

Autoreferencia en Juegos Normados (Reporte Preliminar)

Claudio A. Vaucheret Gerardo Parra
Departamento de Informática y Estadística
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

Guillermo R. Simari
Departamento de Ciencias de la Computación
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR¹

e-mail {cvaucher,gparra}@uncoma.edu.ar, grs@criba.edu.ar

Douglas Hofstadter, en su artículo "NOMIC: A Self-Modifying Game Based on Reflexivity in Law"[1], presenta un conjunto de ejemplos de situaciones paradójicas producidas por ciertas características autoreferenciales de la ley. Las situaciones problemáticas de este tipo pueden aparecer en cualquier actividad normada por un reglamento, como los juegos o cuerpos deliberantes, donde la legalidad de una jugada o una acción debe estar justificada por un reglamento inambiguo que pueda determinar efectivamente si la jugada o la acción es válida o no. Este trabajo toma intuiciones motivadas en ese trabajo y presenta una formalización que las incorpora. Algunos ejemplos muestran el comportamiento de la formalización propuesta.

¹Miembro de GIIA (Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial) e ICIC (Instituto de Ciencias e Ingeniería de Computación), UNS, Bahía Blanca

1 Introducción

Douglas Hofstadter, en su artículo “NOMIC: A Self-Modifying Game Based on Reflexivity in Law” [1], presenta un conjunto de ejemplos de situaciones paradójicas producidas por ciertas características autoreferenciales de la ley. Estos ejemplos, cubren casos de conflicto en la División de Poderes, conflictos entre el Congreso, la Corte Suprema, y el Poder Ejecutivo. Ejemplos en los procedimientos parlamentarios de un cuerpo deliberante y hasta una anécdota clásica de la antigua Grecia, donde un filósofo y su discípulo se enfrentan en un caso judicial esgrimiendo la misma estructura argumentativa defendiendo su propia causa.

Todos los casos muestran los problemas que surgen cuando leyes de igual o distinta categoría entran en conflicto para decidir alguna cuestión, complicado por el hecho de que existen leyes que regulan la utilización y modificación de otras leyes. En el mismo artículo, Hofstadter presenta las reglas de un juego llamado NOMIC, inventado por Peter Suber [4], quién lo diseñó con el objetivo de modelar la situación de los gobiernos que se rigen por leyes teniendo al mismo tiempo la capacidad de modificar las mismas.

Suber, impactado por la frase usual de que “gobernar es solo un juego” señala que una actividad esencial del gobierno es hacer leyes. De tal manera si gobernar es un juego, entonces en este juego cambiar las leyes (o reglas) es una de las movidas. Además, es necesario reglamentar, *i.e.*, crear reglas para estructurar el proceso de cambio de las reglas y ningún sistema legal parece tener reglas que sean absolutamente inmunes a estos cambios.

Según las reglas iniciales de NOMIC, una movida es un cambio de regla en el juego y una situación ganadora para un jugador puede ser encontrar una situación paradójica donde la legalidad de una movida sea imposible de determinar. Es decir, el objetivo del juego es bloquear su cuerpo legal.

Las situaciones problemáticas de este tipo pueden aparecer en cualquier actividad normada por un reglamento, como los juegos o cuerpos deliberantes, donde la legalidad de una jugada o una acción debe estar justificada por un reglamento inambiguo que pueda determinar efectivamente si la jugada o la acción es válida o no. Dicho reglamento debe estar calificado para cubrir cualquier circunstancia del juego, y el cumplimiento del mismo debe impedir que el juego llegue a una situación no prevista en el reglamento.

Si las leyes del juego no cumplen con esta propiedad, el juego corre el peligro de que en algún momento se destruya por la imposibilidad de continuar una partida. Por el contrario, un reglamento calificado, si se mantiene inalterable, puede garantizar que no ocurrirán problemas durante el juego.

NOMIC es un juego que al contrario de la mayoría de ellos, no tiene reglas fijas. Estas pueden variar con el desarrollo del juego. El objeto del juego es justamente hacer cambios a las reglas que lo gobiernan. Así, su reglamento es mutable y puede perder la propiedad de estar capacitado para dirimir las situaciones que durante el desarrollo del juego puedan ocurrir. En forma similar, existen actividades parlamentarias, en las que una de las posibles acciones es modificar las reglas del debate. Esto nos lleva a analizar las propiedades que debe cumplir un reglamento, en que forma puede cambiar su contenido, y hasta que punto, manteniendo su capacidad para regular una actividad.

Un reglamento es generalmente un conjunto estructurado de *reglas-leyes* combinadas para regular fragmentos de una actividad. Toda regla-ley debe definir implícita o explícitamente, su dominio o campo de aplicación, y la forma en que regula este. De esta manera, una acción o jugada que se encuentra en el campo de aplicación de una regla, debe cumplir con ella en lo que esta regula.

Se puede distinguir en las reglas una parte *activa*, es decir de acción, prohibición, o habilitación, y una parte que define su ámbito de acción, o contexto, en la que es vigente, etc. Si los campos de acción de dos reglas se intersectan, es decir, existe una situación normada por las dos reglas, las partes activas, no deben oponerse, si no decimos que esas reglas entran en conflicto en dicha situación.

Podemos analizar ejemplos tomando algunas de las reglas iniciales de NOMIC. Veamos las reglas 101 y 102:

101. Todos los jugadores deben siempre obedecer las reglas que corrientemente están en efecto, en la forma en las que están corrientemente especificadas. Las reglas en el CONJUNTO INICIAL están en efecto en el momento en el que el juego comienza. El CONJUNTO INICIAL consiste de las Reglas 101 a 116 (*inmutables*) y 201 a 213 (*mutables*).

102. Inicialmente, las reglas del rango de los 100's son inmutables y las reglas del rango de los 200's son mutables. Las reglas decretadas o transmudadas subsiguientemente (*i.e.*, cambiadas desde inmutable a mutable o vice versa) pueden ser inmutables o mutables sin importar su numeración, y las reglas en el conjunto inicial pueden ser transmudadas sin importar su numeración.

La parte activa de la regla 102 es determinar cuales reglas son inmutables y cuales mutables. Las referencias al comienzo del juego y a las reglas numeradas en 100's y 200's declara su campo de aplicación o parte pasiva. Esto quiere decir que cuando no estemos en el comienzo del juego, no sería aplicable que todas la 200's son mutables o las 100's son inmutables. La situación no sería regulada por esta regla porque no pertenecería a su campo de aplicación.

En la siguiente regla:

104. Cualquier cambio propuesto en las reglas deberá ser puesto a votación. Ellas serán adoptados si y solo si reciben el número requerido de votos.

El campo de acción de la regla 104 es el de las situaciones donde se propone un cambio en las reglas. Su parte activa es llevar la propuesta a votación. También dentro de su campo de acción está el hecho del resultado de la votación requerida, y en su parte activa también se encuentra el adoptar o no un cambio de regla. Claramente, esta regla puede verse también como dos reglas compuestas:

La determinación del campo de acción puede ser una actividad simple o compleja, puede estar explícito o implícito en la descripción de la parte activa. Además, algunas reglas pueden hacer referencia a otras reglas para determinarlo. Por ejemplo, veamos la siguiente regla de NOMIC

116. Todo lo que no está explícitamente prohibido o regulado por una regla es permitido y no regulado, con la única excepción del cambio de las reglas, lo que está permitido solo cuando una regla, o conjunto de ellas, explícita o implícitamente lo permite.

Esta regla tiene como campo de acción el complemento de la unión del campo de acción de las reglas restantes, y su acción es hacer válidas tales situaciones que de otro modo estarían indefinidas.

Para formalizar las actividades reglamentadas, necesitamos describir cuidadosamente que entenderemos por *Reglamento* por *reglas* y los elementos de ellas señalados hasta aquí. También es necesario introducir reglas que distingan dichos elementos. Así se podrán analizar las propiedades de los reglamentos y los alcances de las modificaciones en las reglas.

2 Definiciones

Comenzaremos diciendo que un *Reglamento* es un conjunto de reglas. Una actividad normada por un reglamento, está parcialmente definida por el conjunto de reglas que conforman su estatuto, y la modificación de las reglas puede variar la actividad. Por eso estableceremos una actividad como dependiente de su reglamento. Un reglamento debe dictaminar sobre situaciones dadas, por eso la actividad será también definida por las situaciones que invocan al reglamento y los posibles dictámenes de éste.

Definición 1 Una actividad A normada por un reglamento \mathcal{R} es una terna $\langle \mathcal{R}, \mathcal{S}, \mathcal{D} \rangle$ donde \mathcal{R} es un conjunto de reglas-leyes, que regulan la actividad, \mathcal{S} es un conjunto de situaciones en las cuales se invoca al reglamento y \mathcal{D} es el conjunto de posibles determinaciones (o dictámenes) que el reglamento produce.

La actividad puede variar, al cambiar su estatuto, pero debe mantener su identidad. Esta continuidad o persistencia es normada también por su reglamento. Los juegos comunes poseen la persistencia de las reglas inmutables, o al menos de reglas que cambian solo entre juegos, no durante ellos. Sin embargo, en este aspecto, NOMIC es más parecido al sistema legal que a un juego común: es un conjunto gobernado por sistemas de reglas, directivas, y procesos en constante cambio de las reglas que lo gobiernan. En todo momento es el producto de la aplicación dinámica de las reglas rectoras al conjunto de reglas inicial. La persistencia en la identidad del juego, como la de una nación o persona, es debida al hecho de que todos los cambios son el producto de reglas pre-existentes aplicadas de forma apropiada. Y que ningún cambio es revolucionario.

Es decir que $\langle \mathcal{R}, \mathcal{S}, \mathcal{D} \rangle$ y $\langle \mathcal{R}', \mathcal{S}', \mathcal{D}' \rangle$ se refieran a la misma actividad siempre que \mathcal{R}' sea el resultado de una sucesión de reglamentos desde \mathcal{R} obtenidos correctamente por los cambios de reglas permitidos (porque \mathcal{D} puede contener la determinación de cambiar reglas) y \mathcal{S}' el conjunto de situaciones posibles con el reglamento \mathcal{R}' . Además, los cambios de reglas deben garantizar que todos los reglamentos de la sucesión cumplan con las propiedades deseadas para los reglamentos.

Lo que permite cambiar un reglamento son elementos del mismo reglamento, definiremos esos elementos como sigue.

Definición 2 Una regla-ley t en un reglamento \mathcal{R} es una terna $\langle \Sigma, f, \Delta \rangle$ consistente de un campo de aplicación $\Sigma \subset \mathcal{S}$, un rango de aplicación $\Delta \subset \mathcal{D}$ y un efecto de aplicación

$f: \Sigma \rightarrow M$. Donde $M = \{\langle C, R \rangle : C \subset \Delta \text{ y } R \text{ un orden parcial de } C\}$, de esta manera f relaciona situaciones con la regulación de esas situaciones, siendo estas regulaciones un subconjunto parcialmente ordenado de Δ .

NOTACIÓN: Dada una situación $s \in \Sigma$, $f(s)$ es un par $\langle C, R \rangle$ donde C es el conjunto de acciones apropiadas en la situación s y R es el orden parcial para la aplicación de dichas acciones. Si $f(s) = \langle C, R \rangle$ notaremos $f_{acc}(s) = C$ y $f_{ord}(s) = R$. También, si $t = \langle \Sigma, f, \Delta \rangle$ es una regla de un reglamento \mathcal{R} , cuando no haya lugar a confusión usaremos la notación Σ_t , f_t y Δ_t para referirnos a los componentes de t .

Aquellas reglas que contienen en su campo de aplicación cambios en otras reglas tendrán que referenciar a partes del reglamento. Para que una actividad no corra peligro de bloquearse por la imposibilidad de determinar la validez de una jugada, su reglamento debe ser consistente en su aplicación y cubrir todas las situaciones posibles del juego o actividad.

Debido a la fuerte relación que puede existir entre las reglas de un mismo reglamento, el efecto de aplicación f de una regla puede depender de la definición de las otras. En este contexto donde las reglas pueden ser modificadas, el efecto de una regla puede sufrir cambios debido al hecho de que se agreguen nuevas reglas, o que se eliminen o modifiquen otras. También es en principio posible que se produzcan *lazos* en la aplicación del reglamento. La siguiente discusión y las definiciones que se introducen están referidas a estas cuestiones.

Definición 3 Una regla $t = \langle \Sigma, f, \Delta \rangle$ está bien definida con respecto a un reglamento \mathcal{R} si para toda situación $s \in \Sigma$, $f_{acc}(s)$ es un conjunto finito. Un reglamento \mathcal{R} está bien definido si todas sus reglas están bien definidas.

El problema de la infinitud de acciones en el efecto de aplicación de una regla es similar al problema de ciclos infinitos en programas de computación. Lamentablemente, verificar la existencia de estas situaciones pertenece a la clase de problemas tales como el problema de la parada[2]. Aunque es posible definir sistemas que no adolezcan de estos problemas, tales sistemas perderían en gran medida su capacidad representacional. Las siguientes definiciones caracterizan de manera apropiada las propiedades discutidas hasta ahora.

Definición 4 Un reglamento \mathcal{R} es consistente si para cualquier $d = \langle \Sigma, f, \Delta \rangle$ y $t = \langle \Theta, g, \Lambda \rangle$ en \mathcal{R} , cualquiera sea $s \in \Sigma \cap \Theta$, $f(s)$ no se opone a $g(s)$, i.e., d y t no producen dictámenes contradictorios.

Definición 5 Un reglamento \mathcal{R} es completo para una actividad $\mathbf{A} = \langle \mathcal{R}, \mathcal{S}, \mathcal{D} \rangle$ si el conjunto de situaciones \mathcal{S} está cubierto por la unión de los campos de aplicación de las reglas de \mathcal{R} , i.e., $\mathcal{S} \subset \bigcup_{r \in \mathcal{R}} \Sigma_r$.

Definición 6 Diremos que una actividad $\mathbf{A} = \langle \mathcal{R}, \mathcal{S}, \mathcal{D} \rangle$ es estable si \mathcal{R} es consistente, completo y bien definido.

Una de las posibles acciones en la actividad es realizar cambios en su reglamento. Este puede cambiar por el agregado de alguna regla-ley, o por la eliminación o modificación de alguna de las reglas. Estos cambios se denominarán **decretos**, **derogaciones** y **enmiendas** de acuerdo al correspondiente cambio en el reglamento. Una propiedad deseable de cada una de estos cambios en el reglamento es la de mantener estable la actividad. Entonces, el **decreto** será la introducción en el reglamento de una nueva regla, la **derogación** será la eliminación de una regla existente, y la **enmienda** será una modificación en una regla que puede ser o bien la **ampliación** o **reducción** de su alcance o campo de aplicación, o bien una **modificación** en su dictamen. Formalmente,

Definición 7 Sea $\mathbf{A}(\mathcal{R}, \mathcal{S}, \mathcal{D})$ una actividad.

Un decreto es la adición de una regla $d = \langle \Sigma, f, \Delta \rangle$ al reglamento \mathcal{R} tal que si $\mathbf{A}(\mathcal{R}, \mathcal{S}, \mathcal{D})$ es estable, entonces $\mathbf{A}(\mathcal{R} \cup \{d\}, \mathcal{S} \cup \Sigma, \mathcal{D} \cup \Delta)$ es estable.

La derogación es la eliminación de una regla $d = \langle \Sigma, f, \Delta \rangle$ del reglamento \mathcal{R} tal que si $\mathbf{A}(\mathcal{R}, \mathcal{S}, \mathcal{D})$ es estable, entonces $\mathbf{A}(\mathcal{R}', \mathcal{S}', \mathcal{D}')$ es estable. Donde $\mathcal{R}' = \mathcal{R} - \{d\}$, y para mantener la estabilidad, $\mathcal{S}' = \bigcup_{r \in \mathcal{R}'} \Sigma_r$ y $\mathcal{D}' = \bigcup_{r \in \mathcal{R}'} \Delta_r$.

La enmienda de una regla $d = \langle \Sigma, f, \Delta \rangle$ puede ser:

1. una ampliación $d' = \langle \Sigma', f', \Delta' \rangle$ si $\Sigma \subset \Sigma'$, $\Delta \subset \Delta'$ y f' es una extensión de f .
2. una restricción $d' = \langle \Sigma', f', \Delta' \rangle$ si $\Sigma' \subset \Sigma$ y $f = f'$ sobre los elementos de Σ' .
3. una modificación $d' = \langle \Sigma', f', \Delta' \rangle$ si $\Sigma = \Sigma'$, $\Delta \neq \Delta'$ y $f' \neq f$.

tal que si $\mathbf{A}(\mathcal{R}, \mathcal{S}, \mathcal{D})$ es estable, entonces $\mathbf{A}((\mathcal{R} - \{d\}) \cup \{d'\}, \mathcal{S} \cup \Sigma', \mathcal{D} \cup \Delta')$ es estable.

Claramente podría pensarse en una sola operación general de modificación del reglamento que incluyera todas las mencionadas. Sin embargo, esta separación resulta conveniente para la formalización propuesta y la integración deseada podría ser la siguiente.

Definición 8 Dada una actividad $\mathbf{A}(\mathcal{R}, \mathcal{S}, \mathcal{D})$, un cambio en su reglamento \mathcal{R} es o bien un decreto, o bien una derogación, o bien una enmienda de una de sus reglas.

La parte activa de las reglas es un conjunto de acciones, decisiones, o respuestas dependientes de la actividad que son el resultado de una invocación al reglamento. Una invocación la podemos ver como una función I tal que dada una situación $s \in \mathcal{S}$,

$$I(s) = \langle \mathfrak{C}, \mathfrak{R} \rangle$$

donde

$$\mathfrak{C} = \bigcup_{\substack{s \in \Sigma_r \\ r \in \mathcal{R}}} f_{acc_r}(s)$$

y

$$\mathfrak{R} = \bigcup_{\substack{s \in \Sigma_r \\ r \in \mathcal{R}}} f_{ord_r}(s)$$

es un orden parcial sobre los elementos de \mathfrak{C} . Notaremos $I_{acc}(s) = \mathfrak{C}$ y $I_{ord}(s) = \mathfrak{R}$.

$I(s)$ es entonces el resultado de invocar al reglamento en la situación s . Obviamente, si la actividad es estable, los elementos de $I(s)$ que son la respuesta del reglamento, no son contradictorios, es decir no se oponen entre sí. En nuestro contexto, los elementos de $I(s)$ pueden indicar la realización de cambios de reglas, es decir, decretos, derogaciones o enmiendas.

En una actividad tal como NOMIC, el conjunto de situaciones que deben ser normadas por el reglamento puede variar al mismo tiempo que el mismo reglamento. Esto es a causa de que en este juego, la actividad está definida por reglas del reglamento, al ser modificadas éstas, pueden surgir la posibilidad de nuevas situaciones, y eliminarse otras.

3 Ejemplos

Para mostrar la utilización de las estructuras definidas, veremos un ejemplo de una actividad reglamentada. Debemos definir la actividad, el conjunto de situaciones que pueden invocar el reglamento de dicha actividad y definir las reglas de este reglamento. Tomaremos la actividad de cambiar el esquema de una base de datos relacional con un reglamento que obligue a que dicha base de datos esté en tercera forma normal. Las reglas del reglamento son las que caracterizan las formas normales de bases de datos relacionales.

El reglamento descrito en lenguaje natural es el siguiente:

1. Toda base de datos debe estar en primera forma normal.
2. Toda base de datos que esté en primera forma normal debe estar en segunda forma normal.
3. Toda base de datos que esté en segunda forma normal debe estar en tercera forma normal.

De acuerdo a las definiciones dadas, debemos presentar estas reglas en la forma conjuntista como la terna $\langle \Sigma, f, \Delta \rangle$, donde Σ es el conjunto de situaciones normadas por la regla y para $s \in \Sigma$, $f(s) \subset \Delta$ es el conjunto de acciones normativas que la regla obliga para esas situaciones.

En esta actividad una situación es una descripción de una base de datos por medio de su esquema [3]. Cada vez que se realiza un cambio debe invocarse al reglamento con el nuevo esquema. El resultado será que el nuevo esquema cumpla el reglamento, es decir, que estará en tercera forma normal.

En el caso de la regla 2, Σ , será el conjunto de todos los esquemas de base de datos que no están en segunda forma normal. Esto es, el conjunto de situaciones que activarán esta regla son los esquemas de base de datos que estando en primera forma normal, contienen algún esquema de relación con atributos que son parcialmente dependientes de su clave.

El efecto de aplicación $f(s)$ de la regla 2 será realizar los cambios necesarios para que el esquema de base de datos cumpla la segunda forma normal. Esto implicará cambiar el esquema y volver a invocar el reglamento.

Más precisamente, el campo de aplicación Σ de la **regla 2** será el conjunto de todos los esquemas de bases de datos (colecciones de esquemas de relación) \mathbf{R} tales que existe una relación \mathbf{r} perteneciente a \mathbf{R} que no está en segunda forma normal.

Un esquema de relación \mathbf{r} no está en segunda forma normal si existe un atributo S en \mathbf{r} que no pertenece a la clave y no es completamente dependiente de la clave de \mathbf{r} . La forma de solucionarlo es reemplazar \mathbf{r} por \mathbf{r}_1 y \mathbf{r}_2 , donde \mathbf{r}_1 es $\mathbf{r} - S$ y \mathbf{r}_2 es S junto con los atributos de la clave de los cuales depende.

Entonces, el efecto de aplicación de la **regla 2** será cambiar el esquema e invocar al reglamento con este nuevo esquema. Es decir, $d \in \Delta$ es reemplazar \mathbf{R} por $(\mathbf{R} - \{\mathbf{r}\}) \cup \{\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2\}$ y la nueva situación s' es $(\mathbf{R} - \{\mathbf{r}\}) \cup \{\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2\}$ entonces

$$f_{acc}(\mathbf{R}) = \{d\} \cup I_{acc}(s')$$

es decir $f_{acc}(\mathbf{R})$ es el conjunto de acciones producidas por la invocación del reglamento con la nueva situación al que se le adiciona d , y

$$f_{ord}(\mathbf{R}) = \{\{d\} \times I_{acc}(s')\} \cup I_{ord}(s')$$

De esta manera la acción d precederá a todas las acciones posteriores.

En el caso de la **regla 3**, Σ será el conjunto de todos los esquemas de base de datos que no están en tercera forma normal. Es decir que el conjunto de situaciones que activarán esta regla son los esquemas de base de datos que estando en segunda forma normal, contiene algún esquema de relación con atributos que son transitivamente dependientes de su clave. Como en el caso de la regla anterior, el efecto de aplicación $f(\mathbf{R})$ de la **regla 3** será realizar los cambios necesarios para que el esquema de base de datos cumpla la tercera forma normal. Esto también implicará cambiar el esquema y volver a invocar al reglamento.

Más precisamente, el campo de aplicación Σ de la **regla 3** será el conjunto de todos los esquemas de base de datos \mathbf{R} tal que existe una relación \mathbf{r} perteneciente a \mathbf{R} que no está en tercera forma normal. Un esquema de relación \mathbf{r} no está en tercera forma normal si existe una relación \mathbf{r} perteneciente a \mathbf{r} que no pertenece a la clave y existen X, Y incluidos en \mathbf{r} tal que Y es dependiente de X , X no es dependiente de Y , S es dependiente de Y y S no pertenece a XY . La forma de solucionarlo es reemplazar \mathbf{r} por \mathbf{r}_1 y \mathbf{r}_2 , donde \mathbf{r}_1 es $\mathbf{r} - S$ y \mathbf{r}_2 es SY .

Entonces el efecto de aplicación de la **regla 3**, será también cambiar el esquema e invocar luego al reglamento con este nuevo esquema. Es decir, $d \in \Delta$ es reemplazar \mathbf{R} por $(\mathbf{R} - \{\mathbf{r}\}) \cup \{\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2\}$ y s' es $(\mathbf{R} - \{\mathbf{r}\}) \cup \{\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2\}$ entonces

$$f_{acc}(\mathbf{R}) = \{d\} \cup I_{acc}(s')$$

y

$$f_{ord}(\mathbf{R}) = \{\{d\} \times I_{acc}(s')\} \cup I_{ord}(s')$$

Otro ejemplo de actividad normada por un reglamento es la actualización automática de una base de datos que el reglamento puede imponer al realizarse actualizaciones en la misma. El reglamento tendría por ejemplo reglas como las siguientes:

1. Si en la relación r se encuentra la tupla $t(A_1, A_2, A_3)$ en la tabla p debe estar la tupla $t'(A_3, A_1)$.
2. Si en la relación r se encuentra la tupla $t(A_1, A_2, A_3)$ y en la relación p no se encuentra la tupla $t'(A_2, A_4)$ en la relación p debe estar la tupla $t''(A_3, A_4)$.
3. Si en la relación m se encuentra la tupla $t(A_1, A_2, A_3)$ en la relación p no debe estar la tupla $t'(A_3, A_1)$.

y otras similares.

Cada vez que se hace una actualización de la base de datos, debe invocarse al reglamento con esa base de datos para que se realicen automáticamente el resto de las modificaciones que se requieren para cumplir el reglamento. El conjunto S de situaciones en este caso es el conjunto de bases de datos. El campo de aplicación de cada regla es el conjunto de bases de datos que cumplen que algunas relaciones contengan o no algunas tuplas. El rango de aplicación de cada regla será adicionar o eliminar tuplas en las relaciones e invocar al reglamento nuevamente.

Para la regla 1, su campo de aplicación Σ será el conjunto de bases de datos en donde la relación r contenga alguna tupla $t(A_1, A_2, A_3)$ y donde la relación p no contenga la tupla $t'(A_3, A_1)$. Sea B una base de datos perteneciente a Σ , el efecto de aplicación $f(B)$ será actualizar la base de datos, de manera tal que la relación p contenga la tupla t' e invocar nuevamente al reglamento.

Es decir, si $d \in \Delta$ es adicionar la tupla t' a la tabla p y la nueva situación B' es la base de datos B con este cambio, entonces

$$f_{acc}(B) = \{d\} \cup I_{acc}(B')$$

esto es, $f_{acc}(B)$ es el conjunto producidas por la invocación del reglamento con la nueva situación a la que se le adiciona d , y

$$f_{ord}(B) = \{\{d\} \times I_{acc}(B')\} \cup I_{ord}(B')$$

Si en la base de datos B' , en la relación r hubieran más tuplas $t(A_1, A_2, A_3)$ y en la tabla p no estuviera la correspondiente tupla $t'(A_3, A_1)$, nuevamente se activaría esta regla.

En el caso de la regla 2, Σ será el conjunto de bases de datos que contienen una relación r y una relación p , donde la tupla $t(A_1, A_2, A_3)$ pertenece a r y donde p no contiene la tupla $t'(A_2, A_4)$ y no contiene la tupla $t''(A_3, A_4)$. El efecto de aplicación de la regla 2, $f(B)$, será realizar una actualización de la base de datos, de manera tal que la relación p contenga la tupla t'' e invocar al reglamento.

Para la regla 3, Σ será el conjunto de bases de datos que contienen una relación m y una relación p , donde la tupla $t(A_1, A_2, A_3)$ pertenece a m y la tupla $t'(A_3, A_1)$ pertenece a p . El efecto de aplicación, $f(B)$, será eliminar de la relación p la tupla t' y luego invocar al reglamento.

4 Conclusiones

Se ha presentado una formalización inicial para el manejo de actividades generales normadas por un reglamento. Se reconocieron ejemplos de este tipo de actividad y ha mostrado el desempeño de la formalización propuesta sobre esos ejemplos. Es necesario encontrar nuevos ejemplos de tamaño y complejidad conveniente, en lo posible envolviendo autoreferencia explícita.

Referencias

- [1] Hofstadter, Douglas R. *METAMAGICAL THEMAS: Questig for the Essence of Mind and Pattern*, Penguin Books.
- [2] Lewis and Papadimitriou. *Elements of the Theory of Computation*
- [3] Maier David. *The Theory of Relational Databases* Computer Science Press.
- [4] Suber Peter. *The Paradox of Self-Amendment, A study of Logic, Law, Omnipotence, and Change* Peter Lang Publishing