Universidad Nacional del Sur

Tesis de Doctor en Ciencias de la Computación

Marcos Argumentativos Etiquetados

Maximiliano Celmo David Budán

Bahía Blanca Argentina

2015

Prefacio

Esta Tesis es presentada como parte de los requisitos para optar al grado académico de Doctor en Ciencias de la Computación, de la Universidad Nacional del Sur, y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otras. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, durante el período comprendido entre el 1 de abril del 2011 al 1 de Octubre del 2015, bajo la dirección del Dr. Guillermo R. Simari, Profesor Titular del Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación de la Universidad Nacional del Sur, y la Dra. Rossana Costaguta, Profesora Adjunta del Departamento de Informática de la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

Maximiliano Celmo David Budán
mcdb@cs.uns.edu.ar
Departamento de Matemática
Universidad Nacional de Santiago del Estero
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación
Universidad Nacional del Sur
Bahía Blanca, 1 de Octubre del 2015.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el .../.../..., mereciendo

la calificación de ......(.........)

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi director Guillermo R. Simari y quien me enseño y acompaño durante estos años para emprender el camino de la investigación brindándome las herramientas profesionales y humanas para desempeñarme con éxito. En especial, siempre recordaré su primera enseñanza "Señor se nace, doctor se hace, toda persona puede ser un doctor, pero lo importante y difícil es llegar a ser Señor", y a mi co-directora Rosanna Costaguta por haberme motivado en los inicios de este camino.

Agradezco a mis compañeros de trabajo y al personal administrativos del Departamento por la buena energía que transmiten, por la solidaridad, compañerismo y predisposición para brindarme ayuda cuando lo necesité, y crear así un ambiente laboral excelente. En especial, quiero agradecer a mis compañeros de "la salita de becarios" por hacerme sentir como en casa dándome apoyo en aquellos momentos de dificultad y compartir una gran cantidad de momentos de alegría. Asimismo, quiero agradecer también a la Universidad Nacional del Sur, por haberme brindado la oportunidad de desarrollar aquí mis actividades de investigación, a la Universidad Nacional de Santiago del Estero por brindarme su apóyo institucional, y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por haberme brindado el sustento necesario para el desarrollo y finalización de mi doctorado.

Agradezco especialmente a mi familia por su apoyo y afecto incondicionales, por los valores que me inculcaron, y por acompañarme plenamente en esta etapa tan importante de mi vida. Padre, gracias por siempre alentarme a seguir adelante y jamas bajar los brazos, por enseñarme que en la vida los objetivos importantes se logran con mucho esfuerzo y sacrificio. Madre, gracias por contenerme día a día, por escucharme en los momentos difíciles, y por siempre creer en mi. Hermanas, gracias por siempre acompañarme y recibirme con aquellos ojos de alegría cada vez que volvía a mi pago, a mi casa, a mi hogar. Finalmente, quiero agradecer a Melisa por hacerme sentir un hombre especial y darme la confianza de que todo lo podría hacer, por ser siempre un cable a tierra, por ayudarme a encontrar paz en los momentos más difíciles y hacerme recordar lo que realmente importa.

En resumen, quiero agradecer a todas las personas e instituciones que hicieron posible la culminación de este doctorado, sepan que jamas olvidare los momentos vividos.

Maximiliano Celmo David Budán, Diciembre 2015

Resumen

El área de la representación del conocimiento y el razonamiento rebatible en Inteligencia Artificial se especializa en modelar el proceso de razonamiento humano de manera tal de establecer qué conclusiones son aceptables en un contexto de desacuerdo. En términos generales, las teorías de la argumentación se ocupan de analizar las interacciones entre los argumentos que están a favor o en contra de una determinada conclusión, para finalmente establecer su aceptabilidad.

El objetivo principal del presente trabajo es expandir la capacidad de representación de los marcos argumentativos permitiendo representar las características especiales de lo argumentos, y analizar cómo éstas se ven afectadas por las relaciones de soporte, agregación y ataque que se establecen entre los argumentos de un modelo que representa una determinada discusión argumentativa. Para ello, añadiremos un meta-nivel de información a los argumentos en la forma de etiquetas extendiendo así sus capacidades de representación, y brindaremos las herramientas necesarias para propagar y combinar las etiquetas en el dominio de la argumentación. Finalmente, utilizaremos la información proporcionada por las etiquetas para optimizar el proceso de aceptabilidad de los argumentos y brindar así resultados más refinados.

Abstract

The area of Artificial Intelligence known as knowledge representation and defeasible reasoning specializes in modeling the human reasoning process so as to establish what conclusions are acceptable in a disagreement context. Generally speaking, argumentation theories deal with the interactions between arguments in favor and against a particular conclusion to establish their acceptability.

The main objective of this work is to expand the representation capabilities of argumentative frameworks allowing to represent special characteristics of the arguments, and analyze how they are affected by the relations of support, aggregation and attack established between arguments. To do this, we will add meta-level of information to the arguments in the form of labels extending their representation capabilities, and we provide the necessary tools to propagate and combine the labels in the argumentation domain. Finally, we will use the information provided by the labels to optimize the acceptability determination process, and to provide more refined results.

Índice general

Capítulo 1

Introducción

1.1. Argumentación en Inteligencia Artificial

El estudio de la teoría de la argumentación constituye un tema que desde la época de los griegos ha atraído la atención de una gran cantidad de investigadores relacionados a diferentes áreas de estudio. Este interés se debe, sin duda, a que la argumentación está presente en diversos aspectos de nuestras vidas, ya sea en aquellas situaciones cotidianas más sencillas o en aquellos debates más complejos. Descripto de una manera simple, la *argumentación* es un discurso expositivo que tiene como finalidad la intención de persuadir o convencer a alguien de dar apoyo a una "*postura* o *tesis*", con la intención de ganar su asentimiento o adhesión a la causa argumentada. La argumentación tiene tres objetivos principales: *identificar*, *analizar* y *evaluar* argumentos que están a favor o en contra de una tesis. Es usual utilizar el término *argumento* para referirse a la entrega de razones que apoyen o refuten una tesis, la cual debe ser cuestionable o abierta a duda. En un sentido lógico formal, un argumento está compuesto por tres elementos: una conclusión, un conjunto de premisas que respaldan dicha conclusión, y un mecanismo de inferencia que permite alcanzar la conclusión a partir del conjunto de premisas [BH08].

La argumentación discute las situaciones problemáticas del mundo real a través de un proceso analítico, denominado *proceso argumentativo*, el cual puede presentarse como un juego en donde intervienen tres entidades: un *proponente*, un *oponente* y un *juez* o *árbitro* o *jurado*. Por un lado, el *proponente* desempeña la función de introducir la tesis y brindar los argumentos que la soportan. Por otro lado, el rol del *oponente* es el de interponerse al propósito del proponente, y para ello, ofrece argumentos que contradicen o refutan la tesis, o los argumentos introducidos por el proponente. Los argumentos del proponente se denominan argumentos *pro* y los del oponente se denominan *op*. Un argumento ofrecido para batir a otro argumento se denomina *contra-argumento*. Así, el proceso argumentativo comienza cuando el proponente introduce una tesis junto a los argumentos *pro* que soportan la misma, luego es el turno del oponente quien ofrece sus contra-argumentos. En este momento, el proponente se transforma en oponente de su contrincante y ofrece contra-argumentos para los argumentos introducidos por su contrincante. El proceso continúa de esta manera hasta agotarse. Una vez que se tienen presentes todos los argumentos *op* y *pro*, entra en juego el papel del *arbitro* o *jurado* o *audiencia*, quien determina cual de estos argumentos serán aceptados, y pasarán a ser considerados como creencias o verdades. Finalmente, el conjunto de creencias que un agente o sistema inteligente posee es usado con diferentes propósitos, como ser solucionar alguna situación problemática del mundo real de una manera eficiente u óptima.

El proceso argumentativo descripto anteriormente puede ser *monológico* o *dialógico*. En un proceso *monológico*, un mismo agente inteligente es quien propone un argumento, y busca refutarlo o confirmarlo. Es decir, un agente discute consigo mismo, considerando diferentes fuentes de información en las que puede encontrar información contradictoria, incoherente o incompleta. Los ejemplos de procesos argumentativos monológicos son aquellos discursos unipersonales (orales o escritos), como ser la opinión de un periodista en un diario, un discurso de un político, la opinión de un científico sobre un tema específico [BH08], etcétera. Por otro lado, en un proceso *dialógico*, un conjunto de agentes inteligentes interactúan para construir argumentos a favor y en contra de una determinada tesis. Es decir, si un agente introduce un argumento, uno o más agentes pueden refutar dicho argumento proponiendo contra-argumentos. La importancia de los procesos argumentativos dialógicos es la naturaleza de la interacción entre agentes inteligentes, puesto que, se crean un conjunto de argumentos a favor y en contra de una determinada tesis con el objetivo de investigar colectivamente la veracidad de la misma [BH08]. Es importante notar que, el proceso argumentativo dialógico puede considerarse como una extensión al proceso argumentativo monológico, en donde se incorpora la representación y administración de las locuciones intercambiadas entre los agentes involucrados.

Desde los años 80, la Inteligencia Artificial (IA) ha buscado producir avances frente al desafío de imitar el mecanismo de razonamiento que los seres humanos generalmente empleamos para debatir acerca de algún tema específico, ya sea con otros seres humanos o internamente con uno mismo, con el propósito de especificar una base de creencias que puede ser utilizada para razonar de manera inteligente frente a determinada situaciones problemáticas. En este sentido, para lograr este comportamiento, es necesario identificar la situación problemática, representar el conocimiento disponible, y tratar de razonar sobre esta representación para alcanzar una óptima solución en base a la información disponible. Como se explicó anteriormente, es usual que el conocimiento relacionado a la situación planteada sea inconsistente. Es por ello que, se necesitan técnicas de representación y razonamiento que permitan abordar estos problemas. Existen dos visiones que se enfocan a solucionar o tratar el problema del conocimiento inconsistente, los cuales son: *restaurar* la consistencia, objeto de estudio de la *Revisión de Creencias*; o *razonar* en un modelo que contiene inconsistencia, construyendo y evaluando argumentos que soportan conclusiones contradictorias, objeto de estudio de la *Argumentación Rebatible*.

La argumentación rebatible es una formalización del razonamiento rebatible [SL92, GCS93] donde se pone especial énfasis en la noción de argumento. En particular, un argumento para una conclusión `C` constituye una pieza de razonamiento tentativa que un agente inteligente está dispuesto a aceptar para explicar `C`. Si el agente adquiere luego nueva información, la conclusión `C` junto al argumento que la soporta podrían quedar invalidados. En un sistema argumentativo rebatible la validez de una conclusión `C` será garantizada, cuando exista un argumento que brinde una justificación válida para `C`. Este proceso involucra la construcción de un argumento $\mathcal{A}$, para `C`, que no se encuentre derrotado. En este sentido, para verificar si el argumento $\mathcal{A}$ está derrotado, se construyen contra-argumentos que son posibles derrotadores de $\mathcal{A}$. Como estos derrotadores son argumentos, se debe verificar que no estén a su vez derrotados, y así siguiendo. De esta manera se modela el proceso de razonamiento en el cual se producen y se evalúan argumentos a favor y en contra de una conclusión para verificar la garantía de dicha conclusión [SL92].

Los formalismos argumentativos crean modelos argumentativos para representar y analizar las diferentes situaciones problemáticas del mundo real. Cada uno de estos modelos posee diferentes niveles de abstracción, dependiendo del dominio de estudio para el que dichos modelos son creados. Por ejemplo, el *Marco Argumentativo Abstracto* propuesto por Phan Minh Dung en [Dun93], es uno de los marcos argumentativos más explorados y reconocidos. Este formalismo estudia la relación de ataque (derrota) existente entre argumentos, sin tener en cuenta la estructura interna de las entidades argumentales, con el propósito de definir semánticas de aceptabilidad que proporcionen los conjuntos de argumentos que pueden ser incorporados a una base de creencias. Por otro lado, con la intención de modelar la bipolaridad en el pensamiento humano Cayrol & Lagasquie-Schiex en [CLS05b], propusieron el *Marco Argumentativo Bipolar* (BAF, por su sigla en inglés), en donde se extiende la capacidad de representación del marco argumentativo de Dung, permitiendo modelar no solo la relación de ataque entre argumentos sino también una relación de soporte entre los mismos. En un sentido más específico, surgieron diversos sistemas argumentativos los cuales proporcionan las herramientas para formalizar e implementar el razonamiento rebatible, realizando un estudio más profundo sobre la estructura interna de los argumentos, tales como DeLP [GS14], ASPIC+ [MP14], ABA [BH14], entre otros. Actualmente, los formalismos basados en la argumentación rebatible han sido aplicados con éxito a diferentes problemas de la IA, tales como negociación [RRJ$^+$03], toma de decisiones [KM03], razonamiento legal [PS97b], sistemas de recomendación y de conciliación de ontologías [CMS06, CMR$^+$06], entre otros.

1.2. Valuaciones en la Argumentación

Los formalismos argumentativos clásicos brindan la posibilidad de crear modelos que permiten representar el conocimiento en forma de argumentos, analizarlos, y evaluarlos para determinar cuáles son aptos para respaldar la toma de decisiones o realizar acciones de manera inteligente. En estos formalismos, el análisis y la evaluación de los argumentos se realiza en base a dos factores: las propiedades que determinan la solidez lógica de un argumento, y las relaciones definidas entre argumentos. Sin embargo, en ciertos dominios de aplicación, la fortaleza de un argumento no depende únicamente de estos factores, sino también de ciertas características dependientes del dominio en cuestión, tales como el nivel de experticia de la persona que esgrime el argumento, la confiabilidad que posee un agente inteligente sobre la fuente del argumento, entre otros. Esta intuición sugiere que sería beneficioso aumentar la capacidad de representación de las estructuras argumentales para permitir modelar las cualidades especiales de los argumentos. La noción de valorar y ponderar argumentos, fue inicialmente introducida por Bench-Capon en [BC02b], y ha comenzado a cobrar cada vez más importancia en los últimos años. Bench-Capon asocia su pensamiento al trabajo de jurisprudencia propuesto por Perelman [Per80], el cual puede ser tomado como fuente de ejemplos, donde las valoraciones asociadas a los argumentos se muestra como algo natural en el razonamiento humano.

Los procesos argumentativos que incorporan valoraciones asociadas a los argumentos pueden ser estudiados en dos etapas: la determinación de las valoraciones asociadas a los argumentos, y la selección de los argumentos aceptados. La valoración de un argumento puede ser obtenida independientemente de las interacciones definidas con otros argumentos, o puede ser dependiente de las relaciones que un argumento posee con los demás argumentos del modelo,tales como soporte, ataque, agregación y conflicto. En cuanto a la selección del conjunto de los argumentos que se encuentran aceptados, es posible realizar un análisis en dos direcciones: la aceptabilidad individual y la aceptabilidad colectiva. En el primer caso, la aceptabilidad de un argumento depende enteramente de sus atributos. En el segundo caso, la aceptabilidad de un conjunto de argumentos depende del cumplimiento de ciertas propiedades predefinidas.

En los ultimos años, surgieron diversos formalismos modelando distintos aspectos del mundo real bajo distintos fines u objetivos. Por ejemplo, Cayrol y Lagasquie-Schiex en [CLS05a] propusieron un marco argumentativo en donde persiguen como propósito introducir gradualidad en la selección de los mejores argumentos, presentando así diferentes niveles de aceptabilidad. En este caso, la valoraciones asociadas a los argumentos dependen de la relación de ataque que se producen entre los mismos, es decir, a mayor número de atacantes menor es la fuerza del argumento atacado. Por otro lado, Joao Leite and Joao Martins en [LM11] presentan una extensión del marco argumentativo de Dung donde se incorporan votos sociales asociados a cada argumento; así, se añade el aspecto social a los modelos argumentativos representando el contexto en el cual se lleva a cabo el debate. De esta manera, es posible realizar votos a favor y en contra de cada argumento, afectando de manera positiva o negativa la fortaleza de cada uno de ellos. En este formalismo, todos los ataques definidos sobre los argumentos tienen el mismo impacto, es decir, la fuerza del ataque no tiene en cuenta los diferentes niveles de experticia de los votantes. En base a esta postura, Egilmez *et al.* en [EML14] presentan una extensión, en donde es posible asignar votos a los ataques, brindado la posibilidad de reflejar variaciones en la fuerza de los ataques producidos entre argumentos. Por otro lado, Pollock en [Pol10] argumenta que en la mayoría de las semánticas para el razonamiento rebatible no se tienen en cuenta el hecho de que algunos argumentos son mejores que otros, ofreciendo así diferentes niveles de apoyo para sus correspondientes conclusiones. De esta manera, propone un formalismo que introduce la noción de un debilitamiento entre argumentos (*diminishers*), donde un argumento $\mathcal{A}$ debilita a un argumento $\mathcal{B}$ disminuyendo su fuerza sin llegar a neutralizarla.

A continuación se introducirá un ejemplo en donde se destaca la importancia de incorporar a los formalismos argumentativos la capacidad de representar las características de los argumentos que son dependientes del dominio de aplicación, con el objetivo de crear modelos argumentativos más representativos del mundo real. En esta dirección, sería posible lograr una satisfactoria integración de la argumentación en los diferentes dominios de aplicación, tales como agentes autónomos en sistemas de soporte a las decisiones, búsqueda inteligente en la web, administración del conocimiento, sistemas de recomendación, y otros dominios de similar importancia.

1.3. Ejemplo Motivador - Valoración de Argumentos

A continuación ilustraremos un escenario en donde la representación de los atributos asociados a los argumentos es necesaria para efectuar un modelado intuitivo y natural.

Supongamos que se desea desarrollar un sistema de recomendación de películas que esté disponible en la web, es decir, un sistema que le recomiende al usuario aquellas películas que le sean de su interés. Para ello, el sistema deberá identificar, para cada uno de los usuarios, cuales son los aspectos de las películas que son relevantes en base a sus preferencias. Luego, se integrarán dichas preferencias con la retroalimentación proporcionada por otros usuarios del sistema en donde se refleja las opiniones a favor y en contra de dichas películas.

El mecanismo de razonamiento que se utilizará estará basado en teorías argumentativas, en donde la recomendación de una película se obtendrá por medio de una disputa valuada o proceso argumentativo valuado. De esta manera, los argumentos a favor y en contra de una determinada película serán ponderados con un grado de relevancia, denotado con un valoración en $[0-1]$ *encerrado entre llaves, reflejando así las preferencias del usuario sobre las características de la película en discusión. Por ejemplo, para determinar si es correcto recomendar la película "Oz: el grande y poderoso" al usuario Juan, el sistema considerará los siguientes argumentos:*

$\mathcal{A}$ *Recomendarle la película, debido a que el género es de aventura y a Juan le gustan las películas de aventura.* $\{0.5\}$

$\mathcal{B}$ *Recomendarle la película, ya que en base a la opinión de otros usuarios del sistema la película tiene un buen raiting.* $\{0.7\}$

$\mathcal{C}$ *Recomendarle la película, ya que cuenta con actores de gran trayectoria, y el rol que desempeñan dentro de la película son los adecuados para cada uno de ellos.* $\{0.5\}$

$\mathcal{D}$ *No recomendarle la película, ya que el guión de la película es malo.* $\{0.8\}$

$\mathcal{E}$ *El guión de la película es malo porque no se respeta la historia original escrita por L. Frank Baum's.* $\{0.4\}$

$\mathcal{F}$ *A pesar de que el guión de la película no respeta la historia original, la trama es interesante y entretenida.* $\{0.8\}$

$\mathcal{G}$ *La banda sonora de la película es aburrida y no provoca sensaciones de inmersión en los espectadores, por ello no se debe recomendar esta película.* $\{0.1\}$

Como es posible apreciar, el conocimiento usado para realizar recomendaciones puede expresarse naturalmente como argumentos. Luego, para brindar una recomendación en base a este conjunto de argumentos es necesario identificar las relaciones existentes entre los mismos, como ser soporte entre argumentos (por ejemplo, el argumento $\mathcal{E}$ sirve de soporte al argumento $\mathcal{D}$ brindando mayor información acerca de las razones por la cual se considera que la película tiene un mal guión), la agregación de argumentos que soportan una misma conclusión bajo razones diferentes (por ejemplo, los argumentos $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$ y $\mathcal{D}$ brindan diferentes razones para recomendar la película en cuestión), y el conflicto de argumentos que soportan información contradictoria o conflictiva (por ejemplo, el argumento $\mathcal{A}$ está en conflicto con $\mathcal{D}$).

El escenario que se describió previamente no puede ser representado naturalmente por los formalismos tradicionales de argumentación, debido a que no se tienen en cuenta los atributos dependientes del dominio de aplicación. Particularmente, en este ejemplo, cada argumento tiene asignada una ponderación que cuantifica la relevancia de la información que proporcionan dichos argumentos en relación a las necesidades del usuario. Los argumentos a favor y en contra de una determinada recomendación tienen asociados ciertas características que pueden influenciar en la decisión final. Estas características pueden variar dependiendo de la influencia que otros argumentos poseen sobre él. El efecto que produce un argumento sobre otro depende estrictamente de la relación existente entre los mismos, y de la interpretación del modelo argumentativo sobre dicha relación. Como mencionamos anteriormente, estas relaciones puede ser: soporte, agregación, y conflicto. Por ejemplo, cuando ocurre que un argumento soporta a otro, es posible aplicar la teoría del eslabón más débil, es decir, la conclusión soportada por una cadena de argumentos es tan fuerte como su eslabón más débil (*Figura* 1.1).

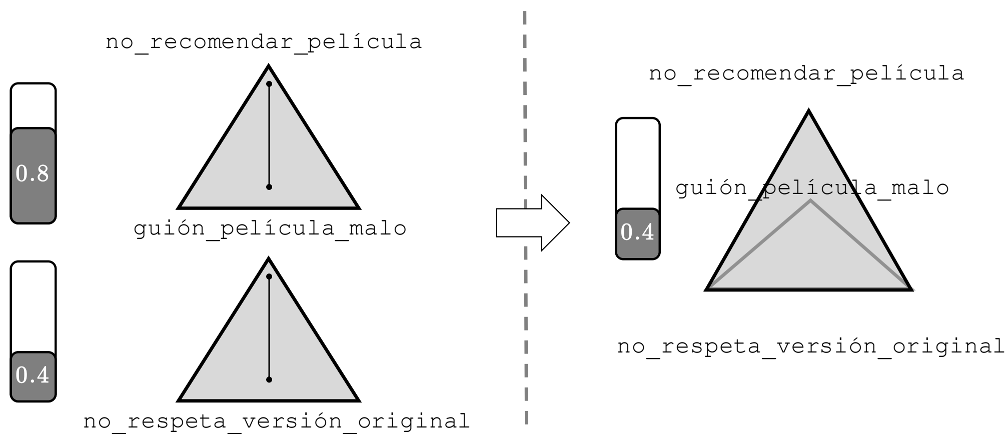


Figura 1.1: Soporte entre argumentos

Cuando dos argumentos están vinculados por una relación de agregación, la solidez de la conclusión que soportan dichos argumentos puede incrementarse, así a mayor cantidad de argumentos soportando una conclusión, mayor será la solidez de la misma (*Figura* 1.2).

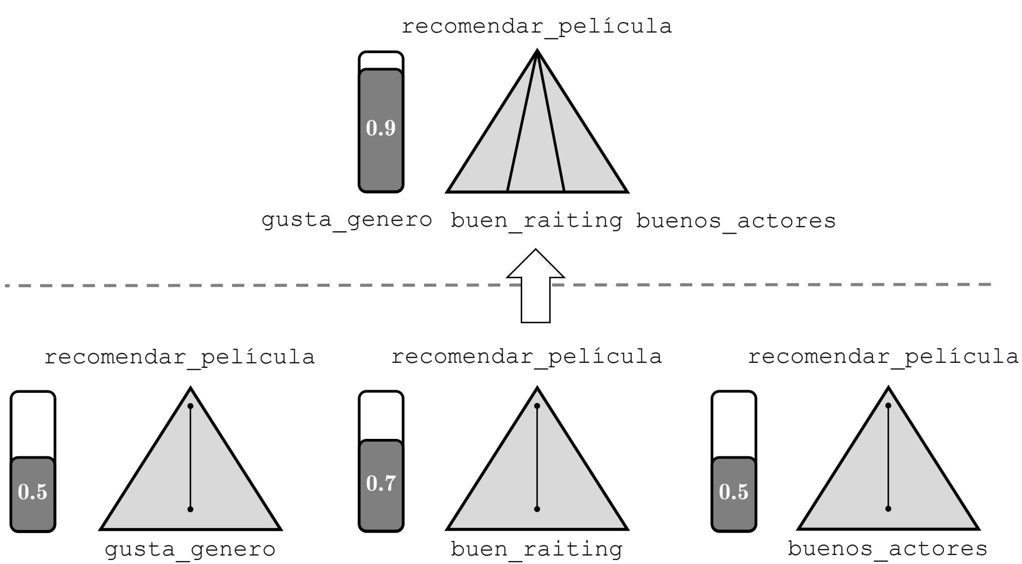


Figura 1.2: Agregación de argumentos

En el caso de que dos argumentos están relacionados a través de un conflicto, es posible modelar dicha relación desde dos punto de vistas: la resolución de conflicto clásica en donde un argumento es derrotado por otro si y sólo si el argumento atacante es más fuerte (en un sentido específico) que el argumento atacado (*Figura* 1.3), y la resolución de conflicto mediante un efecto de debilitamiento entre los argumentos involucrados, capturando la situación en donde un argumento es debilitado (posiblemente derrotado) por la/s existencia/s de contra-argumento/s (*Figura* 1.4).

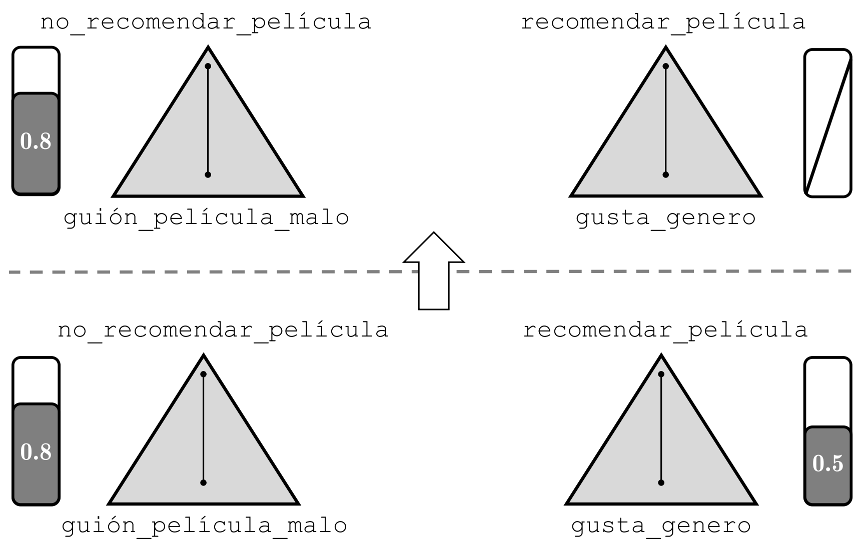


Figura 1.3: Conflicto / Clásico entre argumentos

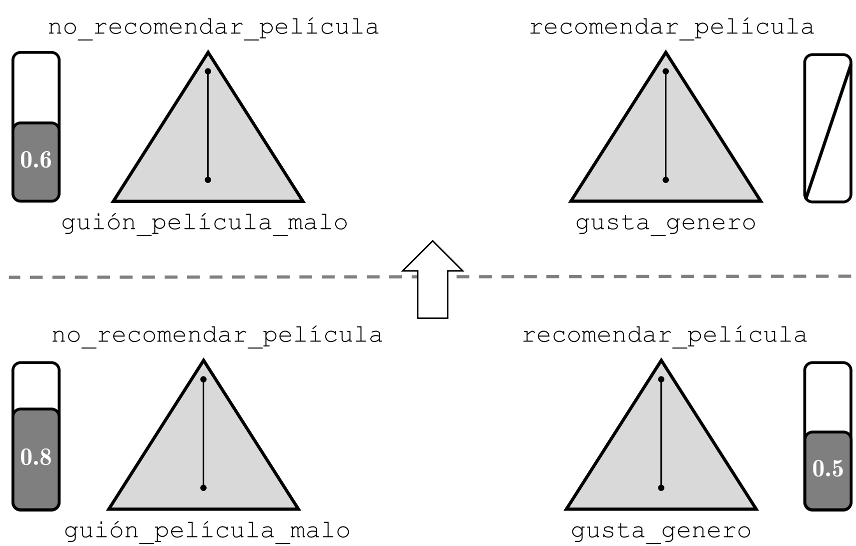


Figura 1.4: Conflicto / Debilitamiento entre argumentos

Se debe notar que, la resolución del conflicto por medio de un efecto de debilitamiento puede interpretarse como un ataque bidireccional en donde generalmente el más fuerte es debilitado y el más débil derrotado, representando así el debilitamiento de un argumento bajo la existencia de argumentos contrapuestos. Esto se analizará con mayor detalle en el *Capítulo* 8 de esta tesis.

Finalmente, el sistema analizará las relaciones entre los argumentos del modelo, teniendo en cuenta los atributos asociados a ellos, y llevará adelante una determinada acción. En particular, en este ejemplo el sistema analizará las relaciones entre los argumentos a favor y en contra asociada a cada una de las películas a recomendar, teniendo en cuenta sus ventajas y desventajas acorde a los gustos o preferencias de Juan, y recomendará las opciones más convenientes.

1.4. Contribución de la Tesis

El objetivo principal de esta línea de investigación es expandir la capacidad de representación de los formalismos argumentativos. En términos generales, en este trabajo, se presentan dos formalismos, cada uno de ellos con un cierto nivel de abstracción, que permiten considerar la meta-información dependiente del dominio de aplicación dentro del proceso de razonamiento argumentativo. Esta meta-información estará asociada a los argumentos tomando la forma de etiquetas, incrementando así su capacidad de representación. Dichas etiquetas pueden ser afectadas por las relaciones existentes entre los argumentos del modelo. Por esta razón, se define una estructura algebraica, llamada álgebra de etiquetas argumentales, que permite la combinación y propagación de la información asociada a los argumentos en el dominio de la argumentación. Así, la introducción de las etiquetas nos brinda la posibilidad de representar las características asociadas a los argumentos, tales como grado de incertidumbre, grado de confiabilidad, valores posibilísticos, valores probabilísticos, medidas de fuerza, o cualquier propiedad relevante, proporcionando la herramienta para refinar el proceso por el cual se determina la aceptabilidad de los argumentos, y la calidad de garantía de una determinada conclusión.

A continuación introduciremos brevemente los tres aportes principales que se realizan en esta tesis. En primer lugar, describiremos las estructuras y operaciones algebraicas que se utilizarán para representar y propagar las características especiales de los argumentos. Luego, presentaremos los formalismos argumentativos etiquetados (o valuados) que se desarrollaron con el objetivo de expandir la capacidad de representación de los formalismos argumentativos actuales, ampliando el alcance de los procesos argumentativos que es posible modelar a través de las teorías argumentativas.

1.4.1. Álgebra de Etiquetas Argumentales

Se propone introducir el uso de etiquetas como una herramienta para ayudar a la evaluación de los argumentos. Para ser de utilidad, estas etiquetas deben contener información distintiva sobre los argumentos y sobre como estos interactúan dentro del dominio de la argumentación. Para reflejar los efectos que se producen entre los argumentos acorde a las relaciones existentes entre los mismos, se definirá un *álgebra de etiquetas argumentales* como una estructura algebraica abstracta, donde se establece el conjunto de operaciones necesarias para manipular las etiquetas asociadas a los argumentos.

La información asociada a los argumentos a través de las etiquetas argumentales son de utilidad para diversos fines, tales como por ejemplo:

(1) Calificar cuantitativamente y cualitativamente a los argumentos por medio de las teorías de conjuntos difusos;

(2) Analizar la resolución de conflictos entre argumentos a través de una noción de debilitamiento donde es posible reflejar la disminución de las cualidades que posee un argumento debido a la existencia de razones contrapuestas;

(3) Establecer la calidad de garantía de una determinada conclusión en base a la calidad colectiva de los argumentos que la soportan;

(4) Evaluar los estados de aceptabilidad asociados a los argumentos del modelo, tanto desde un punto de vista clásico como desde un punto de vista gradual en donde se establecen diferentes grados de aceptabilidad;

(5) Especificar una *relación de preferencia*, ya sea parcial o total, sobre el conjunto de argumentos en base a sus características especiales;

(6) Introducir un *umbral de calidad*; es decir, establecer los requerimientos mínimos que un argumento o conclusión debe satisfacer para formar parte de la justificación que sustenta una determinada decisión o acción;

(7) Analizar las posibles soluciones para un determinado modelo argumentativo relacionado a una situación problemática en particular, determinando los escenarios óptimos para la justificación de una determinada conclusión;

(8) Combinar diferentes características bajo un propósito específico, por ejemplo, asociar a cada argumento una etiqueta compuesta por la valoración social y el grado de confiabilidad para analizar así la correspondencia entre dichos atributos sobre la calidad de garantía asociada a una determinada conclusión;

(9) Mejorar la calidad de la respuesta de los marcos y sistemas argumentativos proporcionando información adicional, tales como el nivel de justificación, restricciones de justificación, entre otras.

En el *Capítulo* 6 se presentará el desarrollo, análisis y ejemplos del álgebra de etiquetas argumentales donde interpretaremos las diferentes operaciones definidas entre etiquetas argumentales dentro del dominio de la argumentación.

1.4.2. Marco Argumentativo Estructurado General Etiquetado

Se considerará una sucesión de formalismos argumentativos que van evolucionando en nivel de detalle y capacidad de representación del mundo real, partiendo del marco argumentativo abstracto propuesto por Dung hasta llegar a un marco argumentativo estructurado general etiquetado (*Figura* 1.5).

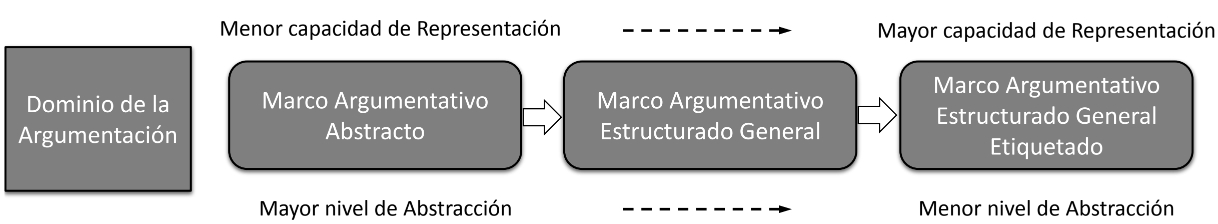


Figura 1.5: Marco argumentativo abstracto / Estructurado / Etiquetado

En el *Capítulo* 4, se presenta un formalismo denominado *Marco Argumentativo Estructurado* ($GeSAF$, por su sigla en inglés), que permite representar la estructura interna de los argumentos a través de estructuras argumentales, y establecer diferentes tipos de relaciones entre ellas, tales como conflicto, preferencia y derrota. De esta manera, $GeSAF$ mantiene un cierto grado de abstracción, permitiendo describir la estructura interna de los argumentos teniendo en cuenta la información que forma parte de sus estructuras, tales como pasos de razonamiento, suposiciones y evidencias. Existen dos razones que justifican el desarrollo de un formalismo que permite pasar de un marco argumentativo abstracto a un marco argumentativo estructurado. Por una parte, su introducción permite una generalización de diferentes sistemas argumentativos estructurados, tales como ABA [BH14], ASPIC+ [MP14], o DeLP [GS14], sin tener que comprometerse específicamente a uno de ellos; en segundo lugar, se pueden generalizar las nociones de aceptabilidad que capturan el proceso de aceptabilidad, posibilitando la adaptación de dicho proceso a los cambios del dominio de la aplicación, analizando así un mismo modelo argumentativo aplicando diferentes semánticas.

Se debe tener en cuenta que, por un lado, *GeSAF* puede interpretarse como una versión alternativa del formalismo denominado *Marco argumentativo Dinámico* (DAF, por su sigla en inglés) el cual está orientado al manejo dinámico de estructuras argumentales. En DAF, existe un conjunto de evidencias que puede cambiar dinámicamente, donde dichas evidencias son la base para activar o desactivar las diferentes estructuras. Una vez determinado el conjunto de argumentos activos, el modelo puede funcionar como una instancia de marco argumentativo abstracto de Dung (más detalle en [RMGS10]). Por otro lado, *GeSAF* puede presentarse como una versión simplificada del *Marco argumentativo Generalizado* (GeNAF, por su siglas en inglés) en donde se realiza un minucioso estudio de la representación del conocimiento que compone la estructura interna de un argumento. Sin embargo, DAF y GeNAF no proporcionan las herramientas necesarias para generalizar el proceso semántico que se puede efectuar sobre un determinado modelo argumentativo.

Luego, en el *Capítulo* 7, se introduce el desarrollo de un marco argumentativo estructurado general etiquetado ($GeSAF^{\star}$, por su sigla en inglés), en el cual se extienden las capacidades de representación del marco argumentativo estructurado generalizado, incorporando las nociones y estructuras formales necesarias para asociar meta-información en forma de etiquetas a cada uno de los argumentos, tales como su grado de confiabilidad, votos sociales, entre otros. Por lo general, esta información no se encuentra asocia directamente a los argumentos sino que está relacionados a las piezas básicas del conocimiento a partir de los cuales son construidos. En este sentido, sería interesante determinar las cualidades de los argumentos que intervienen en una discusión argumentativa en base a las cualidades asociadas a las piezas de conocimiento que integran la misma con la intención de tener una noción de su fuerza colectiva.Por ello, usaremos un álgebra de etiquetas argumentales como la herramienta para posibilitar su correcta combinación y propagación dentro del dominio de la argumentación. En $GeSAF^{\star}$, la información asociada a los argumentos puede ser usada de diversas formas dependiendo de los fines que se desea alcanzar, como ser proporcionar información adicional acerca de la aceptabilidad de los argumentos (por ejemplo, el nivel de confiabilidad de los argumentos, el valor posibilístico o probabilístico asociado a los argumentos, entre otros), establecer la calidad de garantía de una conclusión en base a la agregación de las calidades de los argumentos que la soportan, y definir un umbral de garantía que establece las condiciones que una determinada conclusión debe satisfacer para ser considerada válida.

1.4.3. Formato Estándar para el Intercambio de Argumentos Etiquetado - Marco Argumentativo Etiquetado

Se presentará un formalismo argumentativo etiquetado que permite representar las características de los argumentos del modelo que representa una situación problemática del mundo real, partiendo como base de un modelo argumentativo creado por una ontología argumentativa llamada Formato Estándar para el Intercambio de Argumentos (*Figura* 1.6).

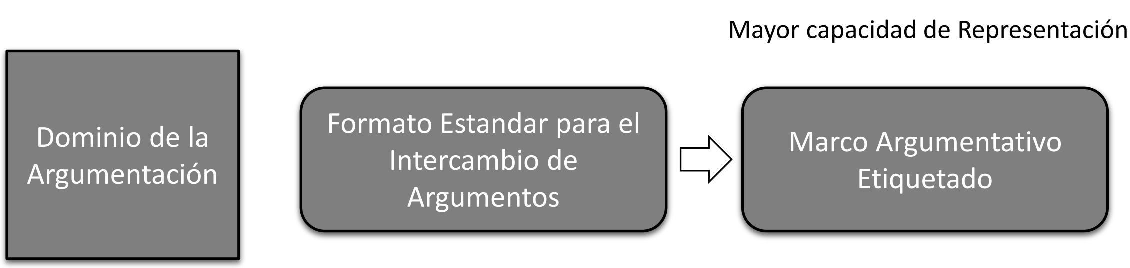


Figura 1.6: Marco Argumentativo Etiquetado

De esta manera, en el *Capítulo* 5, se introduce un formalismo argumentativo para facilitar la representación del conocimiento conocido como *Formato Estándar para el Intercambio de Argumentos* (AIF, por su sigla en inglés), compuesto por un conjunto de conceptos de alto nivel relacionados con el dominio de la argumentación. Su objetivo es facilitar una visión común y llegar a un consenso sobre los conceptos y tecnologías en el área de la argumentación con el fin de promover la investigación y el desarrollo de nuevas herramientas y técnicas en dicho campo. En AIF, se introduce una ontología para expresar las relaciones entre estructuras argumentales con el objetivo de proporcionar un puente entre modelos lingüísticos, lógicos y formales de argumentación y razonamiento. Es importante notar que la ontología de AIF está pensada puramente como un lenguaje para expresar argumentos y representar las relaciones existentes entre ellos. Así, este formalismo no esta preparado para realizar un análisis semántico de ninguna clase, lo cual imposibilita detectar el conjunto de argumentos que puede formar parte de las creencias de un sistema o agente inteligente.

Luego, en el *Capítulo* 8, se propone la construcción de un formalismo llamado marco argumentativo etiquetado (LAF, por su sigla en inglés), en donde se combina las capacidades de representación del conocimiento proporcionadas por AIF con el procesamiento de meta-información definido por el álgebra de las etiquetas argumentales. Este marco argumentativo nos permitirá representar argumentos teniendo en cuenta su estructura interna, modelar las diferentes relaciones entre argumentos, y adjuntar a los argumentos sus características especiales a través de etiquetas argumentales. Las interacciones entre argumentos tales como soporte, conflicto y agregación, tienen asociadas operaciones en el álgebra de etiquetas argumentales permitiendo plasmar el comportamiento del conocimiento en el dominio de la argumentación. Finalmente, se utilizará la información proporcionada por dichas etiquetas para alcanzar diferentes propósitos, tales como proporcionar información adicional acerca de la aceptabilidad de los argumentos, establecer diferentes grados de aceptabilidad en base a las cualidades de los argumentos, definir un umbral de calidad en donde se establezcan las condiciones necesarias para que un argumento sea considerado lo suficientemente fuertes como para ser aceptado, brindar la posibilidad de analizar las posibles soluciones a un modelo argumentativo que representa una determinada situación problemática estableciendo los escenarios que optimicen la justificación de una determinada conclusión.

1.4.4. Esquema Conceptual

A continuación, en la *Figura* 1.7, se presenta un esquema conceptual que facilita la visualización y análisis de las relaciones entre los conceptos presentados en esta tesis.

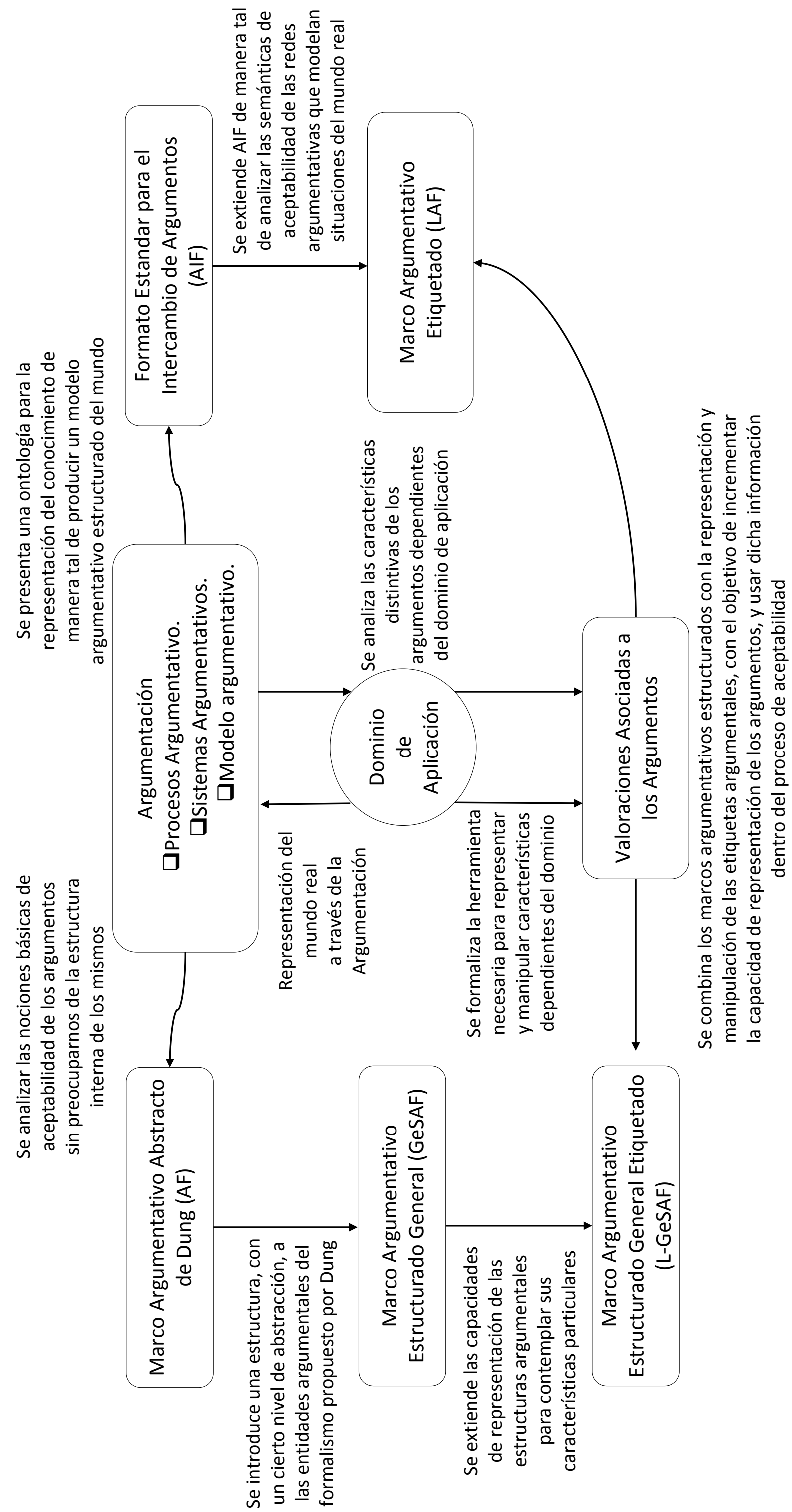


Figura 1.7: Esquema conceptual

Como es posible apreciar, el núcleo de nuestra investigación se posiciona en el área de argumentación, y en las herramientas necesarias para modelar y representar situaciones problemáticas del mundo real computando las características esenciales del dominio de aplicación en el que se encuentra inserta dicha situación. A partir de esas bases, podemos identificar el desarrollo de dos formalizaciones para alcanzar tales fines, creando modelos argumentativos valuados con diferentes interpretaciones conceptuales y niveles de abstracción.

1.5. Publicaciones Surgidas del Desarrollo de la Tesis

Gran parte de los resultados obtenidos durante el desarrollo de esta tesis han sido publicados en diferentes workshops, conferencias y revistas internacionales. Las publicaciones son listadas a continuación:

1) Maximiliano C. D. Budán, Mauro Gómez Lucero, Carlos I. Chesñevar, Guillermo R. Simari. Modeling Time and Reliability in Structured Argumentation Frameworks. In Proceedings of 13th International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR 2012), AAAI Press, ISBN 978-1-57735-560-1, pp 578-582, Roma, Italia, Junio 2012.

2) Maximiliano C. D. Budán, Mauro Gómez Lucero, Carlos I. Chesñevar, Guillermo R. Simari. Modeling time and valuation in structured argumentation frameworks. Information Sciences (ELSEVIER), ISSN 0020-0255, Volume 29, pp 22-44, año 2015.

En 1) y 2) se presentó una versión preliminar del marco argumentativo estructurado introducido en el *Capítulo* 4 de esa tesis. Además, en estos trabajos, se asoció meta-información a las estructuras argumentales con el objetivo de representar la confiabilidad de dichas estructuras. Esta medida de confiabilidad puede ser variable en el tiempo, dependiendo de eventos que sucedan en el dominio de aplicación. En el *Capítulo* 7 profundizaremos más sobre el tema, y analizaremos algunos ejemplos que son de interesantes dentro del dominio de la argumentación.

3) Maximiliano C. D. Budán, Mauro Gómez Lucero, Guillermo R. Simari. An AIF-Based Labeled Argumentation Framework. In Proceedings of 8th International Sym-

posium - Foundations of Information and Knowledge Systems (FoIKS 2014), Springer Lecture Notes in Computer Science, ISBN 978-3-319-04938-0, pp 127-135, Bordeaux, Francia, Marzo 2014.

4) Maximiliano C. D. Budán, Mauro Gómez Lucero, Guillermo R. Simari. Modeling Reliability Varying over Time through a Labeled Argumentative Framework. Weighted Logics for AI: Reasoning about uncertain beliefs, preferences, partial truth and other graded notions (WL4AI 2013), pp 26-33, Beijing, China, Agosto 2013.

5) Maximiliano C. D. Budán, Mauro Gómez Lucero, Guillermo R. Simari. A defeasible logic programming with extra meta-level information through labels. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial: Asociación Española de Inteligencia Artificial, ISNN 1988-3064, Volume 16, Number 52, pp 29 - 41, año 2013.

6) Maximiliano C. D. Budán, Mauro Gómez Lucero, Ignacio Viglizzo, Guillermo R. Simari. A Labeled Argumentation Framework. Journal of Applied Logic (ELSEVIER), ISSN 1570-8683, Volumen, In press, año 2015.

7) Maximiliano C. D. Budán, Gerardo I. Simari, Ignacio Viglizzo, Guillermo R. Simari. Considering Fuzzy Valuations as Meta-level Information in Arguments. Weighted Logics for AI: Reasoning about uncertain beliefs, preferences, partial truth and other graded notions (WL4AI 2015). pp 17-24, Buenos Aires, Argentina, Julio 2015.

En los trabajos 3), 4), 5), 6) y 7) se presentó una formalización que posibilita la representación y manipulación de meta-información, en forma de etiquetas, asociada a estructuras argumentales. Para ello, se propuso una estructura algebraica, denominada álgebra de etiquetas argumentales, en donde se definieron las operaciones necesarias para combinar y propagar adecuadamente las etiquetas. De esta manera, es posible optimizar el proceso argumentativo brindando mayor información sobre la aceptabilidad de las estructuras argumentales. Por otro lado, en 7) se estudió la posibilidad de crear un marco argumentativo que contemple un umbral de aceptabilidad, lo que resulta importante en ciertos dominios de aplicación. Estos resultados serán explorados con más detalle en los *Capítulos* 6 y 8 de esta tesis.

8) Maximiliano C. D. Budán, Mauro Gómez Lucero, Carlos I. Chesñevar, Guillermo R. Simari. An Approach to Argumentation Considering Attacks Through Time.

In Proceedings of Scalable Uncertainty Management - 6th International Conference (SUM 2012), Springer Lecture Notes in Computer Science, ISBN 978-3-642-33361-3, Marburg, Alemania, Septiembre 2012.

9) Maximiliano Celmo David Budán, Ignacio Darío Viglizzo, Guillermo Ricardo Simari. A Labeled Abstract Bipolar Argumentation Framework. In Proceedings of 14th Ibero-American Conference on Artificial Inteligence (IBERAMIA 2014). Springer Lecture Notes in Computer Science, ISBN 978-3-319-12026-3, Santiago de Chile, Chile, Noviembre 2014

10) Maximiliano C. D. Budán, Maria Laura Cobo, Diego Martinez, Guillermo R. Simari. Bipolarity in Temporal Argumentation Frameworks. Weighted Logics for AI: Reasoning about uncertain beliefs, preferences, partial truth and other graded notions (WL4AI 2015). pp 9-16, Buenos Aires, Argentina, Julio 2015.

En los trabajos 8), 9), y 10) se exploraron brevemente algunas líneas de estudio que formarán parte de los trabajos futuros de esta tesis.

1.6. Organización de la Tesis

Previamente se describió el desarrollo de un proceso argumentativo, identificando las entidades que intervienen en el mismo, y cuales son los resultados esperados. Luego, se introdujo la noción de valoraciones asociadas a los argumentos, ilustrando la importancia de contemplar las características dependientes del dominio de aplicación que, integradas dentro del proceso argumental, brindan mayor información acerca del estado de los argumentos una vez analizadas las relaciones existentes entre los mismos. A continuación se describe brevemente el contenido de los restantes capítulos:

Capítulo 2 – Se identifican los elementos básicos de los sistemas argumentativos. El objetivo es comprender la idea general de la argumentación, independientemente del formalismo particular, entendiendo la interrelación de sus componentes.

Capítulo 3 – Se presenta el sistema argumentativo abstracto clásico, el sistema definido por Phan Minh Dung en [Dun93, Dun95], que resulta apropiado para el estudio de los aspectos semánticos de un modelo argumentativo. En este sentido, se introducen los dos principales enfoques para el análisis semántico en el dominio de la argumentación: extensiones de aceptabilidad y asignación de estado (status, en inglés).

Capítulo 4 – Se presenta un formalismo denominado Marco Argumentativo Estructurado, que permite representar la estructura interna de los argumentos a través de estructuras argumentales y establecer diferentes tipos de relaciones entre estructuras, tales como conflicto, preferencia y derrota. Asimismo, se definen en un sentido general, las herramientas necesarias para realizar un análisis semántico del modelo argumentativo, determinando así la aceptabilidad de los argumentos y el estado de garantía de una determinada conclusión.

Capítulo 5 – Se introduce el formalismo conocido como *Formato Estándar para el Intercambio de Argumentos* (AIF) compuesto por un conjunto de conceptos de alto nivel relacionado con el dominio de la argumentación. AIF proporciona una ontología que permite representar el conocimiento de un cierto dominio de aplicación, modelando la estructura interna de los argumentos, y estableciendo un conjunto de relaciones que determina las diferentes influencias que se puede manifestar entre ellos.

Capítulo 6 – Se introduce la noción de etiquetas argumentales como herramienta para extender las capacidades de representación de las estructuras argumentales y representar sus características dependientes del dominio de aplicación. Una vez establecido el concepto de etiquetas argumentales, se define un álgebra de etiquetas argumentales en donde se introducen las operaciones necesarias para manipular y propagar dichas etiquetas en el dominio de la argumentación.

Capítulo 7 – Se propone el marco argumentativo estructurado generalizado etiquetado que combina el marco argumentativo estructurado generalizado con el álgebra de etiquetas argumentales. En este sentido, es posible determinar las características distintivas de una estructura argumental en base a las características de las pasos de razonamiento que forman parte de la misma. Así, estas valuaciones son de utilidad para establecer una preferencia entre estructuras argumentales en conflicto, y determinar finalmente cual de ellas prevalece. Finalmente, se realiza un análisis sobre la aceptabilidad de las estructuras que participan en un determinado modelo argumentativo, y se establece la calidad de garantía de una determinada conclusión en base a la calidad de las estructuras argumentales que la soportan, permitiendo realizar diversos análisis sobre una determinada conclusión.

Capítulo 8 – Se desarrolla un formalismo, llamado Marco Argumentativo Etiquetado (LAF), que nos permitirá la representación de la estructura interna de los argumentos, adjuntar a los argumentos sus características especiales a través de etiquetas argumentales, y representar e interpretar las interacciones entre argumentos tales como soporte, agregación y conflicto, donde cada una de ellas tendrá un efecto particular sobre las valuaciones asociadas a los argumentos involucrados. Usando esta información, podemos establecer el estado de aceptabilidad de los argumentos proporcionando información adicional sobre el estado de los argumentos otorgando así explicaciones claras y fundamentadas, diferenciar distintos grados de aceptabilidad, establecer condiciones de aceptación de un argumento o garantía de una determinada conclusión, y efectuar un análisis más detallado sobre las posibles soluciones asociadas al modelo argumentativo que representa una situación problemática del mundo real.

Capítulo 9 – Se describen los principales formalismos que introducen la noción de valoración en los marcos argumentativos, y se destacan las ventajas y desventajas significativas que posee nuestros enfoques en relación a los mismos.

Capítulo 10 – Se presenta un breve resumen de los temas centrales y las conclusiones finales de la tesis, junto con algunas consideraciones sobre trabajo futuro.

Capítulo 2

Elementos Básicos de los Sistemas Argumentativos

Los sistemas argumentativos son sistemas de razonamiento que siguen un determinado proceso dialéctico para analizar el soporte de diversas conclusiones. Estos tipos de sistemas permiten representar conocimiento en algún lenguaje específico, estructurarlo en entidades lógicas conocidos como argumentos, y definir la aceptación o rechazo de cada uno de ellos a través de un análisis comparativo exhaustivo sujeto a diversas reglas. Para describir los sistemas argumentativos es necesario identificar y analizar cuales son sus elementos esenciales, y como están relacionados entre sí. Prakken & Vreeswijk en [PV02], han identificado un marco conceptual dentro del cual pueden caracterizarse la mayoría de los sistemas de argumentación existentes. De acuerdo a este marco, los sistemas argumentativos poseen cuatro elementos básicos: (1) un *lenguaje lógico* subyacente, (2) una definición de *argumento*, (3) las *relaciones* existentes entre argumentos, y (4) una definición que determine como se realizará la *evaluación* de estos argumentos mediante la cual se establece el conjunto de argumentos aceptados que formarán parte de las creencias de un agente o sistema inteligente. Estos elementos pueden ser encontrados en prácticamente cualquier sistema de argumentación, aunque puede que algunos de ellos sean presentados implícitamente, o sin detalles formales.

2.1. Lenguajes de Representación del Conocimiento

El conocimiento que es posible adquirir dentro de un dominio específico está expresado en un *lenguaje coloquial*. Por ello, el enfoque argumentativo debe estar preparado para representar dicho conocimiento inherentemente inconsistente en un lenguaje formal.

Los sistemas argumentativos cuentan con un *lenguaje lógico* subyacente que constituye el medio para traducir el conocimiento, acerca del dominio en que se basará la argumentación, de una forma coloquial a una formal simbólica formal. Un lenguaje lógico está compuesto por: (1) un *alfabeto*, (2) una *sintaxis*, y (3) una *semántica*. Asociado a este lenguaje lógico se define una noción de *consecuencia lógica*, pilar para la definición de la noción de argumento. Esta noción de consecuencia lógica es monótona [Dav89], es decir, nuevas premisas no invalidan consecuencias previas, sino que dan lugar a nuevos argumentos que estarán en conflicto con los argumentos asociados a dichas consecuencias.

Algunos sistemas argumentativos adoptan una lógica particular, mientras que otros sistemas dejan la lógica subyacente parcialmente o completamente sin especificar. Estos sistemas pueden ser instanciados con diferentes lógicas alternativas, y por lo tanto son considerados marcos argumentativos antes que sistemas argumentativos.

2.2. Definición de Argumento

La noción de *argumento* corresponde a una prueba en la lógica subyacente, empleando la noción de consecuencia lógica. Respecto a la representación formal adoptada para los argumentos, se destacan principalmente tres alternativas en la literatura: como un árbol de prueba con base en las premisas [LS89, Vre97], como una secuencia de prueba (o derivación) [PS97a], o como un par premisas-conclusión dejando implícito que existe una prueba para la conclusión a partir de las premisas en la lógica subyacente [SL92, GS04, Dun93]. Como se mencionó anteriormente, algunos formalismos argumentativos especifican parcialmente, o directamente no especifican, la lógica subyacente. El sistema de Dung [Dun93] es el ejemplo más extremo de esta característica, donde la lógica subyacente, y consecuentemente la estructura interna de los argumentos, se encuentran sin especificar. Dung trata la noción de argumento como primitiva, asumiendo que los conflictos entre argumentos están preestablecidos de antemano (es decir, no se derivan de la estructura de los argumentos). De esta manera, el principal objetivo de su marco argumentativo es analizar y estudiar las interacciones entre argumentos, estableciendo ciertas condiciones que le permitan clasificar la aceptabilidad de los argumentos que describen un dominio especifico del mundo real.

2.3. Relaciones entre Argumentos

Intuitivamente, dentro del proceso argumentativo los argumentos se relacionan de diversas maneras persiguiendo distintos propósitos. Por tal motivo, los sistemas o marcos argumentativos deben establecer cuales serán las relaciones que se van a considerar para generar un modelo que represente un determinado proceso del mundo real.

En los formalismos basados en la teoría de la argumentación rebatible es frecuente encontrar relaciones que modelan el conflicto y la derrota entre argumentos [Sim89, SL92, Dun93, PS97a, GS04, MP14], permitiendo la representación de un proceso argumentativo básico. Sin embargo, con el objetivo de expandir las capacidades de representación del mundo real, se introdujeron otras clases de relaciones que modelan diferentes situaciones del proceso de razonamiento humano, como ser: el soporte entre argumentos en sus diferentes formas mediante el cual es posible representar la bipolaridad del pensamiento [CLS05b]; la agregación (*accrual*) de argumentos que soportan una misma conclusión por medio de la cual es posible considerar que a mayor cantidad de razones para una conclusión más creíble es la misma [Ver95, Pra05, GLCS09]; y el debilitamiento entre argumentos que permite modelar el debilitamiento de un argumento cuando existen razones contrapuestas dentro del modelo argumentativo [Pol10, MCDB15]. A continuación analizaremos cada una de estas relaciones.

Aclaración sobre notación A lo largo de esta sección usaremos letras caligráficas para identificar a los argumentos. Asimismo, representaremos a los argumentos que describen el dominio del mundo real con triángulos pintados en color gris, de color blanco a los argumentos aceptados, sombreado con puntos los argumentos debilitados, negro (gris oscuro) a los argumentos rechazados, y triángulos pintados en color gris con una banda negra cruzada aquellos argumentos inexistentes (no se encuentran definidos dentro del modelo argumentativo pero son de utilidad para el análisis de algunos ejemplos en concreto).

2.3.1. Soporte entre Argumentos

En la literatura de las teorías argumentativas es posible encontrar tres variantes de la relación de soporte: el *soporte deductivo* (*deductive support*), el *soporte necesario* (*neccesary support*), y el *soporte evidencial* (*evidential support*). A continuación daremos una breve descripción de cada uno de ellos, junto a los ejemplos que ilustran las situaciones que modelan.

Soporte Deductivo

El *soporte deductivo* tiene como objetivo capturar la siguiente intuición: si un argumento $\mathcal{A}$ soporta un argumento $\mathcal{B}$, entonces la aceptación de $\mathcal{A}$ implica la aceptación de $\mathcal{B}$, y en consecuencia la no aceptación de $\mathcal{B}$ implica la no aceptación de $\mathcal{A}$. Por ejemplo, dado los siguientes argumentos:

$\mathcal{A}$ *Juan fue a ver, y le gustó, la película "Los juegos del hambre: Sinsajo parte I".*

$\mathcal{B}$ *Juan dará un buen rating a la película "Los juegos del hambre: Sinsajo parte I".*

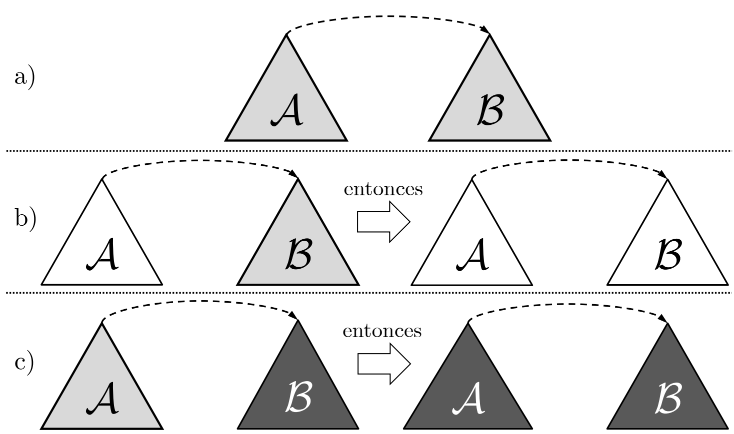


Figura 2.1: Soporte deductivo

En (a) se representa la relación de soporte, en (b) vemos que si $\mathcal{A}$ está aceptado entonces $\mathcal{B}$ estará aceptado, y en (c) se describe el caso en el que si $\mathcal{B}$ no está aceptado entonces $\mathcal{A}$ no podrá ser aceptado. Es decir, si a Juan le gustó la película, es lógico pensar que le asignará un buen raiting, o por el contrario, si Juan le asigna un mal rating a la película, deduciremos que a Juan no le gustó (*Figura* 2.1).

Soporte Necesario

El *soporte necesario* captura la siguiente intuición: si un argumento $\mathcal{A}$ soporta un argumento $\mathcal{B}$, entonces la aceptación de $\mathcal{A}$ es necesaria para poder aceptar $\mathcal{B}$, o lo que es equivalente, la aceptación de $\mathcal{B}$ implica la aceptación de $\mathcal{A}$. Por ejemplo, dado los siguientes argumentos:

$\mathcal{A}$ *La película "Los juegos del hambre: Sinsajo parte I" fue estrenada.*

$\mathcal{B}$ *Juan va al cine a ver la película "Los juegos del hambre: Sinsajo parte I".*

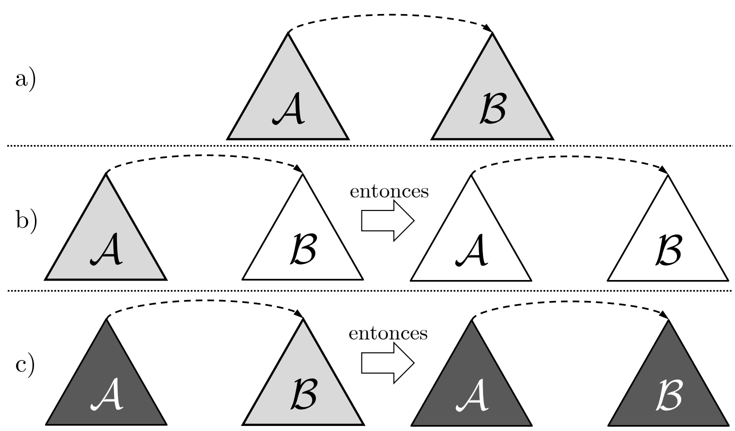


Figura 2.2: Soporte necesario

En (a) se representa la relación de soporte, en (b) vemos que si $\mathcal{B}$ está aceptado entonces necesariamente $\mathcal{A}$ debe estar aceptado, y en (c) se describe el caso en el que si $\mathcal{A}$ no está aceptado entonces $\mathcal{B}$ no podrá ser aceptado. Es decir, es necesario que la película haya sido estrenada para que Juan pueda ir a verla al cine. Por lo tanto, podemos decir que es necesario que ocurra $\mathcal{A}$ para que $\mathcal{B}$ sea válido, o por el contrario, si la película no ha sido estrenada, entonces Juan no pudo ir a verla en el cine (*Figura* 2.2).

Soporte Evidencial

El *soporte evidencial* realiza una distinción entre dos tipos de argumentos, aquellos argumentos primitivos (*primafacie argument*) los cuales no requieren de ningún soporte por parte de otros argumentos para ser aceptados, y aquellos argumentos estándar (*standar argument*) los cuales deben ser soportados al menos por un argumento primitivo. Por ejemplo, dado los siguientes argumentos:

$\mathcal{A}$ *El guión de la película "Los juegos del hambre: Sinsajo parte I" es malo porque no se respeta la historia original escrita por Suzanne Collins.*

$\mathcal{B}$ *No recomendarle la película "Los juegos del hambre: Sinsajo parte I" a Juan, ya que la película tiene un guión malo.*

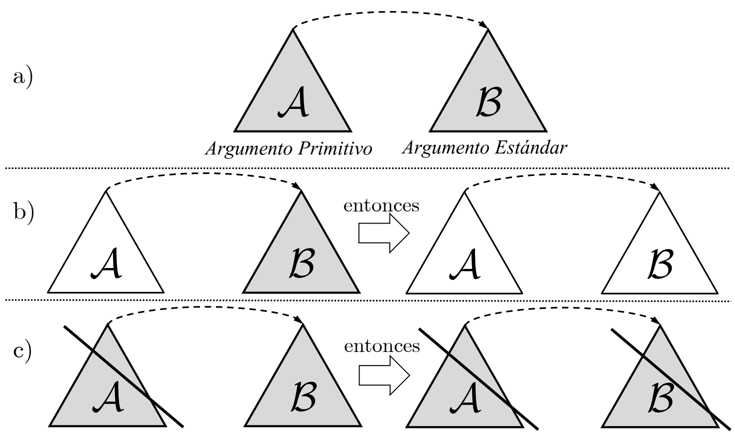


Figura 2.3: Soporte evidencial

En (a) se representa la relación de soporte en donde un argumento primitivo soporta a un argumento estándar, en (b) vemos que si $\mathcal{A}$ está aceptado entonces $\mathcal{B}$ estará aceptado, y en (c) se describe el caso en el que si no existe el argumento primitivo $\mathcal{A}$ que soporta al argumento estándar $\mathcal{B}$, éste carece de fundamento y deja de existir dentro del modelo argumentativo. En otras palabras, es posible apreciar que el argumento $\mathcal{A}$ puede considerarse un argumento primitivo ya que puede ser aceptado sin ningún tipo de soporte, es decir, puede tomarse como una evidencia del dominio. Sin embargo, el argumento $\mathcal{B}$ necesita de las razones (evidencias) propuestas por $\mathcal{A}$ para poder ser considerado como un argumento válido (*Figura* 2.3).

2.3.2. Conflicto entre Argumentos

Intuitivamente, la argumentación presupone desacuerdo en algún sentido. Esto se relaciona con la noción de *conflicto* entre argumentos, también llamada *contra-argumentación* o *ataque*. En la literatura existen tres tipos de ataques: a*taque por refutación* (*rebutting attack*), *ataque a una suposición* (*assumption attack*), y *ataque por socavamiento* (*undercutting attack*, identificado inicialmente por Pollock [Pol70]). A continuación daremos una breve descripción de cada una de ellas, junto a los ejemplos que ilustran las situaciones que modelan.

Ataque por Refutación

El *ataque por refutación* sucede cuando dos argumentos poseen conclusiones contradictorias. Existe una versión directa y una indirecta, en la versión directa el ataque se dirige a la conclusión final del argumento atacado, mientras que en la versión indirecta el ataque se dirige a una sub-conclusión o conclusión intermedia. De esta manera, el ataque por refutación directo es simétrico mientras que el ataque por refutación indirecto no lo es, ya que el argumento que ataca no es atacado recíprocamente por la víctima sino por uno de sus sub-argumentos. Por ejemplo, dado los siguientes argumentos:

> $\mathcal{A}$ *Recomendarle a Juan la película "Los juegos del hambre: Sinsajo parte I", ya que tiene un buen raiting.*
>
> $\mathcal{B}$ *No recomendarle a Juan la película "Los juegos del hambre: Sinsajo parte I", ya que el guión de la película es malo puesto que no se respeta la historia original escrita por Suzanne Collins.*
>
> $\mathcal{C}$ *A pesar de que el guión de la película no respeta la historia original, la trama es interesante y entretenida. En este sentido, se puede considerar que el guión de la película es bueno.*

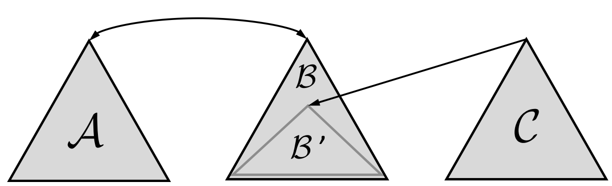


Figura 2.4: Ataque por refutación

Es posible notar que, existe un ataque por refutación directo entre el argumento $\mathcal{A}$ y $\mathcal{B}$, ya que soportan conclusiones contrapuestas. Por otro lado, existe un ataque por refutación indirecto entre los argumentos $\mathcal{C}$ y $\mathcal{B}$, ya que el argumento $\mathcal{C}$ que soporta la conclusión *El guión de la película es bueno* esta en conflicto con un sub-argumento $\mathcal{B}'$ de $\mathcal{B}$ el cual soporta la conclusión contraria (*Figura* 2.4).

Ataque a una Suposición

Este tipo de ataque sucede cuando existe un conflicto entre dos argumentos, donde uno de ellos involucra una suposición (es decir, la conclusión está soportada a través de la suposición de que una cierta fórmula es probablemente válida sin tener una prueba fuerte que lo corrobore), y el otro argumento prueba la proposición contraria a la suposición asumida por el primero. Este tipo de ataque es asimétrico. Por ejemplo, dados los siguientes argumentos:

$\mathcal{A}$ *Asumiendo que a las personas de Japón les gusta el Comics, se puede deducir que la película "The Avengers" será todo un éxito.*

$\mathcal{B}$ *A las personas de Japón no les gusta el Comics por que les gusta el Manga.*

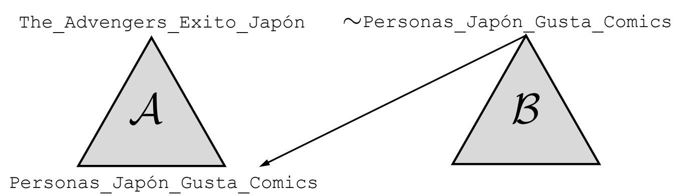


Figura 2.5: Ataque a una suposición

En este caso, el argumento $\mathcal{B}$ ataca a la presuposición *A las personas de Japón les gusta el Comics* sobre la cual está respaldado el argumento $\mathcal{A}$, ya que $\mathcal{B}$ representa las pruebas que determinar los gustos o preferencias de las personas de Japón (*Figura* 2.5).

Ataque por Socavamiento

El *ataque por socavamiento* sucede cuando un argumento cuestiona una regla de inferencia de otro argumento (esta regla debe ser rebatible). Este tipo de ataque es asimétrico, y al igual que el ataque por refutación, tiene una versión directa y otra indirecta. En la versión directa el ataque se dirige contra el paso o regla de inferencia final del argumento, mientras que en el indirecto se dirige contra un paso intermedio. Por ejemplo, dado los siguientes argumentos:

$\mathcal{A}$ *Juan cree que es correcto recomendarle a María la película "Los juegos del hambre: Sinsajo parte I", ya que le pareció excelente.*

$\mathcal{B}$ *Juan es un pésimo crítico del cine.*

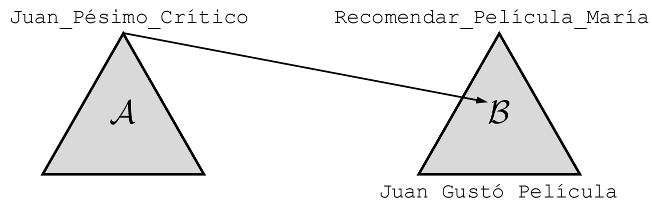


Figura 2.6: Ataque por socavamiento

El argumento $\mathcal{B}$ no ataca al argumento $\mathcal{A}$ de ninguna de las formas analizadas hasta el momento; sin embargo, es posible notar que existe un ataque a las habilidades críticas de Juan. En otras palabras, no se cuestiona ni que a Juan le haya gustado la película ni que en base a su opinión Juan le recomendaría la película a María, simplemente se critica la capacidad que tiene Juan para analizar la película (*Figura* 2.6).

2.3.3. Derrota entre Argumentos

La noción de conflicto no conlleva ninguna forma de evaluación. Por ello, es necesaria la evaluación comparativa de pares de argumentos en conflicto para determinar si un ataque dado tiene éxito o no. Esta noción de "ataque exitoso" se formaliza mediante una relación binaria entre argumentos, comúnmente denominada derrota (*defeat*), y definida como "ataca y no es más débil", o en una versión más estricta como "ataca y es más fuerte" (también denominada derrota estricta). Es importante notar que, existe una relación de preferencia inserta en la relación de derrota, ya que un argumento $\mathcal{A}$ derrota a un argumento $\mathcal{B}$ siempre y cuando se verifique que $\mathcal{A}$ sea preferido a $\mathcal{B}$ bajo ciertas condiciones específicas.

Los sistemas argumentativos adoptan diferentes criterios de evaluación, determinando bajo qué condiciones un argumento derrota a otro. Uno de los criterios más populares en la IA es el de especificidad, que prefiere argumentos basados en información más específica. Sin embargo, algunos investigadores, por ejemplo, Vreeswijk [Vre93], Pollock [Pol95], y Prakken & Sartor [PS97b], consideran que no constituye un principio general del razonamiento de sentido común, sino simplemente un criterio más que podría o no adoptarse. Otros investigadores sostienen que no existen principios generales, independientes del dominio, o que son demasiado débiles (conllevando indecisión en la mayoría de los casos), y que la información acerca del dominio constituye la herramienta más importante para decidir entre argumentos en conflicto [Kon88, Vre93]. Por esta razón, varios sistemas de argumentación se encuentran parametrizados respecto al criterio de comparación, y se espera que sea provisto por el usuario en relación al dominio de aplicación. Finalmente, otros investigadores sostienen que los criterios de evaluación son parte de la teoría del dominio, y por lo tanto sujetos a discusión, por lo que los sistemas argumentativos deberían permitir la construcción de argumentos acerca de dicho criterio permitiendo realizar un debate para su selección.

2.3.4. Debilitamiento entre Argumentos

Usualmente, en los sistemas argumentativos el conflicto entre argumentos se resuelve estableciendo una preferencia entre los argumentos del modelo, permitiendo transformar una relación de conflicto en una relación de derrota. Es decir, si dos argumentos $\mathcal{A}$ y $\mathcal{B}$ están en conflicto, donde $\mathcal{A}$ es preferible a $\mathcal{B}$, entonces $\mathcal{A}$ es un derrotador para $\mathcal{B}$, y $\mathcal{A}$ no es afectado por el ataque de $\mathcal{B}$ (*Figura* 2.7.(a)).

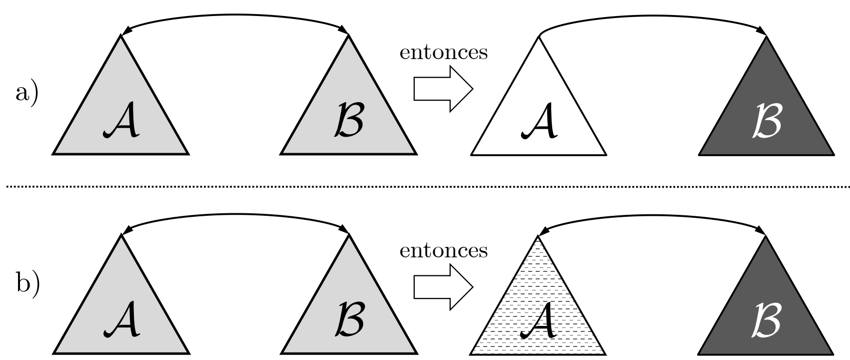


Figura 2.7: Debilitamiento entre argumentos

Sin embargo, exceptuando algunos casos particulares, la naturaleza del conflicto entre argumentos es bidireccional; es decir, la relación de conflicto es simétrica por lo que los argumentos se atacan mutuamente. Por ello, con el objetivo de incrementar lo capacidad de representación de los sistemas argumentativos, surgió una nueva manera de tratar los conflictos entre argumentos donde se modela el efecto debilitante de un argumento no derrotado cuando existen contra-argumentos dentro del modelo. Es decir, si un argumento $\mathcal{A}$ está en conflicto con un argumento $\mathcal{B}$, donde $\mathcal{A}$ es preferible a $\mathcal{B}$, entonces $\mathcal{A}$ es un derrotador para $\mathcal{B}$, y a su vez, $\mathcal{A}$ es afectado por el ataque (existencia) de $\mathcal{B}$ (*Figura* 2.7.(b)). A esta nueva relación se la conoce como *debilitamiento* (*weakening* y *diminisher*) entre argumentos [Pol10, MCDB15]. Es importante destacar que la utilidad de esta relación depende de que existe la posibilidad de cuantificar o cualificar las características asociadas a los argumentos, permitiendo así representar la fortaleza de los mismos. A continuación denotaremos como A, B, ..., Z a los argumentos agregados, mientras que seguiremos haciendo uso de las letras caligráficas $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, ..., $\mathcal{Z}$ para denotar a los argumentos clásicos.

2.3.5. Agregación entre Argumentos

En ciertas aplicaciones del mundo real, especialmente en aquellas en las que el objetivo principal es la búsqueda de todos los argumentos a favor y en contra de una determinada conclusión, es natural considerar a todos los argumentos que comparten la misma conclusión como un único argumento en lugar de evaluarlos individualmente. Esta postura se conoce comúnmente como agregación (*accrual*) y se basa en la idea intuitiva de que varias razones (en forma de argumentos) que soportan una misma conclusión suelen proveer de manera conjunta un soporte más fuerte para dicha conclusión que cada una de estas razones por separado [Ver95, Ver95, GLCS09, MCDB15]. Al igual que la relación de debilitamiento entre argumentos, los beneficios de usar esta relación se hacen evidentes cuando existe la posibilidad de cuantificar o cualificar las características asociadas a los argumentos dentro del modelo argumentativo.

Ataque y Derrota de Argumentos Agregados

Cuando se trata el ataque entre argumentos agregados se debe tener en cuenta que los mismos están posiblemente compuestos por varias cadenas de razonamiento (argumentos) que soportan una misma conclusión. Por ello, sucede que un argumento A esta en conflicto con B cuando A ataca a algunas, o posiblemente a todas, las cadenas de razonamiento que conforman B. De esta manera, es posible definir dos tipos de ataques entre argumentos agregados: *ataque total* o *ataque parcial.*

Por un lado, si A tiene como punto de conflicto la conclusión de B entonces existe un *ataque total* donde A es un derrotador de B cuando A es preferido (bajo algún criterio particular) a B. Por ejemplo, dado los argumentos:

> $\mathcal{A}_1$ *Recomendar a Juan la película "Eragon" debido a que su género es aventura y a Juan le gustan las películas de aventura.*

$\mathcal{A}_2$ *La película "Eragon" tiene un buen raiting por ello se debe recomendar a Juan.*

$\mathcal{B}$ *No se debe recomendar a Juan la película "Eragon" ya que el guión de la película es malo, no se respeta la historia original escrita por Christopher Paolini.*

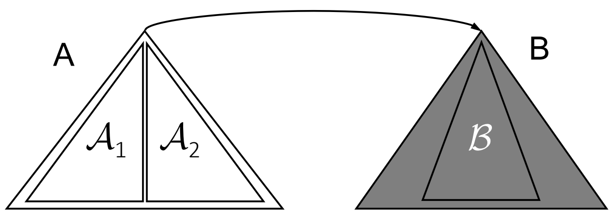


Figura 2.8: Ataque/derrota total entre argumentos agregados

En el ejemplo es posible identificar, un argumento agregado A compuesto por los argumentos $\mathcal{A}_1$ y $\mathcal{A}_2$ los cuales están a favor de recomendarle la película a Juan brindando diferentes razones para dicha recomendación, y un argumento agregado B compuesto por el argumento $\mathcal{B}$ que brinda razones en contra de realizar tal recomendación ilustrando el caso en donde un argumento agregado está compuesto por una única cadena de razonamiento. Es claro que existe un ataque total entre A y B y, suponiendo que A es preferido a B, podemos concluir que A es un derrotador de B (*Figura* 2.8).

Por otro lado, si A tiene como punto de conflicto una conclusión intermedia de B (*Figura* 2.9), es decir, existe un sub-argumento B' de B tal que A está en conflicto con B', entonces existe un ataque parcial, donde A es un derrotador parcial de B cuando A es preferido (bajo algún criterio específico) al sub-argumento agregado B' de B. Por ejemplo, dado los argumentos:

$\mathcal{A}_1$ *No se debe recomendar a Juan la película "Los juegos del hambre: Sinsajo parte I", ya que tiene un mal raiting.*

$\mathcal{A}_2$ *No se debe recomendar a Juan la película "Los juegos del hambre: Sinsajo parte I", ya que el guión de la película es malo, no se respeta la historia original escrita por Suzanne Collins.*

$\mathcal{B}$ *A pesar de que el guión de la película no respeta la historia original, la trama es interesante y entretenida. En este sentido, se puede considerar que el guión de la película es bueno.*

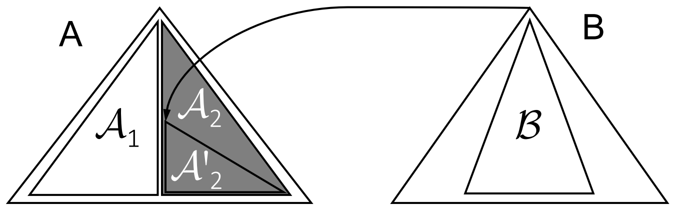


Figura 2.9: Ataque/derrota parcial entre argumentos agregados

En este escenario es posible identificar la existencia de un argumento agregado A compuesto por $\mathcal{A}_1$ y $\mathcal{A}_2$ que representan las razones en contra de recomendarle la película a Juan. Asimismo, A posee una conclusión intermedia soportada por el sub-argumento agregado A' que esta compuesto por el argumento $\mathcal{A}'_2$ que proporciona información sobre la mala calidad del guión de la película. Por otro lado, identificamos al argumento agregado B compuesto por $\mathcal{B}$ exponiendo las razones para creer que la calidad del guión de la película es buena. Finalmente, es posible determinar un ataque parcial entre A y B, donde B ataca al sub-argumento agregado A' de A, y suponiendo que B es preferido a A', podemos concluir que B es un derrotador parcial de A (*Figura* 2.9).

Como explicamos anteriormente, es posible que un argumento A sea el único derrotador parcial de B, o puede que existan más de un derrotador para B. Es por ello que, para determinar el grado de derrota de un argumento agregado es necesario analizar todos sus atacantes, ya que la suma de las derrotas parciales pueden concluir en una derrota total.

Conflicto y Debilitamiento de Argumentos Agregados

Como se expuso anteriormente, un ataque parcial entre argumentos agregados puede resultar en un debilitamiento al argumento atacado. Sin embargo, no es la única clase de debilitamiento entre argumentos agregados que es posible definir. Al igual que el conflicto entre argumentos, es posible resolver el conflicto entre argumentos agregados a través de una relación de debilitamiento con la intención de capturar la existencia de información contradictoria en un contexto de desacuerdo [BGLS13, MCDB15].

Por un lado, si A tiene como punto de conflicto la conclusión de B, entonces A y B se debilitan mutuamente, donde A es debilitado y B es derrotado, si es el caso de que A sea preferido (bajo algún criterio específico) a B. Siguiendo con el ejemplo presentado en el punto anterior donde existe un ataque total entre A y B, y suponiendo que A es preferido a B, podemos concluir que A es debilitado por la existencia de B, y B es derrotado por A (*Figura* 2.10).

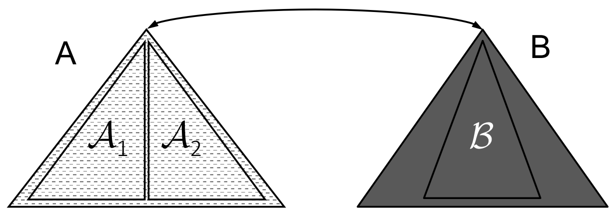


Figura 2.10: Ataque/debilitamiento total entre argumentos agregados

Por otro lado, si A tiene como punto de conflicto una conclusión intermedia de B; es decir, si existe un sub-argumento agregado B' de B tal que A está en conflicto con B', entonces A es un debilitador parcial de B cuando el sub-argumento agregado B' es preferido (bajo algún criterio específico) a A. Continuando con el ejemplo presentado en el punto anterior donde existe un ataque parcial entre A y B, en el cual B está en conflicto con el sub-argumento agregado A' de A, y suponiendo que A' es preferido a B, se puede concluir que B es un debilitador parcial de A debilitando el sub-argumento agregado A' de A, y A' es un argumento derrotador por el argumento B (*Figura* 2.11).

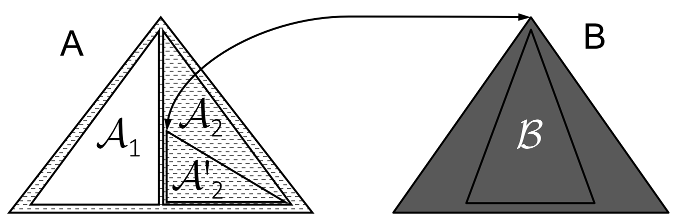


Figura 2.11: Ataque/derrota parcial entre argumentos agregados

2.4. Semánticas Argumentativas

El propósito final de un marco o sistema argumentativo es determinar qué argumentos son aceptables. La aceptabilidad de un argumento depende de diversos factores, como ser las características individuales del argumento, las características colectivas de los argumentos en función de las restricciones impuestas por el dominio de la aplicación, y la interacción entre los argumentos del modelo argumentativo. El tipo de proceso de aceptabilidad que se lleva adelante dentro de un determinado formalismo argumentativo depende estrictamente de la capacidades de representación del mismo, y de la capacidad de representar y computar la información del dominio de aplicación.

La noción de aceptabilidad varía en general de un formalismo a otro. Sin embargo, existen ciertas intuiciones básicas comunes para la definición de la aceptabilidad de los argumentos, tales como: (a) un argumento que no es derrotado por ningún otro argumento es aceptable; (b) un argumento $\mathcal{A}$ puede ser derrotado por un argumento $\mathcal{B}$, pero a su vez $\mathcal{B}$ podría resultar derrotado por un argumento $\mathcal{C}$. Esta situación se conoce como *reinstauración* (*reinstatement*), donde el argumento $\mathcal{C}$ reinstaura la aceptabilidad de $\mathcal{A}$; y (c) un argumento $\mathcal{A}$ puede ser derrotado (debilitado totalmente) por un argumento $\mathcal{B}$, pero a su vez $\mathcal{B}$ podría resultar debilitado parcialmente por la simple existencia de su contra-argumento $\mathcal{A}$. En base a los puntos mencionados previamente, cada formalismo argumentativo establece como se interpretarán e influirán las relaciones existentes entre los argumentos de un determinado modelo argumentativo. Asimismo, los formalismos argumentativos establecen diversos estados de aceptabilidad, donde las categorías más comunes que se pueden encontrar en la literatura son:

- `Aceptados`, considerando aquellos argumentos que no poseen contra-argumentos o aquellos casos en donde la fortaleza de los mismos se ve debilitada parcialmente por la existencia de sus contra-argumentos;

- `Rechazados`, considerando aquellos argumentos en donde la fortaleza de los mismos se ve neutralizada por la fuerza de sus contra-argumentos; y

- `Discutibles`, considerando aquellos casos en los que existe indecisión acerca de la aceptación de los mismos como consecuencia de que dichos argumentos son igualmente preferidos o incomparables a sus contra-argumentos de acuerdo al criterio de evaluación.

La aceptabilidad de un argumento puede definirse en forma declarativa o procedural. En la forma declarativa se establecen o especifican condiciones necesarias y suficientes que debe verificar el conjunto de argumentos considerados aceptados, sin definir un procedimiento para verificar si un argumento dado pertenece o no al conjunto. En la literatura suele emplearse el término semántica de aceptabilidad para hacer referencia a una definición declarativa de aceptabilidad. Por otro lado, la forma procedural consiste en brindar un procedimiento para determinar si un argumento se encuentra o no aceptado. Suele emplearse el término procedimiento o teoría de prueba para hacer referencia a una definición operacional de aceptabilidad. Por otro lado, la validez de una determinada conclusión puede considerarse `Garantizada` cuando existe dentro del modelo argumentativo un argumento aceptado que la soporte, o `No Garantizada` en el caso de que no exista ningún argumento que soporte la conclusión en cuestión.

2.5. Conclusión

Los formalismos argumentativos establecen modelos del mundo real con la intención de analizar y estudiar el conocimiento que se tiene de un determinado dominio de aplicación, para razonar en base a dicho modelo y adquirir el conocimiento necesario para cumplir o satisfacer ciertos objetivos de una manera inteligente, como por ejemplo, tomar decisiones o realizar recomendaciones, entre otros. Para ello, estos sistemas cuentan con ciertas herramientas que permiten representar y analizar el conocimiento del dominio en la cual se encuentran insertos. A medida que aumenta la capacidad de representación de los sistemas argumentativos, mayor es la complejidad del proceso argumentativo. Sin embargo, a mayor capacidad de representación del conocimiento, mayor es la información que se tiene del dominio, por lo que, el sistema es capaz de brindar resultados más sólidos y refinados.

Los investigadores que trabajan en área de la IA, en especial en la rama de la argumentación, usualmente se enfocan en la propuesta de nuevos elementos teóricos para aumentar la capacidad expresiva de los formalismos argumentativos. Algunos investigadores se dedicaron a analizar los diferentes aspectos del proceso argumentativo y de su utilización, tales como: su capacidad para manejar diálogos [AMP00, DDBC05], protocolos de negociación [RRJ$^+$03, ADM08], razonamiento legal [PS97b, BCS03] y estrategias [RL08, RLT09]. Complementariamente, algunos enfoques han estudiado la idoneidad de la argumentación dentro de distintos contextos de aplicación, tales como sistemas de recomendación [CMS04, CMS06], sistemas multi-agente [PW02, KM03] y la web [RZR07c, Rah08].

En esta tesis presentamos una línea de investigación que tiene como principal objetivo incrementar las capacidades de representación de los formalismos argumentativos considerando no solo una combinación de las relaciones presentadas en esta sección, sino también los atributos especiales de los argumentos, y cómo estos atributos pueden ser de utilidad para determinar las preferencias y derrotas entre los argumentos que forman parte de un proceso argumentativo. Asimismo, es posible analizar como las características de los argumentos son afectados por las relaciones establecidas entre los mismos dentro del dominio de la argumentación. De esta manera, los formalismos resultantes de esta investigación contribuyen a la integración de las teorías argumentativas dentro de distintos dominios de aplicación.

Capítulo 3

Sistema Argumentativo de Dung

El razonamiento argumentativo es de gran utilidad en escenarios en donde la aplicación del razonamiento no monótono es necesario; es decir, modelar escenarios del mundo real en donde se lleva a cabo un proceso de razonamiento sobre conocimiento incompleto y contradictorio. Los sistemas que realizan esta clase de razonamiento están definidos con ciertos elementos en común, sin embargo, poseen sus diferencias que surgen básicamente de los objetivos particulares para los cuales cada sistema es creado y, en muchos casos, de la lógica subyacente utilizada. Con la intención de estudiar el significado de la argumentación en forma independiente de un sistema específico, varios investigadores han definido marcos de trabajo argumentativos en los cuales ciertos elementos no son especificados, permitiendo fijar la atención en la semántica del razonamiento argumentativo.

En este capítulo se realizará un resumen del más notable de los sistemas argumentativos abstractos, definido por Phan Minh Dung, en donde la simplicidad de las definiciones y la descripción de la semántica de argumentación permite una buena aproximación a esta área de la IA. El mayor aporte del formalismo de Dung es la definición de las condiciones que todo conjunto de argumentos debe cumplir para ser considerado como aceptados, tomando como bases diferentes posturas crédulas o una posición escéptica. Muchos trabajos posteriores parten de estas nociones preliminares.

3.1. Componentes del Sistema Argumentativo de Dung

Phan Minh Dung presenta en [Dun93, Dun95] la noción de *Marco Argumentativo Abstracto* (AF, por sus siglas en inglés) como una manera de concentrarse en las características salientes de un sistema argumentativo. En AF, un *argumento* es considerado como una entidad abstracta en donde su estructura interna no es especificada, y cuyo rol en el modelo es determinado por su relación con otros argumentos a través de una relación de *ataque* (o derrota). Esta relación se define como un conjunto de pares de argumentos, donde cada par representa un ataque efectivo de la primera componente sobre la segunda. Cabe destacar que en este trabajo Dung no define un sistema argumentativo específico, sino que define los elementos generales que es posible instanciar de distintas formas, dando origen a diferentes sistemas argumentativos.

Definición 1 (Marco Argumentativo Abstracto [Dun93]) *Un marco Argumentativo Abstracto (Abstract Argumentation framework, abreviado AF) es un par* $\langle AR, Attacks \rangle$ *donde AR es un conjunto de argumentos y Attacks es una relación binaria definida sobre AR, es decir,* $Attacks \subseteq AR \times AR$.

Si un argumento $\mathcal{A}$ es derrotador o atacante de un argumento $\mathcal{B}$, entonces el par $(\mathcal{A}, \mathcal{B})$ pertenece al conjunto *Attacks*. Es importante tener en cuenta que, la relación *Attacks* no es simétrica, pero puede ocurrir que para dos argumentos cualesquiera $\mathcal{A}$ y $\mathcal{B}$, se cumpla que $(\mathcal{A}, \mathcal{B}) \in$ Attacks y $(\mathcal{B}, \mathcal{A}) \in$ Attacks.

Los AF s son representados a través de un grafo dirigido donde los nodos del grafo representan los argumentos y los arcos representan ataques (*Ejemplo* 3.1).

Ejemplo 3.1 *Sea* $AF = \langle AR, Attacks \rangle$*, donde*

$AR = \{\mathcal{A}; \mathcal{B}; \mathcal{C}; \mathcal{D}; \mathcal{E}; \mathcal{F}; \mathcal{G}; \mathcal{H}; \mathcal{I}; \mathcal{J}; \mathcal{K}\}$*, y*

$Attacks = \{(\mathcal{A}, \mathcal{B}); (\mathcal{B}, \mathcal{C}); (\mathcal{E}, \mathcal{F}); (\mathcal{F}, \mathcal{D}); (\mathcal{D}, \mathcal{E}); (\mathcal{H}, \mathcal{I}); (\mathcal{I}, \mathcal{H}); (\mathcal{H}, \mathcal{J}); (\mathcal{I}, \mathcal{J}); (\mathcal{J}, \mathcal{K})\}$.

El grafo dirigido asociado a la instanciación del marco argumentativo abstracto AF se presentada en la Figura 3.1.

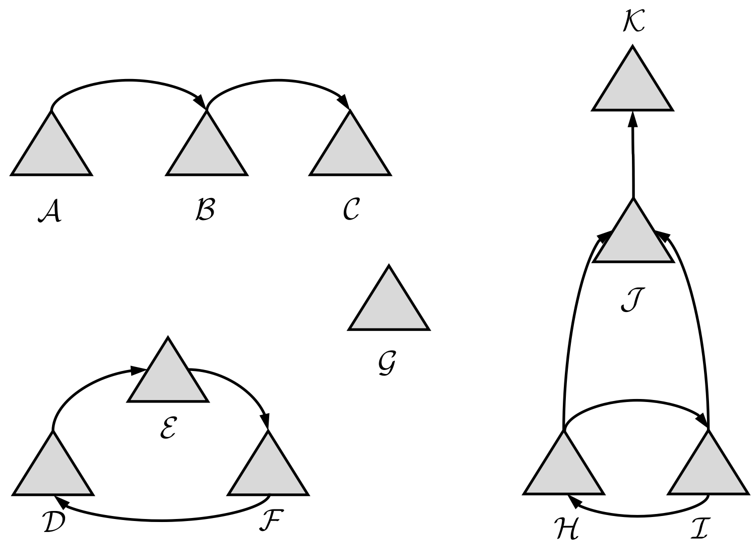


Figura 3.1: Marco argumentativo abstracto

Al representar conocimiento a través de un AF se debe proveer un mecanismo para obtener las conclusiones inferidas por el sistema; esto es, el AF debe poseer una semántica asociada para determinar cual es el conjunto de argumentos que serán aceptados y formarán parte de las creencias de un agente inteligente. A continuación se presentan y comparan las tres semánticas de aceptabilidad propuestas originalmente por Dung [Dun93, Dun95], ampliamente adoptadas por la comunidad de argumentación: básica, estable y preferida.

3.2. Semánticas Argumentativas de Dung

En la literatura pueden identificarse dos enfoques comúnmente empleados para definir semánticas de argumentación. Por un lado, se encuentra el *enfoque basados en asignaciones de estados* (*status assignment approach* o *labelling-based approach*), propuesto originalmente por Pollock [Pol95], y empleado más recientemente en [MC09, Cam06, Cam07, Ver07, Vre06]. De acuerdo a este enfoque, la definición de una semántica consiste en caracterizar una o varias asignaciones de estados para los argumentos del modelo, donde una asignación de estados asocia a un argumento uno de varios posibles estados. Por otro lado, se introdujo el *enfoque basados en extensiones* (*extension-based approach*), que fue adoptado originalmente por Dung en [Dun93, Dun95] para definir las semánticas básica, estable y preferida. La aplicación de una semántica a un AF retornará un conjunto de extensiones, y cada extensión será un conjunto de argumentos que cumplen ciertas características dependientes de la semántica aplicada. Como se analiza en [BG09], el enfoque basado en asignaciones de estados es tanto o más expresivo que el basado en extensiones. A continuación abordaremos los enfoques descriptos anteriormente para caracterizar las semánticas básica, estable y preferida propuestas por Dung.[1]

3.2.1. Semánticas Argumentativas Basadas en Asignación de Estados

De acuerdo a este enfoque, la definición de una semántica consiste en caracterizar las diferentes asignaciones de estados de conjunto de argumentos de un marco argumentativo. Una asignación de estados asocia a los argumentos del modelo uno de varios posibles estados de aceptabilidad. Típicamente, los estados de aceptabilidad pueden ser: IN (el argumento se encuentra aceptado de acuerdo a la asignación), OUT (el argumento se encuentra rechazado de acuerdo a la asignación), y en ocasiones se incluye un estado Undecided (denotando indecisión sobre la aceptación o rechazo del argumento).

Definición 2 (Asignación de Estados para un AF [Pol95]) *Sea* $AF = \langle AR, Attacks \rangle$ *un marco argumentativo abstracto. Una asignación de estados* S *para* AF *es una asignación de un estado* IN *o* OUT (*pero no ambos*) *a algunos* (*posiblemente a todos*) *los argumentos de* AR*, verificando que:*

- $\mathcal{A} \in AR$ *se encuentra* IN *si y sólo si para todo* $\mathcal{B} \in AR$ *tal que* $\mathcal{B}$ *Attacks* $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$ *está* OUT.
- $\mathcal{A} \in AR$ *se encuentra* OUT *si y sólo si existe* $\mathcal{B} \in AR$ *tal que* $\mathcal{B}$ *Attacks* $\mathcal{A}$ *y* $\mathcal{B}$ *está* IN.

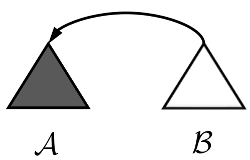
Se empleará $\mathtt{IN}_{\mathsf{S}}$ *para denotar el conjunto de todos los argumentos de* AR *a los que les fue asignado el estado* IN *de acuerdo a* S*. De la misma manera, se empleará* $\mathtt{OUT}_{\mathsf{S}}$ *para denotar el conjunto de todos los argumentos de* AR *que les fue asignado el estado* OUT *de acuerdo a* S.

[1] Caminada en [Cam06] presenta las definiciones basadas en el enfoque de asignaciones de estados para las semánticas básica, estable y preferida propuestas por Dung.

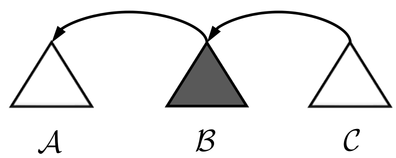
Una asignación de status dada $\mathtt{S}$ podría dejar argumentos sin asignar, reflejando una postura de indecisión acerca de considerarlos `IN` o `OUT`. Diremos que dichos argumentos sin asignar se encuentran `Indecisos` (*undecided*) de acuerdo a $\mathtt{S}$.[2]

Aclaración sobre notación gráfica. Dado un grafo argumentativo asociado a un AF, los argumentos `IN` se pintarán de color blanco, los `OUT` de color negro (gris oscuro), y los `Indecisos` triangulos a rayas negras y blancas. Cuando se desee mostrar sólo un grafo argumentativo asociado a un AF, sin especificar una asignación de estados, los argumentos se pintarán de gris como se representó hasta este punto de la tesis.

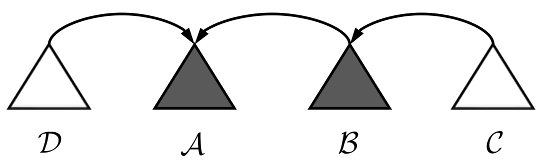
Considere el grafo argumentativo AF de la *Figura* 3.2.(a), donde un argumento $\mathcal{A}$ es derrotado por un argumento $\mathcal{B}$, que no tiene derrotadores. Existe una única asignación de estados posible: el argumento $\mathcal{B}$ es asignado `IN` por tener todos sus derrotadores `OUT` (en particular, no tiene derrotadores), y $\mathcal{A}$ es asignado `OUT` por tener un derrotador `IN` (el argumento $\mathcal{B}$).



(a)



(b)



(c)

Figura 3.2: Ejemplos de asignación de estados

El grafo de la *Figura* 3.2.(b) extiende la situación anterior incorporando un argumento $\mathcal{C}$ como derrotador de $\mathcal{B}$. De esta manera, el argumento $\mathcal{C}$ reinstaura $\mathcal{A}$ mediante la derrota de su único derrotador, el argumento $\mathcal{B}$. El argumento $\mathcal{C}$ es asignado `IN` por tener todos sus derrotadores `OUT` (en particular, no tiene derrotadores), $\mathcal{B}$ es asignado `OUT` por tener

[2]Pollock en [Pol95] utiliza el término asignación de estados parcial para hacer referencia a este tipo de asignaciones de estados, donde ciertos argumentos pueden quedar sin asignar, reflejando indecisión. En el enfoque de Modgil *et.al* [MC09], en cambio, se requiere que todos los argumentos sean asignados, pero se incluye explícitamente un estado adicional `UND` denotando indecisión. Ambas alternativas resultan equivalentes.

un derrotador IN (el argumento $\mathcal{C}$), y $\mathcal{A}$ es asignado IN por tener todos sus derrotadores (el argumento $\mathcal{B}$) OUT. Consideremos ahora que $\mathcal{A}$ tiene otro derrotador, el argumento $\mathcal{D}$, que a su vez no tiene derrotadores (*Figura* 3.2.(c)). En este caso, $\mathcal{A}$ será asignado OUT dado que tiene un derrotador que se encuentra IN (el argumento $\mathcal{D}$). Esta situación sugiere una versión más general de la noción de reinstauración: para reinstaurar un argumento dado deben derrotarse todos sus derrotadores. Por ejemplo, incorporando un derrotador $\mathcal{E}$ para $\mathcal{D}$ al grafo de la *Figura* 3.2.(c) conseguiremos reinstaurar $\mathcal{A}$, y en ese caso se dice que $\mathcal{A}$ es reinstaurado por el conjunto de argumentos $\{\mathcal{C}, \mathcal{E}\}$.

La *Figura* 3.3 muestra una situación comúnmente conocida como bloqueo, donde dos argumentos (de igual preferencia o incomparables) se derrotan mutuamente. Una situación de bloqueo induce tres asignaciones de estados posibles: la asignación S_1 en donde se considera a ambos argumentos como Indecisos (asignación "menos comprometida"), y las asignaciones S_2 y S_3 que consideran de forma arbitraria y alternativas de resolver un bloqueo asignando a uno de los argumentos el estado IN a expensas del otro que tendrá asociado el estado OUT (estas asignaciones son "más comprometidas").

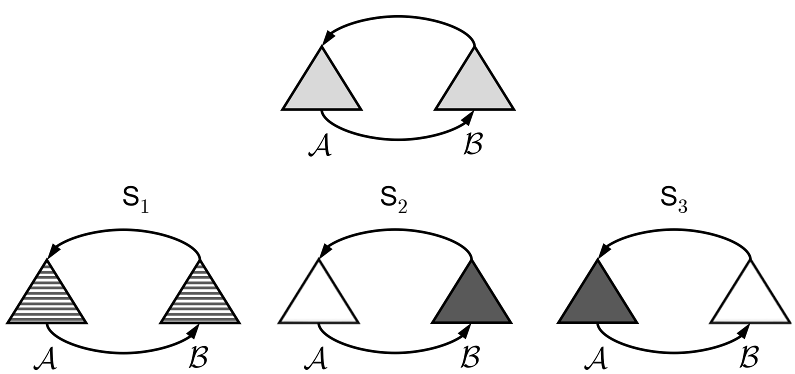


Figura 3.3: Ejemplos de asignación de estados

A modo de verificar que S_1 satisface las condiciones de la *Definición* 2, analicemos el estado de $\mathcal{A}$ (el caso de $\mathcal{B}$ es análogo). Por un lado, $\mathcal{A}$ no está IN dado que no sucede que todos sus derrotadores están OUT (particularmente $\mathcal{B}$ no posee ningún estado). Por otro lado, $\mathcal{A}$ no está OUT dado que carece de un derrotador con estado IN. Respecto a las asignaciones S_2 y S_3, el argumento asignado IN en cada caso tiene efectivamente todos sus derrotadores OUT, y el asignado OUT tiene un derrotador IN, cumpliendo así con la *Definición* 2.

Consideremos ahora una situación algo más compleja involucrando un bloqueo. La *Figura* 3.4 muestra un grafo argumentativo formado por los argumentos $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, $\mathcal{C}$ y $\mathcal{D}$, donde $\mathcal{B}$ defiende a $\mathcal{D}$ de la derrota de $\mathcal{C}$, pero a la vez $\mathcal{B}$ se encuentra en bloqueo con $\mathcal{A}$. Las asignaciones de estados asociadas son S_1, S_2 y S_3, donde los argumentos $\mathcal{A}$ y $\mathcal{B}$ involucrados en el bloqueo se asignan de acuerdo a las tres posibilidades ilustradas en la *Figura* 3.3, determinando en cada caso la asignación para $\mathcal{C}$ y $\mathcal{D}$. Nótese que $\mathcal{D}$ es reinstaurado en la asignación S_3 en el cual se favorece a su defensor $\mathcal{B}$ sobre $\mathcal{A}$.

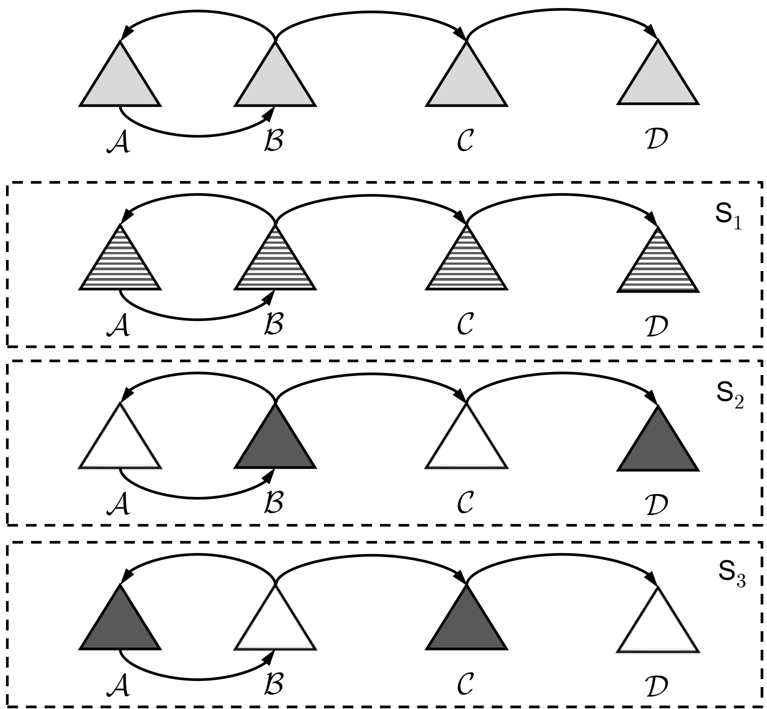


Figura 3.4: Situación involucrando un bloqueo y múltiples asignaciones de estados

Los efectos de las situaciones de bloqueo como las analizadas anteriormente, se generaliza a cualquier ciclo de longitud par. La *Figura* 3.5 se muestra las tres asignaciones de estados posibles para un ciclo de longitud 4. Es importante notar que en un ciclo de longitud par puede interpretarse como un caso en el cual se definen dos bandos o conjuntos de argumentos (en este caso $\{\mathcal{A},\mathcal{C}\}$, y $\{\mathcal{B},\mathcal{D}\}$), donde los argumentos de cada bando se defienden entre ellos de las derrotas provocadas por los argumentos del bando contrario. De esta manera, las tres posibilidades de asignación surgen entonces de favorecer alternativamente a uno de los dos bandos, como es posible notar en las asignaciones S_2 y S_3, o considerar todos los argumentos `Indecisos`, reflejado en la asignación S_1.

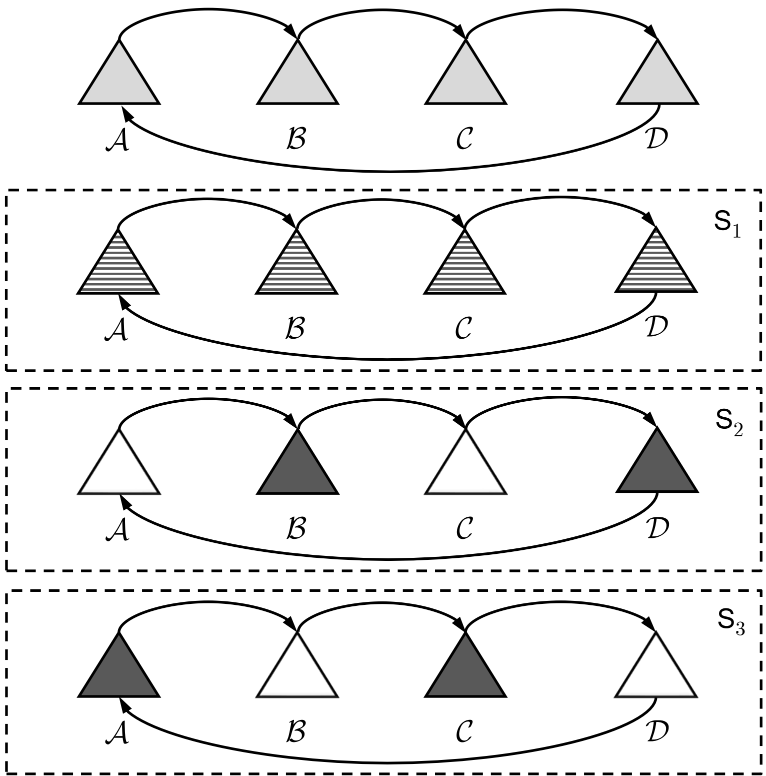
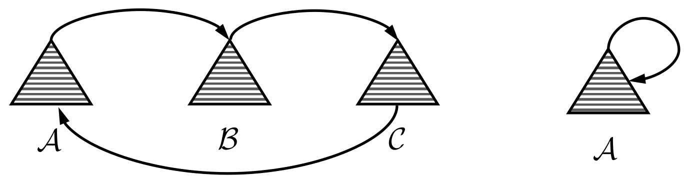


Figura 3.5: Ciclo de longitud par y múltiples asignaciones de estados

Analicemos ahora los ciclos de longitud impar. La *Figura* 3.6.(a) muestra un grafo que involucra los argumentos $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$ y $\mathcal{C}$, donde $\mathcal{A}$ derrota $\mathcal{B}$, $\mathcal{B}$ derrota $\mathcal{C}$ y $\mathcal{C}$ derrota $\mathcal{A}$ creando así un ciclo de longitud 3. Puede verificarse que la única posibilidad de asignación para este grafo, de acuerdo a la *Definición* 2, consiste en considerar a todos los argumentos como *indecisos*. Veamos que no es posible asignar `IN` o `OUT` a $\mathcal{A}$. Por un lado, si consideramos que $\mathcal{A}$ se encuentra `IN`, dado que $\mathcal{A}$ derrota a $\mathcal{B}$, $\mathcal{B}$ debe estar `OUT`. Luego, por ser $\mathcal{B}$ el único derrotador de $\mathcal{C}$, $\mathcal{C}$ estará `IN`. Dado que $\mathcal{C}$ está `IN`, $\mathcal{C}$ derrotará a $\mathcal{A}$, y $\mathcal{A}$ estará `OUT`, arribando a una contradicción. Por otro lado, si consideramos que $\mathcal{A}$ se encuentra `OUT`, por ser el único derrotador de $\mathcal{B}$, $\mathcal{B}$ debe estar `IN`. Luego, dado que $\mathcal{B}$ derrota a $\mathcal{C}$, $\mathcal{C}$ estará `OUT`. Por ser $\mathcal{C}$ el único derrotador de $\mathcal{A}$, $\mathcal{A}$ deberá estar `IN`, arribando nuevamente a una contradicción. Finalmente, la única posibilidad es considerar a $\mathcal{A}$ como `Indeciso`, y consecuentemente también a $\mathcal{B}$ y $\mathcal{C}$.

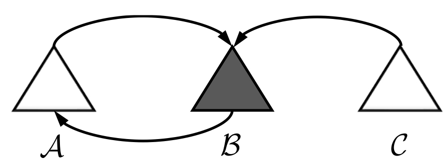


(a) (b)

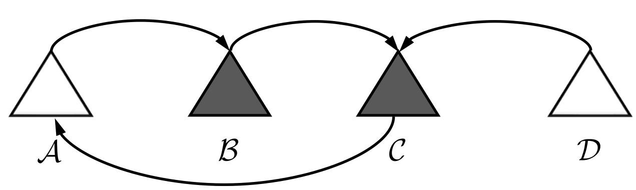
Figura 3.6: Ciclos de longitud impar

Un caso particular de ciclo de longitud impar es el argumento que se derrota a sí mismo (o *self-defeating*). La *Figura* 3.6.(b) ilustra esta situación, junto a la única asignación de estados, considerando el argumento como `Indeciso`.

Finalmente cabe aclarar que un ciclo en un grafo (ya sea par o impar) no siempre implica indecisión o asignaciones alternativas. La indecisión inherente a un ciclo se verá anulada cuando uno de sus integrantes sufre una derrota de un argumento externo (no involucrado en el ciclo) que se encuentra no derrotado. Las *Figura* 3.7.(a) y 3.7.(b) ilustran esta situación para un ciclo par y uno impar, respectivamente, mostrando la única asignación de estados posible en cada caso.



(a)



(b)

Figura 3.7: Ciclo de longitud impar sin indesición

Cuando se analizó la situación de bloqueo de la *Figura* 3.3, dando lugar a múltiples asignaciones de estados alternativas, se habló informalmente de asignación de estados "menos comprometida" al referirnos a aquella que considera ambos argumentos como `Indecisos`, y de asignaciones de estados "más comprometidas" al referirnos a aquellas que resuelven el bloqueo arbitrariamente, en una u otra dirección. A continuación se introduce una relación de orden parcial "$\prec$" entre asignaciones de estados formalizando esta noción de grado de compromiso relativo entre asignaciones de estados.

Definición 3 ([GL]) *Sean* S_1 *y* S_2 *dos asignaciones de estados para un AF. Diremos que* S_1 *es tanto o menos comprometida que* S_2 *(o que* S_2 *es tanto o más comprometida que* S_1*), notado* $\mathsf{S}_1 \preceq \mathsf{S}_1$*, si* $\mathtt{IN}_{\mathsf{S}_1} \subseteq \mathtt{IN}_{\mathsf{S}_2}$ *y* $\mathtt{OUT}_{\mathsf{S}_1} \subseteq \mathtt{OUT}_{\mathsf{S}_2}$*. Además notaremos* $\mathsf{S}_1 \prec \mathsf{S}_1$ *(estrictamente menos comprometido) cuando* $\mathsf{S}_1 \preceq \mathsf{S}_2$ *pero* $\mathsf{S}_2 \npreceq \mathsf{S}_1$*.*

Intuitivamente, una asignación S_2 es más comprometida que otra S_1 si puede obtenerse a partir de esta última asignando estados `IN` o `OUT` a argumentos `Indecisos`. En otras palabras, S_2 adopta una determinada postura de asignación (arbitraria) frente a conflictos entre argumentos (ciclos pares) considerados `Indecisos` de acuerdo a S_1. Por ejemplo, considere las asignaciones de estados S_1, S_2 y S_3 de la Figura 3.5. Entonces vale que $\mathsf{S}_1 \prec \mathsf{S}_1$ y $\mathsf{S}_1 \prec \mathsf{S}_3$. Además vale que $\mathsf{S}_2 \npreceq \mathsf{S}_3$ y $\mathsf{S}_3 \npreceq \mathsf{S}_2$.

Proposición 3.1 *Sean* S_1 *y* S_2 *dos asignaciones de estados arbitrarias para un AF. Si* $\mathsf{S}_1 \preceq \mathsf{S}_2$ *y* $\mathsf{S}_2 \preceq \mathsf{S}_1$*, entonces* $\mathsf{S}_1 = \mathsf{S}_2$*.*

<u>*Demostración:*</u> *Trivial, ya que por hipótesis se verifica que:* $\mathtt{IN}_{\mathsf{S}_1} \subseteq \mathtt{IN}_{\mathsf{S}_2}$ *y* $\mathtt{OUT}_{\mathsf{S}_1} \subseteq \mathtt{OUT}_{\mathsf{S}_2}$*, y a la vez,* $\mathtt{IN}_{\mathsf{S}_2} \subseteq \mathtt{IN}_{\mathsf{S}_1}$ *y* $\mathtt{OUT}_{\mathsf{S}_2} \subseteq \mathtt{OUT}_{\mathsf{S}_1}$*. Luego,* $\mathtt{IN}_{\mathsf{S}_1} = \mathtt{IN}_{\mathsf{S}_2}$ *y* $\mathtt{OUT}_{\mathsf{S}_1} = \mathtt{OUT}_{\mathsf{S}_2}$*.*$\square$

La semántica de aceptabilidad establece cuándo considerar a un argumento como aceptado, e incorporarlo a nuestra bases de creencias. A continuación se presenta una caracterización en términos de asignaciones de estados de las semánticas básica, estable y preferida, originalmente introducidas por Dung en [Dun93, Dun95].

Semántica Básica

La asignación de estados básica (o grounded, en inglés) es la "menos" comprometida de todas las asignaciones de estados, es decir, aquella que realiza la mínima asignación de estados de los argumentos del modelo para respetar la relación de ataque (*Attacks*), evitando así adoptar una postura frente a conflictos de bloqueo.

Definición 4 (Asignación de Estados Básica [Cam07]) *Sea* S *una asignación de estados para un AF. Diremos que* S *es una asignación de estados básica si* $\mathsf{S} \preceq \mathsf{S}'$ *para toda otra asignación de estados* S' *(es decir,* S *es la menor asignación de estados con respecto a* $\preceq$*.)*

Definición 5 (Semántica Básica [Cam07]) *Sea* $AF = \langle AR, Attacks \rangle$ *un marco argumentativo abstracto. Diremos que, de acuerdo a la semántica básica, un argumento* $\mathcal{A} \in AR$ *es un argumento:*

– `Aceptado`*, si y sólo si es asignado* `IN` *por la asignación de estados básica.*

– `Rechazado`*, si y sólo si es asignado* `OUT` *por la asignación de estados básica.*

– `Indeciso`*, si y sólo si no se encuentra ni* `Aceptado` *ni* `Rechazado`*.*

A modo de ejemplos simples y aislados, los tres grafos de la *Figura* 3.2 tienen una única asignación de estados, y por lo tanto, son asignaciones de estados básica. Lo mismo sucede con los grafos de la *Figura* 3.6 (ciclos impares), y los de la *Figura* 3.7 (ciclos anulados). Para los grafos de las *Figura* 3.3, 3.4 y 3.5, todos con múltiples asignaciones de estados, la asignación de estados básica es aquella en donde no se toma ninguna postura frente a las situaciones de bloqueo, asignando así el estado discutible a todos los argumentos afectados (asignación denotada como S_1 en cada uno de los casos).

Ejemplo 3.2 (Continuación Ejemplo 3.1) *Analizaremos el grafo presentado en la* Figura 3.1 *con la intención de aplicar la asignación de estados básica, y de esta manera determinar el conjunto de argumentos que se encuentran aceptados en base a la semántica básica.*

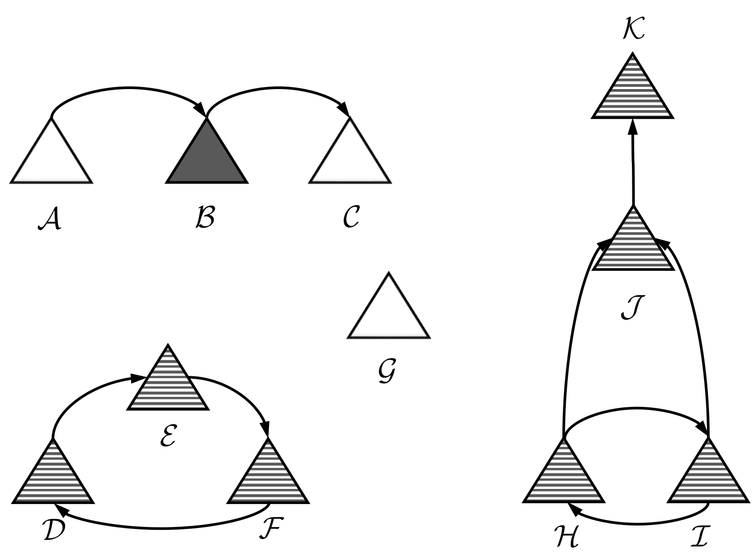


Figura 3.8: Asignación básica

Iniciamos el análisis asignando el estado `IN` *a todos aquellos argumentos que no poseen derrotadores, de esta manera, los argumentos* $\mathcal{A}$ *y* $\mathcal{G}$ *se encuentran* `IN`*. Analizando la cadena de ataques entre los argumentos* $\mathcal{A}$*,* $\mathcal{B}$ *y* $\mathcal{C}$ *tenemos que, el argumento* $\mathcal{A}$ *reinstaura* $\mathcal{C}$ *mediante la derrota de su único derrotador, el argumento* $\mathcal{B}$*. El argumento* $\mathcal{B}$ *es asignado* `OUT` *por tener un derrotador* `IN` (*el argumento* $\mathcal{A}$)*, y* $\mathcal{C}$ *es asignado* `IN` *por tener todos sus derrotadores* (*el argumento* $\mathcal{B}$) `OUT`*. Debido a que estamos en un postura que refleja una asignación de estados menos comprometida, al analizar las situaciones de bloqueo* (*par o impar*) *entre argumentos, optamos por asignarles un estado discutible evitando así tomar una postura frente a situaciones de bloqueo. En este ejemplo podemos distinguir dos situaciones de bloqueo: un ciclo de ataque impar entre los argumentos* $\mathcal{D}$*,* $\mathcal{E}$ *y* $\mathcal{F}$*; y un ciclo de ataque par entre los argumentos* $\mathcal{H}$ *e* $\mathcal{I}$*, los cuales a su vez afectan a los argumentos* $\mathcal{J}$ *y* $\mathcal{K}$*. Finalmente, en base a la* Definición 5*, se puede concluir que:* $\{\mathcal{A}, \mathcal{C}, \mathcal{G}\}$ *es el conjunto de argumentos* `Aceptados`*,* $\{\mathcal{B}\}$ *es el conjunto de argumentos* `Rechazados`*, y* $\{\mathcal{D}, \mathcal{E}, \mathcal{F}, \mathcal{H}, \mathcal{I}, \mathcal{J}, \mathcal{K}\}$ *es el conjunto de argumentos* `Indecisos`*.*

Semántica Estable

La semántica estable propone una asignación de estados "totalmente" comprometida en donde no existen argumentos `Indecisos`, asumiendo la resolución de cada situación de bloqueo en una u otra dirección.

Definición 6 (Asignación de Estados Estable [Cam07]) *Sea* S *una asignación de estados para un AF. Diremos que* S *es una asignación de estados estable si* $\mathtt{IN}_{\mathsf{S}} \cup \mathtt{OUT}_{\mathsf{S}} = AR$ (S *es "totalmente comprometida"*)*.*

Definición 7 (Semántica Estable [Cam07]) *Sea* $AF = \langle AR, Attacks \rangle$ *un marco argumentativo abstracto. Diremos que, de acuerdo a la semántica estable, un argumento* $\mathcal{A} \in AR$ *es un argumento:*

- `Aceptado`*, si y sólo si es asignado* `IN` *por la asignación de estados estables.*
- `Rechazado`*, si y sólo si es asignado* `OUT` *por la asignación de estados estables.*
- `Indeciso`*, si y sólo si no se encuentra ni* `Aceptado` *ni* `Rechazado`*.*

Los tres grafos de la *Figura* 3.2 tienen una única asignación de estados, que es a la vez básica y estable. Debido a que ambas semánticas coinciden para estos grafos, definiendo los mismos conjuntos de argumentos `Aceptados` y `Rechazados`. El grafo de la *Figura* 3.3 tiene dos asignaciones de estados estables: uno en donde el argumento $\mathcal{A}$ es considerado `IN`, y por tal motivo al argumento $\mathcal{B}$ es asignado el estado `OUT` (asignación S_2); y la situación inversa en donde el argumento $\mathcal{B}$ es considerado `IN`, por lo que al argumento $\mathcal{A}$ se le asigna el estado `OUT` (asignación S_3). Dado que tanto $\mathcal{A}$ como $\mathcal{B}$ son asignados `IN` en una de las las asignaciones y `OUT` en la otra, ambos son considera discutibles por la semántica estable, coincidiendo nuevamente con la básica.

Analicemos ahora el grafo de la *Figura* 3.9 ilustra una situación identificada en la literatura como argumentos flotantes, donde las semánticas básica y estable difieren. De acuerdo a la semántica básica (determinada por la asignación básica S_1), todos los argumentos son discutibles. La indecisión general en S_1 es consecuencia de la situación de bloqueo entre los argumentos $\mathcal{H}$ y $\mathcal{I}$, que afecta directa o indirectamente a todos los argumentos. Por otro lado, existen dos asignaciones estables, S_2 y S_3, resultado de resolver el bloqueo alternativamente en favor del argumento $\mathcal{H}$ o del argumento $\mathcal{I}$. Aunque S_2 y S_3 difieren en los estado asignados a los argumentos $\mathcal{H}$ y $\mathcal{I}$, coinciden en asignar el estado `OUT` al argumento $\mathcal{J}$, y el estado `IN` al argumento $\mathcal{K}$, quedando $\mathcal{J}$ `Rechazado` y $\mathcal{K}$ `Aceptado` de acuerdo a la semántica estable.

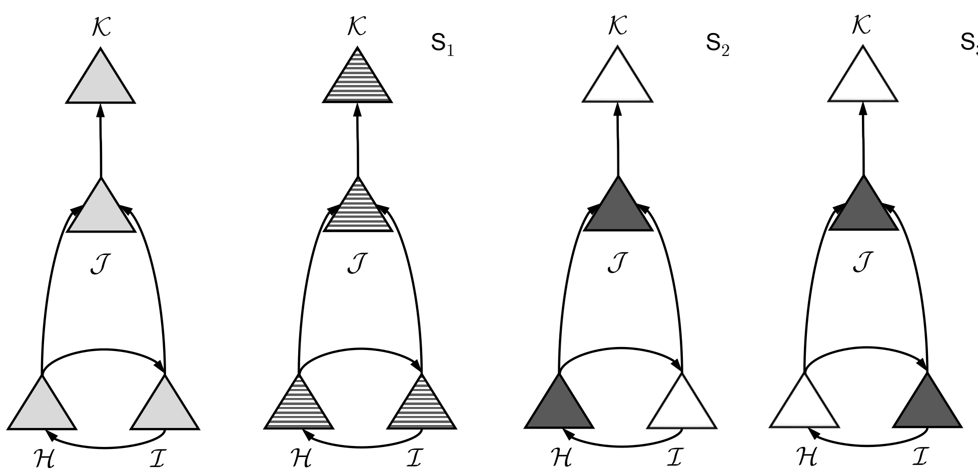


Figura 3.9: Argumentos flotantes

La principal limitación de la semántica estable tiene que ver con los ciclos impares dado que generalmente un ciclo impar solo admite que sus miembros sean considerados `Indecisos`. Un grafo conteniendo un ciclo impar podría no tener asignación de estados estable, provocando que en estos casos la semántica no provea respuestas, o provea respuestas sin sentido.

Ejemplo 3.3 (Continuación Ejemplo 3.1) *Analizaremos el grafo presentado en la* Figura 3.1 *con la intención de aplicar las asignaciones de estados estable posibles, y de esta manera determinar el conjunto de argumentos que se encuentran aceptados en base a la semántica estable. Intuitivamente podemos distinguir un conflicto de ciclo impar entre los argumentos* $\mathcal{D}$, $\mathcal{E}$ *y* $\mathcal{F}$ (Figura 3.10). *Por esta razón, no es posible encontrar una asignación de estados estable ya que es necesario asignarle a cada uno de los argumentos del modelo un estado* `IN` *o* `OUT`. *Es decir, para una correcta asignación de estados estable es necesario la ausencia de argumentos con estado* `Indecisos`*, satisfaciendo la condición impuesta en la* Definición 6.

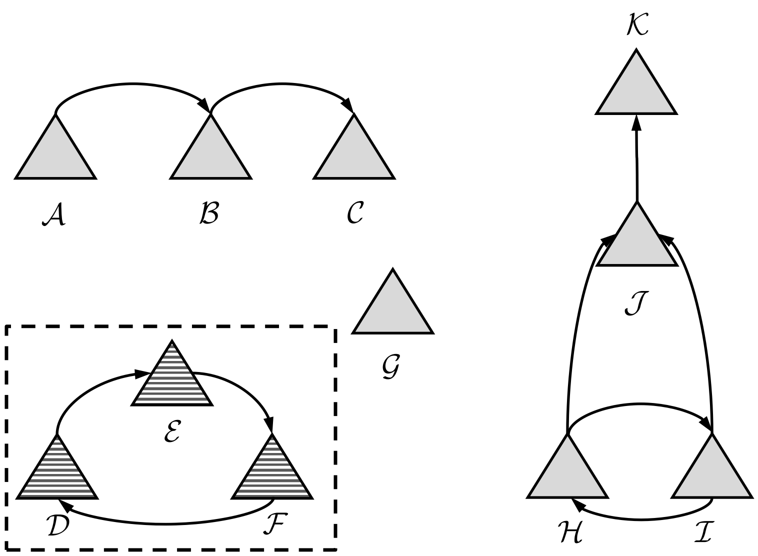


Figura 3.10: Asignación estable

Finalmente, el sistema no puede brindar una respuesta, o una respuesta con sentido sobre el estado de aceptabilidad de los argumentos en base a la semántica estable.

Semántica Preferida

La semántica preferida soluciona las limitaciones de la semántica estable, relajando el requerimiento de considerar asignaciones de estados totalmente comprometidas, a considerar asignaciones de estados maximalmente comprometidas, permitiéndole de esta forma abordar situaciones con argumentos imposibles de asignar, es decir, aquellos argumentos que están involucrados en conflictos con ciclos impares.

Definición 8 (Asignación de Estados Preferida [Cam07]) *Sea* S *una asignación de estados para un* AF*. Diremos que* S *es una asignación de estados preferida si* S *es maximal con respecto a* $\preceq$ *(o maximalmente comprometida), es decir, si no existe asignación de estados* S' *tal que* $\mathsf{S}' \succ \mathsf{S}$*.*

Definición 9 (Semántica Preferida [Cam07]) *Sea* $AF = \langle AR, Attacks \rangle$ *un marco argumentativo abstracto. Diremos que, de acuerdo a la semántica preferida, un argumento* $\mathcal{A} \in AR$ *es un argumento:*

- `Aceptado`*, si y sólo si es asignado* `IN` *por la asignación de estados preferidas.*
- `Rechazado`*, si y sólo si es asignado* `OUT` *por la asignación de estados preferidas.*
- `Indeciso`*, si y sólo si no se encuentra ni* `Aceptado` *ni* `Rechazado`*.*

Analicemos el grafo de la *Figura* 3.11. En este caso, aunque solo la asignación S_2 es estable, tanto S_2 como S_3 son preferidas, evitando así que prevalezca una de las posibilidades de resolución del bloqueo y se brinden respuestas no seguras: los tres argumentos se consideran indecisos de acuerdo a la semántica preferida.

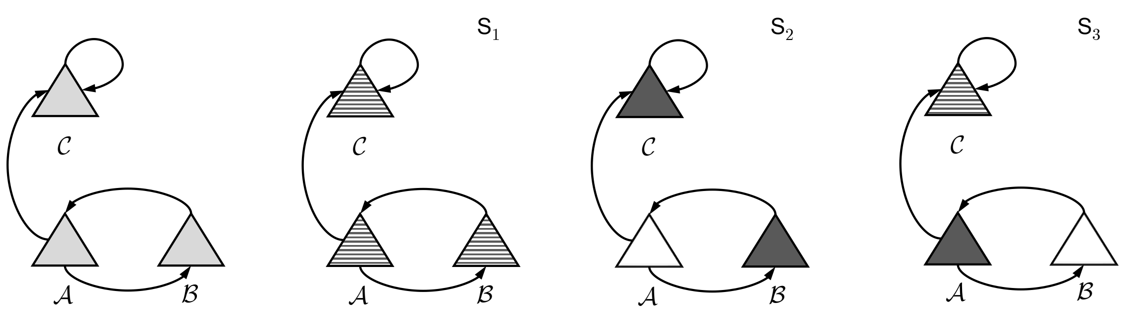


Figura 3.11: Asignación preferida / estable

Ejemplo 3.4 (Continuación Ejemplo 3.1) *Analizaremos el grafo presentado en la* Figura 3.1 *con la intención de aplicar las asignaciones de estados preferidas posibles, y de esta manera determinar el conjunto de argumentos que se encuentran aceptados en base a la semántica preferida.*

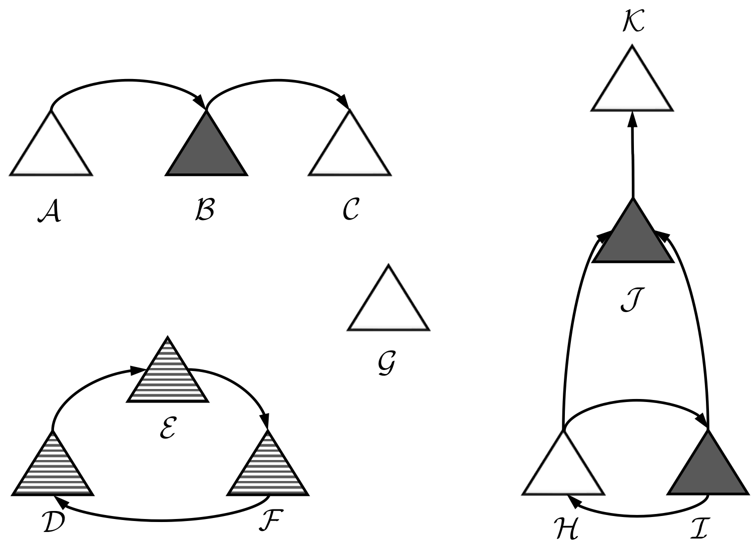


Figura 3.12: Asignación preferida S_1

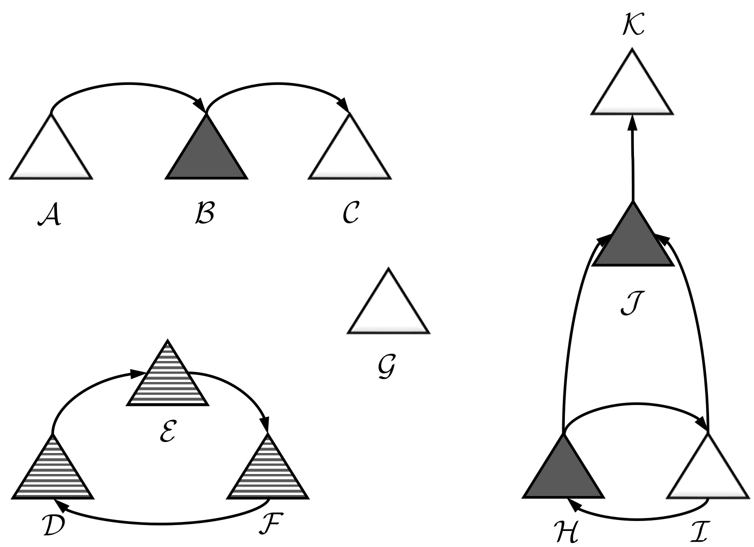


Figura 3.13: Asignación preferida S_2

Como se muestra en las Figura 3.12 *y* 3.13*, existen dos asignaciones estables* S_1 *y* S_2*, en donde los estados asignados a la mayoría de los argumentos coinciden, excepto por la resolución del conflicto de ciclo par entre los argumentos* $\mathcal{H}$ *e* $\mathcal{I}$ *en donde cada asignación favorece alternativamente al argumento* $\mathcal{H}$ *(asignación* S_1*) o al argumento* $\mathcal{I}$ *(asignación* S_2*). Finalmente, en base a la* Definición 9*, se puede concluir que:* $\{\mathcal{A}, \mathcal{C}, \mathcal{G}, \mathcal{K}\}$ *es el conjunto de argumentos* `Aceptados`*,* $\{\mathcal{B}, \mathcal{J}\}$ *es el conjunto de argumentos* `Rechazados`*, y* $\{\mathcal{D}, \mathcal{E}, \mathcal{F}\}$ *es el conjunto de argumentos* `Indecisos`*.*

3.2.2. Semánticas Argumentativas Basadas en Extensiones

Como se explicó anteriormente, la aplicación de una semántica a un AF retornará un conjunto de extensiones, y cada extensión será un conjunto de argumentos que cumplen ciertas características dependientes de la semántica aplicada.

En un AF, la relación de ataque es el factor primario a analizar dentro de las semánticas argumentativas; es decir, es el primer elemento a analizar para determinar los distintos conjuntos de argumentos aceptados. Más precisamente, si existen dos argumentos involucrados en una relación de ataque, entonces es necesario un análisis exhaustivo de los ataques existentes para determinar la aceptación de los argumentos participantes. Por esta razón, Dung define la noción elemental de conjuntos de argumentos en donde los ataques están ausentes, como indica la siguiente definición (las nociones presentadas a continuación fueron tomadas de [Dun93]).

Definición 10 (Libre de Conflicto [Dun93]) *Dado un marco argumentativo abstracto $AF = \langle AR, Attacks \rangle$. Un conjunto de argumentos $S \subseteq AR$ se dice libre de conflicto si no existen dos argumentos $\mathcal{A}, \mathcal{B} \in S$ tal que $(\mathcal{A}, \mathcal{B}) \in$ Attacks.*

En base al concepto de libre de conflicto, Dung desarrolla una teoría de argumentación cuya noción principal es la aceptabilidad de argumentos. El punto clave en esta teoría es que un argumento $\mathcal{A}$ que es derrotado por un argumento $\mathcal{B}$ puede ser aceptado sólo si es restablecido (*reinstated*) por un tercer argumento; es decir, un argumento aceptado $\mathcal{C}$ que derrota a su derrotador $\mathcal{A}$. Esta situación también es mencionada en la literatura como defensa entre argumentos.

Definición 11 (Aceptabilidad de Argumentos [Dun93]) *Dado un marco argumentativo abstracto $AF = \langle AR, Attacks \rangle$. Sea $\mathcal{A} \in AR$ un argumento, y $S \subseteq AR$ un conjunto de argumentos. Se dice que $\mathcal{A}$ es aceptable con respecto a S, si y sólo si, para cada argumento $\mathcal{B} \in AR$ tal que $(\mathcal{B}, \mathcal{A}) \in$ Attacks, existe un argumento $\mathcal{C} \in S$ tal que $(\mathcal{C}, \mathcal{B}) \in$ Attacks; lo que implica que todo argumento que ataque a $\mathcal{A}$, es atacado por algún elemento de S.*

La noción de aceptabilidad induce un hecho elemental que constituye el punto de partida de un análisis general de aceptabilidad: si un argumento $\mathcal{A}$ es aceptable con respecto al conjunto vacío, entonces esto significa que no necesita defensores, por lo que no posee derrotadores.

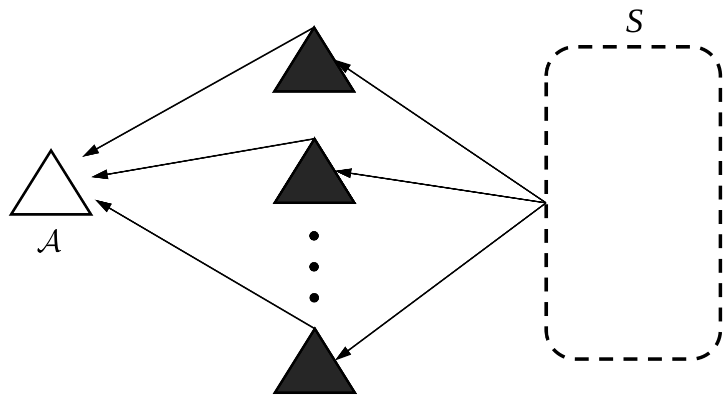


Figura 3.14: Aceptabilidad de argumentos

Naturalmente, si un argumento $\mathcal{A}$ es aceptable con respecto a un conjunto S, también será aceptable con respecto a cualquier conjunto S' tal que $S \subseteq S'$. Por otra parte, un argumento sin derrotadores será entonces aceptable con respecto a cualquier conjunto. En base a estos conceptos, es interesante considerar aquellos conjuntos de argumentos que se defienden colectivamente entre sí, los cuales son capturados bajo la noción de conjunto admisible de argumentos.

Definición 12 (Conjunto Admisible de Argumentos [Dun93]) *Dado un marco argumentativo abstracto $AF = \langle AR, Attacks \rangle$. Sea $S \subseteq AR$ un conjunto de argumentos, donde S es un conjunto libre de conflicto. Se dice que S es admisible si y sólo si para todo argumento $\mathcal{A} \in S$ se verifica que $\mathcal{A}$ es aceptable con respecto a S.*

Dung establece distintas semánticas de aceptabilidad a través de la definición de diversas extensiones de argumentos que intentan capturar diferentes clases de consecuencia rebatible: las extensiones completas, las estables, las preferidas, y las básicas. Las tres primeras definen una semántica crédula para los marcos argumentales, mientras que la última presenta una posición escéptica, es decir, rechaza argumentos involucrados en controversias. Estas extensiones de aceptabilidad establecen el conjunto de argumentos aceptados, los cuales cumplen ciertos requisitos dependiendo de la semántica en cuestión.

Definición 13 (Extensión Completa [Dun93]) *Dado un marco argumentativo abstracto $AF = \langle AR, Attacks \rangle$. Un conjunto admisible E de argumentos es una extensión completa si cada argumento que es aceptable con respecto a E pertenece a E.*

Las extensiones completas son conjuntos maximales con respecto a la propiedad de admisibilidad. En una extensión completa E si un argumento $\mathcal{A}$ es aceptable con respecto a E

entonces $\mathcal{A} \in E$. La extensión completa resulta una aproximación a un conjunto de argumentos aceptables en el sistema. Sin embargo, es factible que esta extensión no sea única, ya que a pesar de estar formada por un conjunto maximal aceptable existen controversias lo que permitiría diferente extensiones para un mismo modelo argumentativo.

Ejemplo 3.5 (Continuación Ejemplo 3.1) *Considerando el AF representado por el grafo de la* Figura 3.1, *los conjunto de argumentos* $E_1 = \{\mathcal{A};\mathcal{C};\mathcal{H};\mathcal{K};\mathcal{G}\}$ *y* $E_2 = \{\mathcal{A};\mathcal{C};\mathcal{I};\mathcal{K};\mathcal{G}\}$ *son admisibles ya que satisfacen el requisito impuestos en la* Definición 13*; es decir, cada argumento que es aceptable por* E_1 *y* E_2*, pertenece a* E_1 *y* E_2 *respectivamente. El conjunto de argumentos* $E_3 = \{\mathcal{A};\mathcal{D};\mathcal{I};\mathcal{K};\mathcal{G}\}$ *no es una extensión completa ya que el argumento* $\mathcal{C}$ *es aceptable con respecto a* E_3 *y no se verifica que* $\mathcal{C} \in E_3$*, además* $\mathcal{D}$ *no es aceptable con respecto a* E_3 *y* $\mathcal{D} \in E_3$*.*

La siguiente proposición establece la equivalencia entre las nociones de asignación de estados y extensión completa, pilares para las definiciones de las semánticas básica, estable y preferida, de acuerdo a los enfoques basados en asignación de estados y extensiones, respectivamente.

Proposición 3.2 *Dado un marco argumentativo abstracto* $AF = \langle AR, Attacks \rangle$*, y sea* $E \subseteq AR$*.* E *es una extensión completa si y sólo si existe una asignación de estados* S *tal que* $E = \mathtt{IN}_{\mathsf{S}}$*.*

<u>*Demostración:*</u> $(\rightarrow)$ *Sea* S *una asignación de estados. Verifiquemos que* $\mathtt{IN}_{\mathsf{S}}$ *es una extensión completa, es decir, que* 1) $\mathtt{IN}_{\mathsf{S}}$ *es libre de conflicto y* 2) $\mathcal{A} \in \mathtt{IN}_{\mathsf{S}}$ *si y sólo si* $\mathcal{A}$ *es aceptable con respecto a* $\mathtt{IN}_{\mathsf{S}}$*.*

1) $\mathtt{IN}_{\mathsf{S}}$ *es libre de conflicto, dado que si* $\mathcal{A} \in \mathtt{IN}_{\mathsf{S}}$ *entonces para todo* $\mathcal{B}$ *tal que* $(\mathcal{B}, \mathcal{A}) \in$ *Attacks vale que* $\mathcal{B} \in \mathtt{OUT}_{\mathsf{S}}$ *(primer item de la* Definición 2*).*

2) $\mathcal{A} \in \mathtt{IN}_{\mathsf{S}}$ *si y sólo si para todo* $\mathcal{B}$ *tal que* $(\mathcal{B}, \mathcal{A}) \in$ *Attacks vale que* $\mathcal{B} \in \mathtt{OUT}_{\mathsf{S}}$*, y* $\mathcal{B} \in \mathtt{OUT}_{\mathsf{S}}$ *si y sólo si existe un argumento* $\mathcal{C} \in \mathtt{IN}_{\mathsf{S}}$ *tal que* $(\mathcal{C}, \mathcal{B}) \in$ *Attacks (segundo item de la de la* Definición 2*).*

$(\leftarrow)$ *Sea* E *una extensión completa. Consideremos el conjunto* $E' \in$ *Args de todos los argumentos derrotados por argumentos en* E*. Probaremos que la asignación del estado* $\mathtt{IN}$

exactamente a los argumentos de E y `OUT` *exactamente a los de E' constituye efectivamente una asignación de estados de acuerdo a la* Definición 2.

Dado que E es libre de conflicto, es correcto inferir que $E \cap E' = \emptyset$, lo que indica que no estaremos asignando `IN` *y* `OUT` *a un mismo argumento. Ademas, verifiquemos que la asignación considerada satisface las condiciones de los dos items de la* Definición 2*:*

1) *$\mathcal{A} \in E$ tiene asignado el estado* `IN` *si y sólo si $\mathcal{A}$ es admisible con respecto a E, es decir, para todo $\mathcal{B} \in AR$ tal que $(\mathcal{B}, \mathcal{A}) \in Attacks$ vale que existe un argumento $\mathcal{C} \in E$ tal que $(\mathcal{C}, \mathcal{B}) \in Attacks$, por lo que el argumento $\mathcal{B}$ tendrá asignado el estado* `OUT`*.*

2) *$\mathcal{A} \in E'$ tiene asignado el estado* `OUT` *si y sólo si existe $\mathcal{B} \in E$ tal que $(\mathcal{B}, \mathcal{A}) \in Attacks$ donde que $\mathcal{B}$ tiene asignado el estado* `IN`*.*$\square$

En base a los conceptos presentados previamente, Dung establece dos posturas para determinar el conjunto de argumentos aceptados. Por un lado, presenta las semánticas con una postura crédula en donde se admiten la posibilidad de incorporar a aquellos argumentos que están involucrados en controversias, como ser la semántica estable y preferida. Por otro lado, presenta una semántica con una postura escéptica la cual toma la postura opuesta a las semanticas crédulas, rechazando aquellos argumentos que están involucrados en controversias, como ser la semántica básica.

Semántica Básica

Esta semántica es definida a través de una función monótona, denominada función característica con la cual se puede caracterizar un conjunto de argumentos aceptados en el marco argumentativo, bajo una posición escéptica.

Definición 14 (Función Característica [Dun93]) *Sea $AF = \langle AR, Attacks \rangle$ un marco argumentativo abstracto. La función característica asociada es definida de la siguiente manera $F : 2^{AR} \rightarrow 2^{AR}$:*

$$F(S) =_{def} \{\mathcal{A} \in AR \mid \mathcal{A} \textit{ es aceptable con respecto a } S\}$$

Debido a que, si $\mathcal{A}$ es aceptable con respecto a S también lo es con respecto a cualquier superconjunto de S, F es una función monótona y, por lo tanto, tiene un menor punto fijo. Para toda función monótona T, el menor punto fijo puede ser aproximado (no necesariamente alcanzado) por repetición de T. Para la función característica F se define:

$F^0 = \emptyset$ y

$F^i = F(F^{i-1})$, para todo i natural.

El menor punto fijo de F es el conjunto F^k tal que $F^k = F^{k-1}$, para algún $k \geqslant 0$.

Definición 15 (Extensión Básica [Dun93]) *Una extensión básica de un framework AF es un conjunto de argumentos E tal que E es $\subseteq$-minimal y completo; o equivalentemente E esta compuesto por los argumentos del menor punto fijo de F con respecto al marco argumentativo abstracto AF.*

En base a esta última extensión se puede caracterizar el conjunto de argumentos que son consecuencia escéptica del modelo argumentativo. Esta extensión es una de las más relevantes de la propuesta de Dung y es utilizada en varios sistemas formales [AK07, RMS09, GS14]. Es importante notar que las extensiones denotan diferentes conjuntos posibles de aceptación de argumentos. En el caso de la extensión básica, este conjunto es único para cualquier marco argumentativo.

Ejemplo 3.6 (Continuación Ejemplo 3.1) *Considerando el AF representado por el grafo de la* Figura 3.1*, la extensión básica para el ejemplo puede ser obtenida aplicando la función característica como se muestra a continuación:*

$$F^0(\emptyset) = \emptyset$$
$$F^1(\emptyset) = F(\emptyset) = \{\mathcal{A}; \mathcal{G}\}$$
$$F^2(\emptyset) = F(\{\mathcal{A}; \mathcal{G}\}) = \{\mathcal{A}; \mathcal{G}; \mathcal{C}\}$$
$$F^3(\emptyset) = F(\{\mathcal{A}; \mathcal{G}; \mathcal{C}\}) = F^2(\emptyset)$$

Es importante notar que el resultado obtenido a través de la noción de punto fijo es equivalente al obtenido por la asignación de estados básica.

Semántica Estable

Otra extensión definida por Dung determina aquel conjunto de argumentos que, de ser aceptado, condiciona al resto de los argumentos que no pertenecen a dicho conjunto a estar naturalmente rechazados.

Definición 16 (Extensión Estable [Dun93]) *Dado un marco argumentativo abstracto* $AF = \langle AR, Attacks \rangle$*. Un conjunto* E *de argumentos libre de conflicto es una extensión estable, si* E *ataca a cada argumento que no pertenece a* E*.*

Las extensiones estables no se basan en la noción de admisibilidad, sino que representan un conjunto de argumentos consistentes (en el sentido de ausencia de contradicción) que forman un bloque de información en conflicto con el resto del sistema. Nuevamente, las controversias son causantes de la diversidad de extensiones dentro de un modelo argumentativo. Es importante notar que, los marcos argumentativos abstractos que contienen ciclos de longitud impar no cuentan con extensiones estables, esto se debe a que es imposible encontrar un conjunto de argumentos que sea libre de conflicto y que ataquen a cada argumento que no pertenece a dicho conjunto.

Ejemplo 3.7 *Considerando el AF representado por el grafo de la* Figura 3.1*, no es posible encontrar una extensión estable debido a la existencia de un ciclo impar de ataques dado por los argumentos* $\mathcal{D}$*,* $\mathcal{E}$ *y* $\mathcal{F}$*. De la misma manera, como se analizó previamente en base a la noción de asignación de estados, es imposible realizar una asignación de estados estable sobre dicho grafo.*

Semántica Preferida

Las extensiones preferidas se basan en el concepto de aceptabilidad de argumentos, y la condición de ser maximal conlleva a alcanzar el máximo grado de aceptación en el sistema. Toda extensión preferida es una extensión completa, pero la inversa de esta proposición no es válida. Esto es evidente puesto que el conjunto vacío es una extensión completa, pero no una extensión preferida dada la restricción de maximalidad. Finalmente, los argumentos aceptados según la semántica preferida son aquellos argumentos que pertenecen a todas las extensiones preferidas del modelo.

Definición 17 (Extensión Preferida [Dun93]) *Una extensión preferida de un framework AF es un conjunto $\subseteq$-maximal admisible de argumentos de AF.*

Ejemplo 3.8 (Continuación Ejemplo 3.1) *Considerando el AF representado por el grafo de la* Figura 3.1*, los conjuntos de argumentos* $E_1 = \{\mathcal{A};\mathcal{C};\mathcal{H};\mathcal{K};\mathcal{G}\}$ *y* $E_2 = \{\mathcal{A};\mathcal{C};\mathcal{I};\mathcal{K};\mathcal{G}\}$ *son admisibles y maximales con respecto a la inclusión de conjuntos, por lo que son las dos extensiones preferidas del modelo. De esta manera, los argumentos aceptados de acuerdo a la semántica preferida son* $E_1 \cap E_2 = \{\mathcal{A};\mathcal{C};\mathcal{K};\mathcal{G}\}$*. Es posible notar que el resultado alcanzado es equivalente al conjunto de argumentos obtenidos por las asignaciones de estados preferidas para el mismo grafo denotado como* $\mathtt{IN}_{S_1}$ *y* $\mathtt{IN}_{S_2}$ *(ver* Figuras 3.12 *y* 3.13*), respectivamente.*

Establecida la correspondencia entre las nociones de asignación de estados y extensión completa, como se demostró mediante la *Proposición* 3.2, resulta directo mostrar la equivalencia entre los distintos tipos de asignaciones de estados (básica, estable y preferida) y los correspondientes tipos de extensiones.

Proposición 3.3 *Dado un marco argumentativo abstracto* $AF = \langle AR, Attacks\rangle$*, y sea* $E \subseteq AR$*. E es una extensión básica [estable/preferida] si y sólo si existe una asignación de estados básica [estable/preferida]* S *tal que* $E = \mathtt{IN}_\mathsf{S}$

<u>*Demostración:*</u> *Puede verse que en el marco de la equivalencia entre asignaciones de estados y extensiones completas, la relación "$\preceq$" (tanto o menos comprometida que) entre asignaciones de estados se corresponde a la relación "$\subseteq$" (inclusión) entre extensiones. Formalmente,* $\mathsf{S}_1 \preceq \mathsf{S}_2$ *si y sólo si* $\mathtt{IN}_{\mathsf{S}_1} \subseteq \mathtt{IN}_{\mathsf{S}_2}$*. Luego, E es la menor (con respecto a $\subseteq$) de las extensiones completas si y sólo si existe asignación de estados* S *tal que* $E = \mathtt{IN}_\mathsf{S}$ *y* S *es la menor (con respecto a $\preceq$) de las asignaciones de estados (equivalencia para la semántica básica). Además, E es completa maximal (con respecto a $\subseteq$) si y sólo si existe asignación de estados* S *tal que* $E = \mathtt{IN}_\mathsf{S}$ *y* S *es maximal (con respecto a $\preceq$) (equivalencia para la semántica preferida). Finalmente, E es completa si* $\mathcal{A} \notin E$ *entonces existe* $\mathcal{B} \in E$ *tal que* $(\mathcal{B},\mathcal{A}) \in Attacks$ *(extensión estable) si y sólo si existe asignación de estados* S *tal que* $E = \mathtt{IN}_\mathsf{S}$ *donde si* $\mathcal{A} \notin \mathtt{IN}_\mathsf{S}$ *entonces existe* $\mathcal{B} \in \mathtt{IN}_\mathsf{S}$ *tal que* $(\mathcal{B},\mathcal{A}) \in Attacks$*, por lo que al argumento* $\mathcal{A}$ *se le asigna el estado* $\mathtt{OUT}$*, es decir,* $\mathcal{A} \in \mathtt{OUT}_\mathsf{S}$ *(equivalencia para la semántica estable).*$\square$

Propiedades de las Semánticas de Aceptabilidad

A continuación se listan algunas propiedades referidas a las semánticas de aceptabilidad introducidas en las secciones, enunciadas y demostradas originalmente por Dung en [Dun95].

- Todo AF posee al menos una asignación de estados.
- Todo AF posee una única asignación de estados básica.
- Todo AF posee al menos una asignación de estados preferida.
- Existen AFs para los que no existe asignación de estados estable.
- La asignación de estados básica es siempre menor (con respecto a $\preceq$) que todas las asignaciones de estados preferidas y estables (por definición, la asignación de estados básica es la menor de todas las asignaciones de estados).
- Toda asignación de estados estable es preferida, pero no viceversa. Es claro que una asignación de estados "totalmente comprometida" (es decir, que asigna `IN` o `OUT` a todos los argumentos) es en particular "maximalmente comprometida". La recíproca no vale, consecuencia de los ciclos impares los cuales son imposibles de asignar.
- Todo AF bien fundado – *well-founded* (es decir, tal que no hay caminos infinitos ni ciclos en el grafo dirigido asociado) posee exactamente una asignación de estados, que es básica, preferida y estable.
- Todo argumento garantizado de acuerdo a la semántica básica está aceptado de acuerdo a la semántica preferida. La recíproca no vale, como ser el caso de los argumentos flotantes.

Como es posible apreciar, algunas de las propiedades presentadas anteriormente nos demuestran las relaciones existentes entre las semánticas de aceptabilidad definidas para un marco argumentativo abstracto y las características que poseen particularmente los marco argumentativos abstractos bien fundados.

3.3. Conclusión

En este capítulo se presentaron y analizaron comparativamente las tres semánticas de aceptabilidad propuestas por Dung en [Dun95] (básica, estable y preferida), ampliamente adoptadas por las formalizaciones de argumentación existentes para definir la aceptabilidad de argumentos (quinto elemento del modelo conceptual de argumentación). A diferencia de la caracterización propuesta originalmente por Dung, basada en la noción de extensión, la presentada aquí se basa en el enfoque de asignaciones de estados, adoptado por Pollock [Pol95] y Modgil [MC09], que resulta más conveniente para la posterior presentación de las semánticas para el formalismo argumentativo estructurado generalizado presentado en el *Capítulo* 4, y el formalismos argumentativos etiquetado presentado en el *Capítulo* 7 de esta tesis. Adicionalmente se describió una caracterización de la semántica básica basada en la noción de punto fijo introducida por Dung en [Dun95] que sugiere un mecanismo simple para computar el conjunto de argumentos aceptados de acuerdo a dicha semántica.

La mayoría de las propuestas abstractas utilizan las extensiones semánticas de Dung como caracterización de posibles argumentos aceptados. En particular, la extensión básica es la que permite definir una semántica escéptica razonable para gran parte de los formalismos. Esta es una posición conservadora, dado que existen algunas situaciones controversiales en el escenario de argumentos que imposibilitan alcanzar un máximo grado de aceptación, como ser casos de ciclos pares e impares de ataques entre argumentos.

Muchas extensiones han sido definidas sobre el marco argumentativo abstracto AF para ampliar las capacidades de representación de conocimiento. Existen principalmente dos de ellas que son las extensiones más significativas relacionadas directamente a los objetivos de esta tesis. Por un lado, nos encontramos con la introducción de la noción de sub-argumento, en donde un sub-argumento puede describirse como "una parte de un argumento que es un argumento por sí misma". Los sub-argumentos son de utilidad para descomponer argumentos en piezas más pequeñas, los cuales son, a su vez argumentos válidos y pueden ser considerados separadamente; por ejemplo, pueden ser atacados. La consideración de sub-argumentos provee medios para una representación de conocimiento más poderosa al costo de un incremento en la complejidad: todo análisis llevado a cabo sobre argumentos se torna inherentemente recursivo. Por otro lado, tendremos en cuenta aquellas extensiones en las cuales se consideran valoraciones asociadas a los argumentos, las cuales nos brindan la posibilidad de representar la fortaleza que poseen ciertos argumentos. Estas valoraciones son usadas de diversas maneras, dependiendo del dominio de aplicación al que se enfoca el formalismo. Al considerar estas ponderaciones asociadas a los argumentos, la determinación de las semánticas de aceptabilidad aumentan en complejidad, y hay que prestar especial atención a la manera de tratar dichas valoraciones. Sin embargo, este aumento de la complejidad al computar la aceptabilidad de los argumentos está equilibrada con los beneficios que conlleva este aumento de representación de las estructuras argumentales ya que nos brindan mayor información acerca de las mismas, pudiendo así refinar el proceso de aceptabilidad asociado a los argumentos.

Capítulo 4

Marco Agumentativo Estructurado Generalizado

Como se mencionó en el primer capítulo de esta tesis, uno de los principales objetivos de la Inteligencia Artificial (IA) es imitar el mecanismo de razonamiento que poseen los seres humanos para resolver situaciones problemáticas del mundo real de una manera inteligente. En el ámbito de la argumentación rebatible se desarrollaron diversos formalismos que proporcionan mecanismos inteligentes de razonamiento con el objetivo de brindar soluciones razonables a situaciones problemáticas del mundo real. Para ello, los formalismos basados en las teorías argumentativas deben ser capaces de representar el conocimiento del mundo real, y de analizar y tratar la inconsistencia que puede traer dicho conocimiento para finalmente obtener el conocimiento base que será de utilidad para abordar de forma inteligente las diferentes situaciones problemáticas. Actualmente existen diferentes formalismos argumentativos que cumplen con este propósito, cada uno con sus características particulares que permiten la creación de diferentes modelos, como ser el marco argumentativo de Dung [Dun95], el marco argumentativo bipolar de Cayrol & Lagasquie-Schiex [CLS05b], el sistema argumentativo propuesto por García & Simari [GS14], el sistema argumentativo propuesto por Modgil & Prakken [MP14], el sistema argumentativo propuesto por Toni [Ton14], entre muchos otros [MP14, RMGS10].

En este capítulo presentaremos un marco argumentativo estructurado, llamado *Marco Argumentativo Estructurado Generalizado* (*GeSAF*, por sus siglas en inglés), en el cual se definen los elementos necesarios para representar la estructura interna de los argumentos, identificar y analizar la relaciones producidas entre argumentos desde un punto de vista general, y establecer la aceptabilidad de los argumentos en base a las necesidades del dominio de aplicación.

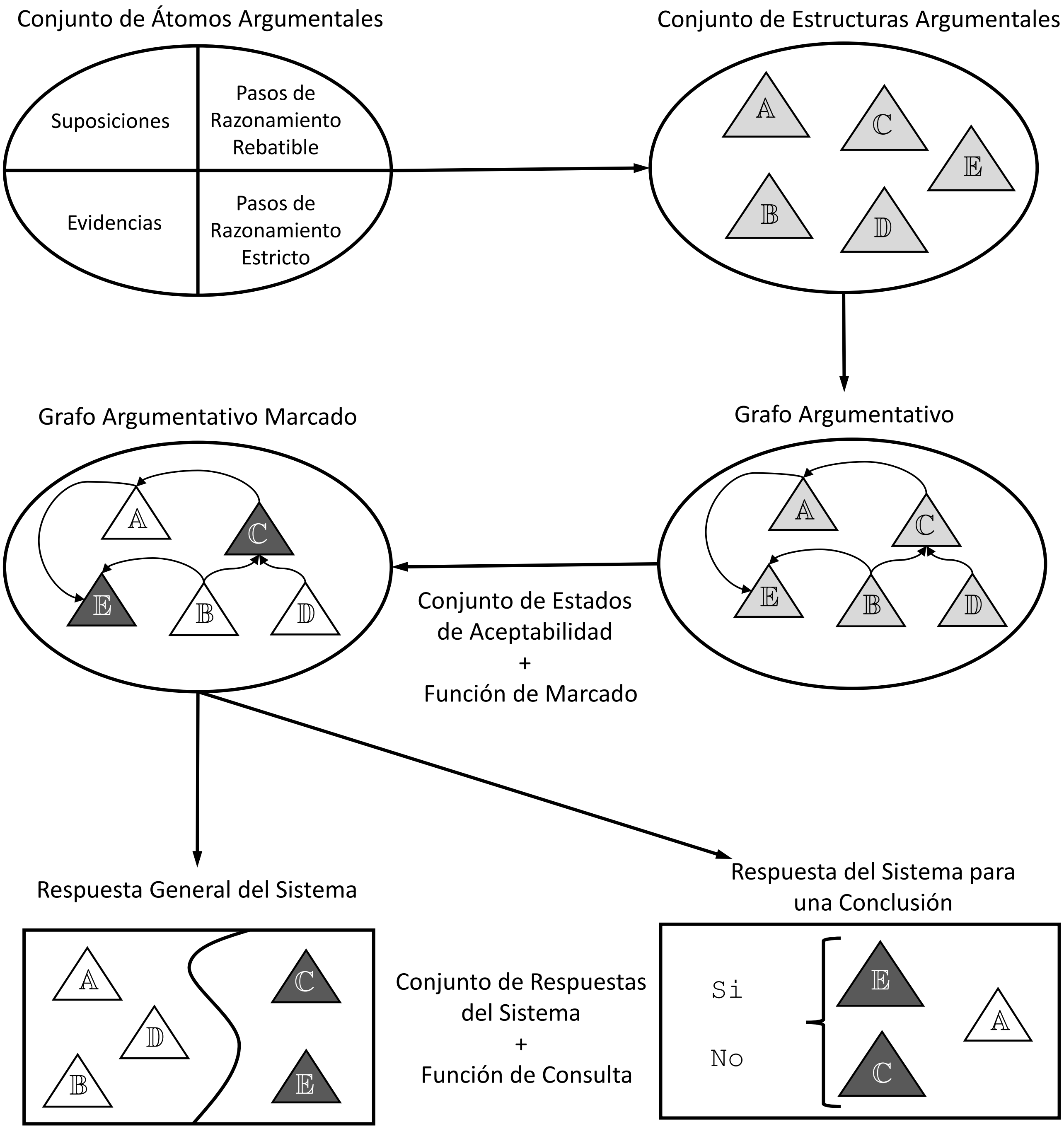


Figura 4.1: Esquema de un marco argumentativo estructurado generalizado

Básicamente, *GeSAF* proporciona las herramientas necesarias para crear un modelo argumentativo adaptable. Por un lado, brinda la posibilidad de considerar la información (pasos de razonamiento, evidencia y suposiciones) que componen las estructuras internas de los argumentos, donde cada argumento soporta una determinada conclusión. Por otro lado, permite capturar las nociones relacionadas al cálculo de la aceptabilidad asociada a las estructuras argumentales (argumentos) que modelan el dominio del mundo real desde un punto de vista general, es decir, *GeSAF* brinda la posibilidad de especificar cómo se analizarán y clasificarán las estructuras argumentales en base a sus características individuales y/o colectivas. Así, *GeSAF* permite reflejar las particularidades y apreciaciones que cada individuo posee sobre el dominio del problema, sin la necesidad de hacer uso de diferentes formalismos.

Existen diversas razones que justifican el paso de un marco argumentativo abstracto a un marco argumentativo estructurado que conserva cierto grado de abstracción, entre ellas: (1) al introducir la estructura interna de los argumentos a través de un conjunto de pasos de razonamientos, evidencias y suposiciones nos brinda la posibilidad de ver la estructura de los argumentos como una generalización de diferentes sistemas argumentativos estructurados, tales como ABA [Ton14], ASPIC+ [MP14], o DeLP [GS14], sin tener que comprometerse con una particular; (2) es posible establecer la garantía de una determinada conclusión en base al estado de aceptabilidad asignado a las estructuras argumentales que la soportan; (3) al adjuntar la información extra que se dispone acerca de las piezas de conocimiento que componen la estructura argumental permite obtener información extra acerca del argumento en cuestión, y consecuentemente, establecer la calidad de garantía de una determinada conclusión; y (4) al considerar la estructura interna de los argumentos posibilita efectuar la agregación (accrual) de argumentos que respaldan una misma conclusión. El punto (4) se encuentra fuera del alcance de esta tesis con respecto al margo argumentativo generalizado, no obstante es uno de los trabajos futuros a considerar. Asimismo, el punto (3) se explorará con mayor detalle en el *Capítulo* 7 de esta tesis.

4.1. Componentes de un *GeSAF*

En *GeSAF* una estructura argumental esta compuesta por pasos de razonamiento indivisibles, llamados *Átomos Argumentales*, los cuales vinculan un conjunto de sentencias llamadas *premisas* con una afirmación llamada *conclusión*, donde la naturaleza de la conexión entre estos dos elementos no se encuentra especificada. Tanto el conjunto de premisas como la conclusión son expresadas en un lenguaje $\mathfrak{L}$ que depende del dominio de la aplicación. Usaremos $\overline{\beta}$ para denotar el complemento de una fórmula bien formada β de $\mathfrak{L}$. Formalmente:

Definición 18 (Átomos Argumentales) *Dado un lenguaje $\mathfrak{L}$, un átomo argumental (o simplemente a-átomo) es un par $\mathcal{A}= \langle\{\varphi_1, ..., \varphi_n\}, \beta\rangle$, donde $\mathcal{A}$ representa un paso de razonamiento general que respalda una conclusión $\beta \in \mathfrak{L}$ en base a un conjunto finito (posiblemente vacío) de premisas $\{\varphi_1, ..., \varphi_n\} \in 2^{\mathfrak{L}}$, tal que: $\beta \notin \{\varphi_1, ..., \varphi_n\}$ (no son redundantes internamente) y $\overline{\beta} \notin \{\varphi_1, ..., \varphi_n\}$ (son consistentes internamente). Identificaremos al conjunto de premisas y a la conclusión que compone un átomo a través de las funciones $pr(\mathcal{A})$ y $cl(\mathcal{A})$, respectivamente.*

Un a-átomo puede representar cualquier modo de inferencia, sea de tipo deductivo o no. En este formalismo distinguiremos cuatro tipos de a-átomos necesarios para describir un dominio específico del mundo real: *a-átomos estrictos*, *a-átomos rebatibles*, *a-átomos basados en evidencia* y *a-átomos basados en suposiciones*. Por un lado, los a-átomos estrictos y rebatibles son aquellos que soportan su afirmación o conclusión a partir de un conjunto no vacío de premisas. La diferencia entre estos dos tipos de átomos radica en la fuerza que posee la conexión entre el conjunto de premisas y la conclusión, puesto que la conclusión de un a-átomos estrictos estricto es irrefutable mientras que la conclusión de un a-átomos rebatible puede estar abierta a dudas. Por otro lado, los a-átomos basados en evidencia y suposiciones son aquellos que proclaman conclusiones que no necesitan ser soportadas a través de un conjunto de premisas. Un a-átomo basado en evidencia modela conocimiento irrefutable, mientras que un a-átomo basado en suposiciones modela conocimiento que puede estar sujeto a dudas o contradicciones. Formalmente:

Definición 19 (Clases de Átomos argumentales) *Dado un lenguaje $\mathfrak{L}$. Un conjunto de átomos argumentales esta definido como $\Gamma \subseteq \mathfrak{L} \times 2^{\mathfrak{L}}$ con $\Gamma = \Gamma_e \cup \Gamma_s \cup \Gamma_a \cup \Gamma_d$, donde Γ_e es el conjunto de a-átomos basados en evidencia representando información irrefutable, Γ_a es el conjunto de a-átomos basados en suposiciones identificando piezas de conocimiento que son refutables, Γ_s es el conjunto de a-átomos estrictos que representan una conexión irrevocable entre sus premisas y conclusiones estableciendo una certeza sobre su conclusión, y Γ_d es el conjunto de a-átomos rebatibles que identifican una conexión cuestionable* *entre sus premisas y conclusiones determinando así un grado de incertidumbre sobre la veracidad de la conclusión.*

<u>*Observación:*</u> *Los subconjuntos de a-átomos Γ_e y Γ_a representan el conocimiento básico esencial, y son las bases para toda estructura argumental* (*ver* Definición *23*).

Definición 20 (Conjunto Coherente de Átomos Argumentales) *Dado un lenguaje $\mathfrak{L}$. Un conjunto átomo argumental $\Gamma = \Gamma_e \cup \Gamma_s \cup \Gamma_a \cup \Gamma_d$ es coherente si y sólo si se cumple que no existen dos a-átomos $\mathcal{A}, \mathcal{B} \in \Gamma_e \cup \Gamma_s$ tal que $cl(\mathcal{A}) = \beta$ y $cl(\mathcal{B}) = \overline{\beta}$.*

<u>*Observación:*</u> *A lo largo de este capítulo, cada vez que hagamos referencia a un conjunto de átomos argumentales estaremos hablando de un conjunto de átomos coherente.*

En *GeSAF* definiremos naturalmente dos tipos de relaciones entre a-átomos: soporte y conflicto. Por un lado, la relación de conflicto entre a-átomos se deriva automáticamente de la sintaxis del lenguaje subyacente $\mathfrak{L}$, ya que éste permite la escritura de fórmulas positivas y negativas. Sin embargo, dada la naturaleza de los a-átomos, existen ciertas restricciones que surgen de la existencia de a-átomos que representan conocimiento irrefutable. Por otro lado, la relación de soporte entre a-átomos está dada cuando la conclusión de un a-átomo forma parte del conjunto de premisa de otro a-átomo. Formalmente:

Definición 21 (Conflicto entre Átomos Argumentales) *Sea Γ un conjunto de a-átomos. Una relación de conflicto $\bowtie \subseteq \Gamma \times \Gamma$ es la relación binaria $\{(\mathcal{A}, \mathcal{B}) \mid \overline{cl(\mathcal{A})} = cl(\mathcal{B})$ y $\mathcal{B} \notin \Gamma_e \cup \Gamma_s\}$.*

Definición 22 (Soporte entre Átomos Argumentales) *Sea Γ un conjunto de a-átomos, y sean $\mathcal{A}, \mathcal{B} \in \Gamma$ dos a-átomos. Diremos que $\mathcal{B}$ soporta a $\mathcal{A}$ si $cl(\mathcal{B}) \in pr(\mathcal{A})$. En este caso diremos que el a-átomo $\mathcal{B}$ soporta al a-átomo $\mathcal{A}$ a través de la formula $cl(\mathcal{B})$.*

Cuando un a-átomo necesita de otros a-átomos para poder soportar adecuadamente una determinada conclusión, resulta de utilidad reconocer estos a-átomos como una entidad distinguida que emerge del sistema. Nos referiremos a estas entidades como *estructuras argumentales*, y representan la estructura interna de las entidades abstractas (argumentos) definidas en el marco argumentativo abstracto de Dung [Dun95]. Asimismo, existen sub-estructuras argumentales que pueden extraerse de las estructuras argumentales, y constituyen un concepto similar al que puede encontrarse en la literatura como sub-argumento [SL92, GS04]. De esta manera, contaremos con una representación del conocimiento que, aún permitiendo un alto grado de complejidad, se mantiene en un nivel abstracto. Formalmente, estas estructuras se definen de la siguiente manera:

Definición 23 (Estructura Argumental) *Dado un conjunto de a-átomos* Γ*, una estructura argumental (o simplemente estructura) en* Γ *para una afirmación o conclusión* β *es un árbol, al cual denotaremos como* $\mathbb{A}$*, donde cada nodo del árbol está etiquetado con un elemento de* Γ *verificando las siguientes condiciones:*

- Nodo Raíz: *el nodo raíz del árbol* $\mathbb{A}$ *está etiquetado con el a-átomo* $\mathcal{A}_{raíz} \in \Gamma$*, llamado a-átomo raíz, tal que* $cl(\mathcal{A}_{raíz}) = \beta$*;*

- Nodo Hijo: *para cada nodo de* $\mathbb{A}$ *etiquetado con un a-átomo* $\mathcal{A}_i \in \Gamma$*, se cumple que para cada* $\varphi \in pr(A_i)$*, existe exactamente un nodo hijo etiquetado con un a-átomo* $\mathcal{A}_j \in \Gamma$ *soportando* $\mathcal{A}_i$ *a través de* φ*; es decir, no existen dos a-átomos* $\mathcal{A}_j, \mathcal{A}_k \in \Gamma$ *etiquetados en* $\mathbb{A}$*, con* $\mathcal{A}_j \neq \mathcal{A}_k$*, soportando a la misma fórmula* φ*;*

- Nodo Hoja: *un nodo de* $\mathbb{A}$ *etiquetado con un a-átomo* $\mathcal{A}_i \in \Gamma$ *es un nodo hoja si y sólo si* $\mathcal{A}_i \in \Gamma_e \cup \Gamma_a$*.*

Escribiremos $atms(\mathbb{A})$ *para denotar al conjunto de a-átomos etiquetados como nodos de* $\mathbb{A}$*,* $raíz(\mathbb{A})$ *para indicar el nodo raíz de la estructura* $\mathbb{A}$*, y* $cl(\mathbb{A})$ *para denotar la afirmación que soporta la estructura* $\mathbb{A}$ *(conclusión del a-átomo que representa el nodo raíz de la estructura argumental* $\mathbb{A}$*).*

La noción de estructura argumental definida previamente tiene cierta semejanza con la noción de argumento presentada en el sistema argumentativo de Besnard & Hunter [BH08, BH09]. Dicho sistema se define sobre una base de conocimiento proposicional, y los argumentos son pares $\langle A, \alpha_i \rangle$, donde A es un conjunto de fórmulas minimal y consistente que deriva la sentencia α_i. El conjunto A es similar al conjunto de a-átomos de una estructura en $GeSAF$, y la derivación es análoga al árbol de a-átomos donde cada premisa está soportada por otro a-átomo. Sin embargo, la definición de una estructura no es lo suficientemente restrictiva como para asegurar la correcta representación de la estructura interna de un argumento. En este sentido, una estructura argumental debe satisfacer tres condiciones: (1) no deben existir dos a-átomos que soporten afirmaciones contradictorias dentro de una estructura, ya que incumpliría la consistencia interna de un argumento; (2) una estructura no debe contener más información de la necesaria ya que se introduciría puntos de conflicto que harían vulnerable al argumento; y (3) no deben existir cadenas de soporte circular dentro de la estructura interna de un argumento, ya que infligiría la propiedad de sensatez que todo argumento debe poseer para considerarse correcto y válido. A continuación introduciremos formalmente las definición de una estructura argumental bien formada.

Definición 24 (Cadena de soporte en una Estructura Argumental) *Sea $\mathbb{A}$ una estructura, y sea $\{\mathcal{A}_1, ..., \mathcal{A}_n\}$ un subconjunto de $atms(\mathbb{A})$. Una cadena de soporte desde $\mathcal{A}_1$ a $\mathcal{A}_n$ es una secuencia $[\mathcal{A}_1, ..., \mathcal{A}_n]$ de a-átomos verificando que $cl(\mathcal{A}_n) = cl(\mathbb{A})$ y $cl(\mathcal{A}_j) \in pr(\mathcal{A}_{j+1})$ para todo j, $1 \leq j < n$.*

Definición 25 (Estructura Argumental Bien Formada) *Dado un conjunto de a-átomos Γ, y una relación de conflicto $\bowtie$ definida sobre Γ, una estructura $\mathbb{A}$ se encuentra bien formada con respecto a la relación $\bowtie$ si verifica las siguientes condiciones:*

– Consistencia sobre átomos argumentales: *no existen un par de a-átomos $\mathcal{A}, \mathcal{B} \in atms(\mathbb{A})$, tal que $\mathcal{A} \bowtie \mathcal{B}$;*

– No circularidad: *No existe una cadena de soporte representando la secuencia $[\mathcal{A}_1, ..., \mathcal{A}_n]$ en $\mathbb{A}$ donde $\mathcal{A}_1$ representa una hoja y $\mathcal{A}_n$ la raíz de la estructura $\mathbb{A}$ verificando que $cl(\mathcal{A}_i) \in pr(\mathcal{A}_j)$ con $i > j$; y*

– Uniformidad: *Si $\mathcal{A} \in atms(\mathbb{A})$ tiene como hijo a $\mathcal{B} \in atms(\mathbb{A})$ soportando la premisa φ de $\mathcal{A}$, luego $\mathcal{B}$ es el único a-átomo que soporta la fórmula φ en $\mathbb{A}$, es decir, $\mathcal{B}$ es el hijo de todo nodo $\mathcal{A}_i \in atms(\mathbb{A})$ tal que $\varphi \in pr(\mathcal{A}_i)$.*

Escribiremos $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$ para denotar al conjunto de todas las estructuras argumentales bien formadas sobre el conjunto de átomos argumentales Γ con respecto a la relación $\bowtie$.

Las restricciones establecidas anteriormente nos aseguran la solidez del razonamiento que contiene una estructura argumental. La propiedad de consistencia invalida la existencias de a-átomos contradictorios dentro de una estructura, mientras que el requisito de no circularidad evita cadenas de razonamiento infinitas dentro de la estructura de un argumento. Por otra parte, la restricción de uniformidad no permite un soporte heterogéneo para una misma premisa. De esta manera, aquellas estructuras que violen la condición de uniformidad tendrían dos problemas de suma importancia dentro del dominio de la argumentación: la estructura contendría información innecesaria, lo cual habilitaría puntos de ataque extras volviéndose más vulnerable, y la estructura perdería la propiedad de minimalidad.

Lema 4.1 (Minimalidad) *Dado un conjunto de a-átomos* Γ*, una relación de conflicto* $\bowtie$*, y una estructura argumental bien formada* $\mathbb{A} \in \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$ *para una afirmación* β*, no existe una estructura* $\mathbb{A}' \in \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$ *tal que* $cl(\mathbb{A}') = \beta$ *y* $atms(\mathbb{A}') \subsetneq atms(\mathbb{A})$*.*

<u>*Demostración:*</u> *En primer lugar, tengamos en cuenta que, si* $\mathbb{A}$ *es una estructura bien formada, entonces* $atms(\mathbb{A})$ *es un conjunto finito de a-átomos. Además,* $\mathbb{A}$ *es una estructura uniforme, i.e., para cada fórmula* $\varphi \in pr(\mathbb{A})$ *existe un único a-átomo* $\mathcal{A} \in atms(\mathbb{A})$ *tal que* $cl(\mathcal{A}) = \varphi$*.*

Asumamos que existen dos estructuras $\mathbb{A}$ *y* $\mathbb{A}'$ *que satisfacen el enunciado del Lema. Entonces, existe un a-átomo* $\mathcal{A} \in atms(\mathbb{A}) \setminus atms(\mathbb{A}')$*. En este sentido, si* $\mathcal{A}$ *es la raíz de* $\mathbb{A}$*, entonces* $\mathbb{A}'$ *no puede soportar la misma conclusión, ya que habría dos a-átomos con la misma conclusión en* $\mathbb{A}$ *violando la condición de uniformidad, lo que no puede suceder dado que* $\mathbb{A}$ *es una estructura bien formada. Por otro lado, consideremos la cadena de soporte* $[\mathcal{A}_1, ..., \mathcal{A}_n]$*, donde* $\mathcal{A}_1$ *es una hoja y* $\mathcal{A}_n$ *es la raíz de* $\mathbb{A}$*. Así, en esta cadena, existe al menos un nodo* $\mathcal{A}_j$ *con* $1 \leq j < n$ *tal que* $\mathcal{A}_j \notin atms(\mathbb{A}')$ *y* $\mathcal{A}_{j+1} \in atms(\mathbb{A}')$*. Ya que una de las premisas de* $\mathcal{A}_{j+1}$ *es soportado únicamente por* $\mathcal{A}_j$ *(*$cl(\mathcal{A}_j) \in pr(\mathcal{A}_{j+1})$*), el a-átomo* $\mathcal{A}_{j+1}$ *que forma parte de la estructura* $\mathbb{A}'$ *no se encuentra adecuadamente soportado, por lo tanto,* $\mathbb{A}'$ *no es una estructura bien formada. Contradicción.*$\square$

Desde el punto de vista de la representación del conocimiento, las estructuras argumentales presentan similaridades con los átomos argumentales puesto que ambos poseen un conjunto de premisas para soportar una determinada conclusión. La diferencia es que un átomo argumental no puede ser descompuesto en fracciones más pequeñas, mientras que las estructuras argumentales pueden descomponerse en aquellas porciones de una estructura que conforman una estructura por sí misma, a las cuales denominaremos *sub-estructura argumental*. En *GeSAF*, es natural definir una sub-estructura argumental simplemente como un subárbol de una estructura argumental. Formalmente:

Definición 26 (Sub-estructura Argumental) *Sea* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$ *un conjunto de estructuras bien formadas, y sea* $\mathbb{A} \in \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$ *una estructura. Diremos que* $\mathbb{A}'$ *es una* sub-estructura argumental (*o simplemente una sub-estructura*) *de* $\mathbb{A}$ *si* $\mathbb{A}'$ *es un subárbol de* $\mathbb{A}$ *que es a su vez una estructura argumental.*

Se debe notar que toda estructura es trivialmente una sub-estructura, y todas las restantes sub-estructuras que son posibles obtener para una estructura serán llamadas sub-estructuras no triviales o sub-estructuras propias. A partir de esta definición podemos concluir que:

Proposición 4.1 *Sea* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$ *un conjunto de estructuras bien formadas,* $\mathbb{A}$ *una estructura de* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$*, y* $\mathbb{A}'$ *una sub-estructura de* $\mathbb{A}$*. Se cumple que* $atms(\mathbb{A}') \subseteq atms(\mathbb{A})$*.*

Demostración: *Trivialmente, por Definición 26 y por la noción matemática de subárbol, los a-átomos que conforman un subárbol de* $\mathbb{A}$ *son un subconjunto de los a-átomos etiquetados en los nodos del árbol que representa a la estructura* $\mathbb{A}$*.*$\square$

Corolario 4.1 *Sea* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$ *un conjunto de estructuras bien formadas, y* $\mathbb{A}$ *una estructura bien formada de* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$*. Se cumple que* $atms(\mathbb{A}) = \bigcup atms(\mathbb{A}'_i)$*, donde* $\mathbb{A}'_i$ *con* $i = 1, ..., n$ *son todas las sub-estructuras posibles de* $\mathbb{A}$*.*

Proposición 4.2 *Sea* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$ *un conjunto de estructuras bien formadas, y* $\mathbb{A}$ *una estructura bien formada de* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$*. Se cumple que toda sub-estructura de* $\mathbb{A}$ *es una estructura bien formada con respecto a* $\bowtie$*.*

Demostración: *Dado que el caso de una sub-estructura no propia resulta trivial, nos enfocaremos en demostrar que esta propiedad se verifica para una sub-estructura propia* $\mathbb{A}'$ *de* $\mathbb{A}$*. Las tres condiciones para que una estructura se considere bien formada son:*

– *Consistencia: si no había conflictos entre ningún par de a-átomos en* $\mathbb{A}$*, tampoco los habrá en* $\mathbb{A}'$*, ya que los a-átomos en* $\mathbb{A}'$ *son un subconjunto de los de* $\mathbb{A}$*;*

– *No circularidad: las cadenas de soporte en* $\mathbb{A}'$ *son subcadenas de las de* $\mathbb{A}$*. Si en estas últimas no se verifica la condición de circularidad, tampoco se verificará en* $\mathbb{A}'$*;*

– *Uniformidad: por Definición 26,* $\mathbb{A}'$ *es un subárbol de la estructura* $\mathbb{A}$*. La propiedad de uniformidad exige que todo subárbol enraizado en una dada premisa sea igual, para todas las apariciones de esa premisa. Supongamos por el absurdo que una premisa* β *aparece dos veces en* $\mathbb{A}'$ *y los subárboles (sub-estructuras)* $\mathbb{A}'_i$ *y* $\mathbb{A}'_j$ *soportando* β *son diferentes en cada ocasión. Dado que* $\mathbb{A}'$ *es un subárbol de* $\mathbb{A}$*, tanto* $\mathbb{A}'_i$ *como* $\mathbb{A}'_j$ *son sub-estructuras de* $\mathbb{A}$*, y violan la propiedad de uniformidad. Esto es absurdo, dado que por hipótesis* $\mathbb{A}$ *es una estructura bien formada. Este absurdo surgió de suponer que* $\mathbb{A}'$ *no verifica uniformidad.*

Dado que $\mathbb{A}'$ *es una estructura que verifica consistencia, no circularidad y uniformidad,* $\mathbb{A}'$ *está bien formada.*□

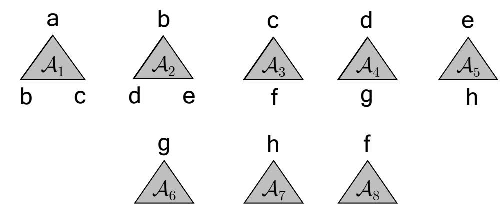
Proposición 4.3 *Dado un conjunto de a-átomos* Γ*. Si* $\Gamma_e = \emptyset$ *y* $\Gamma_a = \emptyset$*, entonces* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)} = \emptyset$*.*

<u>*Demostración:*</u> *Trivial, ya que por* Definición 23 *toda estructura argumental tiene como base (nodos hojas) a un subconjunto de a-átomos de evidencias y/o suposiciones. Por tal motivo, si dichos conjuntos son vacíos, entonces no es posible construir ninguna estructura argumental que represente el conocimiento del dominio ya que carecería de una fundamentación.*□

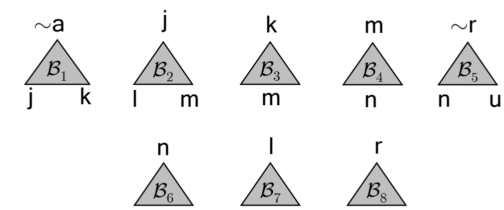
Ejemplo 4.1 *En este ejemplo por razones de simplicidad y claridad consideremos un lenguaje* $\mathfrak{L}$ *que genera fórmulas simples (literales) y simples negadas (literales negados), donde la negación es representada a través del símbolo "*$\sim$*".*

Dado el conjunto de átomos argumentales $\Gamma = \{\mathcal{A}_1, \mathcal{A}_2, \mathcal{A}_3, \mathcal{A}_4, \mathcal{A}_5, \mathcal{A}_6, \mathcal{A}_7, \mathcal{A}_8, \mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2, \mathcal{B}_3, \mathcal{B}_4, \mathcal{B}_5, \mathcal{B}_6, \mathcal{B}_7, \mathcal{B}_8, \mathcal{C}_1, \mathcal{C}_2, \mathcal{C}_3, \mathcal{C}_4, \mathcal{C}_5, \mathcal{D}_1, \mathcal{D}_2, \mathcal{D}_3, \mathcal{D}_4, \mathcal{D}_5, \mathcal{D}_6, \mathcal{D}_7, \mathcal{D}_8, \mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3, \mathcal{E}_4, \mathcal{E}_5\}$ *con* $\Gamma_e = \{\mathcal{E}_5, \mathcal{C}_5, \mathcal{D}_6, \mathcal{D}_7, \mathcal{D}_8, \mathcal{E}_4, \mathcal{A}_7, \mathcal{B}_6, \mathcal{B}_7\}$*,* $\Gamma_s = \{\mathcal{A}_5, \mathcal{E}_3, \mathcal{C}_4, \mathcal{B}_5, \mathcal{D}_1, \mathcal{D}_2, \mathcal{D}_3, \mathcal{D}_5\}$*,* $\Gamma_a = \{\mathcal{A}_6, \mathcal{A}_8, \mathcal{B}_8\}$*, y* $\Gamma_d = \{\mathcal{A}_1, \mathcal{A}_2, \mathcal{A}_3, \mathcal{A}_4, \mathcal{B}_4, \mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{C}_1, \mathcal{C}_2, \mathcal{C}_3, \mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2, \mathcal{B}_3, \mathcal{D}_4\}$*, donde:*

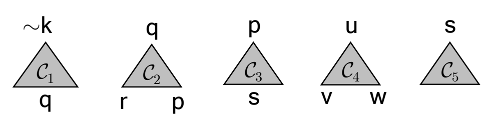
$pr(\mathcal{A}_1) = \{\mathsf{b}, \mathsf{c}\}$ y $cl(\mathcal{A}_1) = \{\mathsf{a}\}$
$pr(\mathcal{A}_2) = \{\mathsf{d}, \mathsf{e}\}$ y $cl(\mathcal{A}_2) = \{\mathsf{b}\}$
$pr(\mathcal{A}_3) = \{\mathsf{f}\}$ y $cl(\mathcal{A}_3) = \{\mathsf{c}\}$
$pr(\mathcal{A}_4) = \{\mathsf{g}\}$ y $cl(\mathcal{A}_4) = \{\mathsf{d}\}$
$pr(\mathcal{A}_5) = \{\mathsf{h}\}$ y $cl(\mathcal{A}_5) = \{\mathsf{e}\}$
$pr(\mathcal{A}_6) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{A}_6) = \{\mathsf{g}\}$
$pr(\mathcal{A}_7) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{A}_7) = \{\mathsf{h}\}$
$pr(\mathcal{A}_8) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{A}_8) = \{\mathsf{f}\}$



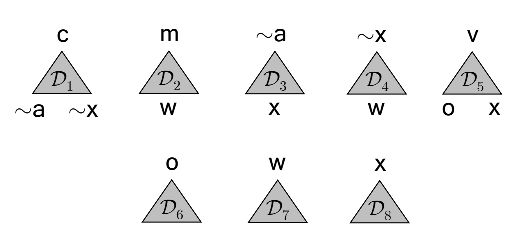
$pr(\mathcal{B}_1) = \{\mathsf{j}, \mathsf{k}\}$ y $cl(\mathcal{B}_1) = \{\sim \mathsf{a}\}$
$pr(\mathcal{B}_2) = \{\mathsf{l}, \mathsf{m}\}$ y $cl(\mathcal{B}_2) = \{\mathsf{j}\}$
$pr(\mathcal{B}_3) = \{\mathsf{m}\}$ y $cl(\mathcal{B}_3) = \{\mathsf{k}\}$
$pr(\mathcal{B}_4) = \{\mathsf{n}\}$ y $cl(\mathcal{B}_4) = \{\mathsf{m}\}$
$pr(\mathcal{B}_5) = \{\mathsf{n}, \mathsf{u}\}$ y $cl(\mathcal{B}_5) = \{\sim \mathsf{r}\}$
$pr(\mathcal{B}_6) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{B}_6) = \{\mathsf{n}\}$
$pr(\mathcal{B}_7) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{B}_7) = \{\mathsf{l}\}$
$pr(\mathcal{B}_8) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{B}_8) = \{\mathsf{r}\}$



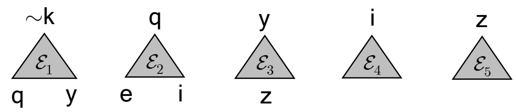
$pr(\mathcal{C}_1) = \{\mathsf{q}\}$ y $cl(\mathcal{C}_1) = \{\sim \mathsf{k}\}$
$pr(\mathcal{C}_2) = \{\mathsf{r}, \mathsf{p}\}$ y $cl(\mathcal{C}_2) = \{\mathsf{q}\}$
$pr(\mathcal{C}_3) = \{\mathsf{s}\}$ y $cl(\mathcal{C}_3) = \{\mathsf{p}\}$
$pr(\mathcal{C}_4) = \{\mathsf{v}, \mathsf{w}\}$ y $cl(\mathcal{C}_4) = \{\mathsf{u}\}$
$pr(\mathcal{C}_5) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{C}_5) = \{\mathsf{s}\}$



$pr(\mathcal{D}_1) = \{\sim \mathsf{a}, \sim \mathsf{x}\}$ y $cl(\mathcal{D}_1) = \{\mathsf{c}\}$
$pr(\mathcal{D}_2) = \{\mathsf{w}\}$ y $cl(\mathcal{D}_2) = \{\mathsf{m}\}$
$pr(\mathcal{D}_3) = \{\mathsf{x}\}$ y $cl(\mathcal{D}_3) = \{\sim \mathsf{a}\}$
$pr(\mathcal{D}_4) = \{\mathsf{w}\}$ y $cl(\mathcal{D}_4) = \{\sim \mathsf{x}\}$
$pr(\mathcal{D}_5) = \{\mathsf{o}, \mathsf{x}\}$ y $cl(\mathcal{D}_5) = \{\mathsf{v}\}$
$pr(\mathcal{D}_6) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{D}_6) = \{\mathsf{o}\}$
$pr(\mathcal{D}_7) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{D}_7) = \{\mathsf{w}\}$
$pr(\mathcal{D}_8) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{D}_8) = \{\mathsf{x}\}$



$pr(\mathcal{E}_1) = \{\mathsf{q}, \mathsf{y}\}$ *y* $cl(\mathcal{E}_1) = \{\sim \mathsf{k}\}$
$pr(\mathcal{E}_2) = \{\mathsf{e}, \mathsf{i}\}$ *y* $cl(\mathcal{E}_2) = \{\mathsf{q}\}$
$pr(\mathcal{E}_3) = \{\mathsf{z}\}$ *y* $cl(\mathcal{E}_3) = \{\mathsf{y}\}$
$pr(\mathcal{E}_4) = \emptyset$ *y* $cl(\mathcal{E}_4) = \{\mathsf{i}\}$
$pr(\mathcal{E}_5) = \emptyset$ *y* $cl(\mathcal{E}_5) = \{\mathsf{z}\}$



y sea $\bowtie$ *la relación de conflicto la cual contiene los pares de a-átomos* $(\mathcal{D}_8, \mathcal{D}_4)$, $(\mathcal{E}_1, \mathcal{B}_3)$, $(\mathcal{B}_3, \mathcal{E}_1)$, $(\mathcal{B}_5, \mathcal{B}_8)$, $(\mathcal{A}_1, \mathcal{B}_1)$, $(\mathcal{B}_1, \mathcal{A}_1)$, $(\mathcal{B}_3, \mathcal{C}_1)$, $(\mathcal{C}_1, \mathcal{B}_3)$.

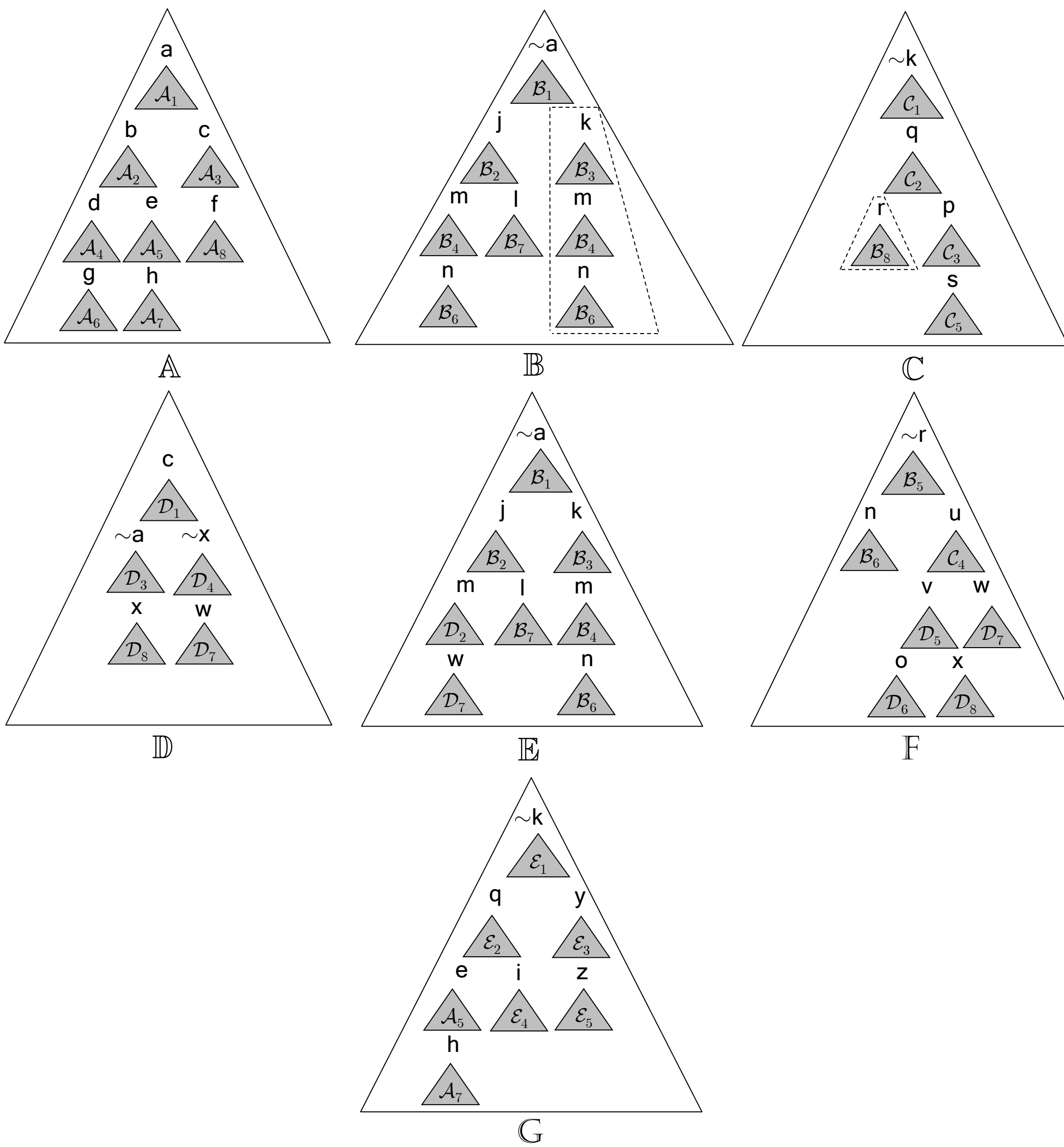


Figura 4.2: Representación de estructuras argumentales

Es posible obtener las siguientes estructuras argumentales $\mathbb{A}$*,* $\mathbb{B}$*,* $\mathbb{C}$*,* $\mathbb{D}$*,* $\mathbb{E}$ *y* $\mathbb{F}$ (Figura 4.2)*, donde:*

$$
\begin{aligned}
&raíz(\mathbb{A}) = \mathcal{A}_1 \text{ y } atms(\mathbb{A}) = \{\mathcal{A}_1, \mathcal{A}_2, \mathcal{A}_3, \mathcal{A}_4, \mathcal{A}_5, \mathcal{A}_6, \mathcal{A}_7, \mathcal{A}_8\}\\
&raíz(\mathbb{B}) = \mathcal{B}_1 \text{ y } atms(\mathbb{B}) = \{\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2, \mathcal{B}_3, \mathcal{B}_4, \mathcal{B}_6, \mathcal{B}_7\}\\
&raíz(\mathbb{C}) = \mathcal{C}_1 \text{ y } atms(\mathbb{C}) = \{\mathcal{C}_1, \mathcal{C}_2, \mathcal{C}_3, \mathcal{C}_4, \mathcal{C}_5, \mathcal{B}_8\}\\
&raíz(\mathbb{D}) = \mathcal{D}_1 \text{ y } atms(\mathbb{D}) = \{\mathcal{D}_1, \mathcal{D}_3, \mathcal{D}_4, \mathcal{D}_7, \mathcal{D}_8\}\\
&raíz(\mathbb{E}) = \mathcal{A}_1 \text{ y } atms(\mathbb{E}) = \{\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2, \mathcal{B}_3, \mathcal{B}_4, \mathcal{B}_6, \mathcal{B}_7, \mathcal{D}_2, \mathcal{D}_7\}\\
&raíz(\mathbb{F}) = \mathcal{B}_5 \text{ y } atms(\mathbb{F}) = \{\mathcal{A}_6, \mathcal{B}_5, \mathcal{C}_4, \mathcal{D}_5, \mathcal{D}_6, \mathcal{D}_7, \mathcal{D}_8\}\\
&raíz(\mathbb{G}) = \mathcal{E}_1 \text{ y } atms(\mathbb{G}) = \{\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3, \mathcal{E}_4, \mathcal{E}_5, \mathcal{A}_5, \mathcal{A}_7\}
\end{aligned}
$$

Las estructuras $\mathbb{A}$*,* $\mathbb{B}$*,* $\mathbb{C}$*,* $\mathbb{F}$ *y* $\mathbb{G}$ *son estructuras bien formadas, ya que son consistentes, no circulares y uniformes. Sin embargo,* $\mathbb{D}$ *no es una estructura bien formada, debido a que contiene un par de a-átomos que están en conflicto* ($\mathcal{D}_8 \bowtie \mathcal{D}_4$)*. En otro sentido,* $\mathbb{E}$ *no es una estructura argumental bien formada, ya que no satisface la restricción de uniformidad: el literal* m *es soportado por dos a-átomos diferentes* ($\mathcal{B}_4$ *y* $\mathcal{D}_2$)*. Por otro lado, la estructura* $\mathbb{B}'$ *con* $raíz(\mathbb{B}') = \mathcal{B}_3$ *y* $args(\mathbb{B}') = \{\mathcal{B}_3, \mathcal{B}_4, \mathcal{B}_6\}$*, y* $\mathbb{C}'$ *con* $raíz(\mathbb{C}') = \mathcal{B}_8$ *y* $args(\mathbb{C}') = \{\mathcal{B}_8\}$ *son sub-estructuras propias de* $\mathbb{B}$ *y* $\mathbb{C}$ *respectivamente, representados en la* Figura 4.2 *con líneas punteadas.*

En la literatura, usualmente se asume una relación de derrota a través de un par ordenado de argumentos, donde el primer componente del par derrota al segundo componente. En el caso de *GeSAF*, la relación de derrota es obtenida luego de aplicar una función de preferencia sobre pares de estructuras argumentales en conflicto. Como definimos anteriormente, las estructuras argumentales están compuestas por un conjunto de a-átomos. Por ello, resulta sensato definir el conflicto entre dos estructuras argumentales a partir de las relaciones de conflicto existente entre los a-átomos que forman parte de dichas estructuras. Esta propiedad es conocida como *herencia de conflicto* y fue estudiada por Martínez *et.al.* en [MGS07]. Así, es posible propagar el conflicto desde las piezas de conocimiento más básicas e indivisibles hacia el nivel de las estructuras argumentales. Formalmente:

Definición 27 (Conflicto entre estructuras Argumentales) *Sea* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$ *un conjunto de estructuras bien formadas, y* $\mathbb{A}, \mathbb{B} \in \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$ *dos estructuras. Diremos que* $\mathbb{A}$ *esta en* conflicto *con* $\mathbb{B}$*, denotado como* $\mathbb{A} \mid\!\bowtie\!\mid \mathbb{B}$*, si y sólo si existe una sub-estructura* $\mathbb{B}'$

de $\mathbb{B}$ tal que raíz$(\mathbb{A}) \bowtie$ raíz$(\mathbb{B}')$. La estructura $\mathbb{B}'$ es llamada sub-estructura de desacuerdo y $cl(\mathbb{B}')$ el punto de desacuerdo.

La definición de conflicto entre estructuras puede interpretarse de dos maneras: un conflicto *directo*, donde una estructura $\mathbb{A}$ esta en conflicto directamente con la conclusión de otra estructura $\mathbb{B}$; o un conflicto *indirecto*, donde una estructura $\mathbb{A}$ esta en conflicto con una sub-estructura no trivial $\mathbb{B}'$ de $\mathbb{B}$. Una vez establecido el conflicto entre estructuras argumentales, se usa la relación de preferencia para determinar cual de ellas prevalece, obteniendo una relación de derrota. Se debe destacar que la función de preferencia se define sobre estructuras argumentales y no sobre los átomos argumentales en conflicto, ya que para decidir correctamente cuál de ellas prevalece debe tomarse en consideración todo el conocimiento que forma parte de la estructura en cuestión, respetando así la unificación de los átomos argumentales que colaboran en el soporte de una determinada fórmula.

Definición 28 (Función de Preferencia) *Una función de preferencia sobre estructuras bien formadas es una función definida como $\mathfrak{pref} : \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)} \times \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)} \rightarrow 2^{\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}}$ tal que determina si hay una preferencia entre un par de estructuras argumentales, utilizando un criterio particular, donde:*

- $\mathfrak{pref}(\mathbb{A}, \mathbb{B}) = \{\mathbb{A}\}$*, en caso que $\mathbb{A}$ sea preferido a $\mathbb{B}$;*
- $\mathfrak{pref}(\mathbb{A}, \mathbb{B}) = \{\mathbb{B}\}$*, en caso que $\mathbb{B}$ sea preferido a $\mathbb{A}$;*
- $\mathfrak{pref}(\mathbb{A}, \mathbb{B}) = \{\mathbb{A}, \mathbb{B}\}$*, cuando ambos sean igualmente preferidos; y*
- $\mathfrak{pref}(\mathbb{A}, \mathbb{B}) = \emptyset$*, cuando las estructuras argumentales sean incomparables.*

Definición 29 (Derrota entre Estructuras) *Sea $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$ una conjunto de estructuras argumentales, y $\mathbb{A}, \mathbb{B} \in \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$ dos estructuras, tal que $\mathbb{A} \mid\!\bowtie\!\mid \mathbb{B}$ involucrando la sub-estructura $\mathbb{B}'$ de $\mathbb{B}$. Diremos que:*

- *$\mathbb{A}$ es un derrotador para $\mathbb{B}$ si y sólo si $\mathbb{A}$ es mejor que $\mathbb{B}'$ bajo el criterio de comparación que implemente la función $\mathfrak{pref}$, o*
- *$\mathbb{A}$ es un derrotador de bloqueo para $\mathbb{B}$ si y sólo si ni $\mathbb{A}$ es mejor que $\mathbb{B}'$, ni $\mathbb{B}'$ es mejor que $\mathbb{A}$ bajo el criterio de comparación que implemente la función $\mathfrak{pref}$.*

Denotaremos a la relación de derrota entre estructuras argumentales como " $\Rightarrow$*".*

Ejemplo 4.2 (Ejemplo 4.1 continuación) *En base al conjunto de estructuras argumentales bien formadas* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)} = \{\mathbb{A}, \mathbb{B}, \mathbb{C}, \mathbb{F}, \mathbb{G}\}$*, y a la relación de conflicto entre átomos argumentales* $\bowtie = \{(\mathcal{D}_8, \mathcal{D}_4), (\mathcal{E}_1, \mathcal{B}_3), (\mathcal{B}_3, \mathcal{E}_1), (\mathcal{B}_5, \mathcal{B}_8), (\mathcal{A}_1, \mathcal{B}_1), (\mathcal{B}_1, \mathcal{A}_1), (\mathcal{B}_3, \mathcal{C}_1), (\mathcal{C}_1, \mathcal{B}_3)\}$ *presentados en el* Ejemplo 4.1*, determinaremos el conflicto producido entre las estructuras pertenecientes al conjunto* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$ *de la siguiente manera:*

Conflicto entre Estructuras	Puntos de Conflicto
$\mathbb{A}$ *tiene un conflicto directo con* $\mathbb{B}$	$cl(\mathbb{A})$ = a
$\mathbb{B}$ *tiene un conflicto directo con* $\mathbb{A}$	$cl(\mathbb{B})$ = $\sim$a
$\mathbb{C}$ *tiene un conflicto indirecto con* $\mathbb{B}$ *por* $\mathbb{B}'$	$cl(\mathbb{C})$ = $\sim$k
$\mathbb{B}'$ *tiene un conflicto directo con* $\mathbb{C}$	$cl(\mathbb{B}')$ = k
$\mathbb{F}$ *tiene un conflicto indirecto con* $\mathbb{C}$ *por* $\mathbb{C}'$	$cl(\mathbb{F})$ = $\sim$r $cl(\mathbb{C}')$ = r
$\mathbb{G}$ *tiene un conflicto indirecto con* $\mathbb{B}$ *por* $\mathbb{B}'$	$cl(\mathbb{G})$ = $\sim$k
$\mathbb{B}'$ *tiene un conflicto directo con* $\mathbb{G}$	$cl(\mathbb{B}')$ = k

Una vez establecido el conflicto entre las estructuras de $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$*, usaremos la función de preferencia entre pares de estructuras en conflicto para establecer una relación de derrota entre las mismas. La función de preferencia puede establecer diferentes condiciones para diferenciar cuándo una estructura es mejor que otra, condición fuertemente dependiente del dominio de la aplicación. Por ejemplo, algunas de las posibles condiciones son: la especificidad de la información que proporcionan las mismas [GS04], las características de la información que posee cada una de las estructuras [BGLVS15], entre otros. En particular, consideraremos que una estructura es preferible a otra dependiendo de la cantidad de información (átomos argumentales) que poseen las estructuras involucradas, es decir, que tan específicos son las estructuras argumentales para soportar sus conclusiones. De esta manera, la preferencia entre las estructuras en conflicto se determina de la siguiente manera:*

Preferencias entre Estructuras	Especificidad de las Estructuras	
$\mathfrak{pref}(\mathbb{A}, \mathbb{B}) = \{\mathbb{A}, \mathbb{B}\}$	$\|args(\mathbb{A})\| = 8$	$\|args(\mathbb{B})\| = 8$
$\mathfrak{pref}(\mathbb{F}, \mathbb{C}') = \{\mathbb{F}\}$	$\|args(\mathbb{F})\| = 7$	$\|args(\mathbb{C}')\| = 1$
$\mathfrak{pref}(\mathbb{C}, \mathbb{B}') = \{\mathbb{C}\}$	$\|args(\mathbb{C})\| = 5$	$\|args(\mathbb{B}')\| = 3$
$\mathfrak{pref}(\mathbb{G}, \mathbb{B}') = \{\mathbb{C}\}$	$\|args(\mathbb{G})\| = 7$	$\|args(\mathbb{B}')\| = 3$

Finalmente, la relación $\Rightarrow\ = \{(\mathbb{A}, \mathbb{B}); (\mathbb{B}, \mathbb{A}); (\mathbb{F}, \mathbb{C}); (\mathbb{C}, \mathbb{B}); (\mathbb{G}, \mathbb{B})\}$ *establece el conjunto de derrotas producidas entre sobre las estructuras argumentales de* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$(Figura 4.3)*.*

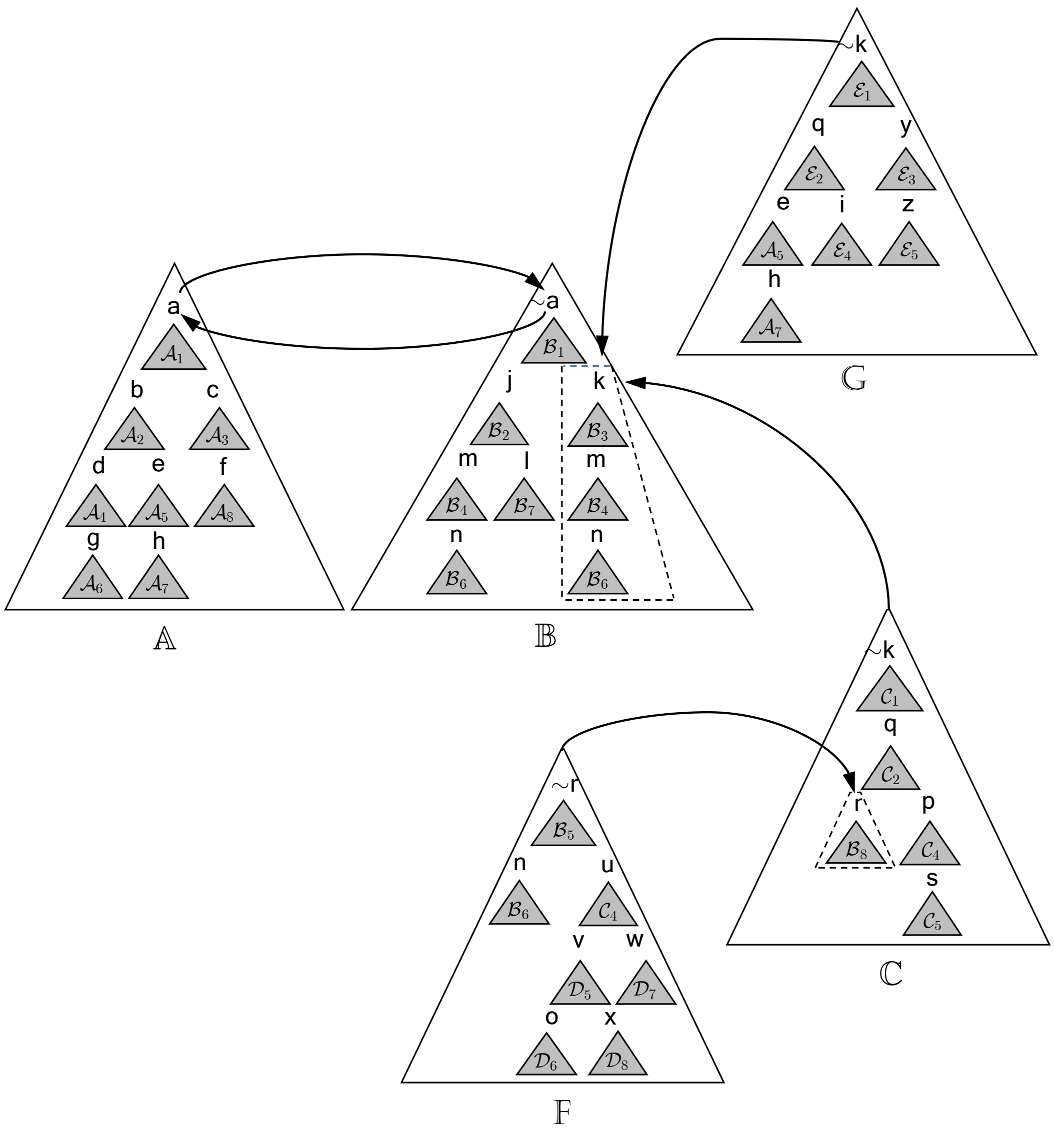


Figura 4.3: Derrotas entre estructuras argumentales

Las estructuras $\mathbb{A}$ *y* $\mathbb{B}$ *representan una situación de bloqueo, ya que estas son igualmente preferidas, derrotándose mutuamente. Por otro lado, la estructura* $\mathbb{F}$ *es un derrotador para* $\mathbb{C}$ *derrotando a la sub-estructura* $\mathbb{C}'$ *de* $\mathbb{C}$*, ya que* $\mathbb{F}$ *es preferida a* $\mathbb{C}'$*. Siguiendo el mismo análisis podemos decir que, la estructura* $\mathbb{C}$ *es un derrotador para* $\mathbb{B}$ *derrotando a la sub-estructura* $\mathbb{B}'$ *de* $\mathbb{B}$*, y la estructura* $\mathbb{G}$ *es un derrotador para* $\mathbb{B}$ *derrotando a la sub-estructura* $\mathbb{B}'$ *de* $\mathbb{B}$*.*

Finalmente, para determinar la aceptabilidad de una estructura argumental es necesario analizar todas las estructuras argumentales que están en desacuerdo con dicha estructura, ya que la misma puede tener un único o diferentes puntos de desacuerdo. En particular, la estructura argumental $\mathbb{B}$ presentada en el ejemplo anterior posee diferentes puntos de ataque, proveniente de las estructuras argumentales $\mathbb{A}$, $\mathbb{C}$ y $\mathbb{G}$. A continuación introduciremos las nociones necesarias para determinar los estados de aceptabilidad de las estructuras argumentales que integran el modelo argumentativo creado por el *GeSAF*.

4.2. Semánticas Argumentativas en *GeSAF*

Las nociones semánticas de aceptabilidad abordadas por los formalismos argumentativos han sido estudiadas con profundidad en la literatura [Dun95, Cam06, GS14, Ton14]. Se han definido varios criterios para determinar bajo qué condiciones un argumento debe ser considerado como aceptado, incluyendo variantes crédulas (tal como la semántica preferida) y escépticas (tal como la semántica básica).

En esta sección analizaremos cómo aplicar las semánticas de aceptabilidad sobre los modelos argumentativos creados por el *GeSAF*, relacionando átomos argumentales, estructuras argumentales y sub-estructuras argumentales. Es importante destacar que, en *GeSAF* el estudio de las semánticas de aceptabilidad se presentará de una forma general y parametrizada, permitiendo adoptar diversas maneras de llevar a cabo el proceso de aceptabilidad sobre las entidades argumentales. En este sentido, presentaremos a continuación un enfoque argumentativo basado en grafos que permitirá, desde una perspectiva general, estudiar las relaciones de derrota establecidas entre las estructuras argumentales que modelan una determinada situación problemática del mundo real, establecer la aceptabilidad colectiva de dichas estructuras, y y finalmente, determinar la garantía de una determinada conclusión a los estados de aceptabilidad asociados a las estructuras argumentales que la soportan.

A través de las nociones introducidas hasta el momento, un *GeSAF* nos permite construir un conjunto de estructuras argumentales bien formadas, y determinar una relación de derrota combinando una relación de conflicto con una función de preferencia entre dichas estructuras. En este sentido, podemos encontrar una fuerte correspondencia entre un *GeSAF* y un *AF* como se muestra a continuación.

Teorema 4.1 *Dado un conjunto finito no vacío de estructuras argumentales* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$ *y una relación* $\Rightarrow$ *que representa una relación de derrota entre las estructuras argumentales de* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$*. Podemos decir que la instancia estructural argumentativa* $(\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}, \Rightarrow)$ *es un marco argumentativo abstracto* [*Dun95*].

Demostración: *Cada estructura argumental bien formada representa una prueba consistente, coherente y minimal que brinda las razones de soporte para una conclusión, siguiendo en este sentido la misma noción que los argumentos en un* AF*. Asimismo, las relaciones de derrota definidas en un* GeSAF *son determinadas analizando estructuras argumentales en conflicto, y estableciendo en cada caso cual de ellos prevalece en base a una función de preferencia que mide la fuerza de las estructuras involucradas, siguiendo de esta manera el mismo fundamento de los ataques entre argumentos dentro de un* AF*. De esta manera, se puede concluir que la instancia estructural argumentativa de un* GeSAF *es capaz de representar, al menos, el mismo conocimiento que un* AF*.*$\Box$

En *GeSAF*, una instancia estructural argumentativa es representada a través de un grafo dirigido, llamado grafo argumentativo, donde los nodos representan las estructuras argumentales bien formadas y las aristas conectan dos estructuras de acuerdo a la relación de derrota definida entre dichas estructuras. Formalmente:

Definición 30 (Grafo Argumentativo) *Dado un conjunto finito no vacío de estructuras argumentales bien formadas* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$*, y una relación de derrota definida sobre* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$*. El grafo argumentativo es definido como un grafo dirigido* $\mathtt{G} = (N, E)$*, donde* N *son los nodos del grafo que representan las estructuras de* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$*, y* $E \subseteq N \times N$ *son las aristas (flechas) del grafo representando la relación de derrota entre las estructuras de* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$*, tal que:* $(\mathbb{A}, \mathbb{B}) \in E$ *si* $\mathbb{A} \Rightarrow \mathbb{B}$*.*

En un sentido general, el proceso para determinar la aceptabilidad de un argumento depende principalmente de dos nociones claves: la definición de los posibles estados de aceptabilidad que se podrán asociar a los argumentos, y el análisis de las interacciones entre los argumentos que integran el modelo argumentativo. Concretamente, en el enfoque basado en grafos, es necesario establecer las condiciones necesarias que un argumento o un conjunto de argumentos deben satisfacer para asociarles sus correspondientes estados de aceptabilidad. Por ejemplo, en el marco argumentativo de Dung [Dun95] se aplican diversas semánticas de aceptabilidad en donde se establecen las condiciones necesarias que deben satisfacer un argumento para ser catalogado cómo `Aceptado`, `Rechazado`, o `Indeciso`. Estos estados son asignados de acuerdo a un análisis estricto de los ataques y defensas asociados a cada argumento. Por su parte, Cayrol & Lagasquie-Schiex en [CLS05a], extendieron las nociones de aceptabilidad propuestas por Dung considerando el conjunto de argumentos aceptados de una manera colectiva, definiendo así tres niveles de aceptabilidad: `Aceptado Universalmente` cuando un argumento pertenece a todas las extensiones de una semántica específica; `Aceptado Existencialmente` cuando un argumento pertenece al menos a una extensión de una determinada semántica; y `No Aceptado` cuando un argumento no pertenece a ninguna extensión de una semántica específica.

En *GeSAF*, una vez construido el grafo argumentativo estableceremos un criterio de marcado que determinará el estado de aceptabilidad de las estructuras que integran dicho grafo. Para ello, en primer lugar, se necesita establecer el conjunto de estados de aceptabilidad que es posible asociar a las estructuras argumentales. Luego, se debe introducir una función de marcado que asignará el estado de aceptabilidad a cada estructura argumental que forma parte del modelo argumentativo en base a ciertas reglas o condiciones establecidas por el usuario.

Definición 31 (Conjunto de Estados de Aceptabilidad) *Un conjunto finito no vacío de estados de aceptabilidad* Θ_S *es un conjunto de elementos con un orden parcial* $\leq$ *donde cada elemento* $\texttt{Status}_i \in \Theta_S$ *es un estado de aceptabilidad, con una interpretación distintiva, y* $\texttt{Status}_1 \leq \texttt{Status}_2$ *representa que* $\texttt{Status}_2$ *es por lo menos tan aceptable como* $\texttt{Status}_1$*.*

Definición 32 (Función de Marcado) *Dado un grafo argumentativo* $\texttt{G}$*, y un conjunto de estados de aceptabilidad* Θ_S*. Una función* $\mathfrak{mark} : \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)} \rightarrow \Theta_S$ *es una función de marcado el cual asigna un estado de aceptabilidad a cada nodo (estructura) del grafo.*

Es importante considerar el concepto de consistencia sobre las estructuras argumentales aceptadas, ya que la finalidad de un marco o sistema argumentativo es resolver la inconsistencia del conocimiento sobre un determinado dominio para brindar soluciones a ciertos problemas. En cuanto al conjunto de estructuras rechazadas, en este sentido, no es necesario imponer restricción alguna.

Definición 33 (Marcado Consistente en *GeSAF*) *Sea* $\mathtt{G}$ *un grafo argumentativo, y* $\mathfrak{mark}$ *una función de marcado. Diremos que* $\mathfrak{mark}$ *brinda un marcado consistente si y sólo si no existen dos estructuras argumentales* $\mathbb{B}_1, \mathbb{B}_2 \in N$ *tal que* $\mathbb{B}_1$ *y* $\mathbb{B}_2$ *se encuentren aceptadas, y se cumpla que* $(\mathbb{B}_1, \mathbb{B}_2) \in E$*, o* $(\mathbb{B}_2, \mathbb{B}_1) \in E$*.*

El propósito de todo formalismo argumentativo es determinar el conjunto de argumentos que se encuentran aceptados con la intención de identificar las piezas de conocimiento que son de utilidad para brindar una solución a una determinada situación problemática de una manera racional. La manera en la cual los formalismos argumentativos brindan sus respuestas varía de uno a otro, y depende de varios factores, como ser la cantidad y calidad de la información disponible para determinar la aceptabilidad de un argumento, el nivel de detalle de las explicaciones que brinda el sistema, los objetivos que se desean alcanzar, entre otros. En *GeSAF*, dada una semántica de Dung y una instancia estructural argumentativa, es posible calcular el conjunto de estructuras argumentales aceptadas de acuerdo a esa semántica. Así, mientras la semántica utilizada sea libre de conflicto, la aceptabilidad de las estructuras argumentales será consistente. Por otro lado, dado que el *GeSAF* representa argumentos con mayor nivel de detalle (i.e., pasos de razonamiento, premisas y conclusiones), se puede ser más abarcativo y considerar la justificación de aquellas conclusiones que se encuentran aceptadas.

Desde otro punto de vista, es posible realizar un análisis colectivo de los estados de aceptabilidad de las estructuras que soportan una misma conclusión. Así, dada una conclusión φ, el conjunto de estructuras argumentales $S = \{\mathbb{A}_1, \mathbb{A}_2, ..., \mathbb{A}_n\} \subseteq \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$ donde cada estructura $\mathbb{A}_i \in S$ soporta φ, y el multiconjunto[1] $\{\mathfrak{mark}(\mathbb{A}_1), \mathfrak{mark}(\mathbb{A}_2), ..., \mathfrak{mark}(\mathbb{A}_n)\}$ que contiene los estados de aceptabilidad de las estructuras que integran el conjunto S, proporcionaremos una respuesta sobre el estado de garantía asociada a la fórmula en cuestión. Formalmente:

[1] En matemáticas un multiconjunto (también llamado bolsa o bag) difiere de un conjunto en que cada miembro del mismo tiene asociada una multiplicidad (un número natural), indicando cuántas veces el elemento es miembro del conjunto [Syr01].

Definición 34 (Consulta / Respuesta en *GeSAF*) *Una función* $\mathfrak{Cons} : \mathfrak{L} \rightarrow \Theta_R$ *es una función de consulta tal que, dada una formula* $\varphi \in \mathfrak{L}$, $\mathfrak{Cons}(\varphi) = \mathtt{Answer}_i$ *con* $\mathtt{Answer}_i \in \Theta_R$, *donde* Θ_R *es el conjunto finito no vacío de respuestas en el cual cada elemento de* Θ_R *tiene una interpretación distintiva, y* $\mathtt{Answer}_i$ *es determinado por el multiconjunto definido como* $\Theta_R^{\varphi} : 2^{\mathbb{S}tr} \times 2^{\Theta_R}$ *que contiene los estados de las estructuras argumentales que soporta la formula* φ.

Ejemplo 4.3 (Continuación del Ejemplo 4.1) *En este ejemplo instanciaremos las nociones necesarias para establecer la semántica que guiará el proceso de aceptabilidad en la instancia estructural argumentativa asociada al* GeSAF. *En primer lugar, estableceremos el conjunto de estados de aceptabilidad* $\Theta_S = \{\mathtt{Aceptado}, \mathtt{Rechazado}, \mathtt{Indeciso}\}$ *especificando los estados que se asociarán a las estructuras argumentales, donde* $\mathtt{Aceptado} > \mathtt{Rechazado} > \mathtt{Indeciso}$. *Luego, definiremos la función de marcado* $\mathfrak{mark}$ *que asignará un estado de aceptabilidad a cada estructura argumental que integra el grafo argumentativo* $\mathtt{G}$ (Figura 4.4) *en base al siguiente conjunto de reglas:*

$$\mathfrak{mark}(\mathbb{A}) = \begin{cases} \mathtt{Aceptado}, \nexists\ \mathbb{B} \in \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)} \ \ \textit{tal que}\ \mathbb{B} \Rightarrow \mathbb{A}; \text{o} \\ \qquad\qquad\quad \forall\ \mathbb{B} \in \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}\ \textit{tal que}\ \mathbb{B} \Rightarrow \mathbb{A},\ \textit{se cumple que}\ \mathfrak{mark}(\mathbb{B}) = \mathtt{Rechazado}; \\ \mathtt{Rechazado}, \exists\ \mathbb{B} \in \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}\ \textit{tal que}\ \mathbb{B} \Rightarrow \mathbb{A},\ \textit{se cumple que}\ \mathfrak{mark}(\mathbb{B}) = \mathtt{Aceptado}; \\ \mathtt{Indeciso}, \ \ \text{en cualquier otro caso.} \end{cases}$$

Las estructuras $\mathbb{F}$ *y* $\mathbb{G}$ *están* `Aceptadas`, *ya que no existe otra estructura que derrote a alguna de ellas. Luego,* $\mathbb{B}$ *y* $\mathbb{C}$ *se encuentran* `Rechazadas`, *debido a que no existe una estructura que las defienda de sus atacantes* ($\mathbb{G}$ *es un derrotador propio de la estructura* $\mathbb{B}$ *derrotando la sub-estructura* $\mathbb{B}'$ *de* $\mathbb{B}$ *donde* $\arg \mathbb{B}' = \{\mathcal{B}_3, \mathcal{B}_4, \mathcal{B}_6\}$, *y* $\mathbb{F}$ *es un derrotador propio de* $\mathbb{C}$ *derrotando la sub-estructura* $\mathbb{C}'$ *de* $\mathbb{C}$ *donde* $\arg \mathbb{C}' = \{\mathcal{B}_8\}$). *Finalmente,* $\mathbb{A}$ *se encuentra* `Aceptada`, *debido a que* $\mathbb{B}$ *es derrotada y marcada como* `Rechazada`. *Se debe tener en cuenta que, si no existiera una estructura que derrote a* $\mathbb{B}$, *entonces* $\mathbb{A}$ *y* $\mathbb{B}$ *deberían ser marcados como estructuras* `Indecisas` *ya que existe una situación de bloqueo entre ellas, y dada la semántica escéptica usada en este caso particular no es posible realizar otra asignación.*

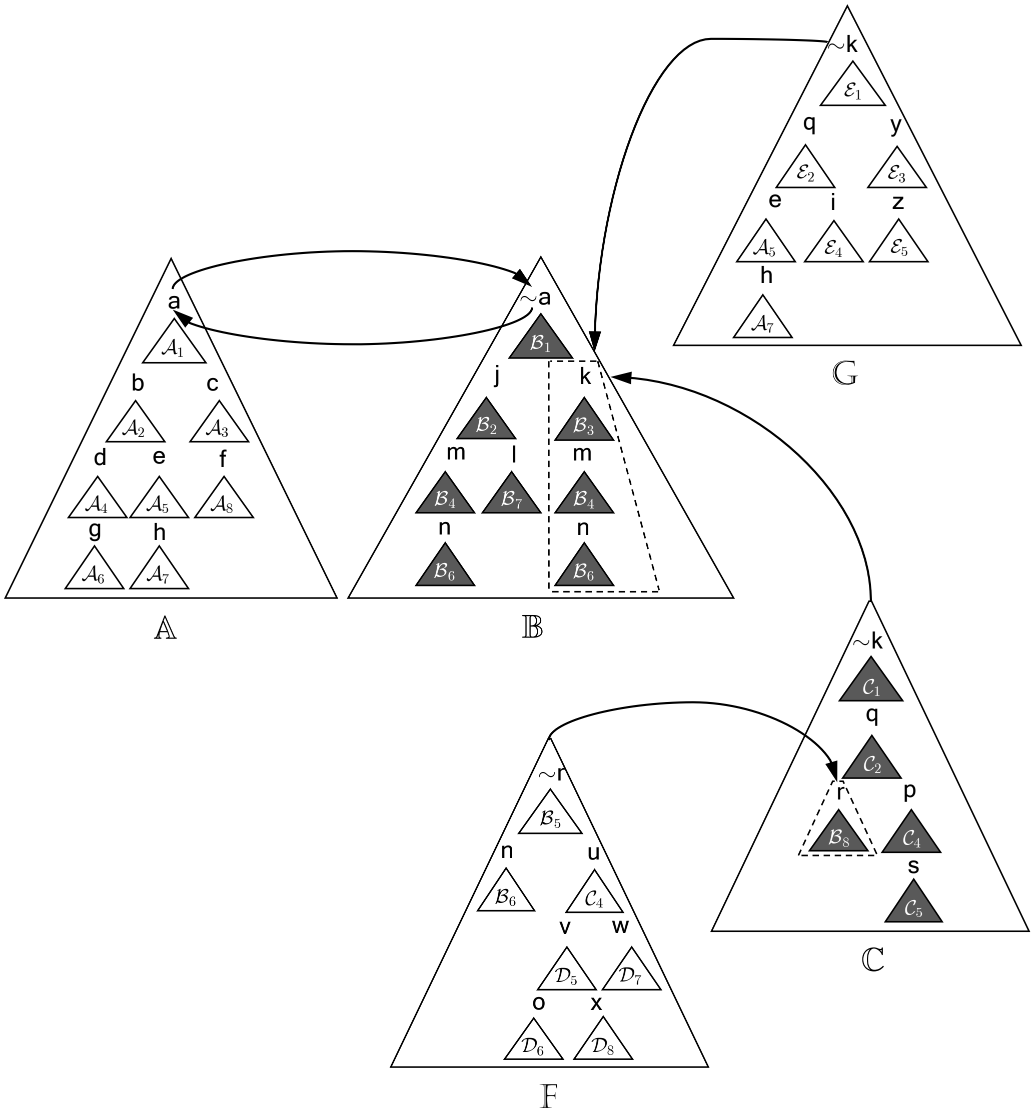


Figura 4.4: Marcado para el grafo argumentativo `G`

Ahora, supongamos que es de nuestro interés determinar el estado de garantía del literal $\sim$ `k`. *Para ello, analizaremos los estados de aceptabilidad de las estructuras argumentales que soportan dicho literal. En este caso, las estructuras* $\mathbb{C}$ *y* $\mathbb{G}$ *soportan el literal* $\sim$ `k` *con los estados* `Rechazada` *y* `Aceptada` *respectivamente* (Figura *4.5*).

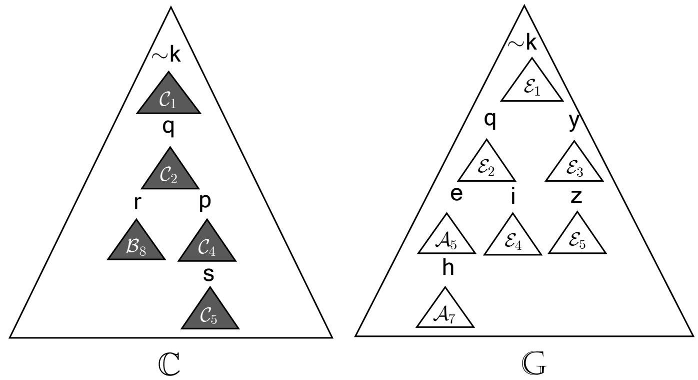


Figura 4.5: Estructuras argumentales para la fórmula $\sim \mathsf{k}$

Finalmente, dado un conjunto de respuestas $\Theta_R = \{$*Si, No, Indecisión*$\}$*, y una función de consulta* $\mathfrak{Cons}$ *que establece una política escéptica de respuesta definida de la siguiente manera*

$$\mathfrak{Cons}(\varphi) = \begin{cases} \texttt{Si}, & \text{si } \forall \mathbb{A} \in \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)} \text{ tal que } cl(\mathbb{A}) = \varphi \text{ y } \mathfrak{mark}(\mathbb{A}) = \texttt{Aceptado}; \\ \texttt{No}, & \text{si } \exists \mathbb{A} \in \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)} \text{ tal que } cl(\mathbb{A}) = \varphi \text{ y } \mathfrak{mark}(\mathbb{A}) = \texttt{Rechazada}; \\ \texttt{Indecision}, & \text{si } \exists \mathbb{A} \in \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)} \text{ tal que } cl(\mathbb{A}) = \varphi \text{ y } \mathfrak{mark}(\mathbb{A}) = \texttt{Indecision}. \end{cases}$$

podemos concluir que, $\mathfrak{Cons}(\sim \mathsf{k}) = \texttt{no}$*, ya que existe al menos una estructura con estado de aceptabilidad* `Rechazado`*, en este caso particular la estructura argumental* $\mathbb{C}$*.*

Por último, en base a los elementos definidos previamente, formalizaremos el marco argumentativo estructurado generalizado como se describe a continuación:

Definición 35 (Marco Argumentativo Estructurado Generalizado) *Un marco argumentativo estructurado generalizado* Φ *es una 7-tupla* $\langle \Gamma, \bowtie, \mathfrak{pref}, \mathfrak{mark}, \mathfrak{Cons}, \Theta_S, \Theta_R \rangle$*, donde* Γ *es el conjunto de átomos argumentales,* $\bowtie$ *es una relación de conflicto definida sobre los átomos argumentales,* $\mathfrak{pref}$ *es una función de preferencia definida sobre el conjunto de estructuras argumentales bien formadas* $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$*,* $\mathfrak{mark}$ *es una función de marcado,* $\mathfrak{Cons}$ *es una función de consulta,* Θ_S *es el conjunto de estados de aceptabilidad posibles y* Θ_R *es el conjunto de respuestas posibles.*

El siguiente teorema establece la representación a través del *GeSAF* es consistente y coherente.

Teorema 4.2 *Sea* $\Phi = \langle \Gamma, \bowtie, \mathfrak{pref}, \mathfrak{mark}, \mathfrak{Cons}, \Theta_S, \Theta_R \rangle$ *un marco argumentativo estructurado generalizado. La representación del conocimiento de una situación particular a través del modelo argumentativo creado por el* GeSAF *es consistente y coherente.*

<u>*Demostración:*</u> *Debemos demostrar que el conocimiento disponible del mundo real se encuentra plasmado consistententemente y coherentemente en el modelo argumentativo generado por el formalismo. Para ello, debemos probar la correcta representación de las entidades argumentales y de la relación de conflicto entre las mismas.*

Por un lado, por Definición 25*, el* Lema 4.1 *y la* Proposición 4.3*, podemos asegurar que las estructuras argumentales generadas son estructuras argumentales bien formadas, es decir, que dichas estructuras son consistentes, no circulares, uniformes y minimales. Asimismo, la* Proposición 4.2 *establece que toda sub-estructura de una estructura argumental bien formada, es a la vez, una estructura argumental bien formada.*

Por otro lado, la relación de conflicto entre las estructuras argumentales que forman parte del modelo argumentativo esta acotada por las condiciones establecidas en la Definición 20 *y la* Definición 21*, donde el conflicto entre átomos argumentales que representan el conocimiento estricto se encuentra prohibido. De esta manera, no pueden existir conflictos entre estructuras argumentales que tenga como punto de conflicto una evidencia o conocimiento que derive de un átomo estricto. Demostrando así la coherencia entre las piezas de conocimiento que representan el mundo real.*

Finalmente, podemos concluir que el modelo argumentativo generado por el formalismos representa adecuadamente las relaciones entre las piezas de conocimiento que describen el dominio de aplicación.□

4.3. Conclusión

En este capítulo presentamos un marco argumentativo estructurado generalizado *GeSAF* para: (i) representar la estructura interna de los argumentos que modelan un escenario del mundo real, (ii) establecer las diferentes clases de relaciones entre estructuras posibles de definir dentro del dominio de la argumentación, y (iii) parametrizar la semántica de aceptabilidad que determinará el estado de aceptabilidad de las estructuras argumentales en base a los requerimientos tanto del usuario como del dominio de la aplicación.

Inicialmente, *GeSAF* establece un conjunto átomos argumentales los cuales representan pasos de razonamiento indivisibles compuestos de premisas y conclusiones sin una condición explícita. A partir de dicho conjunto se derivan las estructuras argumentales que representan la estructura interna de los argumentos, estableciendo la justificación y los fundamentos de cómo ciertas conclusiones son soportadas. Por otro lado, considerando la estructura de los argumentos es posible establecer una preferencia entre argumentos en conflictos, determinando así cual de los argumentos involucrados prevalece. De esta manera, es posible representar y analizar en base a las teorías argumentativas el conocimiento disponible del dominio de aplicación.

Una vez creado el modelo argumentativo, *GeSAF* brinda la posibilidad de aplicar diversas semánticas de aceptabilidad que permite establecer los estados asociados a las estructuras argumentales que intervienen en dicho modelo, y el estado de garantía relacionado a una determinada conclusión. La selección de una semántica particular dependerán en gran medida de las condiciones impuestas por el dominio, del objetivo que se desea alcanzar, y de las preferencias del usuario.

Es importante notar que, a pesar de sus beneficios, *GeSAF* cuenta con la limitación de no poder representar los atributos de las piezas de conocimiento que componen una estructura argumental. En este sentido, dichos atributos brindarían mayor información tanto de una estructura argumental como de la conclusión a la que soporta. Por ello, en el *Capítulo* 7 presentaremos una extensión de este formalismo en donde es posible representar los atributos especiales de las estructuras argumentales en base a los atributos de los elementos que lo conforman, y usar esta información con el objetivo de optimizar el proceso de razonamiento en un contexto de desacuerdo.

Capítulo 5

Formato Estándar para el Intercambio de Argumentos

La teoría de la argumentación comprende un amplio campo de investigación que se extiende desde la filosofía analítica a la teoría de la comunicación y la psicología social. Asimismo, uno de los problemas relacionados con la diversidad y la productividad de sus investigaciones es la fragmentación, ya que, existen investigadores de diferentes procedencias centrándose en distintos aspectos de la argumentación dificultando la integración de los resultados producidos en un todo coherente. Para abordar este problema, la comunidad de la argumentación computacional ha iniciado un esfuerzo en la construcción de una ontología con la intención de apoyar el intercambio entre diferentes proyectos en el área.

En este capítulo, presentaremos a la ontología conocida como *Formato Estándar para el Intercambio de Argumentos* (AIF, por sus siglas en inglés), la cual está compuesta por un conjunto de conceptos de alto nivel relacionados con el dominio de la argumentación. Esta ontología permite la creación de modelos argumentativos que representan diversas clases de discusiones argumentativas. Su objetivo es facilitar una visión común y llegar a un consenso sobre los conceptos y tecnologías en el dominio de la argumentación con el fin de promover la investigación y el desarrollo de nuevas herramientas y técnicas. Además de aspiraciones prácticas, tales como desarrollar una forma de intercambio de datos entre herramientas para la manipulación y visualización de argumentos, esta ontología permite expresar la información argumentativa de un dominio en particular. Así, la ontología de AIF tiene como objetivo proporcionar un puente entre modelos lingüísticos, lógicos y formales del área de la argumentación.

En concreto, los modelos computacionales argumentativos abarcan una amplia variedad de técnicas incluyendo, modelos matemáticos para el cálculo de la aceptabilidad de argumentos abstractos [Dun95], modelos lógicos para computar las relaciones entre un conjunto de estructuras argumentales [PV02], métodos de extracción de información y procesamiento especializado de textos argumentativos [MM11], sistemas computacionales de procesamiento de discursos argumentativos [SD12], la comprensión y generación del lenguaje natural [RL97], entre otros. La ontología AIF fue creada para apoyar la interacción con cada uno de estos modelos.

5.1. Núcleo ontológico de AIF

AIF surge como un proyecto común que pretende consolidar los trabajos definidos en la argumentación computacional [CA07]. Este está construido como una ontología que permite definir los conceptos clave de un dominio y las relaciones entre ellos en el contexto de la ciencias de la computación y la representación del conocimiento. Por un lado, la ontología de AIF guarda una estrecha relación con diferentes lenguajes computacionales, como ser AML (un lenguaje derivado de UML utilizado por Araucaria [RR04]) y la iniciativa de codificación de texto [SMB+94], brindándole la flexibilidad necesaria para manejar argumentos expresados naturalmente en texto. Por otro lado, esta ontología nos brinda la posibilidad de definir relaciones lógicas clásicas y no clásicas, permitiendo la expresión de diferente clases de estructuras y relaciones argumentales, tales como los desarrollados en la filosofía [BR11], los presentados en las teorías dialógicas [VBRG11], entre otros.

El núcleo ontológico de AIF está naturalmente dividido en dos mitades: la ontología superior y la ontología de formas (*Figura* 5.1). A través del núcleo ontológico, es posible representar a los argumentos como un conjunto de nodos en un grafo dirigido, llamado *red argumental*, donde se visualizan las relaciones existentes entre las estructuras argumentales. La ontología superior, introducida por Chesñevar *et.al* en [CMR+06], define el lenguaje de los nodos con los cuales se puede construir la red argumental de AIF (i.e. la sintaxis para el lenguaje abstracto de AIF), y la ontología de formas, introducida por Rahwan *et.al* en [RZR07a], establece los diferentes conceptos argumentativos o formas argumentativas (i.e., la semántica para el lenguaje abstracto de AIF).

Por un lado, la *ontología superior* distingue las diferentes clases de información dentro del dominio de la argumentación, tales como: proposiciones y sentencias, y patrones ge-

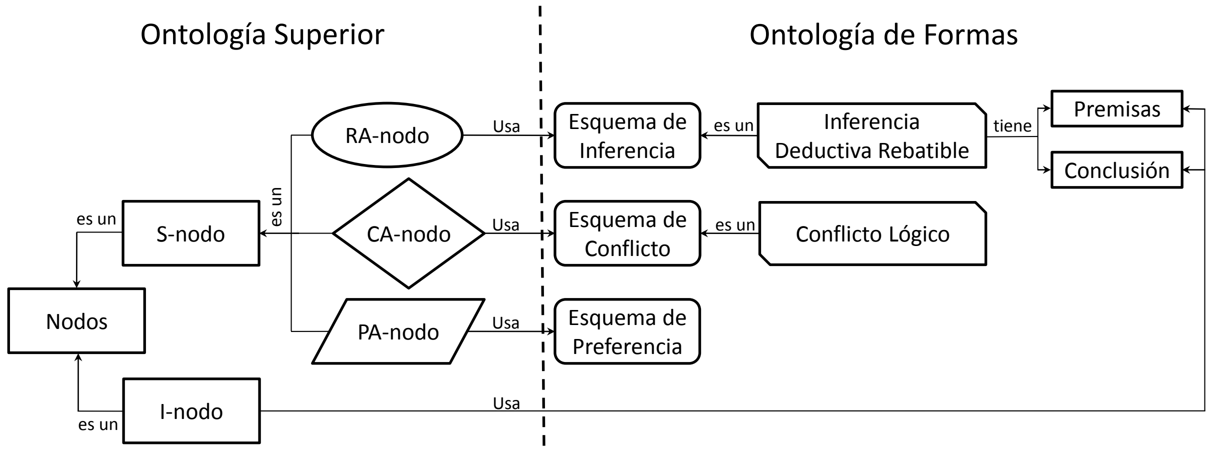


Figura 5.1: Núcleo ontológico de AIF

nerales de razonamiento (por ejemplo, inferencia o ataque). Por otro lado, la *ontología de formas* define los esquemas y los tipos de declaraciones comúnmente usadas en la argumentación. Los pilares de la ontología de formas son los esquemas de *inferencia*, *conflicto* y *preferencia*, los cuales son tratados como géneros de una clase más abstracta de relaciones esquemáticas [BR11]. Estos esquemas definidos en la ontología de formas encarnan los principios generales que expresan cómo se hace para que sea posible inferir `q` a partir de `p`, `p` esté en conflicto con `q`, y `p` sea preferible a `q`. La ontología de formas y la ontología superior están íntimamente conectadas, ya que, los elementos de la ontología superior se comportarán dentro de un modelo de acuerdo a las especificaciones establecidas en la ontología de formas.

5.1.1. Nodos

En AIF existen dos tipos de nodos: los *nodos de información* (I-nodos), y los *nodos de aplicación de esquemas* o *nodos de esquemas* (S-nodos) (*Figura* 5.1). Los I-nodos representan información declarativa que está contenida en un argumento, y depende del dominio del discurso, como por ejemplo las sentencias. Los S-nodos capturan la aplicación de esquemas, y representan patrones de razonamientos dependientes del dominio. En este sentido, los S-nodos se asemejan a las reglas de inferencia en la lógicas deductivas pero extendidas, de manera tal de incluir patrones de razonamiento no deductivos puesto que no están restringidos a las inferencias de la lógica clásica. Esta ontología trata con tres tipos de esquemas:

- *Esquemas de reglas de inferencia*: denotan soporte o inferencia (deductiva o rebatible), y son representados por los *nodos de aplicación de reglas* (RA-nodos).
- *Esquemas de conflicto*: denotan un conflicto específico o refutación, y son representados por los *nodos de aplicación de conflicto* (CA-nodes).
- *Esquemas de preferencia*: denotan un juicio de valor o un orden de preferencia, y son representados por los *nodos de aplicación de preferencia* (PA-nodes).

Potencialmente, existen otros tipos de esquemas, tales como los esquemas de evaluación o los esquemas de escenarios, los cuales no abordaremos en este trabajo. Es importante tener en cuenta que los esquemas de argumentación presuntiva, tales como los presentados por Walton [Wal13], constituyen un subconjunto del conjunto de esquemas de inferencia. Si un nodo de aplicación de esquema es instanciado con un esquema de inferencia, es llamado un nodo de aplicación de regla de inferencia (RA-nodo), si es instanciado con un esquema de preferencia es llamado nodo de aplicación de preferencia (PA-nodo), y si un S-nodo es una aplicación de un esquema de conflicto, es llamado nodo de aplicación de conflicto (CA-nodo). Informalmente, los RA-nodos pueden ser vistos como aplicaciones (posiblemente no deductivas) de reglas de la inferencia, mientras que los CA-nodos pueden ser vistos como aplicaciones de criterios que definen un determinado conflicto donde dicho conflicto puede ser lógico o no. Los PA-nodos, sin embargo, son aplicaciones de criterios de preferencia entre nodos evaluados (posiblemente abstractos).

5.1.2. Atributos de un Nodo

En AIF es posible que los S-nodos y los I-nodos tengan asociados diferentes atributos, tales como un título de identificación, datos del creador, un tipo que describa la función del nodo (e.g. decisión, entre otros), fecha de creación, información para su evaluación (e.g. fuerza o tabla de evaluación condicional[1]), un estado de aceptabilidad, y una polaridad (por ejemplo, valores *pro* o *con*). Estos atributos pueden variar y ser parte o no del núcleo ontológico. La mayoría de los atributos son esenciales a los nodos mismos, mientras que otros pueden ser derivados. Por ejemplo, el estado de aceptabilidad asociado a un I-nodo

[1]El término “tabla de evaluación condicional” está basado en su versión análoga Bayesiano llamado “tabla de probabilidad condicional (CPT)”, y puede ser utilizado para capturar información útil para evaluar argumentos de forma individual o grupal.

puede ser considerado como un atributo derivado de otros atributos asociados a dicho nodo como ser el nivel de confianza sobre la información que el I-nodo representa.

5.1.3. Aristas

En el contexto de un grafo que representa conceptos basados en el dominio de la argumentación se dice que un nodo A esta vinculado a un nodo B si y sólo si hay una arista que corre de A hasta B. Estos nodos pueden ser conectados según un determinado propósito. En esta sección, nos enfocaremos esencialmente en dos tipos de conexiones representadas a través de dos clases de aristas: aristas de esquemas y aristas de datos.

- *Aristas de esquema:* surgen desde los S-nodos y terminan en I-nodos o S-nodos, dependiendo de las conclusiones que se deriven de dichos S-nodos. Estas aristas estan destinadas a soportas las conclusiones que se deriven de un S-nodo; y
- *Aristas de datos:* surgen desde los I-nodos y terminan necesariamente en los S-nodos. Estas aristas están destinados a suministrar datos o información a la aplicación de los diferentes esquemas.

De esta manera, se puede hablar de aristas I-to-S (suministro de información y datos), aristas S-to-I (aristas de conclusión) y aristas S-to-S (aristas de garantía). En la *Tabla* 5.1 son presentadas y sintetizadas las semánticas asociadas a cada uno de estas relaciones como fue propuesto por Chesñevar *et al.* en [CMR+06].

Existen algunas restricciones en las conexiones entre los nodos: (a) las aristas que conectan los I-nodos con I-nodos estan prohibidos, puesto que los I-nodos no pueden estar relacionados sin una explicación que justifique esa conexión; (b) siempre existe un esquema o inferencia que justifique una relación entre dos o más I-nodos capturada a través de un S-nodo; (c) sólo los I-nodos pueden no tener aristas de entrada; y (d) todos los S-nodos relacionan dos o más componentes (para los RA-nodos, al menos un antecedente es usado para apoyar al menos una conclusión, y para los CA-nodos, al menos una sentencia está en conflicto con al menos otra). En el *Capítulo* 8 de esta tesis nos concentraremos unicamente en las relaciones establecidas entre I-to-CA, CA-to-I, I-to-RA, y RA-to-I las cuales son relevantes para nuestra propuesta (estas relaciones se encuentran resaltadas en la Figura 5.1). Sin embargo, para futuros trabajos consideraremos incorporar progresivamente cada una de las restantes conexiones.

		Desde			
		I-nodo	RA-nodo	PA-nodo	CA-nodo
Hacia	I-nodo		Dato del I-nodo usado en la aplicación de una inferencia	Dato del I-nodo usado en la aplicación de una preferencia	Dato del I-nodo en conflicto con la información del nodo que soporta al CA-nodo
	RA-nodo	Inferiendo una conclusión	Inferiendo una conclusión en forma de la aplicación de una regla de inferencia	Inferiendo una conclusión en forma de la aplicación de una regla de preferencia	Inferiendo una conclusión en forma de la aplicación de la definición de conflicto
	PA-nodo	Preferencia sobre el dato de un I-nodo	Preferencia sobre la aplicación de una regla de inferencia (RA-nodo)	*Meta-Preferencias*: aplicando una preferencia sobre la aplicación de preferencia sobre el PA-nodo soportado	La aplicación de una preferencia que soporta un PA-nodo en conflicto con la aplicación de una preferencia de un PA-nodo soportado por un CA-nodo
	CA-nodo	Conflicto sobre el dato de un I-nodo	Aplicando la definición de conflict sobre la aplicación de una regla de inferencia (RA-node)	Aplicación de la definición de conflicto sobre la aplicación de una preferencia (PA-nodo)	Exposición de un conflicto entre una definición de conflicto y alguna otra pieza de información

Tabla 5.1: Relaciones entre los nodos de AIF

Para comprender cada una de las relaciones expuestas en la *Tabla* 5.1 brindaremos algunas explicaciones adicionales con respecto a las aristas S-to-S. Estas conexiones nos permiten representar lo que podría ser considerado como modos de "meta-razonamiento". Por ejemplo, las aristas RA-to-RA y RA-to-PA podrían indicar algún tipo de justificación para la aplicación de una regla de inferencia o establecer un criterio en particular para definir preferencias. Una conexión del tipo RA-to-CA podría representar alguna justificación de porqué dos I-nodos están en conflicto; por ejemplo, que cada I-nodo especifique una acción alternativa para lograr un objetivo (en este caso, los argumentos que respaldan cada una de las acciones se consideran que están en conflicto). De esta manera, una vez que se consideran estas formas de "meta-razonamiento", se puede introducir el concepto de "meta-argumentación" en donde dos esquemas de aplicaciones de preferencia podrían estar en conflicto (PA-to-CA y CA-to-PA), lo cual requiere la definición de una preferencia entre aplicaciones de preferencias (PA-to-PA; [Mod06]).

5.1.4. Red Argumental y Nociones de Argumentos

Usando los nodos y las relaciones que se encuentran descriptas en la Tabla 5.1 es posible construir el grafo argumentativo, llamado *red argumental AIF*, definido de la siguiente manera:

Definición 36 (Red Argumental [RZR07b]) *Una red argumental AIF es un grafo dirigido $G = (V, E)$, donde:*

- *$V = I \cup RA \cup CA \cup PA$ es el conjunto de nodos del grafo G, formado por la unión disjunta de los conjunto de I-nodos, RA-nodos, CA-nodos, y PA-nodos; y*
- *$E \subseteq (V \times V) \setminus (I \times I)$, es el conjunto de aristas del grafo G.*

En una red argumental es posible identificar estructuras argumentales o argumentos simples. Un argumento simple puede ser representado conectando un conjunto de I-nodos que constituyen las premisas con un I-nodo denotando una conclusión, a través de un RA-nodo particular. Formalmente:

Definición 37 (Argumento Simple [RZR07b]) *Sea $G = (V, E)$ una red argumental AIF con $V = I \cup RA \cup CA \cup PA$. Un argumento simple en G es una tupla (P, R, C) donde $P \subseteq I$, es un conjunto de premisas, $C \in I$ es una conclusión, y $R \in RA$ es un esquema de inferencia tal que para toda las premisas $p \in P$ existe dos arista (p, R) y $(R, C) \in E$ que conectan la premisa p con la conclusión C.*

En la *Figura* 5.2 representamos dos redes argumentales en donde se identifican argumentos simples basados en un lenguaje lógico proposicional. En particular, la *Figura* 5.2(a) representa un argumento simple, mientras que la *Figura* 5.2(b) representa dos argumentos simples que están en conflicto.

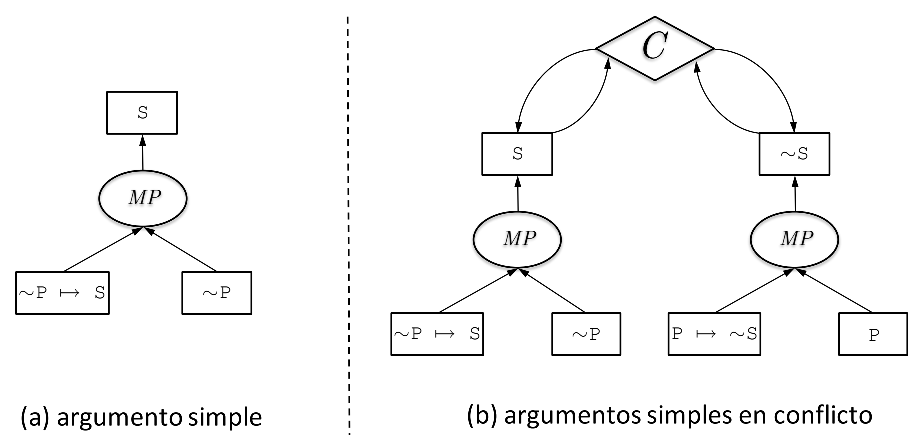


Figura 5.2: Red argumental AIF y argumentos simples

En la *Figura* 5.2 (a), el hecho de que $\mathtt{S}$ se infiera a partir de $\sim \mathtt{P}$ y $\sim \mathtt{P} \longmapsto \mathtt{S}$ es representado usando el esquema de inferencia *Modus Ponens* (MP). Por otro lado, en la *Figura* 5.2 (b), la relación de conflicto está presente debido a que existen dos fórmulas proposicionales contradictorias ($\mathtt{S}$ y $\sim \mathtt{S}$). De esta manera, como se encuentra declarado en la ontología de AIF, los rectángulos son usados para representar I-nodos, los óvalos para representar los RA-nodos, mientras que los rombos representan CA-nodos. En la *Figura* 5.2 los RA-nodos denotan la aplicación de una regla de inferencia modus ponens. Además, los CA-nodos representan el conflicto entre las piezas de información a través de una negación proposicional.

Por otro lado, es posible que dos o más argumentos comparten la misma conclusión. Esto corresponde a la noción de agregación (accrual) de argumentos desarrollados en [GLCS09, Ver95, Pra05], donde la fuerza de la conclusión compartida es la agregación de las fortalezas de cada argumento individual que la soporta.

Definición 38 (Argumento Agregado) *Sea $G = (V, E)$ un red argumental AIF con $V = I \cup RA \cup CA \cup PA$, Arg_G un conjunto de argumentos simples, y Arg_G^Q el conjunto de argumentos que soportan la misma conclusión Q, donde $Arg_G^Q \subseteq Arg_G$. Definiremos un argumento agregado para Q como la unión de estos argumentos, luego de identificar sus raíces.*

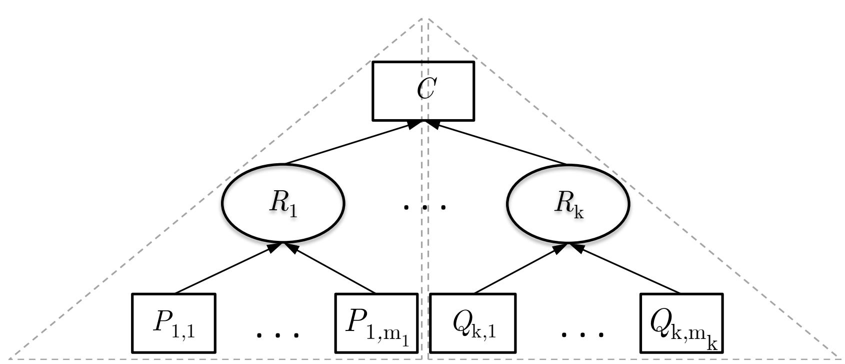


Figura 5.3: Representación de un argumento agregado

En consecuencia de la generalidad expresiva propuesta por la ontología de AIF existen algunas situaciones que pueden llevar a interpretaciones ambiguas o no deseadas. A continuación introduciremos un breve análisis de estas situaciones acompañadas de sus posibles soluciones desarrolladas por Gottifredi et.al en [GGS02].

5.2. Anomalías en AIF

En base al trabajo desarrollado por Gottifredi *et.al* en [GGS02], las situaciones que provocan anomalías dentro del formalismo AIF están relacionadas con la interacciones entre S-nodos. En particular, se identificaron las configuraciones anómalas que pueden surgir cuando: un S-nodo posee varias aristas de salida, un S-nodo no tiene aristas de llegada, un S-nodo no tiene aristas de salida, ciclos entre S-nodos, y S-nodos con auto conexiones. Para cada una de estas situaciones, encontraremos en [GGS02] una posible solución para alcanzar una posición razonable.

Múltiples Aristas de Salida

La primera anomalía está relacionado con los S-nodos que tienen más de una arista de salida. Por un lado, analizaremos el caso en el que un RA-nodo tiene múltiples aristas de salida hacia diferentes I-nodos que representan diferentes conclusiones (*Figura* 5.4). En este caso, la semántica de la construcción es la siguiente: la aplicación de una regla de inferencia con premisas $P_1, \ldots, P_n$ lleva a concluir $C_1, \ldots, C_m$.

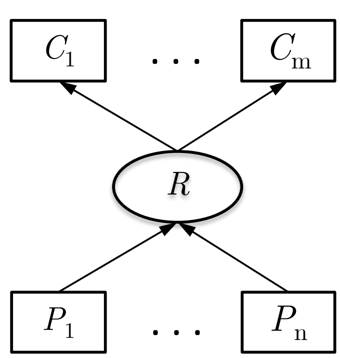


Figura 5.4: Un RA-nodo con múltiples aristas de salida

En la situación representada en la *Figura* 5.4 todas las conclusiones $C_1, \ldots, C_m$ se infieren tras la aplicación de la regla de inferencia R. Sin embargo, esta interpretación no sigue la intuición detrás de la noción de argumento simple (*Definición* 37), puesto que derivará en varios argumentos simples independientes, uno para cada conclusión deducida. Así, aunque la interpretación de esta construcción es válida, contradice los conceptos argumentativos de una red argumental AIF. Además, un RA-nodo representa la aplicación de una regla de inferencia. Por lo tanto, conforme a la *Definición* 37, la correcta representación de una situación similar a la que se ilustra en la *Figura* 5.4, considerará un RA-nodo para cada conclusión. Es decir, tener un RA-nodo para cada argumento.

La semántica de un CA-Nodo con múltiples aristas de salida no es tan clara como la semántica de los RA-nodos. En la *Figura* 5.5 (a) se muestra una situación en donde es posible más de una interpretación.

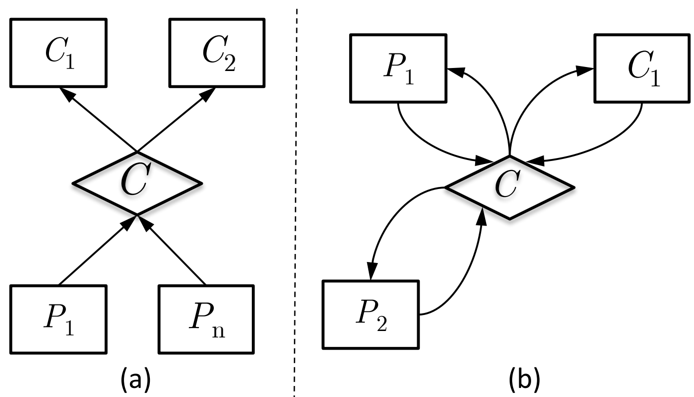


Figura 5.5: CA-nodos con múltiples aristas de salida

Por ejemplo, ¿P_1 y P_2 están solamente en conflicto con C_1 (C_2)? Es decir, ¿pueden P_1 y P_2 ser aceptadas colectivamente con C_1 (C_2)? Por otro lado, ¿P_1 y P_2 están en conflicto con C_1 y C_2 al mismo tiempo? Por otra parte, ¿esta P_1 (P_2) individualmente en conflicto con C_1 (C_2)? De esta manera, no hay una única interpretación para ésta construcción. Además, existen situaciones aún más ambiguas que la que se presenta en la *Figura* 5.5 (a). En particular, es posible construir un grafo con un CA-nodo que posee múltiples salidas como se representa en la *Figura* 5.5 (b), el cual puede ser interpretado de diversas maneras. Por ejemplo, si P_1 no es aceptable, ¿están M_1 y C_1 en conflicto? En este caso, ambas respuestas conducen a diferentes interpretaciones posibles de construcción.

En la mayoría de los formalismos argumentativos y herramientas argumentativas de mapeo, las inferencias conducen a una sola conclusión [PV02]. Por otra parte, los conflictos suelen relacionar dos piezas de información, y la relación de conflicto es generalmente bidireccional [PV02]. Es decir, dado dos I-nodos I_1 y I_2, puede darse el caso de que: I_1 se encuentra en conflicto con I_2, o I_2 se encuentra en conflicto con I_1, o ambas. Por lo tanto, para representar estas relaciones en AIF, no es necesario usar los S-nodos con múltiples aristas de salida. Por ejemplo, en la *Figura* 5.5 (b) un conflicto bidireccional entre dos nodos-I deberá ser representado con dos CA-Nodos, uno en cada sentido.

Gottifredi *et.al* en [GGS02] propone para manejar estas anomalías restringiendo los S-nodos a solo una arista de salida. De esta manera, la red argumental AIF que sigue esta restricción es llamada red argumental con salidas simples. Formalmente:

Definición 39 (Red Argumental con Salidas Simples [GGS02]) *Sea $G = (V, E)$ un red argumental AIF con $V = I \cup RA \cup CA \cup PA$. La red G es denominada red argumental con salidas simples si y sólo si $\forall n \in V\ I$, si $\exists (n, d) \in E$, entonces $\nexists (n, r) \in E$ con $d \neq r$.*

Asimismo, los autores sostiene que no es necesario establecer limitaciones en relación a las aristas salientes de un I-nodo, esto se debe a que no hay ninguna ambigüedad en esta situación. Por ejemplo, una pieza de información puede estar en conflicto con otras piezas de información, o puede ser una premisa para varias inferencias.

S-nodos sin Aristas de Entrada / Salida

Los S-nodos que no poseen aristas de entrada pueden estar sujetos a interpretaciones redundantes o erróneas. En la *Figura* 5.6 (a) se ilustra el caso de los diferentes tipos de S-nodos que no poseen aristas de llegada. Por ejemplo, una posible interpretación para el CA-nodo de la *Figura* 5.6 (a) es que todo está en conflicto con I_1 (incluyendo I_1 mismo), pero esta situación podría ser representada de otra manera usando aristas de llegada al CA-nodo. Situaciones similares suceden con el PA-nodo y el RA-nodo.

De manera similar podemos analizar el caso de los S-nodos que no poseen aristas de salida. Por ejemplo, en la *Figura* 5.6.(b) una posible interpretación para el PA-nodo es que I_6 es preferible a cualquier otro elemento de la red argumental. Sin embargo, esta

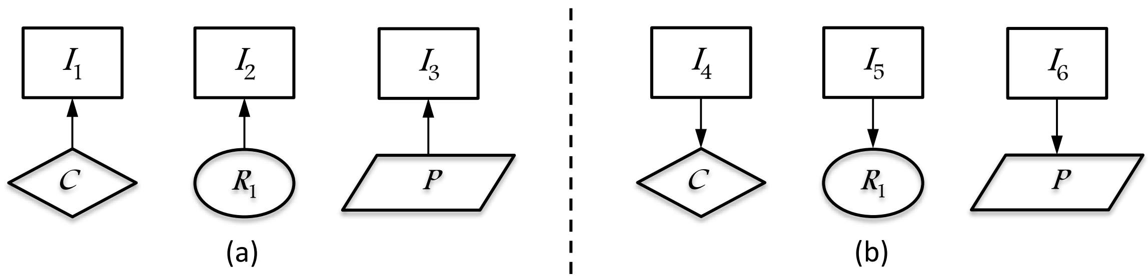


Figura 5.6: S-nodos sin aristas de entrada / salida

representación es redundante ya que el PA-nodo debería tener una arista de salida a cada uno de los elementos de la red. De manera análoga es posible analizar las situaciones que suceden con el RA-nodo y el CA-nodo.

Para evitar estas situaciones Gottifredi *et.al* en [GGS02] establecen que los S-nodos deben limitarse a tener por lo menos una arista de entrada y una arista de salida. Estas restricciones no dañan el poder representativo de la ontología de AIF, sólo evitan redundancia en la representación del conocimiento. Formalmente:

Definición 40 (Red Argumental con Esquemas Completos [GGS02]) *Sea $G = (V, E)$ una red argumental AIF con $V = I \cup RA \cup CA \cup PA$. La red G es denominada red argumental con esquemas completos si y sólo si $\forall n \in V\ I$, si $\exists (n, d) \in E$ y $\exists (r, n) \in E$.*

Ciclos de S-nodos

Al usar los componentes de la ontología AIF pueden existir ciclos a través de los S-nodos. El problema de estos ciclos consiste en que los estados (activación, preferencia, admisibilidad, etc.) de los nodos implicados y relacionados con el ciclo no pueden ser claramente establecidos. Estos ciclos complican cualquier tentativa de automatizar la computabilidad de los estados asociados a los nodos de una red argumental, imposibilitando uno de objetivos principales de AIF: la amigabilidad computacional de la representación.

En la *Figura* 5.7 se muestra un red argumental con ciclos que involucran tres S-nodos. Esta red argumental representa una situación donde la aplicación de una regla de inferencia R_1 con premisa P_1 activa la aplicación de otra regla de inferencia R_2 con premisa P_2 y conclusión P_4 (una vez activada la regla R_2 se activa la conclusión P_4).

Además, existe un conflicto entre la premisa P_3 y la activación de la regla de inferencia R_1, y a su vez, R_2 está en conflicto con P_3 por depender de R_1.

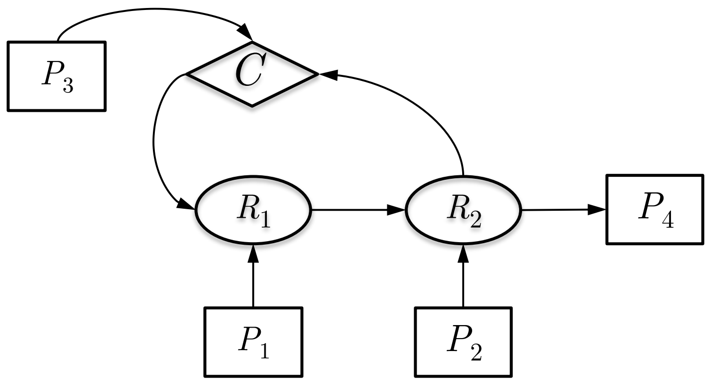


Figura 5.7: Red argumental con ciclos

En esta situación, es imposible determinar si alguno de los S-nodos del ciclo son aplicados (en el caso de las reglas de inferencia) o activos (en el caso del conflicto y del nodo de información P_4). Asimismo, un caso particular son los ciclos producidos por S-nodos que están conectados con ellos mismos o una cadena circular de aplicaciones de regla de inferencia como se presenta en la *Figura* 5.8, este tipos de configuraciones son producidas por especificaciones erróneas o falacias y presentan graves problemas de interpretación sobre el dominio del mundo real ya que modelarían situaciones en donde la información derivada de dichos ciclos carecerían de fundamentos.

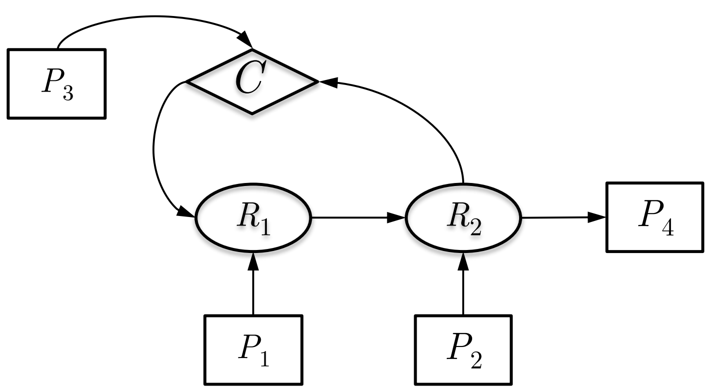


Figura 5.8: Ciclos provocados por cadenas de RA-nodos

Gottifredi *et.al* en [GGS02] propone como posible solución prohibir ciclos provocados por S-nodos. Esto parece ser restrictivo, pero los ciclos provocados por S-nodos son en su mayoría generados por falacias. De esta manera, los autores definieron una red argumental acíclica en relación a los S-nodos. Formalmente:

Definición 41 (Red Argumental sin Ciclos [GGS02]) *Sea $G = (V, E)$ un red argumental AIF con $V = I \cup RA \cup CA \cup PA$. La red G no posee ciclos si y sólo si $\forall n \in V\ I$, no existe un camino de n a n en G tal que para todo nodo i en ese camino verifica que $i \in V/I$.*

La ontología abstracta de AIF está desarrollada únicamente como un lenguaje para expresar argumentos, es decir, AIF no proporciona ninguna herramienta o método para poder realizar un análisis o procesamiento de las estructuras argumentales que representan el conocimiento de un determinado dominio de aplicación. Con el fin de hacer algo de mayor utilidad (por ejemplo, visualizar, consultar, evaluar argumentos, u otras acciones similares), es necesario expresarlo en un lenguaje más concreto para poder ser procesado usando herramientas y métodos adicionales. Por ejemplo, Rahwan et al. en [RZR07b] presentan una instanciación donde expresan la ontología AIF en base a RDF, un lenguaje de ontologías basado en web semántica que puede ser usado como entrada en una gran variedad de herramientas que permiten el análisis de argumentos en el dominio de la web semántica. De una manera similar, Rahwan en [Rah08] instanció AIF en el dominio de la lógica descriptiva permitiendo la clasificación automática de esquemas y argumentos. Bajo otro propósito, Bex, Praken, y Reed demuestran en [BR11] cómo los argumentos definidos en una red argumental de AIF pueden ser evaluados, es decir, cómo un determinado estado de aceptabilidad puede ser asignado a los elementos que configuran una red argumental AIF usando las semánticas de aceptabilidad definidas en el marco argumentativo abstracto propuesto por Dung [Dun95].

5.3. Conclusión

Actualmente, existe una gran cantidad de formalismos en el dominio de la argumentación que persiguen diferentes propósitos u objetivos, modelando así distintos aspectos del mundo real. Cada uno de ellos define sus propias estructuras argumentales, y establecen los tipos de relaciones entre dichas estructuras. En consecuencia, debido a sus diferencias, es difícil pensar en una interoperabilidad entre estas herramientas argumentativas.

En este capítulo, se presentó una ontología argumentativa conocida como *Formato Estándar para el Intercambio de Argumentos* (AIF, por sus siglas en inglés), donde se proporciona un puente entre modelos lingüísticos, lógicos y formales de argumentación y razonamiento. La ontología de AIF propone los elementos y conceptos argumentales necesarios para crear un poderoso sistema de representación del conocimiento, permitiendo obtener modelos del mundo real en donde se pueda interpretar e instanciar diversos procesos argumentativos. Estos modelos argumentativos son representados por medio de una red argumental, donde intervienen los elementos definidos en la ontología de AIF (I-nodos, S-nodos, un conjunto de aristas y un conjunto de conceptos o nociones argumentativas) los cuales cumplen un rol específico dentro del dominio de la argumentación. Es importante tener en cuenta que la ontología de AIF posee ciertas limitaciones y, posiblemente, existan situaciones del mundo real que escapen a sus capacidades de representación. Asimismo, AIF no proporciona ninguna clase de método o herramienta que permita realizar un análisis o procesamiento de las estructuras argumentales con el objetivo de obtener la aceptabilidad de las mismas.

En el *Capítulo* 8 de esta tesis, extenderemos las capacidades de representación de la ontología AIF con la intención de modelar procesos argumentativos valuados para representar los atributos especiales que posee el conocimiento de un determinado dominio de aplicación. Asimismo, proporcionaremos un mecanismo de razonamiento que establecerá los estados de aceptabilidad de las estructuras argumentales a partir de las cualidades que dichas estructuras poseen, siendo estas relevantes para el dominio de aplicación. En este sentido, permitiremos un análisis refinado sobre la aceptabilidad de las piezas de conocimiento que modelan una determinada discusión argumentativa estableciendo diferentes grados de aceptación, y posibilitando establecer un umbral de aceptabilidad que especifique las condiciones mínimas que una pieza de conocimiento debe satisfacer para ser considerada dentro del proceso de justificación de una determinada postura. Por otro lado, brindaremos la posibilidad de analizar el conjunto de soluciones de un determinado modelo y establecer aquellas que son óptimas con respecto a la calidad de una determinada conclusión.

Capítulo 6

Caracterización de Argumentos

El mundo real es incierto e impreciso, es por esto que la realidad no puede estudiarse en términos absolutos con técnicas aplicables a situaciones ciertas, que en la búsqueda de la precisión, intentan ajustar el mundo real a modelos matemáticos rígidos y estáticos perdiendo con ello información valiosa. Por ello, según L. Zadeh, al abordar el estudio de fenómenos y a medida que la complejidad de un sistema aumenta, nuestra capacidad de realizar formulaciones precisas y significativas sobre su comportamiento disminuye hasta que se alcanza un umbral por debajo del cual la precisión y la relevancia se convierten en características mutuamente excluyentes [ZFT74]. En base a este análisis, los formalismos argumentativos deberían poseer la capacidad de representar no sólo las propiedades relacionadas a la solidez lógica de los argumentos, sino también otras propiedades dependientes del dominio de aplicación que proporcionen modelos argumentativos más representativos de la realidad con el objetivo de optimizar los procesos de razonamiento que se llevan a cabo sobre dichos modelos.

En este capítulo introduciremos el uso de etiquetas como una herramienta para ayudar a la caracterización y evaluación de los argumentos. Para ser de utilidad, estas etiquetas deben contener información distintiva de los argumentos, y la manera en la que éstos interactúan en el dominio de la argumentación. Una forma natural de representar esta información es la utilización de una escala que mida las característica distintivas de los argumentos, como ser el grado de confiabilidad del mismo en base a la confiabilidad que se tiene de las fuentes que los proporcionan, la relevancia de la información que proporciona un argumento dependiendo de los punto de análisis de un usuario, la precisión de la información que presenta un argumento, entre otros. En este trabajo consideraremos una escala donde las valuaciones asociadas a un argumento oscilan entre dos elementos distinguidos: $\top$ y $\bot$. En este sentido, $\bot$ representará el menor grado posible de una característica asociada a un argumento, y $\top$ el máximo. Asimismo, estableceremos cómo se interpretarán las relaciones entre los argumentos, analizando el dominio de la aplicación, y especificaremos cómo las etiquetas se propagarán y combinarán dentro del modelo argumentativo.

Particularmente, Zadeh en 1965 presentó un trabajo llamado Fuzzy sets [Zad65] donde la *Lógica Difusa* proporciona el conjunto de herramientas para interpretar los valores del intervalo real $[0, 1]$ como un conjunto de valores de verdad posibles de asignar a proposiciones lógicas. Así, la lógica difusa permite representar el conocimiento, que es mayoritariamente del tipo lingüístico cualitativo y no necesariamente cuantitativo, en un lenguaje matemático a través de la teoría de conjuntos difusos y funciones características asociadas a ellos. Dicho de otro modo, permite la representación y operación de información numérica y lingüística, donde la información lingüística es menos precisa que la numérica pero muchas veces aporta un valor agregado para el razonamiento humano.

El aspecto central de los sistemas basados en las teorías de la lógica difusa es que, a diferencia de la lógica clásica, tienen la capacidad de reproducir aceptablemente los modos usuales de razonamiento considerando la gradualidad en la certeza de una proposición. Se puede decir que si la lógica es la ciencia de los principios formales y normativos del razonamiento, la lógica difusa o borrosa se refiere a los principios formales del razonamiento aproximado. Así, las características más atractivas de la lógica difusa son su flexibilidad, su tolerancia a la imprecisión, su capacidad para modelar problemas no-lineales, y su base en el lenguaje natural. La efectividad de estos métodos ha sido probada por muchas aplicaciones, como ser, sistemas inteligentes para el diagnóstico médico [DBR01], soporte a la toma de decisiones [HH92], programación bajo incertidumbre [Liu09], entre otros.[1]

En la siguiente sección presentaremos un álgebra de etiquetas argumentales donde estableceremos un conjunto de operaciones, generalizando y extendiendo las nociones introducidas en las teorías de conjuntos difusos, con el objetivo de computar los cambios de los atributos asociados a los argumentos al considerar las relaciones de soporte, agregación y conflicto dentro de un modelo argumentativo.

[1] Zimmermann en su trabajo *Fuzzy Set Theory and Its Applications* [Zim, Zim01] realiza un estudio de la Lógica Difusa en diferentes dominios de aplicación, y puede ser usados como fuente de ejemplos.

6.1. Álgebra de Etiquetas Argumentales

Como comentamos anteriormente, la lógica difusa permite razonar en términos lingüísticos de una forma similar a como lo realizan los seres humanos. A diferencia de la lógica booleana clásica, la lógica difusa es multi-valuada definiendo grados de pertenencia (grados de verdad). Tomando como base las intuiciones de estas teorías, definiremos un *álgebra de etiquetas argumentales* como una estructura algebraica abstracta, donde se establece el conjunto de operaciones necesarias para manipular las características asociadas a los argumentos. En este sentido, el efecto del soporte, la agregación, y el conflicto entre argumentos se verá reflejado en las etiquetas argumentales que estos tendrán asociadas. De esta manera, las etiquetas cumplen la función de informar cómo los argumentos se afectan entre sí.

El álgebra de etiquetas se basa en un conjunto ordenado que permite la comparación de las *etiquetas argumentales*, y este conjunto se caracteriza de la forma más abstracta posible para adaptarse a los distintos requisitos que poseen las diferentes aplicaciones del dominio de la argumentación. Formalmente:

Definición 42 (Álgebra de Etiquetas Argumentales) *Un álgebra de etiquetas argumentales es una 7-tupla que tiene la forma* $\mathbf{A} = \langle A, \leq, \odot, \oplus, \ominus, \bot, \top \rangle$ *donde:*

- A *es un conjunto de etiquetas argumentales, llamado dominio de etiquetas, donde* $\top$ *es el mayor elemento de* A*, mientras que* $\bot$ *es el menos de ellos.*

- $\leq$ *es una relación de orden parcial sobre el conjunto de etiquetas argumentales* A*, donde* $\leq$ *es reflexiva, antisimétrica y transitiva.*

- $\odot : A \times A \to A$ *es denominado el* operador de soporte *y satisface que:*

    $\odot$ *es un operador conmutativo: para toda* $\alpha, \beta \in A, \alpha \odot \beta = \beta \odot \alpha$.

    $\odot$ *es monótono: para toda* $\alpha, \beta, \gamma \in A$*, si* $\alpha \leq \beta$ *, entonces* $\alpha \odot \gamma \leq \beta \odot \gamma$.

    $\odot$ *es asociativo: para toda* $\alpha, \beta, \gamma \in A$*,* $\alpha \odot (\beta \odot \gamma) = (\alpha \odot \beta) \odot \gamma$.

    $\top$ *es el elemento neutro para el operador* $\odot$*: para toda* $\alpha \in A$*,* $\alpha \odot \top = \alpha$.

- $\oplus : A \times A \to A$ *es denominado el* operador de agregación *y satisface que:*

    $\oplus$ *es un operador conmutativo: para todo* $\alpha, \beta \in A, \alpha \oplus \beta = \beta \oplus \alpha$.

    $\oplus$ *es monótono: para toda* $\alpha, \beta, \gamma \in A$*, si* $\alpha \leq \beta$*, entonces* $\alpha \oplus \gamma \leq \beta \oplus \gamma$.

$\oplus$ *es asociativo: para toda* $\alpha, \beta, \gamma \in A$, $\alpha \oplus (\beta \oplus \gamma) = (\alpha \oplus \beta) \oplus \gamma$.

$\perp$ *es el elemento neutro para el operador* $\oplus$*: para toda* $\alpha \in A$, $\alpha \oplus \perp = \alpha$.

– $\ominus : A \times A \rightarrow A$ *es denominado el* operador de conflicto *y satisface que:*

Para toda $\alpha, \beta \in A$, $\alpha \ominus \beta \leq \alpha$ *si* $\beta < \alpha$.

Para toda $\alpha, \beta \in A$, $\alpha \ominus \beta = \perp$ *si* $\beta \geq \alpha$.

Elemento Neutro: para toda $\alpha \in A, \alpha \ominus \perp = \alpha$.

Para toda $\alpha, \beta \in A$, *si* $\alpha \ominus \beta = \perp$ *y* $\beta \ominus \alpha = \perp$, *entonces* $\alpha = \beta$.

Para toda $\alpha, \beta \in A, (\alpha \oplus \beta) < \top$, *entonces* $((\alpha \oplus \beta) \ominus \beta) = \alpha$.

Esta formalización nos permitirá representar, combinar y propagar las características asociadas a los argumentos, y usar ésta información para diversos fines, tales como:

- Evaluar los estados de aceptabilidad asociados a los argumentos, ya que la información proporcionada por las etiquetas argumentales colaborarán en el proceso de aceptabilidad capturando el comportamiento del conocimiento dentro del modelo creado para representar una determinada situación problemática. Por ejemplo, si la información asociada al argumento representa su grado de confiabilidad, podemos considerar que un argumento se encuentra aceptado si su confiabilidad es mayor a $\perp$ una vez que se consideraron los efectos de las relaciones que posee en el dominio de la argumentación;

- Calificación cuantitativa y cualitativa de los argumentos para brindar la posibilidad de representar el debilitamiento de un argumento frente a la existencia de sus contra-argumentos. Es decir, mediante los formalismos argumentativos valuados es posible analizar la resolución de conflictos entre argumentos desde una nueva perspectiva que permite reflejar la disminución de las cualidades que posee un argumento en base a la existencia de razones contrapuestas;

- Establecer diferentes grados de aceptabilidad usando la información asociada a los argumentos. En particular, existe la posibilidad de crear diferentes clases de aceptabilidad, tales como *aceptado*, *debilitado*, y *rechazado*. Así, el grado de pertenencia de cada argumento a cada clase de aceptabilidad dependerá de sus características;

- Especificar una *relación de preferencia*, ya sea parcial o total, sobre el conjunto de argumentos en base a sus características especiales. Esta relación de preferencia puede ser útil para diversas aplicaciones. En especial, esta relación podría ser de utilidad para resolver los conflicto entre los argumentos estableciendo cual de ellos prevalece;

- Introducir un *umbral de calidad* con el objetivo de establecer los requerimientos mínimos que un argumento debe satisfacer para formar parte de la justificación que sustenta una determinada afirmación, decisión o acción;

- Optimizar las cualidades de un conjunto de argumentos en situaciones donde las estas oscilen en un cierto intervalo aplicando herramientas de las *teorías de la investigación operativa*. En particular, es de utilidad analizar las diferentes perspectivas de los usuarios frente a un mismo modelo argumentativo cuando las características de los argumentos varían en un cierto intervalo producto de la incertidumbre del mundo real. En este sentido, es posible analizar un conjunto de soluciones que representen las diferentes propagaciones de los atributos asociados a los argumentos que conforman un determinado modelo argumentativo con la intención de identificar aquella solución que optimice las cualidades de una determinada conclusión;

- Combinar diferentes características para un propósito específico, como por ejemplo, asociar a cada argumento una etiqueta compuesta por la valoración social y el grado de confiabilidad para analizar así la correspondencia entre dichos atributos sobre la calidad de garantía asociada a una determinada conclusión. En este sentido, en base a las características finales de los argumentos es posible realizar un análisis colectivo de los mismos con la intención de proporcionar respuestas más contundentes sobre el estado de una determinada conclusión;

- Mejorar la calidad de la respuesta en los formalismos argumentativos valuados, proporcionando información adicional sobre la aceptabilidad de los argumentos, tales como el nivel de justificación, restricciones de justificación, entre otros.

A continuación describiremos los operadores definidos en el álgebra de etiquetas argumentales justificando la elección de cada una de las condiciones que los caracterizan. Luego, introduciremos un caso de estudio en donde se presentará un ejemplo de las posibles instanciaciones para cada uno de los operadores definidos en nuestra álgebra, demostrando los efectos que producen sobre las características asociadas a los argumentos, junto a un breve análisis que describe cada situación.

6.1.1. Operador de Soporte

El operador de soporte, denotado como "$\odot$", es usado para determinar la valuación de un argumento basado en las valuaciones de los argumentos que lo soportan. Esta dependencia debe ser invariante del orden con el cual se consideran los argumentos de apoyo, y por lo tanto, la operación de soporte debe ser conmutativa y asociativa. Asimismo, la propiedad de monotonocidad del operador "$\odot$" es justificada por el *principio del eslabón más débil* [BDP93], puesto que si un argumento es soportado por un conjunto de argumentos, su valuación debe ser menor o igual a la menor valuación de los argumentos que lo soportan.

En un sentido específico, las etiquetas argumentales pueden ser instanciadas como un conjunto de valuaciones difusas normalizadas en el intervalo $[0 - 1]$. En este caso, estas condiciones pueden ser resumidas diciendo que el operador "$\odot$" es una *Norma Triangular* T (*T-norm*) [SS63, SS61]. El uso de T-normas para representar el comportamiento del conocimiento es ampliamente reconocido en diferentes dominio de aplicación. Por ejemplo, Dubois & Prade en [DP82] presentaron el uso de las T-normas para representar el comportamiento de la incertidumbre asociada a la evidencia subjetiva en el análisis de casos legales. Por otro lado, Lukasiewicz & Straccia en [LS08] analizaron la eficiencia de las T-normas para modelar el comportamiento de la incertidumbre y la precisión de la información en el dominio de la semántica web. Algunas de las T-normas comúnmente utilizadas son:

- Mínimo: $T(\alpha, \beta) = min(\alpha, \beta)$
- Producto algebraico: $T(\alpha, \beta) = \alpha\beta$
- Diferencia limitada (o de Lukasiewick): $T(\alpha, \beta) = max(0, \alpha + \beta - 1)$

6.1.2. Operador de Agregación

El operador de agregación, denotado como "$\oplus$", es usado para determinar la valuación de una conclusión basada en la valuaciones de las diferentes fuentes "*independientes*" que la soportan. La agregación de argumentos fue cuidadosamente motivada dentro del dominio de la argumentación basándose en la siguiente intuición: mientras mayor sean las razones para soportar una determinada conclusión, mayor será la credibilidad de la misma [Ver95, Pra05, GLCS09]. La forma más natural de realizar la agregación de argumentos es efectuando una adición de las valuaciones de las fuentes que soportan dicha conclusión, o aplicar alguna operación que sea una variación de la adición, dependiendo de la clase de información que se desea operar. El operador "$\oplus$" tiene algunas de las propiedades de la adición. De esta manera, "$\oplus$" debe ser conmutativa y asociativa, con $\perp$ como elemento neutro tal que una fuente con dicha valuación no represente ningún significado en el momento de obtener la valuación agregada final.

En el mismo sentido del punto anterior, las etiquetas argumentales pueden ser instanciadas como un conjunto de valuaciones difusas normalizadas en el intervalo $[0 - 1]$. En tal caso, las condiciones establecidas para el funcionamiento del operador "$\oplus$" pueden resumirse diciendo que es una *Conorma Triangular T* (*C-norma*) [SS63, SS61]. Las T-conormas son usadas en diferentes dominios por sus capacidades de representación. Por ejemplo, Grabisch *et.al.* en [GOY98] presentaron diferentes maneras de realizar la agregación de argumentos teniendo en cuenta la preferencia del usuario sobre los argumentos en cuestión haciendo uso de las conormas triangulares. Por otro lado, Krause *et.al.* en [FKEG93] introdujeron una serie de criterios para realizar una correcta agregación de argumentos en el dominio de los sistemas de soporte a la toma de decisiones teniendo en cuenta el nivel de incertidumbre de dichos argumentos. En este trabajo, los autores destacan el uso de las conormas triangulares como un camino sensato para representar la agregación de la incertidumbre asociada a una determinada conclusión. En general, las T-cormas comúnmente utilizadas son:

- Máximo: $T(\alpha, \beta) = max(\alpha, \beta)$
- Producto: $T(\alpha, \beta) = (\alpha + \beta) - (\alpha\beta)$
- Suma limitada (o de Lukasiewick): $T(\alpha, \beta) = min(\alpha + \beta, 1)$

6.1.3. Operador de Conflicto

El operador de conflicto, denotado como "$\ominus$", actúa como una clase de sustracción con respecto a la adición de los números reales en relación al operador de agregación "$\oplus$". En un sentido general, el operador de conflicto determina las valuaciones de un argumento al momento de considerar las valuaciones asociadas a las razones contrapuestas. Así, un argumento puede ser debilitado, y en algunos casos derrotado, según la fuerza de sus contra-argumentos. Al caracterizar el operador de conflicto se establecieron todas las condiciones necesarias para garantizar una coherente resolución de los conflictos dentro del dominio de la argumentación. En este sentido, el operador de conflicto satisface las propiedades: modulativa, uniforme y monótona.

Es importante tener en cuenta que, si una determinada conclusión tiene una valuación $\gamma = \alpha \oplus \beta$ como resultado de agregar dos argumentos que la soportan dicha conclusión con valuaciones α y β respectivamente, y en caso de existir un contra-argumento que posee una valuación β, entonces la valuación del argumento agregado es reducido a α siempre que $\alpha \oplus \beta < \top$. De esta manera, el operador de conflicto es, en cierto sentido, la operación inversa de la agregación. No obstante, si sucede que $\alpha \oplus \beta = \top$, es posible que se genere una pérdida de información, y por esta razón, el operador de conflicto no es inverso al operador de agregación en todos los casos posibles.

En particular, las etiquetas argumentales pueden ser instanciadas como un conjunto de valuaciones difusas normalizadas en el intervalo $[0 - 1]$. Así, según las condiciones establecidas para el operador "$\ominus$", el operador de conflicto puede ser interpretado como una sustracción generalizada, que actuará de diferentes maneras dependiendo de los requerimientos del dominio. El uso del operador ha sido estudiado y aplicado en diferentes dominio, como por ejemplo, en [BGLVS15] se definió un conjunto de álgebras de etiquetas argumentales con el objetivo de representar y manipular la confiabilidad y la precisión de los argumentos para brindar soporte a la toma de decisiones, en este caso, el operador de conflicto refleja cómo los argumentos son debilitados gradualmente por la existencia de las razones en contra de las mismas. Otra forma de computar la resolución del conflicto entre argumentos fue presentado en [BSVS15]. En esta ocasión, se representó y computó la preferencia y la confianza de los usuarios sobre la información que los argumentos proporcionan en el dominio de los sistemas de recomendación. En dicho caso, se empleó un política donde aquellos argumentos con el máximo grado de preferencia y confianza solo pueden ser afectados por argumentos de igual calidad. En general, algunas de las instancias utilizadas en estos trabajos son:

- Sustracción gradualizada: $\alpha \ominus \beta = \begin{cases} \dfrac{\alpha - \beta}{1 - \beta} & \text{si } \alpha \geq \beta, \beta \neq 1 \\ 0 & \text{en otros casos.} \end{cases}$
- Sustracción estricta: $\alpha \ominus \beta = max(\alpha - \beta, 0)$

– Sustracción condicionada: $\alpha \ominus \beta = \begin{cases} 1 & \text{si } \alpha = 1, \beta < 1 \\ \alpha - \beta & \text{si } \alpha \geq \beta \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$

6.2. Caso de Estudio

Este trabajo tiene como objetivo contribuir a la integración eficaz de las teorías de la argumentación en diferentes dominios de aplicación, tales como los sistemas de apoyo a la toma de decisiones, la gestión del conocimiento, los sistemas de recomendaciones, la web inteligente, y otros de similar importancia. A continuación ilustraremos la utilidad de nuestra formalización en un problema de toma de decisiones donde un agente debe considerar diferentes razones para llevar adelante una determinada acción teniendo en cuenta sus preferencias.

Consideremos un escenario en donde Benjamín está buscando un departamento para alquilar, y frente a uno de los departamentos candidatos analiza distintos argumentos en favor y en contra de alquilarlo:

$\mathcal{A}$ *El departamento se encuentra en un área segura y tranquila, y por lo tanto debería alquilarlo.*

$\mathcal{B}$ *El área es tranquila puesto que la mayoría de los vecinos son jubilados y gente pacífica.*

$\mathcal{C}$ *Cerca del edificio se encuentra una estación policial, por ello el área donde se encuentra ubicado el departamento es seguro.*

$\mathcal{D}$ *El departamento es algo pequeño, no debería alquilarlo.*

$\mathcal{E}$ *El departamento manifiesta problemas de humedad, por ello no debería alquilarlo.*

$\mathcal{F}$ *Las expensas del edificio son costosas, por lo tanto no debería alquilar departamentos de este edificio.*

Este ejemplo ilustra cómo el conocimiento que posee un agente puede ser estructurado naturalmente en argumentos. Estos argumentos interactúan de diversas maneras a través de las relaciones de soporte (los argumentos $\mathcal{B}$ y $\mathcal{C}$ soportan la conclusión del argumento

$\mathcal{A}$), agregación (los argumentos $\mathcal{D}$, $\mathcal{E}$ y $\mathcal{F}$ brindan diferentes razones para no alquilar el departamento) y conflicto (los argumentos $\mathcal{A}$ y $\mathcal{D}$ soportan conclusiones contrapuestas).

Como mencionamos anteriormente, se desea aplicar un proceso argumentativo valuado que tenga en cuenta el grado de preferencia del agente sobre las razones expuestas a favor y en contra de alquilar un determinado departamento. Para ello, definiremos un álgebra de etiquetas argumentales $\mathbf{A}$ para representar y computar el grado de preferencia asociada a los argumentos. El dominio de etiquetas A es el intervalo real $[0-1]$ representando una valuación normalizada de preferencia, donde $\top = 1$ es la máxima valuación de preferencia y el elemento neutro para el operador $\odot$, mientras que $\bot = 0$ es la mínima valuación de preferencia y el elemento neutro para los operadores $\oplus$ y $\ominus$.

Así, sean $\alpha, \beta \in A$ dos etiquetas argumentales, las operaciones de soporte, agregación y conflicto sobre las etiquetas se especifican de la siguiente manera:

Valuación de Preferencia	
$\alpha \odot \beta = \alpha \cdot \beta$	El operador de soporte refleja que la preferencia de un argumento es la conjunción de la preferencia de sus soportes.
$\alpha \oplus \beta = \alpha + \beta - \alpha \cdot \beta$	El operador de agregación establece que si una conclusión posee dos o más argumentos que la soporten, su valoración de preferencia es la suma de la preferencia de los argumentos que soportan dicha conclusión menos un término de penalización producido por efectuar dicha agregación. En este sentido, la agregación de argumentos es justa cuando los argumentos poseen valuaciones leves.
$\alpha \ominus \beta = \begin{cases} \dfrac{\alpha - \beta}{1 - \beta} & \text{si } \alpha \geq \beta, \beta \neq 1 \\ 0 & \text{en otros casos.} \end{cases}$	El operador de conflicto refleja que la valuación de preferencia asociada a una conclusión es debilitada gradualmente por la preferencia de su contradicción.

A continuación mostraremos los efectos de cada uno de estos operadores sobre los argumentos del ejemplo descripto anteriormente.

Aclaración sobre notación: utilizamos las letras A, B, ..., Z para denotar a los argumentos agregados, mientras que seguiremos haciendo uso de las letras caligráficas $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, ..., $\mathcal{Z}$ para denotar a los argumentos clásicos. Asimismo, denotaremos la preferencia de un argumento $\mathcal{A}$ (o argumento agregado A) como $\mu^{\mathcal{A}}$ (o μ^{A}, respectivamente), y la preferencia debilitada de un argumento $\mathcal{A}$ (o argumento agregado A) luego de considerar sus conflictos como $\delta^{\mathcal{A}}$ (δ^{A}, respectivamente).

Operador de Soporte

Analicemos los argumentos $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$ y $\mathcal{C}$ del ejemplo anterior donde $\mathcal{B}$ y $\mathcal{C}$ soportan al argumento $\mathcal{A}$; es decir, la información proporcionada por $\mathcal{B}$ y $\mathcal{C}$ fundamentan la información proporcionada por $\mathcal{A}$. En este sentido, el soporte entre estos argumentos puede interpretarse como un soporte evidencial donde son necesarios los argumentos $\mathcal{B}$ y $\mathcal{C}$ para determinar la validez del argumento $\mathcal{A}$. Así, a través del operador de soporte, podremos determinar la preferencia del argumento $\mathcal{A}$ partiendo de la preferencia de los argumentos de soporte $\mathcal{B}$ y $\mathcal{C}$ (*Figura* 6.1), de la siguiente manera:

$$\mu^{\mathcal{A}} = \mu^{\mathcal{B}} \odot \mu^{\mathcal{C}}$$

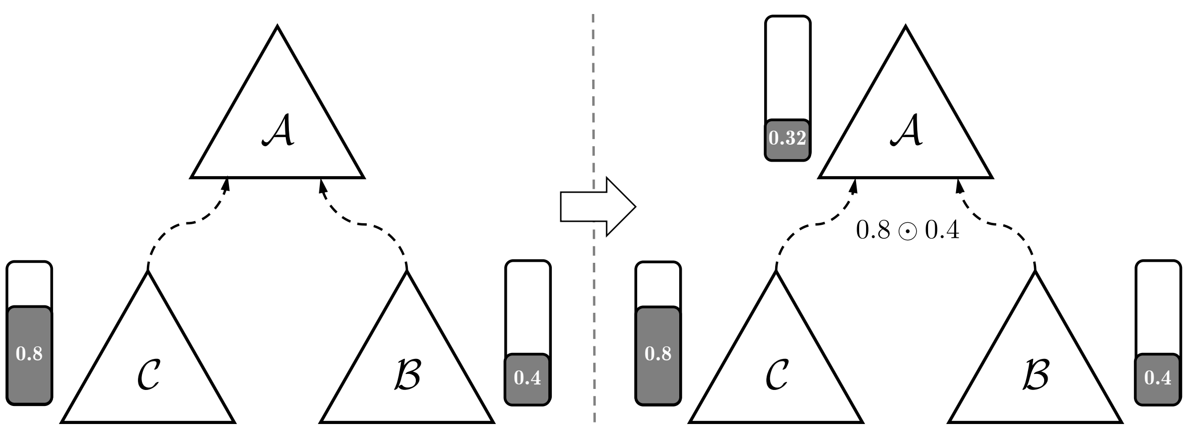


Figura 6.1: Soporte entre las valoraciones de argumentos

Así, para las valuaciones de preferencia $\mu^{\mathcal{B}} = 0.4$ y $\mu^{\mathcal{C}} = 0.8$ de los argumentos $\mathcal{B}$ y $\mathcal{C}$ respectivamente, la preferencia del argumento $\mathcal{A}$ se obtiene de la siguiente manera:

$$\mu^{\mathcal{A}} = \mu^{\mathcal{B}} \odot \mu^{\mathcal{C}} = 0.4 \cdot 0.8 = 0.32$$

Operador de Agregación

Ahora, analicemos los tres argumentos $\mathcal{D}$, $\mathcal{E}$ y $\mathcal{F}$, que brindan diferentes razones para *no alquilar* el departamento. Como mencionamos anteriormente, es natural considerar a las diferentes razones que soportan una determinada conclusión como un único argumento agregado D que soporta dicha conclusión. El operador de agregación nos brindará la posibilidad de conocer la preferencia del argumento agregado a partir de la preferencia de los argumentos que componen dicha agregación (*Figura* 6.2), de la siguiente manera:.

$$\mu^{\mathsf{A}} = (\mu^{\mathcal{A}} \ \oplus \ \mu^{\mathcal{B}}) \ \oplus \ \mu^{\mathcal{C}}$$

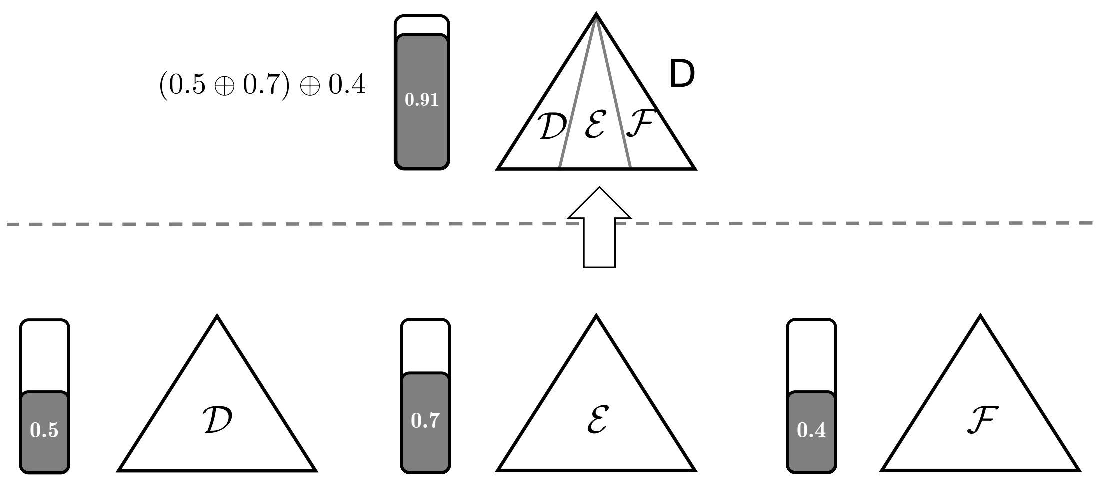


Figura 6.2: Agregación de valoraciones de preferencias para una misma conclusión

Así, para las valuaciones de preferencia $\mu^{\mathcal{D}} = 0.5$, $\mu^{\mathcal{E}} = 0.7$ y $\mu^{\mathcal{F}} = 0.4$ de los argumentos $\mathcal{D}$, $\mathcal{E}$ y $\mathcal{F}$ respectivamente, la preferencia del argumento agregado D se obtiene de la siguiente manera:

$$\mu^{\mathsf{A}} = (\mu^{\mathcal{A}} \ \oplus \ \mu^{\mathcal{B}}) \ \oplus \ \mu^{\mathcal{C}} = (0.5 \ \oplus \ 0.7) \ \oplus \ 0.4 =$$

$$= (0.5 \ + \ 0.7 \ - \ 0.5 \ \cdot \ 0.7) \ \oplus \ 0.4 = 0.85 \ \oplus \ 0.4 =$$

$$= 0.85 \ + \ 0.4 - 0.85 \ \cdot \ 0.4 = 0.91$$

Operador de Conflicto

Finalmente, analicemos el conflicto entre los argumentos expuestos en el ejemplo anterior. En este caso, existe una relación de desacuerdo entre el argumento $\mathcal{A}$ que soporta la decisión de alquilar el departamento, y los argumentos $\mathcal{D}$, $\mathcal{E}$, y $\mathcal{F}$ que brindan razones en contra de tomar dicha decisión. Podríamos resolver estos conflictos uno a uno y calcular sus valuaciones debilitadas. Sin embargo, una mejor postura sería considerar los argumentos agregados que soportan las razones a favor y en contra de alquilar el departamento, resolviendo luego el conflicto sobre los mismos.

Como se presentó en el *Capítulo* 2, la resolución del conflicto entre argumentos se puede modelar desde dos punto de vistas: *la resolución clásica* y *la resolución por debilitamiento*. En el primer caso, la resolución de conflicto clásica establece que un argumento es derrotado por otro si y sólo si el argumento atacante es más preferible que el argumento atacado. Así, si consideramos que la preferencia del argumento agregado D es mayor a la preferencia del argumento agregado A, entonces D es un derrotador para A (*Figura* 6.3).

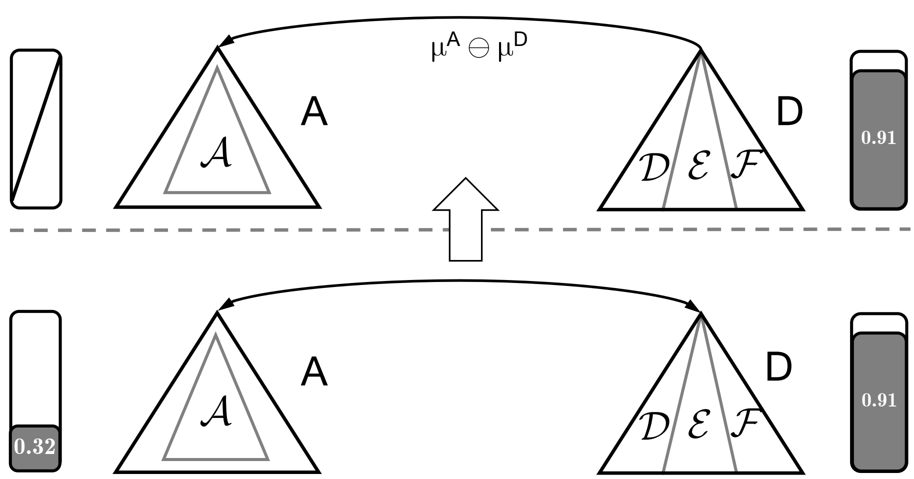


Figura 6.3: Resolución de conflicto clásica

De esta manera, el nivel de preferencia del argumento agregado A, luego de considerar el ataque de D, se obtiene de la siguiente manera:

$$\delta^{\mathsf{A}} = \mu^{\mathsf{A}} \ \ominus \ \mu^{\mathsf{D}} = 0.32 \ \ominus \ 0.91 = 0$$

En el segundo caso, la resolución de conflicto produce un efecto de debilitamiento entre los argumentos involucrados, capturando la situación en donde un argumento es debilitado (posiblemente derrotado) por la existencia de su contra-argumento, y viceversa (*Figura* 6.4).

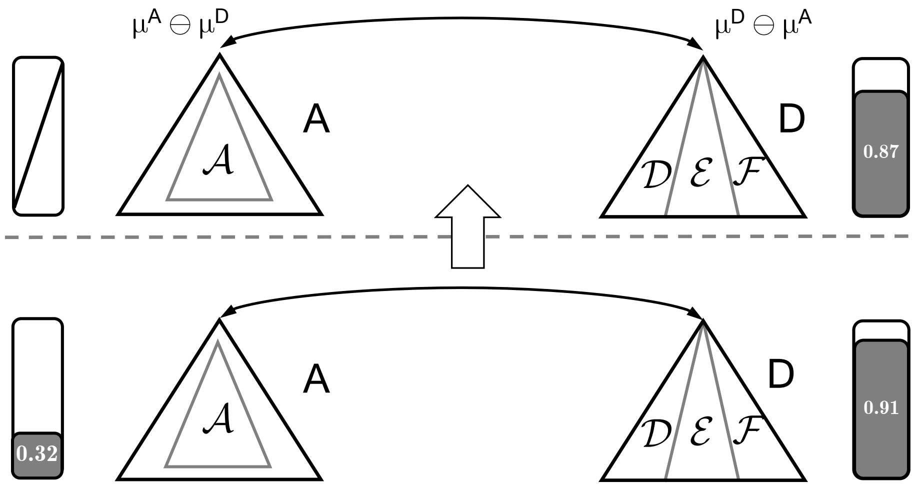


Figura 6.4: Resolución de conflicto por debilitamiento

Así, los niveles de preferencia de los argumentos A y D, luego de considerar la resolución del conflicto en ambas direcciones, se obtiene de la siguiente manera:

$$\delta^{\mathsf{A}} = \mu^{\mathsf{A}} \ \ominus \ \mu^{\mathsf{D}} = 0.32 \ \ominus \ 0.91 = 0$$

$$\delta^{\mathsf{D}} = \mu^{\mathsf{D}} \ \ominus \ \mu^{\mathsf{A}} = 0.91 \ \ominus \ 0.32 = \frac{0.91 - 0.32}{1 - 0.32} = 0.87$$

Existen diferentes ejemplos de instanciación para el álgebra de etiquetas argumentales, y es importante determinar cual de ellas es la más apropiada para modelar los diferentes casos del mundo real. Esta selección es principalmente metodológica, por ello, es necesario analizar la semántica del dominio de diferentes maneras posibles, como ser: diseñar experimentos usando ejemplos donde se conoce la conclusión deseada, realizar pruebas utilizando la evaluación cognitiva de sujetos humanos aproximando sus evaluaciones a las valoraciones de argumentos obtenidos después de computar sus interacciones, entre otros. Una discusión completa sobre la generalidad de esta elección puede encontrarse en [H$^+$03]. Independientemente del enfoque que aplique para modelar los atributos asociados a la información del mundo real, se deben valorar sus implicancias de manera sensible y razonable.

6.3. Conclusión

El mundo real es muy complejo e impreciso, es por ello que la realidad no puede estudiarse en términos absolutos. Es decir, la realidad no puede analizarse ni modelarse sin tener en cuenta ciertas características que representan la incertidumbre o la imprecisión de la información que poseemos sobre la situación del mundo real que pretendemos estudiar. Por ello, es correcto pensar que los formalismos argumentativos deberían poseer la capacidad de representar no sólo las propiedades relacionadas a la solidez lógica de los argumentos, sino también otras propiedades dependientes del dominio de aplicación, proporcionando modelos argumentativos más cercanos a la realidad con la intención de optimizar los procesos de razonamiento que se llevan a cabo sobre dichos modelos.

En la actualidad, existen diferentes enfoques, algunos más apropiados que otros para determinadas aplicaciones, como ser la lógica de razonamiento bajo incertidumbre propuesta por Krause et al. en [KAEGF95], el sistema argumentativo para computar valores posibilísticos propuesto por Chesñevar [CSAG04], el sistema argumentativo de Fox y Parsons [FP96] donde se computan los valores probabilísticos asociados a los argumentos, entre otros. Básicamente, a través de estos enfoques, se desea construir un modelo razonable del mundo real para tomar óptimas decisiones ante diversas situaciones problemáticas donde la representación de los atributos asociados a las piezas de conocimiento es una parte crítica a modelar.

En este capítulo presentamos cómo el álgebra de etiquetas argumentales es una de las posibles herramientas para incrementar la capacidad de representación de los modelos argumentativos permitiendo incorporar los atributos asociados a los argumentos (por ejemplo, grado de confiabilidad, fuerza, valores probabilísticos, entre otros), y cómo estos son afectados de acuerdo a las interrelaciones que se producen dentro del modelo argumentativo. En los *Capítulos* 7 y 8 presentaremos dos formalismos que hacen uso de este álgebra para computar y propagar los atributos asociados a los argumentos, junto a algunas aplicaciones prácticas que pueden ser de interés dentro del dominio de la argumentación.

Capítulo 7

Marco Argumentativo Estructurado Generalizado Etiquetado

En determinados dominios de aplicación puede ser indispensable la representación y manipulación de ciertas características especiales dentro de los procesos argumentativos (por ejemplo, el grado de confiabilidad de las fuentes que proporcionan los argumentos, el apoyo social de los argumentos, el nivel de experticia asociado a los agentes que proponen los argumentos, el grado de preferencia que posee el usuario sobre la información que el argumento representa, entre otros). Por lo general, esta información no se encuentra asocia directamente a los argumentos sino que está relacionada a las piezas básicas del conocimiento a partir de los cuales estos argumentos son construidos. En este sentido, sería interesante determinar las cualidades de los argumentos que intervienen en una discusión argumentativa en base a las cualidades asociadas a las piezas de conocimiento que forman parte de sus estructuras internas para establecer sus fuerzas colectivas.

En este capítulo, introduciremos un *Marco Argumentativo Estructurado Generalizado Etiquetado* ($GeSAF^{\star}$) que combina las capacidades de representación y análisis del conocimiento provistas por *GeSAF* con el procesamiento de meta-información otorgado por el álgebra de las etiquetas argumentales. Este marco argumentativo etiquetado puede interpretarse, desde un punto de vista general, como una expansión del marco argumentativo abstracto propuesto por Dung donde se considerará tanto la estructura interna de los argumentos como sus características distintivas. En $GeSAF^{\star}$ se introducirá los elementos necesarios para determinar una relación de derrota entre las entidades argumentales que participan en el discurso argumentativo teniendo en cuenta sus atributos especiales. En este sentido, es importante tener en cuenta que no será necesario usar todo el poder de computo atribuidas a las álgebras definidas en el *Capítulo* 6 de esta tesis, puesto que las derrotas entre estructuras argumentales en conflicto serán definidas a partir de una función de preferencia que determinará cual de ellas prevalece. Por ello, en el formalismo que presentaremos en este capítulo se usará un reducto del álgebra de etiquetas argumentales donde no consideraremos el operador de conflicto. No obstante, su poder de representación contribuirá a un análisis semántico más refinado, determinando no sólo los estados de aceptabilidad de los argumentos sino también la fuerza colectiva de una conclusión en base a las características de los argumentos que la soportan.

7.1. Elementos del Marco Argumentativo Estructurado Etiquetado

Como presentamos en el *Capítulo* 4, una estructura argumental está compuesta por un conjunto de pasos de razonamiento denominados *átomos argumentales*. Por ello, en primera instancia, introduciremos la noción de *átomos argumentales etiquetados* donde asociaremos a los átomos argumentales de *GeSAF* sus características especiales.

Definición 43 (Átomos Argumentales Etiquetados) *Sea* $\Phi = \langle \Gamma, \bowtie, \mathfrak{pref}, \mathfrak{mark}, \mathfrak{Cons}, \Theta_S, \Theta_R \rangle$ *un* GeSAF, $\mathfrak{alg} = \{\mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2, \ldots, \mathbf{A}_n\}$ *un conjunto de reductos de álgebras de etiquetas argumentales, una por cada característica especial que se desea representar y computar a través de una etiqueta argumental. Diremos que* $\widehat{\mathcal{A}} = \langle \mathcal{A}, \varepsilon_{\mathcal{A}} \rangle$ *es un átomo argumental etiquetado (o simplemente un* ε*-átomo) para la fórmula* α *en* Φ *siempre que:*

- $\mathcal{A} \in \Gamma$ *es un átomo argumental en* Φ*, tal que* $cl(\mathcal{A}) = \alpha$.
- $\varepsilon_{\mathcal{A}} = (\varepsilon_1, \varepsilon_2 \ldots, \varepsilon_n)$ *es una n-tupla de etiquetas argumentales, donde* ε_i *pertenece al dominio* A_i *del álgebra* $\mathbf{A}_i \in \mathfrak{alg}$ *para* $i = 1 \ldots n$.

Denotaremos al conjunto de átomos argumentales etiquetados por el mismo conjunto de reductos $\mathfrak{alg}$ *en* Φ *como* Ω*, y nos referiremos a* Φ *como el* marco argumentativo estructurado generalizado subyacente.

Definición 44 (Átomos Subyacentes) *Sea* $\Phi = \langle \Gamma, \bowtie, \mathfrak{pref}, \mathfrak{mark}, \mathfrak{Cons}, \Theta_S, \Theta_R \rangle$ *un* GeSAF*,* Ω *un conjunto de átomos argumentales etiquetados, y* $\widehat{\mathcal{A}} = \langle \mathcal{A}, \varepsilon_{\mathcal{A}} \rangle$ *un* ε*-átomo de* Ω*. Definiremos una función* $sub(\cdot)$ *que retornará el átomo argumental de* Φ *involucrado en* $\widehat{\mathcal{A}}$*, i.e.,* $sub(\langle \mathcal{A}, \varepsilon_{\mathcal{A}} \rangle) = \mathcal{A}$*. Asimismo, tenemos que* $cl(sub(\langle \mathcal{A}, \varepsilon_{\mathcal{A}} \rangle)) = cl(\mathcal{A})$ *y* $pr(sub(\langle \mathcal{A}, \varepsilon_{\mathcal{A}} \rangle)) = pr(\mathcal{A})$ *obtendrán la conclusión y el conjunto de premisas asociado a* $\langle \mathcal{A}, \varepsilon_{\mathcal{A}} \rangle$*. En este sentido, estableceremos que* $sub(\Omega) = \Gamma$ *obtendrá el conjunto de átomos argumentales involucrado en el conjunto de átomos argumentales etiquetados.*

En *GeSAF* un conjunto de átomos argumentales se encuentra formado por los subconjuntos disjuntos Γ_e, Γ_s, Γ_a y Γ_d donde cada uno de ellos representa una determinada clase de átomo argumental. Dada la relación existente entre los conjuntos Γ y Ω, identificaremos los subconjuntos disjuntos Ω_e, Ω_s, Ω_a y Ω_d que representarán las clases de átomos argumentales etiquetados que integran Ω. Formalmente:

Definición 45 (Clases de Átomos Argumentales Etiquetados) *Sea* $\Phi = \langle \Gamma, \bowtie, \mathfrak{pref}, \mathfrak{mark}, \mathfrak{Cons}, \Theta_S, \Theta_R \rangle$ *un* GeSAF*, y* Ω *un conjunto de átomos argumentales etiquetados. Diremos que* $\Omega = \Omega_e \cup \Omega_s \cup \Omega_a \cup \Omega_d$*, donde* $sub(\Omega_e) = \Gamma_e$*,* $sub(\Omega_s) = \Gamma_s$*,* $sub(\Omega_a) = \Gamma_a$ *y* $sub(\Omega_d) = \Gamma_d$*.*

En $GeSAF^\star$ identificaremos dos tipos de relaciones entre los átomos argumentales etiquetados: conflicto y soporte. Estas relaciones se propagan directamente de las relaciones existentes entre los átomos argumentales subyacentes involucrados. Así, tenemos que:

Definición 46 (Conflicto entre Átomos Argumentales Etiquetados) *Sea* $\Phi = \langle \Gamma, \bowtie, \mathfrak{pref}, \mathfrak{mark}, \mathfrak{Cons}, \Theta_S, \Theta_R \rangle$ *un* GeSAF*, y* Ω *un conjunto de átomos argumentales etiquetados. La relación de conflicto* $\asymp \subseteq \Omega \times \Omega$ *es la relación binaria* $\{(\widehat{\mathcal{A}}, \widehat{\mathcal{B}}) \mid sub(\mathcal{A}) \bowtie sub(\mathcal{B})\}$*, extendiendo así la relación de conflicto* $\bowtie$ *establecida en formalismo subyacente* Φ*.*

Definición 47 (Soporte entre Átomos Argumentales Etiquetados) *Sea* $\Phi = \langle \Gamma, \bowtie, \mathfrak{pref}, \mathfrak{mark}, \mathfrak{Cons}, \Theta_S, \Theta_R \rangle$ *un* GeSAF*, y* Ω *un conjunto de átomos argumentales etiquetados. Dado* $\widehat{\mathcal{A}}$ *y* $\widehat{\mathcal{B}}$ *dos* ε*-átomos de* Ω*, diremos que* $\widehat{\mathcal{B}}$ *soporta a* $\widehat{\mathcal{A}}$ *si* $cl(sub(\mathcal{B})) \in pr(sub(\mathcal{A}))$*. En este caso diremos que* $\widehat{\mathcal{B}}$ *soporta a* $\widehat{\mathcal{A}}$ *a través de la fórmula* $cl(\mathcal{B})$*.*

Una vez definida la noción de un átomo argumental etiquetado como un paso de razonamiento que posee ciertas características que dependen del dominio de la aplicación, introduciremos la nueva noción de estructura argumental. Informalmente, una estructura argumental en $GeSAF^{\star}$ es una prueba tentativa basada en un conjunto de átomos argumentales etiquetados que contribuye al soporte de una determinada conclusión φ, donde la fuerza de dicha prueba es interpretada en base a la calidad de sus características especiales. En primera instancia es necesario introducir la noción de estructura argumental de átomos etiquetados. Esta noción es similar al concepto de estructura argumental introducida en el $GeSAF$ (*Definición* 23 del *Capítulo* 4) con la diferencia que cada nodo que forma parte de su estructura interna tiene asociado un átomo argumental etiquetado.

Definición 48 (Estructuras Argumentales de Átomos Argumentales Etiquetados) *Sea Ω un conjunto de átomos argumentales etiquetados. Definiremos una estructura argumental de átomos etiquetados en Ω (o simplemente una estructura de ε-átomos) para una afirmación o conclusión β como un árbol, al cual denotaremos como $\mathbb{A}$, donde cada nodo del árbol tiene asociado un elemento de Ω verificando las siguientes condiciones:*

– Nodo Raíz: *el nodo raíz del árbol $\mathbb{A}$ tiene asociado el ε-átomo $\widehat{\mathcal{A}}_{raíz} \in \Omega$, llamado ε-átomo raíz, tal que $cl(sub(\widehat{\mathcal{A}}_{raíz})) = \beta$;*

– Nodo Hijo: *para cada nodo de $\mathbb{A}$ que tiene asociado un ε-átomo $\widehat{\mathcal{A}}_i \in \Omega$, se cumple que para cada $\varphi \in pr(sub(\widehat{\mathcal{A}}_i))$ existe exactamente un nodo hijo que tiene asociado un ε-átomo $\widehat{\mathcal{A}}_j \in \Omega$ soportando $\widehat{\mathcal{A}}_i$ a través de φ; es decir, no existen dos ε-átomos $\widehat{\mathcal{A}}_j, \widehat{\mathcal{A}}_k \in \Gamma$ que están asociados a los nodos de $\mathbb{A}$, con $\widehat{\mathcal{A}}_j \neq \widehat{\mathcal{A}}_k$, soportando a la misma fórmula φ; y*

– Nodo Hoja: *un nodo de $\mathbb{A}$ que tiene asociado un ε-átomo $\widehat{\mathcal{A}}_i \in \Gamma$ es un nodo hoja si y sólo si $\widehat{\mathcal{A}}_i \in \Omega_e \cup \Omega_a$.*

Escribiremos $atms(\mathbb{A})$ para denotar al conjunto de ε-átomos asociados a los nodos de $\mathbb{A}$, $raíz(\mathbb{A})$ para indicar el nodo raíz de la estructura etiquetada $\mathbb{A}$, y $cl(\mathbb{A})$ para denotar la afirmación que soporta la estructura $\mathbb{A}$ (conclusión del ε-átomo que representa el nodo raíz de la estructura $\mathbb{A}$). Denotaremos al conjunto de estructuras argumentales de átomos etiquetados como $\mathbb{S}tr$.

A continuación extenderemos el dominio de la función $sub(.)$ con la intención de retornar la estructura argumental del formalismo *GeSAF* subyacente asociada a una estructura argumentales de ε-átomos $\mathbb{A}$. Esta función realizará una especie de "poda" sobre las etiquetas de los átomos argumentales que están asociados a los nodos del árbol que representa la estructura $\mathbb{A}$. Formalmente:

Definición 49 (Estructuras Subyacentes) *Sea* $\Phi = \langle \Gamma, \bowtie, \mathfrak{pref}, \mathfrak{mark}, \mathfrak{Cons}, \Theta_S, \Theta_R \rangle$ *un* GeSAF*, y* $\mathbb{A}$ *una estructura argumental de átomos etiquetados. Diremos que* $sub(\mathbb{A})$ *retornará la estructura argumental de* Φ *involucrada en* $\mathbb{A}$*, i.e.,* $sub(\mathbb{A}) = \mathbb{A}'$ *donde* $\mathbb{A}$ *es una estructura argumental de* ε*-átomos y* $\mathbb{A}'$ *es la estructura argumental de a-átomos en el* GeSAF *subyacente* Φ *que esta involucrada en* $\mathbb{A}$*.*

Definición 50 (Estructuras Argumentales Etiquetadas) *Sea* $\Phi = \langle \Gamma, \bowtie, \mathfrak{pref}, \mathfrak{mark}, \mathfrak{Cons}, \Theta_S, \Theta_R \rangle$ *un* GeSAF*,* $\mathbb{S}tr$ *el conjunto de estructuras argumentales de átomos etiquetados,* $\mathbb{A}$ *una estructura argumental de* ε*-átomos, y* $\mathfrak{alg} = \{\mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2, \ldots, \mathbf{A}_n\}$ *el conjunto de reductos de álgebras de etiquetas argumentales usado para representar las características de cada* ε*-átomo de* $\mathbb{A}$*. Diremos que* $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$ *es una estructura argumental etiquetada (o simplemente una* ε*-estructura) para la fórmula* α *en* Φ *siempre que:*

- $sub(\mathbb{A})$ *es un estructura argumental bien formada en el formalismo subyacente* Φ*, tal que* $cl(sub(\mathbb{A})) = \alpha$*.*
- $\varepsilon_{\mathbb{A}} = \left(\odot_{j=1}^{m}\varepsilon_{1j}, \odot_{j=1}^{m}\varepsilon_{2j}, \ldots, \odot_{j=1}^{m}\varepsilon_{Anj}\right)$ *es la n-tupla de elementos que representa la valuación para* $\mathbb{A}$*, donde* $\varepsilon_{\mathcal{A}_j} = (\varepsilon_{1j}, \varepsilon_{2j} \ldots, \varepsilon_{nj})$ *es la etiqueta correspondiente al* ε*-átomo* $\langle \mathcal{A}_j, \varepsilon_j \rangle \in atms(\mathbb{A})$ *para* $j = 1 \ldots m$*.*

Escribiremos $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$ *para denotar al conjunto de todas las estructuras argumentales etiquetadas bien formadas sobre el conjunto de átomos argumentales etiquetados* Ω *con respecto a la relación* $\asymp$*.*

Desde el punto de vista de la representación del conocimiento, las estructuras argumentales etiquetadas presentan similaridades con los átomos argumentales etiquetados puesto que ambos poseen un conjunto de premisas que soportan una conclusión bajo una determinada valuación. La diferencia es que un átomo argumental etiquetado no puede ser descompuesto en fracciones más pequeñas, mientras que una estructura argumental etiquetada pueden descomponerse en aquellas porciones que conforman una estructura argumental etiquetada bien formada por sí misma. Estas clases de estructuras son denominadas *sub-estructuras argumentales etiquetadas* y son una de las piezas claves para modelar un correcto proceso de razonamiento. Formalmente:

Definición 51 (Sub-estructura Argumental Etiquetada) *Sea* $\Phi = \langle \Gamma, \bowtie, \mathfrak{pref}, \mathfrak{mark}, \mathfrak{Cons}, \Theta_S, \Theta_R \rangle$ *un* GeSAF, $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$ *un conjunto de* ε*-estructuras, y* $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle, \langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'} \rangle \in \mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$ *dos estructuras* ε*-estructuras. Diremos que* $\langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'} \rangle$ *es una* sub-estructura argumental etiquetada *de* $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$ *(o simplemente una* ε*-subestructura) si* $atms(\mathbb{A}') \subseteq atms(\mathbb{A})$.

Se debe notar que toda ε-estructura es trivialmente una ε-subestructura de sí misma, mientras que todas las restantes ε-subestructuras posible obtener para una determinada ε-estructura serán llamadas ε-subestructuras no triviales o propias.

Proposición 7.1 *Sea* $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$ *un conjunto de* ε*-estructura. Dadas las* ε*-estructuras* $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$ *y* $\langle \mathbb{A}', \varepsilon_{\mathbb{A}'} \rangle$ *de* $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$*. Se cumple que, si* $\langle \mathbb{A}', \varepsilon_{\mathbb{A}'} \rangle$ *es una* ε*-subestructura de* $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$ *donde* $\varepsilon_{\mathbb{A}} = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n)$ *y* $\varepsilon_{\mathbb{A}'} = (\varepsilon'_1, \varepsilon'_2, \ldots, \varepsilon'_n)$*, entonces se verifica que* $\varepsilon_i \leq \varepsilon'_i$ *con* $1 \leq i \leq n$.

Demostración: *por hipótesis y por la* Definición 51 *tenemos que* $atms(\mathbb{A}') \subseteq atms(\mathbb{A})$ *ya que* $\mathbb{A}'$ *es una* ε*-subestructura de* $\mathbb{A}$*. Asimismo, por la* Definición 48*, sabemos que* $\varepsilon_{\mathbb{A}} = \left(\odot_{j=1}^{m}\varepsilon_{1j}, \odot_{j=1}^{m}\varepsilon_{2j}, \ldots, \odot_{j=1}^{m}\varepsilon_{nj}\right)$ *es la valuación asociada a* $\mathbb{A}$*, donde* $\varepsilon_{\mathcal{A}_j} = (\varepsilon_{1j}, \varepsilon_{2j} \ldots, \varepsilon_{nj})$ *es la valuación correspondiente al* ε*-átomo* $\langle \mathcal{A}_j, \varepsilon_{\mathcal{A}_j} \rangle \in atms(\mathbb{A})$ *para* $j = 1 \ldots m$*. Por otro lado, por la* Definición 42 *sabemos que* $\varepsilon_i \leq \top_i$ *para* $1 \leq i \leq n$ *ya que* ε_i *forma parte del dominio del álgebra* $\mathbf{A}_i \in \mathfrak{alg}$*, y además* $\varepsilon_i \odot \top_i = \varepsilon_i$ *para* $1 \leq i \leq n$*. De esta manera, se puede concluir que* $\varepsilon_i \odot \varepsilon_j \leq \varepsilon_i$ *para* $1 \leq i, j \leq n$.

Supongamos que $atms(\mathbb{A}') \subsetneq atms(\mathbb{A})$*. En este caso,* $\varepsilon_{\mathbb{A}} = (\odot_{j=1}^{m}\varepsilon_{1j}, \odot_{j=1}^{m}\varepsilon_{2j}, \ldots, \odot_{j=1}^{m}\varepsilon_{nj})$ *y* $\varepsilon_{\mathbb{A}'} = (\odot_{j=1}^{k}\varepsilon_{1j}, \odot_{j=1}^{k}\varepsilon_{2j}, \ldots, \odot_{j=1}^{k}\varepsilon_{nj})$ *para todo* $k < m$*. Así, existe un* ε*-átomo* $\langle \mathcal{A}_t, \varepsilon_{\mathcal{A}_t} \rangle$ *con valuación* $\varepsilon_{\mathcal{A}_t} = (\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t}, \ldots, \varepsilon_{nt})$ *tal que* $\langle \mathcal{A}_t, \varepsilon_{\mathcal{A}_t} \rangle \in atms(\mathbb{A})$ *y* $\langle \mathcal{A}_t, \varepsilon_{\mathcal{A}_t} \rangle \notin atms(\mathbb{A}')$*. Entonces,* $(\varepsilon_{\mathbb{A}'})_i \odot (\varepsilon_{\mathcal{A}_t})_i \leq (\varepsilon_{\mathbb{A}'})_i$ *para* $1 \leq i \leq n$ *demostrando que toda* ε*-estructura posee una valuación menor o igual a la de sus correspondientes* ε*-subestructuras.*$\square$

Ejemplo 7.1 *En este ejemplo consideraremos que el conocimiento que representa una determinada situación del mundo real posee dos atributos: fuerza social y grado de confianza. Para representar y manipular estos atributos en el dominio de la argumentación utilizaremos el conjunto de reductos de álgebras de etiquetas argumentales* $\mathfrak{alg} = \{\mathbf{A}, \mathbf{B}\}$*, donde:*

- **A** *es un reducto del álgebra de etiquetas argumentales usada para representar y computar la fuerza social que poseen los átomos y estructuras argumentales. El dominio de las etiquetas* A *es el intervalo cerrado* $[0, 1]$ *y representa una valuación normalizada de la fuerza social, donde* $\top = 1$ *es la máxima valuación y elemento neutro para el operador* $\odot$*, mientras que* $\bot = 0$ *es la mínima valuación y elemento neutro para el operador* $\oplus$*. Así, sean* $\alpha, \beta \in A$ *dos etiquetas, las operaciones de soporte y agregación, son especificadas de la siguiente manera:*

Atributo – Fuerza Social	
$\alpha \odot \beta = min(\alpha, \beta)$	*El operador de soporte refleja que una estructura argumental es tan fuerte como su átomo árgumental más débil, usando así la regla del eslabón más débil.*
$\alpha \oplus \beta = min(\alpha + \beta, 1)$	*El operador de agregación establece que, si existe más de una estructura argumental para una determinada conclusión, la fuerza social para esta conclusión es la suma de las fuerzas sociales de las estructuras argumentales que la soportan.*

- **B** *es un reducto del álgebra de etiquetas argumentales usada para representar el grado de confianza asociada a los átomos y estructuras argumentales. El dominio de las etiquetas* B *es el intervalo cerrado* $[0, 1]$ *y representa una valuación normalizada de la confianza del usuario sobre las fuentes del conocimiento, donde* $\top = 1$ *es la máxima valuación y elemento neutro para el operador* $\odot$*, mientras que* $\bot = 0$ *es la mínima valuación y elemento neutro el operador* $\oplus$*. Así, sean* $\alpha, \beta \in B$ *dos etiquetas, las operaciones de soporte y agregación, son especificadas de la siguiente manera:*

Atributo – Confianza	
$\alpha \odot \beta = \alpha \cdot \beta$	*El operador de soporte refleja que la confiabilidad de una estructura argumentales es la conjunción de la confiabilidad de sus átomos argumentales.*
$\alpha \oplus \beta = \dfrac{\alpha + \beta}{1 + \alpha\beta}$	*El operador de agregación establece que, si existe más de una estructura argumental para una determinada conclusión, la valuación de confianza para esta conclusión es la suma de las confianzas asociada a las estructuras que la soportan, con una penalización por efectuar dicha agregación para compensar la agregación de estructuras con valuaciones leves.*

Analizando la información que representan los átomos argumentales definidos en el Ejemplo 4.1 *del* Capítulo 4 (Página 76) *y estableciendo los atributos asociados a cada uno de ellos, obtendremos el siguiente conjunto de átomos argumentales etiquetados:*

$$\left(\begin{array}{llll}
\langle \mathcal{A}_1, (0.6, 0.75)\rangle & \langle \mathcal{A}_2, (0.7, 0.8)\rangle & \langle \mathcal{A}_3, (0.8, 0.85)\rangle & \langle \mathcal{A}_4, (0.8, 0.85)\rangle \\
\langle \mathcal{A}_5, (0.8, 1)\rangle & \langle \mathcal{A}_6, (0.85, 0.95)\rangle & \langle \mathcal{A}_7, (0.8, 1)\rangle & \langle \mathcal{A}_8, (0.85, 1)\rangle \\
\langle \mathcal{B}_1, (0.7, 0.8)\rangle & \langle \mathcal{B}_2, (0.8, 0.85)\rangle & \langle \mathcal{B}_3, (0.6, 0.75)\rangle & \langle \mathcal{B}_4, (0.7, 0.95)\rangle \\
\langle \mathcal{B}_5, (0.9, 1)\rangle & \langle \mathcal{B}_6, (0.85, 1)\rangle & \langle \mathcal{B}_7, (0.8, 1)\rangle & \langle \mathcal{B}_8, (0.7, 0.9)\rangle \\
\langle \mathcal{C}_1, (0.7, 0.8)\rangle & \langle \mathcal{C}_2, (0.7, 0.85)\rangle & \langle \mathcal{C}_3, (0.8, 0.95)\rangle & \langle \mathcal{C}_4, (0.9, 1)\rangle \\
\langle \mathcal{C}_5, (1, 1)\rangle & \langle \mathcal{D}_1, (0.2, 0.7)\rangle & \langle \mathcal{D}_2, (0.3, 0.5)\rangle & \langle \mathcal{D}_3, (0.5, 0.7)\rangle \\
\langle \mathcal{D}_4, (0.75, 0.9)\rangle & \langle \mathcal{D}_5, (0.9, 1)\rangle & \langle \mathcal{D}_6, (0.8, 1)\rangle & \langle \mathcal{D}_7, (0.9, 1)\rangle \\
\langle \mathcal{D}_8, (0.8, 1)\rangle & \langle \mathcal{E}_1, (0.8, 0.95)\rangle & \langle \mathcal{E}_2, (0.8, 0.95)\rangle & \langle \mathcal{E}_3, (0.85, 1)\rangle \\
\langle \mathcal{E}_4, (0.85, 1)\rangle & \langle \mathcal{E}_5, (0.95, 1)\rangle & &
\end{array}\right)$$

Asimismo, propagando el conflicto entre los a-átomos involucrados en el conjunto Ω*, obtendremos una relación de conflicto* $\asymp$ *donde se establecen los siguientes pares de* ε*-átomos* $(\widehat{\mathcal{D}}_8, \widehat{\mathcal{D}}_4)$, $(\widehat{\mathcal{E}}_1, \widehat{\mathcal{B}}_3,)$, $(\widehat{\mathcal{B}}_3, \widehat{\mathcal{E}}_1)$, $(\widehat{\mathcal{B}}_5, \widehat{\mathcal{B}}_8)$, $(\widehat{\mathcal{A}}_1, \widehat{\mathcal{B}}_1)$, $(\widehat{\mathcal{B}}_1, \widehat{\mathcal{A}}_1)$, $(\widehat{\mathcal{B}}_3, \widehat{\mathcal{C}}_1)$, $(\widehat{\mathcal{C}}_1, \widehat{\mathcal{B}}_3)$*. Finalmente, en base al conjunto de* ε*-átomos y la relación de conflicto* $\asymp$ *es posible obtener las siguientes estructuras argumentales etiquetadas bien formadas* (Figura 7.1)*:*

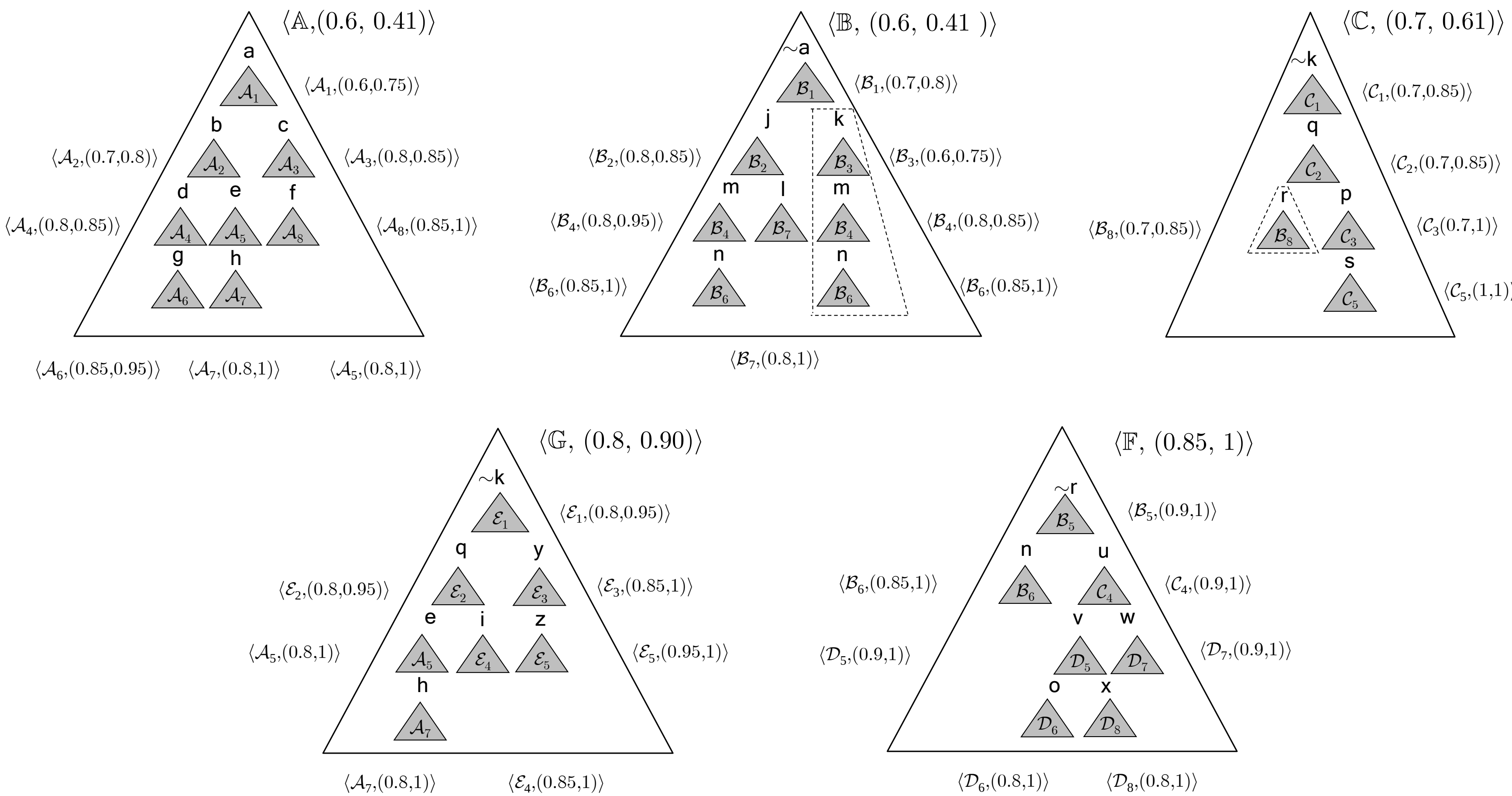


Figura 7.1: Representación de estructuras argumentales etiquetadas

$\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$, *donde raíz*$(\mathbb{A}) = \widehat{\mathcal{A}}_1$, *atms*$(\mathbb{A}) = \{\widehat{\mathcal{A}}_1, \widehat{\mathcal{A}}_2, \widehat{\mathcal{A}}_3, \widehat{\mathcal{A}}_4, \widehat{\mathcal{A}}_5, \widehat{\mathcal{A}}_6, \widehat{\mathcal{A}}_7, \widehat{\mathcal{A}}_8\}$ *y* $\varepsilon_{\mathbb{A}} = (0.6, 0.41)$
$\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$, *donde raíz*$(\mathbb{B}) = \widehat{\mathcal{B}}_1$, *atms*$(\mathbb{B}) = \{\widehat{\mathcal{B}}_1, \widehat{\mathcal{B}}_2, \widehat{\mathcal{B}}_3, \widehat{\mathcal{B}}_4, \widehat{\mathcal{B}}_6, \widehat{\mathcal{B}}_7\}$ *y* $\varepsilon_{\mathbb{B}} = (0.6, 0.41)$
$\langle \mathbb{C}, \varepsilon_{\mathbb{C}} \rangle$, *donde raíz*$(\mathbb{C}) = \widehat{\mathcal{C}}_1$, *atms*$(\mathbb{C}) = \{\widehat{\mathcal{C}}_1, \widehat{\mathcal{C}}_2, \widehat{\mathcal{C}}_3, \widehat{\mathcal{C}}_4, \widehat{\mathcal{C}}_5, \widehat{\mathcal{B}}_8\}$ *y* $\varepsilon_{\mathbb{C}} = (0.7, 0.61)$
$\langle \mathbb{F}, \varepsilon_{\mathbb{F}} \rangle$, *donde raíz*$(\mathbb{F}) = \widehat{\mathcal{B}}_5$, *atms*$(\mathbb{F}) = \{\widehat{\mathcal{A}}_6, \widehat{\mathcal{B}}_5, \widehat{\mathcal{C}}_4, \widehat{\mathcal{D}}_5, \widehat{\mathcal{D}}_6, \widehat{\mathcal{D}}_7, \widehat{\mathcal{D}}_8\}$ *y* $\varepsilon_{\mathbb{F}} = (0.85, 1)$
$\langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}} \rangle$, *donde raíz*$(\mathbb{G}) = \widehat{\mathcal{E}}_1$, *atms*$(\mathbb{G}) = \{\widehat{\mathcal{E}}_1, \widehat{\mathcal{E}}_2, \widehat{\mathcal{E}}_3, \widehat{\mathcal{E}}_4, \widehat{\mathcal{E}}_5, \widehat{\mathcal{A}}_5, \widehat{\mathcal{A}}_7\}$ *y* $\varepsilon_{\mathbb{G}} = (0.8, 0.90)$

Se debe notar que, las estructuras argumentales etiquetadas $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$, $\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$, $\langle \mathbb{C}, \varepsilon_{\mathbb{C}} \rangle$, $\langle \mathbb{F}, \varepsilon_{\mathbb{F}} \rangle$ *y* $\langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}} \rangle$ *son estructuras bien formadas, ya que las estructuras argumentales subyacentes involucradas son consistentes, no circulares y uniformes. Por otro lado, destacaremos las sub-estructuras argumentales etiquetadas:*

$\langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'} \rangle$, *con raíz*$(\mathbb{B}') = \widehat{\mathcal{B}}_3$, *args*$(\mathbb{B}') = \{\widehat{\mathcal{B}}_3, \widehat{\mathcal{B}}_4, \widehat{\mathcal{B}}_6\}$ *y* $\varepsilon_{\mathbb{B}'} = (0.6, 0.61)$*; y*

$\langle \mathbb{C}', \varepsilon_{\mathbb{C}'} \rangle$, *con raíz*$(\mathbb{C}') = \widehat{\mathcal{B}}_8$, *args*$(\mathbb{C}') = \{\widehat{\mathcal{B}}_8\}$ *y* $\varepsilon_{\mathbb{C}'} = (0.7, 0.85)$

que son sub-estructuras de $\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$ *y* $\langle \mathbb{C}, \varepsilon_{\mathbb{C}} \rangle$ *respectivamente, representadas en la* Figura 7.1 *con líneas punteadas.*

Como definimos anteriormente, las ε-estructuras están compuestas por un conjunto de ε-átomos. Por ello, resulta sensato definir el conflicto entre dos ε-estructuras a partir de las relaciones de conflicto existente entre los ε-átomos que forman parte de dichas estructuras. Así, es posible propagar el conflicto desde las piezas de conocimiento más básicas e indivisibles hacia el nivel de las ε-estructuras.

Definición 52 (Conflicto entre Estructuras Argumentales Etiquetadas) *Sea* $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$ *un conjunto de ε-estructuras, y* $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle, \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle \in \mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$ *dos ε-estructuras. Diremos que* $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$ *está en* conflicto *con* $\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$*, denotado como* $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle \succeq \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$*, si y soló si existe una ε-subestructura* $\langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'} \rangle$ *de* $\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$ *tal que* $raiz(\mathbb{A}) \asymp raiz(\mathbb{B}')$*, extendiendo la relación de conflicto $\asymp$ definida entre los ε-átomos sobre las ε-estructuras. La estructura* $\langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'} \rangle$ *es llamada ε-subestructura de desacuerdo y* $cl(\mathbb{B}')$ *punto de desacuerdo.*

Una vez establecido el conflicto entre estructuras argumentales etiquetadas, aplicaremos una función de preferencia para determinar cual de ellas prevalece, obteniendo así una relación de derrota entre las estructuras de $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$. La función de preferencia se define sobre las ε-estructuras en conflicto y no sobre los ε-átomos, ya que se debe considerar las valuaciones de todo el conocimiento que forma parte de toda la estructura respetando la unificación de los ε-átomos que colaboran en el soporte de una determinada conclusión.

No obstante, establecer la preferencia entre ε-estructuras en base a sus valuaciones es una tarea que puede resultar complicada, puesto que en ciertas ocasiones, sus valuaciones están compuestas por más de un atributo. En la literatura se pueden encontrar diferentes formas de establecer una preferencia entre entidades argumentales; por ejemplo, realizar un análisis sobre las características de los argumentos aplicando el principio de especificidad mínimo/máximo (*MaxMin* y *MinMax*) [Yag83, KvdT08], optar por una postura completamente estricta en donde una estructura es preferida a otra sólo cuando todas sus características superan (en un sentido específico) a las del otro argumento en cuestión [BGLVS15], entre otras [PS97a, VHJ12]. En este sentido, el usuario es quien debe establecer la postura de comparación que sea adecuada a las necesidades del dominio de la aplicación. A continuación introduciremos las nociones generales que permiten establecer un orden de preferencia (parcial o total) y una relación de derrota entre las ε-estructuras del conjunto $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$ a partir de sus características distintivas. Estas nociones son similares a las planteadas en las *Definiciones* 28 y 29 del *Capítulo* 4 de esta tesis.

Definición 53 (Preferencia entre Estructuras argumentales Etiquetadas) *Sea $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$ un conjunto de ε-estructuras. Una función $\mathfrak{pref} : \mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)} \times \mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)} \rightarrow 2^{\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}}$ es una función de preferencia que determina un orden sobre el conjunto de ε-subestructuras $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$, utilizando un criterio específico sobre las valuaciones de las ε-estructuras involucradas, donde:*

- $\mathfrak{pref}(\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle, \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle) = \{\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle\}$*, en caso que $\varepsilon_{\mathbb{A}}$ sea preferido a $\varepsilon_{\mathbb{B}}$;*
- $\mathfrak{pref}(\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle, \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle) = \{\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle\}$*, en caso que $\varepsilon_{\mathbb{B}}$ sea preferido a $\varepsilon_{\mathbb{A}}$;*
- $\mathfrak{pref}(\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle, \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle) = \{\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle, \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle\}$*, cuando $\varepsilon_{\mathbb{A}}$ sea igualmente preferido a $\varepsilon_{\mathbb{B}}$; y*
- $\mathfrak{pref}(\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle, \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle) = \emptyset$*, cuando $\varepsilon_{\mathbb{A}}$ y $\varepsilon_{\mathbb{B}}$ sean incomparables.*

Definición 54 (Derrota entre Estructuras Argumentales Etiquetadas) *Sea $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$ una conjunto de un conjunto de ε-estructuras, y sean $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle, \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle \in \mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$ dos ε-estructuras, tales que $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle \asymp \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$ involucrando la ε-subestructura $\langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'} \rangle$ de $\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$. Diremos que:*

– $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$ *es un derrotador propio para* $\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$ *si y sólo si* $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$ *es mejor que* $\langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'} \rangle$ *según el criterio de comparación que implemente la función* $\mathfrak{pref}$*; o*

– $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$ *es un derrotador de bloqueo para* $\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$ *si y sólo si ni* $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$ *es mejor que* $\langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'} \rangle$*, ni* $\langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'} \rangle$ *es mejor que* $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$ *según el criterio de comparación que implemente la función* $\mathfrak{pref}$*.*

Denotaremos a la relación de derrota entre estructuras argumentales como " $\Rightarrow$ *".*

Ejemplo 7.2 (Continuación Ejemplo 7.1) *En base al conjunto de* ε*-estructuras* $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)} = \{\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle, \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle, \langle \mathbb{C}, \varepsilon_{\mathbb{C}} \rangle, \langle \mathbb{F}, \varepsilon_{\mathbb{F}} \rangle y \langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}} \rangle\}$*, y a la relación de conflicto entre los pares de* ε*-átomos* $(\widehat{\mathcal{D}}_8, \widehat{\mathcal{D}}_4)$, $(\widehat{\mathcal{E}}_1, \widehat{\mathcal{B}}_3,)$, $(\widehat{\mathcal{B}}_3, \widehat{\mathcal{E}}_1)$, $(\widehat{\mathcal{B}}_5, \widehat{\mathcal{B}}_8)$, $(\widehat{\mathcal{A}}_1, \widehat{\mathcal{B}}_1)$, $(\widehat{\mathcal{B}}_1, \widehat{\mathcal{A}}_1)$, $(\widehat{\mathcal{B}}_3, \widehat{\mathcal{C}}_1)$ *y* $(\widehat{\mathcal{C}}_1, \widehat{\mathcal{B}}_3)$ *presentados en el* Ejemplo 7.1*, determinaremos el conflicto producido entre las estructuras pertenecientes al conjunto* $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$ *de la siguiente manera:*

Conflicto entre Estructuras	Puntos de Conflicto	Valuaciones
$\mathbb{A}$ *tiene un conflicto directo con* $\mathbb{B}$	$cl(\mathbb{A}) = \mathsf{a}$	$\varepsilon_{\mathbb{A}} = (0.6, 0.41)$
$\mathbb{B}$ *tiene un conflicto directo con* $\mathbb{A}$	$cl(\mathbb{B}) = \sim\mathsf{a}$	$\varepsilon_{\mathbb{B}} = (0.6, 0.41)$
$\mathbb{C}$ *tiene un conflicto indirecto con* $\mathbb{B}$ *por* $\mathbb{B}'$	$cl(\mathbb{C}) = \sim\mathsf{k}$	$\varepsilon_{\mathbb{C}} = (0.7, 0.61)$
$\mathbb{B}'$ *tiene un conflicto directo con* $\mathbb{C}$	$cl(\mathbb{B}') = \mathsf{k}$	$\varepsilon_{\mathbb{B}'} = (0.6, 0.61)$
$\mathbb{F}$ *tiene un conflicto indirecto con* $\mathbb{C}$ *por* $\mathbb{C}'$	$cl(\mathbb{F}) = \sim\mathsf{r}$ $cl(\mathbb{C}') = \mathsf{r}$	$\varepsilon_{\mathbb{F}} = (0.85, 1)$ $\varepsilon_{\mathbb{C}'} = (0.7, 0.85)$
$\mathbb{G}$ *tiene un conflicto indirecto con* $\mathbb{B}$ *por* $\mathbb{B}'$	$cl(\mathbb{G}) = \sim\mathsf{k}$	$\varepsilon_{\mathbb{F}} = (0.8, 0.90)$
$\mathbb{B}'$ *tiene un conflicto directo con* $\mathbb{G}$	$cl(\mathbb{B}') = \mathsf{k}$	$\varepsilon_{\mathbb{C}'} = (0.7, 0.85)$

Una vez establecido el conflicto entre las estructuras de $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$*, diremos que* $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$ *es preferible a* $\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$ *si y sólo si* $(\varepsilon_{\mathbb{A}})_i \geq (\varepsilon_{\mathbb{B}})_i$ *para* $1 \leq i \leq n$*, estableciendo un orden entre las* ε*-estructuras en conflicto que pertenecen al conjunto* $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$ *como se muestra a continuación:*

Preferencias entre Estructuras	Comparación de Valuaciones
$\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle = \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$	$(\varepsilon_{\mathbb{A}})_1 = (\varepsilon_{\mathbb{B}})_1$ $(\varepsilon_{\mathbb{A}})_2 = (\varepsilon_{\mathbb{B}})_2$
$\langle \mathbb{C}, \varepsilon_{\mathbb{C}} \rangle \succeq \langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'} \rangle$	$(\varepsilon_{\mathbb{C}})_1 > (\varepsilon_{\mathbb{B}'})_1$ $(\varepsilon_{\mathbb{C}})_2 = (\varepsilon_{\mathbb{B}'})_2$
$\langle \mathbb{F}, \varepsilon_{\mathbb{F}} \rangle \succeq \langle \mathbb{C}', \varepsilon_{\mathbb{C}'} \rangle$	$(\varepsilon_{\mathbb{F}})_1 > (\varepsilon_{\mathbb{C}'})_1$ $(\varepsilon_{\mathbb{F}})_2 > (\varepsilon_{\mathbb{C}'})_2$
$\langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}} \rangle \succeq \langle \mathbb{C}', \varepsilon_{\mathbb{C}'} \rangle$	$(\varepsilon_{\mathbb{G}})_1 > (\varepsilon_{\mathbb{C}'})_1$ $(\varepsilon_{\mathbb{G}})_2 > (\varepsilon_{\mathbb{C}'})_2$

Finalmente, en base a la información proporcionada por las relaciones de conflicto y preferencia establecidas entre las ε-estructuras de $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\succeq)}$, la relación de derrota es determinada por los pares de ε-estructuras $(\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle, \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle)$; $(\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle, \langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle)$; $(\langle \mathbb{F}, \varepsilon_{\mathbb{F}} \rangle, \langle \mathbb{C}, \varepsilon_{\mathbb{C}} \rangle)$; $(\langle \mathbb{C}', \varepsilon_{\mathbb{C}'} \rangle, \langle \mathbb{F}, \varepsilon_{\mathbb{F}} \rangle)$; $(\langle \mathbb{C}, \varepsilon_{\mathbb{C}} \rangle, \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle)$; *y* $(\langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}} \rangle, \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle)$ (Figura 7.2).

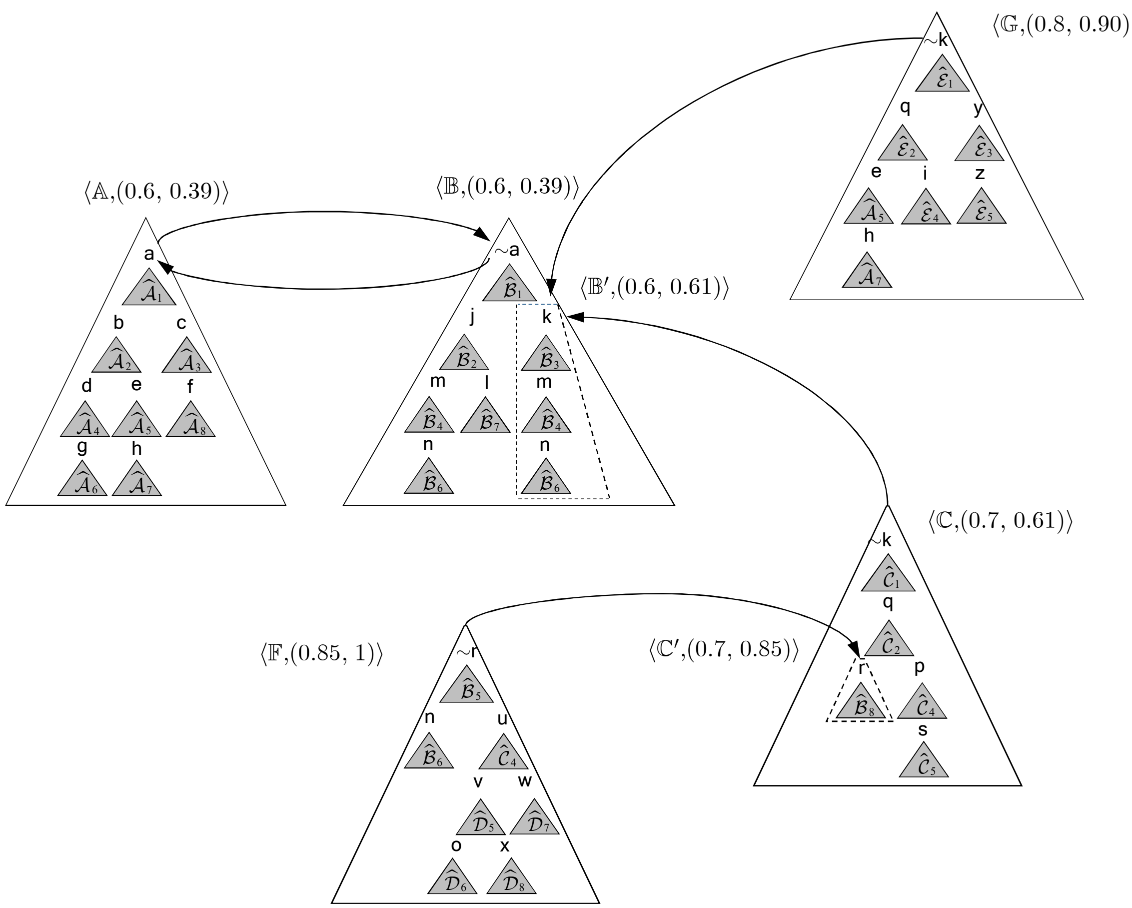


Figura 7.2: Derrotas entre estructuras argumentales

Concretamente, las ε-estructuras $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$ y $\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$ representan una situación de bloqueo, donde éstas son igualmente preferidas promocionando sus correspondientes conclusiones con la misma fuerza social y grado de confiabilidad, derrotándose mutuamente. Por otro lado, la ε-estructura $\langle \mathbb{F}, \varepsilon_{\mathbb{F}} \rangle$ es un derrotador propio indirecto de $\langle \mathbb{C}, \varepsilon_{\mathbb{C}} \rangle$ derrotando a la ε-subestructura $\langle \mathbb{C}', \varepsilon_{\mathbb{C}'} \rangle)$ de $\langle \mathbb{C}, \varepsilon_{\mathbb{C}} \rangle$, ya que la fuerza social y el grado confiabilidad de $\langle \mathbb{F}, \varepsilon_{\mathbb{F}} \rangle$ es mayor a la de $\langle \mathbb{C}', \varepsilon_{\mathbb{C}'} \rangle$. Finalmente, la ε-estructura $\mathbb{C}$ es un derrotador propio indirecto para $\mathbb{B}$ derrotando a la ε-subestructura $\mathbb{B}'$ de $\mathbb{B}$, y la ε-estructura $\mathbb{G}$ es un derrotador propio indirecto para $\mathbb{B}$ derrotando a la ε-subestructura $\mathbb{B}'$ de $\mathbb{B}$.

En $GeSAF^{\star}$, para determinar la aceptabilidad de una ε-estructura es necesario analizar todas las ε-estructuras que están en desacuerdo con dicha ε-estructura. En particular, la estructura argumental $\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$ presentada en el ejemplo anterior posee diferentes puntos de ataque, proveniente de las estructuras argumentales $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$, $\langle \mathbb{C}, \varepsilon_{\mathbb{C}} \rangle$ y $\langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}} \rangle$. A continuación introduciremos las nociones necesarias para establecer la aceptabilidad de las estructuras argumentales que forman parte del modelo argumentativo creado por el $GeSAF^{\star}$, junto a las conclusiones que se pueden alcanzar en base a las valuaciones asociadas a las ε-estructuras aceptadas.

7.2. Semánticas Argumentativas en $GeSAF^{\star}$

A través de las nociones introducidas hasta el momento, un $GeSAF^{\star}$ permite la construcción de un conjunto de ε-estructuras donde cada una de ellas poseen sus correspondientes valuaciones que determinando su calidad. Luego, es posible determinar una relación de derrota entre aquellas ε-estructuras que soportan conclusiones contradictorias haciendo uso de una función de preferencia que determina cual de las estructuras involucradas en dicho conflicto es la que prevalece. En esta sección analizaremos cómo aplicar las semánticas de aceptabilidad sobre los modelos argumentativos creados por el $GeSAF^{\star}$ donde se considerarán las valuaciones asociadas a las estructuras argumentales enriqueciendo así el estudio semántico sobre dichos modelos. Las nociones que se presentarán a continuación pueden ser interpretadas como instanciaciones de las semánticas de aceptabilidad presentadas en $GeSAF$donde estudiaremos la aceptabilidad colectiva de las ε-estructuras y la calidad de garantía con respecto a una conclusión.

En $GeSAF^{\star}$, un modelo argumentativo es representado a través de un grafo dirigido, donde los nodos representan las ε-estructuras y las aristas conectan dos ε-estructuras de acuerdo a la relación de derrota definida entre las mismas.

Definición 55 (Grafo Argumentativo Valuado) *Sea $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$ un conjunto finito de ε-estructuras, y $\Rightarrow$ es una relación de derrota establecida sobre las ε-estructuras en conflicto de $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$. Un grafo argumentativo valuado es definido como un grafo dirigido $\mathtt{G} = (N, E)$, donde N representan los nodos del grafo correspondientes a las ε-estructura de $\mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}$, y $E \subseteq N \times N$ son las aristas (flechas) del grafo representando la relación de derrota entre las estructuras de $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$, tal que: $(\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle, \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle) \in E$ si $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle \Rightarrow \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$.*

Una vez construido el grafo argumentativo valuado estableceremos un criterio de marcado que establecerá el estado de aceptabilidad de las estructuras que integran dicho grafo. Para ello, en primer lugar, se necesita establecer el conjunto de estados de aceptabilidad que es posible asociar a las ε-estructuras del modelo argumentativo. Luego, se debe introducir una función de marcado que especificará las condiciones que una ε-estructura debe satisfacer para poseer un estado de aceptabilidad. Es importante destacar que tales condiciones deben ser establecidas por el usuario, y dependerán en gran medida del dominio de la aplicación. Es importante notar que, puesto que las derrotas entre las ε-estructuras que forman parte del grafo se encuentran establecidas, es posible aplicar las semánticas de Dung sobre un grafo argumentativo valuado y determinar el conjunto de ε-estructuras aceptadas de acuerdo a una posición escéptica o posiciones crédulas. Así, mientras la semántica utilizada sea libre de conflicto, la aceptabilidad de las ε-estructuras será consistente. Estas nociones son similares a las presentadas en las *Definiciones* 31, y 32 del *Capítulo* 4 de esta tesis.

Desde otro punto de vista, es posible determinar la calidad de garantía para una conclusión realizando un análisis general de las valuaciones asociadas a las ε-estructuras que soportan dicha conclusión y se encuentran aceptadas. Así, dado el conjunto de ε-estructuras aceptadas $S = \{\langle \mathbb{A}_1, \varepsilon_{\mathbb{A}_1} \rangle, \langle \mathbb{A}_2, \varepsilon_{\mathbb{A}_2} \rangle, \ \ldots, \langle \mathbb{A}_n, \varepsilon_{\mathbb{A}_n} \rangle\} \subseteq \mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$ donde cada $\langle \mathbb{A}_i, \varepsilon_{\mathbb{A}_i} \rangle \in S$ soporta la conclusión φ, definiremos una función de consulta que implementa un conjunto de reglas que permita decidir la calidad de garantía de la fórmula $\varphi \in \mathfrak{L}$ a partir del conjunto de ε-estructuras S.

Definición 56 (Consulta / Respuesta en $GeSAF^{\star}$) *Sea $S \subseteq \mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$ el conjunto de ε-estructuras aceptadas que soportan la conclusión $\varphi \in \mathfrak{L}$, y $\mathfrak{alg} = \{\mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2, \ldots, \mathbf{A}_n\}$ un* *conjunto de reductos de álgebras de etiquetas argumentales. Una función* $\mathfrak{Cons} : \mathfrak{L} \to \Theta_R$ *es una función de consulta tal que* $\mathfrak{Cons}(\varphi) = \mathtt{Answer}_i$ *con* $\mathtt{Answer}_i \in \Theta_R$*, donde* Θ_R *es el conjunto de respuestas en el cual cada elemento de* Θ_R *tiene una interpretación distintiva, y* $\mathtt{Answer}_i$ *es determinado por la valuación asociada a* φ *obtenida de la siguiente manera:*

$$\varepsilon_\varphi = \left(\oplus_{j=1}^m(\varepsilon_{\mathbb{A}_j})_1, \oplus_{j=1}^m(\varepsilon_{\mathbb{A}_j})_2, \ldots, \oplus_{j=1}^m(\varepsilon_{\mathbb{A}_j})_n\right)$$

donde $\langle \mathbb{B}_j, \varepsilon_{\mathbb{A}_j} \rangle \in S$ *para* $1 \leq j \leq m$.

Asimismo, en ciertas aplicaciones del mundo real se deben tomar decisiones que satisfagan ciertas metas o requisitos que dependen del dominio de la aplicación. Por ejemplo, podría ser necesario tomar una decisión en base a conocimientos que posee un cierto nivel de precisión o preferencia. En este sentido, la función de consulta podría analizar la valuación de una conclusión y establecer un umbral que determine las características mínimas que un conclusión debe poseer para ser garantizada.

Ejemplo 7.3 (Continuación del Ejemplo 7.1) *En este ejemplo instanciaremos las nociones necesarias para establecer la semántica que guiará el proceso de aceptabilidad sobre un modelo argumentativo creado por el GeSAF** *con el fin de obtener el conjunto de estructuras argumentales etiquetadas aceptables. En primer lugar, estableceremos el conjunto de estados de aceptabilidad* $\Theta_S = \{\mathtt{Aceptado}, \mathtt{Rechazado}, \mathtt{Indeciso}\}$ *que contiene los estados que se asociarán a las* ε*-estructuras, donde* $\mathtt{Aceptado} > \mathtt{Rechazado} > \mathtt{Indeciso}$ *es el orden total sobre los elementos de* Θ_S*. Luego, definiremos la función de marcado* $\mathfrak{mark}$ *que asignará un estado de aceptabilidad a cada* ε*-estructura que integra el grafo argumentativo* $\mathtt{G}$ (Figura 7.3) *en base al siguiente conjunto de reglas:*

$$\mathfrak{mark}(\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle) = \begin{cases} \mathtt{Aceptado}, & \nexists\ \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle \in \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)} \text{ tal que } \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle \Rightarrow \langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle; \text{o} \\ & \forall\ \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle \in \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}\ \textit{tal que}\ \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle \Rightarrow \langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle\ \textit{se cumple que} \\ & \mathfrak{mark}(\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle) = \mathtt{Rechazado}; \\ \mathtt{Rechazado}, & \exists\ \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle \in \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)}\ \textit{tal que}\ \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle \Rightarrow \langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle\ \textit{se cumple que} \\ & \mathfrak{mark}(\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle) = \mathtt{Aceptado}; \\ \mathtt{Indeciso}, & \text{en cualquier otro caso.} \end{cases}$$

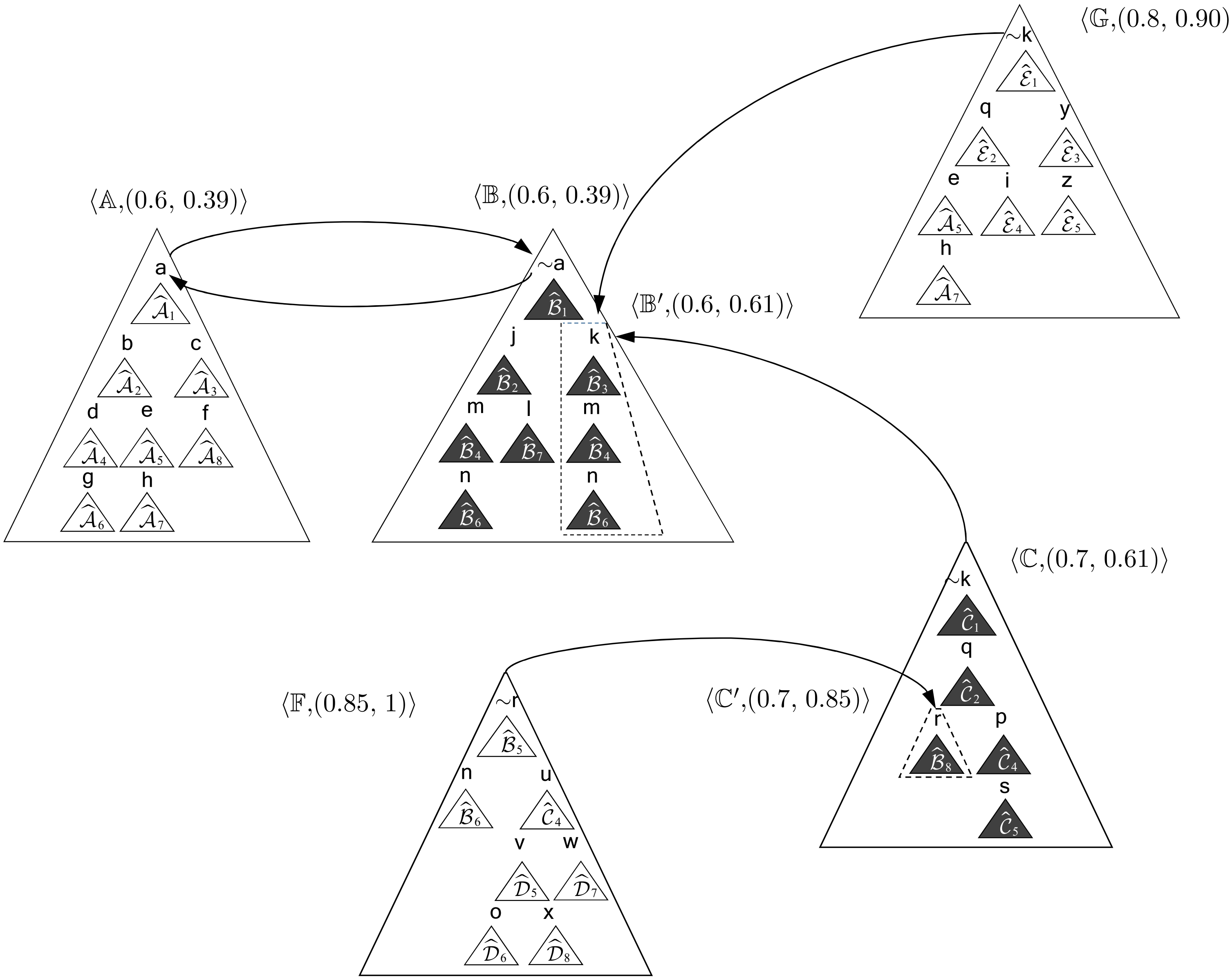


Figura 7.3: Marcado para el grafo argumentativo G

Las estructuras $\mathbb{F}$ *y* $\mathbb{G}$ *están* `Aceptadas`*, ya que no existe otra estructura que derrote a alguna de ellas. Luego,* $\mathbb{B}$ *y* $\mathbb{C}$ *se encuentran* `Rechazadas`*, debido a que no existe una estructura que las defienda de sus atacantes.* $\mathbb{G}$ *es un derrotador propio de la estructura* $\mathbb{B}$ *derrotando la sub-estructura* $\mathbb{B}'$ *de* $\mathbb{B}$ *donde* $\arg \mathbb{B}' = \{\mathcal{B}_3, \mathcal{B}_4, \mathcal{B}_6\}$*, mientras que* $\mathbb{F}$ *es un derrotador propio de* $\mathbb{C}$ *derrotando la sub-estructura* $\mathbb{C}'$ *de* $\mathbb{C}$ *donde* $\arg \mathbb{C}' = \{\mathcal{B}_8\}$*. Finalmente,* $\mathbb{A}$ *se encuentra* `Aceptada`*, debido a que* $\mathbb{B}$ *es derrotada y marcada como* `Rechazada`*. Se debe tener en cuenta que, si no existiera una estructura que derrote a* $\mathbb{B}$*, entonces* $\mathbb{A}$ *y* $\mathbb{B}$ *deberían ser marcados como estructuras* `Indecisas` *ya que existe una situación de bloqueo entre ellas.*

Ahora, supongamos que es de nuestro interés determinar el estado de garantía del literal $\sim \mathtt{k}$ *en base a la calidad de soporte de la misma. Para ello, analizaremos los estados de aceptabilidad y la calidad de soporte de las estructuras argumentales etiquetadas que soportan dicho literal. En este caso, las* ε*-estructuras* $\langle \mathbb{C}, \varepsilon_{\mathbb{C}} \rangle$ *y* $\langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}} \rangle$ *soportan el literal* $\sim \mathtt{k}$ *con los estados* `Rechazada` *y* `Aceptada` *respectivamente. Luego, en base a la* Definición 56 *determinaremos la calidad de garantía asociada a* $\sim \mathtt{k}$ *en base a la agregación de las valuaciones asociadas a las* ε*-estructuras aceptadas que la soportan; particularmente, la única* ε*-estructura aceptada que soporta dicho literal es* $\langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}} \rangle$ *con una fuerza social de* 0.8 *y un nivel de confiabilidad de* 0.9 *estableciendo de esta manera la calidad de* $\sim \mathtt{k}$*. Finalmente, dado un conjunto de respuestas* $\Theta_R = \{\mathtt{Si}, \mathtt{No}, \mathtt{Indecisión}\}$*, y una función de consulta* $\mathfrak{Cons}$ *que establece una política escéptica de respuesta definida de la siguiente manera*

$$\mathfrak{Cons}(\varphi) = \begin{cases} \mathtt{Si}, & \text{si } (\varepsilon_\varphi)_i > 0.5 \ \textit{para} 1 \leq i \leq n; \\ \mathtt{No}, & \text{si } (\varepsilon_\varphi)_i < 0.5 \ \textit{para algún } i \ \textit{con} 1 \leq i \leq n; \\ \mathtt{Indecisión}, & \text{si} (\varepsilon_\varphi)_i = 0.5 \ \textit{para algún } i \ \textit{con} 1 \leq i \leq n; . \end{cases}$$

podemos concluir que, $\mathfrak{Cons}(\sim \mathtt{k}) = \mathtt{si}$*, ya que tanto la fuerza social como el nivel de confiabilidad de* $\sim \mathtt{k}$ *se encuentran por encima del promedio.*

Por último, en base a los elementos definidos previamente, formalizaremos el marco argumentativo estructurado generalizado etiquetado como se describe a continuación:

Definición 57 (Marco Argumentativo Estructurado Generalizado Etiquetado) *Un marco argumentativo estructurado generalizado etiquetado* Ψ *es una 8-tupla*

$\langle \Omega, \asymp, \mathfrak{alg}, \mathfrak{pref}, \mathfrak{mark}, \mathfrak{Cons}, \Theta_S, \Theta_R \rangle$, *$\Omega$ es el conjunto de átomos argumentales etiquetados, $\asymp$ es una relación de conflicto definida sobre los átomos argumentales etiquetados, $\mathfrak{alg}$ es el conjunto de reductos de álgebras de etiquetas argumentales usados para representar las características del conocimiento, $\mathfrak{pref}$ es una función de preferencia definida sobre el conjunto de estructuras argumentales etiquetadas bien formadas $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$, $\mathfrak{mark}$ es una función de marcado, $\mathfrak{Cons}$ es una función de consulta, Θ_S es el conjunto de estados de aceptabilidad posibles y Θ_R es el conjunto de respuestas posibles.*

En la siguiente sección analizaremos una situación problemática del mundo real en el dominio de los sistemas de recomendación.

7.3. Caso de Estudio

Consideremos el siguiente escenario en donde un agente debe analizar los riesgos de invertir en la `empresa A` ubicada en la zona centro de la ciudad de Bahía Blanca. Así, para tomar una decisión, él reflexionará en base a los siguientes argumentos proporcionados por diferentes expertos que brindarán información de gran valor para tomar dicha decisión.

- *Melisa, una experta en análisis financieros, sostiene que la* `empresa A` *tiene acciones con una buena liquidez, puesto que se pueden vender con facilidad a un precio justo. Asimismo, dichas acciones tienen una buena rentabilidad y un bajo riesgo, por ello invertir en estas acciones tendrán un buen retorno financiero.*
- *Federico, el gerente de la empresa, proporciona información sobre la buena calidad del personal de la* `empresa A`*. Los empleados son capacitados periódicamente y son expertos en las tareas que realizan. Por ello, se debería invertir en esta empresa.*
- *Ignacio, el jefe del área contable, informa que la* `empresa A` *tiene un alto porcentaje de recaudaciones anuales, puesto que poseen un alto indice de ventas y un porcentaje de ganancia del 40 %. En base a esta información, el agente debería invertir en esta empresa.*
- *Ariel, un analista financiero, inspeccionó las cuentas de la* `empresa A` *y encontró una suma considerable de deudas con ciertos proveedores. Así, el agente debe considerar que gran parte de las recaudaciones se perderán en la cancelación de estas deudas.*
- *Gabriela, una experta en marketing y análisis de mercados, sostiene que la ubicación de la* `empresa A` *es excelente, ya que está ubicada en un punto estratégico de la ciudad.*

– *Cristian, el técnico de la empresa, resalta la adecuada infraestructura que cuenta la empresa ya que posee todas las maquinarias necesarias para llevar adelante el funcionamiento de sus actividades.*

– *Matias, un socio propietario de la* `empresa A` *asegura que la maquinaría son antiguas, disminuyendo el proceso de producción. Por ello, se debe renovar parte de la infraestructura.*

– *El diario local informa que la inseguridad en los últimos tiempo se incremento considerablemente, razón para pensar que la zona en la que esta ubicada la empresa no es segura.*

– *Los comerciantes de la zona aseguran que el gobierno incremento las fuerzas policiales, por ello la tasa de criminalidad en la zona donde se encuentra ubicada la* `empresa A` *decremento considerablemente.*

El mecanismo de razonamiento del agente estará basado en teorías de la argumentación, y la toma de decisión se obtendrá por medio de una disputa valuada o proceso argumentativo valuado. Así, el agente asociará el grado de *relevancia* de la información que proporcionan los argumentos a favor y en contra de invertir en la empresa en base a las necesidades del agente. Asimismo, los argumentos tienen asociado diferentes grados de *confianza* que dependen de la confiabilidad de las fuentes de información en base a las cuales dichos argumentos fueron construidos.

En este sentido, para tomar una decisión el agente debe considerar el estado contable actual e histórico de la empresa, de esta manera podrá analizar el capital a invertir y el retorno económico que tendrá. En segundo lugar, el agente deberá analizar la infraestructura y la ubicación en donde se encuentra inserta la empresa, ya que su futuro económico a corto, mediano y largo plazo dependerá de ello. Finalmente, el agente deberá considerar las cualidades del personal, puesto que el correcto funcionamiento de la empresa depende de que ésta cuente con el personal apto para llevar adelante sus actividades económicas. En cuanto a la confiabilidad de las fuentes de información, el agente considera que Melisa es más confiable que Ariel, quien a su vez es más confiable que Ignacio. Por otro lado, Matias es más dignos de confianza que Cristian, mientras que el agente cree más en los rumores provistos por los comerciantes que en lo que informa el diario local.

A continuación usaremos la capacidades de representación y análisis provistas por el $GeSAF^{\star}$ para modelar e interpretar el escenario descripto anteriormente. En primer lugar, estableceremos como se representará y computará los atributos especiales que se modelarán en la discusión argumentativa en base a las necesidades del agente. Para ello, instanciaremos el conjunto de reductos de álgebras de etiquetas argumentales $\mathfrak{alg} = \{\mathbf{A}, \mathbf{B}\}$ donde:

- **A** es un reducto del álgebra de etiquetas argumentales usada para representar y computar el nivel de relevancia que poseen el conocimiento que representan los átomos y estructuras argumentales. El dominio de las etiquetas A es el intervalo cerrado $[0, 1]$ y representa una valuación normalizada de la relevancia del conocimiento, donde $\top = 1$ es la máxima valuación y elemento neutro para el operador $\odot$, mientras que $\bot = 0$ es la mínima valuación y elemento neutro para el operador $\oplus$. Así, sean $\alpha, \beta \in A$ dos etiquetas, las operaciones de soporte y agregación, son especificadas de la siguiente manera:

Atributo – Relevancia	
$\alpha \odot \beta = min(\alpha, \beta)$	El operador de soporte refleja que una estructura argumental es tan fuerte como su átomo árgumental más débil, usando así la regla del eslabón más débil.
$\alpha \oplus \beta = min(\alpha + \beta, 1)$	El operador de agregación establece que, si existe más de una estructura argumental para una determinada conclusión, la fuerza social para esta conclusión es la suma de las fuerzas sociales de las estructuras argumentales que la soportan.

- **B** es un reducto del álgebra de etiquetas argumentales usada para representar el grado de confianza asociado a los átomos y estructuras argumentales. El dominio de las etiquetas B es el intervalo cerrado $[0, 1]$ y representa una valuación normalizada de la confianza del usuario sobre las fuentes del conocimiento, donde $\top = 1$ es la máxima valuación y elemento neutro para el operador $\odot$, mientras que $\bot = 0$ es la mínima valuación y elemento neutro el operador $\oplus$. Así, sean $\alpha, \beta \in B$ dos etiquetas, las operaciones de soporte y agregación, son especificadas de la siguiente manera:

Atributo – Confianza	
$\alpha \odot \beta = \alpha \cdot \beta$	El operador de soporte refleja que la confiabilidad de una estructura argumentales es la conjunción de la confiabilidad de sus átomos argumentales.
$\alpha \oplus \beta = \dfrac{\alpha+\beta}{1+\alpha\beta}$	El operador de agregación establece que, si existe más de una estructura argumental para una determinada conclusión, la valuación de confianza para esta conclusión es la suma de las confianzas asociada a las estructuras que la soportan, con una penalización por efectuar dicha agregación para compensar la agregación de estructuras con valuaciones leves.

Una vez identificado las características que se desean modelar, analizaremos nuevamente la situación planteada e identificaremos el conjunto de átomos argumentales etiquetados Ω usado para representar el conocimiento del dominio del mundo real, donde cada uno de ellos tiene asociado sus correspondientes valuaciones de relevancia y confiabilidad como se presenta a continuación:

$$\begin{pmatrix}
\langle \mathcal{A}_1, (0.8,1)\rangle & \langle \mathcal{A}_2, (0.8,1)\rangle & \langle \mathcal{A}_3, (0.8,1)\rangle & \langle \mathcal{A}_4, (0.7,1)\rangle \\
\langle \mathcal{A}_5, (0.7,1)\rangle & \langle \mathcal{B}_1, (0.8,0.75)\rangle & \langle \mathcal{B}_2, (0.8,0.75)\rangle & \langle \mathcal{B}_3, (0.8,0.75)\rangle \\
\langle \mathcal{B}_4, (0.8,0.75)\rangle & \langle \mathcal{C}_1, (0.4,0.85)\rangle & \langle \mathcal{C}_2, (0.8,0.85)\rangle & \langle \mathcal{C}_3, (0.5,0.85)\rangle \\
\langle \mathcal{C}_4, (0.7,85)\rangle & \langle \mathcal{D}_1, (0.8,0.8)\rangle & \langle \mathcal{D}_2, (0.7,0.8)\rangle & \langle \mathcal{E}_1, (0.8,0.8)\rangle \\
\langle \mathcal{E}_2, (0.7,0.8)\rangle & \langle \mathcal{E}_3, (0.8,0.7)\rangle & \langle \mathcal{E}_4, (0.8,0.8)\rangle & \langle \mathcal{E}_5, (0.7,0.7)\rangle \\
\langle \mathcal{F}_1, (0.7,0.8)\rangle & \langle \mathcal{F}_2, (0.7,0.8)\rangle & \langle \mathcal{G}_1, (0.8,0.7)\rangle & \langle \mathcal{G}_2, (0.85,0.7)\rangle \\
 & \langle \mathcal{H}_1, (0.9,0.9)\rangle & \langle \mathcal{H}_2, (0.9,0.9)\rangle &
\end{pmatrix}$$

$pr(\mathcal{A}_1) = \{\mathsf{buenaLiquidez}, \mathsf{buenaRentabilidad}\}$ y $cl(\mathcal{A}_1) = \{\mathsf{invertir})\}$

$pr(\mathcal{A}_2) = \{\mathsf{ventaRapida}, \mathsf{buenPrecio}\}$ y $cl(\mathcal{A}_2) = \{\mathsf{buenaLiquidez}\}$

$pr(\mathcal{A}_3) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{A}_3) = \{\mathsf{ventaRapida}\}$

$pr(\mathcal{A}_4) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{A}_4) = \{\mathsf{buenPrecio}\}$

$pr(\mathcal{A}_5) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{A}_5) = \{\mathsf{buenaRentabilidad}\}$

$pr(\mathcal{B}_1) = \{\mathsf{altoIngresoAnual}\}$ y $cl(\mathcal{B}_1) = \{\mathsf{invertir})\}$

$pr(\mathcal{B}_2) = \{\mathsf{altaVenta}, \mathsf{buenaGanancia}\}$ y $cl(\mathcal{B}_2) = \{\mathsf{altoIngresoAnual}\}$

$pr(\mathcal{B}_3) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{B}_3) = \{\mathsf{altaVenta}\}$

$pr(\mathcal{B}_4) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{B}_4) = \{\mathsf{buenaGanancia}\}$

$pr(\mathcal{C}_1) = \{\mathsf{buenPersonal}\}$ y $cl(\mathcal{C}_1) = \{\mathsf{invertir})\}$

$pr(\mathcal{C}_2) = \{\mathsf{personalCapacitado}, \mathsf{personalExperiencia}\}$ y $cl(\mathcal{C}_2) = \{\mathsf{buenPersonal}\}$

$pr(\mathcal{C}_3) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{C}_3) = \{\mathsf{personalCapacitado}\}$

$pr(\mathcal{C}_4) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{C}_4) = \{\mathsf{personalExperiencia}\}$

$pr(\mathcal{D}_1) = \{\mathsf{deudaProveedores}\}$ y $cl(\mathcal{D}_1) = \{\sim\!\mathsf{altoIngresoAnual})\}$

$pr(\mathcal{D}_2) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{D}_2) = \{\mathsf{deudaProveedores}\}$

$pr(\mathcal{E}_1) = \{\mathsf{buenaUbicacion}, \mathsf{buenaInfraestructura}\}$ y $cl(\mathcal{E}_1) = \{\mathsf{invertir})\}$

$pr(\mathcal{E}_2) = \{\mathsf{puntoEstrategico}\}$ y $cl(\mathcal{E}_2) = \{\mathsf{buenaUbicacion}\}$

$pr(\mathcal{E}_3) = \{\mathsf{recursosTecnicos}\}$ y $cl(\mathcal{E}_4) = \{\mathsf{buenaInfraestructura}\}$

$pr(\mathcal{E}_4) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{E}_5) = \{\mathsf{espaciosAmplios}\}$

$pr(\mathcal{E}_5) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{E}_6) = \{\mathsf{recursosTecnicos}\}$

$pr(\mathcal{F}_1) = \{\mathsf{maquinariaAntigua}\}$ y $cl(\mathcal{F}_1) = \{\sim\!\mathsf{buenaInfraestructura})\}$

$pr(\mathcal{F}_2) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{F}_2) = \{\mathsf{maquinariaAntigua}\}$

$pr(\mathcal{G}_1) = \{\mathsf{incrementoInseguridad}\}$ y $cl(\mathcal{G}_1) = \{\sim\!\mathsf{buenaUbicacion})\}$

$pr(\mathcal{G}_2) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{G}_2) = \{\mathsf{incrementoInseguridad}\}$

$pr(\mathcal{H}_1) = \{\mathsf{incrementoPolicias}\}$ y $cl(\mathcal{H}_1) = \{\sim\!\mathsf{incrementoInseguridad})\}$

$pr(\mathcal{H}_2) = \emptyset$ y $cl(\mathcal{H}_2) = \{\mathsf{incrementoPolicias}\}$

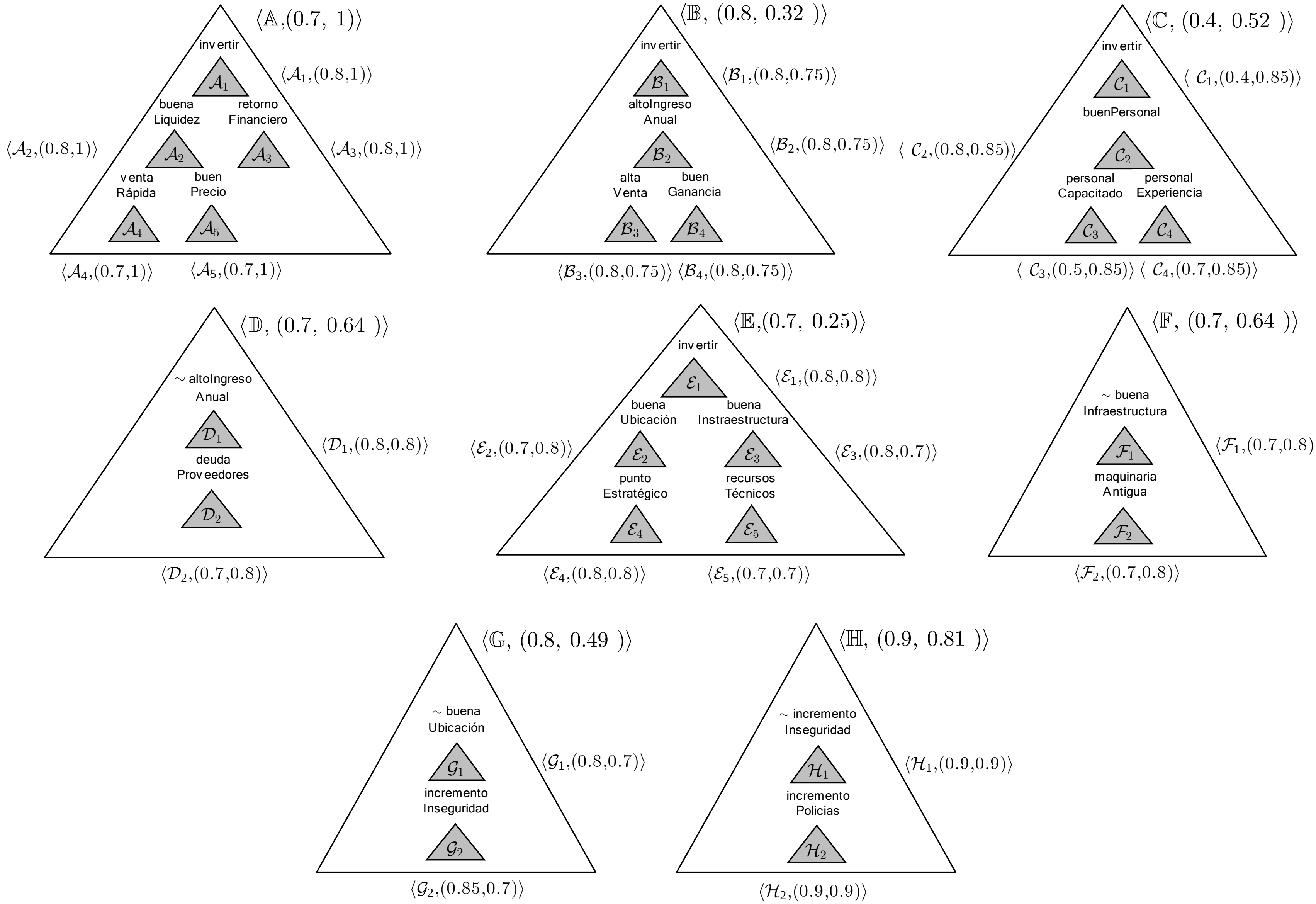


Figura 7.4: Representación de estructuras argumentales

Luego, identificaremos las cuatro clases que conforman el conjunto de ε-átomos Ω, donde $\Omega_e = \{\widehat{\mathcal{B}}_3, \widehat{\mathcal{B}}_4, \widehat{\mathcal{C}}_3, \widehat{\mathcal{C}}_4, \widehat{\mathcal{D}}_2, \widehat{\mathcal{F}}_2, \widehat{\mathcal{H}}_2\}$, $\Omega_s = \{\widehat{\mathcal{C}}_2, \widehat{\mathcal{F}}_1, \widehat{\mathcal{H}}_1\}$, $\Omega_a = \{\widehat{\mathcal{A}}_4, \widehat{\mathcal{A}}_5, \widehat{\mathcal{E}}_4, \widehat{\mathcal{E}}_5, \widehat{\mathcal{E}}_6, \widehat{\mathcal{G}}_2\}$, y $\Omega_d = \{\widehat{\mathcal{A}}_1, \widehat{\mathcal{A}}_2, \widehat{\mathcal{A}}_3, \widehat{\mathcal{B}}_1, \widehat{\mathcal{B}}_2, \widehat{\mathcal{C}}_1, \widehat{\mathcal{D}}_1, \widehat{\mathcal{E}}_1, \widehat{\mathcal{E}}_2, \widehat{\mathcal{E}}_3, \widehat{\mathcal{G}}_1\}$. Posteriormente, determinaremos los pares de ε-átomos que se encuentran en conflicto soportando conclusiones contradictorias $(\widehat{\mathcal{D}}_1, \widehat{\mathcal{B}}_2)$, $(\widehat{\mathcal{B}}_2, \widehat{\mathcal{D}}_1,)$, $(\widehat{\mathcal{F}}_1, \widehat{\mathcal{D}}_3)$, $(\widehat{\mathcal{G}}_1, \widehat{\mathcal{E}}_1)$ y $(\widehat{\mathcal{H}}_1, \widehat{\mathcal{G}}_2)$. Así, en base al conjunto de ε-átomos y la relación de conflicto $\asymp$ definido sobre dicho conjunto, construiremos las siguientes estructuras argumentales etiquetadas (*Figura* 7.4):

$\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$, donde raíz$(\mathbb{A}) = \widehat{\mathcal{A}}_1$, $atms(\mathbb{A}) = \{\widehat{\mathcal{A}}_1, \widehat{\mathcal{A}}_2, \widehat{\mathcal{A}}_3, \widehat{\mathcal{A}}_4, \widehat{\mathcal{A}}_5\}$ y $\varepsilon_{\mathbb{A}} = (0.7, 1)$

$\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$, donde raíz$(\mathbb{B}) = \widehat{\mathcal{B}}_1$, $atms(\mathbb{B}) = \{\widehat{\mathcal{B}}_1, \widehat{\mathcal{B}}_2, \widehat{\mathcal{B}}_3, \widehat{\mathcal{B}}_4\}$ y $\varepsilon_{\mathbb{B}} = (0.8, 0.32)$

$\langle \mathbb{C}, \varepsilon_{\mathbb{C}} \rangle$, donde raíz$(\mathbb{C}) = \widehat{\mathcal{C}}_1$, $atms(\mathbb{C}) = \{\widehat{\mathcal{C}}_1, \widehat{\mathcal{C}}_2, \widehat{\mathcal{C}}_3, \widehat{\mathcal{C}}_4\}$ y $\varepsilon_{\mathbb{C}} = (0.4, 0.52)$

$\langle \mathbb{D}, \varepsilon_{\mathbb{D}} \rangle$, donde raíz$(\mathbb{D}) = \widehat{\mathcal{D}}_1$, $atms(\mathbb{D}) = \{\widehat{\mathcal{D}}_1, \widehat{\mathcal{D}}_2\}$ y $\varepsilon_{\mathbb{D}} = (0.7, 0.64)$

$\langle \mathbb{E}, \varepsilon_{\mathbb{E}} \rangle$, donde raíz$(\mathbb{E}) = \widehat{\mathcal{E}}_1$, $atms(\mathbb{E}) = \{\widehat{\mathcal{E}}_1, \widehat{\mathcal{E}}_2, \widehat{\mathcal{E}}_3, \widehat{\mathcal{E}}_4, \widehat{\mathcal{E}}_5, \widehat{\mathcal{E}}_6\}$ y $\varepsilon_{\mathbb{E}} = (0.7, 0.25)$

$\langle \mathbb{F}, \varepsilon_{\mathbb{F}} \rangle$, donde raíz$(\mathbb{F}) = \widehat{\mathcal{F}}_1$, $atms(\mathbb{F}) = \{\widehat{\mathcal{F}}_1, \widehat{\mathcal{F}}_2\}$ y $\varepsilon_{\mathbb{F}} = (0.7, 0.64)$

$\langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}} \rangle$, donde raíz$(\mathbb{G}) = \widehat{\mathcal{G}}_1$, $atms(\mathbb{G}) = \{\widehat{\mathcal{G}}_1, \widehat{\mathcal{G}}_2\}$ y $\varepsilon_{\mathbb{G}} = (0.8, 0.49)$

$\langle \mathbb{H}, \varepsilon_{\mathbb{H}} \rangle$, donde raíz$(\mathbb{H}) = \widehat{\mathcal{H}}_1$, $atms(\mathbb{H}) = \{\widehat{\mathcal{H}}_1, \widehat{\mathcal{H}}_2\}$ y $\varepsilon_{\mathbb{H}} = (0.9, 0.81)$

Se debe notar que las estructuras argumentales etiquetadas $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$, $\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$, $\langle \mathbb{C}, \varepsilon_{\mathbb{C}} \rangle$, $\langle \mathbb{D}, \varepsilon_{\mathbb{D}} \rangle$, $\langle \mathbb{E}, \varepsilon_{\mathbb{E}} \rangle$, $\langle \mathbb{F}, \varepsilon_{\mathbb{F}} \rangle$, $\langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}} \rangle$ y $\langle \mathbb{H}, \varepsilon_{\mathbb{H}} \rangle$ son estructuras bien formadas, ya que las estructuras argumentales subyacentes involucradas son consistentes, no circulares y uniformes. Por otro lado, destacaremos las sub-estructuras argumentales etiquetadas:

$\langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'} \rangle$, con raíz$(\mathbb{B}') = \widehat{\mathcal{B}}_2$, $args(\mathbb{B}') = \{\widehat{\mathcal{B}}_2, \widehat{\mathcal{B}}_3, \widehat{\mathcal{B}}_4\}$ y $\varepsilon_{\mathbb{B}'} = (0.8, 0.42)$; y

$\langle \mathbb{E}', \varepsilon_{\mathbb{E}'} \rangle$, con raíz$(\mathbb{E}') = \widehat{\mathcal{E}}_2$, $args(\mathbb{E}') = \{\widehat{\mathcal{E}}_2, \widehat{\mathcal{E}}_4\}$ y $\varepsilon_{\mathbb{E}'} = (0.7, 0.64)$

$\langle \mathbb{E}'', \varepsilon_{\mathbb{E}''} \rangle$, con raíz$(\mathbb{E}'') = \widehat{\mathcal{E}}_3$, $args(\mathbb{E}'') = \{\widehat{\mathcal{E}}_3, \widehat{\mathcal{E}}_5\}$ y $\varepsilon_{\mathbb{E}''} = (0.7, 0.49)$

$\langle \mathbb{G}', \varepsilon_{\mathbb{G}'} \rangle$, con raíz$(\mathbb{G}') = \widehat{\mathcal{G}}_2$, $args(\mathbb{G}') = \{\widehat{\mathcal{G}}_2\}$ y $\varepsilon_{\mathbb{G}'} = (0.85, 0.7)$

que son ε-subestructuras de $\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle$, $\langle \mathbb{E}, \varepsilon_{\mathbb{E}} \rangle$ y $\langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}} \rangle$ respectivamente, representadas en la *Figura* 7.4 con líneas punteadas.

En base al conjunto de ε-estructuras $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)} = \{\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}}\rangle, \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}}\rangle, \langle \mathbb{C}, \varepsilon_{\mathbb{C}}\rangle, \langle \mathbb{D}, \varepsilon_{\mathbb{D}}\rangle, \langle \mathbb{E}, \varepsilon_{\mathbb{E}}\rangle, \langle \mathbb{F}, \varepsilon_{\mathbb{F}}\rangle, \langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}}\rangle, \langle \mathbb{H}, \varepsilon_{\mathbb{H}}\rangle\}$, y a la relación de conflicto entre los pares de ε-átomos $(\widehat{\mathcal{D}}_1, \widehat{\mathcal{B}}_2)$, $(\widehat{\mathcal{B}}_2, \widehat{\mathcal{D}}_1,)$, $(\widehat{\mathcal{F}}_1, \widehat{\mathcal{D}}_3)$, $(\widehat{\mathcal{G}}_1, \widehat{\mathcal{E}}_1)$ y $(\widehat{\mathcal{H}}_1, \widehat{\mathcal{G}}_2)$, determinaremos el conflicto producido entre las estructuras pertenecientes al conjunto $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$ de la siguiente manera:

Conflicto entre Estructuras	Puntos de Conflicto	Valuaciones
$\mathbb{D}$ *tiene un conflicto indirecto con* $\mathbb{B}$ *por* $\mathbb{B}'$	*cl*($\mathbb{D}$) = ∼altaRecaudaciónAnual	$\varepsilon_{\mathbb{D}}$ = (0.7,0.64)
$\mathbb{B}'$ *tiene un conflicto directo con* $\mathbb{D}$	*cl*($\mathbb{B}'$) = altaRecaudaciónAnual	$\varepsilon_{\mathbb{B}'}$ = (0.8,0.42)
$\mathbb{G}$ *tiene un conflicto indirecto con* $\mathbb{E}$ *por* $\mathbb{E}'$	*cl*($\mathbb{G}$) = ∼buenaUbicación	$\varepsilon_{\mathbb{G}}$ = (0.7,0.64)
$\mathbb{E}'$ *tiene un conflicto directo con* $\mathbb{G}$	*cl*($\mathbb{E}'$) = buenaUbicación	$\varepsilon_{\mathbb{E}'}$ = (0.8,0.49)
$\mathbb{F}$ *tiene un conflicto indirecto con* $\mathbb{E}$ *por* $\mathbb{E}''$	*cl*($\mathbb{F}$) = ∼buenaInfraestructura	$\varepsilon_{\mathbb{F}}$ = (0.7,0.64)
$\mathbb{E}''$ *tiene un conflicto directo con* $\mathbb{F}$	*cl*($\mathbb{E}''$) = buenaInfraestructura	$\varepsilon_{\mathbb{E}''}$ = (0.7,0.49)
$\mathbb{H}$ *tiene un conflicto indirecto con* $\mathbb{G}$ *por* $\mathbb{G}'$	*cl*($\mathbb{H}$) = ∼incrementoInseguridad	$\varepsilon_{\mathbb{H}}$ = (0.9,0.81)
$\mathbb{G}'$ *tiene un conflicto directo con* $\mathbb{H}$	*cl*($\mathbb{G}'$) = incrementoInseguridad	$\varepsilon_{\mathbb{G}'}$ = (0.85,0.7)

Una vez establecido el conflicto entre las estructuras de $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$, diremos que $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}}\rangle$ es preferible a $\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}}\rangle$ si y sólo si la relevancia de la información proporcionada por $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}}\rangle$ es al menos tan buena como la de $\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}}\rangle$ y la confiabilidad colectiva de $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}}\rangle$ es mayor a la confiabilidad colectiva de $\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}}\rangle$. En este sentido, se establecerá un orden entre las ε-estructuras en conflicto como se muestra a continuación:

Preferencias entre Estructuras	Comparación de Valuaciones
$\langle \mathbb{D}, \varepsilon_{\mathbb{D}}\rangle \cong \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}}\rangle$	$(\varepsilon_{\mathbb{D}})_1 < (\varepsilon_{\mathbb{B}})_1$ $(\varepsilon_{\mathbb{D}})_2 > (\varepsilon_{\mathbb{B}})_2$
$\langle \mathbb{F}, \varepsilon_{\mathbb{F}}\rangle \succ \langle \mathbb{E}, \varepsilon_{\mathbb{E}}\rangle$	$(\varepsilon_{\mathbb{F}})_1 = (\varepsilon_{\mathbb{E}})_1$ $(\varepsilon_{\mathbb{F}})_2 > (\varepsilon_{\mathbb{E}})_2$
$\langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}}\rangle \cong \langle \mathbb{E}, \varepsilon_{\mathbb{E}}\rangle$	$(\varepsilon_{\mathbb{G}})_1 > (\varepsilon_{\mathbb{E}})_1$ $(\varepsilon_{\mathbb{G}})_2 < (\varepsilon_{\mathbb{E}})_2$
$\langle \mathbb{H}, \varepsilon_{\mathbb{H}}\rangle \succ \langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}}\rangle$	$(\varepsilon_{\mathbb{H}})_1 < (\varepsilon_{\mathbb{G}})_1$ $(\varepsilon_{\mathbb{H}})_2 < (\varepsilon_{\mathbb{G}})_2$

Finalmente, en base a la información proporcionada por la relación de conflicto y la función de preferencia establecidas entre las ε-estructuras de $\mathbb{S}tr_{(\Omega,\asymp)}$, se obtendrá una relación de derrota determinada por los pares de ε-estructuras $(\langle \mathbb{D}, \varepsilon_{\mathbb{D}}\rangle, \langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'}\rangle)$; $(\langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'}\rangle, \langle \mathbb{D}, \varepsilon_{\mathbb{D}}\rangle)$; $(\langle \mathbb{F}, \varepsilon_{\mathbb{F}}\rangle, \langle \mathbb{C}'', \varepsilon_{\mathbb{C}''}\rangle)$; $(\langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}}\rangle, \langle \mathbb{E}', \varepsilon_{\mathbb{E}'}\rangle)$; y $(\langle \mathbb{H}, \varepsilon_{\mathbb{H}}\rangle, \langle \mathbb{G}', \varepsilon_{\mathbb{G}'}\rangle$ (*Figura* 7.5).

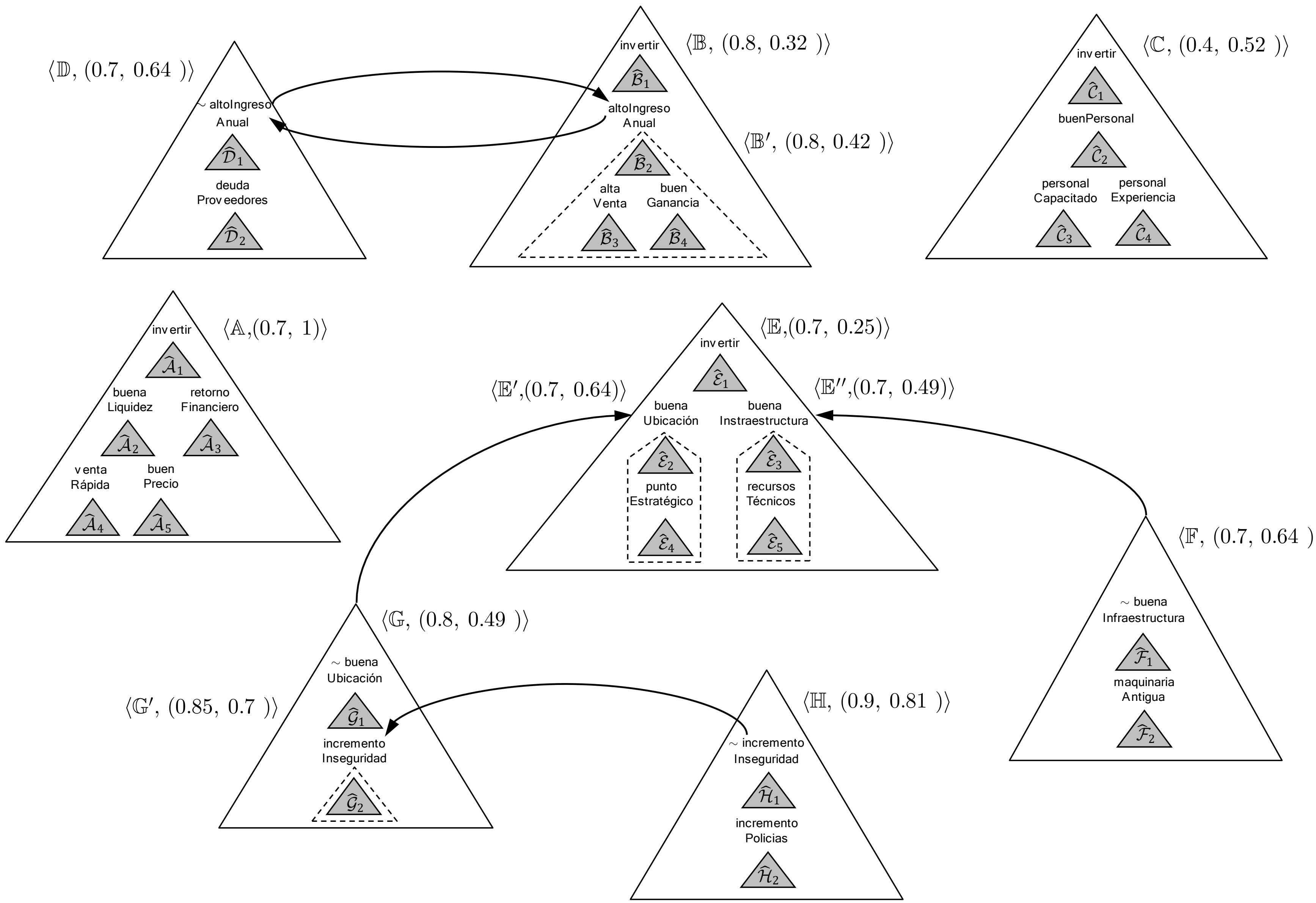


Figura 7.5: Derrotas entre estructuras argumentales

Concretamente, las ε-estructuras $\langle \mathbb{D}, \varepsilon_{\mathbb{D}} \rangle$ y $\langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'} \rangle)$ representan una situación de bloqueo, donde ni $\langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'} \rangle)$ es mejor $\langle \mathbb{D}, \varepsilon_{\mathbb{D}} \rangle$, ni $\langle \mathbb{D}, \varepsilon_{\mathbb{D}} \rangle$ es mejor que $\langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'} \rangle)$. Esto se debe a que el nivel de relevancia que posee la información proporcionada por $\langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'} \rangle)$ es mayor a la de $\langle \mathbb{D}, \varepsilon_{\mathbb{D}} \rangle$, y a la vez, el grado de confiabilidad colectivo de $\langle \mathbb{D}, \varepsilon_{\mathbb{D}} \rangle$ es mayor a la de $\langle \mathbb{B}', \varepsilon_{\mathbb{B}'} \rangle)$. En este mismo sentido, $\langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}} \rangle$ y $\langle \mathbb{E}', \varepsilon_{\mathbb{E}'} \rangle)$ representan una situación de bloqueo, puesto que el nivel de relevancia que posee la información proporcionada por $\langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}} \rangle$ es mayor a la de $\langle \mathbb{E}', \varepsilon_{\mathbb{E}'} \rangle)$, mientras que el grado de confiabilidad colectivo de $\langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}} \rangle$ es menor a la de $\langle \mathbb{E}', \varepsilon_{\mathbb{E}'} \rangle)$. Por otro lado, la ε-estructura $\langle \mathbb{F}, \varepsilon_{\mathbb{F}} \rangle$ es un derrotador propio indirecto de $\langle \mathbb{E}, \varepsilon_{\mathbb{E}} \rangle$ derrotando a la ε-subestructura $\langle \mathbb{E}'', \varepsilon_{\mathbb{E}''} \rangle)$ de $\langle \mathbb{C}, \varepsilon_{\mathbb{C}} \rangle$, ya que el grado confiabilidad colectivo de $\langle \mathbb{F}, \varepsilon_{\mathbb{F}} \rangle$ es mayor a la de $\langle \mathbb{E}'', \varepsilon_{\mathbb{E}''} \rangle$, y a su vez, $\langle \mathbb{F}, \varepsilon_{\mathbb{F}} \rangle$ y $\langle \mathbb{E}'', \varepsilon_{\mathbb{E}''} \rangle)$ poseen el mismo nivel de relevancia. Finalmente, la ε-estructura $\langle \mathbb{H}, \varepsilon_{\mathbb{H}} \rangle$ es un derrotador propio indirecto para $\langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}} \rangle$ derrotando a la ε-subestructura $\langle \mathbb{G}', \varepsilon_{\mathbb{G}'} \rangle)$ de $\langle \mathbb{G}, \varepsilon_{\mathbb{G}} \rangle$, donde los atributos de $\langle \mathbb{H}, \varepsilon_{\mathbb{H}} \rangle$ son mejores a los de $\langle \mathbb{G}', \varepsilon_{\mathbb{G}'} \rangle)$.

A continuación analizaremos el grafo argumentativo presentado en la *Figura* 7.5 con la intención de estableceremos la aceptabilidad de las estructuras argumentales etiquetadas que participan en la discusión argumentativa que tratan de determinar si es correcto invertir o no en la `empresa A`. Debido a que las decisiones de inversión conllevan un elevado riesgo económico, el agente deberá tener una postura conservadora, seleccionando cuidadosamente las empresas en donde desea invertir sus recursos financieros. Para ello, la función de marcado que determinará el estado de aceptabilidad de las ε-estructuras del modelo argumentativo implementará una postura escéptica como se muestra a continuación:

$$\mathfrak{mark}(\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle) = \begin{cases} \texttt{Aceptada}, & \nexists \ \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle \in \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)} \ \ \textit{tal que} \ \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle \Rightarrow \langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle; \textit{o} \\ & \forall \ \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle \in \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)} \text{ tal que } \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle \Rightarrow \langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle \text{ se cumple que} \\ & \mathfrak{mark}(\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle) = \texttt{Rechazado}; \\ \texttt{Rechazada}, & \exists \ \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle \in \mathbb{S}tr_{(\Gamma,\bowtie)} \text{ tal que } \langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle \Rightarrow \langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle \text{ se cumple que} \\ & \mathfrak{mark}(\langle \mathbb{B}, \varepsilon_{\mathbb{B}} \rangle) = \texttt{Aceptado}; \\ \texttt{Indecisa}, & \textit{en cualquier otro caso.} \end{cases}$$

Aclaración sobre notación gráfica. Dado un grafo argumentativo, las ε-estructuras `Aceptadas` se pintarán de color blanco, las `Rechazadas` de color negro (gris oscuro), y las `Indecisas` a rayas grises y blancas.

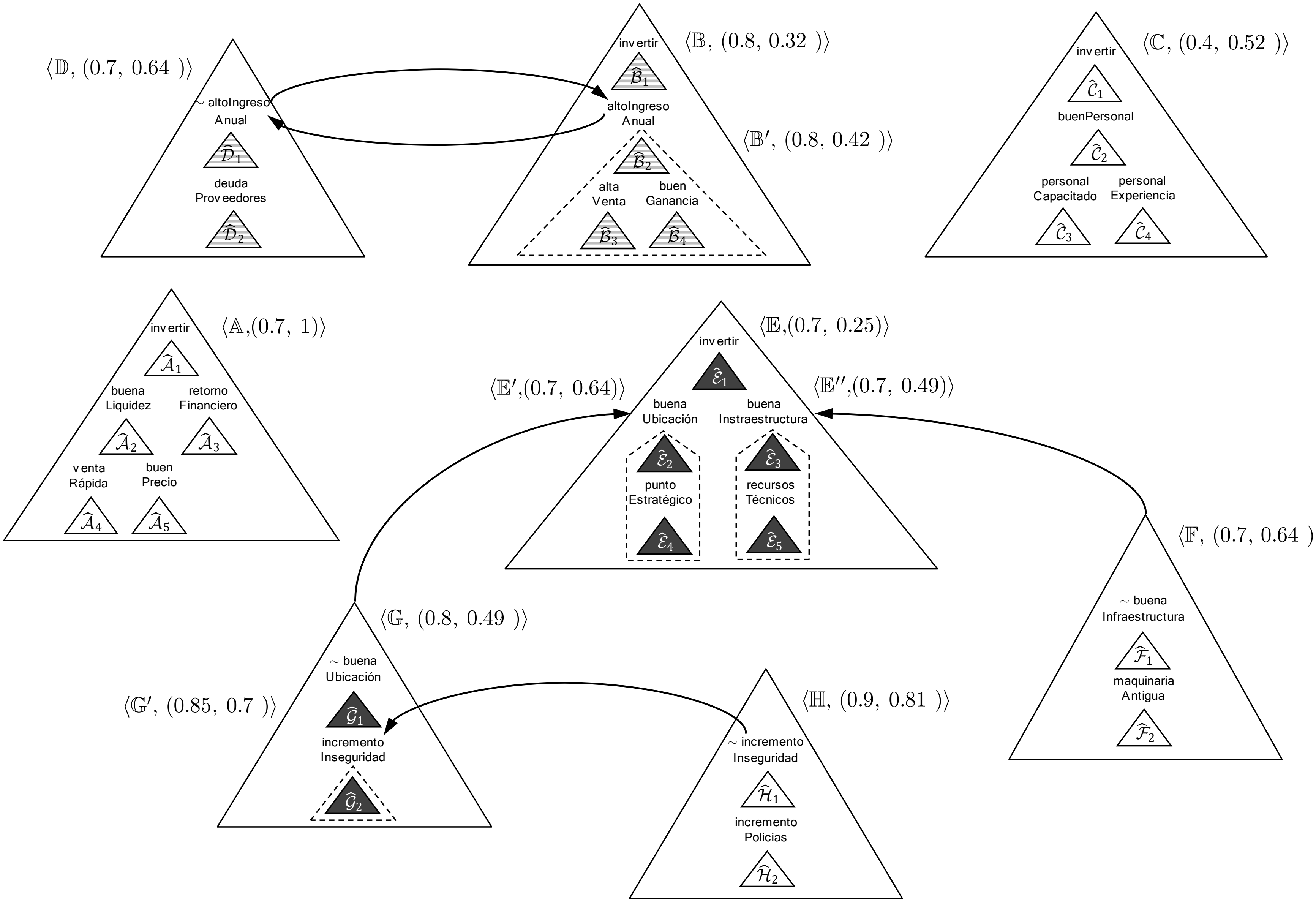


Figura 7.6: Marcado para el grafo argumentativo G

Las estructuras $\langle\mathbb{A},\varepsilon_{\mathbb{A}}\rangle$, $\langle\mathbb{C},\varepsilon_{\mathbb{C}}\rangle$, $\langle\mathbb{F},\varepsilon_{\mathbb{F}}\rangle$ y $\langle\mathbb{H},\varepsilon_{\mathbb{H}}\rangle$ están `Aceptadas`, ya que no existe otra estructura que derrote a alguna de ellas. A partir de esta asignación se puede deducir que las ε-estructuras $\langle\mathbb{E},\varepsilon_{\mathbb{E}}\rangle$ y $\langle\mathbb{G},\varepsilon_{\mathbb{G}}\rangle$ se encuentran `Rechazadas`, puesto que $\langle\mathbb{F},\varepsilon_{\mathbb{F}}\rangle$ es un derrotador propio de la estructura $\langle\mathbb{E},\varepsilon_{\mathbb{E}}\rangle$, mientras que $\langle\mathbb{H},\varepsilon_{\mathbb{H}}\rangle$ es un derrotador propio de $\langle\mathbb{G},\varepsilon_{\mathbb{G}}\rangle$. En este sentido, se puede establecer que el derrote por bloqueo entre la ε-estructura $\langle\mathbb{G},\varepsilon_{\mathbb{G}}\rangle$ y $\langle\mathbb{E},\varepsilon_{\mathbb{E}}\rangle$ queda sin efecto alguno. Por otro lado, las ε-estructuras $\langle\mathbb{D},\varepsilon_{\mathbb{D}}\rangle$ y $\langle\mathbb{B},\varepsilon_{\mathbb{B}}\rangle$ quedan con un estado de `Indecisión` puesto que para establecer una asignación de estado a algunas de las ε-estructuras involucradas debe romper su postura escéptica y decidir en cual de ellas creerá.

Ahora, supongamos que es de nuestro interés determinar el estado de garantía del literal invertir. Para ello, analizaremos el estado de aceptabilidad y las cualidades de las ε-estructuras que soportan dicho literal. En este caso, las ε-estructuras $\langle\mathbb{A},\varepsilon_{\mathbb{A}}\rangle$, $\langle\mathbb{C},\varepsilon_{\mathbb{C}}\rangle$, $\langle\mathbb{E},\varepsilon_{\mathbb{E}}\rangle$ y $\langle\mathbb{F},\varepsilon_{\mathbb{F}}\rangle$ tienen como conclusión invertir con los estados `Aceptada`, `Aceptada`, `Indecisa` y `Rechazada`, respectivamente (*Figura* 7.7).

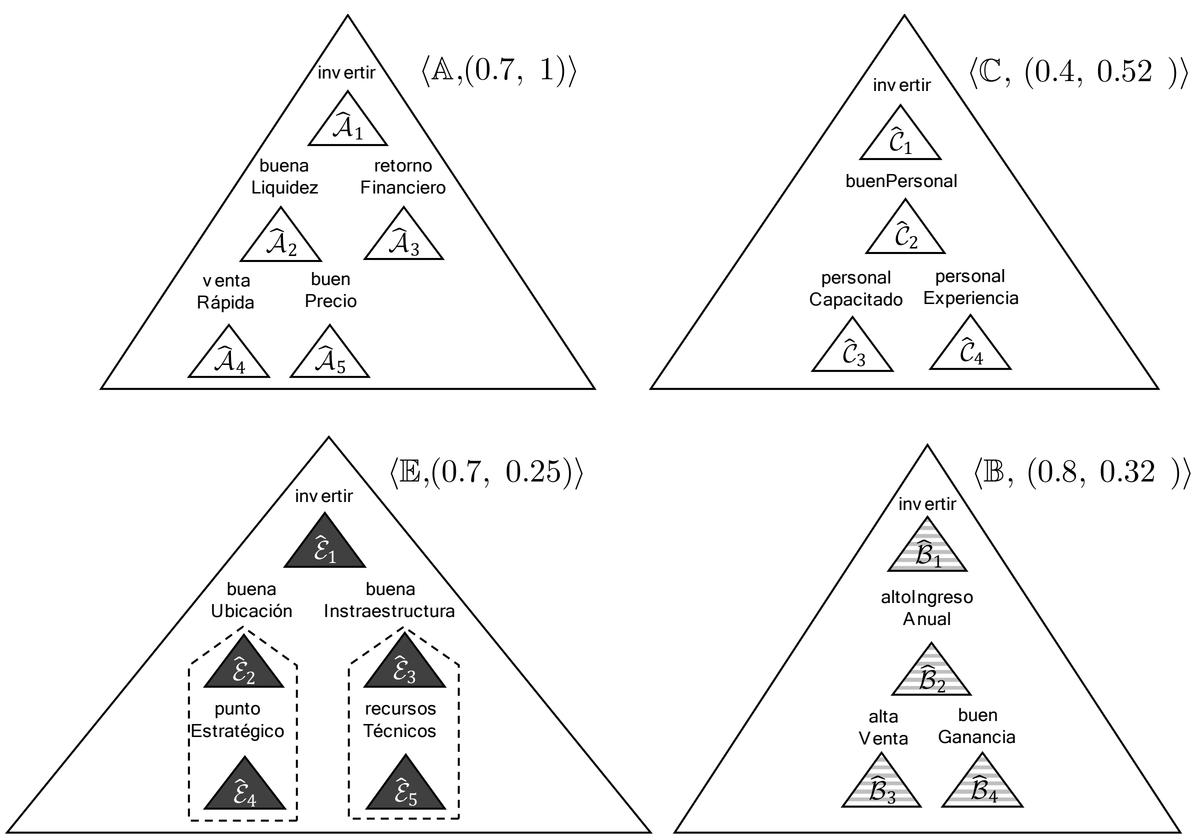


Figura 7.7: Estructuras Argumentales Etiquetas para invertir

Luego, determinaremos la calidad de garantía asociado a dicho literal en base a la agregación de las valuaciones asociadas a las ε-estructuras aceptadas que la soportan. Particularmente, el nivel de relevancia y confiabilidad del literal $\mathsf{invertir}$ se obtiene combinando los atributos de las ε-estructuras $\langle \mathbb{A}, \varepsilon_{\mathbb{A}} \rangle$ y $\langle \mathbb{C}, \varepsilon_{\mathbb{C}} \rangle$ como se muestra a continuación:

$$\varepsilon_{\mathsf{invertir}} = \begin{cases} (\varepsilon_{\mathsf{invertir}})_1 \;=\; (\varepsilon_{\mathbb{A}})_1 \oplus (\varepsilon_{\mathbb{C}})_1 \;=\; min(0.7 + 0.4, 1) \;=\; 1 \\ (\varepsilon_{\mathsf{invertir}})_2 \;=\; (\varepsilon_{\mathbb{A}})_2 \oplus (\varepsilon_{\mathbb{C}})_2 \;=\; \dfrac{1 + 0.52}{1 + 1\ 0.52} \;=\; 1 \end{cases}$$

Finalmente, dado un conjunto de respuestas $\Theta_R = \{\mathtt{Si}, \mathtt{No}, \mathtt{Indecisión}\}$, y una función de consulta $\mathfrak{Cons}$ que establece una política escéptica de respuesta definida de la siguiente manera

$$\mathfrak{Cons}(\mathsf{invertir}) = \begin{cases} \mathtt{Si}, & si\ (\varepsilon_{\mathsf{invertir}})_i > 0.5 \text{ para } 1 \leq i \leq n \\ \mathtt{No}, & si\ (\varepsilon_{\mathsf{invertir}})_i < 0.5 \text{ para algún } i \text{ con} 1 \leq i \leq n \\ \mathtt{Indecisión}, & si\ (\varepsilon_{\mathsf{invertir}})_i = 0.5 \text{ para algún } i \text{ con} 1 \leq i \leq n \end{cases}$$

podemos concluir que, $\mathfrak{Cons}(\mathsf{invertir}) = \mathtt{si}$, ya que tanto la relevancia de la información como el nivel de confiabilidad de las fuentes de información en base a la cual se esta llevando adelante la inversión se encuentran por encima del promedio.

7.4. Conclusión

Como se analizó en los *Capítulos* 1 y 6 de esta tesis, en ciertos dominios en donde es posible aplicar las teorías de la argumentación para razonar y solucionar determinadas situaciones problemáticas es necesario la representación de ciertas características asociadas a las piezas de conocimiento que se encuentran disponibles para alcanzar tal objetivo. En este sentido, la posibilidad de representar y manipular dichos atributos dentro de los procesos argumentativos contribuye a una integración eficaz de las teorías mencionadas anteriormente en diferentes dominios de aplicación.

En este capítulo se introdujo un marco argumentativo estructurado general etiquetado ($GeSAF^{\star}$), en el cual se incorpora las nociones y estructuras formales necesarias para asociar meta-información en forma de etiquetas a los argumentos que representan el conocimiento del mundo real, tales como su grado de confiabilidad en base a las fuentes que las esgrimen, votos sociales que representan el apoyo de un determinado público en relación a lo que la estructura representa, la relevancia de la información que proporcionan, entre otros. Por lo general, esta información no se encuentra asocia directamente a los argumentos sino que está relacionados a las piezas básicas del conocimiento a partir de los cuales son construidos. En este sentido, se hizo uso de las facultades provistas por el álgebra de etiquetas argumentales para determinar las cualidades de los argumentos que intervienen en una discusión argumentativa en base a las cualidades asociadas a las piezas de conocimiento que integran la misma, especificando así su fuerza colectiva.

Este marco argumentativo etiquetado puede interpretarse como una expansión al marco argumentativo abstracto propuesto por Dung donde se considerará tanto la estructura interna de los argumentos como sus características distintivas, donde la información asociada a los argumentos es usada para: (i) determinar la derrota entre aquellos argumentos que se encuentran en conflicto; (ii) proporcionar información adicional acerca de la aceptabilidad de los argumentos; (iii) establecer la calidad de garantía de una conclusión tomando en consideración las calidades de los argumentos que la soportan; y (iv) definir un umbral de garantía que establece las condiciones que una determinada conclusión debe satisfacer para ser considerada válida. No obstante, este formalismo no explota al máximo las capacidades que el álgebra de etiquetas argumentales es capaz de brindar. Por ello, en el siguiente capítulo presentaremos un marco argumentativo etiquetado capaz de proporcionar información valiosa sobre el comportamiento del conocimiento dentro de la discusión argumentativa, modelando los efectos del soporte, la agregación y el debilitamiento entre las estructuras argumentales, y como dicha información puede ser usada para refinar el proceso de aceptabilidad de las mismas.

Capítulo 8

Marco Argumentativo Etiquetado

Como se analizó en el *Capítulo* 6 de esta tesis, es de utilidad adjuntar información adicional acerca de la característica especial de los argumentos con el objetivo de crear modelos más aproximados a la realidad permitiendo llevar adelante un proceso argumentativo más refinado. Por ejemplo, los argumentos podrían construirse desde la base de conocimiento de un agente, y asignar a cada uno de ellos una medida de confiabilidad en base a la confianza de sus fuente. En este sentido, el agente podrá determinar la acción a llevar a cabo en base a la información más confiable disponible.

En este capítulo nos concentraremos en el desarrollo de un formalismo, llamado *Marco Argumentativo Etiquetado* (LAF, por sus siglas en inglés), donde se combina las capacidades de representación del conocimiento proporcionadas por AIF con el procesamiento de meta-información otorgado por el álgebra de las etiquetas argumentales. Este marco argumentativo nos permitirá: representar la estructura interna de los argumentos, representar e interpretar las interacciones entre las estructuras argumentales, y adjuntar a los argumentos sus características especiales a través de las etiquetas argumentales creadas para tales fines. Las interacciones entre los argumentos tales como soporte, conflicto, y agregación tienen asociadas operaciones definidas en el álgebra de etiquetas argumentales. Estas operaciones permiten que el sistema propague y combine dichas etiquetas, reflejando las interrelaciones entre los argumentos, y obteniendo por medio de un sistema de ecuaciones sus etiquetas finales representando así el comportamiento del conocimiento en los modelos argumentativos. Finalmente, se utilizará la información proporcionada por dichas etiquetas para alcanzar diferentes propósitos, como ser: (i) brindar información adicional acerca de la aceptabilidad de los argumentos (por ejemplo, el nivel de confiabilidad de los argumentos, el valor posibilístico o probabilístico asociado a los argumentos, restricciones de justificación, entre otros); (ii) establecer diferentes grados de aceptabilidad en base a las cualidades de los argumentos representando así la gradualidad de su veracidad dentro del dominio de la argumentación; (iii) definir un umbral de calidad en donde se establezcan las condiciones necesarias para que un argumento sea considerado parte del proceso argumentativo; (iv) brindar la posibilidad de analizar las posibles soluciones a un modelo argumentativo que representa una situación problemática determinando los escenarios que optimicen la justificación de una determinada conclusión.

8.1. Elementos del Marco Argumentativo Etiquetado

Como hemos mencionado anteriormente, todo formalismo argumentativo necesita de ciertas herramientas que permitan crear los modelos de la discusión argumentativa que se desea analizar. En LAF, utilizaremos la ontología de AIF para generar los modelos que representan una determinada situación problemática, donde se identificará tanto la estructura interna de los argumentos como las relaciones que describen sus comportamientos en el dominio de la argumentación. A continuación presentaremos los elementos básicos que componen el LAF junto a las diferentes propuestas que determinar la aceptabilidad de los argumentos resolviendo las inconsistencias del conocimiento que describen el mundo real.

Definición 58 (Marco Argumentativo Etiquetado) *Un Marco Argumentativo Etiquetado* (*LAF*) *es una 5-tupla de la forma* $\Phi = \langle \mathcal{L}, \mathcal{R}, \mathcal{K}, \mathcal{A}, \mathcal{F} \rangle$ *donde:*

- $\mathcal{L}$ *es un lenguaje lógico utilizado para la representación del conocimiento. Asumiremos que, dentro de los conectivos del lenguaje se incluye el símbolo distintivo "$\sim$"para denotar una negación fuerte.*[1]

- $\mathcal{R}$ *es el conjunto de reglas de inferencia* $R_1, R_2, \ldots, R_n$ *definidos en términos de* $\mathcal{L}$ (*i.e. con premisas y conclusión en* $\mathcal{L}$).

- $\mathcal{K}$ *es la base de conocimiento compuesto por un conjunto de fórmulas de* $\mathcal{L}$ *que describe el conocimiento que se posee sobre el dominio del discurso.*

[1] Nos referimos al termino "negación fuerte" como el concepto de falsedad construible introducido por Nelson en [Nel49] y presentado en la forma de un sistema axiomático por Vorob'ev en [Vor52].

– $\mathcal{A}$ *es un conjunto de álgebras de etiquetas argumentales* $\mathbf{A}_1$, $\mathbf{A}_2, \ldots, \mathbf{A}_n$*, una por cada característica especial que se desea representar y computar a través de una etiqueta argumental.*

– $\mathcal{F}$ *es una función que asigna a cada elemento de* $\mathcal{K}$ *una* n*-tupla de elementos*[2] *pertenecientes a las álgebras* $\mathbf{A}_i$*, para todo* $i = 1, \ldots, n$*. Así,* $\mathcal{F}$ *es definida de la siguiente forma,* $\mathcal{F} : \mathcal{K} \longrightarrow \mathbf{A}_1 \times \mathbf{A}_2 \times \ldots \times \mathbf{A}_n$*.*

En este formalismo, el lenguaje $\mathcal{L}$ se utiliza para especificar el conocimiento sobre un dominio en particular. Las inferencias que se pueden hacer del conocimiento expresado en $\mathcal{L}$ se especificarán a través del conjunto de reglas de inferencia que representan patrones de razonamiento, tales como reglas de inferencia deductiva (modus ponen, modus tollens, etc.), reglas de inferencia rebatibles (modus ponen rebatible, modus tollens rebatible, etc.), esquemas de argumentación (opinión del experto, posición del saber, etc.), entre otros. Toda fórmula "$\sim\sim\varphi$" de $\mathcal{L}$ es considerada equivalente a φ. Por esta razón, podemos asumir que ninguna expresión de la forma "$\sim\sim\varphi$" aparece como fórmula del lenguaje. Adicionalmente, el conjunto de fórmulas de $\mathcal{L}$ es cerrado con respecto a "$\sim$". Es importante entender que no está permitido el uso de dos o más "$\sim$" consecutivos en $\mathcal{L}$ con el fin de simplificar la definición de conflicto entre sentencias de $\mathcal{L}$; sin embargo, esto no limita la expresividad o generalidad de la representación. Denotamos con $\overline{\varphi}$ la negación de una fórmula en $\mathcal{L}$, de esta manera, $\overline{\varphi}$ es $\sim\varphi$, y $\overline{\sim\varphi}$ es simplemente φ.

Ejemplo 8.1 *Consideremos el marco argumentativo etiquetado* $\Phi = \langle \mathcal{L}, \mathcal{R}, \mathcal{K}, \mathcal{A}, \mathcal{F} \rangle$*, donde cada elemento es instanciado de la siguiente manera:*

– $\mathcal{L}$ *es un lenguaje definido en termino de dos conjuntos disjuntos: un conjunto de suposiciones y un conjunto de reglas rebatibles. Por un lado, una suposición es un átomo básico* X *o la negación de un átomo básico* $\sim X$ *teniendo en cuenta las restricciones relacionadas a la forma en la que se escribirá la negación. Por otro lado, una regla rebatible es un par ordenado, denotado como* $C \prec P_1, \ldots, P_n$*, cuya*

[2]Para no producir ninguna confusión vamos a seguir la convención habitual de mencionar los elementos de un álgebra en lugar de referirnos a los elementos del conjunto de operadores de dicha álgebra.

primera componente C es un átomo básico, llamada conclusión, y su segunda componente $P_1, \ldots, P_n$ es un conjunto finito no vacío de átomos básicos, llamado premisas.

– $\mathcal{R}= \{ dMP \}$, *donde la regla de inferencia dMP es definida de la siguiente manera:*

$$dMP: \frac{P_1,\ldots,P_n \quad C \prec P_1,\ldots,P_n}{C} \text{ (Defeasible Modus Ponens)}$$

– $\mathcal{A} = \{\mathbf{A}, \mathbf{B}\}$ *es un conjunto de álgebras de etiquetas argumentales, donde:*

- **A** *es un álgebra de etiquetas argumentales usada para representar y computar el nivel de precisión que poseen los argumentos. El dominio de las etiquetas A es el intervalo cerrado $[0,1]$ y representa una valuación normalizada de precisión, donde $\top = 1$ es la máxima valuación y elemento neutro para el operador $\odot$, mientras que $\bot = 0$ es la mínima valuación y elemento neutro para los operadores $\oplus$ y $\ominus$.*

  Así, sean $\alpha, \beta \in A$ dos etiquetas, las operaciones de soporte, agregación y conflicto, son especificados de la siguiente manera:

Atributo – Precisión	
$\alpha \odot \beta = min(\alpha, \beta)$	*El operador de soporte refleja que un argumento es tan preciso como su soporte más débil, usando así la regla del eslabón más débil.*
$\alpha \oplus \beta = min(\alpha + \beta, 1)$	*El operador de agregación establece que, si existe más de un argumento para una determinada conclusión, la valuación de precisión para esta conclusión es la suma de las precisiones de los argumentos que la soportan.*
$\alpha \ominus \beta = \begin{cases} 1 & si\ \alpha = 1\ y\ \beta < 1 \\ \alpha - \beta & si\ \alpha \geq \beta \\ 0 & en\ otro\ caso. \end{cases}$	*El operador de conflicto plasma la situación en que la valuación de precisión asociada a un argumento se ve afectada por la valuación que representa la precisión de sus contra-argumentos, donde la consecuencia producida por la operación de conflicto dependerá de la calidad de los argumentos involucrados.*

- **B** *es un álgebra de etiquetas argumentales usada para representar el grado de preferencia asociada a los argumentos. El dominio de las etiquetas* B *es el intervalo cerrado* $[0, 1]$ *y representa una valuación normalizada de la preferencia del usuario, donde* $\top = 1$ *es la máxima valuación y elemento neutro para el operador* $\odot$*, mientras que* $\perp = 0$ *es la mínima valuación y elemento neutro para los operadores* $\oplus$ *y* $\ominus$*.*

Así, sean $\alpha, \beta \in B$ *dos etiquetas, las operaciones de soporte, agregación y conflicto, son especificados de la siguiente manera:*

Valuación de Preferencia	
$\alpha \odot \beta = \alpha\, \beta$	*El operador de soporte refleja que la preferencia de un argumento es la conjunción de la preferencia de sus soportes.*
$\alpha \oplus \beta = \alpha + \beta - \alpha\, \beta$	*El operador de agregación establece que si una conclusión posee dos o más argumentos que la soporten, su valoración de preferencia es la suma de la preferencia de los argumentos que soportan dicha conclusión menos un término de penalización producido por dicha agregación.*
$\alpha \ominus \beta = \begin{cases} \dfrac{\alpha - \beta}{1 - \beta} & \textit{si } \alpha \geq \beta, \beta \neq 1 \\ 0 & \textit{en otros casos.} \end{cases}$	*El operador de conflicto refleja que la valuación de preferencia asociada a una conclusión es debilitada gradualmente por la preferencia de su contradicción.*

– $\mathcal{K}$ *es la base de conocimiento que describe la situación problemática del mundo real donde cada sentencia tiene asociada las valuaciones de precisión y preferencia asignadas por la función* $\mathcal{F}$*. Estas valoraciones están indicadas entre llaves, donde el primer elemento representa el nivel de precisión y el segundo el grado de preferencia, usando dos puntos para separar estas valoraciones de la sentencia a la que están asociados. En particular, las valoraciones asociadas a una regla representan la precisión y la preferencia de la conexión entre el antecedente y el consecuente de la regla. Denotaremos el atributo de un I-nodo con un intervalo* $[x - y]$ *para representar la* *variación de un atributo para un determinado elemento de $\mathcal{K}$, tales intervalos se asumen que son cerrados salvo que se especifique lo contrario. Las reglas rebatibles dentro de $\mathcal{K}$ son reglas instanciadas, es decir, ninguna variable es libre. Sin embargo, en el ejemplo se usará la convención usual propuesta en* [Lif96] *donde las reglas son en realidad "esquemas de reglas" con variables a ser instanciadas, denotando a las variables con su letra inicial en mayúscula. A continuación se muestra un determinado conjunto de sentencias de $\mathfrak{L}$ que conforma la base de conocimiento $\mathcal{K}$:*

$$\left(\begin{array}{ll}
\mathtt{r}_1 : \mathtt{P(X)} \prec \mathtt{Q(X)} : \{0.75, 1\} & \mathtt{N(a)} : \{[0.5 - 0.9], 1\} \\
\mathtt{r}_2 : \mathtt{Q(X)} \prec \mathtt{R(X)}, \mathtt{S(X)} : \{1, 1\} & \mathtt{Q(a)} : \{0.2, 0.2\} \\
\mathtt{r}_3 : \mathtt{P(X)} \prec \mathtt{U(X)} : \{0.75, 0.9\} & \mathtt{S(a)} : \{0.8, 0.75\} \\
\mathtt{r}_4 : {\sim}\mathtt{Q(X)} \prec \mathtt{M(X)} : \{0.6, 0.4\} & \mathtt{U(a)} : \{1, 0.8\} \\
\mathtt{r}_5 : \mathtt{M(X)} \prec \mathtt{N(X)} : \{1, 1\} & \mathtt{R(a)} : \{0.8, 1\} \\
\mathtt{r}_6 : {\sim}\mathtt{M(X)} \prec \mathtt{K(X)} : \{0.7, 0.8\} & \mathtt{K(a)} : \{[0.4 - 0.8], 1\} \\
\mathtt{r}_7 : {\sim}\mathtt{N(X)} \prec {\sim}\mathtt{M(X)} : \{0.7, 0.6\} & \mathtt{E(a)} : \{[0 - 0.6], 0.4\} \\
\mathtt{r}_8 : {\sim}\mathtt{P(X)} \prec \mathtt{L(X)} : \{0.7, 0.8\} & \mathtt{O(a)} : \{0.3, 0.4\} \\
\mathtt{r}_9 : \mathtt{L(X)} \prec \mathtt{E(X)} : \{1, 1\} & \\
\mathtt{r}_{10} : \mathtt{L(X)} \prec \mathtt{O(X)} : \{0.5, 0.5\} &
\end{array}\right)$$

Ahora presentaremos la noción de grafo argumentativo que usaremos para representar el análisis argumentativo derivado de un LAF. Asumiremos que no existen dos nodos en un grafo argumentativo que es nombrado con la misma fórmula $\varphi \in \mathcal{L}$, de esta manera usaremos el nombre de la sentencia para referirnos al I-nodo que representa dicha sentencia dentro de un grafo argumentativo.

Definición 59 (Grafo Argumentativo) *Sea $\Phi = \langle \mathcal{L}, \mathcal{R}, \mathcal{K}, \mathcal{A}, \mathcal{F} \rangle$ un LAF. El grafo argumentativo asociado a Φ es un grafo dirigido $G_\Phi = (N, E)$, donde $N \neq \emptyset$ es el conjunto de nodos y E es el conjunto de aristas construidos de la siguiente forma:*

i) *cada elemento $X \in \mathcal{K}$ o derivado de $\mathcal{K}$ a través de $\mathcal{R}$ es representado por un I-nodo $X \in N$, tal que no existen dos I-nodos $X, Y \in N$ representando la misma fórmula φ.*

ii) *para cada aplicación de una regla de inferencia definida en Φ existe un RA-nodo $R \in N$ tal que:*

– *las aristas que llegan a* R *provienen de I-nodos:* $P_1, \ldots, P_m \in N$ *representando las premisas mínimas necesarias para la aplicación de la regla* R *(incluyendo las reglas rebatibles aplicables que se encuentran en* $\mathcal{K}$*).*

– *la única arista de salida llega a un I-nodo* $C \in N$ *representando la única conclusión.*

iii) *si* X *y* $\overline{X}$ *están en* N*, entonces existen un CA-nodo representando el conflicto entre dichos I-nodos, con aristas desde y hacia ambos I-nodos.*

iv) *para todo* $X \in N$ *no existe un camino desde* X *a* X *en* G_Φ *que no pase por un CA-nodo. Es decir, el grafo argumentativo* G_Φ *sin los CA-nodos es un grafo acíclico.*

La condición iv) prohíbe ciclos en donde sólo intervengan RA-nodos. Esto parece restrictivo, pero es importante tener en cuenta que los ciclos que surgen por la aplicación de reglas de inferencia son generalmente provocados por especificaciones erróneas o engañosas. Esta anomalía se analizó detenidamente en el Capítulo 5 *de esta tesis.*

Dentro de un grafo argumentativo G_Φ es posible identificar diferentes subgrafos que representan el conjunto de argumentos para las diferentes afirmaciones de G_Φ. En otras palabras, un argumento para una afirmación φ (representada por un I-nodo en G_Φ) es un subgrafo de G_Φ que representa las diferentes razones que soportan φ. Formalmente:

Definición 60 (Argumento) *Sea* $\Phi = \langle \mathcal{L}, \mathcal{R}, \mathcal{K}, \mathcal{A}, \mathcal{F} \rangle$ *un LAF, y* G_Φ *el grafo argumentativo asociado a* Φ *excluyendo los CA-nodos. Un argumento para una fórmula* φ *es el subgrafo* $\mathbb{A} = (N', E')$ *de* G_Φ *compuesto por el I-nodo que representa* φ *y todos los antecesores de dicho I-nodo, tal que* $N' \neq \emptyset$ *y* $E' \neq \emptyset$*. Denotaremos al conjunto de argumentos que se pueden identificar en el grafo argumentativo* G_Φ *como* Arg_Φ*.*

Un grafo argumentativo en donde se excluyen de consideración a los CA-nodos puede interpretarse cómo un *grafo dirigido acíclico* [BJG08, TS11]. Esto se debe a que todo grafo argumentativo verifica que: existe un único I-nodo representando una afirmación φ que forma parte de $\mathcal{K}$ o derivado de $\mathcal{K}$ a través de $\mathcal{R}$, y no existen ciclos producidos por aplicaciones de reglas de inferencia que soporten a las piezas de conocimiento que integran G_Φ. En consecuencia, por la *Definición* 60, todo argumento que forma parte del grafo argumentativo G_Φ es, a la vez, un grafo dirigido acíclico.

La representación de los argumentos a través de grafos dirigidos acíclico permite modelar naturalmente argumentos agregados [Ver95, Pra05, GLCS09], ya que éstos incluyen cada una de las cadenas de soporte que existen para una determinada conclusión dentro del modelo argumentativo. Por consiguiente, la fuerza de un argumento en *LAF* representa la agregación de las fuerzas asociadas a cada una de las cadenas de soporte independiente que soporta la conclusión de dicho argumento. Asimismo, la agregación de argumentos permite reducir la complejidad de análisis de los conflictos dentro del modelo argumentativo, ya que existe únicamente un punto de conflicto por cada par de afirmaciones contradictorias en G_Φ. En este sentido, será posible implementar una relación de debilitamiento mutuo entre argumentos contradictorios, puesto que la fuerza debilitada de los mismos no dependerá del orden en el cual se efectúe la resolución de los conflictos.

A continuación presentaremos un ejemplo ilustrando la representación del conocimiento a través de un grafo argumentativo G_Φ, e identificaremos los diferentes subgrafos que representan los argumentos que integran el modelo argumentativo generado de un LAF.

Ejemplo 8.2 (Continuación Ejemplo 8.1) *En este ejemplo construiremos el grafo argumentativo G_Φ asociado al marco argumentativo etiquetado Φ aplicando el conjunto de reglas de inferencia definido en $\mathcal{R}$ sobre la base de conocimiento $\mathcal{K}$. Usaremos recuadros con líneas punteadas para identificar a los argumentos que forman parte de modelo argumentativo representado en el grafo G_Φ.*

En la Figura 8.1*, a la izquierda, podemos identificar dos argumentos, uno que soporta al literal* $\sim\mathtt{N(a)}$ *y otro que soporta al literal* $\sim\mathtt{Q(a)}$*, los cuales poseen múltiples conflictos: existe un conflicto entre dos conclusiones intermedias representadas por los literales* $\mathtt{M(a)}$ *y* $\sim\mathtt{M(a)}$*, y un conflicto entre la conclusión del argumento que soporta al literal* $\sim\mathtt{N(a)}$ *y la suposición* $\sim\mathtt{N(a)}$ *del argumento que soporta al literal* $\sim\mathtt{Q(a)}$*. En la literatura se puede identificar a esta clase de conflictos cómo* conflictos de bloqueo*, modelando situaciones que generalmente son imposibles o complicadas de resolver.*

Por otro lado, en el centro, existe un argumento compuesto por dos cadenas de soporte para el literal $\mathtt{P(a)}$*. Este caso puede verse como una situación especial en donde dos razones independientes son agregadas para soportar una misma pieza de conocimiento. A la vez, esta estructura argumental es cuestionada en diferentes puntos de conflicto: un argumento que soporta a la conclusión contraria* $\sim\mathtt{P(a)}$*, y un argumento que cuestiona a una conclusión intermedia* $\mathtt{Q(a)}$*.*

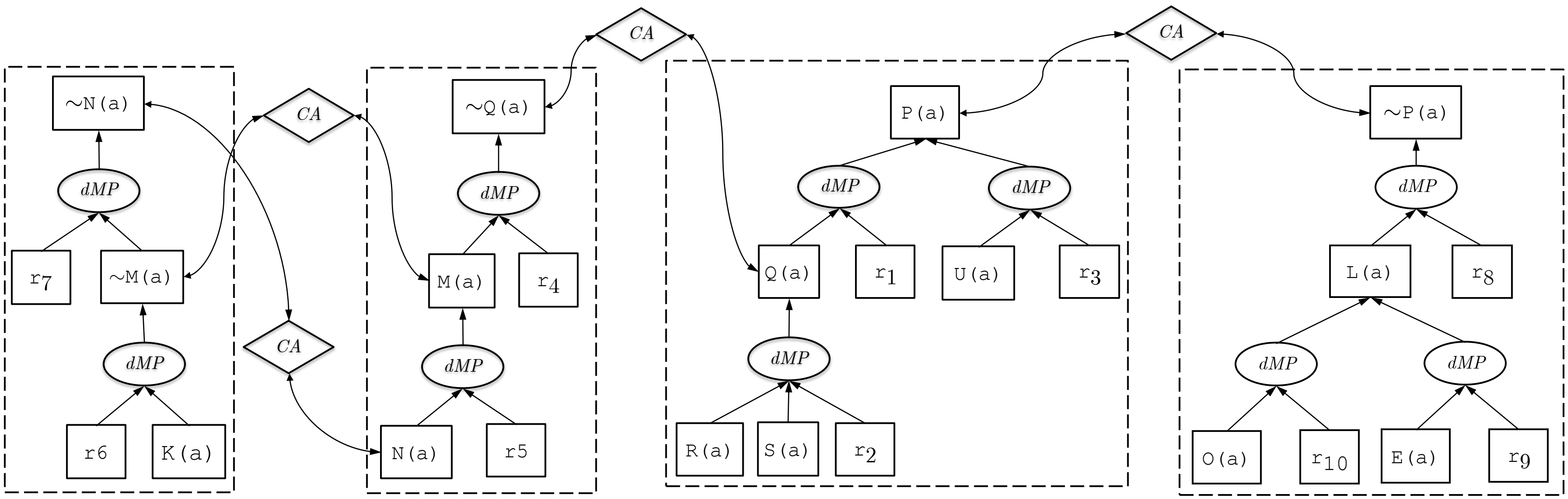


Figura 8.1: Representación de un grafo argumentativo G_Φ

Una vez obtenida la representación del conocimiento describiendo el dominio del discurso por medio del grafo argumentativo G_Φ procederemos a asignar las características particulares que se desean representar a cada I-nodo de G_Φ. Cada característica de un I-nodo X es representada a través de un álgebra $\mathbf{A}_i \in \mathcal{A}$ asignándole las valuaciones μ_i^X y δ_i^X, donde μ_i^X representa la valuación agregada asignada al I-nodo X obtenida a través de las operaciones de agregación y soporte definidas en el álgebra $\mathbf{A}_i$, mientras que δ_i^X es la valuación debilitada obtenida a través de la operación de conflicto definida en el álgebra $\mathbf{A}_i$. A continuación presentaremos el procedimiento de etiquetado para un grafo argumentativo G_Φ. Por medio de este proceso obtendremos el sistema de ecuaciones que caracterizará el conocimiento capturado por el formalismo.

Definición 61 (Procedimiento de Etiquetado para un Grafo Argumentativo) *Sea $\Phi = \langle \mathcal{L}, \mathcal{R}, \mathcal{K}, \mathcal{A}, \mathcal{F} \rangle$ un LAF, G_Φ el grafo argumentativo asociada a Φ, y $\mathbf{A}_i$ una de las álgebras de $\mathcal{A}$ representando una de las característica que será asociada a cada I-nodo X de G_Φ. Un grafo argumentativo etiquetado es una asignación de dos valuaciones, para cada una de las álgebras, para cada I-nodo del grafo, denotadas como μ_i^X y δ_i^X, donde μ_i^X, $\delta_i^X \in A_i$ tales que μ_i^X muestra la valuación que refleja la agregación o soporte de las razones que soportan la conclusión X, mientras que δ_i^X refleja el estado de la conclusión luego de tomar en cuenta los conflictos existentes. De esta manera, dado un I-nodo X de G_Φ, las valuaciones asociada con X son determinadas de acuerdo a las siguientes ecuaciones:*

i) Si X no posee aristas de llegada, entonces X tiene una valuación que le corresponde como un elemento de $\mathcal{K}$. Así, definiremos $\mu_i^X = \mathcal{F}(X)$.

ii) Si X posee entrada de una arista proveniente de un CA-nodo representando un conflicto con el I-nodo $\overline{X}$, entonces $\delta_i^X = \mu_i^X \ominus \ \mu_i^{\overline{X}}$.

Si no existe un I-nodo $\overline{X}$, entonces $\delta_i^X = \mu_i^X$.

iii) Si X es un elemento de $\mathcal{K}$ con aristas de llegadas provenientes de los RA-nodos $R_1, \ldots, R_k$ donde cada R_s tiene premisas $X_1^{R_s}, \ldots, X_{n_s}^{R_s}$, entonces:

$$\mu_i^X = \mathcal{F}(X) \oplus \left[\oplus_{s=1}^{k} \left(\odot_{t=1}^{n_s} \delta_i^{X_t^{R_s}} \right) \right].$$

Si X no es un elemento de $\mathcal{K}$ y posee aristas de llegadas provenientes de los RA-nodos $R_1, \ldots, R_k$ donde cada R_s tiene premisas $X_1^{R_s}, \ldots, X_{n_s}^{R_s}$, entonces:

$$\mu_i^X = \oplus_{s=1}^{k} \left(\odot_{t=1}^{n_s} \delta_i^{X_t^{R_s}} \right).$$

> *Para conseguir resolver esta ecuación, primero usamos la operación de soporte aplicada a las valoraciones debilitadas de las premisas conectadas a cada una de las reglas R_s que forman el cuerpo de un argumento para X, y luego calculamos la agregación de todos estos argumentos.*

La etiqueta final de cada I-nodo X de G_Φ esta representada por una n-tupla de pares de valuaciones $\big((\mu_1^X, \delta_1^X), (\mu_2^X, \delta_2^X), \ldots, (\mu_i^X, \delta_i^X), \ldots, (\mu_n^X, \delta_n^X)\big)$*, donde cada par* (μ_i^X, δ_i^X) *representan las valuaciones de una determinada característica asociada al álgebra* $\mathbf{A}_i \in \mathcal{A}$.

En LAF, un grafo argumentativo puede contener ciclos producidos por uno o múltiples conflictos entre dos o más argumentos como resultado de la inconsistencia inherente al conocimiento que describe el mundo real (*Figura* 8.2). Por ello, el procedimiento de etiquetado deberá determinar las restricciones que deben cumplir todas las valoraciones asociadas al conocimiento tomando especial cuidado de estas inconsistencias.

En la *Figura* 8.2-(a) identificamos una relación de conflicto entre dos argumentos que soportan conclusiones contradictorias. Esta clase de ciclo conlleva una baja complejidad computacional, puesto que se puede obtener las valuaciones de soporte para cada uno de los argumentos independientemente uno de otro, y finalmente obtener las valuaciones debilitadas de las conclusiones involucradas. En este sentido, podemos decir que el conflicto entre este par de argumentos posee una mínima dependencia. Sin embargo, al modelar el comportamiento del conocimiento en el mundo real pueden surgir ciclos de conflictos más complejos. En la *Figura* 8.2-(b) se ilustra un clásico caso en donde dos argumentos poseen un conflicto de bloqueo, mientras que en la *Figura* 8.2-(c) se muestran ciclos de conflicto combinados donde la dificultad de encontrar una solución es aún mayor.

En base a estos ejemplos podemos comprender la complejidad de analizar y determinar una solución a cada conflicto que puede presentarse en el dominio de la discusión. Por ello, el procedimiento de etiquetado establecerá un *sistema de ecuaciones* que representa el comportamiento del conocimiento donde cada conjunto de valuaciones que satisface tal sistema estabiliza la propagación de los atributos asociados al conocimiento que forma parte del grafo argumentativo [BSVS15]. En un sentido general, este problema es similar a los tratados en el área de la investigación operativa. La complejidad y la solubilidad del sistema dependerá de las operaciones definidas en el álgebra de etiquetas argumentales, y del número de incógnitas existente en el sistema. En caso de describir el comportamiento del modelo a través de un sistema lineal se puede aplicar técnicas de la programación

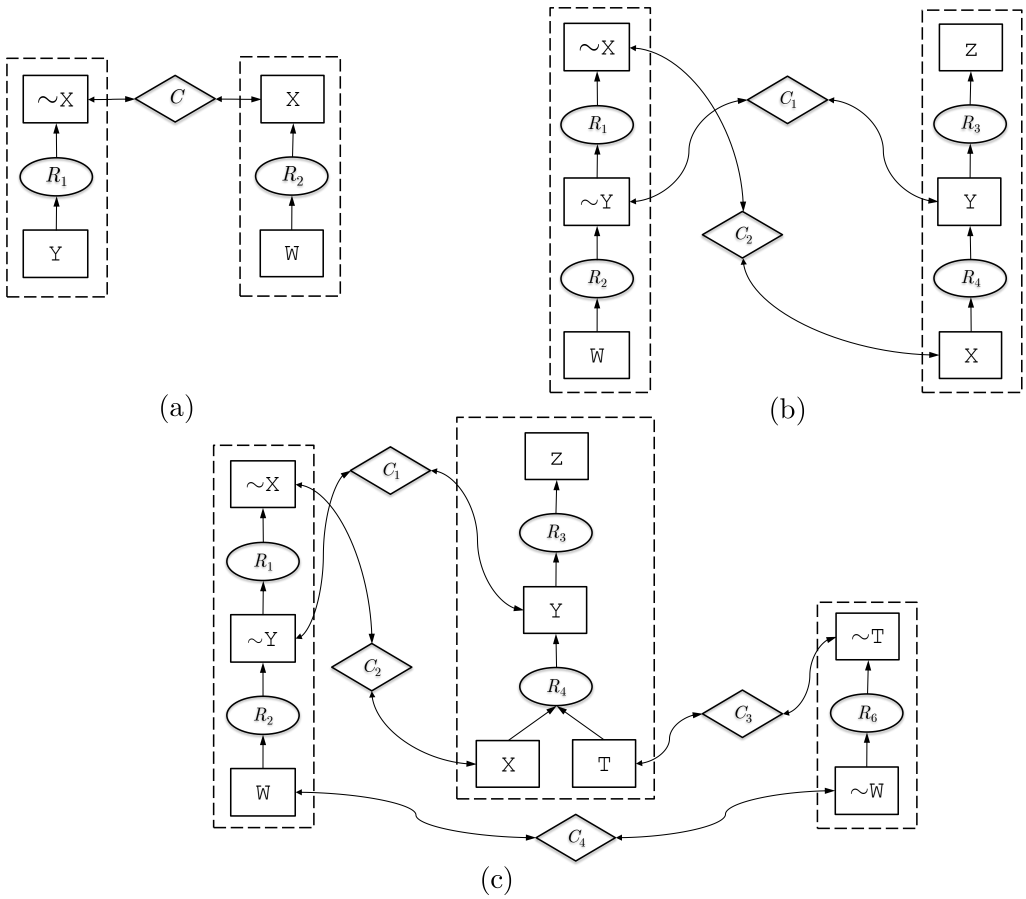


Figura 8.2: Ciclos de CA-nodos en un grafo argumentativo

lineal [Kha80, Kar84] para analizar y resolver dicho sistema, mientras que si se usa un sistema no lineales se deberán aplicar técnicas de la programación no lineal aumentando considerablemente su complejidad y solubilidad [HP90, Sim10]. En esta tesis se definió un álgebra de etiquetas argumentales cómo una estructura abstracta que permite representar diferentes clases de operaciones posibilitando la captura del comportamiento de diferentes fenómenos del mundo real implementado en diferentes dominios de aplicación, tales como el sistemas de recomendación [BGLS14], sistemas de soporte a la toma de decisiones [BGLS13], entre otros.

Como mencionamos anteriormente, parte de la complejidad para resolver el sistema de ecuaciones está asociada a la selección de las operaciones que determinan cómo las etiquetas argumentales serán afectadas por las interrelaciones del conocimiento dentro del grafo argumentativo. La linealidad de un sistema admite ciertas suposiciones matemáticas y aproximaciones que permiten un cálculo más sencillo de los resultados ya que los sistemas no lineales son usualmente difíciles (o imposibles) de tratar, y sus comportamientos con respecto a una variable dada es extremadamente difícil de predecir. Algunos sistemas no lineales tienen soluciones exactas o integrables, mientras que otros tienen un comportamiento caótico siendo éstos imposibles de resolver. Sin embargo, algunos sistemas no lineales y ecuaciones de interés general han sido extensamente estudiados y la mayoría son pobremente comprendidos [Mal05]. En futuros trabajos se pretende profundizar en la caracterización del álgebra de etiquetas argumentales con la intención de establecer las condiciones necesarias que aseguren la creación de un sistema de ecuaciones que se considere matemáticamente solubles y computacionalmente tratables.

A continuación, presentaremos los algoritmos que implementan el procedimiento de etiquetado presentado en la *Definición* 61. En el algoritmo 1, se obtendrá una solución al sistema de ecuaciones que modela el comportamiento del conocimiento plasmado en el grafo G_Φ. La metodología de resolución dependerá tanto de las operaciones definidas en el álgebra como de los requerimientos del dominio. Luego, en el algoritmo 2, analizará cada nodo de G_Φ para establecer las ecuaciones que forman parte de dicho sistema. En primer lugar, se determinará la ecuación que determinará la valuación de soporte/agregación para cada I-nodo X de G_Φ analizando las cadenas de inferencia que lo soportan; luego, se establecerá la ecuación que determinará la valuación debilitada de X en base a la valuación de soporte/agregación de $\overline{X}$. Se debe tener presente que la propagación de las características de los I-nodos a través de una cadena de razonamiento se realiza en base a las valuaciones debilitadas de los I-nodo que integran dicha cadena dando lugar a una dependencia en la propagación de las valuaciones dentro del grafo argumentativo G_Φ.

Algorithm 1: Procedimiento de etiquetado para un grafo G_Φ

Input: El grafo argumentativo G_Φ, y la base de conocimiento $\mathcal{K}$.

Output: las valuaciones μ_i^X y δ_i^X asociadas con los I-nodos X_i de G_Φ.

Inicializar EQS como un sistema de ecuaciones vacío;

for *cada I-nodo X de G_Φ que no se encuentre visitado* **do**

  $EQS := EQS \cup ObtenerEcuaciones(X, G_\Phi, \mathcal{K}, EQS)$;

return *Resolver(EQS).*

El siguiente resultado establece el coste computacional de este procedimiento.

Algorithm 2: Función de etiquetado para los nodos del grafo

Input: Un I-nodo X, el grafo argumentativo G_Φ, y la base de conocimiento $\mathcal{K}$.

Input/Out: Sistema de ecuaciones EQS para las valuaciones μ_i^X y δ_i^X de los I-nodos X_i de G_Φ.

Marcar el I-nodo X como visitado;
if X *tiene aristas de llegada desde RA-nodos* **then**
    if X *es un elemento de* $\mathcal{K}$ **then**
        $AGR := \mathcal{F}(X)$;
    else
        $AGR := \bot_i$;
    for *cada RA-nodo* R *que soporta al I-nodo* X **do**
        $SUP := \top_i$;
        for *cada I-nodo* P *que es premisa del RA-nodo* R **do**
            if P *esta no visitado* **then**
                ObtenerEcuaciones$(P, G_\Phi, \mathcal{K}, EQS)$;
            else
                $SUP := SUP \odot \delta_i^P$;
        $AGR := AGR \oplus SUP$;
    Agregar $\mu_i^X = AGR$ a EQS;
else
    Agregar $\mu_i^X = \mathcal{F}(X)$ a EQS;
if X *tiene una arista de llegada proveniente de un CA-nodo* **then**
    if $\overline{X}$ *no esta visitado* **then**
        ObtenerEcuaciones$(\overline{X}, G_\Phi, \mathcal{K}, EQS)$;
    else
        Agregar $\delta_i^X = \mu_i^X \ominus \mu_i^{\overline{X}}$ y $\delta_i^{\overline{X}} = \mu_i^{\overline{X}} \ominus \mu_i^X$ a EQS;
else
    Agregar $\delta_i^X = \mu_i^X$ a EQS;
return EQS

Proposición 8.1 *El peor tiempo de ejecución para el* algoritmo 1 *es de* $O(\mathrm{m} \times \mathrm{t})$*, donde* m *es el número de I-nodos y* t *es el número de RA-nodos en el grafo.*

<u>Demostración:</u> *Intuitivamente, como límite superior, podemos decir que el proceso de etiquetado para un grafo argumentativo G_Φ tiene en el peor caso un tiempo de ejecución de $O(n^3)$. Esta intuición se deriva del siguiente análisis: en primer lugar, tenemos que etiquetar cada I-nodos del grafo ($O(n)$); en segundo lugar, para cada I-nodo es necesario analizar todos los RA-nodos que tiene como entrada ($O(n)$); en tercer lugar, para cada RA-nodo se debe analizar todas las premisas que tiene como entrada ($O(n)$); y en cuarto lugar, para cada sentencia contradictoria se analiza y obtiene la correspondiente valuación debilitada resolviendo dicho conflicto ($O(1)$). Sin embargo, un grafo argumentativo G_Φ se define en base a tres clases de nodos: I-nodos, RA-nodos y CA-nodos, siendo n la cardinalidad del conjunto de nodos. Así, considerando una cardinalidad m para el subconjunto de I-nodos, t para el subconjunto de RA-nodos y k para el subconjunto de CA-nodos, podemos refinar el orden $O(n)$ descripto previamente en los ordenes $O(m)$, $O(t)$ y $O(k)$, respectivamente. De esta manera, estableceremos la complejidad computacional del proceso de etiquetado como $O(m^2 \times t)$. Asimismo, al modelar ejemplos del mundo real suele haber un límite superior en el número de premisas que soportan un I-nodo. Este límite puede ser definido como $p = 5$ en el peor de los casos, donde $p \in O(1)$. Bajo esta suposición, podemos concluir que la complejidad computacional del proceso de etiquetado es $O(m \times t)$.*$\square$

La semántica de un grafo argumentativo está determinada por las posibles soluciones para el sistema de ecuaciones EQS. En este sentido, cada conjunto de valores que satisface el sistema de ecuaciones es un etiquetado válido para el grafo G_Φ. Así, el conjunto de etiquetados que satisface al sistema EQS representan el espacio de soluciones para las variables μ_i^X y δ_i^X asociadas a cada I-nodo X de G_Φ.

Definición 62 (Etiquetado Válido para un LAF) *Sea $\Phi = \langle \mathcal{L}, \mathcal{R}, \mathcal{K}, \mathcal{A}, \mathcal{F} \rangle$ un LAF, G_Φ el grafo argumentativo asociado, y EQS el sistema de ecuaciones que modela el comportamiento del conocimiento en G_Φ. Un etiquetado válido para G_Φ, denotado como $\mathcal{V}(\Phi)$, es todo conjunto de valuaciones μ_i^X y δ_i^X que constituye una solución a EQS.*

Teorema 8.1 (Convergencia) *Sea $\Phi = \langle \mathcal{L}, \mathcal{R}, \mathcal{K}, \mathcal{A}, \mathcal{F} \rangle$ un LAF, G_Φ el grafo argumentativo asociado, y sean S_1 y S_2 dos secuencias de etiquetado distintas para un grafo argumentativo G_Φ, donde S_1 genera el sistema de ecuaciones EQS_1 y S_2 genera el sistema EQS_2. Entonces, podemos asegurar que $EQS_1 = EQS_2$.*

<u>Demostración:</u> *Supongamos por el absurdo que* $EQS_1 \neq EQS_2$*. Luego, o bien* $EQS_1 \nsubseteq EQS_2$*, o* $EQS_2 \nsubseteq EQS_1$*, o ambas. Supongamos sin pérdida de generalidad que* $EQS_1 \nsubseteq EQS_2$*. Por la* Definición 61 *el procedimiento de etiquetado no depende del orden en el cual se realiza el análisis del grafo sino de la relaciones existentes entre las piezas de conocimiento (I-nodos) que se encuentran disponible en la base de conocimiento* $\mathcal{K}$ *o es derivada de* $\mathcal{K}$ *por la aplicación de una regla de inferencia de* $\mathcal{R}$*. De esta manera, si existen ecuaciones en* EQS_1 *que no existen en* EQS_2 *significa que existen relaciones que fueron analizadas en la secuencia* S_1 *y no fueron recorridas por la secuencia* S_2*. Contradicción, ya que* S_1 *y* S_2 *son secuencias de un procedimiento que recorre en profundidad y anchura el grafo argumentativo* G_Φ*, estableciendo el mismo comportamiento del conocimiento contenido en* G_Φ*.* $\square$

El conjunto de etiquetados que satisface al sistema EQS representa el espacio de soluciones para las variables μ_i^X y δ_i^X asociadas a cada I-nodo X de G_Φ, donde las valuaciones μ_i^X y δ_i^X satisfacen las propiedades presentadas en el siguiente lema.

Lema 8.1 *Sea* $\Phi = \langle \mathcal{L}, \mathcal{R}, \mathcal{K}, \mathcal{A}, \mathcal{F} \rangle$ *un LAF,* G_Φ *el grafo argumentativo asociado a* Φ*,* $\mathcal{V}(\Phi)$ *un etiquetado válido* G_Φ*, y* X *un I-nodo de* G_Φ*. Entonces, las etiquetas* μ_i^X *y* δ_i^X*, de cada álgebra de etiquetas argumentales* $\mathbf{A}_i \in \mathcal{A}$*, asociadas al I-nodo* X *satisfacen que:*

i) $\delta_i^X \leq \mu_i^X$*;*

ii) si $\mu_i^X = \bot_i$*, se cumple que* $\delta_i^X = \bot_i$*;*

iii) si $\mu_i^{\overline{X}} = \bot_i$*, entonces* $\delta_i^X = \mu_i^X$*;*

vi) si $\mu_i^X \leq \mu_i^{\overline{X}}$*, entonces* $\delta_i^X = \bot_i$*;*

<u>Demostración:</u> *según los introducido hasta este momento la etiqueta* μ_i^X *representa la valuación de soporte para un determinado I-nodo* X*, mientras que* δ_i^X *representa su valuación debilitada. Asimismo, el procedimiento de etiquetado presentado en la* Definición 61 *establece una dependencia entre* μ_i^X *y* δ_i^X*, ya que para poder computar la valuación debilitada de un I-nodo es necesario conocer la valuación de soporte/agregación tanto de* X *como de* $\overline{X}$*. Luego, por las condiciones que debe satisfacer todo operador de conflicto* $\ominus$ *se cumple que* $\mu_i^X \ominus \mu_i^{\overline{X}} \leq \mu_i^X$ *satisfaciendo i).*

Por i) se sabe que $\delta_i^X \leq \mu_i^X$*. Además, al definir un dominio de etiquetas argumentales se establece que* $\top_i$ *es la máxima valuación que puede ser asignada a una determinada* *etiqueta y el elemento neutro para el operador* $\odot$*, mientras que* $\bot_i$ *es la mínima valuación posible y el elemento neutro para los operadores* $\ominus$ *y* $\oplus$*. Luego, si* $\mu_i^X = \bot_i$ *y* $\mu_i^X \ominus \mu_i^{\overline{X}} \leq \mu_i^X$ *entonces* $\delta_i^X = \bot_i$*, satisfaciendo ii). Asimismo, si* $\mu_i^{\overline{X}} = \bot_i$ *entonces* $\mu_i^X \ominus \mu_i^{\overline{X}} = \mu_i^X$ *ya que, como mencionamos anteriormente,* $\bot_i$ *es el elemento neutro para el operador* $\ominus$*, satisfaciendo iii).*

Por otro lado, en base a las condiciones definidas para un operador de conflicto $\ominus$ *se cumple que, si el I-nodo que soporta una conclusión* X *es a lo sumo tan fuerte (en un sentido específico) como el I-nodo que soporta la conclusión contraria* $\overline{X}$*, entonces la fuerza de* X *se verá neutralizada por la fuerza de* $\overline{X}$ *para toda operación de conflicto* $\ominus$*, satisfaciendo iv).*$\square$

La siguiente propiedad muestra algunos de los principios fundamentales – que pueden ser mapeados directamente a los principios establecidos por Cayrol y Lagasquie-Schiex en [CLS05a] – que satisfacen todas las valoraciones definidas según el esquema propuesto en este trabajo:

Propiedad 8.1 (Principios Fundamentales) *Las valuaciones brindadas por el proceso de etiquetado de un grafo argumentativo asociado a un instancia de* LAF (Definition 61) *respeta los siguientes principios:*

- P_1 *La valoración debilitada es igual a la valoración agregada para los argumentos sin atacantes, y para un argumento atacado pero invicto, la valuación debilitada es inferior a la valuación agregada siempre que los argumentos atacantes sean lo suficientemente fuertes como para debilitarlo.*

- P_2 *La valoración debilitada para un argumento depende, de manera no incremental, de la valoración agregada del argumento atacante.*

- P_3 *Las valoraciones de los argumentos que soportan un conclusión* X *contribuyen para aumentar la valoración agregada de* X*, y por esta razón aumentan directamente la fuerza del ataque al argumento que soporta la conclusión opuesta* $\overline{X}$*.*

Una vez determinado un conjunto de etiquetados válidos para un grafo G_Φ podría ser interesante analizar dicho conjunto con el fin de optimizar las características asociadas a ciertas piezas de conocimiento. Para alcanza este objetivo introduciremos ecuaciones de la forma $maximizar(\mu_i^X)$ o $minimizar(\mu_i^X)$ las cuales llamaremos funciones objetivos del sistema EQS [Ren95], y serán definidas en función de las necesidades del usuario.

Observación: *si* EQS^* *es el sistema de ecuaciones extendido con un conjunto de funciones objetivos, entonces el conjunto de etiquetado válidos para* EQS^* *es un subconjunto del conjunto de etiquetados válidos para* EQS*.*

Ejemplo 8.3 (Continuación Ejemplo 8.1) *Consideremos nuevamente la configuración del* Ejemplo 8.1*. El siguiente sistema de ecuaciones representa las restricciones que deben satisfacer todas las valoraciones asociadas con el conocimiento del grafo argumentativo* G_Φ *para una instancia específica del LAF. Por razones de legibilidad, no se incluyen las ecuaciones que determinan las valoraciones de los nodos hoja de* G_Φ*, ya que son triviales. Asimismo, se describe de manera general el comportamiento de todos los atributos asociados a los I-nodos de* G_Φ *con la intención de no duplicar dicho sistema tanto para el atributo de precisión como para el de preferencia.*

$$\begin{cases}
\mathsf{e}_1 : \mu_i^{\mathtt{P(a)}} = (\delta_i^{\mathtt{Q(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_1}) \oplus (\delta_i^{\mathtt{U(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_3}) \\
\mathsf{e}_2 : \mu_i^{\mathtt{Q(a)}} = (\delta_i^{\mathtt{R(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{S(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_2}) \oplus \mathcal{F}(\mathtt{Q(a)}) \\
\mathsf{e}_3 : \delta_i^{\mathtt{Q(a)}} = \mu_i^{\mathtt{Q(a)}} \ominus \mu_i^{\sim\mathtt{Q(a)}} \\
\mathsf{e}_4 : \mu_i^{\sim\mathtt{Q(a)}} = \delta_i^{\mathtt{M(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_4} \\
\mathsf{e}_5 : \delta_i^{\sim\mathtt{Q(a)}} = \mu_i^{\sim\mathtt{Q(a)}} \ominus \mu_i^{\mathtt{Q(a)}} \\
\mathsf{e}_6 : \mu_i^{\mathtt{M(a)}} = \delta_i^{\mathtt{N(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_5} \\
\mathsf{e}_7 : \delta_i^{\mathtt{M(a)}} = \mu_i^{\mathtt{M(a)}} \ominus \mu_i^{\sim\mathtt{M(a)}} \\
\mathsf{e}_8 : \delta_i^{\sim\mathtt{M(a)}} = \mu_i^{\sim\mathtt{M(a)}} \ominus \mu_i^{\mathtt{M(a)}} \\
\mathsf{e}_9 : \delta_i^{\mathtt{N(a)}} = \mu_i^{\mathtt{N(a)}} \ominus \mu_i^{\sim\mathtt{N(a)}} \\
\mathsf{e}_{10} : \delta_i^{\sim\mathtt{N(a)}} = \mu_i^{\sim\mathtt{N(a)}} \ominus \mu_i^{\mathtt{N(a)}} \\
\mathsf{e}_{11} : \mu_i^{\sim\mathtt{M(a)}} = \delta_i^{\mathtt{K(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_6} \\
\mathsf{e}_{12} : \mu_i^{\sim\mathtt{N(a)}} = \delta_i^{\sim\mathtt{M(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_7} \\
\mathsf{e}_{13} : \delta_i^{\mathtt{P(a)}} = \mu_i^{\mathtt{P(a)}} \ominus \mu_i^{\sim\mathtt{P(a)}} \\
\mathsf{e}_{14} : \delta_i^{\sim\mathtt{P(a)}} = \mu_i^{\sim\mathtt{P(a)}} \ominus \mu_i^{\mathtt{P(a)}} \\
\mathsf{e}_{15} : \mu_i^{\sim\mathtt{P(a)}} = \delta_i^{\mathtt{L(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_8} \\
\mathsf{e}_{16} : \mu_i^{\mathtt{L(a)}} = (\delta_i^{\mathtt{E(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_9}) \oplus (\delta_i^{\mathtt{O(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_{10}}) \\
\mathsf{e}_{17} : \delta_i^{\mathtt{L(a)}} = \mu_i^{\mathtt{L(a)}}
\end{cases}$$

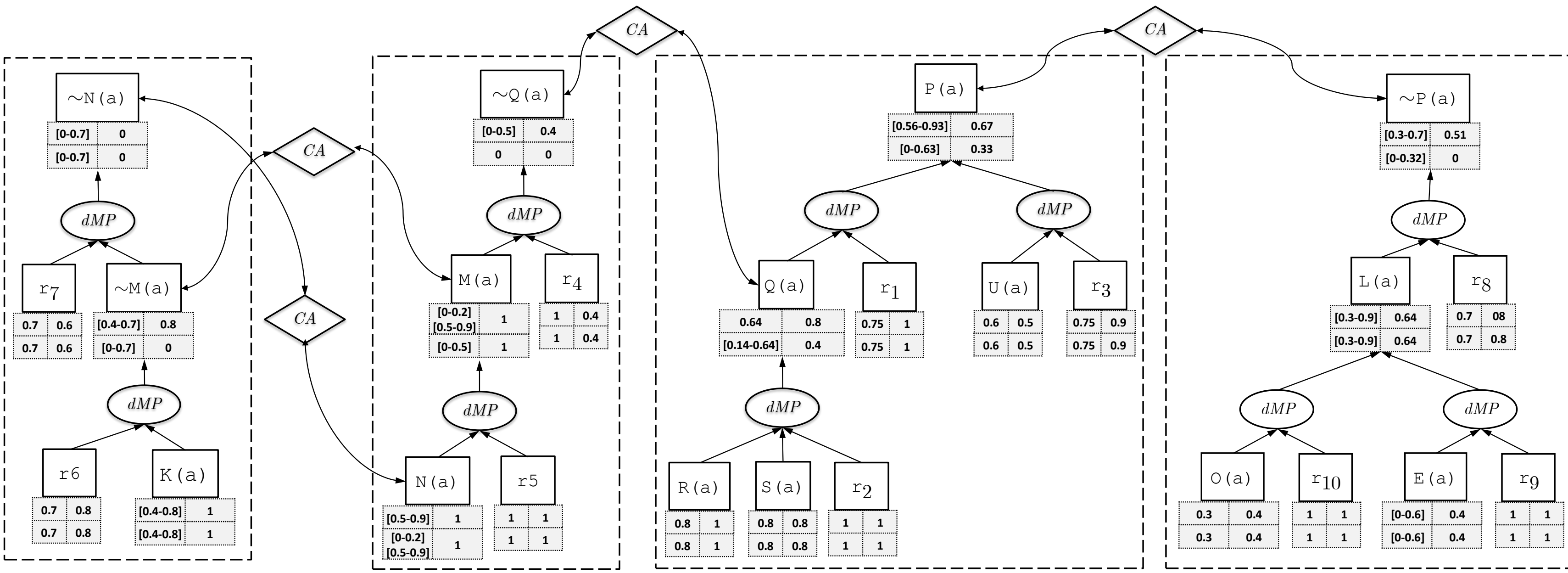


Figura 8.3: Etiquetados válidos para el grafo argumentativo G_Φ

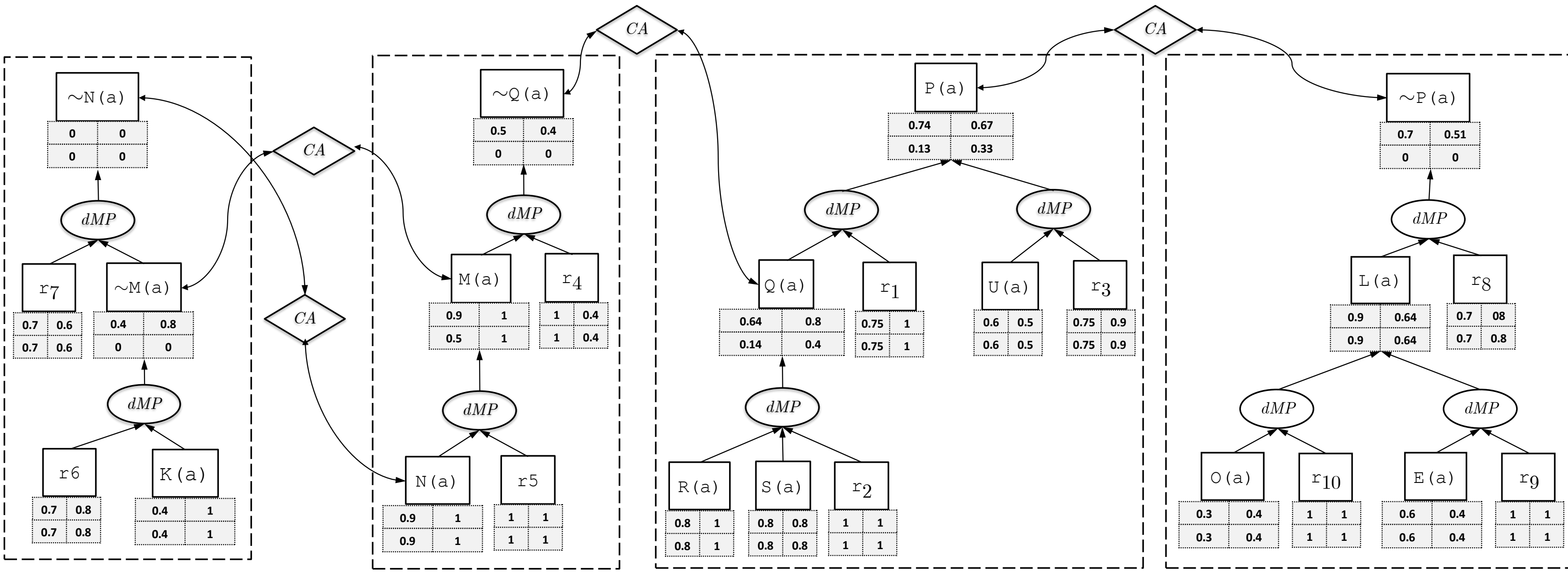


Figura 8.4: Etiquetados válidos para el grafo argumentativo G_Φ con valuaciones optimizadas

La Figura 8.3 *representa las posibles soluciones al sistema de ecuaciones que representan los etiquetados válidos para el grafo argumentativo G_Φ teniendo en cuenta tanto las agregaciones de razones que soportan una misma afirmación como los ciclos de conflictos (simples y múltiples), donde es posible notar cómo los argumentos que soportan conclusiones contradictorias son afectados representando el mutuo debilitamiento de los argumentos que soportan razones contrapuestas.*

Por otro lado, supongamos que es de nuestro interés maximizar las valuaciones de precisión y preferencia asociadas a las piezas de conocimiento $\mu_i^{\mathtt{N(a)}}$ y $\mu_i^{\mathtt{E(a)}}$, y minimizar las valuaciones asociadas a la pieza de conocimiento $\mu_i^{\mathtt{K(a)}}$. Para ello, se adjuntará al sistema de ecuaciones presentado anteriormente las funciones objetivos maximizar($\mu_i^{\mathtt{N(a)}}$), maximizar($\mu_i^{\mathtt{E(a)}}$) *y* minimizar($\mu_i^{\mathtt{K(a)}}$)*, obteniendo el etiquetado válido representado en la Figura 8.4.*

Como se mencionó anteriormente, en ciertas aplicaciones del mundo real se deben tomar decisiones que satisfagan ciertas metas o requisitos que dependen del dominio de la aplicación. Por ejemplo, podría ser necesario tomar una decisión en base a conocimientos que posee un cierto nivel de precisión o preferencia. En este sentido, se definirá un umbral que determina las características mínimas que un argumento debe poseer para formar parte del proceso argumentativo, y verificar que cada pieza de conocimiento que forma parte de un argumento satisface el conjunto de condiciones impuestas por el umbral establecido. A continuación presentaremos una versión alternativa al procedimiento de etiquetado presentado en la *Definición* 61 donde consideraremos un umbral de calidad, bajo la forma de una n-tupla, que permita decidir si un argumento será parte de la discusión argumentativa.

Definición 63 (Procedimiento de Etiquetado en base a un Umbral de Calidad) *Sea $\Phi = \langle \mathcal{L}, \mathcal{R}, \mathcal{K}, \mathcal{A}, \mathcal{F} \rangle$ un LAF, G_Φ el grafo argumentativo asociado a Φ, y $\boldsymbol{\tau} = (\tau_1, \ldots, \tau_n) \in \mathsf{A}_1 \times \ldots \times \mathsf{A}_n$ un umbral de calidad, donde τ_i es un elemento distintivo en A_i, $i = 1, \ldots, n$ que establece el umbral para la etiqueta correspondiente. Las valuaciones μ_i^X y δ_i^X asociada con un I-nodo X de G_Φ son determinadas de acuerdo a las siguientes ecuaciones:*

i) si X no posee aristas de llegada, entonces X tiene una valuación que le corresponde como un elemento de $\mathcal{K}$ definida como:

- $\mu_i^X = \mathcal{F}(X)$ *si* $\mathcal{F}(X) \geq \tau_i$,
- $\mu_i^X = \perp$ *en otros casos.*

ii) *si* X *posee entrada de una arista proveniente de un CA-nodo representando un conflicto con el I-nodo* $\overline{X}$*, entonces:*

- $\delta_i^X = \mu_i^X \ominus \ \mu_i^{\overline{X}}$ *si* $\mu_i^X \ominus \ \mu_i^{\overline{X}} \geq \tau_i$,
- $\delta_i^X = \perp$ *en otros casos.*

si no existe un I-nodo $\overline{X}$*, entonces*

- $\delta_i^X = \mu_i^X$.

iii) *Si* X *es un elemento de* $\mathcal{K}$ *con aristas de llegadas provenientes de los RA-nodos* $R_1, \ldots, R_k$ *donde cada* R_s *tiene premisas* $X_1^{R_s}, \ldots, X_{n_s}^{R_s}$*, entonces:*

- $\mu_i^X = F(X) \oplus \left[\oplus_{s=1}^k \left(\odot_{t=1}^n \delta_i^{X_t^{R_s}}\right)\right]$ *si* $F(X) \oplus \left[\oplus_{s=1}^k \left(\odot_{t=1}^n \delta_i^{X_t^{R_s}}\right)\right] \geq \tau_i$,
- $\mu_i^X = \perp$ *en otro caso.*

Si X *no es un elemento de* $\mathcal{K}$ *y posee aristas de llegadas provenientes de los RA-nodos* $R_1, \ldots, R_k$ *donde cada* R_s *tiene premisas* $X_1^{R_s}, \ldots, X_{n_s}^{R_s}$*, entonces:*

- $\mu_i^X = \oplus_{s=1}^k \left(\odot_{t=1}^n \delta_i^{X_t^{R_s}}\right)$ *si* $\oplus_{s=1}^k \left(\odot_{t=1}^n \delta_i^{X_t^{R_s}}\right) \geq \tau_i$,
- $\mu_i^X = \perp$ *en otro caso.*

Para conseguir resolver esta ecuación, primero usamos la operación de soporte aplicada a las valoraciones debilitadas asignadas a las premisas de cada uno de las reglas R_s *que forman el cuerpo de un argumento que soporta la conclusión* X*, y luego calculamos la agregación de todos estos argumentos considerando las condiciones impuestas por el umbral.*

Este nuevo procedimiento de etiquetado generará un sistema de ecuaciones donde se encuentra reflejada las restricciones de calidad impuestas por el umbral. De esta manera, si la calidad del conocimiento que se obtiene del dominio no supera el umbral establecido dichas piezas de conocimiento no producirán ninguna influencia sobre el resto del modelo argumentativo. Este procedimiento puede interpretarse como una depuración del modelo en donde se excluye todo el conocimiento que no es relevante para el usuario. En consecuencia, es el usuario quien debe tomar una decisión sobre la calidad de los argumentos que participarán del debate argumentativo.

Existen diferentes posturas que el usuario puede adoptar para establecer un umbral de calidad. Por ejemplo, la valuación $\top$ representa el mayor nivel de calidad para un determinado atributo, pero si se establece como el nivel de calidad mínimo podría resultar demasiado estricto incluso para un enfoque escéptico. Por otro lado, se podría analizar un grafo argumentativo bajo un determinado etiquetado válido distinguiendo la máxima y mínima valuación asociada a una determinada característica, y luego tomar como umbral un punto medio o simplemente una de las dos valuaciones. Otra posibilidad es establecer un umbral de calidad que represente una valuación intermedia entre la valuación máxima $\top$ y la mínima $\bot$. Es claro que cada una de estas posturas podrían parecer arbitrarias, sin embargo el significado de cada una de ellas dependerá del dominio de la aplicación, de los atributos que se asocien a los argumentos del modelo, y de la interpretación del usuario. En escenarios más realistas un umbral de calidad adecuado puede determinarse mediante un análisis más sofisticado del grafo argumentativo etiquetado en un sentido similar al presentado en [AK07] donde se analiza el "grado de incoherencia aceptable" en una base de conocimiento. Esta investigación es en sí mismo compleja y formará parte de los futuros trabajos de esta tesis.

Ejemplo 8.4 (Continuación Ejemplo 8.1) *Consideremos nuevamente la configuración del* Ejemplo 8.1. *El siguiente sistema de ecuaciones representa las restricciones que deben satisfacer todas las valoraciones asociadas con el conocimiento del grafo argumentativo G_Φ para una instancia especifica del LAF bajo un umbral de calidad $\boldsymbol{\tau} = (0.4, 0.4)$, donde el primer componente es el umbral de calidad que delimita el nivel de precisión, mientras que el segundo es el umbral de calidad que condiciona el nivel de preferencia. El umbral de calidad establecido para el ejemplo es puramente estratégico para analizar ciertas situaciones dentro del grafo argumentativo, sin embargo es posible aplicar cualquiera de las intuiciones presentadas anteriormente. Por razones de legibilidad, no se incluyen las ecuaciones que determinan las valoraciones de los nodos hoja de G_Φ, ya que son triviales. Asimismo, se describe de manera general el comportamiento de todos los atributos asociados a los I-nodos de G_Φ con la intención de no duplicar dicho sistema tanto para el atributo de precisión como para el de preferencia.*

$$
\left\{
\begin{array}{l}
\mathtt{e}_1 : \mu_i^{\mathtt{P(a)}} = \begin{cases} (\delta_i^{\mathtt{Q(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_1}) \oplus (\delta_i^{\mathtt{U(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_3}) & \textit{si}\ \ (\delta_i^{\mathtt{Q(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_1}) \oplus (\delta_i^{\mathtt{U(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_3}) \geq \tau_i \\ \bot_i & \textit{en otro caso} \end{cases} \\
\mathtt{e}_2 : \mu_i^{\mathtt{Q(a)}} = \begin{cases} (\delta_i^{\mathtt{R(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{S(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_2}) \oplus \mathcal{F}(\mathtt{Q(a)}) & \textit{si}\ \ (\delta_i^{\mathtt{R(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{S(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_2}) \oplus \mathcal{F}(\mathtt{Q(a)}) \geq \tau_{\mathtt{i}} \\ \bot_i & \textit{en otro caso} \end{cases} \\
\mathtt{e}_3 : \delta_i^{\mathtt{Q(a)}} = \begin{cases} \mu_i^{\mathtt{Q(a)}} \ominus \mu_i^{\sim\mathtt{Q(a)}} & \textit{si}\ \ \mu_i^{\mathtt{Q(a)}} \ominus \mu_i^{\sim\mathtt{Q(a)}} \geq \tau_i \\ \bot_i & \textit{en otro caso} \end{cases} \\
\mathtt{e}_4 : \mu_i^{\sim\mathtt{Q(a)}} = \begin{cases} \delta_i^{\mathtt{M(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_4} & \textit{si}\ \ \delta_i^{\mathtt{M(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_4} \geq \tau_i \\ \bot_i & \textit{en otro caso} \end{cases} \\
\mathtt{e}_5 : \delta_i^{\sim\mathtt{Q(a)}} = \begin{cases} \mu_i^{\sim\mathtt{Q(a)}} \ominus \mu_i^{\mathtt{Q(a)}} & \textit{si}\ \ \mu_i^{\sim\mathtt{Q(a)}} \ominus \mu_i^{\mathtt{Q(a)}} \geq \tau_i \\ \bot_i & \textit{en otro caso} \end{cases} \\
\mathtt{e}_6 : \mu_i^{\mathtt{M(a)}} = \begin{cases} \delta_i^{\mathtt{N(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_5} & \textit{si}\ \ \delta_i^{\mathtt{N(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_5} \geq \tau_i \\ \bot_i & \textit{en otro caso} \end{cases} \\
\mathtt{e}_7 : \delta_i^{\mathtt{M(a)}} = \begin{cases} \mu_i^{\mathtt{M(a)}} \ominus \mu_i^{\sim\mathtt{M(a)}} & \textit{si}\ \ \mu_i^{\mathtt{M(a)}} \ominus \mu_i^{\sim\mathtt{M(a)}} \geq \tau_i \\ \bot_i & \textit{en otro caso} \end{cases} \\
\mathtt{e}_8 : \delta_i^{\sim\mathtt{M(a)}} = \begin{cases} \mu_i^{\sim\mathtt{M(a)}} \ominus \mu_i^{\mathtt{M(a)}} & \textit{si}\ \ \mu_i^{\sim\mathtt{M(a)}} \ominus \mu_i^{\mathtt{M(a)}} \geq \tau_i \\ \bot_i & \textit{en otro caso} \end{cases} \\
\mathtt{e}_9 : \delta_i^{\mathtt{N(a)}} = \begin{cases} \mu_i^{\mathtt{N(a)}} \ominus \mu_i^{\sim\mathtt{N(a)}} & \textit{si}\ \ \mu_i^{\mathtt{N(a)}} \ominus \mu_i^{\sim\mathtt{N(a)}} \geq \tau_i \\ \bot_i & \textit{en otro caso} \end{cases} \\
\mathtt{e}_{10} : \delta_i^{\sim\mathtt{N(a)}} = \begin{cases} \mu_i^{\sim\mathtt{N(a)}} \ominus \mu_i^{\mathtt{N(a)}} & \textit{si}\ \ \mu_i^{\sim\mathtt{N(a)}} \ominus \mu_i^{\mathtt{N(a)}} \geq \tau_i \\ \bot_i & \textit{en otro caso} \end{cases} \\
\mathtt{e}_{11} : \mu_i^{\sim\mathtt{M(a)}} = \begin{cases} \delta_i^{\mathtt{K(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_6} & \textit{si}\ \ \delta_i^{\mathtt{K(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_6} \geq \tau_i \\ \bot_i & \textit{en otro caso} \end{cases} \\
\mathtt{e}_{12} : \mu_i^{\sim\mathtt{N(a)}} = \begin{cases} \delta_i^{\sim\mathtt{M(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_7} & \textit{si}\ \ \delta_i^{\sim\mathtt{M(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_7} \geq \tau_i \\ \bot_i & \textit{en otro caso} \end{cases} \\
\mathtt{e}_{13} : \delta_i^{\mathtt{P(a)}} = \begin{cases} \mu_i^{\mathtt{P(a)}} \ominus \mu_i^{\sim\mathtt{P(a)}} & \textit{si}\ \ \mu_i^{\mathtt{P(a)}} \ominus \mu_i^{\sim\mathtt{P(a)}} \geq \tau_i \\ \bot_i & \textit{en otro caso} \end{cases} \\
\mathtt{e}_{14} : \delta_i^{\sim\mathtt{P(a)}} = \begin{cases} \mu_i^{\sim\mathtt{P(a)}} \ominus \mu_i^{\mathtt{P(a)}} & \textit{si}\ \ \mu_i^{\sim\mathtt{P(a)}} \ominus \mu_i^{\mathtt{P(a)}} \geq \tau_i \\ \bot_i & \textit{en otro caso} \end{cases} \\
\mathtt{e}_{15} : \mu_i^{\sim\mathtt{P(a)}} = \begin{cases} \delta_i^{\mathtt{L(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_8} & \textit{si}\ \ \delta_i^{\mathtt{L(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_8} \geq \tau_i \\ \bot_i & \textit{en otro caso} \end{cases} \\
\mathtt{e}_{16} : \mu_i^{\mathtt{L(a)}} = \begin{cases} (\delta_i^{\mathtt{E(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_9}) \oplus (\delta_i^{\mathtt{O(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_{10}}) & \textit{si}\ \ (\delta_i^{\mathtt{E(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_9}) \oplus (\delta_i^{\mathtt{O(a)}} \odot \delta_i^{\mathtt{r}_{10}}) \geq \tau_i \\ \bot_i & \textit{en otro caso} \end{cases} \\
\mathtt{e}_{17} : \delta_i^{\mathtt{L(a)}} = \begin{cases} \mu_i^{\mathtt{L(a)}} & \textit{si}\ \ \mu_i^{\mathtt{L(a)}} \geq \tau_i \\ \bot_i & \textit{en otro caso} \end{cases}
\end{array}
\right.
$$

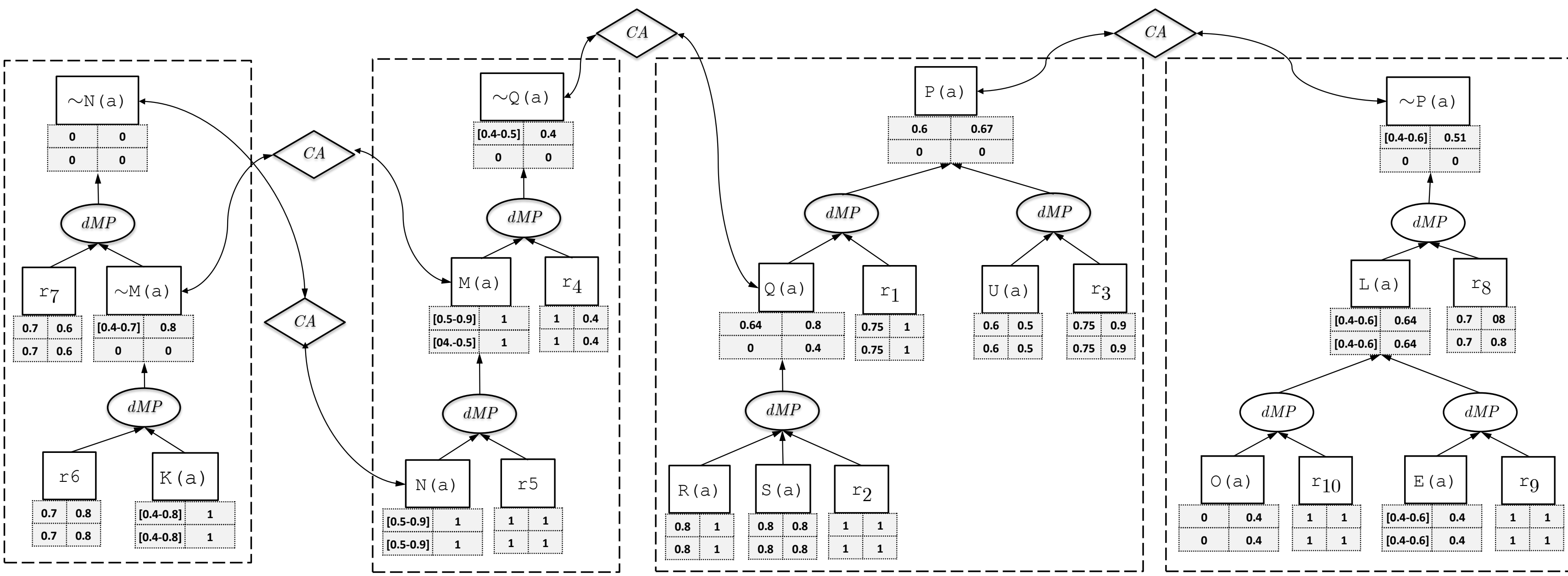


Figura 8.5: Etiquetados válidos para el grafo argumentativo G_Φ para un umbral de calidad $\boldsymbol{\tau} = (0.4, 0.4)$

La Figura 59 *muestra las posibles soluciones al sistema de ecuaciones EQS que representan los posibles etiquetado válidos para el grafo argumentativo G_Φ, teniendo en cuenta las condiciones establecidas por el umbral de calidad. En base a esta nueva información podemos extraer las siguientes conclusiones: los argumentos que soportan a los literales* ∼`N(a)` *y* ∼`Q(a)` *fueron afectados por las limitaciones impuestas en el umbral con respecto a la precisión del conocimiento. En este caso, la precisión del argumento que soporta* ∼`N(a)` *fue neutralizada, mientras que la precisión de soporte para el argumento que apoya al literal* ∼`Q(a)` *fue acotada al intervalo* $[0.4 - 0.5]$. *Asimismo, el ataque de este último neutraliza la precisión de uno de los argumentos que soporta el literal* `P(a)`, *disminuyendo de esta manera la precisión agregada de dicha pieza de conocimiento. Por otro lado, la precisión de soporte asociada al literal* ∼`P(a)` *fue acotada al intervalo* $[0.4 - 0.6]$, *ya que la precisión de uno de los argumentos que apoya la misma fue neutralizada por las condiciones impuestas por el umbral. Finalmente, los niveles de precisión y preferencia para los literales* ∼`P(a)` *y* `P(a)` *fueron neutralizados por no superar las restricciones establecidas.*

8.2. Respuestas y Aceptabilidad de Argumentos

Una vez que las valuaciones asociadas a los I-nodos de G_Φ son conocidas, es posible determinar sus estados de aceptabilidad a partir de dicha información. En este sentido, la aceptabilidad de un I-nodo dependerá de las características finales que tiene asignado, ya que éstas reflejan los efectos del comportamiento del conocimiento en el dominio de la argumentación. Cabe aclarar que, a partir del estado de aceptabilidad asignada a una determinada sentencia es posible obtener el estado de aceptabilidad asociada al argumento que soporta la misma, ya que dicha sentencia representa los atributos de toda la estructura argumental que la soporta. A continuación introduciremos las nociones de aceptabilidad que serán de utilidad para determinar los estados de los I-nodos que forman parte de un grafo argumentativo en la instancia de un marco argumentativo etiquetado. Como explicamos en la *Sección* 2.4 del *Capítulo* 2, la definición de los estados de aceptabilidad asociada a las piezas de conocimiento varían de un marco o sistema argumentativo a otro. Por ejemplo, Elvang-Goransson *et.al* en [EGKF93] definieron diferentes clases de aceptabilidad donde cada clase tiene asociada un calificador lingüístico, tales como `Soportado`, `Plausible`, `Probable`, `Confirmado`, y `Asegurado`. De esta manera, se analizan todos los argumentos que forman parte de un cierto modelo argumentativo para determinar a qué clase pertenecen los mismos. Luego, se asocia a cada uno de los argumentos el calificador correspondiente según la clase a la cual pertenecen. Por otro lado, desde un punto de vista clásico, los argumentos pueden tener asociado los estados `Aceptado`, `Rechazado`, o `Ideciso` como fue propuesto en el marco argumentativo abstracto de Dung [Dun95], o simplemente, `Aceptado` y `Rechazado` como se estableció en el sistema argumentativo lógico rebatible de García *et.al* en [GS04]. En un sentido general, el análisis de la aceptabilidad de los argumentos que modelan una situación particular del mundo real dependerá de la información que se disponga de cada uno de ellos y del propósito de cada formalismo.

Partiendo de esta discusión, analizaremos la aceptabilidad de las piezas de conocimiento de un grafo argumentativo desde dos perspectivas: una visión clásica donde se modela la dicotomía de la aceptabilidad del conocimiento, y una visión vanguardista donde se representa la gradualidad de la aceptabilidad del conocimiento. A continuación introduciremos formalmente las herramientas que nos ayudarán a determinar el estado de aceptabilidad de cada pieza de conocimiento que forme parte de un determinado grafo argumentativo, y finalmente aplicaremos estas nociones de aceptabilidad sobre el ejemplo que se fue trabajando a lo largo de este capítulo.

Definición 64 (Proceso de Asignación de Estados de Aceptabilidad Clásica) *Sea* $\Phi = \langle \mathcal{L}, \mathcal{R}, \mathcal{K}, \mathcal{A}, \mathcal{F} \rangle$ *un LAF,* G_Φ *el grafo argumentativo asociado a* Φ*, y* X *un I-nodo de* G_Φ*. En base a cada una de las álgebras* A_i *de* $\mathcal{A}$*, que representan una característica asociada a cada I-nodo* X*, con el elemento neutro* $\perp_i$ *para los operadores* $\oplus$ *y* $\ominus$*, entonces* X *tiene asignado el estado:*

- `Aceptado` *si y sólo si* $\delta_i^X \neq \perp_i$ *para cada* $1 \leq i \leq n$.
- `Rechazado` *si y sólo si* $\delta_i^X = \perp_i$ *para algún* $1 \leq i \leq n$.

Denotaremos como $\mathtt{S}_c$ *a una asignación de estados clásica para cada I-nodo que integra el grafo argumentativo* G_Φ*.*

En base a la noción de aceptabilidad clásica, un I-nodo X será `Aceptado` si sus características finales no fueron neutralizadas por la fuerza del I-nodo $\sim X$, o si las características de X satisfacen las condiciones impuestas por el umbral de calidad, dependiendo del enfoque que fue utilizado para modelar el dominio de la aplicación. La asignación de un estado de aceptabilidad a cada I-nodo que forma parte de un grafo argumentativo es útil en el proceso de toma de decisiones, ya que especifica una postura sobre la información que el I-nodo representa. La siguiente proposición es inmediata a la anterior definición.

Proposición 8.2 *Sea Φ un LAF, G_Φ el grafo argumentativo asociado a Φ, y $\mathcal{V}(\Phi)$ un etiquetado válido G_Φ. Entonces, la asignación $\mathtt{S}_c$ es única.*

<u>*Demostración:*</u> *como consecuencia de la* Definición 62*, cada I-nodo del grafo G_Φ posee una etiqueta argumentativa que refleja sus características finales al analizar su comportamiento en el dominio de la argumentación. Luego, como consecuencia de la* Definición 64*, la aceptabilidad de un I-nodo en base al enfoque clásico establece una dicotomía en su aceptabilidad imposibilitando que un mismo I-nodo se encuentre aceptado y rechazado a la vez, para un determinado etiquetado válido.* $\square$

Teorema 8.2 (Consistencia de I-nodos Aceptados para una Aceptabilidad) *Sea $\Phi = \langle \mathcal{L}, \mathcal{R}, \mathcal{K}, \mathcal{A}, \mathcal{F} \rangle$ un LAF, G_Φ el grafo argumentativo asociado a Φ, y $\mathtt{S}_c$ la asignación de estados clásica que asocia un estado de aceptabilidad a cada I-nodo de G_Φ. Sean X y $\overline{X}$ dos I-nodos de G_Φ representando información en conflicto. Se cumple que, si X se encuentra* `Aceptado` *entonces $\overline{X}$ se encuentra* `Rechazado`*, y viceversa.*

<u>*Demostración:*</u> *Supongamos por el absurdo que X y $\sim\!X$ se encuentran* `Aceptados` *de forma simultánea. Entonces, por la* Definición 64 *tenemos que par algún atributo i se cumple que $\delta_i^X \neq \bot_i$ y $\delta_i^{\overline{X}} \neq \bot_i$. Tomaremos el enfoque de etiquetado donde no se considere un umbral de calidad, sin embargo, tenga en cuenta que la demostración para tal enfoque es análoga a la presentada a continuación adicionando los casos triviales en donde las características de los I-nodos no superan las restricciones impuestas por el umbral.*

- *Por un lado, supongamos que $\delta_i^X \leq \delta_i^{\overline{X}}$. Por la Definición 61, tenemos que $\delta_i^X = \mu_i^X \ominus \mu_i^{\overline{X}}$ y $\delta_i^{\overline{X}} = \mu_i^{\overline{X}} \ominus \mu_i^X$. En este sentido, podemos decir que $\mu_i^X \ominus \mu_i^{\overline{X}} \leq \mu_i^{\overline{X}} \ominus \mu_i^X$. Para que esta desigualdad se cumpla se debe verificar que $\mu_i^X \leq \mu_i^{\overline{X}}$. Luego, por la condición iv) del* Lema 8.1 *tenemos que $\delta_i^X = \bot_i$. Finalmente, por la* Definición 64*, X tiene asignado el estado* `Rechazado`*, y $\overline{X}$ tiene asignado el estado* `Aceptado`*. Contradicción.*

- *Por otro lado, supongamos que $\delta_i^X > \delta_i^{\overline{X}}$. Por la Definición 61, tenemos que $\delta_i^X = \mu_i^X \ominus \mu_i^{\overline{X}}$ y $\delta_i^{\overline{X}} = \mu_i^{\overline{X}} \ominus \mu_i^X$. En este sentido, podemos decir que $\mu_i^X \ominus \mu_i^{\overline{X}} > \mu_i^{\overline{X}} \ominus \mu_i^X$. Para que esta desigualdad se cumpla se debe verificar que $\mu_i^X > \mu_i^{\overline{X}}$. Luego, por la condición iv) del* Lema8.1 *tenemos que $\delta_i^{\overline{X}} = \bot_i$. Finalmente, por la* Definición 64*, $\overline{X}$ tiene asignado el estado* `Rechazado`*, y X tiene asignado el estado* `Aceptado`*. Contradicción.*

En conclusión, se puede asegurar que dos I-nodos no pueden estar simultáneamente `Aceptados`*, puesto que si uno de ellos es* `Aceptado` *bajo un atributo i el I-nodo que representa la información opuesta debe estar necesariamente* `Rechazado`.□

Definición 65 (Proceso de Asignación de Estados de Aceptabilidad Graduales) *Sea $\Phi = \langle \mathcal{L}, \mathcal{R}, \mathcal{K}, \mathcal{A}, \mathcal{F} \rangle$ un LAF, G_Φ el grafo argumentativo asociado a Φ, y X un I-nodo de G_Φ. En base a cada una de las álgebras A_i de $\mathcal{A}$, que representan una característica asociada a cada I-nodo X, con el elemento neutro $\bot_i$ para los operadores $\oplus$ y $\ominus$, entonces X tiene asignado los siguientes estados:*

– `Asegurado` *si y sólo si $\delta_i^X = \top_i$.*

– `Incuestionado` *si y sólo si $\mu_i^X = \delta_i^X \neq \bot_i$.*

– `Debilitado` *si y sólo si $\bot_i < \delta_i^X < \mu_i^X$.*

– `Rechazado` *si y sólo si $\delta_i^X = \bot_i$.*

Finalmente, para cada I-nodo X formaremos un vector con los estados de aceptabilidad correspondientes a cada uno de sus atributos, y estableceremos al estado de aceptabilidad de menor grado como el estado final de X. Denotaremos como $\mathtt{S}_g$ a la asignación de estados para cada I-nodo que integra el grafo argumentativo G_Φ.

Tenga en cuenta que el estado de aceptabilidad final de un I-nodo X será `Asegurado` si todas las características asociadas a X poseen una valuación perfecta, mientras que en el otro extremo del espectro, si al menos un atributo de X se encuentra neutralizado por la fuerza del I-nodo $\overline{X}$ o no supera el umbral de calidad establecido para dicho atributo, entonces X es considerado como `Rechazado`. En la *Figura* 8.6, ilustraremos la noción introducida en la *Definición* 65 donde cada I-nodo del grafo G posee dos tipos de atributo, siguiendo con el ejemplo principal de este capítulo, *Precisión* y *Preferencia.*

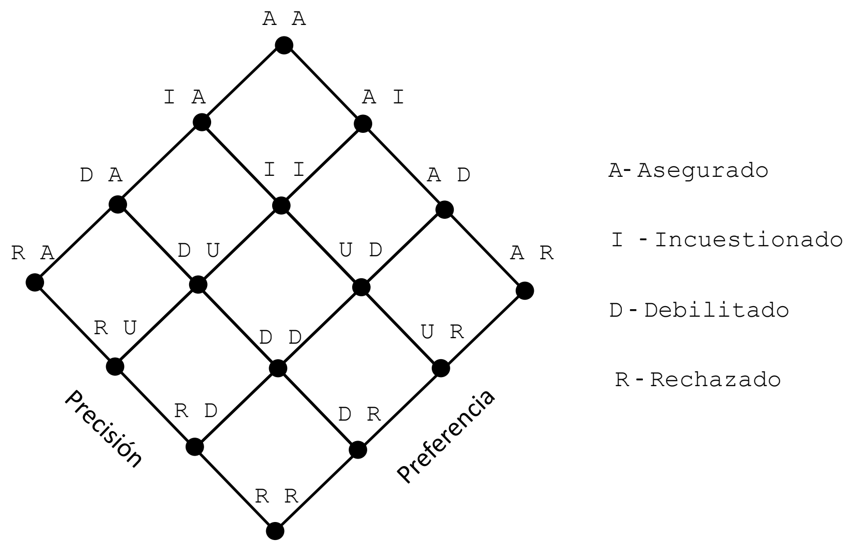


Figura 8.6: Grados de aceptabilidad para un I-nodo en base a dos atributos

Al aplicar el proceso de asignación de estados descripto anteriormente sobre un etiquetado válido específico asociado a un grafo argumentativo que representa el modelo del mundo real se puede inferir la siguiente proposición.

Proposición 8.3 *Sea Φ un LAF, G_Φ el grafo argumentativo asociado a Φ, y $\mathcal{V}(\Phi)$ un etiquetado válido G_Φ. Entonces, la asignación $\mathtt{S}_g$ es única.*

<u>*Demostración:*</u> *como consecuencia de la* Definición 62*, en base a un etiquetado válido cada I-nodo del grafo argumentativo G_Φ posee una etiqueta argumentativa que refleja sus características finales al analizar su comportamiento en el dominio de la argumentación. Luego, como consecuencia de la* Definición 65*, la aceptabilidad de un I-nodo se establece de acuerdo a las características que dicho I-nodo posee, donde cada estado de aceptabilidad representa una clase disjunta particionando el conjunto de I-nodos del grafo, para un determinado etiquetado válido.*$\square$

Teorema 8.3 (Consistencia de I-nodos Aceptados para una Aceptabilidad) *Sea $\Phi = \langle \mathcal{L}, \mathcal{R}, \mathcal{K}, \mathcal{A}, \mathcal{F} \rangle$ un LAF, G_Φ el grafo argumentativo asociado a Φ, y $\mathtt{S}_g$ la asignación de estados para cada I-nodo de G_Φ. Sea X y $\overline{X}$ dos I-nodos de G_Φ representando información en conflicto. Se cumple que, si X se encuentra* `Asegurado` (`Incuestionado` *o* `Debilitado`*, respectivamente*) *entonces $\overline{X}$ se encuentra* `Rechazado`*, y viceversa.*

<u>*Demostración:*</u> *en la siguiente prueba tomaremos el enfoque de etiquetado sin considerar un umbral de calidad, sin embargo, la demostración para tal enfoque es análoga a lo descripto a continuación adicionando los casos triviales en donde las características de los I-nodos no superan las restricciones impuestas por el umbral. Para probar este teorema en primer lugar verificaremos que para un determinado atributo i dos I-nodos que representan fórmulas en conflicto no pueden encontrarse aceptados (en alguno de sus grados) simultáneamente. Para ello analizaremos los siguientes casos:*

- *Supongamos que X y $\overline{X}$ poseen el estado de aceptabilidad* `Asegurado` *para un atributo i. Por hipótesis tenemos que $\delta_i^X = \top_i$ y $\delta_i^{\overline{X}} = \top_i$. Asimismo, por la condición $i)$ del* Lema 8.1 *verificamos que $\mu_i^X \geq \delta_i^X$, mientras que por la* Definición 61 *tenemos que $\delta_i^X = \mu_i^X \ominus \mu_i^{\overline{X}}$ y $\delta_i^{\overline{X}} = \mu_i^{\overline{X}} \ominus \mu_i^X$. Así, podemos deducir que $\delta_i^X = \top_i \ominus \top_i$ y $\delta_i^{\overline{X}} = \top_i \ominus \top_i$. Finalmente, en base a las propiedades del operador de conflicto establecidas en la* Definición 42 *podemos concluir que $\delta_i^X = \bot_i$ y $\delta_i^{\overline{X}} = \bot_i$. Contradicción.*

- *Supongamos que X tiene asociado el estado* `Asegurado` *y $\overline{X}$ posee el estado de aceptabilidad* `Incuestionable`*. Por hipótesis tenemos que $\delta_i^X = \top_i$ y $\delta_i^{\overline{X}} = \mu_i^{\overline{X}} \neq \bot_i$. Asimismo, por la condición $i)$ del* Lema8.1 *verificamos que $\mu_i^X \geq \delta_i^X$, mientras que por la* Definición 61 *tenemos que $\delta_i^X = \mu_i^X \ominus \mu_i^{\overline{X}}$ y $\delta_i^{\overline{X}} = \mu_i^{\overline{X}} \ominus \mu_i^X$. Así, podemos deducir que $\delta_i^X = \top_i \ominus \mu_i^{\overline{X}}$ y $\delta_i^{\overline{X}} = \mu_i^{\overline{X}} \ominus \top_i$. Finalmente, en base a las propiedades del operador de conflicto establecidas en la* Definición 42 *podemos concluir que $\delta_i^X \leq \mu_i^X$ y $\delta_i^{\overline{X}} = \bot_i$. Contradicción.*

- *Supongamos que X tiene asociado el estado* `Asegurado` *y $\overline{X}$ posee el estado de aceptabilidad* `Debilitado`*. Por hipótesis tenemos que $\delta_i^X = \top_i$ y $\bot_i < \delta_i^{\overline{X}} < \mu_i^{\overline{X}}$. Asimismo, por la condición $i)$ del* Lema 8.1 *verificamos que $\mu_i^X \geq \delta_i^X$, mientras que por la* Definición 61 *tenemos que $\delta_i^X = \mu_i^X \ominus \mu_i^{\overline{X}}$ y $\delta_i^{\overline{X}} = \mu_i^{\overline{X}} \ominus \mu_i^X$. Así, podemos deducir que $\delta_i^X = \top_i \ominus \mu_i^{\overline{X}}$ y $\delta_i^{\overline{X}} = \mu_i^{\overline{X}} \ominus \top_i$. Finalmente, en base a las propiedades del operador de conflicto establecidas en la* Definición 42 *podemos concluir que $\delta_i^X \leq \mu_i^X$ y $\delta_i^{\overline{X}} = \bot_i$. Contradicción.*

- *Supongamos que X y $\overline{X}$ poseen el estado de aceptabilidad* `Incuestionable`*. Por hipótesis tenemos que $\delta_i^X = \mu_i^X \neq \bot_i$ y $\delta_i^{\overline{X}} = \mu_i^{\overline{X}} \neq \bot_i$. Asimismo, por la* Definición 61 *tenemos que $\delta_i^X = \mu_i^X \ominus \mu_i^{\overline{X}}$ y $\delta_i^{\overline{X}} = \mu_i^{\overline{X}} \ominus \mu_i^X$. Finalmente, en base a* *las propiedades del operador de conflicto establecidas en la* Definición 42 *podemos concluir que* $\delta_i^X < \mu_i^X$ *y* $\delta_i^{\overline{X}} < \mu_i^{\overline{X}}$*. Contradicción.*

- *Supongamos que* X *tiene asociado el estado* `Indiscutible` *y* $\overline{X}$ *posee el estado de aceptabilidad* `Debilitado`*. Por hipótesis tenemos que* $\delta_i^X = \mu_i^X \neq \bot_i$ *y* $\bot_i < \delta_i^{\overline{X}} < \mu_i^{\overline{X}}$*. Asimismo, por la* Definición 61 *tenemos que* $\delta_i^X = \mu_i^X \ominus \mu_i^{\overline{X}}$ *y* $\delta_i^{\overline{X}} = \mu_i^{\overline{X}} \ominus \mu_i^X$*. Finalmente, en base a las propiedades del operador de conflicto establecidas en la* Definición 42 *podemos concluir que* $\delta_i^X < \mu_i^X$ *y* $\delta_i^{\overline{X}} < \mu_i^{\overline{X}}$*. Contradicción.*
- *Supongamos que* X *y* $\overline{X}$ *tienen asociado el estado aceptabilidad* `Debilitado`*. Por hipótesis tenemos que* $\bot_i < \delta_i^X < \mu_i^X$ *y* $\bot_i < \delta_i^{\overline{X}} < \mu_i^{\overline{X}}$*. Asimismo, por la* Definición 61 *tenemos que* $\delta_i^X = \mu_i^X \ominus \mu_i^{\overline{X}}$ *y* $\delta_i^{\overline{X}} = \mu_i^{\overline{X}} \ominus \mu_i^X$*.*
  - *Supongamos que* $\mu_i^X < \mu_i^{\overline{X}}$*. Así, en base a las propiedades del operador de conflicto establecidas en la* Definición 42 *podemos concluir que* $\delta_i^X = \bot_i$ *y* $\bot_i < \delta_i^{\overline{X}} < \mu_i^{\overline{X}}$*. Contradicción.*
  - *Supongamos que* $\mu_i^X \geq \mu_i^{\overline{X}}$*. Así, en base a las propiedades del operador de conflicto establecidas en la* Definición 42 *podemos concluir que* $\delta_i^X = \bot_i$ *y* $\delta_i^{\overline{X}} = \bot_i$ *ó* $\delta_i^X < \mu_i^X$ *y* $\delta_i^{\overline{X}} = \bot_i$*. Contradicción.*

Estas contradicciones surge de suponer que dos literales en conflicto pueden ser aceptados (en alguno de sus grados) simultáneamente bajo alguna característica en particular.

Finalmente, por la Definición *65 podemos asumir que el estado de aceptabilidad final de los I-nodos son obtenidos aplicando una política escéptica sobre el vector de estados de aceptabilidad asignados a cada uno de ellos. Por último, es necesario corroborar que aquellos I-nodos que representan información en conflicto no pueden encontrase aceptados simultáneamente. Para ello, supongamos por el absurdo que* X *y* $\sim X$ *tienen asignados los estado de aceptabilidad* `Asegurado`*. Entonces,* `Asegurado` *es el estado de menor rango dentro de los vector de aceptabilidad para los I-nodos en cuestión. Sin embargo, como se demostró anteriormente, si existe un atributo i para el cual el I-nodo* X *tiene el estado de aceptabilidad* `Asegurado`*, entonces el estado de aceptabilidad para el I-nodo* $\sim X$ *debe ser* `Rechazado`*, siendo este el estado de aceptabilidad de menor rango para el vector de estados de aceptabilidad asociado al I-nodo* $\sim X$*, contradicción. Esta contradicción surge de suponer que dos I-nodos que representan fórmulas en conflictos pueden ser aceptadas simultáneamente baso una postura escéptica.* □

Ejemplo 8.5 *En base al grafo argumentativo etiquetada que se obtuvo en el* Ejemplo 8.3*, se determinarán los estados de aceptabilidad para cada I-nodo del grafo argumentativo presentado en la* Figura 8.4*. En primera instancia, estableceremos la aceptabilidad de los I-nodos (sentencias) en base a la noción de aceptabilidad clásica introducida en la* Definición 64*, donde conjunto de I-nodos* `Aceptados` *y* `Rechazados` *serán denotados como* $\mathtt{S}^A$ *y* $\mathtt{S}^R$ *respectivamente, como se muestra a continuación:*

– $\mathtt{S}^A = \{\mathtt{K(a)}, \mathtt{r}_6, \mathtt{r}_7, \mathtt{N(a)}, \mathtt{r}_5, \mathtt{M(a)}, \mathtt{r}_4, \mathtt{R(a)}, \mathtt{S(a)}, \mathtt{r}_2, \mathtt{Q(a)}, \mathtt{r}_1, \mathtt{U(a)}, \mathtt{r}_3, \mathtt{P(a)}, \mathtt{O(a)}, \mathtt{r}_{10}, \mathtt{E(a)}, \mathtt{r}_9, \mathtt{L(a)}, \mathtt{r}_8\}$

– $\mathtt{S}^R = \{\sim\mathtt{P(a)}, \sim\mathtt{Q(a)}, \sim\mathtt{M(a)}, \sim\mathtt{N(a)}\}$

Ahora, determinaremos la aceptabilidad de los I-nodos del mismo grafo argumentativo por medio de la noción de aceptabilidad graduada presentada en la Definición 65*, donde el conjunto de I-nodos* `Asegurados`*,* `Indiscutibles`*,* `Debilitados` *y* `Rechazados` *serán denotados como* $\mathtt{S}^A$*,* $\mathtt{S}^I$*,* $\mathtt{S}^D$ *y* $\mathtt{S}^R$ *respectivamente, de la siguiente manera:*

– $\mathtt{S}^A = \{\mathtt{r}_5, \mathtt{r}_2, \mathtt{r}_{10}, \mathtt{r}_9\}$

– $\mathtt{S}^I = \{\mathtt{K(a)}, \mathtt{r}_6, \mathtt{r}_7, \mathtt{N(a)}, \mathtt{r}_4, \mathtt{R(a)}, \mathtt{S(a)}, \mathtt{r}_1, \mathtt{U(a)}, \mathtt{r}_3, \mathtt{O(a)}, \mathtt{E(a)}, \mathtt{L(a)}, \mathtt{r}_8\}$

– $\mathtt{S}^D = \{\mathtt{M(a)}, \mathtt{Q(a)}\}$

– $\mathtt{S}^R = \{\sim\mathtt{P(a)}, \sim\mathtt{Q(a)}, \sim\mathtt{M(a)}, \sim\mathtt{N(a)}\}$

En resumen, las etiquetas argumentales proporcionan los medios para representar las características asociadas a los argumentos, quienes están relacionados de diferentes maneras en el dominio de la argumentación, y son estas relaciones las que influyen sobre la información que las etiquetas argumentales almacenan. Por tal motivo, se presenta un esquema general que permite la propagación y combinación de dicha información a través del grafo argumentativo que modela una situación particular del mundo real. De acuerdo con lo expresado, LAF proporciona información valiosa sobre el comportamiento del conocimiento, posibilitando un análisis minucioso de las cualidades de los argumentos y utilizar dicha información para diversos fines, tales como establecer los estados de aceptabilidad de los argumentos, analizar un modelo considerando la posibilidad de optimizar los atributos asociados a ciertos argumentos, y brindar la posibilidad al usuario de condicionar la calidad de los argumentos que participarán de una determinada discusión.

8.3. Caso de Estudio

Consideremos el siguiente escenario en donde un agente inteligente debe analizar los riesgos de comprar una casa en la zona norte de la ciudad de Santiago del Estero. Así, para tomar una decisión, el agente reflexionará en base a los siguientes argumentos proporcionados por diferentes fuentes de información.

– *Ana, una agente inmobiliario de la ciudad, sostiene que la* `casa A` *está ubicada en una buena área, ya que cuenta con los servicios básicos de electricidad, agua, salud, transporte y educación. Asimismo, la mayoría de los vecinos son personas retiradas y pacíficas aumentando las razones para considerar que el área es tranquila.*

– *Celmo, un agente inmobiliaria de la ciudad, advierte que se construirán edificios para estudiantes en el área de la* `casa A`*, incrementando el número de estudiantes en la zona. Por ello, el área en donde está ubicada la casa dejará de ser tranquila. Además, la* `casa A` *tiene un alto coste de reparación ya que cuenta con problemas eléctricos y de humedad.*

– *Paola, una arquitecta, analiza la* `casa A` *e informa que posee una excelente orientación ya que cuenta con una adecuada luz natural y ventilación en todas sus habitaciones.*

– *El Chango-Noticias, un periódico local, publicó un artículo sobre la seguridad en la zona de la* `casa A` *informando que las fuerzas policiales fueron reforzadas meses atrás repercutiendo en una mayor seguridad. Por ello, esta área no será elegida por los criminales para llevar adelante sus operaciones.*

– *Existen rumores proporcionados por los vecinos asegurando la existencia de una banda de criminales viviendo en la zona, lo que lleva a pensar que la zona es insegura. Por ello, no es un buen lugar para vivir.*

– *Matias, el antiguo propietario de la* `casa A` *asegura que la zona es tranquila.*

El mecanismo de razonamiento del agente estará basado en teorías de la argumentación, y la toma de decisión se obtendrá por medio de una disputa valuada o proceso argumentativo valuado. Así, el agente asociará un grado de *confianza* a los argumentos a favor y en contra de comprar la `casa A` en base a la confiabilidad que posee el agente sobre las fuentes de los mismos. Es importante tener en cuenta que el agente considera a Paola más confiable que Ana, quien a su vez es más confiable que Matias. Por otro lado, Ana y Matias son más dignos de confianza que Celmo. Asimismo, el agente cree más en los informes de Celmo que aquellos artículos que publica el periódico, y considera que los vecinos son, en ocasiones, tan creíbles como Celmo.

A continuación instanciaremos el marco argumentativo etiquetado $\Phi = \langle \mathcal{L}, \mathcal{R}, \mathcal{K}, \mathcal{A}, \mathcal{F} \rangle$, para representar el escenario descripto anteriormente.

- $\mathcal{L}$ es un lenguaje definido en término de dos conjuntos disjuntos: un conjunto de suposiciones y un conjunto de reglas rebatibles. Por un lado, una suposición es un átomo básico X o la negación de un átomo básico $\sim X$. Por otro lado, una regla rebatible es un par ordenado, denotado como $C \prec P_1, \ldots, P_n$, cuya primera componente C es un átomo básico, llamada conclusión, y su segunda componente $P_1, \ldots, P_n$ es un conjunto finito no vacío de átomos básicos, llamado premisas.
- $\mathcal{R}$= { dMP }, donde la regla de inferencia dMP es definida de la siguiente manera:

  dMP: $\frac{P_1,\ldots,P_n \quad C \prec P_1,\ldots,P_n}{C}$ (Defeasible Modus Ponens)

- $\mathcal{A} = \{\mathbf{A}\}$ denota al álgebra de etiquetas argumentales que será usada para representar y computar el grado de confianza que poseen los argumentos del modelo. El dominio de las etiquetas A es el intervalo cerrado $[0, 1]$ y representa una valuación normalizada de confianza, donde $\top = 1$ es la máxima valuación de confianza y elemento neutro para el operador $\odot$, mientras que $\perp = 0$ es la mínima valuación de confianza y elemento neutro para los operadores $\oplus$ y $\ominus$.

  Así, sea $\alpha, \beta \in A$ dos etiquetas, las operaciones de soporte, agregación y conflicto, son especificadas de la siguiente manera:

Atributo – Confianza	
$\alpha \odot \beta = \alpha\,\beta$	El operador de soporte modelará el cálculo de la confianza de una sentencia en base a la conjunción de las valuaciones de sus correspondientes soportes.

Atributo – Confianza	
$\alpha \oplus \beta = \dfrac{\alpha+\beta}{1+\alpha\,\beta}$	El operador de agregación establece que, si existe más de un argumento para una determinada conclusión, la valuación de confianza para esta conclusión es la suma de las confianzas asociado a los argumentos que la soportan, con una reducción producto de efectuar dicha agregación para compensar la agregación de argumentos con valuaciones leves.
$\alpha \ominus \beta = \begin{cases} \dfrac{\alpha-\beta}{1-\beta} & \text{if } \alpha \geq \beta, \beta \neq 1 \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$	El operador de conflicto determina que la valuación de confianza asociada a un argumento será afectada por la valuación de confianza que sus contra-argumentos poseen. Esta operación representa una reducción debilitada de los atributos de un argumento con respecto a las valuaciones de su contra-argumento, siendo de alguna manera la inversa del operador de agregación definido anteriormente.

– $\mathcal{K}$ es la base de conocimiento que describe la situación problemática del mundo real, donde cada sentencia tiene asociada una valuación de confianza asignadas por $\mathcal{F}$. Esta valoración está indicada entre corchetes usando dos puntos para separar la valuación de la sentencia a la que está asociada. En particular, la valoración asociadas a una regla representa la confianza de la conexión entre el antecedente y el consecuente de la regla. A continuación se muestra el conjunto de sentencias que conforma la base $\mathcal{K}$ mediante la cual se modela el ejemplo presentado previamente.

$$\left(\begin{array}{l} \mathtt{r}_1 : \mathtt{comprar(X)} \multimap \mathtt{buenaArea(X)} : \{0.85\} \\ \mathtt{r}_2 : \mathtt{comprar(X)} \multimap \mathtt{buenaOrientacion(X)} : \{0.5\} \\ \mathtt{r}_3 : \mathtt{buenaArea(X)} \multimap \mathtt{servBasicos(X)}, \mathtt{areaTranquila(X)} : \{1\} \\ \mathtt{r}_4 : \mathtt{areaTranquila(X)} \multimap \mathtt{buenosVecinos(X)} : \{07\} \\ \mathtt{r}_5 : \mathtt{buenaOrientacion(X)} \multimap \mathtt{buenaLuz(X)}, \mathtt{buenaVentilacion(X)} : \{0.8\} \\ \mathtt{r}_6 : {\sim}\mathtt{buenaArea(X)} \multimap \mathtt{areaInsegura(X)} : \{0.9\} \end{array} \right)$$

$$\left(\begin{array}{l}
\mathtt{r}_7 : \mathtt{areaInsegura(X)} \prec \mathtt{opCriminal(X)} : \{0.9\} \\
\mathtt{r}_8 : \sim\mathtt{areaInsegura(X)} \prec \mathtt{incrPolicial(X)} : \{1\} \\
\mathtt{r}_9 : \sim\mathtt{opCriminal(X)} \prec \sim\mathtt{areaInsegura(X)} : \{1\} \\
\mathtt{r}_{10} : \sim\mathtt{areaTranquila(X)} \prec \mathtt{incrEstudiantes(X)} : \{0.5\} \\
\mathtt{r}_{11} : \mathtt{incrEstudiantes(X)} \prec \mathtt{deptoEstudiantes(X)} : \{1\} \\
\mathtt{r}_{12} : \sim\mathtt{comprar(X)} \prec \mathtt{altoCostoRenovacion(X)} : \{0.7\} \\
\mathtt{r}_{13} : \mathtt{altoCostoRenovacion(X)} \prec \mathtt{problElectricos(X), problHumedad(X)} : \{0.7\}
\end{array}\right)$$

$$\left(\begin{array}{ll}
\mathtt{servBasicos(HouseA)} : \{0.75\} & \mathtt{deptoEstudiantes(HouseA)} : \{0.5\} \\
\mathtt{buenosVecinos(HouseA)} : \{0.75\} & \mathtt{problElectricos(HouseA)} : \{0.5\} \\
\mathtt{incrEstudiantes(HouseA)} : \{0.5\} & \mathtt{problHumedad(HouseA)} : \{0.5\} \\
\mathtt{buenaLuz(HouseA)} : \{1\} & \mathtt{incrPolicial(HouseA)} : \{0.25\} \\
\mathtt{buenaVentilacion(HouseA)} : \{1\} & \mathtt{opCriminal(HouseA)} : \{[0, 0.5]\} \\
\mathtt{areaTranquila(HouseA)} : \{0.65\} &
\end{array}\right)$$

Ahora, aplicaremos la regla de inferencia definida en $\mathcal{R}$ sobre la base de conocimiento $\mathcal{K}$ presentada anteriormente, y obtendremos el grafo argumentativo G_Φ representado en la *Figura* 8.7 a través del proceso de construcción descripto en la *Definición* 59.

En el grafo G_Φ, al centro, existen dos argumentos que soportan a la sentencia `comprar(casaA)`, uno contiene información acerca del área en donde se encuentra ubicada la `casa A` tomando en cuenta sus vecinos y servicios públicos, mientras que el otro argumento brinda razones a favor de su orientación considerando la luz natural y buena ventilación de sus habitaciones. A la derecha, existe un argumento soportando la sentencia ∼`comprar(casaA)` basada en los problemas de construcción y deterioro que la casa posee. A la izquierda, presentamos un argumento que justifica la sentencia ∼`buenaArea(casaA)` donde el agente considera la inseguridad que existe en la zona donde se encuentra ubicada la `casa A`. Sin embargo, la inseguridad de la zona fue reducida por el incremento de las fuerzas policiales, razón para pensar que la zona se tornará segura. Finalmente, podemos encontrar un argumento que soporta a la sentencia ∼`areaTranquila(casaA)` basada en la información de que se completo la construcción de un nuevo edificio en la zona el cual está destinada a estudiantes.

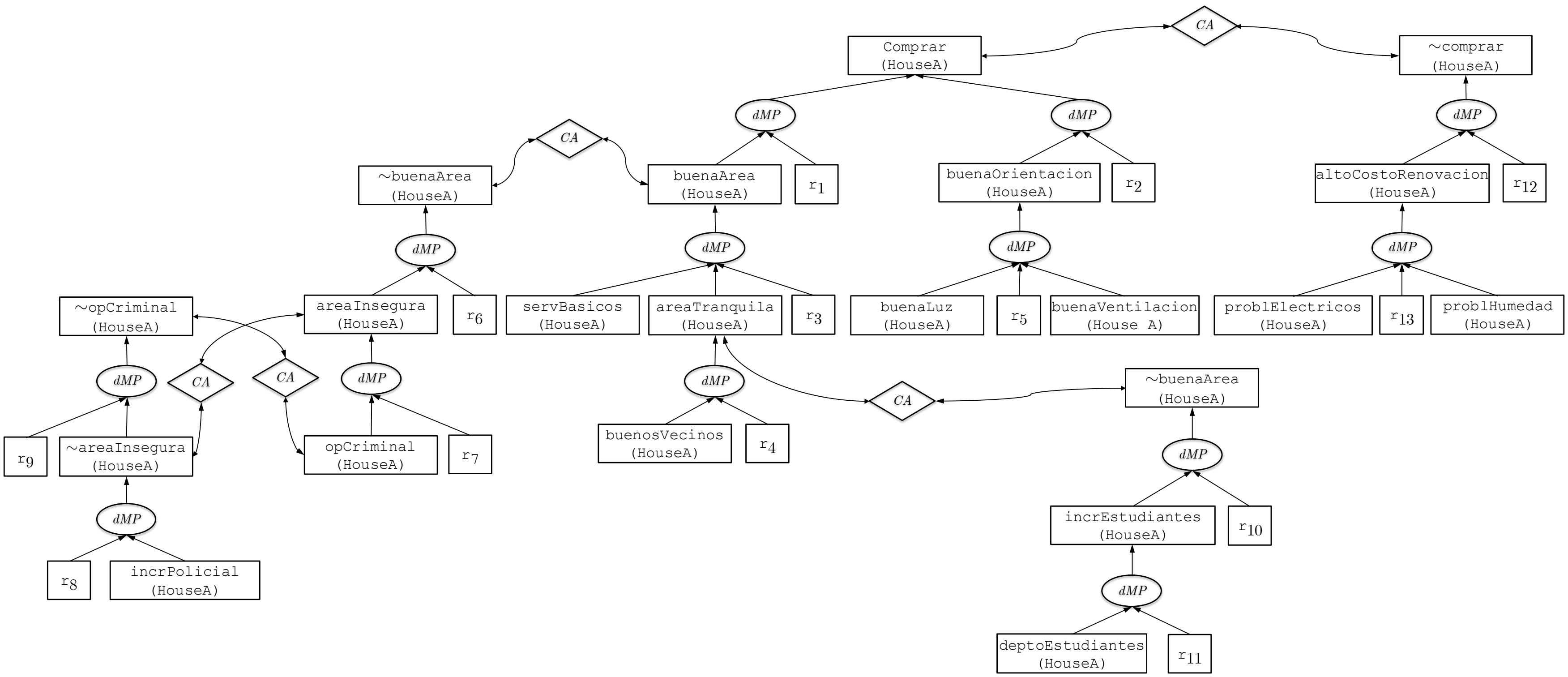


Figura 8.7: Grafo argumentativo G_Φ

Una vez obtenido el grafo argumentativo que representa el conocimiento que se posee del dominio se determinará las valuaciones correspondientes a cada pieza de conocimiento que forma parte del mismo. Para ello, aplicaremos el procedimiento de etiquetado que se presentó en la *Definición* 61 obteniendo el sistema de ecuaciones que modela el comportamiento del conocimiento en el dominio de la argumentación. En este sentido, el siguiente sistema de ecuaciones representa las restricciones que toda valuación asociada a las piezas de conocimiento de G_Φ deben satisfacer. Se debe notar que, por razones de legibilidad no incluiremos las ecuaciones que determinan las valuaciones de los nodos hojas de G_Φ, ya que éstas pueden ser obtenidas trivialmente. Además, el agente optará por una postura crédula ante la opinión de los vecinos, optimizando la valuación de confianza asociada a la pieza de conocimiento `opCriminal(HouseA)`. Para ello, el agente introducirá al sistema la ecuación *maximizar* $\left(\mu^{\mathtt{opCriminal(HouseA)}}\right)$. En la *Figura 8.8* representaremos a las posibles soluciones de *EQS* que representan el etiquetado válido para G_Φ.

$$
\begin{cases}
\mathsf{e}_1 : \mu^{\sim\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} = \delta^{\mathtt{incrPolicial(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_8} \\
\mathsf{e}_2 : \delta^{\sim\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} = \mu^{\sim\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} \ominus \mu^{\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} \\
\mathsf{e}_3 : \mu^{\sim\mathtt{opCriminal(HouseA)}} = \delta^{\sim\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} \odot \delta_1^{\mathtt{r}_9} \\
\mathsf{e}_4 : \delta^{\sim\mathtt{opCriminal(HouseA)}} = \mu^{\sim\mathtt{opCriminal(HouseA)}} \ominus \mu^{\mathtt{opCriminal(HouseA)}} \\
\mathsf{e}_5 : \delta^{\mathtt{opCriminal(HouseA)}} = \mu^{\mathtt{opCriminal(HouseA)}} \ominus \mu^{\sim\mathtt{opCriminal(HouseA)}} \\
\mathsf{e}_6 : \mu^{\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} = \delta^{\mathtt{opCriminal(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_7} \\
\mathsf{e}_7 : \delta^{\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} = \mu^{\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} \ominus \mu^{\sim\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} \\
\mathsf{e}_8 : \mu^{\sim\mathtt{buenaArea(HouseA)}} = \delta^{\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_6} \\
\mathsf{e}_9 : \delta^{\sim\mathtt{buenaArea(HouseA)}} = \mu^{\sim\mathtt{buenaArea(HouseA)}} \ominus \mu^{\mathtt{buenaArea(HouseA)}} \\
\mathsf{e}_{10} : \mu^{\mathtt{buenaArea(HouseA)}} = \delta^{\mathtt{servBasicos(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_3} \\
\mathsf{e}_{11} : \delta^{\mathtt{buenaArea(HouseA)}} = \mu^{\mathtt{buenaArea(HouseA)}} \ominus \mu^{\sim\mathtt{buenaArea(HouseA)}} \\
\mathsf{e}_{12} : \mu^{\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} = \left(\delta^{\mathtt{buenosVecinos(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_4}\right) \oplus \mathcal{F}\left(\mathtt{areaTranquila(HouseA)}\right) \\
\mathsf{e}_{13} : \delta^{\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} = \mu^{\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} \ominus \mu^{\sim\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} \\
\mathsf{e}_{14} : \delta^{\sim\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} = \mu^{\sim\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} \ominus \mu^{\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} \\
\mathsf{e}_{15} : \mu^{\sim\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} = \delta^{\mathtt{incrEstudiantes(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_{10}} \\
\mathsf{e}_{16} : \mu^{\mathtt{incrEstudiantes(HouseA)}} = \delta^{\mathtt{deptoEstudiantes(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_{24}} \\
\mathsf{e}_{17} : \delta^{\mathtt{incrEstudiantes(HouseA)}} = \mu^{\mathtt{incrEstudiantes(HouseA)}}
\end{cases}
$$

$$\begin{cases}
\mathtt{e}_{18} : \mu^{\texttt{buenaOrientacion(HouseA)}} = \delta^{\texttt{buenaLuz(HouseA)}} \odot \delta^{\texttt{buenaVentilacion(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_5} \\
\mathtt{e}_{19} : \delta^{\texttt{buenaOrientacion(HouseA)}} = \mu^{\texttt{buenaOrientacion(HouseA)}} \\
\mathtt{e}_{20} : \mu^{\texttt{comprar(HouseA)}} = (\delta^{\texttt{buenaArea(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_1}) \oplus (\delta^{\texttt{buenaOrientacion(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_2}) \\
\mathtt{e}_{21} : \delta^{\texttt{comprar(HouseA)}} = \mu^{\texttt{comprar(HouseA)}} \ominus \mu^{\sim\texttt{comprar(HouseA)}} \\
\mathtt{e}_{22} : \delta^{\sim\texttt{comprar(HouseA)}} = \mu^{\sim\texttt{comprar(HouseA)}} \ominus \mu^{\texttt{comprar(HouseA)}} \\
\mathtt{e}_{23} : \mu^{\sim\texttt{comprar(HouseA)}} = \delta^{\texttt{altoCostoRenovacion(HouseB)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_{11}} \\
\mathtt{e}_{24} : \delta^{\texttt{altoCostoRenovacion(HouseA)}} = \mu^{\texttt{altoCostoRenovacion(HouseA)}} \\
\mathtt{e}_{25} : \mu^{\texttt{altoCostoRenovacion(HouseA)}} = \delta^{\texttt{problElectricidad(HouseA)}} \odot \delta^{\texttt{problHumedad(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_{12}}
\end{cases}$$

En base al grafo argumentativo etiquetada que se obtuvo en la *Figura* 8.8, se determinarán los estados de aceptabilidad para cada I-nodo de dicho grafo. En primera instancia, estableceremos la aceptabilidad de los I-nodos (sentencias) en base a la noción de aceptabilidad clásica introducida en la *Definición* 64, como se muestra a continuación:

$\mathtt{S}^A = \{\texttt{incrPolicial(HouseA)}, \mathtt{r}_8, \mathtt{r}_9, \texttt{opCriminal(HouseA)}, \mathtt{r}_7, \texttt{areaInsegura(HouseA)}, \mathtt{r}_{12}$
$\texttt{buenosVecinos(HouseA)}, \mathtt{r}_4, \texttt{areaTranquila(HouseA)}, \texttt{servBasicos(HouseA)}, \mathtt{r}_3, \mathtt{r}_{10},$
$\texttt{buenaArea(HouseA)}, \mathtt{r}_1, \texttt{buenaLuz(HouseA)}, \texttt{buenaVentilacion(HouseA)}, \mathtt{r}_5,$
$\texttt{buenaOrientacion(HouseA)}, \mathtt{r}_2, \texttt{comprar(HouseA)}, \texttt{deptoEstudiantes(HouseA)}, \mathtt{r}_{11},$
$\texttt{incrEstudiantes(HouseA)}, \texttt{problElectricidad(HouseA)}, \texttt{problHumedad(HouseA)}, \mathtt{r}_{13},$
$\texttt{altoCostoRenovacion(HouseA)}\}$

$\mathtt{S}^R = \{\sim\texttt{opCriminal(HouseA)}, \sim\texttt{areaInsegura(HouseA)}, \sim\texttt{buenaArea(HouseA)},$
$\sim\texttt{areaTranquila(HouseA)}, \sim\texttt{comprar(HouseA)}\}$

Luego, determinaremos la aceptabilidad de los I-nodos del mismo grafo argumentativo por medio de la noción de aceptabilidad graduada presentada en la *Definición* 65, de la siguiente manera:

$\mathtt{S}^A = \{\texttt{buenaLuz(HouseA)}, \mathtt{r}_8, \mathtt{r}_9, \mathtt{r}_{11}, \texttt{buenaVentilacion(HouseA)}\}$

$\mathtt{S}^I = \{\texttt{incrPolicial(HouseA)}, \texttt{opCriminal(HouseA)}, \mathtt{r}_7, \mathtt{r}_{12}, \texttt{buenosVecinos(HouseA)}, \mathtt{r}_4, \mathtt{r}_3, \mathtt{r}_{10},$
$\texttt{servBasicos(HouseA)}, \mathtt{r}_1, \mathtt{r}_5, \texttt{buenaOrientacion(HouseA)}, \mathtt{r}_2, \texttt{deptoEstudiantes(HouseA)},$
$\texttt{incrEstudiantes(HouseA)}, \texttt{problElectricidad(HouseA)}, \texttt{problHumedad(HouseA)}, \mathtt{r}_{13},$
$\texttt{altoCostoRenovacion(HouseA)}\}$

$\mathtt{S}^D = \{\texttt{areaInsegura(HouseA)}, \texttt{areaTranquila(HouseA)}, \texttt{buenaArea(HouseA)}, \texttt{comprar(HouseA)}\}$

$\mathtt{S}^R = \{\sim\texttt{opCriminal(HouseA)}, \sim\texttt{areaInsegura(HouseA)}, \sim\texttt{buenaArea(HouseA)},$
$\sim\texttt{areaTranquila(HouseA)}, \sim\texttt{comprar(HouseA)}\}$

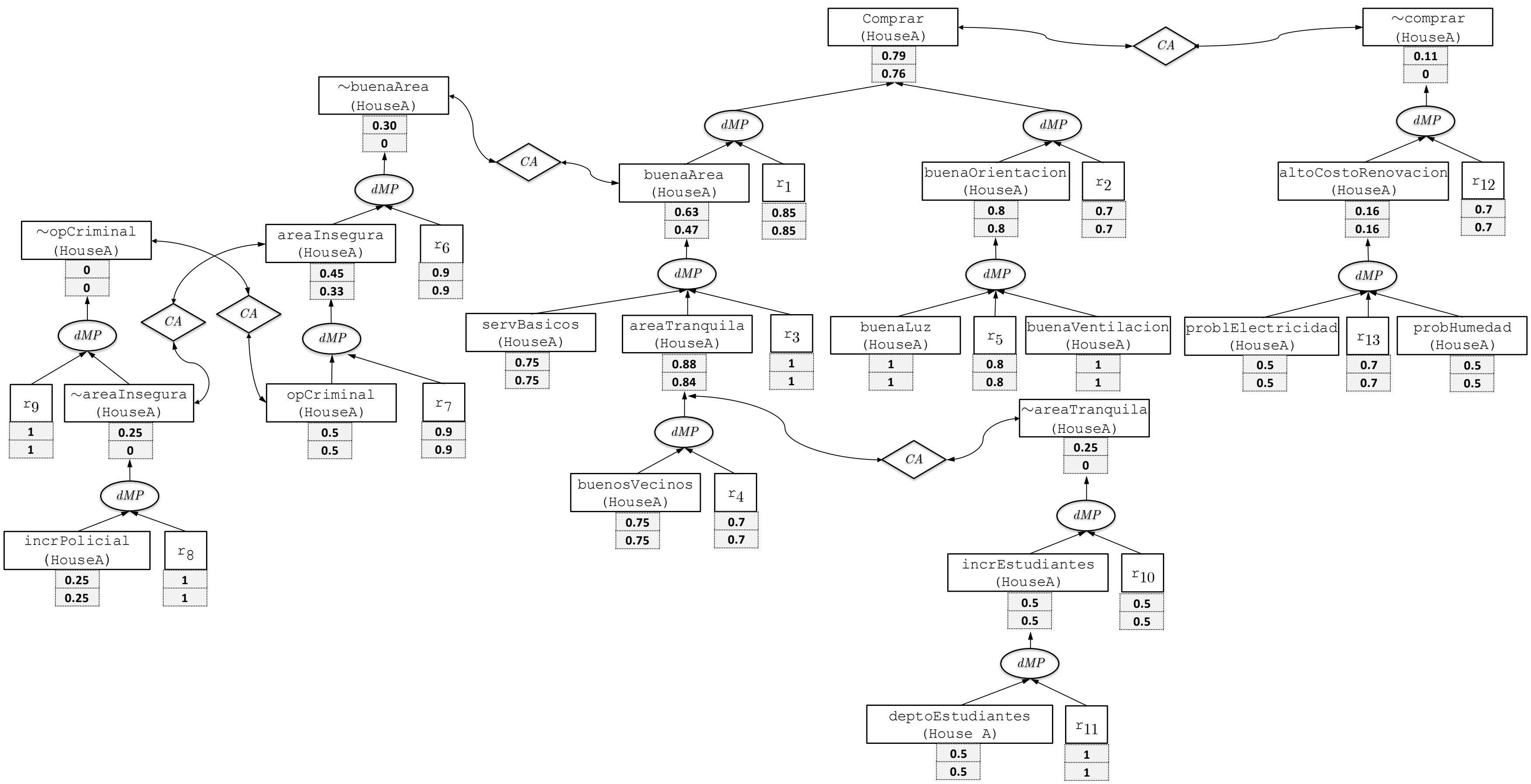


Figura 8.8: Etiquetados válidos para el grafo argumentativo G_Φ

En conclusión, el agente considerará comprar la casa, tomando esta decisión con un nivel de confianza de 0.76 que se encuentra por arriba del nivel medio de confianza.

Sin embargo, el agente podría analizar nuevamente el modelo y considerar sólo aquellas piezas de conocimiento que superen un umbral de calidad con un nivel de confianza $\tau = 0.5$. Para ello, se aplicará el procedimiento de etiquetado que se presentó en la *Definición* 63, obteniendo así el sistema de ecuaciones que modela este conjunto de restricciones, junto al etiquetado válido presentado en la *Figura* 8.9.

Finalmente, en base al atributo de confiabilidad asociado a cada pieza de conocimiento se determinará su estado de aceptabilidad. En primera instancia, estableceremos la aceptabilidad de los I-nodos (sentencias) en base a la noción de aceptabilidad clásica como se muestra a continuación:

$\mathtt{S}^A = \{\mathtt{r}_8, \mathtt{r}_9, \mathtt{opCriminal(HouseA)}, \mathtt{r}_7, \mathtt{r}_{12}, \mathtt{buenosVecinos(HouseA)}, \mathtt{r}_4, \mathtt{areaTranquila(HouseA)},$
$\mathtt{servBasicos(HouseA)}, \mathtt{r}_3, \mathtt{r}_{10}, \mathtt{buenaArea(HouseA)}, \mathtt{r}_1, \mathtt{buenaLuz(HouseA)}, \mathtt{comprar(HouseA)},$
$\mathtt{buenaVentilacion(HouseA)}, \mathtt{r}_5, \mathtt{buenaOrientacion(HouseA)}, \mathtt{r}_2, \mathtt{deptoEstudiantes(HouseA)}, \mathtt{r}_{11},$
$\mathtt{incrEstudiantes(HouseA)}, \mathtt{problElectricidad(HouseA)}, \mathtt{problHumedad(HouseA)}, \mathtt{r}_{13}\}$

$\mathtt{S}^R = \{\mathtt{incrPolicial(HouseA)}, \mathtt{areaInsegura(HouseA)}, \sim\!\mathtt{opCriminal(HouseA)}, \sim\!\mathtt{comprar(HouseA)},$
$\sim\!\mathtt{areaInsegura(HouseA)}, \sim\!\mathtt{buenaArea(HouseA)}, , \mathtt{altoCostoRenovacion(HouseA)}$
$\sim\!\mathtt{areaTranquila(HouseA)}\}$

Luego, determinaremos la aceptabilidad de los I-nodos del mismo grafo por medio de la noción de aceptabilidad graduada de la siguiente manera:

$\mathtt{S}^A = \{\mathtt{buenaLuz(HouseA)}, \mathtt{r}_8, \mathtt{r}_9, \mathtt{r}_3, \mathtt{r}_{11}, \mathtt{buenaVentilacion(HouseA)}\}$

$\mathtt{S}^I = \{\mathtt{opCriminal(HouseA)}, \mathtt{r}_7, \mathtt{r}_6, \mathtt{r}_{12}, \mathtt{buenosVecinos(HouseA)}, \mathtt{r}_4, \mathtt{areaTranquila(HouseA)}, \mathtt{r}_3,$
$\mathtt{buenaArea(HouseA)}, \mathtt{r}_{10}, \mathtt{servBasicos(HouseA)}, \mathtt{r}_1, \mathtt{r}_5, \mathtt{buenaOrientacion(HouseA)}, \mathtt{r}_2,$
$\mathtt{deptoEstudiantes(HouseA)}, \mathtt{incrEstudiantes(HouseA)}, \mathtt{problElectricidad(HouseA)},$
$\mathtt{problHumedad(HouseA)}, \mathtt{r}_{13}\}$

$\mathtt{S}^D = \{\emptyset\}$

$\mathtt{S}^R = \{\mathtt{incrPolicial(HouseA)}, \mathtt{areaInsegura(HouseA)}, \sim\!\mathtt{opCriminal(HouseA)}, \sim\!\mathtt{comprar(HouseA)},$
$\sim\!\mathtt{areaInsegura(HouseA)}, \sim\!\mathtt{buenaArea(HouseA)}, \mathtt{altoCostoRenovacion(HouseA)}$
$\sim\!\mathtt{areaTranquila(HouseA)}\}$

En conclusión, el agente considerará comprar la casa, tomando esta decisión con un nivel de confianza de 0.85, superando la confiabilidad de la decisión obtenida en el anterior análisis, como resultado de considerar sólo las piezas de conocimiento que superan el umbral de calidad establecido que representa la valuación media de confianza.

$$
\left\{
\begin{array}{l}
\mathsf{e}_1 : \mu^{\sim \mathtt{areaInsegura(HouseA)}} = \begin{cases} \delta^{\mathtt{incrPolicial(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_8} & \text{si } \delta^{\mathtt{incrPolicial(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_8} \geq \tau \\ \perp_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_2 : \delta^{\sim \mathtt{areaInsegura(HouseA)}} = \begin{cases} \mu^{\sim \mathtt{areaInsegura(HouseA)}} \ominus \mu^{\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} & \text{si } \mu^{\sim \mathtt{areaInsegura(HouseA)}} \ominus \mu^{\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} \geq \tau \\ \perp_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_3 : \mu^{\sim \mathtt{opCriminal(HouseA)}} = \begin{cases} \delta^{\sim \mathtt{areaInsegura(HouseA)}} \odot \delta_1^{\mathtt{r}_9} & \text{si } \delta^{\sim \mathtt{areaInsegura(HouseA)}} \odot \delta_1^{\mathtt{r}_9} \geq \tau \\ \perp_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_4 : \delta^{\sim \mathtt{opCriminal(HouseA)}} = \begin{cases} \mu^{\sim \mathtt{opCriminal(HouseA)}} \ominus \mu^{\mathtt{opCriminal(HouseA)}} & \text{si } \mu^{\sim \mathtt{opCriminal(HouseA)}} \ominus \mu^{\mathtt{opCriminal(HouseA)}} \geq \tau \\ \perp_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_5 : \delta^{\mathtt{opCriminal(HouseA)}} = \begin{cases} \mu^{\mathtt{opCriminal(HouseA)}} \ominus \mu^{\sim \mathtt{opCriminal(HouseA)}} & \text{si } \mu^{\mathtt{opCriminal(HouseA)}} \ominus \mu^{\sim \mathtt{opCriminal(HouseA)}} \geq \tau \\ \perp_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_6 : \mu^{\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} = \begin{cases} \delta^{\mathtt{opCriminal(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_7} & \text{si } \delta^{\mathtt{opCriminal(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_7} \geq \tau \\ \perp_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_7 : \delta^{\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} = \begin{cases} \mu^{\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} \ominus \mu^{\sim \mathtt{areaInsegura(HouseA)}} & \text{si } \mu^{\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} \ominus \mu^{\sim \mathtt{areaInsegura(HouseA)}} \geq \tau \\ \perp_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_8 : \mu^{\sim \mathtt{buenaArea(HouseA)}} = \begin{cases} \delta^{\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_6} & \text{si } \delta^{\mathtt{areaInsegura(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_6} \geq \tau \\ \perp_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_9 : \delta^{\sim \mathtt{buenaArea(HouseA)}} = \begin{cases} \mu^{\sim \mathtt{buenaArea(HouseA)}} \ominus \mu^{\mathtt{buenaArea(HouseA)}} & \text{si } \mu^{\sim \mathtt{buenaArea(HouseA)}} \ominus \mu^{\mathtt{buenaArea(HouseA)}} \geq \tau \\ \perp_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_{10} : \mu^{\mathtt{buenaArea(HouseA)}} = \begin{cases} \delta^{\mathtt{servBasicos(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_3} & \text{si } \delta^{\mathtt{servBasicos(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_3} \geq \tau \\ \perp_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_{11} : \delta^{\mathtt{buenaArea(HouseA)}} = \begin{cases} \mu^{\mathtt{buenaArea(HouseA)}} \ominus \mu^{\sim \mathtt{buenaArea(HouseA)}} & \text{si } \mu^{\mathtt{buenaArea(HouseA)}} \ominus \mu^{\sim \mathtt{buenaArea(HouseA)}} \geq \tau \\ \perp_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_{12} : \mu^{\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} = \begin{cases} \left(\delta^{\mathtt{buenosVecinos(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_4}\right) \oplus \mathcal{F}\big(\mathtt{areaTranquila(HouseA)}\big) & \\ \qquad \text{si } \left(\delta^{\mathtt{buenosVecinos(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_4}\right) \oplus \mathcal{F}\big(\mathtt{areaTranquila(HouseA)}\big) \geq \tau & \\ \perp_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_{13} : \delta^{\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} = \begin{cases} \mu^{\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} \ominus \mu^{\sim \mathtt{areaTranquila(HouseA)}} & \text{si } \mu^{\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} \ominus \mu^{\sim \mathtt{areaTranquila(HouseA)}} \geq \tau \\ \perp_i & \text{en otro caso} \end{cases}
\end{array}
\right.
$$

$$
\left\{
\begin{array}{l}
\mathsf{e}_{14} : \delta^{\sim\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} = \begin{cases} \mu^{\sim\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} \ominus \mu^{\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} & \text{si } \mu^{\sim\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} \ominus \mu^{\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} \geq \tau \\ \bot_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_{15} : \mu^{\sim\mathtt{areaTranquila(HouseA)}} = \begin{cases} \delta^{\mathtt{incrEstudiantes(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_{10}} & \text{si } \delta^{\mathtt{incrEstudiantes(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_{10}} \geq \tau \\ \bot_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_{16} : \mu^{\mathtt{incrEstudiantes(HouseA)}} = \begin{cases} \delta^{\mathtt{deptoEstudiantes(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_{24}} & \text{si } \delta^{\mathtt{deptoEstudiantes(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_{24}} \geq \tau \\ \bot_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_{17} : \delta^{\mathtt{incrEstudiantes(HouseA)}} = \begin{cases} \mu^{\mathtt{incrEstudiantes(HouseA)}} & \text{si } \mu^{\mathtt{incrEstudiantes(HouseA)}} \geq \tau \\ \bot_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_{18} : \mu^{\mathtt{buenaOrientacion(HouseA)}} = \begin{cases} \delta^{\mathtt{buenaLuz(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{buenaVentilacion(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_5} \\ textsi\ \ \delta^{\mathtt{buenaLuz(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{buenaVentilacion(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_5} \geq \tau \\ \bot_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_{19} : \delta^{\mathtt{buenaOrientacion(HouseA)}} = \begin{cases} \mu^{\mathtt{buenaOrientacion(HouseA)}} & \text{si } \mu^{\mathtt{buenaOrientacion(HouseA)}} \geq \tau \\ \bot_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_{20} : \mu^{\mathtt{comprar(HouseA)}} = \begin{cases} \left(\delta^{\mathtt{buenaArea(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_1}\right) \oplus \left(\delta^{\mathtt{buenaOrientacion(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_2}\right) \\ \qquad \text{si } \left(\delta^{\mathtt{buenaArea(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_1}\right) \oplus \left(\delta^{\mathtt{buenaOrientacion(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_2}\right) \geq \tau \\ \bot_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_{21} : \delta^{\mathtt{comprar(HouseA)}} = \begin{cases} \mu^{\mathtt{comprar(HouseA)}} \ominus \mu^{\sim\mathtt{comprar(HouseA)}} & \text{si } \mu^{\mathtt{comprar(HouseA)}} \ominus \mu^{\sim\mathtt{comprar(HouseA)}} \geq \tau \\ \bot_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_{22} : \delta^{\sim\mathtt{comprar(HouseA)}} = \begin{cases} \mu^{\sim\mathtt{comprar(HouseA)}} \ominus \mu^{\mathtt{comprar(HouseA)}} & \text{si } \mu^{\sim\mathtt{comprar(HouseA)}} \ominus \mu^{\mathtt{comprar(HouseA)}} \geq \tau \\ \bot_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_{23} : \mu^{\sim\mathtt{comprar(HouseA)}} = \begin{cases} \delta^{\mathtt{altoCostoRenovacion(HouseB)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_{11}} & \text{si } \delta^{\mathtt{altoCostoRenovacion(HouseB)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_{11}} \geq \tau \\ \bot_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_{24} : \delta^{\mathtt{altoCostoRenovacion(HouseA)}} = \begin{cases} \mu^{\mathtt{altoCostoRenovacion(HouseA)}} & \text{si } \mu^{\mathtt{altoCostoRenovacion(HouseA)}} \geq \tau \\ \bot_i & \text{en otro caso} \end{cases} \\
\mathsf{e}_{25} : \mu^{\mathtt{altoCostoRenovacion(HouseA)}} = \begin{cases} \delta^{\mathtt{problElectricidad(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{problHumedad(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_{12}} \\ \qquad \text{si } \delta^{\mathtt{problElectricidad(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{problHumedad(HouseA)}} \odot \delta^{\mathtt{r}_{12}} \geq \tau \\ \bot_i & \text{en otro caso} \end{cases}
\end{array}
\right.
$$

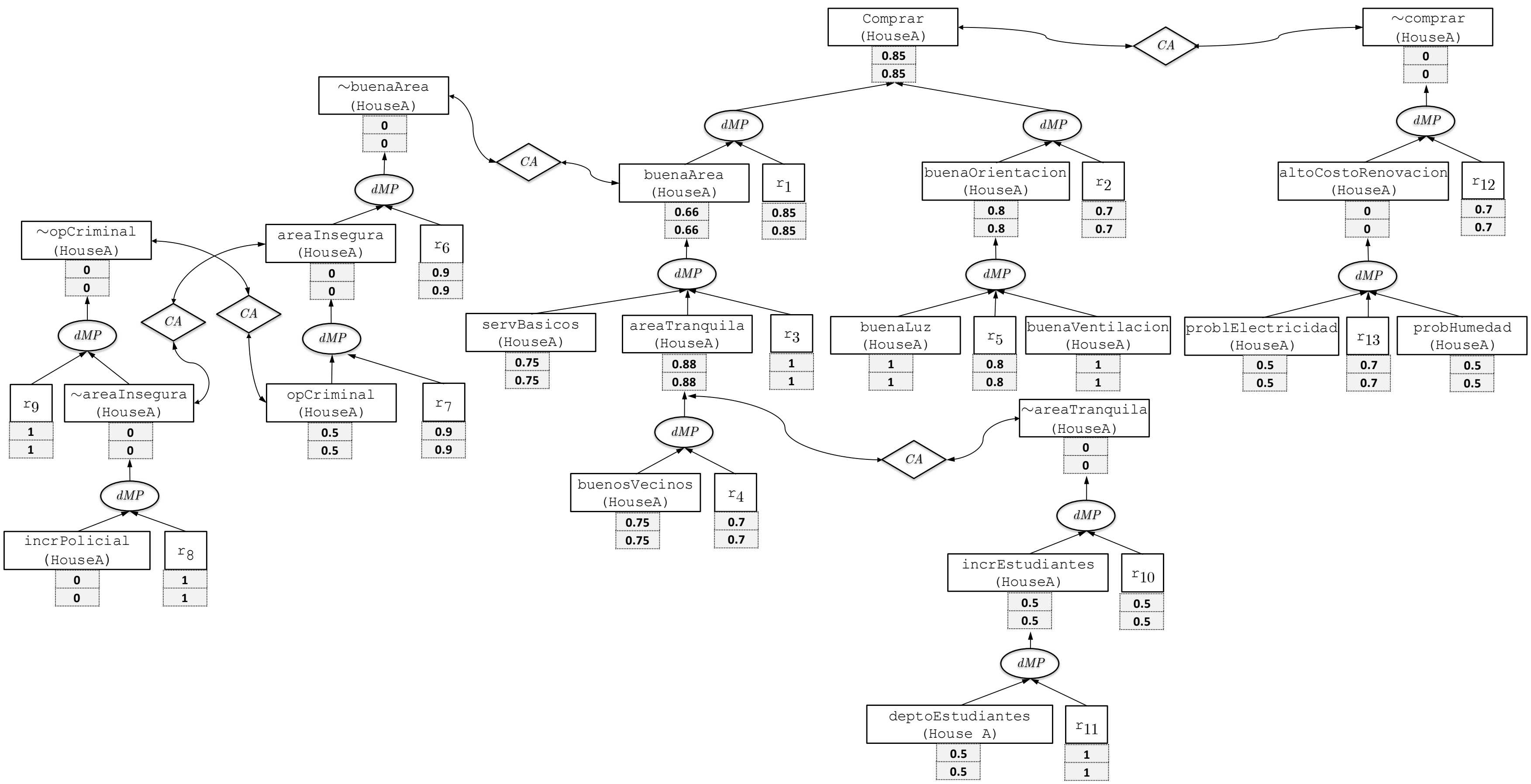


Figura 8.9: Etiquetados válidos para el grafo argumentativo G_Φ

8.4. Conclusión

El hecho de proporcionar un formalismo con mayores capacidades de representación dentro del campo de la argumentación puede realzar su uso en diferentes aplicaciones del mundo real. Por ejemplo, en la implementación de un agente inteligente sería beneficioso establecer la medida de precisión con la cual sería posible soportar una determinada decisión, mientras que en el dominio de los sistemas recomendación sería interesante proporcionar recomendaciones informando el nivel de precisión o confiabilidad asociados a los mismos.

En este capítulo nos enfocamos en desarrollar un marco argumentativo, llamado *Marco Argumentativo Etiquetado* (LAF, por sus siglas en inglés), que permita representar las características especiales de los argumentos dependiendo del dominio de la aplicación, combinando las capacidades de representación proporcionadas por el *Formato Estándar para el Intercambio de Argumentos* junto a las facultades brindadas por el *Álgebra de Etiquetas Argumentales* para el manejo de las características especiales asociadas a los argumentos dentro del dominio de la argumentación. Por ello, las interacciones entre argumentos tales como soporte, conflicto, y agregación, tienen asociadas operaciones en el álgebra de etiquetas argumentales permitiendo que el sistema propague y combine las etiquetas argumentales de manera tal de obtener la etiqueta final asociada a cada argumento del modelo argumentativo. Un punto importante a destacar es que, en LAF, se proporciona un mecanismo para resolver los conflictos considerando un efecto debilitante entre los argumentos involucrados disminuyendo la fuerza de un argumento por la simple existencia de razones contrapuestas.

De acuerdo con lo expresado, LAF proporciona información valiosa sobre el comportamiento del conocimiento dentro del proceso argumentativo, posibilitando un análisis más minucioso de las cualidades de los argumentos y utilizar dicha información para diversos fines, tales como establecer los estados de aceptabilidad de los argumentos, realizar un análisis semántico cualitativo/cuantitativo del conjunto de argumentos aceptados, analizar un modelo argumentativo considerando la posibilidad de optimizar los atributos asociados a ciertos argumentos de acuerdo a las diferentes posturas del usuario, y brindar la posibilidad al usuario de condicionar la calidad de los argumentos que participarán de una determinada discusión argumentativa.

Capítulo 9

Trabajos Relacionados

En este capítulo se describirán los principales enfoques que modelan aquellas discusiones argumentativas en donde se considera las fuerzas de los argumentos participantes. Asimismo, se analizará dichas formalizaciones comparativamente con nuestros enfoques destacando sus similitudes y diferencias.

9.1. Marcos Argumentativos Abstractos

La argumentación proporciona un mecanismo de razonamiento inteligente basado en la construcción y comparación de argumentos sobre una base de conocimiento inconsistente, siendo en este sentido un método alternativo para el manejo de la incertidumbre inherente al conocimiento que describe las diferentes situaciones del mundo real. La idea básica detrás de la argumentación es brindar una justificación sobre la certeza de una determinada afirmación. En particular, debe ser posible evaluar y combinar las razones a favor y en contra de una determinada afirmación, bajo la forma de argumentos, con el objetivo de establecer su veracidad. Para tal propósito, es posible especificar un orden de preferencia sobre los argumentos que soportan o contradicen una determinado afirmación, y luego realizar una comparación entre dichos argumentos con la intención de identificar cuál de ellos es el argumento más creíble. En este sentido, los principales enfoques que se han desarrollado para razonar en base a las teorías argumentativas dependen de diferenciar la credibilidad de los argumentos que representan el conocimiento que se tiene del dominio de discurso utilizando una determinada noción de aceptabilidad. En general, los formalismos argumentativos optan por una de las siguientes nociones de aceptabilidad: *Individual* o *Colectiva*. En la postura *individual* la aceptabilidad de un argumento depende de las propiedades que posee, mientras que en *colectiva* la aceptabilidad de un argumento está unida a la noción de defensa, siendo importantes aquellos argumentos que se defienden entre sí.

La principal diferencia de los marcos argumentativos abstractos con los formalismos propuestos en esta tesis se presenta en el nivel de abstracción que tiene asociada la representación del conocimiento, puesto que los formalismos abstractos no brindan la posibilidad de representar y analizar la estructura interna de las entidades argumentales que participan en una determinada discusión argumentativa. En este sentido, los formalismos propuestos nos permiten: (i) representar las características asociadas a un argumento a partir de las características de las piezas de conocimiento que forman parte de su estructura interna; (ii) identificar los puntos de conflicto entre los argumentos que proporcionan información contradictoria; (iii) realizar un análisis semántico más refinado permitiendo establecer la calidad de garantía de una conclusión en base a la calidad de las estructuras argumentales que la soportan; (iv) determinar un umbral de garantía que establezca cuándo una conclusión cumple ciertos requerimientos que dependen del dominio de aplicación; y (v) contar con la información necesaria para identificar estructuras argumentales más complejas modelando la agregación de argumentos que soportan una misma conclusión (argumentos que están compuestos por diversas razones independientes que soportan una misma conclusión). A continuación presentaremos los marcos argumentativos abstractos que consideramos relevantes dentro de nuestra línea de investigación.

Marco Argumentativo basado en Preferencias

L. Amgoud & C. Cayrol destacaron la capacidad del marco argumentativo abstracto propuesto por Dung para analizar y tratar la inconsistencia dentro de una base de conocimiento. En este sentido, Dung identifica los argumentos que describen el conocimiento del mundo real y establece una relación de ataque entre los mismos. Finalmente, a través de un procedimiento semántico colectivo, analiza los ataques entre los argumentos del modelo con la intención de identificar los estados de aceptabilidad asociados a cada uno de ellos. No obstante, debido al alto nivel de abstracción que proporciona este formalismo, no es posible analizar la aceptabilidad de los argumentos desde una perspectiva individual puesto que las propiedades individuales de éstos son desconocidas. Así, con la intención de extender la capacidad de representación del formalismo propuesto por Dung, L. Amgoud & C. Cayrol introdujeron en [AC98] una relación de preferencia entre los argumentos que forman parte del modelo argumentativo considerando las preferencias del usuario. Formalmente, un marco argumentativo basado en preferencias está compuesto por una 3-tupla $\langle AR, \mathit{Attacks}, \mathit{Pref}\rangle$, donde AR es el conjunto de argumentos que describe el conocimiento del dominio del discurso, *Attacks* es una relación binaria sobre el conjunto AR que representa los ataques entre los argumentos ($\mathit{Attacks} \subseteq AR \times AR$), y *Pref* es una relación parcial (una relación binaria reflexiva y transitiva) sobre el conjunto AR que representa la preferencia del usuario sobre los argumentos del modelo ($\mathit{Pref} \subseteq AR \times AR$). Así, la relación de ataque representa puramente una relación de ataque lógico (tal como el ataque por refutación), mientras que la relación de preferencia representa meta-conocimiento que no puede extraerse del argumento mismo sino que plasma las preferencias del usuario. De esta manera, al llevar adelante el procedimiento semántico sobre un determinado modelo argumentativo, un argumento se defiende asimismo cuando éste es preferible a todos sus atacantes, o un argumento se encuentra defendido cuando existe un conjunto de argumentos que derrota a sus atacantes, siendo los argumentos del conjunto defensor preferibles a los argumentos del conjunto atacante.

La principal diferencia de este enfoque con los propuestos en esta tesis es la capacidad de representar las características especiales de los argumentos a través de las etiquetas argumentales, y el uso de dichas características para resolver los conflictos existentes entre los argumentos de un modelo que describe una determinada situación problemática del mundo real.

- En $GeSAF^\star$, la resolución de un conflicto es determinada por una función de preferencia que evalúa las características de los argumentos involucrados con la intención de establecer cuál de ellos prevalece, definiendo así una relación de derrota. En este sentido, un argumento puede ser lo suficientemente fuerte como para defenderse y contrarrestar el ataque de sus contra-argumentos sin la necesidad de poseer algún argumento que lo defienda, o por el contrario, puede necesitar la defensa de un conjunto de argumentos que derrote a sus atacantes. En consecuencia, la capacidad expresiva de $GeSAF^\star$ es al menos tan expresiva como la del formalismo basado en preferencias. Además, $GeSAF^\star$ posee la capacidad de proporcionar información valiosa sobre la calidad de los argumentos que será de utilidad para determinar un orden de preferencia sobre los argumentos del modelo. Finalmente, el proceso de aceptabilidad de los argumentos es introducido desde una perspectiva general, ofreciendo las herramientas necesarias para analizar y procesar un modelo argumentativo desde diferentes puntos de vista, dependiendo de las necesidades del usuario y de las características del dominio de la aplicación.

- En LAF, se proporcionan las herramientas necesarias para representar las interacciones entre los argumentos tales como soporte, conflicto, y agregación. Estas relaciones tienen asociadas operaciones definidas en el álgebra de etiquetas argumentales que permiten al formalismo propagar y combinar dichas etiquetas dentro del modelo argumentativo, obteniendo así las etiquetas finales de los argumentos que reflejan el comportamiento del conocimiento dentro del dominio de la argumentación. Además, se considera un efecto de debilitamiento bidireccional entre aquellos argumentos que soportan información contradictoria. Es decir, si un argumento $\mathcal{A}$ está en conflicto con un argumento $\mathcal{B}$, donde $\mathcal{A}$ es preferible (en un sentido específico) a $\mathcal{B}$, entonces $\mathcal{A}$ es un derrotador para $\mathcal{B}$, y a su vez, $\mathcal{A}$ es afectado o debilitado por el ataque de $\mathcal{B}$. Finalmente, la información proporcionada por las etiquetas argumentales es de utilidad para establecer diferentes clases y grados de aceptabilidad.

Marco Argumentativo Basado en el Valor de los Argumentos

T. J. M. Bench-Capon introdujo un marco de trabajo que posee actualmente una gran influencia en las investigaciones dentro del área de la argumentación. Bench-Capon sostiene que a menudo es imposible demostrar irrevocablemente, dentro de un contexto de desacuerdo, que algunas de las partes que argumentan a favor y en contra de una determinada afirmación está equivocada, particularmente en situaciones que impliquen un razonamiento práctico. El papel fundamental de la argumentación en estos casos es persuadir más que probar, demostrar o refutar [BC02a]. En este sentido, y siguiendo los pensamientos de Perelman [Per69, PB80], afirma que la persuasión se basa en el reconocimiento de la fuerza de un argumento dependiente de los valores sociales que el mismo promueve. De esta manera, al considerar el ataque entre argumentos en conflicto, se puede intuir que un ataque tiene éxito siempre que la fuerza del argumento atacante sea comparativamente mayor que la del argumento atacado. Así, un argumento no sólo es defendido cuando todo sus atacantes están derrotados, sino también cuando el valor social que este promueve es mayor al valor social de sus argumentos atacantes. Además, sostiene que en algunos contextos, la solidez lógica de un argumento no es lo único que debe tenerse en consideración dentro del dominio de la argumentación. Los argumentos pueden tener asociada una fuerza que deriva del valor que soportan o protegen [BC02a].

Basado en estas intuiciones, Bench-Capon propuso un formalismo, llamado *Marco Argumentativo Basado en el Valor de los Argumentos* (VAF, por sus siglas en inglés), donde extiende la capacidad de representación del marco argumentativo abstracto de Dung para considerar la fuerza de los argumentos y, a través de dichas valoraciones, reflejar la preferencia de la audiencia a la que los argumentos son dirigidos. Así, la idea principal es re-introducir un elemento que fue abstraído en el marco argumentativo abstracto estándar con la intensión de realizar una elección racional entre aquellas alternativas que son igualmente defendibles desde un punto de vista más abstracto. Formalmente, un VAF es una 5-tupla $\langle AR, \mathit{Attacks}, V, \mathit{Val}, P\rangle$, donde AR es el conjunto de argumentos que describe el conocimiento del mundo real, *Attacks* es una relación binaria sobre el conjunto AR que representan los ataques producidos en el modelo argumentativo ($\mathit{Attacks} \subseteq AR \times AR$), V es un conjunto no vacío de valores que representan la fuerza de los argumentos, *Val* es una función que otorga a cada elemento de AR un elemento de V ($\mathit{Val}: AR \rightarrow V$), y P es el conjunto de posibles audiencias [BC03].

En VAF, el hecho de que un argumento $\mathcal{A} \in AR$ se encuentre relacionado con un valor $v \in V$ significa que al aceptar $\mathcal{A}$ se promociona o defiende la valoración v. El conjunto de valores posee un orden que es determinado por un público específico. Sin embargo, existen ocasiones en donde el público puede estar individualizado por sus preferencias en relación a los valores del conjunto V, es por ello que se representa un conjunto de audiencias P que establece los posibles órdenes sobre el conjunto V. Es decir, se tiene potencialmente tantos ordenamientos del conjunto V como audiencias en P, pudiendo ver a los elementos de P como nombres para los posibles ordenamientos de V. En este sentido, el conjunto de argumentos AR será evaluado por una audiencia de P en base a la preferencia de dicha audiencia sobre los elementos de V.

Luego de identificar la fuerza de cada argumento que forma parte del conjunto AR se pueden distinguir dos clases de ataques: exitosos y fallidos. En otras palabras, a partir de las valuaciones asignadas a los argumentos del modelo se determina cuando un argumento es lo suficientemente fuerte como para atacar y derrotar a otro dada la preferencia de una audiencia $\mathtt{a} \in P$. Una vez establecidos los ataques exitosos, se analiza el modelo argumentativo con la intención de establecer los estados de aceptabilidad correspondientes a cada argumento que forma parte del modelo. En VAF, se extienden las semánticas de aceptabilidad propuestas en el marco argumentativo abstracto estándar de Dung de manera tal de considerar las valuaciones asociadas a los argumentos, que a su vez reflejan las preferencias de una audiencia en particular. En este sentido, se puede interpretar que los conjuntos de argumentos aceptados pueden variar de acuerdo a las diferentes audiencias definidas en P. Por ello, Bench-Capon identifica dos clases de argumentos aceptados según una determinada semántica de aceptabilidad: aquellos argumentos que son aceptados para todas las audiencias, denominado argumentos aceptados objetivamente; y aquellos argumentos que son aceptados para alguna audiencia, denominado argumentos aceptados subjetivamente.

El marco argumentativo basado en el valor de los argumentos tiene ciertas similitudes con los trabajos presentados en esta tesis, puesto que fue una de las fuentes motivadoras de nuestra línea de investigación. En este sentido, tanto $GeSAF^{\star}$ como LAF mantienen la intuición de representar las características especiales de los argumentos identificando así la calidad y fortaleza de los mismos dentro del proceso argumentativo. No obstante, en nuestros formalismos los argumentos pueden tener asociados una colección de atributos que representan los aspectos importantes que el usuario debe considerar dentro del dominio de la aplicación, alcanzando una generalización del concepto introducido en el formalismo analizado. Asimismo, cada una de éstas características es representada y computada por un álgebra de etiquetas argumentales que determina cómo se manifestarán las interacciones de los argumentos dentro de la discusión argumentativa. En este sentido, $GeSAF^{\star}$ y VAF mantienen cierta similaridad analizando las características asociados a los argumentos y brindando una noción de fuerza colectiva para determinar los argumentos en conflictos que prevalecen, mientras que en LAF las interacciones de los argumentos producen un efecto sobre las características especiales que los caracterizan modelando el fortalecimiento y el debilitamiento de los argumentos dentro del dominio de la argumentación. Finalmente, las características de los argumentos se analizan colectivamente con la intención de establecer la aceptabilidad de un argumento y la garantía de una conclusión.

Marco Argumentativo basado en Preferencias y Múltiple Valores

S. Kaci & L. van der Torre en [KvdT08] sostienen que la argumentación a producido avances significativos en la representación del conocimiento y en los mecanismos de razonamiento que contribuyen a una aproximación en la imitación del pensamiento humano.

Entre los diversos formalismos argumentativos los autores destacan las contribuciones proporcionadas por: el marco argumentativo valuado presentado por Bench-Capon en [BC03] donde es posible representar la fuerza de los argumentos que interactúan en una discusión argumentativa, y el marco argumentativo basado en preferencias que proporcionan un orden sobre el conjunto de argumentos que describen el conocimiento de un determinado dominio bajo un propósito específico presentado por L. Amgoud & C. Cayrol en [AC98].

Siguiendo estas líneas de investigación, S. Kaci & L. van der Torre propusieron una generalización al marco argumentativo valuado de Bench-Capon donde se considera que un argumento puede promover múltiples valores, permitiendo representar las diferentes propiedades asociadas a los argumentos que forman parte de una discusión argumentativa. En este sentido, cada valor puede estar asociado a uno o más argumentos y, a su vez, cada argumento puede promover múltiples valores [KvdT08]. Una vez asignados los diferentes valores a cada uno de los argumentos se analizan las relaciones de conflicto existentes entre los mismos con la intención de identificar los ataques exitosos. En el marco argumentativo valuado propuesto por Bench-Capon, el ataque de un argumento $\mathcal{A}$ sobre un argumento $\mathcal{B}$ es exitoso si y sólo si $\mathcal{A}$ ataca a $\mathcal{B}$ y el valor promovido por el argumento $\mathcal{B}$ no es preferido el valor promovido por el argumento $\mathcal{A}$. Sin embargo, en esta nueva propuesta, los argumentos pueden promover más de un valor incrementando la dificultad para determinar cuando un argumento es preferible a otro en base a sus valuaciones. Para afrontar este problema los autores proporcionan dos lineamientos, basados en los principios de especificidad minimal/maximal, que permiten establecer un único ordenamiento sobre el conjunto de valores posibles de asociar a los argumentos. Formalmente, un marco argumentativo que soporta múltiples valores es una 5-tupla $\langle AR$, $Attacks$, V, Val, $\gg_{\triangleright}\rangle$, donde AR es el conjunto de argumentos que describe el conocimiento del mundo real, $Attacks$ es una relación binaria sobre el conjunto AR que representa los ataques producidos en el modelo argumentativo ($Attacks \subseteq AR \times AR$), V es un conjunto no vacío de valores, Val es una función que otorga a cada elemento de AR un elemento de V ($Val\colon AR \rightarrow V$), y $\gg_{\triangleright}$ es un conjunto de posibles preferencias definido sobre el conjunto V ($\gg_{\triangleright} \subseteq V \times V$) basado en los principios mencionados anteriormente [KvdT08]. Así, es posible derivar un ordenamiento total sobre el conjunto de argumentos y definir un ataque exitoso cuando se verifica que un argumento $\mathcal{A}$ ataca un argumento $\mathcal{B}$ y, a la vez, $\mathcal{A}$ es preferido a $\mathcal{B}$. Finalmente, una vez determinados los ataques exitosos entre los argumentos del modelo, se obtiene el conjunto de argumentos aceptados combinando algoritmos de razonamiento no-monótono con algoritmos para determinar las extensiones clásicas de las teorías argumentativas.

La idea principal plasmada en este formalismo posee ciertas similitudes con los formalismos valuados presentados en esta tesis: las valuaciones asociadas a los argumentos nos brindan la posibilidad de establecer la fuerza de los argumentos, y los argumentos tienen asociadas diferentes valoraciones provenientes de un conjunto V que representa a aquellos atributos que no están relacionadas con la solidez lógica de los argumentos. Sin embargo, pensamos que cada una de las características asociadas a los argumentos deberían poseer una interpretación particular, un ordenamiento propio y un tratamiento individual dentro del dominio de la argumentación para finalmente ser analizadas colectivamente. En este sentido, un conjunto de álgebras de etiquetas argumentales proporciona los medios para representar y computar las diferentes características de los argumentos modelando el comportamiento del conocimiento en el dominio de la argumentación conservando la naturalidad de los atributos que se desean modelar.

Gradualidad en Argumentación Abstracta

La argumentación se basa en la interacción de argumentos con la intención de defender o probar una determinada conclusión, clasificando al conjunto de argumentos que modela una discusión argumentativa en dos clases: aceptado o rechazado. En este sentido, Cayrol & Lagasquie-Schiex en [CLS05a] afirman que el proceso argumentativo puede interpretarse como un proceso que se divide en dos etapas: la valoración de los argumentos que representan sus cualidades, y la selección de los argumentos que se encuentran aceptados en un contexto de desacuerdo. Las valoraciones de los argumentos puede ser obtenida independientemente de sus interrelaciones o teniendo en cuenta las relaciones de ataque establecidas entre los argumentos del modelo, mientras que la aceptabilidad de los argumentos puede ser calculada teniendo en cuenta las propiedades individuales de los argumentos o analizando las propiedades colectivas de un conjunto de argumentos. Asimismo, los autores sostienen que las estas de valoración y selección a menudo están relacionadas permitiendo establecer la aceptabilidad de los argumentos en base a sus valuaciones. No obstante, la mayoría de las propuestas que representan la fuerza de los argumentos no introducen una gradualidad dentro del proceso de aceptación. De esta manera, el uso de dichas valoraciones queda restringido a ser una herramienta que permite realizar una comparación entre argumentos del modelo para finalmente determinar el conjunto de argumentos aceptados en un sentido clásico [Dun95, BC03].

Con la intención de representar y explotar la información disponible que caracteriza la fortaleza de los argumentos, Cayrol & Lagasquie-Schiex en [CLS05a], extendieron el formalismo abstracto propuesto por Dung incluyendo una noción de fuerza inherente a los argumentos del modelo, que introduce una ponderación a partir de la cual es posible establecer una noción de gradualidad sobre los estados de aceptabilidad de cada argumento. Así, para obtener las valoraciones asociadas a cada argumento propusieron dos métodos:

- El *método local*, donde la valoración asociada a un argumento depende de la cantidad de ataques directos que éste posee. En este sentido, se acumulan las valuaciones de todos los atacantes de un determinado argumento a través de una función de agregación, y luego una función de desvalorización computa el efecto de los atacantes directos sobre la valuación del argumento en cuestión. Así, cuando las valuaciones de los atacantes directos se incrementan, la valoración del argumento atacado decrementa, y por el contrario, si las valuaciones de los argumentos atacantes decrementan, entonces la valuación del argumento atacado incrementa.
- El *método global*, donde la valoración de un argumento es obtenida en dos etapas. En primer lugar, se crea un árbol argumentativo que tiene como raíz el argumento en cuestión. Luego, se analiza la longitud de cada una de sus ramas, donde las ramas de longitud impar representan los ataques y las ramas de longitud par las defensas. Finalmente, a partir de ese análisis se computaran las valoraciones asociadas al argumento raíz en la forma (R_i, R_p), donde R_i es un vector ordenado de forma ascendente que posee la longitud de cada rama impar (ataque) y R_p es un vector ordenado de forma ascendente que posee la longitud de cada rama par (defensa) de dicha raíz.

Una vez determinadas las valuaciones para cada uno de los argumentos los autores definen, tanto para el método local como para el global un sistema de comparación que establece un orden sobre el conjunto de argumentos como se resume a continuación:

- En el caso del análisis local, un argumento $\mathcal{A}$ será preferible a otro argumento $\mathcal{B}$ siempre que la valoración final de $\mathcal{A}$ sea mejor o igual a la valoración final de $\mathcal{B}$.
- En el caso del análisis global, la comparación de las valuaciones (tuplas) asociadas a los argumentos se dividen en dos etapas: (i) se realiza una comparación entre

el número de ramas de ataque y el número de ramas de defensa que poseen los argumentos involucrados en la comparación. Así, un argumento $\mathcal{A}$ es preferible a un agumento $\mathcal{B}$, si $\mathcal{A}$ tiene una mayor cantidad de ramas de defensa y una menor cantidad de ramas de ataque que $\mathcal{B}$. Asimismo, si $\mathcal{A}$ tiene un mayor ńumero de ramas de defensa y ataque que $\mathcal{B}$ se dice que éstos argumentos son incomparables, y (ii) si $\mathcal{A}$ tiene la misma cantidad de ramas de ataque y defensa que $\mathcal{B}$, entonces se comparan la calidad de los ataques y las defensas de los argumentos involucrados usando la longitud de dichas ramas.

Finalmente, con la intención de establecer el conjunto de argumentos aceptados los autores analizan el modelo argumentativo desde dos enfoques: un *enfoque de aceptabilidad individual* y un *enfoque de aceptabilidad colectivo*. En el contexto de una aceptabilidad individual, un argumento se encuentra defendido si es preferible a todos sus atacantes en base a sus valoraciones en base a una noción de auto-defensa. Así, un argumento puede ser aceptado (cuando el argumento se encuentra auto-defendido en relación a todos sus atacantes) o rechazado (cuando existen atacantes que son preferibles al argumento en cuestión). Por otro lado, en un contexto de una aceptabilidad colectiva, un argumento se encuentra defendido por un conjunto de argumentos que son a la vez aceptados y satisfacen ciertas características, imitando así el proceso de aceptabilidad propuestas por Dung [Dun95]. En este sentido, se proponen tres estados de aceptabilidad para una determinada semántica clásica de Dung: aceptado unívocamente (argumentos que se encuentran en todas las extensiones de la semántica en cuestión), aceptado exceptualmente (argumentos que pertenecen al menos a una extensión de una semántica), y no aceptado (argumentos que no pertenecen a ninguna extensión de la semántica en cuestión). Además, es posible introducir mayor gradualidad en los estados de aceptabilidad asociados a los argumentos a través de la noción de aceptados victoriosamente (argumentos que se encuentran aceptados con todos sus atacantes rechazados en cada una de las extensiones que pertenecen a una semántica).

La propuesta de los autores posee cierta similitud con los formalismos valuados presentados en esta tesis en lo referido a representar y analizar la fortaleza de los argumentos a partir de la cual realizar un análisis refinado sobre la aceptabilidad de los argumentos. No obstante, existen importantes diferencias conceptuales en relación a las intuiciones exploradas en esta tesis. Por un lado, las valuaciones que caracterizan los argumentos representan las características especiales dependientes del dominio de la aplicación, tales como el nivel de confianza de las fuentes que proporcionan los argumentos, el nivel de relevancia de la información que proporcionan los argumentos al usuario en base a los objetivos que desea alcanzar, entre otros, mientras que en los formalismos presentados por los autores la fortaleza de los argumentos se determina por la cantidad de atacantes y defensores que están vinculados con un argumento. Por otro lado, en LAF las interacciones de los argumentos dentro del modelo argumentativo influyen sobre sus características provocando su fortalecimiento (la agregación de las características de los argumentos que soportan una misma conclusión) y su debilitamiento (la resolución bidireccional del conflicto considerando las características de los argumentos involucrados). En este sentido, las valuaciones de los argumentos no proporcionan únicamente un medio para establecer un orden de preferencia, sino que además permiten almacenar información relevante para el proceso de aceptabilidad de los argumentos identificando el comportamiento del conocimiento en el dominio de la aplicación.

Marco Argumentativo con Pesos en los Ataques

Dunne *et.al.* en [DHM$^+$11] sostienen que la incoherencia es inherente a las creencias y/o preferencias de los agentes inteligentes. Sin embargo, enfrentar esta incoherencia sigue siendo esencialmente un problema sin resolver en el campo de la Inteligencia Artificial. Por ello, uno de los objetivos principales de los investigadores que trabajan en el área de la argumentación rebatible es aportar principios y técnicas que manejen la incoherencia en las discusiones argumentativas. Es por ello que se han propuesto una variedad de soluciones en relación al mencionado problema, tales como establecer un conjunto admisible de argumentos, obtener las extensiones preferidas y básica de un determinado modelo argumentativo, entre otras. Sin embargo, estas soluciones brindan en ocasiones un conjunto vacío de argumentos limitando el valor de estas técnicas.

En consecuencia, para superar estas dificultades, existen nuevas tendencias en el área de la argumentación rebatible en donde se representa la fuerza de los argumentos considerando que no todos los argumentos son igualmente fuertes sino que la fuerza de un argumento puede variar dependiendo de diversos factores. Así, el proceso de aceptabilidad que se lleva a cabo sobre un modelo argumentativo debe considerar las mencionadas valuaciones para establecer los conjunto de argumentos que se encuentra libre de incoherencia. No obstante, los autores sostienen que la fuerza de los argumentos no es el único elemento clave dentro de una discusión argumentativa, ya que la fuerza del ataque de un argumento sobre otro puede ser débil a pesar de que éste posea una fuerza considerablemente alta.

Bajo esta intuición, Dunne *et.al.* en [DHM$^+$11] presentaron una extensión al formalismo de Dung en donde consideran el *peso o fuerza de los ataques* producidos entre los argumentos del modelo junto a la noción de *inconsistencia permitida* que caracteriza cuánta inconsistencia se tolerará dentro del modelo argumentativo. Así, se establece un límite sobre la fuerza de los ataques, considerando todos aquellos que superen dicho límite. Formalmente, un marco argumentativo basado en el peso de los ataques está formado por una 3-tupla $\langle$ AR, $Attacks$, W, β $\rangle$, donde AR es el conjunto de argumentos que describe el conocimiento del mundo real, $Attacks$ es una relación binaria sobre el conjunto AR que representa los ataques producidos en el modelo argumentativo ($Attacks \subseteq AR \times AR$), $W : Attacks \rightarrow \mathbb{R}^+$ es una función que asigna un valor real a cada uno de los ataques de $Attacks$, y $\beta \in \mathbb{R}^+$ representa la inconsistencia permitida que determina el subconjunto de ataques R de $Attacks$ que será considerado dentro del modelo argumentativo. De esta manera, es posible realizar un nivel de análisis más detallado permitiendo obtener soluciones no triviales que los sistemas convencionales no son capaces de computar.

La propuesta de los autores persigue diferentes objetivos a los enfoques planteados en esta tesis. En primer lugar, los autores poseen como idea principal representar la fuerza de los ataques que se producen en la discusión argumentativa considerando que éstos pueden ser débiles a pesar de que los argumentos posean fuerzas considerablemente altas, mientras que en nuestros enfoques la fuerza de los ataques está dada por la calidad de los argumentos involucrados. No obstante, en futuros trabajos sería posible considerar una función de similitud, basada en los esquemas de analogía propuesto por Walton [Wal13, BMBS15], que analice la información proporcionada por los argumentos involucrados en un conflicto para determinar la fuerza de dicho conflicto. Por otro lado, sería interesante analizar los efectos de la inconsistencia permitida dentro de los formalismos estructurados donde un conflicto representa, en ciertos casos, argumentos que soportan conclusiones contradictorias.

Marco Argumentativo Social

Bajo la intuición de fomentar y mejorar el debate sobre un tópico en particular a través de las redes sociales, J. Leite & J. Martins propusieron en [LM11] una extensión al marco argumentativo abstracto de Dung en la que se asocian votos sociales a favor y en contra de los argumentos que interactúan en una determinada discusión argumentativa. Así, un *Marco Argumentativo Social* está compuesto por una 3-tupla $\langle AR, \mathit{Attacks}, V\rangle$, donde AR es el conjunto de argumentos que describe el conocimiento del mundo real, *Attacks* es una relación binaria sobre el conjunto AR que representan los ataques producidos en el modelo argumentativo ($\mathit{Attacks} \subseteq AR \times AR$), y V es una función $V: AR \rightarrow \mathbb{N} \times \mathbb{N}$ que asigna a cada argumento $\mathcal{A} \in AR$ el par (p, n) donde p representan la cantidad de votos a su favor, mientras que n la cantidad de votos en su contra.

Una vez definido el marco general con el que se representará la discusión argumentativa los autores definen la semántica mediante la cual se computarán dichos votos, para obtener la fuerza social con la cual se soportan los argumentos que participan de dicha discusión. En este sentido, la *semántica* asociada a un marco argumentativo social se define como una 5-tupla $\langle L, \tau, \wedge, \vee, \neg\rangle$, donde L es un conjunto de valores con un orden total (elemento máximo $\top$ y elemento mínimo $\bot$), τ es una función binaria de agregación que produce la valoración de un argumento basado en sus votos, $\wedge$ es una función binaria que permite obtener el valor de un argumento luego de tener en cuenta la fuerza de sus atacantes, $\vee$ es una función que permite combinar ataques asociados a un argumento, y $\neg$ es una función unaria que permite determinar qué tan fuerte es un ataque. La aplicación de la semántica está esencialmente dada por el punto fijo de la ecuación $M(\mathcal{A}) = \tau(\mathcal{A}) \wedge \neg \vee \{M(\mathcal{B}_i) : (\mathcal{B}_i, \mathcal{A}) \in \mathit{Attacks}\}$ asignando a cada argumento del modelo un valor basado en su apoyo social y en la fuerza de los argumentos atacantes.

Esta propuesta tiene ciertas similitudes con las presentadas en este trabajo, puesto que comparten la intención de proporcionar información adicional acerca de la calidad de los argumentos. Sin embargo, $GeSAF^{\star}$ y LAF pueden considerarse como generalizaciones del marco argumentativo social permitiendo representar las múltiples características de los argumentos dentro de una discusión argumentativa, tales como las preferencias del usuario en relación a la información que los argumentos proporcionan, la precisión de la información que los argumentos representan, entre otros. Por otro lado, puede encontrase cierta similitud en las operaciones usadas para manipular la fuerza social de los argumentos con las operaciones definidas en el álgebra de etiquetas argumentales. No obstante, la resolución de los conflictos propuesta por los autores modela una amortización a los valores sociales de los argumentos involucrados sin llegar a establecer una derrota contundente, mientras que la resolución del conflicto en LAF proporciona una propagación más racional y convencional de los atributos asociados a los argumentos estableciendo que si la fuerza de un argumento $\mathcal{A}$ es mayor o igual a la de un argumento $\mathcal{B}$, entonces la fuerza de $\mathcal{B}$ es neutralizada y la fuerza de $\mathcal{A}$ debilitada o neutralizada según el caso.

9.2. Sistemas Argumentativos

En esta sección analizaremos los principales sistemas argumentativos valuados que consideramos relevantes dentro de nuestra línea de investigación.

Argumentación con Incertidumbre Posibilística: P-DeLP

En la última década los marcos argumentativos rebatibles han evolucionado para imitar el razonamiento del sentido común actuando sobre una base de conocimiento potencialmente incompleta e inconsistente [CML00]. El paradigma de la programación lógica ha demostrado ser particularmente útil para el desarrollo de diferentes marcos argumentativos sobre la base de ciertas variantes que enriquecen su lenguaje a través de un conjunto de reglas rebatibles [GS14]. No obstante, la mayoría de estos formalismos son incapaces de tratar explícitamente la representación y el manejo de la incertidumbre que se encuentra inherente al conocimiento que describe el mundo real.

En base a esta intuición, Chesñevar *et.al* en [CSAG04, ACGS08] extendieron las capacidades de representación de la programación lógica rebatible permitiendo el tratamiento de la incertidumbre posibilística asociada a los elementos del lenguaje en base al marco lógico posibilístico *PGL* [AG00]. Este nuevo formalismo, conocido como *Programación Lógica Rebatible Posibilistíca* (*P-DeLP*, por sus siglas en inglés), el conocimiento del mundo real es expresado a través del conjunto de argumentos posibles de construir a partir de un programa lógico rebatible ponderado donde cada una de las fórmulas del programa tiene asociada un peso posibilístico normalizado en el intervalo $[0-1]$. Es decir, un programa lógico rebatible en *P-DeLP* está compuesto por el par (Π, Δ) donde Π es un conjunto finito consistente de fórmulas certeras (fórmulas con valor posibilístico $p = 1$) y Δ es un conjunto finito de fórmulas inciertas (fórmulas con un valor posibilístico $0 \leq p < 1$), y de esta manera, los argumentos que representan el modelo del mundo real son un conjuntos de éstas fórmulas ponderadas que apoyan una determinada conclusión. En este sentido, el peso posibilístico de un argumento es obtenido en base al cálculo que determina el máximo grado de implicación posibilística de una determinada conclusión provista por el marco lógico subyacente PGL. Luego, estas ponderaciones colaboran con la resolución de los conflictos entre argumentos que soportan objetivos contrapuestos realizando una comparación numérica entre los pesos de los argumentos involucrados. Finalmente, se realiza un procedimiento de análisis dialéctico para determinar la garantía y el peso posibilístico de una conclusión. A continuación ilustraremos un breve ejemplo que ilustrar las nociones mencionadas previamente.

Consideremos el siguiente programa P-DeLP que representa el conocimiento que se posee de un determinado dominio de aplicación:

$$\left\{ \begin{array}{llllll} (x \leftarrow z, 0.7) & (z \leftarrow v, 0.5) & (y \leftarrow u, 0.3) & (s \leftarrow p, 0.7) & (x \leftarrow y, 1) & (\sim x \leftarrow q, 0.45) \\ (\sim z \leftarrow w, 0.4) & (\sim y \leftarrow p, 0.4) & (z \leftarrow t, 0.6) & (\sim z \leftarrow s, 0.8) & (q, 1) & (t, 1) \\ & (u, 1) & (v, 1) & (w, 1) & (p, 1) & \end{array} \right\}$$

En base a este programa es posible identificar un argumento $\mathcal{A}$ que soporta a la conclusión x y un argumento $\mathcal{B}$ que soporta a la conclusión $\sim x$ donde:

$\mathcal{A} = \langle\{(x \leftarrow z, 0.7), (z \leftarrow t, 0.6), (t, 1)\}\rangle$ *con una ponderación posibilística de* 0.6.

$\mathcal{B} = \langle\{(\sim x \leftarrow q, 0.45), (q, 1)\}\rangle$ *con una ponderación posibilística de* 0.45.

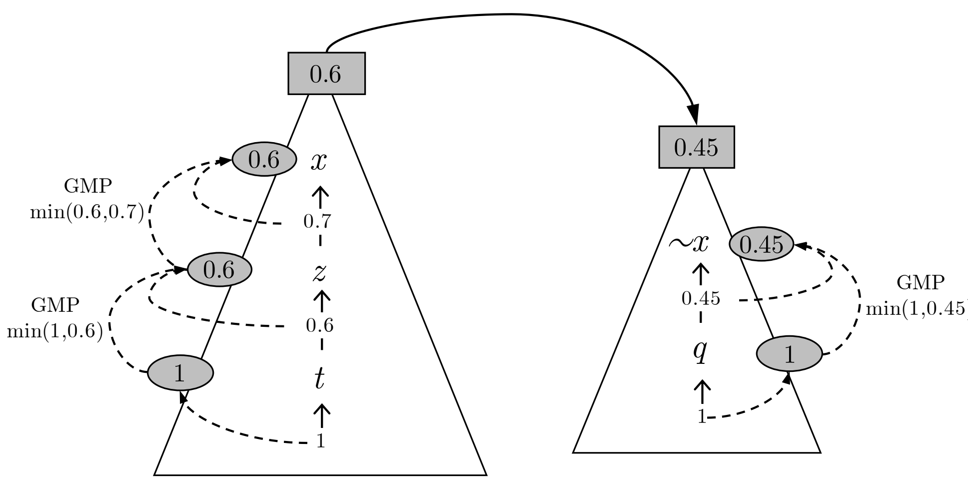


Figura 9.1: Representación de argumentos en P-DeLP

Como se muestra en la Figura *9.1, para obtener la valuación posibilística final de un argumento es necesario analizar y propagar las valuaciones asociadas a las piezas de* *conocimiento que forman parte de su estructura interna en una secuencia ascendente (botton-up) aplicando una instancia particular de la regla de inferencia Modus Ponens Generalizado como se especifica a continuación:*

$$\frac{(p_1,\beta_1),\ldots,(p_n,\beta_n) \quad (q \prec p_1,\ldots,p_n,\alpha)}{(q,min(\alpha,\beta_1,\ldots,\beta_n))} \text{ (Modus Ponens Generalizado)}$$

Finalmente, realizando una comparación entre los valuaciones de los de los argumentos en conflicto se puede concluir que $\mathcal{A}$ es un derrotador para $\mathcal{B}$, puesto que el valor posibilístico de $\mathcal{A}$ es mayor al que tiene asociado el argumento $\mathcal{B}$.

Esta propuesta tiene ciertas similitudes con las presentadas en este trabajo, puesto que comparten la intención de proporcionar información adicional acerca de la calidad de los argumentos y de la garantía de una determinada conclusión. Sin embargo, $GeSAF^{\star}$ y LAF pueden considerarse como generalizaciones de *P-DeLP* que permiten representar y computar las múltiples características de los argumentos dentro de una discusión argumentativa a través de un conjunto de álgebras de etiquetas argumentales que satisfacen ciertas condiciones que garantizan un adecuado tratamiento de la información dentro del dominio de la argumentación. Asimismo, $GeSAF^{\star}$ brinda la posibilidad de obtener la valuación agregada de una conclusión en base a la valuación de las estructuras argumentales que se encuentran aceptadas y que soportan dicha conclusión. Por otro lado, en LAF las interacciones de los argumentos producen un efecto sobre las características especiales que los caracterizan modelando el fortalecimiento y el debilitamiento de los argumentos dentro del dominio de la argumentación.

Agregación de Argumentos en P-DeLP

Como mencionamos anteriormente, los formalismos basados en la teoría de la argumentación han demostrado ser un método exitoso para formalizar el razonamiento cualitativo del sentido común. Al mismo tiempo, la noción de agregar aquellos argumentos que soportan una misma conclusión ha recibido cierta atención en la comunidad de la argumentación [Ver95, Pra05, GLCS09]. Esta noción se basa en que una conclusión es m"as creíble cuanto más razones o argumentos la sustentan. No obstante, ninguno de los enfoques existentes que modelan la agregación de argumentos permite tratar explícitamente la incertidumbre posibilísta asociada a las piezas de conocimiento que representan el conocimiento de un discurso argumentativo.

Bajo este propósito, Gómez Lucero *et.al* en [GLCS13] presentaron una extensión a P-DeLP donde se permite modelar la agregación de argumentos que soportan una misma conclusión y se proporcionan las herramientas necesarias para computar la incertidumbre posibilística de estas nuevas estructuras argumentales, y como éstas serán analizadas dentro del proceso dialéctico que determina la garantía de una conclusión. Particularmente, los autores definieron una función de acumulación ACC que posee dos propiedades: *no-depreciación* (el valor posibilístico acumulado de un argumento agregado no puede ser menor al valor posibilístico de los argumentos que forman parte de él) y *maximalidad* (valor posibilístico acumulado de un argumento agregado es 1 siempre que al menos uno de los argumentos que forman parte de dicha agregación tenga un valor posibilístico de 1). Esta función que puede ajustarse a las necesidades del usuario siempre que satisfaga las propiedades que aseguran una sensata acumulación de los valores posibilísticos asociados a los argumentos. Así, al combinar la función ACC con una regla de inferencia GMP se pueden obtener las valuaciones posibilísticas de los argumentos agregados como se muestra en la *Figura* 9.2.

Una vez obtenidas las valuaciones de todos los argumentos del modelo se identifican los ataques producidos entre argumentos que soportan conclusiones contradictorias. En particular, los autores identificaron dos clases de ataques: un *ataque total* y un *ataque parcial*. En el ataque total un argumento agregado A esta en conflicto con toda la estructura interna de un argumento agregado B , mientras que en un ataque parcial un argumento agregado A ataca a una porción de la estructura interna de un argumento agregado B dejando intacta parte de su estructura interna que mantiene el soporte para su conclusión. Dentro de un modelo argumentativo un argumento agregado puede poseer múltiples ataques, es por ello que para establecer el grado de derrota de un argumento agregado es necesario considerar colectivamente los efectos de dichos ataques (*Figura* 9.3). Asimismo, se puede brindar una resolución racional y justa a los ataques entre dichos argumentos mediante una secuencia de resolución ascendente (botton-up) en donde se consideran, en primer lugar, aquellos ataques más internos de la estructura de un argumento agregado. Finalmente, la garantía de una determinada conclusión es determinada a través de un análisis dialéctico en donde se analiza la degradación de un argumento agregado considerando colectivamente todos sus ataques para definir su estado de aceptabilidad.

Consideremos el programa P-DeLP presentado anteriormente, junto a los argumentos $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$ y $\mathcal{C}$ que soporta a la conclusión x, los argumentos $\mathcal{D}$ y $\mathcal{E}$ que soporta a la conclusión

$\sim z$ y el argumento$\mathcal{F}$ que soporta a la conclusión $\sim x$, donde:

$\mathcal{A} = \langle\{(x \leftarrow z, 0.7), (z \leftarrow t, 0.6), (t, 1)\}\rangle$ *con una ponderación posibilística de* 0.6.

$\mathcal{B} = \langle\{(x \leftarrow z, 0.7), (z \leftarrow v, 0.5), (v, 1)\}\rangle$ *con una ponderación posibilística de* 0.5.

$\mathcal{C} = \langle\{(x \leftarrow y, 1), (y \leftarrow u, 0.3), (u, 1)\}\rangle$ *con una ponderación posibilística de* 0.3.

$\mathcal{D} = \langle\{(\sim z \leftarrow w, 0.4), (w, 1)\}\rangle$ *con una ponderación posibilística de* 0.4.

$\mathcal{E} = \langle\{(\sim z \leftarrow s, 0.8), (s \leftarrow p, 0.7), (p, 1)\}\rangle$ *con una ponderación posibilística de* 0.7.

$\mathcal{F} = \langle\{(\sim x \leftarrow q, 0.45), (q, 1)\}\rangle$ *con una ponderación posibilística de* 0.45.

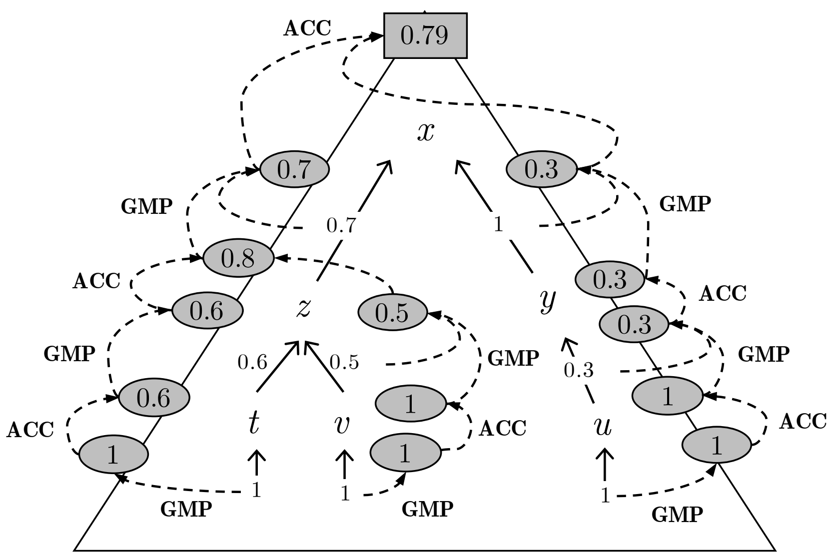


Figura 9.2: Representación y cómputo de un argumento agregado en P-DeLP

Como se muestra en la Figura *9.2, para obtener la valuación posibilística final de un argumento agregado se debe analizar y propagar las valuaciones asociadas a las piezas de conocimiento que forman parte de su estructura interna en una secuencia ascendente (botton-up). Para ello, se debe combinar una instancia particular de la regla de inferencia modus ponens generalizado con una instancia particular de una función de acumulación, los cuales se especifica a continuación:*

$$\frac{(p_1,\beta_1),\ldots,(p_n,\beta_n) \quad (q \prec p_1,\ldots,p_n,\alpha)}{(q, min(\alpha,\beta_1,\ldots,\beta_n))} \text{ (Modus Ponens Generalizado)}$$

$$ACC(\alpha_1,\ldots,\alpha_n) = 1 - \Pi(1-\alpha_i) \text{ (Función de Agregación)}$$

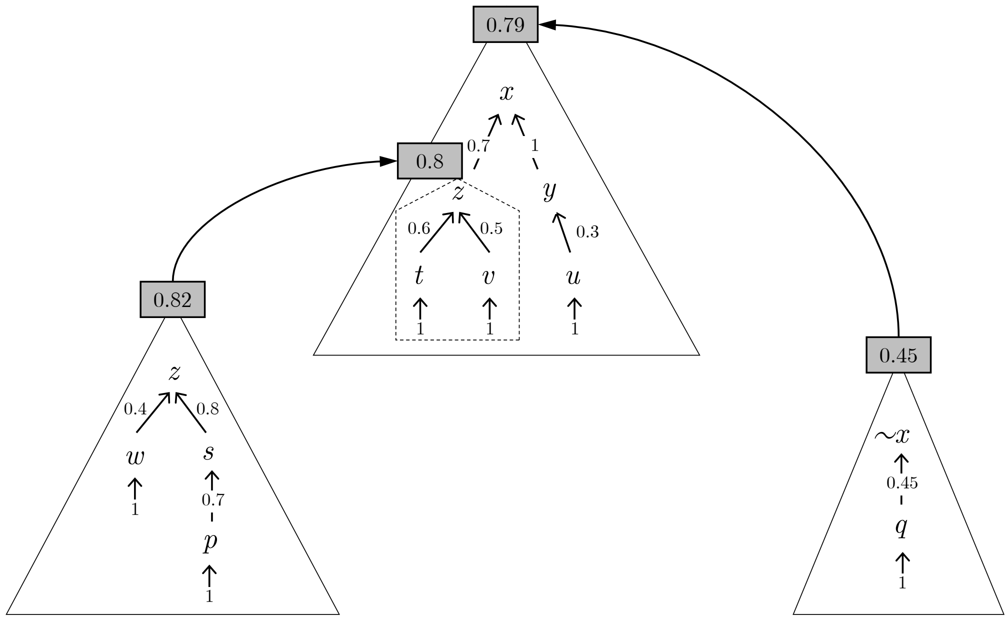


Figura 9.3: Representación de ataques entre argumentos agregados

Finalmente, realizando una comparación entre los valuaciones de los de los argumentos agregados en conflicto se puede concluir que $\mathcal{B}$ *es un derrotador parcial para* A *a través del sub-argumento agregado* A'*, puesto que el valor posibilístico de* B *es mayor al que tiene asociado el sub-argumento agregado* A' *afectando de esta manera a una porción de la estructura interna del argumento agregado* A *como se muestra en la* Figura *9.3. Luego, por el efecto del ataque sobre el argumento* A*, su valor posibilístico queda reducido a* 0.3*. Así, al analizar el ataque total producido por el argumento agregado* C *sobre el argumento agregado debilitado* A *se concluye que* A *es derrotado, puesto que su valor posibilístico debilitado es menor al del argumento agregado* C*.*

Esta propuesta tiene ciertas similitudes con las presentadas en este trabajo, ya que comparten la intención de proporcionar información adicional acerca de la calidad de los argumentos y de la garantía de una determinada conclusión. Sin embargo, $GeSAF^{\star}$ y LAF permiten representar y computar las múltiples características de los argumentos dentro de una discusión argumentativa a través de un conjunto de álgebras de etiquetas argumentales que satisfacen ciertas condiciones que garantizan un adecuado tratamiento de la información dentro del dominio de la argumentación. No obstante, el formalismo propuesto por los autores permite modelar la agregación de los argumentos, capacidad que no posee $GeSAF^{\star}$. Por otro lado, en LAF es posible representar no sólo la agregación de los argumentos, sino también modelar el debilitamiento de los argumentos agregados en dos sentidos: (i) capturando las situaciones donde un argumento agregado es debilitado por la derrota de una de las razones individuales que forma parte de su estructura interna, y (ii) considerando que los ataques entre argumentos son bidireccionales, modelando la reducción de fuerza de un argumento por la simple existencia de contra-argumentos dentro del modelo argumentativo.

Capítulo 10

Conclusiones y Trabajos Futuros

En los últimos años, la investigación en Inteligencia Artificial (IA) ha puesto especial interés en imitar el razonamiento humano frente a situaciones problemáticas, donde la argumentación constituye uno de los principales componentes de la inteligencia humana. La habilidad de participar en discusiones es esencial para que los humanos puedan entender y resolver problemas, para llevar a cabo razonamientos científicos, expresarse, y aclarar y defender sus posiciones. La teoría de la argumentación incluye el debate y la negociación como técnicas que permiten alcanzar conclusiones aceptables de común acuerdo, siendo una de sus principales motivaciones promover el debate social en los que se defiende una determinada posición de los ataques que pueda recibir provenientes de un oponente. Este arte y ciencia es con frecuencia el medio por el que algunas personas protegen sus creencias o propios intereses en un diálogo racional, en simples coloquios o durante la defensa de ideas. En particular, el área de la representación del conocimiento y el razonamiento rebatible que estudia el área de la argumentación rebatible, se especializa en modelar el proceso de razonamiento humano de manera tal de establecer qué conclusiones son aceptables en un contexto de desacuerdo. En términos generales, las teorías de la argumentación se ocupan de analizar las interacciones entre los argumentos que están a favor o en contra de una determinada conclusión, y formar así una base de creencias que será utilizada para afrontar las diversas situaciones problemáticas del mundo real. Estas teorías son ampliamente utilizadas en diversos ámbitos, tales como el razonamiento legal [BCS03, AP09], los sistemas de recomendación [CMS04, BBD$^+$14], los agentes autónomos y sistemas multiagente [RRJ$^+$03], y muchos otros [HV06, BH09].

En la actualidad, el estudio de la argumentación ha recobrado vigencia debido a la gran influencia que los medios de comunicación tienen sobre la sociedad. Esta influencia se manifiesta en el planteamiento de estrategias argumentativas para convencer al público acerca de ciertos valores e ideas. Ejemplo de esto son los discursos argumentativos relacionados con la publicidad o el pensamiento político. Así pues, la principal motivación del estudio de la argumentación consiste en establecer si el razonamiento planteado es verosímil, es decir, si quien es objeto de la argumentación estará dispuesto a aceptarla. En este sentido, los formalismos argumentativos deben poseer la capacidad de representar el discurso argumentativo que plasma una determinada situación problemática del mundo real, y determinar la validez de los argumentos participantes. No obstante, el mundo real es muy complejo e impreciso, es por ello que la realidad no puede estudiarse en términos absolutos. Es decir, la realidad no puede analizarse ni modelarse sin tener en cuenta ciertas características tales como la incertidumbre o la imprecisión de la información que poseemos sobre la situación del mundo real que pretendemos estudiar. Por ello, es correcto pensar que los formalismos argumentativos deberían poseer la capacidad de representar no sólo las propiedades relacionadas a la solidez lógica de los argumentos, sino también otras propiedades dependientes del dominio de aplicación, proporcionando modelos argumentativos más cercanos a la realidad con la intención de optimizar los procesos de razonamiento que se llevan a cabo sobre dichos modelos. Así, en ciertas aplicaciones de la argumentación, es interesante añadir un meta-nivel de información a los argumentos en la forma de etiquetas para extender sus capacidades de representación.

El objetivo general de esta investigación se dirigió al estudio y la formalización de herramientas que optimicen la representación de conocimiento y el proceso de razonamiento en sistemas argumentativos. Es decir, se propusieron formalismos para brindar la posibilidad de representar las características especiales de los argumentos de acuerdo a las necesidades del dominio de la aplicación, y plasmar cómo dichas características son afectadas o influenciadas por las relaciones existentes entre los argumentos, tales como agregación, soporte y conflicto. Por ello, en el *Capítulo* 6 de esta tesis se introdujo el uso de etiquetas como una herramienta para ayudar a la caracterización y evaluación de los argumentos. Como mencionamos anteriormente, para ser de utilidad, estas etiquetas deben contener información distintiva de los argumentos, y la manera en la que éstos interactúan en el dominio de la argumentación. Una forma natural de representar esta información es la utilización de una escala que mida las características distintivas de los argumentos, como ser el grado de confiabilidad de los argumentos según el grado de confiabilidad de las fuentes proponentes, la relevancia de la información que proporciona un argumento dependiendo de los puntos de análisis de un usuario, la precisión de la información que presenta un argumento, entre otros. En este trabajo consideramos una escala donde las valuaciones asociadas a un argumento oscilan entre dos elementos distinguidos: $\top$ y $\bot$. En este sentido, $\bot$ representa el menor grado posible de una característica asociada a un argumento, y $\top$ el máximo. Asimismo, definimos un *álgebra de etiquetas argumentales* como una estructura algebraica abstracta, donde se establece el conjunto de operaciones necesarias para manipular las características asociadas a los argumentos. En este sentido, los efectos del soporte, la agregación, y el conflicto entre argumentos se reflejan en las etiquetas argumentales que cada argumento tiene asociada. De esta manera, las etiquetas cumplen la función de informar cómo los argumentos se afectan entre sí. Es importante notar que el álgebra de etiquetas se basa en un conjunto ordenado que permite la comparación de las *etiquetas argumentales*, y este conjunto fue caracterizado de la forma más abstracta posible para adaptarse a los distintos requisitos que poseen las diferentes aplicaciones del dominio de la argumentación.

En el área de la argumentación rebatible existen diferentes formalismos que representan los atributos de los argumentos, algunos más apropiados que otros para determinadas aplicaciones, como ser el marco argumentativo basado en el valor de los argumentos propuesto por Bench-Capon en [BC02a] donde se modela la fuerza que poseen los argumentos dentro del modelo argumentativo, el sistema argumentativo para computar valores posibilísticos propuesto por Chesñevar [CSAG04], el marco argumentativo social propuesto por J. Leite & J. Martins en [LM11] donde se modela el apoyo social sobre los argumentos que representan el conocimiento en una discusión argumentativa, entre otros. Básicamente, a través de estos enfoques se desea construir un modelo razonable del mundo real para tomar óptimas decisiones ante diversas situaciones problemáticas donde la representación de los atributos asociados a las piezas de conocimiento es una parte crítica a modelar.

En el *Capítulo* 7 se introdujo un marco argumentativo estructurado general etiquetado ($GeSAF^{\star}$), que permite representar la estructura interna de los argumentos que modelan un escenario del mundo real, establecer las diferentes clases de relaciones entre estructuras posibles de definir dentro del dominio de la argumentación, y parametrizar la semántica de aceptabilidad que determinará el estado de aceptabilidad de las estructuras argumentales en base a los requerimientos tanto del usuario como del dominio de la aplicación. Asimismo, se incorpora las nociones y estructuras formales necesarias para asociar meta-información en forma de etiquetas a los argumentos que representan el conocimiento del mundo real, tales como su grado de confiabilidad en base a las fuentes que los esgrimen, votos sociales que representan el apoyo de un determinado público en relación a lo que la estructura representa, la relevancia de la información que proporcionan, entre otros. Por lo general, esta información no se encuentra asociada directamente a los argumentos sino que está relacionadas a las piezas básicas del conocimiento a partir de las cuales se construyen los argumentos. En este sentido, se usaron las facultades provistas por el álgebra de etiquetas argumentales para determinar las cualidades de los argumentos que intervienen en una discusión argumentativa en base a las cualidades asociadas a las piezas de conocimiento que integran la misma, especificando así su fuerza colectiva.

Inicialmente, $GeSAF^{\star}$ establece un conjunto de átomos argumentales etiquetados los cuales representan pasos de razonamiento indivisibles compuestos de premisas y conclusiones sin una condición explícita. A partir de dicho conjunto se derivan las estructuras argumentales etiquetadas que representan la estructura interna de los argumentos, estableciendo la justificación y los fundamentos de cómo ciertas conclusiones son soportadas. Este marco argumentativo etiquetado puede interpretarse como una expansión al marco argumentativo abstracto propuesto por Dung donde se consideró tanto la estructura interna de los argumentos como sus características distintivas, donde la información asociada a los argumentos es usada para: (i) determinar la derrota entre aquellos argumentos que se encuentran en conflicto; (ii) proporcionar información adicional acerca de la aceptabilidad de los argumentos; (iii) establecer la calidad de garantía de una conclusión tomando en consideración las calidades de los argumentos que la soportan; y (iv) definir un umbral de garantía que establece las condiciones que una conclusión válida debe satisfacer.

No obstante, $GeSAF^{\star}$ no explota al máximo las capacidades que el álgebra de etiquetas argumentales es capaz de brindar. Por ello, en el *Capítulo* 8 nos enfocamos en desarrollar un marco argumentativo, llamado *Marco Argumentativo Etiquetado* (LAF, por sus siglas en inglés), que permita representar las características especiales de los argumentos dependiendo del dominio de la aplicación, combinando las capacidades de representación proporcionadas por el *Formato Estándar para el Intercambio de Argumentos* junto a las facultades brindadas por el *Álgebra de Etiquetas Argumentales* para el manejo de las características especiales asociadas a los argumentos dentro del dominio de la argumentación. Por ello, las interacciones entre argumentos tales como soporte, conflicto, y agregación, tienen asociadas operaciones en el álgebra de etiquetas argumentales permitiendo que el sistema propague y combine las etiquetas argumentales de manera tal de obtener la etiqueta final asociada a cada argumento del modelo argumentativo. Un punto importante a destacar es que en LAF se proporciona un mecanismo para resolver los conflictos considerando un efecto debilitante entre los argumentos involucrados disminuyendo la fuerza de un argumento por la simple existencia de razones contrapuestas.

De acuerdo con lo expresado, LAF proporciona información valiosa sobre el comportamiento del conocimiento dentro del proceso argumentativo, posibilitando un análisis más minucioso de las cualidades de los argumentos y la utilización de dicha información para diversos fines, tales como establecer los estados de aceptabilidad de los argumentos, realizar un análisis semántico cualitativo/cuantitativo del conjunto de argumentos aceptados, analizar un modelo argumentativo considerando la posibilidad de optimizar los atributos asociados a ciertos argumentos de acuerdo a las diferentes posturas del usuario, y brindar la posibilidad al usuario de condicionar la calidad de los argumentos que participarán de una determinada discusión argumentativa.

En resumen, dentro de los formalismos presentados en esta tesis, las etiquetas argumentales que proporcionan información sobre las características de los argumentos son usadas para diversos fines, tales como: (i) evaluar los estados de aceptabilidad asociados a los argumentos, ya que la información proporcionada por las etiquetas argumentales colabora en el proceso de aceptabilidad capturando el comportamiento del conocimiento dentro del modelo argumentativo; (ii) especificar una *relación de preferencia*, ya sea parcial o total, sobre el conjunto de argumentos en base a sus características especiales; (iii) analizar la resolución de conflictos entre argumentos reflejando la disminución bidireccional de las cualidades; (iv) establecer diferentes grados de aceptabilidad usando la información asociada a los argumentos; (v) introducir un *umbral de calidad* con el objetivo de establecer los requerimientos mínimos que un argumento debe satisfacer para formar parte de la justificación que sustenta una determinada afirmación, decisión o acción; (vi) analizar un conjunto de soluciones que representen las diferentes propagaciones de los atributos asociados a los argumentos que conforman un determinado modelo argumentativo con la intención de identificar aquella solución que optimice las cualidades de una determinada conclusión; y (vii) combinar diferentes características con la intención de proporcionar respuestas más contundentes sobre el estado de una determinada conclusión.

Trabajos Futuros

A continuación se incluyen algunas líneas de investigación relacionadas a esta tesis sobre las cuales se pretende seguir trabajando:

- En los formalismos propuestos en este trabajo se consideraron dos clases de ataque: ataque por refutación y ataque a una suposición. Sin embargo, como analizamos en el *Capítulo* 2 de esta tesis, es posible realizar un ataque que cuestione una regla de inferencia. Por ello, en el futuro se estudiarán posibles extensiones de las capacidades representativas de $GeSAF^{\star}$ y LAF para modelar ataques a los pasos de razonamiento y reglas de inferencia que componen la estructura interna de las entidades argumentales.

- En LAF la complejidad para resolver el sistema de ecuaciones que modela el comportamiento del conocimiento está asociada a la selección de las operaciones que determinan cómo las etiquetas argumentales serán afectadas por las interrelaciones del conocimiento dentro del grafo argumentativo. La linealidad de un sistema admite ciertas suposiciones matemáticas y aproximaciones que permiten un cálculo más sencillo de los resultados ya que los sistemas no lineales son usualmente difíciles (o imposibles) de tratar, y sus comportamientos con respecto a una variable dada es extremadamente difícil de predecir. Algunos sistemas no lineales tienen soluciones exactas o integrables, mientras que otros tienen un comportamiento caótico siendo éstos imposibles de resolver. Sin embargo, algunos sistemas no lineales y ecuaciones de interés general han sido extensamente estudiados y la mayoría son pobremente comprendidos [Mal05]. En futuros trabajos se pretende profundizar en la caracterización del álgebra de etiquetas argumentales con la intención de establecer las condiciones necesarias que aseguren la creación de un sistema de ecuaciones matemáticamente solubles y computacionalmente tratables.

- En ciertas situaciones del mundo real se necesita la representación de la disponibilidad temporal de los argumentos dentro del dominio de la argumentación con la intención de crear modelos argumentativos dinámicos que contemplen cómo los argumentos son afectados por los eventos del mundo en un momento determinado. Una extensión de Dung que considera ciertas nociones temporales fue presentado por Cobo *et.al* en [CMS10b, CMS10a] en donde se añade una dimensión a la discusiones argumentativas considerando que los argumentos son válidos en ciertos intervalos de tiempo específicos, los cuales son llamados *intervalos de disponibilidad*. En este sentido, los ataques entre argumentos se consideran factibles solamente cuando el argumento atacante y el atacado están simultáneamente disponibles. Por lo tanto, el conjunto de argumentos aceptables puede variar según las variaciones asociadas a las disponibilidades de los argumentos y a las relaciones entre los mismos. En base a esta intuición, definiremos un álgebra de etiquetas temporales que nos permita manipular y propagar la disponibilidad temporal de las piezas de conocimiento que forman parte de la estructura interna de un argumento, creando así un modelo argumentativo dinámico que modele cambios en las relaciones establecidas entre las estructuras argumentales. Asimismo, se propone estudiar cómo las etiquetas temporales pueden ser combinadas con las etiquetas argumentales para modelar la variación de los atributos de un argumento en el tiempo. De esta manera, se formalizará el proceso de aceptabilidad de los argumentos teniendo en cuenta las características asociadas a los argumentos, donde éstas poseen una variación o distribución temporal.

- Los sistemas argumentativos basados en reglas (SABR) son formalismos de argumentación en donde el conocimiento de un agente incluye un conjunto de reglas de inferencia a partir de las cuales se pueden construir argumentos a favor o en contra de una afirmación. Estos sistemas son de particular interés en el área de Inteligencia Artificial dado que este tipo de reglas de inferencia permiten representar conocimiento de sentido común, y la construcción de argumentos puede realizarse de manera automática. Los SABR poseen características que los hacen especialmente aptos para su implementacion computacional. En la actualidad, algunos de los SABR propuestos en la literatura cuentan con una implementación [MP14, GS14], permitiendo así su aplicación concreta a otras áreas de las Ciencias de la Computación, tales como el razonamiento legal, la teoría de la comunicación, y la filosofía. Como futuro trabajo se implementará un sistema argumentativo valuado estructurado, extendiendo las capacidades de representación de DeLP [GS14], donde las valuaciones de los argumentos puedan variar en el tiempo, y se analizará cómo éstas variaciones influyen en el proceso de aceptabilidad de los argumentos. Asimismo, se espera obtener resultados experimentales que permitan estudiar la eficiencia y eficacia del método argumentativo valuado.

Bibliografía

[AC98] Amgoud, L., and Cayrol, C. On the acceptability of arguments in preference-based argumentation. In *Proceedings of the Fourteenth conference on Uncertainty in artificial intelligence* (1998), Morgan Kaufmann Publishers Inc., pp. 1–7.

[ACGS08] Alsinet, T., Chesnevar, C. I., Godo, L., and Simari, G. R. A logic programming framework for possibilistic argumentation: Formalization and logical properties. *Fuzzy Sets and Systems 159*, 10 (2008), 1208–1228.

[ADM08] Amgoud, L., Dimopoulos, Y., and Moraitis, P. A general framework for argumentation-based negotiation. In *Proceedings of Argumentation in Multi-Agent Systems*. Springer, 2008, pp. 1–17.

[AG00] Alsinet, T., and Godo, L. A complete calculus for possibilistic logic programming with fuzzy propositional variables. In *Proceedings of the Sixteenth conference on Uncertainty in artificial intelligence* (2000), Morgan Kaufmann Publishers Inc., pp. 1–10.

[AK07] Amgoud, L., and Kaci, S. An argumentation framework for merging conflicting knowledge bases. *International Journal of Approximate Reasoning 45*, 2 (2007), 321–340.

[AMP00] Amgoud, L., Maudet, N., and Parsons, S. Modelling dialogues using argumentation. In *Proceedings of International Conference on MultiAgent Systems* (2000), IEEE, pp. 31–38.

[AP09] Amgoud, L., and Prade, H. Using arguments for making and explaining decisions. *Artificial Intelligence 173*, 3 (2009), 413–436.

[BBD+14] Briguez, C. E., Budán, M. C., Deagustini, C. A., Maguitman, A. G., Capobianco, M., and Simari, G. R. Argument-based mixed recommenders and their application to movie suggestion. *Expert Systems with Applications 41*, 14 (2014), 6467–6482.

[BC02a] Bench-Capon, T. Value based argumentation frameworks. *arXiv preprint cs/0207059* (2002).

[BC02b] Bench-Capon, T. J. M. Value-based argumentation frameworks. In *NMR* (2002), S. Benferhat and E. Giunchiglia, Eds., pp. 443–454.

[BC03] Bench-Capon, T. J. Persuasion in practical argument using value-based argumentation frameworks. *Journal of Logic and Computation 13*, 3 (2003), 429–448.

[BCS03] Bench-Capon, T., and Sartor, G. A model of legal reasoning with cases incorporating theories and values. *Artificial Intelligence 150*, 1 (2003), 97–143.

[BDP93] Benferhat, S., Dubois, D., and Prade, H. Argumentative inference in uncertain and inconsistent knowledge bases. In *Proceedings of the Ninth international conference on Uncertainty in artificial intelligence* (1993), Morgan Kaufmann Publishers Inc., pp. 411–419.

[BG09] Baroni, P., and Giacomin, M. Semantics of abstract argument systems. *Argumentation in Artificial Intelligence* (2009), 25–44.

[BGLS13] Budán, M. C. D., Gómez Lucero, M. J., and Simari, G. R. Modeling reliability varying over time through a labeled argumentative framework. In *Workshop of Weighted Logics for AI: Reasoning about uncertain beliefs, preferences, partial truth and other graded notions* (2013), pp. 26–33.

[BGLS14] Budán, M. C. D., Gómez Lucero, M. J., and Simari, G. R. An aif-based labeled argumentation framework. In *Proccedings of Foundations of Information and Knowledge Systems* (2014), Springer, pp. 117–135.

[BGLVS15] Budán, M. C. D., Gómez Lucero, M. J., Viglizzo, I., and Simari, G. R. A labeled argumentation framework. *Journal of Applied Logic* (2015).

[BH08] Besnard, P., and Hunter, A. *Elements of argumentation*, vol. 47. MIT press Cambridge, 2008.

[BH09] Besnard, P., and Hunter, A. Argumentation based on classical logic. *Argumentation in Artificial Intelligence* (2009), 133–152.

[BH14] Besnard, P., and Hunter, A. Constructing argument graphs with deductive arguments: a tutorial. *Argument & Computation 5*, 1 (2014), 5–30.

[BJG08] Bang-Jensen, J., and Gutin, G. Z. *Digraphs: theory, algorithms and applications.* Springer Science & Business Media, 2008.

[BMBS15] Budán, P. D., Martinez, M. V., Budán, M. C., and Simari, G. R. Introducing analogy in abstract argumentation. In *Workshop of Weighted Logics for AI: Reasoning about uncertain beliefs, preferences, partial truth and other graded notions* (2015), pp. 25–33.

[BR11] Bex, F., and Reed, C. Schemes of inference, conflict and preference in a computational model of argument. *Studies in Logic, Grammar and Rhetoric 36* (2011), 39–58.

[BSVS15] Budán, M. C., Simari, G. I., Viglizzo, I., and Simari, G. R. Considering fuzzy valuations as meta-level information in arguments. In *Workshop of Weighted Logics for AI: Reasoning about uncertain beliefs, preferences, partial truth and other graded notions* (2015), pp. 17–24.

[CA07] Caminada, M., and Amgoud, L. On the evaluation of argumentation formalisms. *Artificial Intelligence 171*, 5 (2007), 286–310.

[Cam06] Caminada, M. On the issue of reinstatement in argumentation. *Logics in artificial intelligence* (2006), 111–123.

[Cam07] Caminada, M. An algorithm for computing semi-stable semantics. In *Proceedings of Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning with Uncertainty.* Springer, 2007, pp. 222–234.

[CLS05a] Cayrol, C., and Lagasquie-Schiex, M.-C. Graduality in argumentation. *Journal of Artificial Intelligence Research 23* (2005), 245–297.

[CLS05b] Cayrol, C., and Lagasquie-Schiex, M.-C. On the acceptability of arguments in bipolar argumentation frameworks. In *Proceedings of Symbolic and quantitative approaches to reasoning with uncertainty*. Springer, 2005, pp. 378–389.

[CML00] Chesñevar, C. I., Maguitman, A. G., and Loui, R. P. Logical models of argument. *ACM Computing Surveys (CSUR) 32*, 4 (2000), 337–383.

[CMR+06] Chesñevar, C., MODGIL, S., RAHWAN, I., REED, C., SIMARI, G., SOUTH, M., VREESWIJK, G., WILLMOTT, S., et al. Towards an argument interchange format. *The Knowledge Engineering Review 21*, 04 (2006), 293–316.

[CMS04] Chesñevar, C. I., Maguitman, A. G., and Simari, G. R. A first approach to argument-based recommender systems based on defeasible logic programming. In *Proceedings of International Workshop on Non-Monotonic Reasoning* (2004), pp. 109–117.

[CMS06] Chesñevar, C. I., Maguitman, A. G., and Simari, G. R. Argument-based critics and recommenders: a qualitative perspective on user support systems. *Data & Knowledge Engineering 59*, 2 (2006), 293–319.

[CMS10a] Cobo, M. L., Martinez, D., and Simari, G. R. An approach to timed abstract argumentation. In *Proceedings of International Workshop of Non-monotonic Reasoning* (2010), pp. 25–33.

[CMS10b] Cobo, M. L., Martínez, D. C., and Simari, G. R. On admissibility in timed abstract argumentation frameworks. In *Proceedings of European Conference on Artificial Intelligence* (2010), vol. 215, pp. 1007–1008.

[CSAG04] Chesñevar, C. I., Simari, G. R., Alsinet, T., and Godo, L. A logic programming framework for possibilistic argumentation with vague knowledge. In *Proceedings of Conference in Uncertainty in Artificial Intelligence* (2004), AUAI Press, pp. 76–84.

[Dav89] Davis, R. *Truth, Deduction, and Computation: Logic and semantics for computer science*. WH Freeman & Co., 1989.

[DBR01] De, S. K., Biswas, R., and Roy, A. R. An application of intuitionistic fuzzy sets in medical diagnosis. *Fuzzy Sets and Systems 117*, 2 (2001), 209–213.

[DDBC05] Dunne, P. E., Doutre, S., and Bench-Capon, T. Discovering inconsistency through examination dialogues. In *Proceedings of International Joint Conference on Artificial Intelligence* (2005), Morgan Kaufmann Publishers Inc., pp. 1680–1681.

[DHM+11] Dunne, P. E., Hunter, A., McBurney, P., Parsons, S., and Wooldridge, M. Weighted argument systems: Basic definitions, algorithms, and complexity results. *Artificial Intelligence 175*, 2 (2011), 457–486.

[DP82] Dubois, D., and Prade, H. A class of fuzzy measures based on triangular norms: a general framework for the combination of uncertain information. *International Journal Of General System 8*, 1 (1982), 43–61.

[Dun93] Dung, P. M. On the acceptability of arguments and its fundamental role in nonmonotonic reasoning and logic programming. In *Proceedings of International Joint Conference on Artificial Intelligence* (1993), pp. 852–859.

[Dun95] Dung, P. M. On the acceptability of arguments and its fundamental role in nonmonotonic reasoning, logic programming and n-person games. *Artificial intelligence 77*, 2 (1995), 321–357.

[EGKF93] Elvang-Gøransson, M., Krause, P., and Fox, J. Dialectic resoning with inconsistent information. In *Proceedings of International Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence* (1993), Morgan Kaufmann Publishers Inc., pp. 114–121.

[EML14] Eğilmez, S., Martins, J., and Leite, J. Extending social abstract argumentation with votes on attacks. In *Proceedings of Theory and Applications of Formal Argumentation*. Springer, 2014, pp. 16–31.

[FKEG93] Fox, J., Krause, P., and Elvang-Gøransson, M. Argumentation as a general framework for uncertain reasoning. In *Proceedings of International Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence* (1993), Morgan Kaufmann Publishers Inc., pp. 428–434.

[FP96] Fox, J., and Parsons, S. Comparing normative argumentation to other probabilistic systems. In *Proceedings of the International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in KBS* (1996), Granada.

[GCS93] Garcia, A., Chesnevar, C., and Simari, G. Making argument systems computationally attractive. In *Proceedings of the XIII Latin-American conference of the Chilean Society for Computer Science, La Serena* (1993).

[GGS02] Gottifredi, S., Garcia, A. J., and Simari, G. R. A study of aif argument networks anomalies and a characterization of its solutions. In *Proceedings of Argentine Symposium on Artificial Intelligence* (2002), pp. 1–12.

[GL] Gómez Lucero, M. J. Formalización de agregación de argumentos: semánticas de aceptabilidad y procedimiento de prueba dialéctico. *Tesis Doctoral - Universidad Nacional del Sur*.

[GLCS09] Gómez Lucero, M. J., Chesñevar, C. I., and Simari, G. R. Modelling argument accrual in possibilistic defeasible logic programming. In *Proceedings of Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning with Uncertainty*. Springer, 2009, pp. 131–143.

[GLCS13] Gómez Lucero, M. J., Chesñevar, C. I., and Simari, G. R. Modelling argument accrual with possibilistic uncertainty in a logic programming setting. *Information Sciences 228* (2013), 1–25.

[GOY98] Grabisch, M., Orlovski, S. A., and Yager, R. R. Fuzzy aggregation of numerical preferences. In *Proceedings of Fuzzy Sets in Decision Analysis, Operations Research and Statistics*. Springer, 1998, pp. 31–68.

[GS04] García, A. J., and Simari, G. R. Defeasible logic programming: An argumentative approach. *Theory and practice of logic programming 4*, 1+ 2 (2004), 95–138.

[GS14] García, A. J., and Simari, G. R. Defeasible logic programming: Delp-servers, contextual queries, and explanations for answers. *Argument & Computation 5*, 1 (2014), 63–88.

[H+03] Halpern, J. Y., et al. *Reasoning about uncertainty*, vol. 21. MIT press Cambridge, 2003.

[HH92] Hwang, S.-J. C. C.-L., and Hwang, F. P. *Fuzzy multiple attribute decision making*. Springer, 1992.

[HP90] Harker, P. T., and Pang, J.-S. Finite-dimensional variational inequality and nonlinear complementarity problems: a survey of theory, algorithms and applications. *Mathematical programming 48*, 1-3 (1990), 161–220.

[HV06] Hitchcock, D., and Verheij, B. *Arguing on the Toulmin model*. Springer, 2006.

[KAEGF95] Krause, P., Ambler, S., Elvang-Goransson, M., and Fox, J. A logic of argumentation for reasoning under uncertainty. *Computational Intelligence 11*, 1 (1995), 113–131.

[Kar84] Karmarkar, N. A new polynomial-time algorithm for linear programming. In *Proceedings of ACM symposium on Theory of computing* (1984), ACM, pp. 302–311.

[Kha80] Khachiyan, L. G. Polynomial algorithms in linear programming. *USSR Computational Mathematics and Mathematical Physics 20*, 1 (1980), 53–72.

[KM03] Kakas, A., and Moraitis, P. Argumentation based decision making for autonomous agents. In *Proceedings of Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems* (2003), ACM, pp. 883–890.

[Kon88] Konolige, K. Defeasible argumentation in reasoning about events. In *Proceedings of International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems* (1988), pp. 380–390.

[KvdT08] Kaci, S., and van der Torre, L. Preference-based argumentation: Arguments supporting multiple values. *International Journal of Approximate Reasoning 48*, 3 (2008), 730–751.

[Lif96] Lifschitz, V. Foundations of logic programming. *Principles of knowledge representation 3* (1996), 69–127.

[Liu09] Liu, B. *Theory and practice of uncertain programming*, vol. 239. Springer, 2009.

[LM11] Leite, J., and Martins, J. Social abstract argumentation. In *Proceedings of International Joint Conferences on Artificial Intelligence* (2011), pp. 2287–2292.

[LS89] Lin, F., and Shoham, Y. Argument systems. In *Proceedings of International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning* (1989), Morgan Kaufmann Publishers Inc., pp. 245–255.

[LS08] Lukasiewicz, T., and Straccia, U. Managing uncertainty and vagueness in description logics for the semantic web. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web 6*, 4 (2008), 291–308.

[Mal05] Malinietski, G. G. *Fundamentos matemáticos de la sinergética: caos, estructuras y simulación por ordenador.* URSS, 2005.

[MC09] Modgil, S., and Caminada, M. Proof theories and algorithms for abstract argumentation frameworks. *Argumentation in artificial intelligence* (2009), 105–129.

[MCDB15] Maximiliano C. D. Budán, Mauro Gómez Lucero, I. V. G. R. S. A labeled argumentation framework. *Journal of Applied Logic* (2015).

[MGS07] Martinez, D. C., Garcia, A. J., and Simari, G. R. Modelling well-structured argumentation lines. In *Proceedings of International Joint Conferences on Artificial Intelligence* (2007), pp. 465–470.

[MM11] Mochales, R., and Moens, M.-F. Argumentation mining. *Artificial Intelligence and Law 19*, 1 (2011), 1–22.

[Mod06] Modgil, S. Hierarchical argumentation. *Logics in Artificial Intelligence* (2006), 319–332.

[MP14] Modgil, S., and Prakken, H. The aspic+ framework for structured argumentation: a tutorial. *Argument & Computation 5*, 1 (2014), 31–62.

[Nel49] Nelson, D. Constructible falsity. *The Journal of Symbolic Logic 14*, 1 (1949), 16–26.

[PB80] Perelman, C., and Berman, H. J. *Justice, law, and argument*, vol. 142. Springer Science & Business Media, 1980.

[Per69] Perelman, C. *The new rhetoric: A treatise on argumentation.* 1969.

[Per80] Perelman, C. *Justice, Law and Argument*, vol. 142 of *Synthese Library.* Reidel, Dordrecht, Holland, 1980.

[Pol70] Pollock, J. L. *The structure of epistemic justification.* 1970.

[Pol95] Pollock, J. L. *Cognitive carpentry: A blueprint for how to build a person.* Mit Press, 1995.

[Pol10] Pollock, J. L. Defeasible reasoning and degrees of justification. *Argument & Computation 1*, 1 (2010), 7–22.

[Pra05] Prakken, H. A study of accrual of arguments, with applications to evidential reasoning. In *Proceeding of International Conference on Artificial Intelligence and Law* (2005), ACM, pp. 85–94.

[PS97a] Prakken, H., and Sartor, G. Argument-based extended logic programming with defeasible priorities. *Journal of applied non-classical logics 7*, 1-2 (1997), 25–75.

[PS97b] Prakken, H., and Sartor, G. A dialectical model of assessing conflicting arguments in legal reasoning. In *Proceedings of Logical Models of Legal Argumentation.* Springer, 1997, pp. 175–211.

[PV02] Prakken, H., and Vreeswijk, G. Logics for defeasible argumentation. In *Handbook of philosophical logic.* Springer, 2002, pp. 219–318.

[PW02] Parsons, S., and Wooldridge, M. Game theory and decision theory in multi-agent systems. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems 5*, 3 (2002), 243–254.

[Rah08] Rahwan, I. Mass argumentation and the semantic web. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web 6*, 1 (2008), 29–37.

[Ren95] Renegar, J. Linear programming, complexity theory and elementary functional analysis. *Mathematical Programming 70*, 1-3 (1995), 279–351.

[RL97] REED, C., AND LONG, D. Content ordering in the generation of persuasive discourse. In *Proceedings of International Joint Conference on Artificial Intelligence* (1997), pp. 1022–1029.

[RL08] RAHWAN, I., AND LARSON, K. Mechanism design for abstract argumentation. In *Proceedings of International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems* (2008), International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, pp. 1031–1038.

[RLT09] RAHWAN, I., LARSON, K., AND TOHMÉ, F. A. A characterisation of strategy-proofness for grounded argumentation semantics. In *Proceedings of International Joint Conferences on Artificial Intelligence* (2009), pp. 251–256.

[RMGS10] ROTSTEIN, N. D., MOGUILLANSKY, M. O., GARCÍA, A. J., AND SIMARI, G. R. A dynamic argumentation framework. In *Proceedings of Computational Models of Argument* (2010), vol. 216, pp. 427–438.

[RMS09] ROTSTEIN, N. D., MOGUILLANSKY, M. O., AND SIMARI, G. R. Dialectical abstract argumentation: A characterization of the marking criterion. In *Proceedings of International Joint Conferences on Artificial Intelligence* (2009), pp. 898–903.

[RR04] REED, C., AND ROWE, G. Araucaria: Software for argument analysis, diagramming and representation. *Artificial Intelligence Tools 13*, 04 (2004), 961–979.

[RRJ+03] RAHWAN, I., RAMCHURN, S. D., JENNINGS, N. R., MCBURNEY, P., PARSONS, S., AND SONENBERG, L. Argumentation-based negotiation. *The Knowledge Engineering Review 18*, 04 (2003), 343–375.

[RZR07a] RAHWAN, I., ZABLITH, F., AND REED, C. Laying the foundations for a world wide argument web. *Artificial intelligence 171*, 10 (2007), 897–921.

[RZR07b] RAHWAN, I., ZABLITH, F., AND REED, C. Laying the foundations for a world wide argument web. *Artificial intelligence 171*, 10 (2007), 897–921.

[RZR07c] Rahwan, I., Zablith, F., and Reed, C. Towards large scale argumentation support on the semantic web. In *Proceedings of Association for the Advancement of Artificial Intelligence* (2007), vol. 7, pp. 1446–1451.

[SD12] Saint-Dizier, P. Processing natural language arguments with the platform. *Argument & Computation 3*, 1 (2012), 49–82.

[Sim89] Simari, G. R. *A Mathematical Treatment of Defeasible Reasoning and its Implementation*. PhD thesis, Washington University, Dep. of Comp. Science, December 1989.

[Sim10] Simon, D. Kalman filtering with state constraints: a survey of linear and nonlinear algorithms. *IET Control Theory & Applications 4*, 8 (2010), 1303–1318.

[SL92] Simari, G. R., and Loui, R. P. A mathematical treatment of defeasible reasoning and its implementation. *Artificial intelligence 53*, 2 (1992), 125–157.

[SMB+94] Sperberg-McQueen, C. M., Burnard, L., et al. *Guidelines for electronic text encoding and interchange*, vol. 1. Text Encoding Initiative Chicago and Oxford, 1994.

[SS61] Schweizer, B., and Sklar, A. Associative functions and statistical triangle inequalities. *Publicationes Mathematicae - Debrecen 8*, 169-186 (1961), 143.

[SS63] Schweizer, B., and Sklar, A. Associative functions and abstract semigroups. *Publicationes Mathematicae - Debrecen 10*, 69-81 (1963), 3.

[Syr01] Syropoulos, A. Mathematics of multisets. In *Multiset Processing*. Springer, 2001, pp. 347–358.

[Ton14] Toni, F. A tutorial on assumption-based argumentation. *Argument & Computation 5*, 1 (2014), 89–117.

[TS11] Thulasiraman, K., and Swamy, M. N. *Graphs: theory and algorithms*. John Wiley & Sons, 2011.

[VBRG11] Visser, J., Bex, F., Reed, C., and Garssen, B. Correspondence between the pragma-dialectical discussion model and the argument interchange format. *Studies in Logic, Grammar and Rhetoric 23*, 36 (2011), 189–224.

[Ver95] Verheij, B. Accrual of arguments in defeasible argumentation. In *Proceedings of Workshop on Nonmonotonic Reasoning* (1995), pp. 217–224.

[Ver07] Verheij, B. A labeling approach to the computation of credulous acceptance in argumentation. In *Proceedings of International Joint Conferences on Artificial Intelligence* (2007), pp. 623–628.

[VHJ12] Visser, W., Hindriks, K. V., and Jonker, C. M. An argumentation framework for qualitative multi-criteria preferences. In *Proceedings of Theorie and Applications of Formal Argumentation*. Springer, 2012, pp. 85–98.

[Vor52] Vorob'ev, N. A constructive propositional calculus with strong negation. *Doklady Akademii Nauk 85* (1952), 465–468.

[Vre93] Vreeswijk, G. *The feasibility of defeat in defeasible reasoning*. Springer, 1993.

[Vre97] Vreeswijk, G. A. Abstract argumentation systems. *Artificial intelligence 90*, 1 (1997), 225–279.

[Vre06] Vreeswijk, G. A. An algorithm to compute minimally grounded and admissible defence sets in argument systems. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications 144* (2006), 109.

[Wal13] Walton, D. *Argumentation schemes for presumptive reasoning*. Routledge, 2013.

[Yag83] Yager, R. R. Entropy and specificity in a mathematical theory of evidence. *International Journal of General System 9*, 4 (1983), 249–260.

[Zad65] Zadeh, L. A. Fuzzy sets. *Information and control 8*, 3 (1965), 338–353.

[ZFT74] Zadeh, L. A., Fu, K.-S., and Tanaka, K. Fuzzy sets and their applications to cognitive and decision processes:. In *Proceedings of Seminar on Fuzzy Sets and Their Applications* (1974), Academic press.

[Zim] Zimmermann, H. *Fuzzy Set Theory and Its Applications Second, Revised Edition*. Springer.

[Zim01] Zimmermann, H.-J. *Fuzzy Set Theory and Its Applications*. Springer, 2001.