

# Técnicas de razonamiento automático con los tres primeros niveles de la lógica no-axiomática

*Trabajo Terminal No. 2020-A127*

*Alumnos: González Padilla Montserrat, López Sánchez Jenifer Lourdes  
Directores: Godoy Calderón Salvador, García Mendoza Consuelo Varinia  
e-mail: whisperofthemoon@yahoo.com, lopezls.jenifer@gmail.com*

**Resumen** – Con este trabajo se busca definir y validar, uno o más modelos de política computacional de control, para dirigir procesos de razonamiento automático basados en lógica no-axiomática. Los modelos propuestos servirán como alternativas en el contexto de un sistema razonador con propósitos académicos y de investigación, a diferencia de los modelos de política de control usados en razonadores con propósitos de aplicación industrial. Al tratarse de un trabajo terminal que es parte de un proyecto mayor, y considerando que la lógica no-axiomática es un sistema simbólico estratificado en ocho niveles jerárquicos, se trabajará exclusivamente con la especificación de los tres primeros niveles. Los modelos propuestos se validarán de forma experimental, aplicándolos sobre un prototipo de razonador, limitado a los tres primeros niveles de la lógica y construido ex profeso para dichas pruebas.

**Palabras clave** – Razonamiento automático, Lógica no-axiomática, representación de conocimiento, técnicas de inferencia.

## 1. Introducción

En los ámbitos de Inteligencia Artificial y Programación Lógica, el proceso de razonamiento automático se entiende como el encadenamiento y secuenciación de operaciones de inferencia [1] [2] [3]. En ambos ámbitos, asumiendo la existencia de una base de conocimiento que contiene expresiones en algún lenguaje formal, el proceso de razonamiento automático involucra la selección de las expresiones con las que se realizará inferencia y el tipo específico de esa inferencia (la regla de inferencia que se usará), así como el encadenamiento de las conclusiones obtenidas con en esa inferencia y con posteriores operaciones de inferencia [4]. Esa secuencia y encadenamiento de inferencias constituye el proceso al que se denomina razonamiento automático. Los productos tecnológicos que realizan razonamiento automático (llamados razonadores) requieren de la sinergia entre dos elementos fundamentales de su arquitectura: por una parte, la especificación del lenguaje formal que representa el conocimiento y define las reglas de inferencia disponibles (la lógica); por otra parte, la política computacional que controla el proceso de razonamiento (motor de inferencia) [5].

Representación de conocimiento y razonamiento automático (*Knowledge Representation and Automated Reasoning*), es una de las ramas de la Inteligencia Artificial que más aplicaciones ha generado durante las últimas décadas [6]. En términos generales, esta área de conocimiento estudia las diversas formas para representar conocimiento que permitan un eficaz procesamiento del mismo. Históricamente, las lógicas simbólicas han sido el principal mecanismo para representación de conocimiento, ya que ofrecen algunas ventajas sobre otros mecanismos de representación. Particularmente, la disponibilidad de una semántica formal para las expresiones, la inclusión de reglas de inferencia y una nutrida tradición de siglos de estudio, han colocado a las lógicas simbólicas como la incuestionable elección para la tarea de representar conocimiento y manipularlo computacionalmente. Consecuentemente, los sistemas computacionales para razonamiento automático se ciñen a alguna lógica e incorporan las reglas de inferencia establecidas en dicha lógica, pero agregan alguna política de control que dicta la forma de determinar las condiciones bajo las cuales se aplica cada regla de inferencia, así como la forma de actualizar la base de conocimiento después de cada operación de inferencia [7].

Sin embargo, las lógicas clásicas (el cálculo proposicional y el cálculo de predicados), presentan diversos problemas desde el punto de vista computacional. Concretamente, el cálculo proposicional presenta un nivel de expresividad muy limitado, aunque se trata de un lenguaje computacionalmente decidible. Por otra parte, el cálculo de predicados tiene una expresividad notoriamente mayor, pero es un lenguaje no decidible. Esto ha fomentado el estudio de lógicas no-clásicas para las tareas de representación de conocimiento y razonamiento automático. Desde la década de 1920, gran cantidad de investigaciones se han orientado al estudio de lógicas multivaluadas (en las que el valor de verdad de cada expresión puede tomar otros valores diferentes a *verdadero* o *falso*) [8] [9] [10], así como a lógicas no-monotónicas (que en cualquier momento pueden admitir una expresión que contradiga lo previamente almacenado en la base de conocimiento) [11] [12] [13].

La lógica no-axiomática (*NAL* por sus siglas en inglés: *Non-Axiomatic Logic*) es un caso particular de lógica multivaluada y no-monotónica [14] [15] [16]. En esta lógica, el valor de verdad de cada expresión es un vector con dos números reales en el intervalo [0,1], que representan la proporción de evidencia conocida que soporta a la expresión (*frecuencia*) y el nivel de confianza que se tiene en dicha evidencia (*confianza*) respectivamente. Otra característica relevante de la lógica no-axiomática, es que incluye reglas de inferencia de tipo no deductivo. Tan solo en el primer nivel de esta lógica (que está organizada en ocho niveles jerárquicos), existen siete reglas de inferencia: deducción, inducción, abducción, reducción, selección, conversión y ejemplificación. Por ello, para construir una herramienta de razonamiento automático, basada en lógica no-axiomática, resulta necesario definir algunas políticas de control apropiadas. Es así como se justifica el objetivo de este trabajo terminal.

A continuación, se mencionan algunos sistemas razonadores, fundamentados en diferentes lógicas y que han tenido un impacto relevante en términos de sus aplicaciones y grupos de usuarios:

| NOMBRE DEL SISTEMA  | CARACTERÍSTICAS  |
|---|--|
| <p><b>NARS</b></p> <p><i>Non-Axiomatic Reasoning System</i></p> | Es el único sistema de razonamiento basado en lógica no-axiomática. El programador de <i>NARS</i> es precisamente el creador de la lógica no-axiomática (Pei Wang). Este razonador abarca los ocho niveles de la lógica no-axiomática y trabaja tanto en modo interactivo, como en modo API [17].            |
| <p><b>PROLOG</b></p> <p><i>PROgrammation en LOGique</i></p>     | Basado en lógica clausular o lógica de cláusulas. Esta lógica es un subconjunto de la lógica de primer orden en la que todas las expresiones se encuentran en forma de cláusulas de <i>Horn</i> (disyunciones de variables en las que máximo puede existir una de ellas en forma positiva o no negada) [18]. |
| <p><b>RacerPro</b></p>  | Razonador basado en OWL2, formato para Web Semántica basado en lógicas descriptivas, particularmente <i>ALC</i> y <i>SROIQ</i> . Además del razonador mismo, contiene módulos que facilitan la edición de ontologías expresadas en alguna de las lógicas soportadas [19] [20] [21].                          |

Tabla 1. Resumen de proyectos similares.

## 2. Objetivo

Definir y validar de forma experimental, algunos modelos de política de control, potencialmente útiles para dirigir procesos de razonamiento automático con las reglas de inferencia contenidas en los tres primeros niveles de la lógica no-axiomática y en el contexto de un futuro sistema razonador orientado a aplicaciones académicas y de investigación.

## 3. Justificación

Actualmente existe sólo un razonador basado en lógica no-axiomática, el *NARS* (*Non Axiomatic Reasoning System*) y fue programado por *Pei Wang* como parte de su tesis doctoral en la cual definió también la lógica no-axiomática [22]. Este razonador maneja correctamente los ocho niveles de la lógica no-axiomática y dirige sus procesos de razonamiento con una política de control derivada del supuesto de insuficiente conocimiento y recursos (*AIKR* por sus siglas en inglés: *Assumption of Insufficient Knowledge and Resources*) [23]. Este supuesto impone tres condiciones sobre la política de control de *NARS*: **1)** la capacidad para almacenamiento de conocimiento es limitada y bastante pequeña, **2)** ante cualquier consulta por parte del usuario, el sistema siempre debe construir una respuesta a partir de razonar con el conocimiento que tenga disponible, y **3)** el sistema siempre devuelve la primera respuesta disponible para la consulta del usuario, aun cuando no haya analizado toda la evidencia relacionada con la consulta, ni la totalidad de la base de conocimiento. Estas características, si bien encajan fácilmente en el contexto de la Inteligencia Artificial General, desde el cual fueron concebidas, tanto la lógica no-axiomática, como la política de control de *NARS*, no resultan adecuadas en el contexto de un razonador orientado a aplicaciones académicas y de investigación. La política de control derivada del supuesto *AIKR* no sólo carece de la flexibilidad necesaria para un razonador orientado a investigación (contexto en el cual se requiere poder realizar procesos de razonamiento *exploratorio* e inclusive procesos *incompletos* de razonamiento), sino que induce sobre el razonador, la carencia de mecanismos de seguimiento, rastreo y depuración (como la capacidad de rastrear paso a paso un razonamiento o la capacidad de revertir parcial o totalmente un razonamiento).

Por lo anterior, y considerando que este trabajo terminal constituye un primer paso en el contexto de un proyecto mayor, cuyo objetivo es la construcción de un razonador basado en lógica no-axiomática y orientado a aplicaciones académicas y de investigación, se justifica la necesidad de definir modelos de política de control que superen las limitaciones antes mencionadas. Tanto la definición de los nuevos modelos de política de control, como el prototipo de razonador para las pruebas experimentales, constituirán un valioso material para etapas posteriores del proyecto mayor. Pero la aportación más relevante de este trabajo terminal, puede resultar de despertar el interés y orientar la trayectoria académica de las dos estudiantes participantes, de forma que se integren para participar en etapas posteriores del proyecto mayor.

#### 4. Productos o Resultados esperados

- La definición algorítmica de una o más políticas de control que regulen el proceso de razonamiento con expresiones de los tres primeros niveles de la lógica no-axiomática.
- Pruebas experimentales de la(s) política(s) propuesta(s) en cada uno de los tres niveles estudiados de lógica no-axiomática.
- Al menos una prueba global que combine expresiones de los tres niveles estudiados.
- El texto completo del reporte de este trabajo terminal.

#### 5. Metodología

El modelo de proceso que servirá como marco de trabajo para este trabajo terminal es el modelo de proceso incremental. Este modelo permite una entrega inicial del software, con funcionalidad limitada y que va aumentando en entregas posteriores. El modelo incremental se aplica en secuencias lineales, en forma escalonada y a medida que avanza el calendario de actividades. Lo anterior se ilustra la figura 1. Cada secuencia lineal produce “incrementos” de software susceptibles de entregarse. Es frecuente que, el primer incremento sea el producto fundamental en el desarrollo de algún proyecto. Es decir, se abordan los requerimientos básicos, pero no se proporcionan muchas características suplementarias (algunas conocidas y otras no). El producto fundamental se somete a una evaluación detallada y como resultado de ésta, se desarrolla un plan para el incremento siguiente. El plan desarrollado incluye la modificación del producto fundamental para cumplir mejor los requerimientos, así como la incorporación de características adicionales y mayor funcionalidad. Este proceso se repite después de entregar cada incremento, hasta terminar el producto final [24].

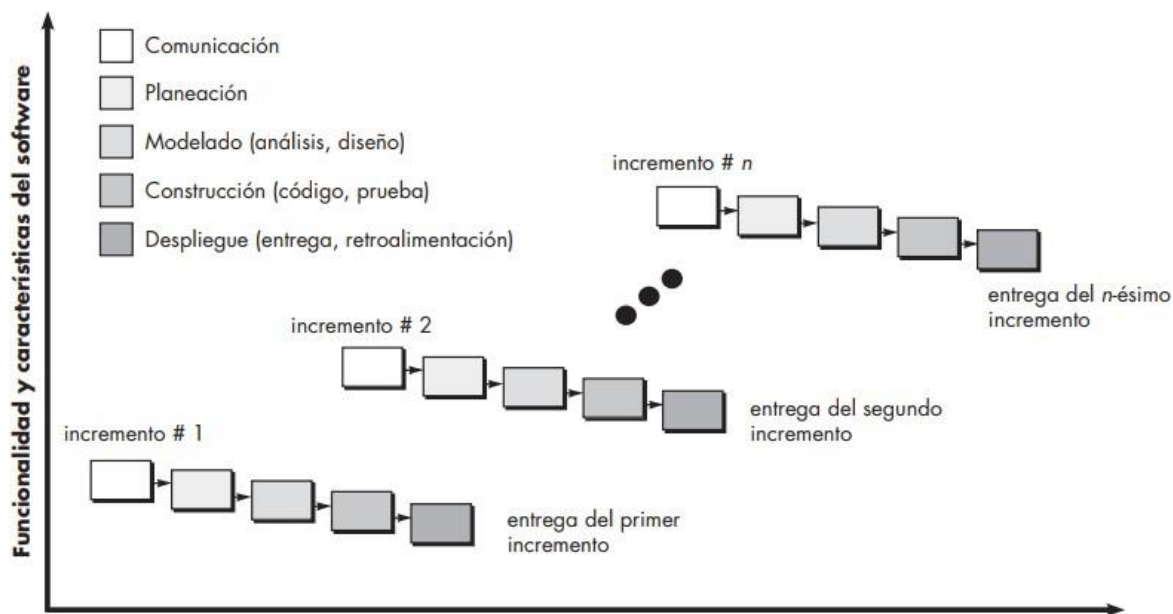
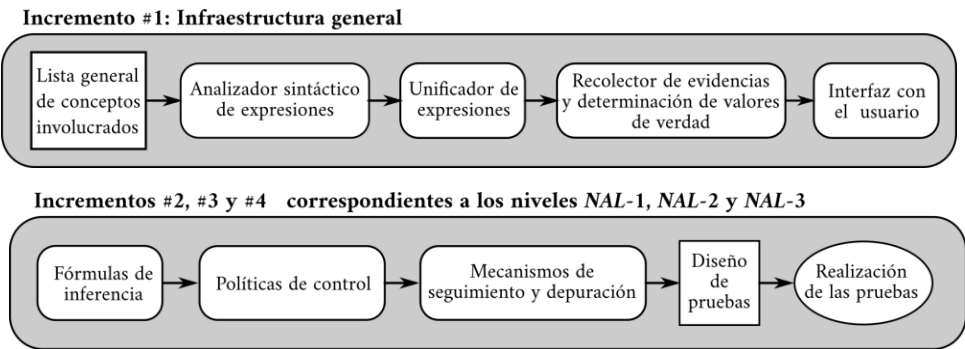


Figura 1. Calendarización de un proyecto según la metodología incremental.

En cuanto a la distribución de las actividades para los dos semestres del trabajo terminal, se consideró que el incremento inicial resolverá la infraestructura necesaria para la realización de las pruebas experimentales. Por ello, para la evaluación de Trabajo Terminal I, se compromete sólo el primer incremento, mientras que los tres incrementos siguientes se calendarizan para la evaluación de Trabajo Terminal II que será global. Los incrementos 2, 3 y 4 son semejantes en su estructura, aunque orientados a resolver diferentes niveles en la definición de la lógica no-axiomática. Una vez que se cuente con la infraestructura del incremento inicial, los incrementos siguientes presentan un menor nivel de dificultad, no sólo en virtud de su estructura repetitiva, sino por su orientación delimitada por la definición de los tres primeros niveles de lógica no-axiomática (denominados *NAL-1*, *NAL-2* y *NAL-3*).



**Figura 2. Incrementos planeados**

## 6. Cronograma

Nombre del alumno(a): **González Padilla Montserrat**

TT No.:

Título del TT: Técnicas de razonamiento automático con los tres primeros niveles de la lógica no-axiomática

[illegible]

TT No.:

[illegible]

## 7. Referencias

- [1] Tecuci, G., Marcu, D., Boicu, M., & Schum, D. A. (2016). Knowledge Engineering: Building Cognitive Assistants for Evidence-based Reasoning. Cambridge University Press.
- [2] Baral, C. (2003). Knowledge representation, reasoning and declarative problem solving. Cambridge university press.
- [3] Harrison, J. (2009). Handbook of practical logic and automated reasoning. Cambridge University Press.
- [4] Wang, P., & Goertzel, B. (2012). Theoretical Foundations of artificial general intelligence. París, Francia: Atlantis Press.
- [5] Flach, P. A. (1994). Simply logical. Intelligent reasoning by example. Wiley Professional Computing.
- [6] Wasilewska, A., Wasilewska, & Drougas. (2018). Logics for Computer Science. Springer International Publishing.
- [7] Brachman, R. J. & Levesque, H. J. (2004). Knowledge Representation and Reasoning. Morgan Kaufman Publishers.
- [8] Jan Lukasiewicz. (1920). On 3-valued logic (en polaco) Ruch Filozoficzny, Vol. 5, 1920.
- [9] Hähnle, Reiner (1993). Automated deduction in multiple-valued logics. Clarendon Press.
- [10] Augusto, Luis M. (2017). Many-valued logics: A mathematical and computational introduction. London College Publications.
- [11] W. Lukasiewicz (1990). Non-Monotonic Reasoning. Ellis-Horwood, Chichester, West Sussex, England.
- [12] G. Brewka (1991). Nonmonotonic Reasoning: Logical Foundations of Commonsense. Cambridge University Press.
- [13] M. L. Ginsberg, ed. (1987). Readings in Nonmonotonic Reasoning. Los Altos CA: Morgan Kaufmann.
- [14] Wang, P. (2006). Rigid flexibility: The logic of intelligence (Vol. 34). Springer Science & Business Media.
- [15] Wang, P. (2010). Non-axiomatic logic (NAL) specification. University of Camerino, Piazza Cavour, 19.
- [16] Wang, P. (2013). Non-axiomatic logic: A model of intelligent reasoning. World Scientific.
- [17] Sitios Web: <http://www.applied-nars.com/> y <http://opennars.org/>
- [18] Colmerauer, A., & Roussel, P. (1996). The birth of Prolog. In History of programming languages II (pp. 331-367). ACM.
- [19] Baader, F., Horrocks, I., Lutz, C., & Sattler, U. (2017). Introduction to Description Logic. Cambridge University Press.
- [20] Baader, F., Calvanese, D., McGuinness, D., Patel-Schneider, P., & Nardi, D. (Eds.). (2003). The description logic handbook: Theory, implementation and applications. Cambridge University Press.
- [21] Sitio Web: <https://franz.com/agraph/racer/>.
- [22] Wang, P. (1995). Non-Axiomatic Reasoning System- Exploring the Essence of Intelligence. Indiana University.
- [23] Haarslev, V., Hidde, K., Möller, R. & Wessel, M. (2011) The RacerPro Knowledge Representation and Reasoning System. IOS Press.
- [24] Sommerville, I. (2008) Ingeniería de Software. España: Addison Wesley.

## 7. Alumnos y Directores

CARACTER: Confidencial  
FUNDAMENTO LEGAL: Art 3, fracc II, Art. 18, fracc. II y  
Art. 21, lineamiento 32, fracc. XVII de la L.F.T.A.I.P.G.  
PARTES CONFIDENCIALES: No. de boleta y Teléfono.

*Jenifer Lourdes López Sánchez.*- Alumna de la carrera de Sistemas Computacionales en ESCOM, Boleta: 2016630217, Tel. 5562913998 , email lopezls.jenifer@gmail.com

Firma:\_\_\_\_\_

*Montserrat González Padilla .-* Alumna de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Boleta: 2015630184, Tel. 55 42 50 5163, email whisperofthemoon@yahoo.com.

Firma:\_\_\_\_\_

*Consuelo Varinia García Mendoza.* - Doctora y Maestra en Tecnología Avanzada, CICATA-Legaria, IPN. Ingeniera en Sistemas Computacionales, ESCOM-IPN. Áreas de interés: Análisis de Algoritmos, Optimización y Procesamiento de Lenguaje Natural. **Extensión IPN:** 52022. **Correo electrónico:** consuelo.varinia@gmail.com.

Firma:\_\_\_\_\_

*Salvador Godoy Calderón.* - Doctor en Ciencias de la Computación, CIC-IPN en 2006. Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica con Especialidad en Reconocimiento de Patrones por CINVESTAV en 1996. Ingeniero en Sistemas Computacionales por ITAM en 1995. Actualmente Jefe del Laboratorio de Inteligencia Artificial en CIC-IPN. **Áreas de interés:** representación de conocimiento y razonamiento automático, aprendizaje automático, algoritmos evolutivos y bioinspirados, lógicas simbólicas. **Extensión IPN:** 56553. **Correo electrónico:** sgodoyc@gmail.com.

Firma:\_\_\_\_\_





**Jenifer Lourdes López Sánchez** <lopezls.jenifer@gmail.com>  
para bcc: tlatoani.reyes.b, bcc: remabarca, bcc: omarjg82 ▾

3 oct 2020 9:11 ☆ ↩ ⋮

Buen día.

Somos Montserrat González Padilla y Jenifer Lourdes López Sánchez con el **Protocolo**:  
Número (antiguo): 2019-B005  
Número (actual asignado): 2020-A127  
Título: Técnicas de razonamiento automático con los tres primeros niveles de la lógica no-axiomática.  
Directores: Godoy Calderón Salvador y García Mendoza Consuelo Varinia  
Sinodales: Juárez Gambino Joel Omar, Melara Abarca Reyna Elia y Reyes Bermejo Tlatoani de Jesús

Este correo tiene el fin de informarle a usted que este semestre vamos a reactivar nuestro **protocolo** para poder inscribir TT1. Nos gustaría que nos pudiera apoyar con un correo donde informe de recibido (acuse de recibido), que nos servirá como evidencia de que está enterado de esta acción para poder llevar a cabo el proceso de reactivación con fechas 7 y 8 de octubre.

Adjuntamos el formato de Solicitud de modificación de TT con la información debidamente llenada, que es el formato de reactivación y el **Protocolo** donde lo único que se ajustó fue el número de TT nuevo asignado y el cronograma adaptado a las nuevas fechas para este semestre.

Quedamos al pendiente de su respuesta o cualquier duda o información que nos quiera brindar.  
Saludos.



**Salvador Godoy Calderón** <sgodoyc@gmail.com>  
para mí ▾

mar, 6 oct 2020 15:48 ☆ ↩ ⋮

Saludos,

Confirmo que he recibido la información y los documentos enviados.  
De igual forma, confirmo que estoy de acuerdo con el proceso de reactivación del TT.

Muchas gracias.

\*\*\*

--

=====  
Dr. Salvador Godoy Calderón  
Laboratorio de Inteligencia Artificial  
CIC - IPN  
5729-6000 ext.56553  
[sgodoyc@gmail.com](mailto:sgodoyc@gmail.com)  
=====



**Consuelo Varinia** <consuelo.varinia@gmail.com>  
para mí ▾

mar, 6 oct 2020 9:17 ☆ ↩ ⋮

Excelente noticia Jenifer.

Acuso de recibido

Saludos.

Consuelo Varinia García Mendoza

\*\*\*