lenguajes de programación, comunidades de agentes social inspirados y redes Ad-hoc se tiene la siguientes cuestiones:

¿Cómo se han desarrollado los diferentes lenguajes de programación para la implementación de aplicaciones generales y específicas?

Los lenguajes de programación para uso general tienen diversos paradigmas y estilos, sin embargo para la solución de problemas específicos se suele hacer modificaciones que permiten mejorar el desempeño a nivel de software y de hardware. Un ejemplo es SQL desarrollado para manejo de bases de datos [6] [43] [82]

¿Cómo se han desarrollado lenguajes de programación de dominio específico para la solución de problemas en el campo de las redes Ad-hoc?

Debido a las condiciones de una red Ad-hoc y sus aplicaciones como redes de sensores, se han desarrollado lenguajes de programación de uso específico para aprovechar los recursos limitados de los sensores y realizar los procedimientos requeridos por la red. Una lenguaje de programación que implementa eso es TinyOS. [20] [43]

¿Cuál es la concepción de una comunidad de agentes social inspirado y cuales son sus antecedentes?

Una comunidad de agentes se ha definido como la reunión de varios agentes los cuales se pueden dotar con características sociales basados en la cultura, por otro lado características como interacciones, comportamiento, definen la forma de trabajar del agente [65] [63]. En otro plano, falta una forma de implementar esta idea en un sistema computacional que tenga características similares a las sociedades humanas, en donde los individuos estén caracterizados y sus recursos no sean iguales.

¿Cómo las redes Ad-hoc han tenido un desarrollo amplio para cubrir las necesidades de cobertura y capacidad y cómo se han diferenciado de los otros tipos de redes inalámbricas?

Las redes inalámbricas han tenido una gran penetración en la vida diaria y han evolucionado para dar más capacidad y mayor cobertura [32], [83]. Sin embargo siguen existiendo problemas de cobertura, en donde las redes Ad-hoc son una forma de solucionar este problema. Sin embargo este tipo de redes presentan problemas con las capacidades de sus enlaces y las transferencias de información con buena calidad de servicio, según [76] [84] [85]. Hay aplicaciones con un buen potencial como las redes de sensores o las redes VANET [86] [30].

¿Cuáles han sido las aproximaciones del uso de agentes sobre redes Ad-hoc?

Para dar una mejor prestación en las aplicaciones de las redes Ad-hoc, como VANET, redes de sensores o redes para situaciones de emergencias, se han utilizado agentes que permiten una mejor gestión de los nodos de las redes [75], [21], [73], [10], [49]. El usos de sistemas multi agentes y agentes racionales ayudan a tener un mejor control de las variables que están presenten en el entorno de los nodos de una red Ad-hoc.

3 Planteamiento del Problema

Con el transcurso del tiempo, se han venido realizando varios estudios sobre las redes Ad-hoc, para aplicar nuevos métodos y técnicas que permitan mejorar las condiciones de calidad de servicio sobre las estructuras que se forman y de está manera brindar un tipo de bienestar a los usuarios finales [79], [84], [80]. Sin embargo la potencialidad de las redes Ad-hoc aún sigue sin ser aprovechado al máximo, ya que se necesitan de más herramientas que pueda ofrecer características similares en ambientes reales y proponer diseño acordes con estos entornos [87]. Una de la cuestiones que abarca el desempeño de las redes Ad-hoc, es la forma en la cual se hacen las asignaciones de recursos para la operación de la red. Se ha tratado de implementar servicios de coordinación y cooperación pero no han sido efectivos [7], [68], [1].

Por otro lado y tomando el concepto de lenguaje de programación, se tienen que los esfuerzos por acoplar lenguajes de programación que ayuden con soluciones de redes inalámbricas se ve un número importante de lenguajes desarrollados en los últimos años [88], [89], [32], sin embargo como se indicó en secciones anteriores estos lenguajes tiene una limitada concepción del entorno en donde se van a desempeñar los nodos que componen las redes, su funcionalidad es limitada solo a una aplicación particular de gestión y no se tiene una metodología clara para implementar sistemas multi-agentes sobre estos nodos.

Se han realizado implementaciones de agentes para soportar algunos servicios sobre redes Ad-hoc, utilizando sistemas multi-agentes [59], [90], pero estos sistemas no han desplegado la potencialidad que tiene para brindar oportunidades a las redes Ad-hoc de mejorar el desempeño y ofrecer una calidad de servicio adecuada a las necesidades de los usuarios [90], [59].

El panorama descrito proporciona como resultado un conjunto de retos a superar para diseño e implementaciones de redes Ad-hoc. La implementación de este tipo de redes se pueden convertir en solución a muchas aplicaciones de la industria, en la educación y en la vida cotidiana [24], [77], [2].

Surgen algunas preguntas, en donde las respuesta pueden ser encontradas a lo largo del desarrollo de la investigación. Los cuestionamientos que surgen son de varios tipos, desde la parte filosófica en el funcionamiento de las redes Ad-hoc, pasando por la parte operativa de los sistemas multi-agentes y los lenguajes de programación. Por otro lado esta la propuesta del sistema de computo TLÖN, en donde se esta buscando la forma de implementar una herramienta computacional que sirva para la creación o modificación de los elementos del sistema. También se debe considerar que el sistema de computo TLÖN se basa en modelos sociales y se debe encontrar la forma de traducir estos modelos social inspirados al modelo computacional.

Las preguntas que se plantean sobre los problemas descritos son las siguientes:

- ¿Cómo se modelan los parámetros de diseño de comunidades de agentes para cubrir las necesidades de los nodos de una red Ad-hoc?
- ¿Qué características debe tener un lenguaje de programación para la implementación de comunidades de agentes?
- ¿Cómo se mide el comportamiento de las interacciones sociales en una comunidad de agentes?
- ¿Cómo es la forma en la cual se diseñan las redes Ad-hoc para cubrir las necesidades de cobertura, capacidad y desempeño en la transmisión de datos?
- ¿Qué características son relevantes en la concepción de un lenguaje de programación para la creación, configuración y puesta en marcha de comunidades de agentes social inspirados?

Se propone que la pregunta que dirige la hoja de ruta de esta investigación es el porqué de enfocarse a la forma de hacer la integración de comunidades de agentes social inspirados sobre los nodos de las redes Ad-hoc. De manera que la pregunta de investigación es:

¿Cómo construir una herramienta computacional que controle el comportamiento físico y lógico de todos los recursos disponibles en una red Ad-hoc?

4 Objetivos

4.1 Objetivo General

Implementar un modelo de lenguaje de programación, basado en el concepto de comunidad de agentes social inspirados, que permitan el control de los recursos físicos y lógicos de una red Ad-hoc a través de la creación y/o modificación y/o eliminación de servicios.

4.2 Objetivos Específicos

1. Construir un marco teórico que permita establecer la relación entre los conceptos filosóficos de la social inspiración y el diseño de un lenguaje de programación.
2. Diseñar un modelo para la implementación de un lenguaje de programación que se base en el concepto de la social inspiración y se adecue al comportamiento de las redes Ad-hoc.

3. Implementar las fases de análisis léxico, análisis sintáctico y análisis semántico, con las propiedades del lenguaje de programación social inspirado y las características de las redes Ad-hoc.
4. Probar el funcionamiento del lenguaje de programación, implementando una comunidad de agentes social inspirado que permita la creación y/o modificación y/o eliminación de un servicio en una red Ad-hoc.

5 Justificación

Una de las causas principales del estudio de las redes Ad-hoc es poder controlar ambientes estocásticos o dinámicos en su comportamiento [8]. Una de los principios de las redes Ad-hoc es tener una estructura descentralizada y de conformación dinámica [81]. De manera que se presentan varios problemas para realizar una adecuada gestión sobre los elementos que conforma este tipo de redes. Por otro lado las redes Ad-hoc proporcionan una buena herramienta de comunicación entre diferentes dispositivos y proveen diferentes servicios. Sin embargo los diseño y análisis de los ambientes dinámicos son realizados a través de simuladores, los cuales hacen una aproximación a la realidad, pero aún no han contemplado todas las variables de los entornos reales. El uso de simuladores se ha popularizado entre la comunidad científica ya que estas herramientas le permiten a los diseñadores de redes a tener una concepción del futuro funcionamiento de una implementación que se tenga proyectada como en [91], pero en ocasiones estas aproximaciones llevadas a la implementación distan en términos de desempeño, de manera que se debe tener en una herramienta la cual permita cerrar la brecha entre la simulación y la implementación.

También desde el punto de vista implementación [92], [36], [9] las propiedades que fundamentan el comportamiento de una red Ad-hoc, como autoconfiguración, manejo de la potencia de los nodos, enrutamiento, control de topología, son aspectos que los nodos no tiene conciencia de lo que esta pasando en el entorno, solo responde a las peticiones de traspaso de información. Como resultado de este aspecto los sistemas de gestión [72], [71] hacen que el procesamiento sea pesado y la eficiencia del software desarrollado tenga puntos débiles. Una forma de contrarrestar estas deficiencias es la concepción de funciones dentro los nodos de las redes Ad-hoc y moldearlos de manera que se pueda tener un control efectivo sobre los recursos disponibles y mejorar la calidad del servicio ofrecido.

Para el apoyo en el diseño e implementación de una red Ad-hoc se utiliza los sistemas multi-agentes, los cuales pueden ayudar a resolver problemas como el enrutamiento entre los nodos o la asignación de ancho de banda para los canales inalámbricos entre diferentes nodos como se muestra en [8]. De manera, que la implementación de un lenguaje de programación que pueda integrar los sistemas multi agente con los nodos de la red Ad-hoc presenta retos como la concepción de un paradigma de programación para este lenguaje, la utilización del concepto de inmanencia expuesto en [18] para dar sentido a la forma de operar las comunidades de agentes social inspirados y los mismos nodos de las redes Ad-hoc.

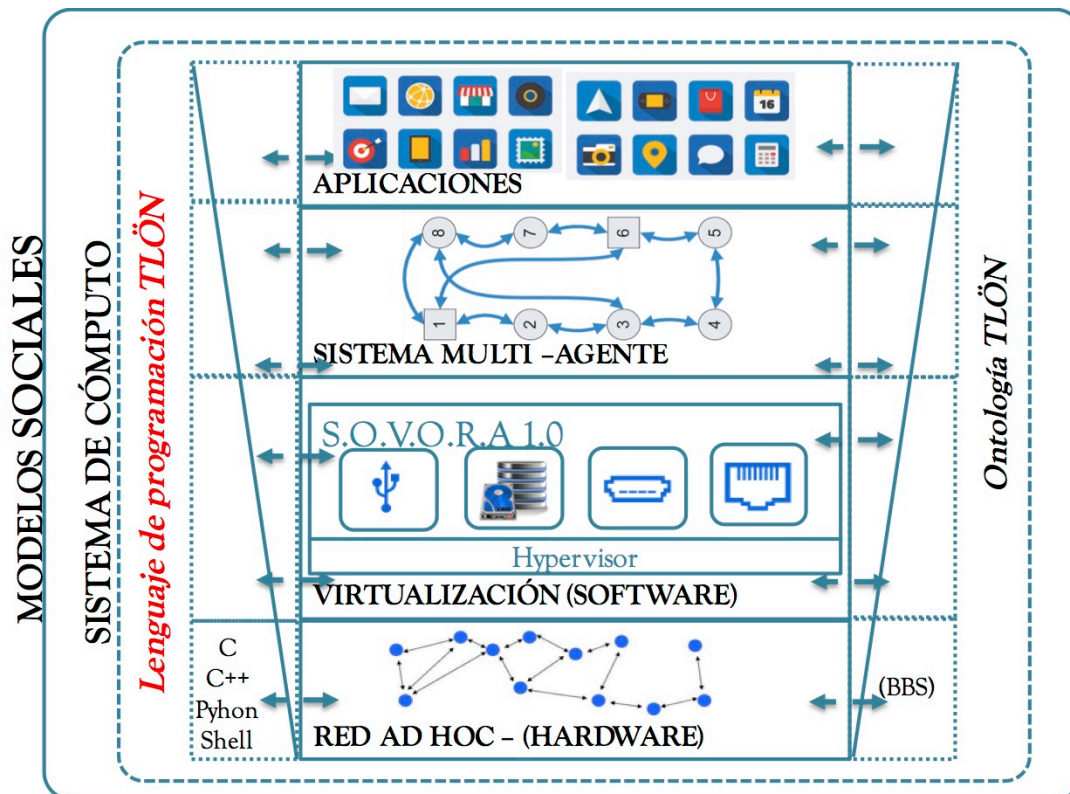
Como consecuencia del comportamiento que se genera en las comunidades multi-agente que se ven en [50] donde la asignación de recursos es una operación de vital importancia para el buen funcionamiento de la red, se carece de una estructura de control nativa en los nodos que permita hacer esta operación de manera sencilla. De modo que el concepto de justicia definido en [19] puede aplicarse a la configuración y generación de redes Ad-hoc, en donde la calidad de servicio sea la mejor con los recursos disponibles en los nodos de la red. Sin embargo, las herramienta actuales de programación contemplan parámetros generales para la configuración de un sistema multi-agente, pero un lenguaje de programación que conciba esta característica de forma nativa al sistema multi-agente será más potente en la implementación de soluciones de justicia en la res Ad-hoc.

En términos de aplicaciones que se puedan ofrecer con las redes Ad-hoc, se puede ver que una forma de diseño e implementación que se propone con el sistema de cómputo TLÓN sería de utilidad, ya que al tener un problema

particular que se pueda solucionar al desplegar una red Ad-hoc como se hace en [77] [31] [73] [58], se llegará a realizar el programa computacional para programar los nodos y ofrecer la solución al problema dado [61] [10]. Por ejemplo: en un cultivo de café, en donde se necesite tener información del estado del suelo y del clima, una red de sensores inalámbricos es una buena opción para realizar este monitoreo. Con las redes que se han desplegado en investigaciones anteriores [48], [77], el problema que se presenta en los nodos es su característica de no movilidad y solo realizan la función de enviar información, de manera que se puede programar un sistema multi-agente, el cual viva en los nodos y mejore eficientemente el tiempo de vida de los nodos, los tiempos de transmisión entre nodos y la optimización de recursos de los nodos.

Una posible solución a los requerimientos de nuevas aplicaciones es la implementación de un sistema de computación dinámica y distribuida, el cual tenga la flexibilidad de funcionar en el entorno de las redes Ad-hoc. Este sistema de computo es definido por capas, cada capa tiene una función en particular, pero un componente transversal a todo el sistema de computo es el lenguaje de programación, que permitirá modificar a cada una de las capas, con el fin de programar las funciones del sistema buscando siempre mejorar el desempeño de la red Ad-hoc y el servicio que se este ofreciendo.

Figura 5-1: Sistema de computo TLÖN



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5-1 se muestra la concepción de un sistema de computación dinámica y distribuido, al que se le ha denominado TLÖN. Este sistema se ha definido por capas, en la primera capa está la red Ad-hoc, que es el hardware del sistema y definen sus características de comportamiento. Las otras capas son virtualización, sistemas multi-agentes, modelo y principio social, por ultimo están las aplicaciones del sistema. Como se puede observar el lenguaje de programación es el elemento transversal que permea todas las capas. Es así, que esta propuesta se centra en la idea de crear un modelo de un lenguaje de programación para crear comunidades de agentes social inspirados basándose en los principios de social inspiración (justicia e inmanencia).

En la Figura 5-1 se puede notar al lado izquierdo del modelo de capas, una cuña definida como lenguaje de programación. Esto implica que el lenguaje de programación tendrá más impacto en las capas superiores y no tanto en las capas inferiores, pero sin duda si debe concebir las características necesarias para la implementación de redes Ad-hoc basados en la social inspiración.

6 Metodología

En la construcción de esta investigación se han identificado los siguientes aspectos metodológicos. El tipo de estudio que se va a realizar es un estudio de exploración, esto se debe a que se tiene que realizar una búsqueda sobre los temas que encierran los tres ejes temáticos de la investigación los cuales son redes Ad-hoc, comunidades de agentes y lenguajes de programación. El tipo de diseño que se va a realizar en la investigación es experimental, ya que gracias a la naturaleza de los métodos que se utilizan para la comprobación y obtención de los resultados, se hacen sobre elementos computacionales en donde se debe realizar pruebas y plantear métodos para realizar dichas pruebas. Como estrategia de investigación se ha clasificado este trabajo como una estrategia cuantitativa, esto es gracias a que el lenguaje que se quiere construir necesita de los valores y mediciones dados por el comportamiento de los nodos que conforman una red Ad-hoc y las interacciones entre los agentes de las cuales se alimenta el lenguaje programación.

Como se ha mencionado en el párrafo anterior, se tienen los pasos y estrategias con las cuales se va a desarrollar esta investigación. Primero se debe tener en cuenta la parte de la vista de pensamiento de cómo es la investigación. Dado que para este trabajo se han definido en los conceptos que son inmanencia [18], justicia [19]. Estos elementos son los principios que van a regir la construcción del lenguaje, ya que son los mismos principios que deben regir el comportamiento de los nodos de las redes Ad-hoc y las comunidades de agentes social inspirados.

Se debe realizar una construcción de una base de conocimiento, la cual soporte los conceptos que encierra la construcción del lenguaje. De manera que se debe manejar la exploración de trabajos parecidos que tengan resultados, los cuales se puedan utilizar como referencia para la comparación del desempeño de el lenguaje. Una de las formas de comprobar como es el funcionamiento del producto final de esta investigación es la prueba del funcionamiento por partes o por módulos, para esto se debe diseñar un conjunto de pruebas, la cuales comprueben el funcionamiento de cada parte del lenguaje.

La estrategia que se va plantear para el análisis de los datos o resultados de las funciones del lenguaje es de tipo cuantitativo, ya que las mediciones del desempeño de los nodos en la transmisión de los paquetes por el enlace o enlaces que se crean. Estos datos deben ser consolidados y medidos, ya que serán la materia prima para la elaboración de una función que permitan optimizar el funcionamiento del lenguaje. Pero también se tienen los datos que arrojan los nivel de procesamiento de los nodos que conforman la red. Estos datos son un insumo para comprender como se puede mejorar la gestión de recursos por medio de funciones programadas de una manera adecuada, esta debe ser una de las finalidades del lenguaje de programación que se esta proponiendo construir.

La hoja de ruta debe ser trazada teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, teniendo en mente que la construcción del lenguaje de programación debe garantizar una herramienta para el diseño de una red Ad-hoc, en donde los nodos sean gestionados por comunidades de agentes social inspirados y se puedan ofrecer diferentes servicios de telecomunicaciones.

Se van a considerar cinco grandes fases en el desarrollo del proyecto, estas fases van relacionadas con los objetivos específicos planteados. De manera que se debe tener una secuencia en las fases y al obtener una fase se avance a la otra. Las fases son las siguientes:

1. Conceptualización de los aspectos teóricos que enmarcan los ejes fundamentales de la investigación, redes Ad-hoc, comunidades de agentes y lenguajes de programación.

2. Diseño del modelo del lenguaje de programación.
3. Construcción de los módulos para el análisis léxico, sintáctico y semántico.
4. Integración de los módulos que se basan en los analizadores léxico, sintáctico y semántico.
5. Construcción de un set de pruebas para analizar el comportamiento de las comunidades de agentes social inspiradas construidas a partir del lenguaje de programación.

Las anteriores fases, son los pasos a seguir para la consecución del objetivo general de la investigación que se propone.

7 Plan de Trabajo

Fase	Hito de la Fase	Actividades	Esfuerzo (semanas)	Evidencias verificables
1	<u>Conceptualización de los aspectos teóricos que enmarcan los ejes fundamentales de la investigación, redes Ad-hoc, comunidades de agentes y lenguajes de programación.</u>	<u>Documentación sobre redes Ad-hoc</u>	<u>4</u>	• <u>Documentos que describan el comportamiento de las redes Ad-hoc</u>
		<u>Documentación sobre comunidades de agentes social inspirados</u>	<u>4</u>	• <u>Documentos que describan el comportamiento de las comunidades de agentes</u>
		<u>Documentación sobre lenguajes de programación</u>	<u>4</u>	• <u>Documentos que describan el funcionamiento del lenguaje de programación</u>
		Documentar sobre integraciones de lenguajes de programación y agentes.	<u>8</u>	• <u>Artículo que muestra como es la integración de un agente social inspirado en un nodo de una red a través de un lenguaje de programación diseñado</u>
2	Diseño del modelo del lenguaje de programación	<u>Documentación del paradigma de programación.</u>	<u>6</u>	• <u>Un documento en donde explique</u> cual es el paradigma de programación en el cual se fundamenta el lenguaje de programación
		Documentación de las gramática que se debe emplear en el lenguaje.	<u>6</u>	• <u>Un documento en donde explique</u> que tipo de gramática se necesita considerar en el lenguaje de programación.
		Documentación sobre el tipo de análisis sintáctico y semántico que debe empear el lenguaje.	<u>6</u>	• <u>Un documento en donde se muestre</u> la forma de diseñar autómatas finitos deterministas y arboles de sintaxis.
		Definir las herramientas computacionales para la construcción de los analizadores.	<u>6</u>	• Un documento que muestre las funcionalidades de herramientas para la construcción del lenguaje de programación.
		Pruebas sobre las herramientas computacionales consideradas	<u>4</u>	• <u>Un documento con los resultados de las pruebas sobre las herramientas escogidas y analizadas.</u>
3 y 4	Construcción e integración de los módulos para el análisis léxico, sintáctico y semántico.	Diseño de la gramática del lenguajes	<u>6</u>	• Un documento con la descripción de la gramática.
		Diseño y análisis de los arboles sintácticos que se obtengan.	<u>6</u>	• Un documento que muestre el diseño del árbol sintáctico.
		<u>Construcción del analizador léxico en C y ANTLR</u>	<u>6</u>	• Un ejecutable con el analizador léxico
		Construcción del analizador sintáctico en C y ANTLR	6	• Un ejecutable con el analizador sintáctico
		<u>Documentación de las implementaciones hechas</u>	<u>6</u>	• <u>Documento en donde se exponga el proceso de implementación y resultados de las pruebas hechas</u>
5	Construcción de un set de pruebas para analizar el comportamiento de las comunidades de agentes social inspiradas construidas a partir del lenguaje de programación.	Diseño del conjunto de pruebas	<u>6</u>	• <u>Un documento que muestre como se hacen las pruebas sobre el lenguaje de programación.</u>
		Prueba sobre la red Ad-hoc	<u>8</u>	• <u>Un documento y un prototipo de una red Ad-hoc funcionando.</u>
		Integración de comunidades de agentes social inspirados sobre la red Ad-hoc.	6	• Un documento en donde se especifique la integración realizada.
		<u>Pruebas de implementación de comunidades de agentes en una red Ad-hoc utilizando el lenguaje creado.</u>	<u>6</u>	• <u>Un documento en donde se muestren los resultados de las pruebas hechas.</u>
ESFUERZO TOTAL (semanas/hombre)			104	

Fuente: Elaboración propia.

8 Resultados y Productos Esperados

8.1 Generación de Nuevo Conocimiento

Tabla 1 Generación de Nuevo Conocimiento

Resultado/Producto Esperado	Indicador	Beneficiarios
<u>Artículo del estado del arte sobre la integración de redes Ad-hoc, comunidades de agentes y lenguajes de programación</u>	• <u>Artículo en revista indexada B o superior</u>	• <u>Ponente de la investigación, asesor de la investigación</u>
Artículo sobre el modelo del lenguaje de programación.	• <u>Artículo en revista indexada B o superior</u>	
Artículo de investigación sobre la construcción del analizador sintáctico.	• <u>Artículo en revista indexada B o superior</u>	
Artículo sobre la construcción del analizador semántico.	• <u>Artículo en revista indexada B o superior</u>	
<u>Artículos con los resultados finales de la investigación</u>	• Artículos en revistas A1	

Fuente: Elaboración propia.

8.2 Conducentes al fortalecimiento de la capacidad científica nacional

Tabla 2 Fortalecimiento de la capacidad científica nacional

Resultado/Producto Esperado	Indicador	Beneficiarios
Tesis de doctorado, sobre la construcción de un lenguaje de programación para un sistemas de computo distribuido	Documento tesis de doctorado	Estudiante de doctorado en ingeniería de sistemas y ciencias de la computación
Tesis de maestría, implementación de redes Ad-hoc en el campus universitarios	Documento tesis de maestría	Estudiante de maestría en telecomunicaciones
Tesis de maestría sobre comunicación M2M	Documento tesis de maestría	Estudiante de maestría en telecomunicaciones

Fuente: Elaboración propia.

8.3 Dirigidos a la apropiación social del conocimiento

Tabla 3 Apropiación social del conocimiento

Resultado/Producto Esperado	Indicador	Beneficiario
Documento con la fundamentación de redes Ad-hoc y sus aplicaciones en la agricultura, la educación y la domótica	Documento como referencia para la aplicación de esta tecnología en la industria nacional	Comunidad que utilice tecnología de redes para mejorar procesos productivos
Documento de la implementación de un Lenguaje de programación sobre redes Ad-hoc	Documento de referencia para investigaciones futuras	Comunidad académica en ciencias de la computación
Documento de la implantación de comunidades de agentes sobre redes Ad-hoc	Documento de referencia para investigaciones futuras	Comunidad académica en ciencias de la computación

Fuente: Elaboración propia.

9 Cronograma

Actividad	2014-2	2015-1	2015-2	2016-1	2016-2	2017-1	2017-2	2018-1
Definición del tema de investigación: se ha definido como tema de investigación la creación de un prototipo de lenguaje de programación para redes ad-hoc								
Realización de una aproximación de un documento en donde se expone la idea que se tiene para el tema de investigación.								
Creación y consolidación de un grupo de trabajo, bajo el marco de un grupo de investigación nuevo para el departamento de sistemas e industrial								
Revisión del tema de lenguajes de programación y redes Ad-hoc, con la supervisión del director de tesis.								
Creación de la propuesta de investigación. Se crea el documento con los requisitos exigidos por la universidad.								
Redacción de un artículo de investigación sobre el problema de investigación que se ha venido trabajando								
Planeación de las etapas de la investigación que va a seguir el grupo, basándose sobre la metodología de PMI.								

Revisión de la propuesta de investigación para la preparación del examen doctoral								
Presentación del examen doctoral. Requisito exigido por la universidad								
Redacción de un artículo de investigación con los resultados previos a la primera etapa de la investigación. (Definición de la gramática del lenguaje de programación).								
Consecución de la pasantía, requisito de la universidad								
Implementación de la primera versión de los analizadores del compilador								
Redacción de un artículo de investigación con los resultados previos de la implementación de los analizadores del compilador.								
Implementación de las comunidades de agentes con el lenguaje de programación sobre las redes Ad-hoc.								
Diseño del escenario de pruebas para la primera versión del lenguaje de programación y las comunidades de agentes social inspirados.								
Realización de la pasantía de investigación.								
Documentación de las implementaciones hechas.								
Redacción de un artículo de investigación de los resultados de la segunda etapa de desarrollo de la tesis.								
Recopilación de resultados y ensamble del documento de la tesis.								
Redacción de un artículo de investigación de los resultados de la tercera etapa de desarrollo de la tesis.								

Sustentación de la tesis de doctorado								
Redacción de un artículo de investigación de los resultados finales del desarrollo de la tesis.								

Fuente: Elaboración propia.

10 Presupuesto

Tabla 4. Presupuesto General del Proyecto

Rubro	Fuentes					Total
	En especie			Recursos Frescos		
	U Nacional	Colciencias		Grupo TLON	Estudiante	
Personal	<u>\$15.472.109</u>	<u>\$10.000.000</u>	-	<u>\$-</u>	<u>\$10.000.000</u>	<u>\$35.472.109</u>
Equipos	<u>\$5.000.000</u>	<u>\$-</u>	-	<u>\$-</u>	<u>\$2.000.000</u>	<u>\$7.000.000</u>
Software	<u>\$5.000.000</u>	<u>\$-</u>	-	<u>\$-</u>	<u>\$-</u>	<u>\$5.000.000</u>
Materiales	<u>\$5.000.000</u>	<u>\$-</u>	-	<u>\$-</u>	<u>\$-</u>	<u>\$5.000.000</u>
Material Bibliográfico	<u>\$20.000.000</u>	<u>\$-</u>	-	<u>\$-</u>	<u>\$500.000</u>	<u>\$20.500.000</u>
Publicaciones	<u>\$5.000.000</u>	<u>\$-</u>	-	<u>\$-</u>	<u>\$-</u>	<u>\$5.000.000</u>
Costos Académicos	<u>\$8.800.000</u>	\$35.200.000	-	<u>\$-</u>	<u>\$-</u>	<u>\$44.000.000</u>
Viajes	<u>\$3.000.000</u>	<u>\$4.000.000</u>	-	<u>\$-</u>	<u>\$-</u>	<u>\$7.000.000</u>
Total	<u>\$67.272.109</u>	<u>\$49.200.000</u>	-	-	<u>\$12.500.000</u>	<u>\$128.972.109</u>

Fuente: Elaboración propia.

11 Bibliografía

- [1] Y.-T. Chien, T.-C. Chou, P H Chen, "Enix: A lightweight dynamic operating system for tightly constrained wireless sensor platforms," *SenSys 2010 - Proceedings of the 8th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, vol. 1, no. 1, pp. 183-196, 2010.
- [2] N Pfisterer, D Fischer, S Glombitza, "Using state machines for a model driven development of web service-based sensor network applications," *Proceedings - International Conference on Software Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 2-7, 2010.
- [3] Y Kremer, U Stere, A Iftode, L Ni, "Programming ad-hoc networks of mobile and resource-constrained devices," *ACM SIGPLAN Notices*, vol. 40, no. 6, pp. 249-260, 2005.
- [4] B Alzyoud, F Y El-Khairy, A Zakarneh, E Alhadidi, "A comparision study of common routing protocols used in wireless Ad-Hoc networks," *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, vol. 5, no. 12, pp. 3287-3293, 2013.
- [5] F Nawaz, S Jabeen, "In-network wireless sensor network query processors: State of the art, challenges and future directions," *Information Fusion*, vol. 25, no. 1, pp. 1-15, 2015.
- [6] Iztok and Fister, Iztok and Mernik, Marjan and Brest, Janez Fister Jr, "Design and implementation of domain-specific language Easytime," *Computer Languages, Systems & Structures*, vol. 4, pp. 151-167, 2011.

- [7] D.-P. Wang, X.-W. Huang, M Qu, "Component based ant routing protocols analysis over mobile ad hoc networks," *Journal of Central South University*, vol. 20, no. 9, pp. 2378-2387, 2013.
- [8] Stefano and Conti, Marco and Giordano, Silvia and Stojmenovic, Ivan Basagni, *Mobile ad hoc networking*, John Wiley & Sons, Ed., 2004.
- [9] F.-H. Lo, H.-F. Juan, S C Lee, W.-T. Liao, J.-C. Liu, "Energy-efficient ant-colony-based routing algorithm for the MANETs," *Journal of Internet Technology*, vol. 14, no. 1, pp. 21-30, 2013.
- [10] L Biundo, A Scarpa, M Puliafito, A Paladina, "Artificial Intelligence and synchronization in wireless sensor networks," *Journal of Networks*, vol. 4, no. 6, pp. 382-391, 2009.
- [11] Xinzhou and Tavildar, Saurabha and Shakkottai, Sanjay and Richardson, Tom and Li, Junyi and Laroia, Rajiv and Jovicic, Aleksandar Wu, "FlashLinQ: A synchronous distributed scheduler for peer-to-peer ad hoc networks," *IEEE/ACM Transactions on Networking (TON)*, vol. 21, no. 4, pp. 1215-1228, 2013.
- [12] Carlos Gershenson, "The implications of interactions for science and philosophy," *Foundations of Science*, vol. 18, no. 4, pp. 781-790, 2013.
- [13] Nelson and Maldonado, Carlos and Gershenson, Carlos Fernández, "Information measures of complexity, emergence, self-organization, homeostasis, and autopoiesis," *Guided self-organization: Inception*, pp. 19-51, 2014.
- [14] Paulo and Rodrigues, Luis Verissimo, *Distributed systems for system architects.*: Springer Science & Business Media, 2012.
- [15] Falko and Hartenstein, Hannes and Altintas, Onur and Tonguz, Ozan Dressler, "Inter-vehicle communication: Quo vadis," *Communications Magazine, IEEE*, vol. 52, no. 6, pp. 170-177, 2014.
- [16] Seung-Bae and Gershenson, Carlos and D'Hooghe, Bart Cools, "Self-organizing traffic lights: A realistic simulation," *Advances in applied self-organizing systems*, pp. 45-55, 2013.
- [17] Francisco Varela Humberto Maturana, *El árbol del conocimiento: las bases biológicas del entendimiento humano.*: LUMEN HUMANITAS , 2013.
- [18] Spinoza Baruch, *Ética demostrada según el orden geométrico.*, 2002.
- [19] John Rawls, *Teoría de la justicia.*: Fondo de cultura económica, 2012.
- [20] D Levis, P Von Behren, R Welsh, M Brewer, E Culler, D Gay, "The nesC language: A holistic approach to networked embedded systems," *ACM SIGPLAN Notices*, vol. 49, no. 4, pp. 41-51, 2014.
- [21] K K Gay, D Chang, "Language support for interoperable messaging in sensor networks," *ACM International Conference Proceeding Series*, vol. 136, pp. 1-9, 2005.
- [22] Fabio and Mecella, Massimo De Rosa, "Designing and Implementing a MANET Network Service Interface with Compact.NET on Pocket PC," *NET Technologies 2005*, vol. 77, 2005.
- [23] A Ou, J Prasanna, V K Bakshi, "Towards automatic synthesis of a class of application-specific sensor networks Towards automatic synthesis of a class of application-specific sensor networks," *Proceedings of the 2002 International Conference on Compilers, Architecture, and Synthesis for Embedded Systems, CASES '02*, vol. 1, no. 1, pp. 50-58, 2002.
- [24] Shan and Hei, Xiaojun and Zhu, Junhua and Bensaou, Brahim Chen, "Congestion Control in the Wired Cum Wireless Internet," *Heterogeneous Wireless Access Networks*, vol. 1, no. 1, pp. 1-37, 2009.
- [25] K Gupta, S Ray, A Wettergren, T A Mukherjee, "Statistical-mechanics-inspired optimization of sensor field configuration for detection of mobile targets," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics*, vol. 41, no. 3, pp. 783-791, 2011.
- [26] J J Beresford, A R Mycroft, A Davies, "Language-based optimisation of sensor-driven distributed computing applications," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 4961 LNCS, pp. 407-422, 2008.
- [27] E Cleenewerk, T Dedeker, J De Meuter, W Gonzalez Boix, "Towards a domain-specific aspect language for leasing in mobile ad hoc networks," *DSAL'08: Proceedings of the 2008 AOSD Workshop on Domain-specific Aspect Languages*, 2008.

-
- [28] Ó Tapia, D I Alonso, R S Rodríguez, S Corchado, J M García, "Ambient intelligence and collaborative e-learning: A new definition model," *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, vol. 3, no. 3, pp. 239-247, 2012.
- [29] Alfred V Aho, *Compilers: Principles, Techniques, And Tools* Author: Alfred V. Aho, Ravi Sethi, Jeffrey D. Ullman.: Addison Wesley, 1986.
- [30] K Schiller, J Terfloeth, "Ruling networks with RDL: A domain-specific language to task wireless sensor networks," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 5321 LNCS, no. 1, pp. 127-134, 2008.
- [31] C Scholliers, C Amerijckx, W D'Hondt, T De Meuter, W De Roover, "CrimeSPOT: A language and runtime for developing active wireless sensor network applications," *Science of Computer Programming*, vol. 78, no. 10, pp. 1951-1970, 2013.
- [32] Shuanhu and Huang, Chien-Lin and Tan, Yeow-Kee and Ma, Bin Bai, "Language models learning for domain-specific natural language user interaction," *Robotics and Biomimetics (ROBIO), 2009 IEEE International Conference on*, vol. 1, no. 1, pp. 2480--2485, 2009.
- [33] Nuno and Pereira, Maria Joao and Henriques, Pedro and Cruz, Daniela Oliveira, "Domain specific languages: A theoretical survey," *Faculdade de Ciencias da Universidade de Lisboa*, 2009.
- [34] S C Bulut, E Szymanski, B K Geyik, "Grammatical inference for modeling mobility patterns in networks," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 12, no. 11, pp. 2119-2131, 2013.
- [35] Q Stankovic, J A Li, "Grammar-based, posture- and context-cognitive detection for falls with different activity levels," *Li, Q Stankovic, J A*, vol. 1, no. 1, pp. 1-10, 2011.
- [36] J Wirjawan, I Pandey, R Ramin, Y Koshy, "Balancing computation and communication costs: The case for hybrid execution in sensor networks," *Ad Hoc Networks*, vol. 6, no. 8, pp. 1185-1200, 2008.
- [37] M Cahill, V Karpiński, "High-level application development is realistic for wireless sensor networks," *2007 4th Annual IEEE Communications Society Conference on Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks, SECON*, vol. 1, no. 1, pp. 610-619, 2007.
- [38] S Ishizawa, T Niwa, Y Kasuya, K Ueki, A Hashimoto, S Koriyama, K Inakage, M Tokuhisa, "xtel: A development environment to support rapid prototyping of "ubiquitous content"," *Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction, TEI'09*, vol. 1, no. 1, pp. 323-330, 2009.
- [39] B G Lu, J Nickerson, "A language for wireless Sensor Webs," *Proceedings - Second Annual Conference on Communication Networks and Services Research*, vol. 1, no. 1, pp. 293-300, 2004.
- [40] F Casola, V Gaglione, A Mazzeo, A Amato, "A semantic enriched data model for sensor network interoperability," *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 19, no. 8, pp. 1745-1757, 2011.
- [41] O Kusserow, M Tröster, G Amft, "Probabilistic parsing of dietary activity events," *IFMBE Proceedings*, vol. 13, no. 1, pp. 242-247, 2007.
- [42] Marcin and Wilkosz, Kazimierz Kowalski, "A Domain Specific Language in Dependability Analysis," *Dependability of Computer Systems, 2009. DepCos-RELCOMEX'09. Fourth International Conference on*, vol. 1, pp. 324--331, 2009.
- [43] Dimitrios S and Paige, Richard F and Kelly, Tim and Polack, Fiona AC Kolovos, "Requirements for domain-specific languages," *Proc. of ECOOP Workshop on Domain-Specific Program Development (DSPD)*, vol. 1, pp. 1-6, 2006.
- [44] T Parr, *Language Implementation Patterns: Create Your Own Domain-Specific and General Programming Languages.*: Addison-Wesley Professional, 2010.
- [45] David Wile, "Lessons learned from real DSL experiments," *System Sciences, 2003. Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference*, pp. 10--pp, 2003.
- [46] Stuart J and Norvig, Peter Russell, *Inteligencia Artificial: un enfoque moderno*. Mexico, 1996.
- [47] K Schiller, J Terfloeth, "Ruling networks with RDL: A domain-specific language to task wireless sensor networks," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 5321 LNCS, pp. 127-134, 2008.

- [48] S Bosse, "Intelligent microchip networks: An agent-on-chip synthesis framework for the design of smart and robust sensor networks," *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, vol. 8764, no. 1, 2013.
- [49] Wei and Beard, Randal W and Atkins, Ella M Ren, "A survey of consensus problems in multi-agent coordinatio," *American Control Conference, 2005. Proceedings of the 2005*, pp. 1859--1864, 2005.
- [50] Amal and Suna, Alexandru El Fallah-Seghrouchni, "Claim: A computational language for autonomous, intelligent and mobile agents," *Programming Multi-Agent Systems*, vol. 1, pp. 90--110, 2004.
- [51] Enrico Franchi, "A domain specific language approach for agent-based social network modeling," *Proceedings of the 2012 International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM 2012)*, vol. 1, pp. 607--612, 2012.
- [52] Katsumi Minagawa, Masaaki Kakazu, Yukinori Hama, "Distributed approach to block stacking problem based on evolutionary learning," *Artificial Neural Networks in Engineering - Proceedings (ANNIE'94)*, vol. 4, no. 1, pp. 321-326, 1994.
- [53] A C Knoll, "Distributed contract networks of sensor agents with adaptive reconfiguration: Modelling, simulation, implementation and experiments," *Journal of the Franklin Institute*, vol. 338, no. 6, pp. 669-705, 2001.
- [54] S Anuar, N B Kiah, M L M Patel, A Shamshirband, "An appraisal and design of a multi-agent system based cooperative wireless intrusion detection computational intelligence technique," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 26, no. 9, pp. 2105-2127, 2013.
- [55] Nicholas R and Sycara, Katia and Wooldridge, Michael Jennings, "A roadmap of agent research and development," *Autonomous agents and multi-agent systems*, vol. 1, no. 1, pp. 7-38.
- [56] A and Berdún, L and Amandi, A Zunino, "JavaLog: un Lenguaje para la Programación de Agentes," *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, vol. 13, 2001.
- [57] Peter and Veloso, Manuela Stone, "Multiagent systems: A survey from a machine learning perspective," *Autonomous Robots*, vol. 8, no. 3, pp. 345--383.
- [58] S Huang, L Wang, J Ji, "Structural damage detection using wireless intelligent sensor networks," *International Journal of Smart Home*, vol. 7, no. 1, pp. 67-76, 2013.
- [59] Nicholas R Jennings, "Controlling cooperative problem solving in industrial multi-agent systems using joint intentions," *Artificial intelligence*, vol. 75, no. 2, pp. 195--240, 1995.
- [60] Florian M and Naroditskiy, Victor and Polukarov, Maria and Nguyen, Tri-Dung and Rogers, Alex and Jennings, Nicholas R Biermann, "Task assignment with controlled and autonomous agents," *Mathematical Social Sciences*, vol. 71, pp. 116--121, 2014.
- [61] Y Liu, J Wang, B Jonathan Wu, Q M Mo, "A novel swarm intelligence algorithm and its application in solving wireless sensor networks coverage problems," *Journal of Networks*, vol. 7, no. 12, pp. 2037-2043, 2012.
- [62] Nuno and Mascarenhas, Samuel and Paiva, Ana and Di Tosto, Gennaro and Dignum, Frank and Mc Breen, John and Degens, Nick and Hofstede, Gert Jan and Andrighetto, Giulia and Conte, Rosaria Ferreira, *An agent model for the appraisal of normative events based in in-group and out-group relations.*, 2013.
- [63] Lois Vanh  e, *Artificial culture in artificial societies.*: International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, 2013.
- [64] Nick and Hofstede, Gert Jan and Mc Breen, John and Beulens, Adrie and Mascarenhas, Samuel and Ferreira, Nuno and Paiva, Ana and Dignum, Frank Degens, "Creating a world for socio-cultural agents," *Emotion Modeling*, pp. 27--43, 2014.
- [65] Gert Jan and Dignum, Frank and Prada, Rui and Student, Jillian and Vanh  e, Lois Hofstede, "Gender differences: the role of nature, nurture, social identity and self-organization," *Multi-Agent-Based Simulation XV*, pp. 72--87, 2015.
- [66] K Schiller, J Terfloth, "Self-sustained routing for event Diffusion in wireless sensor networks," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 5321 LNCS, no. 1, pp. 236-241, 2008.

-
- [67] N Tan, G.-Z. You, D Zhang, W Ding, "Opportunistic routing algorithm based on topological time-varying and residual-energy balance in wireless sensor network," *Dianzi Yu Xinxu Xuebao/Journal of Electronics and Information Technology*, vol. 35, no. 3, pp. 715-720, 2013.
- [68] T C Taylor, C Collier, "Self-organization in sensor networks," *Journal of Parallel and Distributed Computing*, vol. 64, no. 7, pp. 866-873, 2004.
- [69] G M P O'Grady, M J Tynan, R Muldoon, C Kolar, H R Ruzzelli, A G Diamond, D O'Hare, "Embedding intelligent decision making within complex dynamic environments," *Artificial Intelligence Review*, vol. 27, no. 2-3 SPEC. ISS., pp. 189-201, 2007.
- [70] Xuyang and Perkins, Dmitri Wang, "Cross-layer hop-by-hop congestion control in mobile ad hoc networks," *Wireless Communications and Networking Conference, 2008. WCNC 2008. IEEE*, pp. 2456-2461, 2008.
- [71] R Conti, G Piffer, S Prandi, F de Amicis, "Service oriented computing for Ambient Intelligence to support management of transport infrastructures," *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, vol. 2, no. 3, pp. 201-211, 2011.
- [72] R.-I. Chuang, C.-C. Chang, "A new spatial IP assignment method for IP-based wireless sensor networks," *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 16, no. 7, pp. 913-928, 2012.
- [73] T Nakano, H Miyauchi, A Fujishiro, "A routing algorithm for mobile ad Hoc networks based on multi-agent cost learning," *ICIC Express Letters*, vol. 7, no. 1, pp. 67-72, 2013.
- [74] N Reljin, I Reljin, B Kojić, "A neural networks-based hybrid routing protocol for wireless mesh networks," *Sensors (Switzerland)*, vol. 12, no. 6, pp. 7548-7575, 2012.
- [75] D Arifler, "Information theoretic approach to detecting systematic node destructions in wireless sensor networks," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 7, no. 11, pp. 4730-4738, 2008.
- [76] Kilian and Zitterbart, Martina Weniger, "IPv6 autoconfiguration in large scale mobile ad-hoc networks," *Proceedings of European wireless*, vol. 1, pp. 142-148, 2002.
- [77] T M G Da Rocha, A F De A. Barbosa, "A smart system to program body sensor networks," *2010 IEEE International Conference on Intelligent Systems, IS 2010 - Proceedings*, vol. 1, no. 1, pp. 168-172, 2010.
- [78] Kilian Weniger, "Weniger, Kilian," *Selected Areas in Communications, IEEE Journal*, vol. 23, no. 3, pp. 507-519, 2005.
- [79] Stephen and Magro, Diego and Malabocchia, Fabio and Meinkohn, Jens and Sisto, Luisella and Albayrak, Sahin and Grosse, Alexander Corley, "The application of intelligent and mobile agents to the management of software problems in telecommunications," *Intelligent Agents for Telecommunication Applications*, vol. 1, pp. 118-129, 1998.
- [80] Hongzheng and Fan, Pingyi and Cao, Zhigang Wang, "Analysis of maximum flow in random graphs for network coding," *Microwave, Antenna, Propagation and EMC Technologies for Wireless Communications, 2005. MAPE 2005. IEEE International Symposium on*, vol. 2, pp. 1062-1065, 2005.
- [81] K Matsui, T Matsuo, H Ota, "Layered distributed constraint optimization for resource allocation problem in distributed sensor network," *Transactions of the Japanese Society for Artificial Intelligence*, vol. 26, no. 6, pp. 657-669, 2011.
- [82] Ricardo Pena Mari, *De Euclides a Java. Historia de los algoritmos y de los lenguajes de programacion.*, 2006.
- [83] Marcus L and Temple, Michael A and Mills, Robert F and Raines, Richard A Roberts, "Evolution of the air interface of cellular communications systems toward 4G realization," *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 8, no. 1-4, pp. 2-23, 2006.
- [84] Chang Wu Yu, "Computing subgraph probability of random geometric graphs with applications in quantitative analysis of ad hoc networks," *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on*, vol. 27, no. 7, pp. 1056-1065, 2009.
- [85] U F Zhang, J Tran, T Cohen, R Minhas, "A multifaceted approach to modeling agent trust for effective communication in the application of mobile Ad Hoc vehicular networks," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part C: Applications and Reviews*, vol. 41, no. 3, pp. 407-420, 2011.

- [86] Saleh and Mousavi, Mahmoud Siadat and Fathy, Mahmood Yousefi, "Vehicular ad hoc networks (VANETs): challenges and perspectives," *ITS Telecommunications Proceedings, 2006 6th International Conference on*, vol. 1, pp. 761--766, 2006.
- [87] John E and Rafaeli, Sheizaf Newhagen, "Why communication researchers should study the Internet: A dialogue," *Journal of Computer-Mediated Communication*, vol. 1, no. 4, 1996.
- [88] Konstantin Kalgin, "Domain specific language and translator for cellular automata models of physico-chemical processes," *Parallel Computing Technologies*, pp. 166--174, 2011.
- [89] Mathieu and Collet, Philippe and Lahire, Philippe and France, Robert B Acher, "Familiar: A domain-specific language for large scale management of feature models," *Science of Computer Programming*, vol. 78, no. 6, pp. 657--681, 2013.
- [90] Alexandru and Seghrouchni, Amal El Fallah Suna, "Adaptive mobile multi-agent systems," *Multi-Agent Systems and Applications IV*, pp. 41--50, 2005.
- [91] Steve and Galea, ER and Owen, M and Lawrence, Peter J and Filippidis, L Gwynne, "A review of the methodologies used in the computer simulation of evacuation from the built environment," *Building and Environment*, vol. 34, no. 6, pp. 741--749, 1999.
- [92] G Iacca, "Distributed optimization in wireless sensor networks: An island-model framework," *Soft Computing*, vol. 17, no. 12, pp. 2257-2277, 2013.
- [93] Nicholas Carr, *The shallows: How the internet is changing the way we think, read and remember.*: Atlantic Books Ltd, 2014.
- [94] Piyush and Kumar, Panganmala R Gupta, "The capacity of wireless networks," *Information Theory, IEEE Transactions on*, vol. 46, no. 2, pp. 388-404, 2000.
- [95] Steven and Kistijantoro, Achmad I Lolong, "Domain Specific Language (DSL) development for desktop-based database application generator," *Electrical Engineering and Informatics (ICEEI), 2011 International Conference on*, vol. 1, pp. 1 - 6, 2011.
- [96] N Corke, P Langendoen, K Brouwers, "A Java compatible virtual machine for wireless sensor nodes," *SenSys'08 - Proceedings of the 6th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, vol. 1, no. 1, pp. 369-370, 2006.
- [97] E Yang, A Y Ghasemzadeh, H Jafari, R Bajcsy, R Sastry, S S Guenterberg, "A method for extracting temporal parameters based on hidden markov models in body sensor networks with inertial sensors," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 13, no. 6, pp. 1019-1030, 2009.
- [98] A Marrón, P J Gauger, M Minder, D Saukh, O RothKermel Lachenmann, "Removing the memory limitations of sensor networks with flash-based virtual memory," *Operating Systems Review (ACM)*, vol. 1, no. 1, pp. 131-144, 2007.
- [99] I Botía, J A Ruiz, P M Gómez-Skarmeta, A F Nieto, "Distributed contextual information storage using content-centric hash tables," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 3824 LNCS, no. 1, pp. 957-966, 2005.
- [100] Vishnu Kumar and Bhadauria, Sarita Singh Sharma, *Agent Based Congestion Control Routing for Mobile Ad-hoc Network.*: Springer, 2011.
- [101] Murali Krishna and Pandey, RK Kouluri, *Intelligent Agent and Multi-Agent Systems (IAMA), 2011 2nd International Conference on.*: IEEE, 2011.
- [102] Mohammad Reza Jabbarpour and Noor, Rafidah Md and Keshavarz, Hassan Sattari, "A taxonomy for congestion control algorithms in Vehicular Ad Hoc Networks," *Communication, Networks and Satellite (ComNetSat), 2012 IEEE International Conference on*, vol. 1, no. 1, pp. 44--49, 2012.
- [103] Raúl and Morán, Alberto L Casillas, "Field to file: a tool for activity documentation work in remote mobility environments," *Human-Computer Interaction. Towards Mobile and Intelligent Interaction Environments*, vol. 1, no. 1, pp. 3--12, 2011.
- [104] Rogelio Miguel Hernández and Garcia, Juan Alberto Gil and Torcatt, Carlos Miguel and Hernandez, Freddy Quintero, "Network Simulator-NS2," *Revista de Tecnología e Informacion*, vol. 1, no. 1, 2013.

-
- [105] Theodore S and others Rappaport, *Wireless communications: principles and practice.*: prentice hall PTR New Jersey, 1996, vol. 2.
- [106] Jianli and Jain, Raj Pan, "A survey of network simulation tools: Current status and future developments," *Email: jp10@cse. wustl. edu*, vol. 2008, pp. 1-13.
- [107] Uma R and Palanisamy, V} Pujeri, "Survey of Various Open Source Network Simulators," *International Journal of Science and Research (IJSR)*, pp. 2064-2079, 2012.
- [108] Capella and Vicente, Juan Hernández, *Introducción al simulador de redes NS-2.*, 2011.
- [109] Chai K Toh, *Ad hoc mobile wireless networks: protocols and systems.*: Pearson Education, 2001.
- [110] An Aloha protocol for multihop mobile wireless networks, "Baccelli, Franccois and Blaszcyszyn, Bartlomiej and Muhlethaler, Paul," *Information Theory, IEEE Transactions*, vol. 52, no. 2, pp. 421--436, 2006.
- [111] Imrich and Conti, Marco and Liu, Jennifer J-N Chlamtac, "Mobile ad hoc networking: imperatives and challenges," *Ad hoc networks*, vol. 1, no. 1, pp. 13-64, 2003.
- [112] James A and Leiner, Barry Freebersyser, "A DoD perspective on mobile ad hoc networks," *Ad hoc networking*, pp. 29-51, 2001.
- [113] Thomas Samuel Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas.*: Fondo de cultura económica, 2011.
- [114] Biswajit and Prakash, Atul and Meharia, Priyanka and Schneider, Bradley Panja, "Security in sensor network based SCADA system for adaptive traffic signal operation," *Collaboration Technologies and Systems (CTS), 2012 International Conference on*, pp. 195--202, 2012.

Anexo 1.
