Esquemas basados en Left Corner sin prefijo válido para TAGs: Relaciones

Vicente Carrillo
Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos
Universidad de Sevilla
carrillo@lsi.us.es

Resumen

Las Gramáticas de Adjunción de Árboles (TAGs, Tree Adjoining Grammars) es un formalismo ampliamente usado en el procesamiento del lenguaje natural, sin embargo, el coste computacional teórico que requieren los analizadores sintácticos definidos para el mismo es excesivamente elevado respecto al requerido en otros formalismos también muy empleados, aunque con menor poder expresivo, como podrían ser las Gramáticas Independientes del Contexto (CFGs, Context Free Grammars). En la literatura podemos encontrar numerosos trabajos que intentan minimizar el coste real del análisis, ya sea aplicando restricciones al formalismo ó aplicando técnicas de compactación de gramáticas. Nuestra propuesta va en la línea de aumentar las prestaciones prácticas de los analizadores basados en Earley para TAGs, mediante la aplicación de un filtro *left corner* al estilo de los ya conocidos para CFGs. En este trabajo mostramos cuatro nuevos analizadores para TAGs que hacen uso de este tipo filtrado y establecemos las relaciones formales que existen entre ellos. Usaremos los *esquemas de análisis* como método general para descripción de algoritmos de análisis sintáctico, ya que, entre otras ventajas, nos permiten definir analizadores sintácticos de manera abstracta y establecer relaciones formales entre ellos.

1 Introducción

Las Gramáticas de Adjunción de Árboles (TAGs) fueron definidas inicialmente por Joshi, Levy y Takahashi en [Joshi et al.,75]. Posteriormente el propio Joshi establece la definición moderna de TAG en [Joshi, 87]. Una descripción detallada del formalismo y sus propiedades se pueden encontrar en [Joshi y Schabes, 97]. Las gramáticas de adjunción de árboles constituyen un formalismo gramatical que utiliza árboles como elementos de composición básicos, frente a las producciones usadas en formalismos como las gramáticas incontextuales (CFGs). Asimismo utiliza como operación de composición básica la operación de *adjunción*, la cual permite una potencia expresiva superior a la de las gramáticas incontextuales. La importancia de las gramáticas de adjunción de árboles viene dada porque todas sus estructuras se encuentran lexicalizadas de manera natural y aporta un dominio de localidad extendido, con los beneficios tanto lingüísticos como computacionales que estas características conllevan.

Los analizadores para TAGs que se encuentran en la literatura habitualmente son adaptaciones de analizadores estudiados para gramáticas incontextuales. En concreto, y por la relevancia que tiene para este trabajo, podemos citar el analizador ascendente basado en Earley (**buE**, *bottom-up Earley*) o el analizador ascendente-predictivo tipo Earley (**E**, *Earley*) para TAGs que se describen en [Alonso et al., 99b]. En esta memoria, y como punto de partida, presentamos un analizador que utiliza una estrategia ascendente guiada por la *esquina izquierda* para TAGs como una adaptación para este formalismo del analizador **<u>buLC</u>**[1] (*bottom-up Left Corner*) para CFGs descrito en [Sikkel, 97]. Mostraremos como se puede extender el concepto de *left corner* (esquina izquierda) conocido para CFGs al formalismo TAGs, con objeto de obtener tres analizadores que mejoran las prestaciones del ya definido **E** mediante una reducción en el número de ítems deducidos. Una vez introducidos los cuatro nuevos analizadores, estableceremos y demostraremos las relaciones formales que presentan entre ellos. Para especificar todos los analizadores usaremos los *esquemas de análisis sintáctico* [Sikkel, 97].

En esta sección se introducirán los conceptos básicos, tanto de las gramáticas de adjunción de árboles como de los *esquemas de análisis*, necesarios para la comprensión de los algoritmos descritos en el resto del informe. Por claridad y mantenimiento de la línea argumental del trabajo, en las secciones 2 y 4 se describen los esquemas **buE** y **E** para TAGs. En la sección 3 analizamos las posibles mejoras que se pueden introducir a **buE**, y cómo desde éstas se deriva el nuevo esquema **buLC**. En la sección 5 introducimos el concepto de relación de esquina izquierda (left corner) en las gramáticas de adjunción de árboles y lo usamos para definir un nuevo esquema, al

[1] Utilizaremos el subrayado para indicar que un determinado esquema está definido para CFGs y permitir de este modo distinguirlo del esquema del mismo nombre definido para TAGs.

que denominamos **pLC**(*predictive left corner*). En la sección 6 se presenta un esquema intermedio, que denominamos **sLC**(*simplified left corner*), que servirá de "puente"para definir finalmente el esquema **LC**(*left corner*) en la sección 7. Por último, la sección 8 incluye las relaciones que existen entre los analizadores presentados y las demostraciones de las mismas.

1.1 Las Gramáticas de Adjunción de Árboles

Formalmente una TAG es una quíntupla $(V_N, V_T, S, \boldsymbol{I}, \boldsymbol{A})$, donde V_N es el conjunto finito de símbolos no terminales, V_T es el conjunto finito de símbolos terminales, $S \in V_N$ es el axioma de la gramática, $\boldsymbol{I} \cup \boldsymbol{A}$ es un conjunto finito de árboles finitos denominados *árboles elementales*. A los árboles del conjunto $\boldsymbol{I}$ se les denomina *árboles iniciales*, y se caracterizan porque todos sus nodos interiores están etiquetados con símbolos de V_N, mientras los nodos de su frontera se etiquetan con símbolos de V_T o la cadena vacía ϵ. A los árboles del conjunto $\boldsymbol{A}$ se les denomina *árboles auxiliares*, y se caracterizan porque todos sus nodos interiores están etiquetados con símbolos de V_N, mientras los nodos de su frontera se etiquetan con símbolos de V_T o la cadena vacía ϵ, salvo uno, denominado *pie*, que está etiquetado con el mismo símbolo que la raíz del árbol. El camino que va desde la raíz hasta el pie se denomina *espina*.

Vamos a denotar con M^γ un nodo interior perteneciente a un árbol elemental γ. Nos referiremos a la raíz de un árbol elemental γ como $\mathbf{R}^\gamma$ y al pie de un árbol auxiliar β como $\mathbf{F}^\beta$. Los otros nodos frontera los denotaremos con sus etiquetas.

A diferencia de las gramáticas incontextuales, en las cuales se usa la *sustitución* de reglas como operación de composición, en las TAGs la composición de estructuras más complejas se lleva a cabo mediante la operación de *adjunción*. Esta operación, que dota a las TAGs de una potencia expresiva superior a las CFGs, consiste en lo siguiente: dado un nodo M^γ etiquetado con el mismo símbolo que la raíz de un árbol auxiliar $\mathbf{R}^\beta$, la adjunción de β en M^γ escinde el subárbol que pende de M^γ, pega el árbol auxiliar β en M^γ y, por último, pega el subárbol escindido en el nodo pie $\mathbf{F}^\beta$. Denotaremos mediante $\beta \in \text{adj}(M^\gamma)$ que el árbol auxiliar β pueda ser adjuntado en el nodo M^γ. Si un nodo no tiene adjunción obligatoria entonces $\mathbf{nil} \in \text{adj}(M^\gamma)$, donde **nil** es un símbolo vacío que no pertenece al conjunto de árboles auxiliares.

Para usar *esquemas de análisis* como método de especificación es habitual representar mediante reglas el reconocimiento parcial de los árboles elementales [Díaz et al., 98b]. Por tanto, es necesario traducir cada árbol elemental γ en un conjunto de producciones $\mathcal{P}(\gamma)$ de la siguiente manera:

$$\mathcal{P}(\gamma) = \{N^\gamma \rightarrow N_1^\gamma \ldots N_g^\gamma\}$$

donde N^γ es un nodo interior de γ y $N_1^\gamma \ldots N_g^\gamma$ es el conjunto ordenado de sus nodo hijos.

Por razones técnicas, y siguiendo el enfoque de [Nederhof, 97], vamos a introducir dos reglas adicionales: (1) $\top \rightarrow \mathbf{R}^\gamma$ para cada árbol elemental γ y, (2) $\mathbf{F}^\gamma \rightarrow \bot$ para cada árbol auxiliar β. Los nuevos nodos $\top$ y $\bot$ presentan una restricción de adjunción nula con objeto de no modificar la capacidad generativa de la gramática.

1.2 Esquemas de análisis sintáctico

Los *esquemas de análisis sintáctico* [Sikkel, 97] constituyen un método general para la especificación de algoritmos de análisis sintáctico, que surge como una formalización de trabajos presentados sobre analizadores deductivos [Shieber et al., 95]. Entre sus ventajas fundamentales se encuentran:

- Definición de los analizadores sin tener en cuenta las estructuras de datos y de control que se usarán en su implementación.
- Permite establecer de una manera fácil las relaciones entre distintos algoritmos mediante el análisis de ciertas relaciones formales.

Definición 1.1 *Sistema de análisis*
Un sistema de análisis $\mathbb{P}$ *para una gramática* G *y una cadena de entrada* $a_1 ... a_n$ *es una tripleta* $< \mathcal{I}, \mathcal{H}, \mathcal{D} >$*, donde:*

- $\mathcal{I}$ *es un conjunto de ítems, denominado dominio;*
- $\mathcal{H}$ *es un conjunto finito de ítems, llamados hipótesis.* $\mathcal{H}$ *no tiene que ser un subconjunto de* $\mathcal{I}$*;*
- $\mathcal{D} \subseteq \wp(\mathcal{H} \cup \mathcal{I}) \times \mathcal{I}$ *es un conjunto de pasos deductivos. Con* $\wp$ *denotamos el conjunto potencia de conjuntos finitos.*

La notación que vamos a usar para especificar los pasos deductivos, mediante los cuales se derivan nuevos ítems ξ a partir de los ítems η_i existentes, es $\frac{\eta_1, \ldots, \eta_k}{\xi}\ cond$. El analizador sintáctico añadirá el consecuente $\xi \in \mathcal{I}$ si todos los antecedentes del paso deductivo $\eta_i \in \mathcal{H} \cup \mathcal{I}$ existen y la condición *cond* se cumple.

Definición 1.2 *´ítems válidos*
El conjunto de ítems válidos para un sistema de análisis $\mathbb{P} =< \mathcal{I}, \mathcal{H}, \mathcal{D} >$ *se define como*

$$\mathcal{V}_{\mathbb{P}} = \{\xi \in \mathcal{I} \mid \mathcal{H} \vdash^* \xi\}$$

donde $\vdash^*$ *es una secuencia de pasos deductivos.*

Definición 1.3 *Sistema de análisis no instanciado*
Un sistema de análisis no instanciado para una gramática G *es una tripleta* $< \mathcal{I}, \mathcal{H}, \mathcal{D} >$*, donde* $\mathcal{H}$ *es una función que asigna un conjunto de hipótesis a cada cadena de entrada* $a_1...a_n$*, tal que* $< \mathcal{I}, \mathcal{H}(a_1...a_n), \mathcal{D} >$ *es un sistema de análisis.*

La función $\mathcal{H}$ que se usará en este trabajo es:
$\mathcal{H}(a_1...a_n) = \{[a, i-1, i] \mid a = a_i \wedge 1 \leq i \leq n\}$

Definición 1.4 *Esquema de análisis*
Un esquema de análisis para una clase de gramáticas es una función que asigna un sistema de análisis no instanciado a cada gramática de dicha clase.

El uso de sistemas de análisis para la especificación de analizadores sintácticos nos permite explotar todas las propiedades de los sistemas deductivos, entre otras, la posibilidad de establecer relaciones entre distintos sistemas.

El establecer las relaciones formales entre los analizadores tiene una serie de ventajas según el uso que hagamos de ellas:

- Método descriptivo
  Nos permite crear una red de analizadores donde se puede comprobar, desde un alto nivel de abstracción, cómo se relacionan distintos analizadores, que en principio, pueden parecer que no poseen nada en común.

- Método generativo
  Una vez definido un analizador, podemos crear un nuevo analizador aplicándole alguna de las relaciones. En este caso, entendemos las relaciones como métodos de transformación y, por tanto, como un método sistemático para la creación de nuevos analizadores a partir de otros conocidos.

- Método para determinar la corrección
  Aunque la demostración de la corrección de un esquema, en general,

no es una tarea trivial, como se detalla en [Sikkel, 95], una de las ventajas de formalizar las relaciones entre esquemas es que nos permite establecer qué propiedades respecto a la corrección preserva cada tipo de relación. De manera que si un analizador se relaciona con otro, cuya corrección está probada, podemos deducir ciertas propiedades del primero a partir de la relación que mantiene con el segundo.

En esta sección introduciremos los conceptos teóricos necesarios para definir las relaciones que se pueden establecer entre esquemas de análisis y las propiedades que cumplen.

Notación 1
∘ *Consideraremos los siguientes esquemas:* $\mathbf{P_1} = (\mathcal{I}_1, \mathcal{H}, \mathcal{D}_1)$ *y* $\mathbf{P_2} = (\mathcal{I}_2, \mathcal{H}, \mathcal{D}_2)$*;*
∘ $\vdash_1$ *y* $\vdash_2$ *son las relaciones de inferencia definidas sobre los esquemas* $\mathbf{P_1}$ *y* $\mathbf{P_2}$*;*
∘ $\mathcal{V}_1$ *y* $\mathcal{V}_2$ *son los conjuntos de ítems válidos de los esquemas* $\mathbf{P_1}$ *y* $\mathbf{P_2}$*.*

Definición 1.5 *Función regular entre ítems*
Una función $f : \mathcal{I}_1 \rightarrow \mathcal{I}_2$ *es una función regular entre ítems si para todo ítem* $\iota \in \mathcal{I}_1$ *y para todo árbol* $t \in \iota$*, se verifica que* $t \in f(i)$*.*

Vamos a generalizar esta definición para que sea aplicable a conjuntos de ítems, pasos deductivos y secuencias deductivas.

Definición 1.6 *Función entre conjunto ítems*
Dado un conjunto $Y \subseteq \mathcal{I}_1$*, una función entre conjunto ítems se define mediante:*

$$f(Y) = \{\xi \in \mathcal{I}_2 \mid \exists \eta \in Y : f(\eta) = \xi\}$$

Definición 1.7 *Función entre pasos deductivos*
Dado un paso deductivo $\eta_1 \ldots \eta_k \vdash \xi \in \mathcal{D}_1$*, una función entre pasos deductivos se define mediante:*

$$f(\eta_1 \ldots \eta_k \vdash \xi) = f(\eta_1) \ldots f(\eta_k) \vdash f(\xi)$$

Se asume que: (1) el conjunto de hipótesis es disjunto con respecto al conjunto de los ítems en $\mathcal{I}_1$ *y* $\mathcal{I}_2$*, y (2)* $f(h) = h$ *para todo* $h \in \mathcal{H}$*.*

Definición 1.8 *Función entre secuencias deductivas*
Si tenemos en cuenta las siguientes equivalencias:

$$\triangle_{\mathbf{P_2}} = Y_2 \vdash_2 x_1 \vdash_2 \ldots \vdash_2 x_j$$

$$\triangle_{\mathbf{P_1}} = Y_1 \vdash_1 x'_1 \vdash_1 \ldots \vdash_1 x'_j$$

Una función f

$$f(\triangle_{\mathbf{P_1}}) = \triangle_{\mathbf{P_2}}$$

es una función entre secuencias deductivas si y solo si se cumple $Y_1 \in \wp(\mathcal{H} \cup \mathcal{I}_1)$ *con* $f(Y_1) = Y_2$ *y* $x'_1, \ldots x'_j \in \mathcal{I}_1$ *con* $f(x'_i) = x_i$.

Vamos a describir a continuación de manera informal los distintos tipos de relaciones que se pueden establecer entre dos esquemas, las cuales se pueden dividir en dos grupos: generalizaciones y filtros.

- **Generalizaciones**
  Un esquema es la generalización de otro cuando es fruto de un refinamiento y/o una extensión. Por tanto, las generalizaciones incluyen los refinamientos y la extensión.

  – Refinamientos
    Introducen más detalles en el analizador con objeto de obtener mejoras cualitativas en el mismo. En este grupo se sitúan los siguientes tipos de relaciones:

    ∗ Refinamiento de ítems
      Cuando los ítems de un esquema se dividen en varios ítems para obtener otro esquema. Este cambio en el conjunto de ítems puede requerir una modificación del conjunto de pasos deductivos del nuevo esquema para adaptarlo al nuevo dominio.
      La relación inversa al refinamiento de ítems se denomina *contracción de ítems*, y consiste en agrupar en un sólo ítem de un esquema varios ítems de otro.

    ∗ Refinamiento de pasos deductivos
      Cuando un paso deductivo de un esquema de análisis es descompuesto en varios pasos para obtener otro esquema. Este cambio en el conjunto de pasos deductivos puede requerir una modificación del dominio del nuevo esquema.

  – Extensión
    Cuando un esquema se obtiene ampliando la clase de gramáticas sobre la que está definido otro esquema.

- **Filtros**
  Introducen mejoras cuantitativas en el analizador mediante la eliminación de ítems de su dominio o la reducción de las secuencias deductivas. En este grupo se sitúan los siguientes tipos de relaciones:

- Filtro estático
  Cuando se eliminan ítems y/o pasos deductivos redundantes de un esquema para obtener un nuevo esquema. Produce una optimización en *tiempo de compilación* y son independientes de la cadena de entrada.
- Filtro dinámico
  Cuando se introduce información contextual en un esquema, mediante la adición de nuevos antecedentes en los pasos deductivos. De esta forma el reconocimiento de ítems durante el proceso deductivo se puede hacer dependiendo de la existencia de otros ítems. Este tipo de filtro, a diferencia del anterior, genera optimizaciones en *tiempo de ejecución* y van a depender de la cadena de entrada.
- Contracción de secuencias deductivas
  Cuando una secuencia deductiva de un esquema se sustituye por otra de menor longitud. Se trata de la relación inversa al refinamiento de pasos deductivos.

Pasemos ahora a definir cada una de estas relaciones, así como las propiedades de interés que se derivan de ellas.

Definición 1.9 *Refinamiento de ítems*
El esquema $\mathbf{P_2}$ *es un refinamiento de los ítems del esquema* $\mathbf{P_1}$*, y lo denotamos como* $\mathbf{P_1} \stackrel{\mathbf{ir}}{\Longrightarrow} \mathbf{P_2}$*, si existe una función regular entre ítems* $f : \mathcal{I}_2 \rightarrow \mathcal{I}_1$ *tal que:*

1. $\mathcal{I}_1 = f(\mathcal{I}_2)$
2. $\triangle_{\mathbf{P_1}} = f(\triangle_{\mathbf{P_2}})$

Corolario 1.1
La relación $\stackrel{\mathbf{ir}}{\Longrightarrow}$ *es reflexiva y transitiva.*
Además si $\mathbf{P_1} \stackrel{\mathbf{ir}}{\Longrightarrow} \mathbf{P_2}$*, entonces la corrección del esquema* $\mathbf{P_2}$ *implica la corrección de* $\mathbf{P_1}$*.*

La relación inversa al refinamiento de ítems se denomina contracción de ítems y la denotamos como $\stackrel{\mathbf{ic}}{\Longrightarrow}$. Por tanto, si se verifica $\mathbf{P_2} \stackrel{\mathbf{ic}}{\Longrightarrow} \mathbf{P_1}$, entonces $\mathbf{P_1} \stackrel{\mathbf{ir}}{\Longrightarrow} \mathbf{P_2}$.

Corolario 1.2
La relación $\stackrel{\mathbf{ic}}{\Longrightarrow}$ *es reflexiva, transitiva y preserva la corrección.*

Definición 1.10 *Refinamiento de pasos deductivos*
El esquema $\mathbf{P_2}$ *es un refinamiento de los pasos deductivos del esquema* $\mathbf{P_1}$*, y lo denotamos como* $\mathbf{P_1} \stackrel{\mathbf{sr}}{\Longrightarrow} \mathbf{P_2}$*, si se cumple:*

1. $\mathcal{I}_1 \subseteq \mathcal{I}_2$
2. $\vdash_1^* \subseteq \vdash_2^*$

Corolario 1.3
La relación $\stackrel{\mathbf{sr}}{\Longrightarrow}$ *es reflexiva, transitiva y preserva la completitud.*

Definición 1.11 *Extensión*
Sea $\mathbf{P_1}$ *un esquema definido sobre una clase de gramáticas* CG_1 *y* $\mathbf{P_2}$ *un esquema definido sobre una clase de gramáticas* CG_2*, decimos que* $\mathbf{P_2}$ *es una extensión del esquema* $\mathbf{P_1}$*, y lo denotamos como* $\mathbf{P_1} \stackrel{\mathbf{ext}}{\Longrightarrow} \mathbf{P_2}$*, si se cumple:*

1. $CG_1 \subseteq CG_2$
2. $\mathbf{P_1}(G)(a_1 \ldots a_n) = \mathbf{P_2}(G)(a_1 \ldots a_n)$ *para toda* $G \in CG_1$ *y cadena de entrada* $a_1 \ldots a_n$.

Corolario 1.4
La relación $\stackrel{\mathbf{ext}}{\Longrightarrow}$ *es reflexiva y transitiva.*

Definición 1.12 *Filtro estático*
El esquema $\mathbf{P_2}$ *es un filtro estático del esquema* $\mathbf{P_1}$*, y lo denotamos como* $\mathbf{P_1} \stackrel{\mathbf{sf}}{\Longrightarrow} \mathbf{P_2}$*, si se cumple:*

1. $\mathcal{I}_1 \supseteq \mathcal{I}_2$
2. $\mathcal{D}_1 \supseteq \mathcal{D}_2$

Definición 1.13 *Filtro dinámico*
El esquema $\mathbf{P_2}$ *es un filtro dinámico del esquema* $\mathbf{P_1}$*, y lo denotamos como* $\mathbf{P_1} \stackrel{\mathbf{df}}{\Longrightarrow} \mathbf{P_2}$*, si se cumple:*

1. $\mathcal{I}_1 \supseteq \mathcal{I}_2$
2. $\vdash_1 \supseteq \vdash_2$

Definición 1.14 *Contracción de secuencias deductivas*
El esquema $\mathbf{P_2}$ *es una contracción de secuencias deductivas del esquema* $\mathbf{P_1}$*, y lo denotamos como* $\mathbf{P_1} \stackrel{\mathbf{sc}}{\Longrightarrow} \mathbf{P_2}$*, si se cumple:*

1. $\mathcal{I}_1 \supseteq \mathcal{I}_2$

2. $\vdash_1^* \supseteq \vdash_2^*$

Corolario 1.5
Los filtros mantienen las siguientes relaciones:

$$\stackrel{\mathbf{sf}}{\Longrightarrow} \subseteq \stackrel{\mathbf{df}}{\Longrightarrow} \subseteq \stackrel{\mathbf{sc}}{\Longrightarrow}$$

Corolario 1.6
Los filtros $\stackrel{\mathbf{sf}}{\Longrightarrow}, \stackrel{\mathbf{df}}{\Longrightarrow}$ *y* $\stackrel{\mathbf{sc}}{\Longrightarrow}$ *son relaciones reflexivas, transitivas y preservan la consistencia.*

2 Esquema ascendente basado en Earley

El esquema **buE**, presentado en [Alonso et al., 98] y [Alonso et al., 99b], se obtiene a partir de una generalización del esquema **CYK** para TAGs, como se demuestra en [Alonso, 00]. El interés de este esquema radica en que se trata de un reconocedor con estrategia ascendente que elimina la restricción impuesta por el esquema **CYK** sobre la forma que deben tener los árboles elementales. El esquema **CYK** fue presentado en [Alonso et al., 98] como una adaptación del algoritmo original introducido en [Vijay-Shanker y Joshi, 85] y [Vijay-Shanker, 88]. Como se muestra en los resultados experimentales obtenidos en [Díaz, 00], el comportamiento de **buE** es, en general, peor que otros analizadores que usan estrategias ascendentes con algún tipo de filtro.

El dominio del esquema $\mathcal{I}_{\text{buE}}$ se define mediante:

$$\mathcal{I}_{\text{buE}} = [N^\gamma \to \nu \bullet \omega, i, j \mid p, q]$$

donde $N^\gamma \to \nu\omega$ es una producción en $\mathcal{P}(\gamma)$, siendo γ un árbol elemental. Los índices $0 \leq i \leq j$ establecen las posiciones dentro de la cadena de entrada que delimitan el fragmento reconocido por ν. Si p y q presentan un valor conocido, entonces γ es un árbol auxiliar y se cumple $i \leq p \leq q \leq j$.

Los pasos deductivos del esquema vienen dados por:

$$\mathcal{D}_{\text{buE}} = \mathcal{D}_{\text{buE}}^{\text{Ini}} \cup \mathcal{D}_{\text{buE}}^{\text{Foot}} \cup \mathcal{D}_{\text{buE}}^{\text{Scan}} \cup \mathcal{D}_{\text{buE}}^{\varepsilon} \cup \mathcal{D}_{\text{buE}}^{\text{Comp}} \cup \mathcal{D}_{\text{buE}}^{\text{AdjComp}}$$

El paso deductivo $\mathcal{D}_{\text{buE}}^{\text{Ini}}$ establece de partida la predicción de todos los subárboles participantes en los árboles elementales. Debido a la estrategia ascendente pura del esquema, esta regla comienza el reconocimiento de los subárboles sobre cualquier posición i de la cadena de entrada. Esto va a generar una gran cantidad de ítems espurios que con una adecuada técnica de filtrado podemos suprimir en parte, como veremos cuando definamos el esquema **buLC**:

$$\mathcal{D}^{\text{Ini}}_{\text{buE}} = \frac{}{[N^\gamma \rightarrow \bullet\delta, i, i \mid -, -]}$$

El paso deductivo $\mathcal{D}^{\text{Foot}}_{\text{buE}}$ completa el reconocimiento de los subárboles que dominan los nodos pie de los árboles auxiliares. Al igual que el paso anterior, el análisis ascendente obliga a suponer que el nodo pie dominará cualquier subcadena válida de la cadena de entrada ($0 \leq k \leq l \leq n$). Es en este paso donde se asignan valores para los dos últimos índices, ya que éstos establecen el fragmento de la cadena de entrada que domina el subárbol que pende del nodo pie del árbol auxiliar:

$$\mathcal{D}^{\text{Foot}}_{\text{buE}} = \frac{}{[\mathbf{F}^\beta \rightarrow \bot\bullet, k, l \mid k, l]}$$

Los pasos de reconocimiento $\mathcal{D}^{\text{Scan}}_{\text{buE}}$ y $\mathcal{D}^{\varepsilon}_{\text{buE}}$ se aplican cuando el reconocimiento alcanza un nodo etiquetado con un símbolo terminal o cuando la cadena vacía que se corresponde con el símbolo actual de la cadena de entrada:

$$\mathcal{D}^{\text{Scan}}_{\text{buE}} = \frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \rightarrow \delta \bullet M^\gamma\nu, i, j \mid p, q],\\ [a, j, j+1]\end{array}}{[N^\gamma \rightarrow \delta M^\gamma \bullet \nu, i, j+1 \mid p, q]} \quad label(M^\gamma) = a$$

$$\mathcal{D}^{\varepsilon}_{\text{buE}} = \frac{[N^\gamma \rightarrow \delta \bullet M^\gamma\nu, i, j \mid p, q]}{[N^\gamma \rightarrow \delta M^\gamma \bullet \nu, i, j \mid p, q]} \quad label(M^\gamma) = \varepsilon$$

El paso deductivo $\mathcal{D}^{\text{Comp}}_{\text{buE}}$ continúa el reconocimiento del superárbol respecto a M^γ una vez que el subárbol dominado por él ha sido completamente reconocido. Este paso es equivalente a una operación de compleción en gramáticas incontextuales, por tanto, solo se puede aplicar cuando la adjunción no sea obligatoria en M^γ:

$$\mathcal{D}^{\text{Comp}}_{\text{buE}} = \frac{\begin{array}{l}[M^\gamma \rightarrow \delta\bullet, j, k \mid p, q]\\ [N^\gamma \rightarrow \nu \bullet M^\gamma\omega, i, j \mid p', q']\end{array}}{[N^\gamma \rightarrow \nu M^\gamma \bullet \omega, i, k \mid p \cup p', q \cup q']} \quad \mathbf{nil} \in \text{adj}(M^\gamma)$$

El paso deductivo $\mathcal{D}^{\text{AdjComp}}_{\text{buE}}$ continúa el reconocimiento del superárbol respecto a M^γ donde se ha efectuado la adjunción del árbol auxiliar β una vez que éste ha sido completamente reconocido. El movimiento del punto en el consecuente, que se sitúa detrás de M^γ, evita la posibilidad de múltiples operaciones de adjunción sobre dicho nodo:

$$\mathcal{D}_{\text{buE}}^{\text{AdjComp}} = \frac{\begin{array}{c}[\top \to \mathbf{R}^\beta \bullet, j, m \mid k, l] \\ [M^\gamma \to \delta \bullet, k, l \mid p, q] \\ [N^\gamma \to \nu \bullet M^\gamma \omega, i, j \mid p', q']\end{array}}{[N^\gamma \to \nu M^\gamma \bullet \omega, i, m \mid p \cup p', q \cup q']} \quad \beta \in \text{adj}(M^\gamma)$$

El conjunto de ítems finales viene dado por:

$$\mathcal{F}_{\text{buE}} = \{[\top \to \mathbf{R}^\alpha \bullet, 0, n \mid -, -] \mid \alpha \in \boldsymbol{I} \wedge label(\mathbf{R}^\alpha) = S\}$$

3 Esquema ascendente guiado por la esquina izquierda

El esquema **buLC** (*bottom-up Left Corner*) para TAGs, que presentamos en [Carrillo et al., 01], se obtiene mediante la aplicación de un filtro al esquema **buE**. El objetivo del esquema **<u>buLC</u>** para gramáticas incontextuales es mejorar el comportamiento práctico de **<u>buE</u>** disminuyendo el número de ítems que se generan en el proceso de análisis. Para alcanzar dicha mejora en el análisis de TAGs vamos a eliminar aquellos ítems que en el esquema **buE** no aportan nada significativo en el proceso constructivo y que, al igual que en el esquema **<u>buLC</u>**, son aquellos de la forma $[N^\gamma \to \bullet M^\gamma \omega, j, j, -, -]$.

Puesto que en la representación multicapa [Díaz et al., 98b] a cada nodo de los árboles elementales le asociamos una producción, y considerando cada producción como la representación de un subárbol de tan sólo un nivel, vamos a definir el concepto de *esquina izquierda* de una producción (y su subárbol de un nivel asociado).

Definición 3.1 *Esquina izquierda de una producción TAG*
Dada una producción $N^\gamma \to P^\gamma \nu \in \mathcal{P}(\gamma)$, denominaremos esquina izquierda de esta producción y, por consiguiente, del subárbol que representa dicha producción, al nodo P^γ.

No hay que confundir este concepto con el de relación de esquina izquierda que veremos más adelante.

El dominio del esquema $\mathcal{I}_{\text{buLC}}$ se define mediante:

$$\mathcal{I}_{\text{buLC}} = \{[N^\gamma \to P^\gamma \nu \bullet \omega, i, j, p, q]\}$$

tal que $N^\gamma \to P^\gamma \nu\omega$ es una regla de producción que pertenece a $\mathcal{P}(\gamma)$. Los índices $0 \leq i \leq j$ establecen las posiciones dentro de la cadena de entrada que delimitan el fragmento reconocido por $P^\gamma\nu$. Si p y q presentan un valor conocido, entonces γ es un árbol auxiliar y se cumple $i \leq p \leq q \leq j$.

Para eliminar los ítems con el punto delante de la esquina izquierda, vamos a sustituir el paso $\mathcal{D}_{\mathrm{buE}}^{\mathrm{Ini}}$, que es el que introduce ítems de esta forma, por los cuatro siguientes: $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{LC_t}}$, $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{LC_\epsilon}}$, $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{LC_n}}$ y $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{LC_{cad}}}$. Los cuales llevarán a cabo el reconocimiento de la esquina izquierda de cada subárbol.

Los pasos deductivos del esquema vienen dados por:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}} = \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{LC_t}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{LC_\varepsilon}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{LC_n}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{LC_{cad}}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{Foot}} \cup$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{Scan}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\varepsilon} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{Comp}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{AdjComp}}$$

El paso deductivo $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{LC_t}}$ lanza el reconocimiento de los subárboles cuya esquina izquierda sea un símbolo terminal, entre todas las posiciones de la cadena de entrada donde aparece dicho símbolo. De esta forma eliminamos la posibilidad de que se generen producciones de la forma $N^\gamma \to \bullet P^\gamma\omega$ cuando $label(P^\gamma) \in V_T$. $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{LC_t}}$ sustituye al paso $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{Scan}}$ en los símbolos de la esquina izquierda.

$$\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{LC_t}} = \frac{[a, j, j+1]}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, j, j+1 \mid -, -]} \quad label(P^\gamma) = a$$

El paso $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{LC_\epsilon}}$ funciona de forma análoga al anterior cuando la esquina izquierda es la cadena vacía.

$$\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{LC_\varepsilon}} = \frac{}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, j, j \mid -, -]} \quad label(P^\gamma) = \varepsilon$$

En principio, el paso $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{Foot}}$ sería igual a $\mathcal{D}_{\mathrm{buE}}^{\mathrm{Foot}}$. Sin embargo, podemos aprovechar la estrategia ascendente del reconocimiento para filtrar de forma dinámica los ítems que se generan mediante $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{Foot}}$. Puesto que este paso completa el reconocimiento de los subárboles que dominan los nodos pie de los árboles auxiliares, su lanzamiento puede estar limitado a que previamente se haya reconocido el subárbol que cuelga de un nodo O^γ donde sea adjuntable un árbol auxiliar β. Con este planteamiento, el paso deductivo $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{Foot}}$ quedaría de la siguiente forma:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{Foot}} = \frac{[O^\gamma \to \nu\bullet, k, l \mid p, q]}{[\mathbf{F}^\beta \to \perp\bullet, k, l \mid k, l]} \quad \beta \in \mathrm{adj}(O^\gamma)$$

El paso $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{LC_n}}$ inicia el reconocimiento de los subárboles que cumplen que: (1) su esquina izquierda sea un símbolo no terminal y, (2) el subárbol que domina dicho símbolo haya sido completamente reconocido. Es decir, continúa el reconocimiento una vez completo el subárbol que domina la esquina izquierda. $\mathcal{D}^{\mathrm{LC_n}}_{\mathrm{buLC}}$ es equivalente a la operación de compleción en gramáticas incontextuales, por tanto, solo se puede aplicar cuando la adjunción no sea obligatoria en la esquina izquierda.

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_n}}_{\mathrm{buLC}} = \frac{[O^\gamma \to \nu \bullet, j, k \mid p, q]}{[Q^\gamma \to O^\gamma \bullet \omega, j, k \mid p, q]} \quad \mathbf{nil} \in \mathrm{adj}(O^\gamma)$$

Cuando la esquina izquierda de un subárbol sea un nodo adjuntable se aplica el paso deductivo $\mathcal{D}^{\mathrm{LC_{cad}}}_{\mathrm{buLC}}$, el cual requiere que se hayan reconocido completamente tanto el árbol auxiliar que se va a adjuntar como el subárbol que domina el nodo pie de dicho árbol. El paso $\mathcal{D}^{\mathrm{LC_{cad}}}_{\mathrm{buLC}}$ sustituye a $\mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp}}_{\mathrm{buLC}}$ en los símbolos de la esquina izquierda.

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_{cad}}}_{\mathrm{buLC}} = \frac{\begin{array}{c}[\top \to \mathbf{R}^\beta \bullet, j, m \mid k, l] \\ [O^\gamma \to \nu \bullet, k, l \mid p, q]\end{array}}{[Q^\gamma \to O^\gamma \bullet \omega, j, m \mid p, q]} \quad \beta \in \mathrm{adj}(O^\gamma)$$

El paso deductivo $\mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{buLC}}$ tiene la misma función que $\mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{buE}}$, pero solo se aplica a símbolos terminales que no sean esquinas izquierdas en sus subárboles.

$$\mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{buLC}} = \frac{\begin{array}{l}[a, j, j+1] \\ [N^\gamma \to P^\gamma \nu \bullet M^\gamma \omega, i, j \mid p, q]\end{array}}{[N^\gamma \to P^\gamma \nu M^\gamma \bullet \omega, i, j+1 \mid p, q]} \quad \mathit{label}(M^\gamma) = a$$

El paso deductivo $\mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{buLC}}$ tiene la misma función que $\mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{buE}}$, pero solo se aplica a cadenas vacías que no sean esquinas izquierdas en sus subárboles.

$$\mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{buLC}} = \frac{[N^\gamma \to P^\gamma \nu \bullet M^\gamma \omega, i, j \mid p, q]}{[N^\gamma \to P^\gamma \nu M^\gamma \bullet \omega, i, j \mid p, q]} \quad \mathit{label}(M^\gamma) = \varepsilon$$

El paso $\mathcal{D}^{\mathrm{Comp}}_{\mathrm{buLC}}$ tiene la misma función que $\mathcal{D}^{\mathrm{Comp}}_{\mathrm{buE}}$, pero solo se aplica a símbolos no terminales sin restricción de adjunción obligatoria que no sean esquinas izquierdas en sus subárboles.

$$\mathcal{D}^{\mathrm{Comp}}_{\mathrm{buLC}} = \frac{\begin{array}{l}[M^\gamma \to \delta \bullet, j', j \mid p, q] \\ [N^\gamma \to P^\gamma \nu \bullet M^\gamma \omega, i, j' \mid p', q']\end{array}}{[N^\gamma \to P^\gamma \nu M^\gamma \bullet \omega, i, j \mid p \cup p', q \cup q']} \quad \mathbf{nil} \in \mathrm{adj}(M^\gamma)$$

La función del paso deductivo $\mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp}}_{\mathrm{buLC}}$ es la misma que la de $\mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp}}_{\mathrm{buE}}$, pero solo se aplica a símbolos no terminales adjuntables que no sean esquinas izquierdas en sus subárboles.

$$\mathcal{D}_{\text{buLC}}^{\text{AdjComp}} = \frac{\begin{array}{l}[\top \to \mathbf{R}^{\beta}\bullet, j, m \mid k, l] \\ [M^{\gamma} \to \delta\bullet, k, l \mid p, q] \\ [N^{\gamma} \to P^{\gamma}\nu \bullet M^{\gamma}\omega, i, j \mid p', q']\end{array}}{[N^{\gamma} \to P^{\gamma}\nu M^{\gamma} \bullet \omega, i, m \mid p \cup p', q \cup q']} \quad \beta \in \text{adj}(M^{\gamma})$$

El conjunto de ítems finales del esquema es igual al del esquema **buE**:

$$\mathcal{F}_{\text{buLC}} = \mathcal{F}_{\text{buE}}$$

4 Esquema basado en Earley sin prefijo válido

En la literatura podemos encontrar numerosos analizadores para TAGs que usan estrategia ascendente con información predictiva, al estilo del Earley para CFGs, entre los que podemos destacar los definidos en [Lang, 90] y [Joshi y Schabes, 97]. El que presentamos en esta sección, al que se denomina esquema **E**, fue introducido en [Alonso et al., 99b] como una adaptación del presentado en [Joshi y Schabes, 97].

Vamos a ver a continuación el esquema **E** para TAGs definido en [Joshi y Schabes, 97] y [Alonso et al., 99b]. Este analizador usa estrategia ascendente con información predictiva, al estilo del Earley para CFGs, pero al igual que el resto de analizadores de esta sección, no garantiza la propiedad del prefijo válido.

Formalmente, un analizador sintáctico satisface la *propiedad del prefijo válido* (VPP) [Schabes, 91] si al reconocer la subcadena $a_1 \dots a_k$ de la cadena de entrada $a_1 \dots a_k a_{k+1} \dots a_n$ garantiza que hay una cadena $b_1 \dots b_m$, donde b_i no tiene por qué formar parte de la cadena de entrada, tal que $a_1 \dots a_k b_1 \dots b_m$ es una cadena válida del lenguaje. Ésto no quiere decir que un analizador que no cumpla la VPP no detecte los errores, sino que los detecta más tarde.

El conjunto de ítems del esquema $\mathcal{I}_{\text{E}}$ es igual al definido para el esquema **buE**:

$$\mathcal{I}_{\text{E}} = \mathcal{I}_{\text{buE}}$$

El conjunto de pasos deductivos del esquema $\mathcal{D}_{\text{E}}$ se define mediante:

$$\mathcal{D}_{\text{E}} = \mathcal{D}_{\text{E}}^{\text{Ini}} \cup \mathcal{D}_{\text{E}}^{\text{Scan}} \cup \mathcal{D}_{\text{E}}^{\varepsilon} \cup \mathcal{D}_{\text{E}}^{\text{Pred}} \cup \mathcal{D}_{\text{E}}^{\text{Comp}} \cup$$

$$\mathcal{D}_{\text{E}}^{\text{AdjPred}} \cup \mathcal{D}_{\text{E}}^{\text{FootPred}} \cup \mathcal{D}_{\text{E}}^{\text{FootComp}} \cup \mathcal{D}_{\text{E}}^{\text{AdjComp}}$$

Vamos a dividir los pasos deductivos de manera similar a como se hace en el algoritmo clásico de Earley para CFGs: inicio, reconocimiento, predicción y compleción. Evidentemente, con las variantes que provoca la operación de adjunción tanto en la predicción como en la compleción.

Inicio

El reconocimiento comienza con la predicción de todo árbol inicial ($\alpha \in \boldsymbol{I}$) cuya raíz sea el axioma ($label(\mathbf{R}^\alpha) = S$:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Ini}} = \frac{}{[\top \to \bullet \mathbf{R}^\alpha, 0, 0 \mid -, -]} \quad \alpha \in \boldsymbol{I} \wedge label(\mathbf{R}^\alpha) = S$$

Reconocimiento

Los pasos deductivos de reconocimiento son iguales a los del esquema **buE**:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Scan}} = \mathcal{D}_{\mathrm{buE}}^{\mathrm{Scan}} \mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\varepsilon} = \mathcal{D}_{\mathrm{buE}}^{\varepsilon}$$

Los pasos deductivos que establecen la estrategia ascendente predictiva del analizador Earley para CFGs son los correspondientes a predicciones y compleciones. Para el caso de las TAGs, vamos a distinguir tres tipos de predicciones con sus correspondientes pasos de compleción asociados: subárbol, adjunción y pie.

Predicción de subárbol

Este paso deductivo es similar al paso predictivo del analizador Earley para CFGs. De manera que si se alcanza un nodo M^γ que no presenta adjunción obligatoria ($\mathbf{nil} \in \mathrm{adj}(M^\gamma)$), el análisis debe continuar el reconocimiento descendente del subárbol dominado por M^γ:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Pred}} = \frac{[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[M^\gamma \to \bullet \upsilon, j, j \mid -, -]} \quad \mathbf{nil} \in \mathrm{adj}(M^\gamma)$$

Compleción de subárbol

Este paso deductivo de compleción de subárbol es igual al del esquema **buE**:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Comp}} = \mathcal{D}_{\mathrm{buE}}^{\mathrm{Comp}}$$

Predicción de adjunción

Cuando el reconocimiento alcanza un nodo adjuntable M^γ ($\beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)$), el análisis debe lanzar el reconocimiento de todos los árboles auxiliares (β) que se pueden adjuntar en M^γ:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{AdjPred}} = \frac{[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[\top \to \bullet \mathbf{R}^\beta, j, j \mid -, -]} \quad \beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)$$

Predicción de pie

Cuando el reconocimiento alcanza el nodo pie de un árbol auxiliar β, se debe continuar con el subárbol escindido por la operación de adjunción. Ni en los ítems ni en el chart existe información suficiente para determinar sobre qué subárbol se debe continuar el reconocimiento, y precisamente esta carencia es la que provoca que el analizador no cumpla la propiedad del prefijo válido. Por ello, la operación $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{FootPred}}$ se ve obligada a lanzar todos los subárboles dominados por M^γ donde $\beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)$:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{FootPred}} = \frac{[\mathbf{F}^\beta \to \bullet\bot, k, k \mid -, -]}{[M^\gamma \to \bullet\delta, k, k \mid -, -]} \quad \beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)$$

Compleción de pie

Cuando se completa el reconocimiento de un subárbol escindido dominado por M^γ, el análisis debe continuar con el contexto derecho del árbol auxiliar adjuntado β:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{FootComp}} = \frac{\begin{array}{c}[M^\gamma \to \delta\bullet, k, l \mid p, q],\\ [\mathbf{F}^\beta \to \bullet\bot, k, k \mid -, -]\end{array}}{[\mathbf{F}^\beta \to \bot\bullet, k, l \mid k, l]} \quad \beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)$$

Compleción de adjunción

Una vez que se ha completado el reconocimiento de un árbol auxiliar β, debemos continuar el reconocimiento del árbol γ donde se ha efectuado la adjunción:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{AdjComp}} = \frac{\begin{array}{c}[\top \to \mathbf{R}^\beta\bullet, j, m \mid k, l],\\ [M^\gamma \to \upsilon\bullet, k, l \mid p, q],\\ [N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma\nu, i, j \mid p', q']\end{array}}{[N^\gamma \to \delta M^\gamma \bullet \nu, i, m \mid p \cup p', q \cup q']} \quad \beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)$$

El conjunto de ítems finales del esquema viene dado por:

$$\mathcal{F}_{\mathrm{E}} = \{[\top \to \mathbf{R}^\alpha\bullet, 0, n \mid -, -] \mid \alpha \in \boldsymbol{I} \wedge \mathit{label}(\mathbf{R}^\alpha) = S\}$$

5 Esquema Left Corner con ítems predictivos

En esta sección presentamos un analizador que usa la *relación de esquina izquierda* para filtrar las predicciones del esquema tipo Earley para TAGs descrito en la sección anterior. La complejidad temporal del algoritmo con respecto a la longitud n de la cadena de entrada permanece en $\mathcal{O}(n^6)$, pero las prestaciones prácticas se mejoran con respecto al algoritmo tipo Earley, debido a una reducción en el número de ítems deducidos.

En el formalismo CFG, la *esquina izquierda* de un símbolo no terminal A es el símbolo terminal o no terminal X si y sólo si existe una producción $A \rightarrow X\nu$ en la gramática, donde ν es una secuencia de símbolos. Para el caso $A \rightarrow \varepsilon$, consideramos ε como la esquina izquierda de A. Para el caso de las TAGs extendemos la definición anterior al ámbito de los árboles elementales de una gramática TAG.

Definición 5.1 *Relación de esquina izquierda (left corner) en los árboles elementales de una TAG*
La esquina izquierda de un nodo O^γ es su hijo izquierdo P^γ si y sólo si $adj(P^\gamma) = \{\mathbf{nil}\}$. La relación esquina izquierda $>_\ell$ sobre $(V_N \cup \top) \times (V_N \cup V_T \cup \{\varepsilon, \bot\})$ se define mediante $O^\gamma >_\ell P^\gamma$ si hay una producción $O^\gamma \rightarrow P^\gamma \nu \in \mathcal{P}(\gamma)$ y $adj(P^\gamma) = \{\mathbf{nil}\}$. La clausura reflexiva y transitiva de $>_\ell$ la denotamos como $>_\ell^*$.

Es importante señalar que una relación de esquina izquierda siempre comienza con un nodo etiquetado con un símbolo no terminal y finaliza en un nodo de adjunción, un nodo etiquetado con un símbolo terminal o un nodo etiquetado con ε. Usaremos $M^\gamma >_\ell \triangle$ para denotar que M^γ es un nodo de adjunción.

En el esquema que introducimos en esta sección, al que denominaremos **pLC**, los pasos predictivos en el esquema **E** son reemplazados por objetivos que se intentan satisfacer de forma ascendente. La fase ascendente del proceso de reconocimiento es guiada hacia el correspondiente objetivo mediante la relación de esquina izquierda. Por tanto, en el dominio del esquema **pLC** vamos a distinguir dos tipos de ítems: predictivos y *left corner*. Por la propia naturaleza del analizador estos últimos se dividen en dos subtipos.

$$\mathcal{I}_{\mathrm{pLC}} = \mathcal{I}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{p}} \cup \mathcal{I}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{lc}} \cup \mathcal{I}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{lc}'}$$

Los *ítems predictivos* son aquellos que lanzan la predicción (de adjunción o subárbol) de un nodo M^γ desde una posición de la cadena de entrada, por tanto, solo es necesaria la información del propio nodo y la posición de la cadena de entrada j.

$$\mathcal{I}^{\mathrm{p}}_{\mathrm{pLC}} = \{[M^\gamma, j] \mid \gamma \in \boldsymbol{I} \cup \boldsymbol{A} \ , \ 0 \leq j\}$$

Los *ítems left corner* tienen la misma forma que los ítems del analizador tipo Earley para las TAGs pero se le añade un nodo delante (C^γ), que es el nodo que domina por una relación de esquina izquierda al nodo situado a la izquierda de la producción (M^γ). Esta información adicional, aunque no es necesaria, va a permitir al analizador simplificar algunos de sus pasos deductivos y el reconocimiento ascendente a través de una secuencia de relaciones de esquinas izquierdas.

El esquema **pLC** filtra los ítems de **E** eliminando de su dominio aquellos ítems que inician el reconocimiento en la esquina izquierda de una producción.

$$\mathcal{I}^{\mathrm{lc}}_{\mathrm{pLC}} = \{[C^\gamma; M^\gamma \rightarrow \delta \bullet \nu, i, j \mid p, q] \mid M^\gamma \rightarrow \delta\nu \in \mathcal{P}(\gamma) \ , \ \gamma \in \boldsymbol{I} \cup \boldsymbol{A} \ ,$$
$$C^\gamma >^*_\ell M^\gamma \ , \ 0 \leq i \leq j \ , \delta \neq \epsilon \ , \ ((p, q) \leq (i, j) \text{ ó } (p, q) = (-, -))\}$$

Sin embargo, este filtro no es posible cuando la esquina izquierda de la producción P^γ es:

- Un nodo adjuntable, ya que la inclusión de un árbol auxiliar detiene la relación de esquina izquierda con sus descendientes.

- Un nodo $\perp$, ya que la relación de esquina izquierda, como la hemos definido, no va más allá de un árbol elemental.

Para recoger estos dos casos especiales, definimos la siguiente clase de ítems *left corner*:

$$\mathcal{I}^{\mathrm{lc}'}_{\mathrm{pLC}} = \{[C^\gamma; M^\gamma \rightarrow \bullet P^\gamma \nu, j, j \mid -, -] \mid M^\gamma \rightarrow P^\gamma \nu \in \mathcal{P}(\gamma) \ , \ \gamma \in \boldsymbol{I} \cup \boldsymbol{A} \ ,$$
$$C^\gamma >^*_\ell M^\gamma \ , \ 0 \leq j \ , \ (P^\gamma >_\ell \triangle \text{ ó } \mathit{label}(P^\gamma) = \perp)\}$$

Con respecto al conjunto de pasos deductivos, definimos subconjuntos para *reconocimiento* y *compleción* similares a los del esquema **E** para TAGs. La relación de esquina izquierda se aplicará a los cuatro casos de predicción: inicial, subárbol, pie y adjunción. Los pasos de esquina izquierda vienen en tres variedades, según el tipo de nodo en que finalice la relación: terminal, cadena vacía y no terminal. El último caso es necesario cuando la esquina izquierda es un nodo de adjunción o el nodo *bottom* de un árbol auxiliar, ya que el árbol auxiliar o el subárbol escindido mediante una adjunción deben ser reconocidos. El conjunto de pasos deductivos del esquema es:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{pLC}} = \mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LI_t}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LI_\varepsilon}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LI_{pre}}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{Scan}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\varepsilon} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LC_t}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LC_\varepsilon}} \cup$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LC_{pre}}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LC_n}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{Pre}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{Comp}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LA_t}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LA_\varepsilon}} \cup$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LA_{pre}}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{AdjComp}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LF_t}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LF_\varepsilon}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LF_{pre}}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{FootComp}}$$

Filtrado de inicio

El reconocimiento comienza prediciendo todos los árboles iniciales ($\alpha \in \boldsymbol{I}$) cuya raíz sea el axioma ($label(\mathbf{R}^\alpha) = S$). Dado que siempre se cumplirá que $\top >_\ell^* O^\alpha$ y $O^\alpha \to P^\alpha \nu \in \mathcal{P}(\alpha)$, podemos aplicar un filtro LC y obtenemos los siguientes pasos:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LI_t}} = \frac{[a, 0, 1]}{[\top; O^\alpha \to P^\alpha \bullet \nu, 0, 1 \mid -, -]} \quad label(P^\alpha) = a$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LI_\varepsilon}} = \frac{}{[\top; O^\alpha \to P^\alpha \bullet \nu, 0, 0 \mid -, -]} \quad label(P^\alpha) = \varepsilon$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LI_{pre}}} = \frac{}{[\top; O^\alpha \to \bullet P^\alpha \nu, 0, 0 \mid -, -]} \quad P^\alpha >_\ell \triangle$$

El paso $\mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LI_t}}$ se aplicará cuando la esquina izquierda P^α está etiquetada con un símbolo terminal. El paso $\mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LI_\varepsilon}}$ se usa cuando P^α es la cadena vacía. Y si P^α es una nodo de adjunción entonces se aplica $\mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{LI_{pre}}}$. Al tratarse de árboles iniciales los árboles elementales cuyas predicciones se filtran en este grupo, no tenemos en cuenta el caso en que la esquina izquierda sea un nodo $\perp$.

Reconocimiento

El paso deductivo $\mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{Scan}}$ se aplica cuando el reconocimiento alcanza un nodo cuya etiqueta coincide con el símbolo terminal que corresponde en la cadena de entrada. Es evidente que este terminal no puede ser la esquina izquierda de una producción, ya que ese tipo de ítems no pertenecen al dominio del esquema.

$$\mathcal{D}_{\mathrm{pLC}}^{\mathrm{Scan}} = \frac{\begin{array}{l}[C^\gamma; N^\gamma \to P^\gamma \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q] \\ [a, j, j+1]\end{array}}{[C^\gamma; N^\gamma \to P^\gamma \delta M^\gamma \bullet \nu, i, j+1 \mid p, q]} \quad label(M^\gamma) = a$$

Para efectuar el reconocimiento de símbolos ε se usa el paso deductivo $\mathcal{D}^{\varepsilon}_{\text{pLC}}$.

$$\mathcal{D}^{\varepsilon}_{\text{pLC}} = \frac{[C^\gamma; N^\gamma \to P^\gamma \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[C^\gamma; N^\gamma \to P^\gamma \delta M^\gamma \bullet \nu, i, j \mid p, q]} \quad \mathit{label}(M^\gamma) = \varepsilon$$

Filtrado de predicción de subárbol

Si un nodo (M^γ), cuyo reconocimiento ha sido predicho, no presenta una restricción de adjunción obligatoria y además domina por una relación de esquina izquierda a otro nodo (O^γ), se podrían eliminar todas las predicciones entre ambos. En el caso de que el hijo izquierdo de O^γ esté etiquetado con un símbolo terminal se aplica el paso $\mathcal{D}^{\text{LC}_\text{t}}_{\text{pLC}}$, el cual es el equivalente a $\mathcal{D}^{\text{Scan}}_{\text{pLC}}$ cuando el nodo a reconocer es la esquina izquierda de una producción.

$$\mathcal{D}^{\text{LC}_\text{t}}_{\text{pLC}} = \frac{\begin{array}{c}[M^\gamma, j]\\ [a, j, j+1]\end{array}}{[M^\gamma; O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, j, j+1 \mid -, -]} \quad \begin{array}{l}\mathit{label}(P^\gamma) = a\\ \textbf{nil} \in \text{adj}(M^\gamma)\end{array}$$

El paso $\mathcal{D}^{\text{LC}_\varepsilon}_{\text{pLC}}$ tiene la misma función que $\mathcal{D}^{\text{LC}_\text{t}}_{\text{pLC}}$, pero se aplica cuando el hijo izquierdo de O^γ es un símbolo etiquetado como ε. Es la operación equivalente a $\mathcal{D}^{\varepsilon}_{\text{pLC}}$ para los símbolos de la esquina izquierda.

$$\mathcal{D}^{\text{LC}_\varepsilon}_{\text{pLC}} = \frac{[M^\gamma, j]}{[M^\gamma; O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, j, j \mid -, -]} \quad \begin{array}{l}\mathit{label}(P^\gamma) = \varepsilon\\ \textbf{nil} \in \text{adj}(M^\gamma)\end{array}$$

Cuando el hijo izquierdo de O^γ sea un nodo adjuntable se elimina la relación de esquina izquierda y se detiene el reconocimiento para lanzar los árboles auxiliares adjuntables en dicho nodo. Lo mismo ocurre cuando $\gamma \in \boldsymbol{A}$ y el hijo izquierdo de O^γ está etiquetado con $\perp$, ya que hay que iniciar el reconocimiento del subárbol escindido en el nodo donde se ha llevado a cabo la adjunción de este árbol auxiliar.

$$\mathcal{D}^{\text{LC}_\text{pre}}_{\text{pLC}} = \frac{[M^\gamma, j]}{[M^\gamma; O^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, j, j \mid -, -]} \quad \begin{array}{l}\textbf{nil} \in \text{adj}(M^\gamma)\\ P^\gamma >_\ell \triangle \text{ ó } \mathit{label}(P^\gamma) = \perp\end{array}$$

Compleción en la esquina izquierda

El recorrido ascendente a través de los nodos dominados por una relación de esquina izquierda se lleva a cabo mediante el paso $\mathcal{D}^{\text{LC}_\text{n}}_{\text{pLC}}$. Esta operación es la equivalente a la compleción de un subárbol para los nodos que se encuentran dentro de una relación de esquina izquierda. Obsérvese como el elemento auxiliar incluido en los ítems (nodo ancla de la relación esquina izquierda) permite establecer el fin de este recorrido ascendente, ya que la cadena de operaciones $\mathcal{D}^{\mathrm{LC_n}}_{\mathrm{pLC}}$ se detendrá cuando se alcance dicho nodo.

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_n}}_{\mathrm{pLC}} = \frac{[M^\gamma; O^\gamma \to \nu\bullet, j, k \mid p, q]}{[M^\gamma; Q^\gamma \to O^\gamma \bullet \omega, j, k \mid p, q]} \quad M^\gamma \neq O^\gamma$$

Predicción

Mediante el paso $\mathcal{D}^{\mathrm{Pre}}_{\mathrm{pLC}}$ se realiza la predicción de los nodos etiquetados con símbolos no terminales que no se encuentran dominados en una relación de esquina izquierda, por tanto, estos nodos se convertirán en anclas dentro de ítems de tipo *left corner*.

$$\mathcal{D}^{\mathrm{Pre}}_{\mathrm{pLC}} = \frac{[C^\gamma; N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[M^\gamma, j]} \quad \mathit{label}(M^\gamma) \in V_N$$

Compleción de subárbol

El paso $\mathcal{D}^{\mathrm{Comp}}_{\mathrm{pLC}}$ efectúa el reconocimiento ascendente de los subárboles dominados por nodos que no se encuentran en la esquina izquierda. También lleva a cabo la compleción aunque el nodo sea esquina izquierda, siempre que éste sea un nodo adjuntable ($M^\gamma >_\ell \triangle$) pero sin adjunción obligatoria ($\mathbf{nil} \in \mathit{adj}(M^\gamma)$).

$$\mathcal{D}^{\mathrm{Cmp}}_{\mathrm{pLC}} = \frac{\begin{array}{c}[C^\gamma; N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]\\ [M^\gamma; M^\gamma \to \nu\bullet, j, k \mid p', q']\end{array}}{[C^\gamma; N^\gamma \to \delta M^\gamma \bullet \nu, i, k \mid p \cup p', q \cup q']} \quad \mathbf{nil} \in \mathit{adj}(M^\gamma)$$

Filtrado de predicción de adjunción

Cuando se predice un nodo que es adjuntable, hay que lanzar el reconocimiento de todos los árboles auxiliares (β) que pueden ser adjuntados en el mismo. Sin embargo, en lugar de comenzar el reconocimiento en la raíces de dichos árboles auxiliares, se bajará hasta aquellos nodos (O^β) que estén dominados por una relación LC por los nodos *top* ($\top$). En función del tipo de nodo que sea hijo izquierdo de O^β se distinguen tres pasos deductivos:$\mathcal{D}^{\mathrm{LA_t}}_{\mathrm{pLC}}$, $\mathcal{D}^{\mathrm{LA_\varepsilon}}_{\mathrm{pLC}}$ y $\mathcal{D}^{\mathrm{LA_{pre}}}_{\mathrm{pLC}}$.

Si el hijo izquierdo de O^β está etiquetado con un símbolo terminal se aplica $\mathcal{D}^{\mathrm{LA_t}}_{\mathrm{pLC}}$:

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LA_t}}_{\mathrm{pLC}} = \frac{\begin{array}{c}[M^\gamma, j]\\ [a, j, j+1]\end{array}}{[\top; O^\beta \to P^\beta \bullet \nu, j, j+1 \mid -, -]} \quad \begin{array}{l}\mathit{label}(P^\beta) = a\\ \beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)\end{array}$$

Si el hijo izquierdo de O^β está etiquetado con ε se aplica $\mathcal{D}_{\text{pLC}}^{\text{LA}_\varepsilon}$:

$$\mathcal{D}_{\text{pLC}}^{\text{LA}_\varepsilon} = \frac{[M^\gamma, j]}{[\top; O^\beta \to P^\beta \bullet \nu, j, j \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} \mathit{label}(P^\beta) = \varepsilon \\ \beta \in \text{adj}(M^\gamma) \end{array}$$

Si el hijo izquierdo de O^β es un nodo adjuntable o el nodo etiquetado $\perp$ se aplica $\mathcal{D}_{\text{pLC}}^{\text{LA}_{\text{pre}}}$, que posteriormente lanzará la predicción de los árboles auxiliares adjuntables o del subárbol escindido por el árbol auxiliar β.

$$\mathcal{D}_{\text{pLC}}^{\text{LA}_{\text{pre}}} = \frac{[M^\gamma, j]}{[\top; O^\beta \to \bullet P^\beta \nu, j, j \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} \beta \in \text{adj}(M^\gamma) \\ P^\beta >_\ell \triangle \text{ ó } \mathit{label}(P^\beta) = \perp \end{array}$$

Compleción de adjunción

Una vez que se ha completado el reconocimiento de un árbol auxiliar hay que continuar el reconocimiento del árbol sobre el que se ha completado la adjunción.

$$\mathcal{D}_{\text{pLC}}^{\text{AdjComp}} = \frac{\begin{array}{l} [C^\gamma; N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p', q'] \\ [\top; \top \to \mathbf{R}^\beta \bullet, j, m \mid k, l] \\ [M^\gamma; M^\gamma \to \omega \bullet, k, l \mid p, q] \end{array}}{[C^\gamma; N^\gamma \to \delta M^\gamma \bullet \nu, i, m \mid p \cup p', q \cup q']} \quad \beta \in \text{adj}(M^\gamma)$$

Filtrado de predicción de pie

Cuando un árbol auxiliar β, adjuntable en un nodo M^γ, se ha reconocido hasta su nodo $\perp$, se debe iniciar el reconocimiento del subárbol que domina M^γ. Al tratarse de un analizador que no posee la propiedad del prefijo válido, se debe lanzar el reconocimiento de todos los subárboles donde puede ser adjuntado el árbol auxiliar β.

Hay que tener en cuenta que el hecho de incluir un árbol auxiliar entre el nodo M^γ y el subárbol que domina provoca que M^γ se duplique, apareciendo como raíz y pie del árbol auxiliar adjuntado. Es evidente que el nodo M^γ que funciona como raíz, al insertar un árbol auxiliar, ha perdido su relación de esquina izquierda respecto a su subárbol, pero el nodo M^γ que funciona como pie la sigue manteniendo. Sobre este último se puede aplicar un filtro en las predicciones, bajando hasta el nodo que sea su esquina izquierda O^γ. Como en casos anteriores, en función del tipo de nodo que sea el hijo izquierdo de O^γ se aplica uno de los siguientes pasos deductivos: $\mathcal{D}_{\text{pLC}}^{\text{LF}_{\text{t}}}$, $\mathcal{D}_{\text{pLC}}^{\text{LF}_\varepsilon}$ y $\mathcal{D}_{\text{pLC}}^{\text{LF}_{\text{pre}}}$.

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LF_t}}_{\mathrm{pLC}} = \frac{\begin{array}{c}[E^\beta; \mathbf{F}^\beta \to \bullet\bot, k, k \mid -, -]\\ [a, k, k+1]\end{array}}{[M^\gamma; O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, k, k+1 \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} label(P^\gamma) = a \\ \beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)\end{array}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LF_\varepsilon}}_{\mathrm{pLC}} = \frac{[E^\beta; \mathbf{F}^\beta \to \bullet\bot, k, k \mid -, -]}{[M^\gamma; O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, k, k \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} label(P^\gamma) = \varepsilon \\ \beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)\end{array}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LF_{pre}}}_{\mathrm{pLC}} = \frac{[E^\beta; \mathbf{F}^\beta \to \bullet\bot, k, k \mid -, -]}{[M^\gamma; O^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, k, k \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} \beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma) \\ P^\gamma >_\ell \triangle \text{ ó } label(P^\gamma) = \bot\end{array}$$

Compleción de pie

Cuando un subárbol escindido por una adjunción es completamente reconocido, hay que pasar a reconocer el contexto derecho del árbol auxiliar adjuntado mediante el paso deductivo $\mathcal{D}^{\mathrm{FootComp}}_{\mathrm{pLC}}$:

$$\mathcal{D}^{\mathrm{FootComp}}_{\mathrm{pLC}} = \frac{\begin{array}{c}[E^\beta; F^\beta \to \bullet\bot, k, k \mid -, -]\\ [M^\gamma; M^\gamma \to \nu\bullet, k, l \mid p, q]\end{array}}{[E^\beta; \mathbf{F}^\beta \to \bot\bullet, k, l \mid k, l]} \quad \beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)$$

El conjunto de ítems finales del esquema es igual al del esquema **E**:

$$\mathcal{F}_{\mathrm{pLC}} = \mathcal{F}_{\mathrm{E}}$$

6 Esquema Left Corner con ítems simplificados

Un *ítem left corner* $[C^\gamma; N^\gamma \to \delta \bullet \nu, i, j \mid p, q]$ puede considerarse compuesto de dos partes claramente diferenciadas: por un lado está la parte predicha $[C^\gamma, i]$ y por otro la parte reconocida $[N^\gamma \to \delta \bullet \nu, i, j \mid p, q]$. Si tenemos en cuenta que la información que conlleva la parte predicha ya está almacenada en el *chart* y que la parte reconocida son *ítems earley* convencionales, podemos simplificar el esquema **pLC**.

Derivamos el esquema **sLC** a partir del esquema **pLC** de la siguiente manera:

- A los *ítems left corner* les eliminamos la parte predictiva (el ancla de la relación esquina izquierda) y lo convertimos en *ítems earley.*
- Se modifican los pasos deductivos, añadiendo condiciones laterales en aquellos casos que sean necesarias.

En el dominio del esquema **sLC** vamos a distinguir dos tipos de ítems: predictivos y *earley*. Por la propia naturaleza del analizador estos últimos se dividen en dos subtipos:

$$\mathcal{I}_{\mathrm{sLC}} = \mathcal{I}^{\mathrm{p}}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{I}^{\mathrm{e}}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{I}^{\mathrm{e}'}_{\mathrm{sLC}}$$

Los *ítems predictivos* en este esquema son idénticos a los de la misma denominación en el esquema **pLC**:

$$\mathcal{I}^{\mathrm{p}}_{\mathrm{sLC}} = \mathcal{I}^{\mathrm{p}}_{\mathrm{pLC}}$$

.

Los *ítems earley* tienen la misma forma que los ítems del analizador tipo earley para las TAGs pero con la particularidad de que se han filtrado los ítems con el punto al comienzo de la regla, salvo en los casos descritos en la definición de $\mathcal{I}^{\mathrm{lc}'}_{\mathrm{pLC}}$ en la sección anterior. Por tanto, este tipo de ítems se define mediante:

$$\mathcal{I}^{\mathrm{e}}_{\mathrm{sLC}} = \{[M^\gamma \rightarrow \delta \bullet \nu, i, j \mid p, q]\}$$

tal que $M^\gamma \rightarrow \delta\nu \in \mathcal{P}(\gamma) \wedge \gamma \in \boldsymbol{I} \cup \boldsymbol{A} \wedge 0 \leq i \leq j \wedge \delta \neq \epsilon \wedge ((p,q) \leq (i,j) \vee (p,q) = (-,-))$.

$$\mathcal{I}^{\mathrm{e}'}_{\mathrm{sLC}} = \{[M^\gamma \rightarrow \bullet P^\gamma \nu, j, j \mid -, -]\}$$

tal que $M^\gamma \rightarrow P^\gamma\nu \in \mathcal{P}(\gamma) \wedge \gamma \in \boldsymbol{I} \cup \boldsymbol{A} \wedge 0 \leq j \wedge (P^\gamma >_\ell \triangle \vee \mathit{label}(P^\gamma) = \perp)$
.

El conjunto de pasos deductivos del esquema es:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{sLC}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LI_t}}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LI_\varepsilon}}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LI_{pre}}}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LC_t}}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LC_\varepsilon}}_{\mathrm{sLC}} \cup$$
$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_{pre}}}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LC_n}}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{Pre}}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{Comp}}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LA_t}}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LA_\varepsilon}}_{\mathrm{sLC}} \cup$$
$$\mathcal{D}^{\mathrm{LA_{pre}}}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp}}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LF_t}}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LF_\varepsilon}}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LF_{pre}}}_{\mathrm{sLC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{FootComp}}_{\mathrm{sLC}}$$

Filtrado de inicio

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LI_t}}_{\mathrm{sLC}} = \frac{[a, 0, 1]}{[O^\alpha \rightarrow P^\alpha \bullet \nu, 0, 1 \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} \alpha \in \boldsymbol{I} \\ \top >^*_\ell O^\alpha \\ \mathit{label}(P^\alpha) = a \end{array}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LI}_\varepsilon}_{\mathrm{sLC}} = \frac{}{[O^\alpha \to P^\alpha \bullet \nu, 0, 0 \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} \alpha \in \boldsymbol{I} \\ \top >^*_\ell O^\alpha \\ label(P^\alpha) = \varepsilon \end{array}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LI}_{\mathrm{pre}}}_{\mathrm{sLC}} = \frac{}{[O^\alpha \to \bullet P^\alpha \nu, 0, 0 \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} \alpha \in \boldsymbol{I} \\ \top >^*_\ell O^\alpha \\ P^\alpha >_\ell \triangle \end{array}$$

Reconocimiento

$$\mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{sLC}} = \frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \to P^\gamma \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q] \\ [a, j, j+1]\end{array}}{[N^\gamma \to P^\gamma \delta M^\gamma \bullet \nu, i, j+1 \mid p, q]} \quad label(M^\gamma) = a$$

$$\mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{sLC}} = \frac{[N^\gamma \to P^\gamma \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[N^\gamma \to P^\gamma \delta M^\gamma \bullet \nu, i, j \mid p, q]} \quad label(M^\gamma) = \varepsilon$$

Filtrado de predicción de subárbol

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_t}}_{\mathrm{sLC}} = \frac{\begin{array}{c}[M^\gamma, j] \\ [a, j, j+1]\end{array}}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, j, j+1 \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} \mathbf{nil} \in \mathrm{adj}(M^\gamma) \\ M^\gamma >^*_\ell O^\alpha \\ label(P^\gamma) = a \end{array}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC}_\varepsilon}_{\mathrm{sLC}} = \frac{[M^\gamma, j]}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, j, j \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} \mathbf{nil} \in \mathrm{adj}(M^\gamma) \\ M^\gamma >^*_\ell O^\alpha \\ label(P^\gamma) = \varepsilon \end{array}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC}_{\mathrm{pre}}}_{\mathrm{sLC}} = \frac{[M^\gamma, j]}{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, j, j \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} \mathbf{nil} \in \mathrm{adj}(M^\gamma) \\ M^\gamma >^*_\ell O^\alpha \\ P^\gamma >_\ell \triangle \vee label(P^\gamma) = \bot \end{array}$$

Compleción en la esquina izquierda

En este punto hay que hacer un comentario. En el paso homónimo del esquema **pLC** se disponía de información de cual era el ancla en una relación de esquina izquierda, sin embargo, esa información se suprime en este esquema. Este dato parece que se puede introducir en el paso como un antecedente adicional que informe del ancla de la relación LC, obteniendo el siguiente paso deductivo:

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC}'_{\mathrm{n}}}_{\mathrm{sLC}} = \frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \alpha, i, j \mid p', q'] \\ [O^\gamma \to \nu \bullet, j, k \mid p, q]\end{array}}{[Q^\gamma \to O^\gamma \bullet \omega, j, k \mid p, q]} \quad \begin{array}{l} M^\gamma >_\ell O^\gamma \\ M^\gamma \neq O^\gamma \end{array}$$

Pero esta solución presenta problemas cuando el ancla de la relación LC no aparece en ningún ítem del *chart* con el punto delante, como ocurre cuando el ancla es la raíz de un árbol elemental o el nodo que domina el subárbol que pende del pie de un árbol auxiliar adjuntado. Sin embargo, para ascender a través de los nodos de una relación de esquina izquierda no es necesario conocer el ancla, basta con saber el ascendente directo. Por tanto, podemos corregir el paso deductivo $\mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{LC}'_{\mathrm{n}}}$ de la siguiente manera:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{LC_n}} = \frac{[O^\gamma \to \nu \bullet, j, k \mid p, q]}{[Q^\gamma \to O^\gamma \bullet \omega, j, k \mid p, q]} \quad Q^\gamma >_\ell O^\gamma$$

Predicción

$$\mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{Pre}} = \frac{[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[M^\gamma, j]} \quad label(M^\gamma) \in V_N$$

Compleción de subárbol

$$\mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{Comp}} = \frac{\begin{array}{c}[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]\\ [M^\gamma \to \nu \bullet, j, k \mid p', q']\end{array}}{[N^\gamma \to \delta M^\gamma \bullet \nu, i, k \mid p \cup p', q \cup q']} \quad \mathbf{nil} \in \mathrm{adj}(M^\gamma)$$

Filtrado de predicción de adjunción

$$\mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{LA_t}} = \frac{\begin{array}{c}[M^\gamma, j]\\ [a, j, j+1]\end{array}}{[O^\beta \to P^\beta \bullet \nu, j, j+1 \mid -, -]} \quad \begin{array}{l}\top >_\ell^* O^\beta\\ \beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)\\ label(P^\beta) = a\end{array}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{LA}_\varepsilon} = \frac{[M^\gamma, j]}{[O^\beta \to P^\beta \bullet \nu, j, j \mid -, -]} \quad \begin{array}{l}\top >_\ell^* O^\beta\\ \beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)\\ label(P^\beta) = \varepsilon\end{array}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{LA_{pre}}} = \frac{[M^\gamma, j]}{[O^\beta \to \bullet P^\beta \nu, j, j \mid -, -]} \quad \begin{array}{l}\top >_\ell^* O^\beta\\ \beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)\\ P^\beta >_\ell \triangle \vee label(P^\beta) = \bot\end{array}$$

Compleción de adjunción

$$\mathcal{D}_{\text{sLC}}^{\text{AdjComp}} = \frac{\begin{array}{c}[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p', q'] \\ [\top \to \mathbf{R}^\beta \bullet, j, m \mid k, l] \\ [M^\gamma \to \omega \bullet, k, l \mid p, q]\end{array}}{[N^\gamma \to \delta M^\gamma \bullet \nu, i, m \mid p \cup p', q \cup q']} \quad \beta \in \text{adj}(M^\gamma)$$

Filtrado de predicción de pie

$$\mathcal{D}_{\text{sLC}}^{\text{LF}_\text{t}} = \frac{\begin{array}{c}[\mathbf{F}^\beta \to \bullet\bot, k, k \mid -, -] \\ [a, k, k+1]\end{array}}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, k, k+1 \mid -, -]} \quad \begin{array}{l}\beta \in \text{adj}(M^\gamma) \\ M^\gamma >_\ell^* O^\gamma \\ \mathit{label}(P^\gamma) = a\end{array}$$

$$\mathcal{D}_{\text{sLC}}^{\text{LF}_\varepsilon} = \frac{[\mathbf{F}^\beta \to \bullet\bot, k, k \mid -, -]}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, k, k \mid -, -]} \quad \begin{array}{l}\beta \in \text{adj}(M^\gamma) \\ M^\gamma >_\ell^* O^\gamma \\ \mathit{label}(P^\gamma) = \varepsilon\end{array}$$

$$\mathcal{D}_{\text{sLC}}^{\text{LF}_\text{pre}} = \frac{[\mathbf{F}^\beta \to \bullet\bot, k, k \mid -, -]}{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, k, k \mid -, -]} \quad \begin{array}{l}\beta \in \text{adj}(M^\gamma) \\ M^\gamma >_\ell^* O^\gamma \\ P^\gamma >_\ell \triangle \vee \mathit{label}(P^\gamma) = \bot\end{array}$$

Compleción de pie

$$\mathcal{D}_{\text{sLC}}^{\text{FootComp}} = \frac{\begin{array}{c}[\mathbf{F}^\beta \to \bullet\bot, k, k \mid -, -] \\ [M^\gamma \to \nu \bullet, k, l \mid p, q]\end{array}}{[\mathbf{F}^\beta \to \bot\bullet, k, l \mid k, l]} \quad \beta \in \text{adj}(M^\gamma)$$

El conjunto de ítems finales del esquema viene dado por:

$$\mathcal{F}_{\text{sLC}} = \{[\top \to \mathbf{R}^\alpha \bullet, 0, 0, n \mid -, -] \mid \alpha \in \boldsymbol{I} \wedge \mathit{label}(\mathbf{R}^\alpha) = S\}$$

7 Esquema Left Corner

Como dijimos previamente, los *ítems predictivos* llevan información que está implícita en los *ítems earley* que ya están almacenados en el *chart*. Por tanto, como evolución natural del esquema **sLC**, en esta sección vamos a definir el esquema **LC**, que elimina de su dominio este tipo de ítems, rehaciendo el conjunto de pasos deductivos para el nuevo dominio.

En el dominio del esquema **LC** vamos a distinguir dos subconjuntos de ítems:

$$\mathcal{I}_{\mathrm{LC}} = \mathcal{I}^{\mathrm{e}}_{\mathrm{LC}} \cup \mathcal{I}^{\mathrm{e}'}_{\mathrm{LC}}$$

Los ítems en este esquema son idénticos a los de la misma denominación en el esquema **sLC**:

$$\begin{array}{l} \mathcal{I}^{\mathrm{e}}_{\mathrm{LC}} = \mathcal{I}^{\mathrm{e}}_{\mathrm{sLC}} \\ \mathcal{I}^{\mathrm{e}'}_{\mathrm{LC}} = \mathcal{I}^{\mathrm{e}'}_{\mathrm{sLC}} \end{array}$$

.

El conjunto de pasos deductivos del esquema es:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LI_t}}_{\mathrm{LC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LI_\varepsilon}}_{\mathrm{LC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LI_{pre}}}_{\mathrm{LC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{LC}} \cup \mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{LC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LC_t}}_{\mathrm{LC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LC_\varepsilon}}_{\mathrm{LC}} \cup$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_{pre}}}_{\mathrm{LC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LC_n}}_{\mathrm{LC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{Comp}}_{\mathrm{LC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LA_t}}_{\mathrm{LC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LA_\varepsilon}}_{\mathrm{LC}} \cup$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LA_{pre}}}_{\mathrm{LC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp}}_{\mathrm{LC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LF_t}}_{\mathrm{LC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LF_\varepsilon}}_{\mathrm{LC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LF_{pre}}}_{\mathrm{LC}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{FootComp}}_{\mathrm{LC}}$$

Filtrado de inicio

Los pasos deductivos de filtrado de inicio son iguales a los del esquema **sLC**:

$$\begin{array}{l} \mathcal{D}^{\mathrm{LI_t}}_{\mathrm{LC}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LI_t}}_{\mathrm{sLC}} \\ \mathcal{D}^{\mathrm{LI_\varepsilon}}_{\mathrm{LC}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LI_\varepsilon}}_{\mathrm{sLC}} \\ \mathcal{D}^{\mathrm{LI_{pre}}}_{\mathrm{LC}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LI_{pre}}}_{\mathrm{sLC}} \end{array}$$

Reconocimiento

Los pasos deductivos de filtrado de inicio son iguales a los del esquema **sLC**:

$$\begin{array}{l} \mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{LC}} = \mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{sLC}} \\ \mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{LC}} = \mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{sLC}} \end{array}$$

Filtrado de predicción de subárbol

Al eliminar los *ítems predictivos* del dominio de esquema de la sección anterior, este grupo de pasos deductivos debemos adaptarlos. Si tenemos en cuenta que en el esquema **sLC** los *ítems predictivos* sólo se generan mediante el paso deductivo $\mathcal{D}^{\mathrm{Pre}}_{\mathrm{sLC}}$, podemos sustituir este tipo de ítems por el antecedente de dicho paso y eliminar el mismo del conjunto de pasos deductivos.

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_t}}_{\mathrm{LC}} = \frac{\begin{array}{c}[N^\gamma \rightarrow \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q] \\ [a, j, j+1]\end{array}}{[O^\gamma \rightarrow P^\gamma \bullet \omega, j, j+1 \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} \mathbf{nil} \in \mathrm{adj}(M^\gamma) \\ M^\gamma >^*_\ell O^\alpha \\ label(P^\gamma) = a \end{array}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LC}_\varepsilon} = \frac{[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \omega, j, j \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} \mathbf{nil} \in \mathrm{adj}(M^\gamma) \\ M^\gamma >_\ell^* O^\alpha \\ label(P^\gamma) = \varepsilon \end{array}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LC}_{\mathrm{pre}}} = \frac{[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \omega, j, j \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} \mathbf{nil} \in \mathrm{adj}(M^\gamma) \\ M^\gamma >_\ell^* O^\alpha \\ P^\gamma >_\ell \triangle \vee label(P^\gamma) = \bot \end{array}$$

Compleción en la esquina izquierda

Este paso deductivo es igual al del esquema **sLC**:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LC_n}} = \mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{LC_n}}$$

Compleción de subárbol

Este paso deductivo es igual al del esquema **sLC**:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{Comp}} = \mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{Comp}}$$

Filtrado de predicción de adjunción

Para este grupo hacemos la misma adaptación que comentamos para los pasos deductivos de filtrado de predicción de subárbol.

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LA_t}} = \frac{\begin{array}{c}[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q] \\ [a, j, j+1]\end{array}}{[O^\beta \to P^\beta \bullet \omega, j, j+1 \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} \top >_\ell^* O^\beta \\ \beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma) \\ label(P^\beta) = a \end{array}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LA}_\varepsilon} = \frac{[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[O^\beta \to P^\beta \bullet \omega, j, j \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} \top >_\ell^* O^\beta \\ \beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma) \\ label(P^\beta) = \varepsilon \end{array}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LA_{pre}}} = \frac{[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[O^\beta \to \bullet P^\beta \omega, j, j \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} \top >_\ell^* O^\beta \\ \beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma) \\ P^\beta >_\ell \triangle \vee label(P^\beta) = \bot \end{array}$$

Compleción de adjunción

Este paso deductivo es igual al del esquema **sLC**:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{AdjComp}} = \mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{AdjComp}}$$

Filtrado de predicción de pie

Los pasos deductivos de filtrado de predicción de pie son iguales a los del esquema **sLC**:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LF_t}} = \mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{LF_t}}$$
$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LF_\varepsilon}} = \mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{LF_\varepsilon}}$$
$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LF_{pre}}} = \mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{LF_{pre}}}$$

Compleción de pie

Este paso deductivo es igual al del esquema **sLC**:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{FootComp}} = \mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{FootComp}}$$

El conjunto de ítems finales del esquema es igual al del esquema **sLC**:

$$\mathcal{F}_{\mathrm{LC}} = \mathcal{F}_{\mathrm{sLC}}$$

7.1 Una variante del esquema Left Corner

En esta sección veremos una variante del esquema **LC** similar a la que presentamos en [Díaz et al., 02]. Este nuevo esquema, al que vamos a denominar **LC′**, busca filtrar aún más el número de predicciones del esquema anterior y mantiene sus cotas de complejidad espacial y temporal.

Tal como definimos la relación de esquina izquierda en las TAGs, ésta se encuentra limitada a árboles elementales, de forma que cuando el reconocimiento alcanza un nodo que domina por una relación LC al nodo pie (y, por consiguiente, al nodo *bottom*) de un árbol auxiliar en el esquema **LC** se baja el reconocimiento hasta el nodo *bottom*. Sin embargo, esta limitación en la definición de relación LC no es necesaria extenderla al analizador, es decir, el reconocimiento no tiene porqué bajar sólo hasta el nodo *bottom* de árbol auxiliar, sino que puede seguir bajando a lo largo de la relación LC que mantiene el nodo sobre el que se está realizando la adjunción con sus descendientes. De esta forma se evita que el analizador almacene en el *chart* ítems que no aportan información adicional a la que ya existe de forma implícita en el mismo, y son aquellos de la forma:

$$[\mathbf{F}^{\beta} \rightarrow \bullet\bot, k, k \mid -, -]$$

Sin embargo, no siempre podemos obviar este tipo de ítems durante el proceso de reconocimiento, como veremos más adelante. Por tanto, el dominio del esquema $\mathbf{LC'}$ es igual al del esquema $\mathbf{LC'}$ y viene dado por el conjunto:

$$\mathcal{I}_{\mathrm{LC'}} = \mathcal{I}^{\mathrm{e}}_{\mathrm{LC'}} \cup \mathcal{I}^{\mathrm{e'}}_{\mathrm{LC'}}$$

donde $\mathcal{I}^{\mathrm{e}}_{\mathrm{LC'}} = \mathcal{I}^{\mathrm{e}}_{\mathrm{LC}}$ y $\mathcal{I}^{\mathrm{e'}}_{\mathrm{LC'}} = \mathcal{I}^{\mathrm{e'}}_{\mathrm{LC}}$.

El conjunto de pasos deductivos del esquema es:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC'}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LI_t}}_{\mathrm{LC'}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LI_\varepsilon}}_{\mathrm{LC'}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LI_{pre}}}_{\mathrm{LC'}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{LC'}} \cup \mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{LC'}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LC_t}}_{\mathrm{LC'}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LC_\varepsilon}}_{\mathrm{LC'}} \cup$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_{pre}}}_{\mathrm{LC'}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LC_n}}_{\mathrm{LC'}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{Comp}}_{\mathrm{LC'}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LA_t}}_{\mathrm{LC'}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LA_\varepsilon}}_{\mathrm{LC'}} \cup$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LA_{pre}}}_{\mathrm{LC'}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp}}_{\mathrm{LC'}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LF_t}}_{\mathrm{LC'}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LF_\varepsilon}}_{\mathrm{LC'}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LF_{pre}}}_{\mathrm{LC'}} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{FootComp}}_{\mathrm{LC'}}$$

El conjunto de pasos deductivos es básicamente igual al del esquema **LC**, salvo en los pasos dedicados al filtrado de predicción de subárbol y pie, y el dedicado a la compleción del nodo pie:

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LI_t}}_{\mathrm{LC'}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LI_t}}_{\mathrm{LC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LI_\varepsilon}}_{\mathrm{LC'}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LI_\varepsilon}}_{\mathrm{LC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LI_{pre}}}_{\mathrm{LC'}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LI_{pre}}}_{\mathrm{LC'}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{LC'}} = \mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{LC}}$$

$$\mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{LC'}} = \mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{LC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{Comp}}_{\mathrm{LC'}} = \mathcal{D}^{\mathrm{Comp}}_{\mathrm{LC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp}}_{\mathrm{LC'}} = \mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp}}_{\mathrm{LC}}$$

Filtrado de predicción de subárbol

Los pasos deductivos de predicción de subárbol donde la etiqueta de último nodo de la relación de LC es un símbolo terminal o ε son iguales a los del esquema **LC**:

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_t}}_{\mathrm{LC'}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LC_t}}_{\mathrm{LC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_\varepsilon}}_{\mathrm{LC'}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LC_\varepsilon}}_{\mathrm{LC}}$$

Sin embargo, cuando el último nodo de la relación de LC es un nodo de adjunción se aplica el paso siguiente:

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_{pre}}}_{\mathrm{LC'}} = \frac{[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \omega, j, j \mid -, -]} \quad \begin{array}{l} \mathbf{nil} \in \mathrm{adj}(M^\gamma) \\ M^\gamma >^*_\ell O^\alpha \\ P^\gamma >_\ell \triangle \end{array}$$

Este paso difiere del $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LC_{pre}}}$ en la condición lateral, en la cual hemos suprimido el caso en que el nodo P^γ estuviera etiquetado con $\perp$. De este caso ya se ocupan el conjunto de pasos de predicción de pie, que veremos posteriormente.

Filtrado de predicción de adjunción

Los pasos deductivos de predicción de adjunción son iguales a los del esquema **LC**:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC'}}^{\mathrm{LA_t}} = \mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LA_t}}$$
$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC'}}^{\mathrm{LA_\varepsilon}} = \mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LA_\varepsilon}}$$
$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC'}}^{\mathrm{LA_{pre}}} = \mathcal{D}_{\mathrm{LC'}}^{\mathrm{LA_{pre}}}$$

Para el paso deductivo $\mathcal{D}_{\mathrm{LC'}}^{\mathrm{LA_{pre}}}$ se mantiene la condición lateral en la que se detiene la relación LC cuando el último nodo sea un nodo adjuntable o esté etiquetado con $\perp$. Esto último es necesario porque en caso de no recoger esta situación, si en el árbol auxiliar que se va a adjuntar se cumple $\top >_\ell^* \perp$ entonces se ignorará en el reconocimiento.

Filtrado de predicción de pie

Sea M^γ un nodo en un árbol elemental γ sobre el que se puede adjuntar un árbol auxiliar β. Supongamos que el reconocimiento ha alcanzado el nodo E^β, el cual que no presenta adjunción obligatoria y además domina el nodo pie por una relación LC. Estos nuevos pasos deductivos filtran tanto las predicciones sobre los nodos del árbol auxiliar β como sobre el árbol elemental γ donde se está llevando a cabo la adjunción:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC'}}^{\mathrm{LF_t}} = \frac{\begin{array}{c}[N^\beta \to \delta \bullet E^\beta \omega, j, k \mid -, -]\\ [a, k, k+1]\end{array}}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, k, k+1 \mid -, -]} \quad \begin{array}{l}\beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)\\ M^\gamma >_\ell^* O^\gamma\\ E^\beta >_\ell^* \perp\\ \mathit{label}(P^\gamma) = a\end{array}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC'}}^{\mathrm{LF_\varepsilon}} = \frac{[N^\beta \to \delta \bullet E^\beta \omega, j, k \mid -, -]}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, k, k \mid -, -]} \quad \begin{array}{l}\beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)\\ M^\gamma >_\ell^* O^\gamma\\ E^\beta >_\ell^* \perp\\ \mathit{label}(P^\gamma) = \varepsilon\end{array}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC'}}^{\mathrm{LF_{pre}}} = \frac{[N^\beta \to \delta \bullet E^\beta \omega, j, k \mid -, -]}{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, k, k \mid -, -]} \quad \begin{array}{l}\beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)\\ M^\gamma >_\ell^* O^\gamma\\ E^\beta >_\ell^* \perp\\ P^\gamma >_\ell \triangle \vee \mathit{label}(P^\gamma) = \perp\end{array}$$

Obsérvese que en el paso deductivo $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}'}^{\mathrm{LF}_{\mathrm{pre}}}$, al igual que ocurre en $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}'}^{\mathrm{LA}_{\mathrm{pre}}}$, también se mantiene la condición $P^\gamma >_\ell \triangle \vee \mathit{label}(P^\gamma) = \perp$, con objeto de poder realizar la compleción del subárbol que domina el nodo pie si el árbol γ fuese un árbol auxiliar y además cumpliera que $M^\gamma >_\ell^* \perp$.

Compleción de pie

El paso deductivo de compleción de pie es similar al del esquema **LC**, pero hemos sustituido el antecedente $[\mathbf{F}^\beta \to \bullet\perp, k, l \mid k, l]$, el cual ya no tenemos garantía que esté almacenado en el *chart*:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}'}^{\mathrm{FootComp}} = \frac{\begin{array}{l}[N^\beta \to \delta \bullet E^\beta \omega, j, k \mid -, -]\\ [M^\gamma \to \nu \bullet, k, l \mid p, q]\end{array}}{[\mathbf{F}^\beta \to \perp \bullet, k, l \mid k, l]} \quad \begin{array}{l}\beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)\\ E^\beta >_\ell^* \perp\end{array}$$

El conjunto de ítems finales del esquema es igual al del esquema **LC**:

$$\mathcal{F}_{\mathrm{LC}'} = \mathcal{F}_{\mathrm{LC}}$$

8 Relaciones entre los esquemas

Veamos a continuación las relaciones formales que existen entre los distintos esquemas que hemos propuesto en este capítulo.

Teorema 8.1 *Relación entre los esquemas* **pLC***,* **sLC** *y* **LC**
Se mantienen las siguientes relaciones de refinamiento de pasos e ítems:

$$\mathbf{LC} \stackrel{\mathbf{sr}}{\Longrightarrow} \mathbf{sLC} \stackrel{\mathbf{ir}}{\Longrightarrow} \mathbf{pLC}$$

Prueba
Primero vamos a probar la relación $\mathbf{sLC} \stackrel{\mathbf{ir}}{\Longrightarrow} \mathbf{pLC}$*. Debemos probar que existe una función regular* $f : \mathcal{I}_{\mathrm{pLC}} \to \mathcal{I}_{\mathrm{sLC}}$ *tal que:*

1. $\mathcal{I}_{\mathrm{sLC}} = f(\mathcal{I}_{\mathrm{pLC}})$

2. $\triangle_{\mathbf{sLC}} = f(\triangle_{\mathbf{pLC}})$

Una función regular de contracción de ítems que cumple estas condiciones es la siguiente:

$$f([C^\gamma; N^\gamma \to \delta \bullet \nu, i, j \mid p, q]) = [N^\gamma \to \delta \bullet \nu, i, j \mid p, q]$$

Puesto que los ítems predictivos son iguales en ambos esquemas:

$$f([C^\gamma, j]) = [C^\gamma, j]$$

De f se sigue inmediatamente que $\mathcal{I}_{\text{sLC}} = f(\mathcal{I}_{\text{pLC}})$ y $\triangle_{\mathbf{sLC}} = f(\triangle_{\mathbf{pLC}})$ por inducción en la longitud de las secuencias de derivación.

A continuación probaremos la relación $\mathbf{LC} \overset{\mathbf{sr}}{\Longrightarrow} \mathbf{sLC}$. Para ello tenemos que demostrar que:

1. $\mathcal{I}_{\text{LC}} \subseteq \mathcal{I}_{\text{sLC}}$

2. $\vdash^*_{LC} \subseteq \vdash^*_{sLC}$

Lo primero es cierto por definición, ya que el dominio del esquema **sLC** *está formado por los conjuntos de ítems del esquema* **LC** *y los predictivos:*

$$\mathcal{I}_{\text{sLC}} = \mathcal{I}^{\text{p}}_{\text{sLC}} \cup \mathcal{I}_{\text{LC}}$$

Para demostrar que $\vdash^*_{LC} \subseteq \vdash^*_{sLC}$ nos basta con probar que $\mathcal{D}_{\text{LC}} \subseteq \vdash^*_{sLC}$. Veamos cada paso:

- *Un paso deductivo $\mathcal{D}^{\text{LC}_\text{t}}_{\text{LC}}$ es equivalente a la secuencia formada por un paso $\mathcal{D}^{\text{Pre}}_{\text{sLC}}$*

  $$\frac{[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[M^\gamma, j]}$$

  seguido de otro $\mathcal{D}^{\text{LC}_\text{t}}_{\text{sLC}}$

  $$\frac{\begin{array}{c}[M^\gamma, j] \\ [a, j, j+1]\end{array}}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, j, j+1 \mid -, -]}$$

- *Un paso deductivo $\mathcal{D}^{\text{LC}_\varepsilon}_{\text{LC}}$ es equivalente a la secuencia formada por un paso $\mathcal{D}^{\text{Pre}}_{\text{sLC}}$*

  $$\frac{[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[M^\gamma, j]}$$

  seguido de otro $\mathcal{D}^{\text{LC}_\varepsilon}_{\text{sLC}}$

  $$\frac{[M^\gamma, j]}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, j, j \mid -, -]}$$

- *Un paso deductivo* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LC_{pre}}}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{Pre}}$
$$\frac{[N^{\gamma} \rightarrow \delta \bullet M^{\gamma}\nu, i, j \mid p, q]}{[M^{\gamma}, j]}$$
seguido de otro $\mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{LC_{pre}}}$
$$\frac{[M^{\gamma}, j]}{[O^{\gamma} \rightarrow \bullet P^{\gamma}\nu, j, j \mid -, -]}$$

- *Un paso deductivo* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LA_t}}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{Pre}}$
$$\frac{[N^{\gamma} \rightarrow \delta \bullet M^{\gamma}\nu, i, j \mid p, q]}{[M^{\gamma}, j]}$$
seguido de otro $\mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{LA_t}}$
$$\frac{\begin{array}{c}[M^{\gamma}, j] \\ [a, j, j+1]\end{array}}{[O^{\beta} \rightarrow P^{\beta} \bullet \nu, j, j+1 \mid -, -]}$$

- *Un paso deductivo* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LA_\varepsilon}}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{Pre}}$
$$\frac{[N^{\gamma} \rightarrow \delta \bullet M^{\gamma}\nu, i, j \mid p, q]}{[M^{\gamma}, j]}$$
seguido de otro $\mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{LA_\varepsilon}}$
$$\frac{[M^{\gamma}, j]}{[O^{\beta} \rightarrow P^{\beta} \bullet \nu, j, j \mid -, -]}$$

- *Un paso deductivo* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LA_{pre}}}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{Pre}}$
$$\frac{[N^{\gamma} \rightarrow \delta \bullet M^{\gamma}\nu, i, j \mid p, q]}{[M^{\gamma}, j]}$$
seguido de otro $\mathcal{D}_{\mathrm{sLC}}^{\mathrm{LA_{pre}}}$
$$\frac{[M^{\gamma}, j]}{[O^{\beta} \rightarrow \bullet P^{\beta}\nu, j, j \mid -, -]}$$

- *El resto de pasos deductivos es igual en ambos esquemas*

Teorema 8.2 *Relación entre los esquemas* **buLC** *y* **LC**
Se mantiene la siguientes relaciones de filtros dinámicos:

$$\mathbf{LC} \overset{\mathbf{df}}{\Longrightarrow} \mathbf{LC_1} \overset{\mathbf{df}}{\Longleftarrow} \mathbf{buLC_1} \overset{\mathbf{sr}}{\Longleftarrow} \mathbf{buLC}$$

Prueba
Antes de iniciar la demostración vamos a definir dos nuevos esquemas que nos servirán de enlaces para establecer la relación entre los dos esquemas de interés.

El primero, que denominaremos $\mathbf{LC_1}$*, se trata de una transformación trivial sobre el esquema* **LC** *que consiste en el desdoble de los pasos* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{Comp}}$ *y* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{AdjComp}}$ *en cuatro:* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{Comp}_1}$, $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{Comp}_2}$, $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{AdjComp}_1}$ *y* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{AdjComp}_2}$*. De forma que los que presentan subíndice 1 se encargan de completar los subárboles y las adjunciones en nodos que no son hijos izquierdos y los que tienen subíndice 2 las completan en los hijos izquierdos.*

El dominio de $\mathbf{LC_1}$ *viene dado por:*

$$\mathcal{I}_{\mathrm{LC}_1} = \mathcal{I}_{\mathrm{LC}}$$

El conjunto de pasos deductivos del nuevo esquema es:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1} = \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LI}_\mathrm{t}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LI}_\varepsilon} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LI}_\mathrm{pre}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{Scan}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\varepsilon} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LC}_\mathrm{t}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LC}_\varepsilon} \cup$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LC}_\mathrm{pre}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LC}_\mathrm{n}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{Comp}_1} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{Comp}_2} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LA}_\mathrm{t}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LA}_\varepsilon} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LA}_\mathrm{pre}} \cup$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{AdjComp}_1} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{AdjComp}_2} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LF}_\mathrm{t}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LF}_\varepsilon} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LF}_\mathrm{pre}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{FootComp}}$$

donde todos los pasos deductivos son iguales a sus homónimos del esquema **LC***, salvo los cuatro nombrados anteriormente.*

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LI}_\mathrm{t}} = \mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LI}_\mathrm{t}}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LI}_\varepsilon} = \mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LI}_\varepsilon}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LI}_\mathrm{pre}} = \mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LI}_\mathrm{pre}}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{Scan}} = \mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{Scan}}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\varepsilon} = \mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\varepsilon}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LC}_\mathrm{t}} = \mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LC}_\mathrm{t}}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LC}_\varepsilon} = \mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LC}_\varepsilon}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_{pre}}}_{\mathrm{LC_1}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LC_{pre}}}_{\mathrm{LC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_n}}_{\mathrm{LC_1}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LC_n}}_{\mathrm{LC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LA_t}}_{\mathrm{LC_1}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LA_t}}_{\mathrm{LC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LA_\varepsilon}}_{\mathrm{LC_1}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LA_\varepsilon}}_{\mathrm{LC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LA_{pre}}}_{\mathrm{LC_1}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LA_{pre}}}_{\mathrm{LC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LF_t}}_{\mathrm{LC_1}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LF_t}}_{\mathrm{LC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LF_\varepsilon}}_{\mathrm{LC_1}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LF_\varepsilon}}_{\mathrm{LC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LF_{pre}}}_{\mathrm{LC_1}} = \mathcal{D}^{\mathrm{LF_{pre}}}_{\mathrm{LC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{FootComp}}_{\mathrm{LC_1}} = \mathcal{D}^{\mathrm{FootComp}}_{\mathrm{LC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{Comp_1}}_{\mathrm{LC_1}} = \frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \to P^\gamma\delta \bullet M^\gamma\nu, i, j \mid p, q] \\ [M^\gamma \to \nu\bullet, j, k \mid p', q']\end{array}}{[N^\gamma \to P^\gamma\delta M^\gamma \bullet \nu, i, k \mid p \cup p', q \cup q']} \quad \mathbf{nil} \in \mathrm{adj}(M^\gamma)$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{Comp_2}}_{\mathrm{LC_1}} = \frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \to \bullet M^\gamma\nu, j, j \mid -, -] \\ [M^\gamma \to \nu\bullet, j, k \mid p, q]\end{array}}{[N^\gamma \to M^\gamma \bullet \nu, j, k \mid p, q]} \quad \mathbf{nil} \in \mathrm{adj}(M^\gamma)$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp_1}}_{\mathrm{LC_1}} = \frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \to P^\gamma\delta \bullet M^\gamma\nu, i, j \mid p', q'] \\ [\top \to \mathbf{R}^\beta\bullet, j, m \mid k, l] \\ [M^\gamma \to \omega\bullet, k, l \mid p, q]\end{array}}{[N^\gamma \to P^\gamma\delta M^\gamma \bullet \nu, i, m \mid p \cup p', q \cup q']} \quad \beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp_2}}_{\mathrm{LC_1}} = \frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \to \bullet M^\gamma\nu, j, j \mid -, -] \\ [\top \to \mathbf{R}^\beta\bullet, j, m \mid k, l] \\ [M^\gamma \to \omega\bullet, k, l \mid p, q]\end{array}}{[N^\gamma \to M^\gamma \bullet \nu, j, m \mid p, q]} \quad \beta \in \mathrm{adj}(M^\gamma)$$

El conjunto de ítems finales también es igual al del esquema **LC***:*

$$\mathcal{I}_{\mathrm{LC_1}} = \mathcal{I}_{\mathrm{LC}}$$

El segundo esquema intermedio, al que vamos a denominar $\mathbf{buLC_1}$*, consiste en la ampliación del dominio de* **buLC** *con ítems con el punto al comienzo de la regla cuando el hijo izquierdo sea un nodo adjuntable. El dominio viene dado por:*

$$\mathcal{I}_{\mathrm{buLC_1}} = \mathcal{I}^{\mathrm{e}}_{\mathrm{buLC_1}} \cup \mathcal{I}^{\mathrm{e'}}_{\mathrm{buLC_1}}$$

$$\mathcal{I}^{\mathrm{e}}_{\mathrm{buLC}_1} = \{[M^\gamma \to \delta \bullet \nu, i, j \mid p, q]\}$$

tal que $M^\gamma \to \delta\nu \in \mathcal{P}(\gamma) \wedge \gamma \in \boldsymbol{I} \cup \boldsymbol{A} \wedge 0 \leq i \leq j \wedge \delta \neq \epsilon \wedge ((p,q) \leq (i,j) \vee (p,q) = (-,-))$.

$$\mathcal{I}^{\mathrm{e}'}_{\mathrm{buLC}_1} = \{[M^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, j, j \mid -, -]\}$$

tal que $M^\gamma \to P^\gamma\nu \in \mathcal{P}(\gamma) \wedge \gamma \in \boldsymbol{I} \cup \boldsymbol{A} \wedge 0 \leq j \wedge (P^\gamma >_\ell \triangle \vee label(P^\gamma) = \bot)$.

Por tanto, se cumple que:

$$\mathcal{I}_{\mathrm{buLC}_1} = \mathcal{I}_{\mathrm{LC}} = \mathcal{I}_{\mathrm{LC}_1}$$

Hay que adaptar el conjunto de pasos deductivos al nuevo dominio:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}_1} = \mathcal{D}^{\mathrm{LC_t}}_{\mathrm{buLC}_1} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LC}_\varepsilon}_{\mathrm{buLC}_1} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LC_n}}_{\mathrm{buLC}_1} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LC_{pre}}}_{\mathrm{buLC}_1} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{LC_{cad}}}_{\mathrm{buLC}_1}$$

$$\cup \mathcal{D}^{\mathrm{Foot}}_{\mathrm{buLC}_1} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{buLC}_1} \cup \mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{buLC}_1} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{Comp}}_{\mathrm{buLC}_1} \cup \mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp}}_{\mathrm{buLC}_1}$$

donde todos los pasos son idénticos al los homónimos de **buLC**, *excepto el paso* $\mathcal{D}^{\mathrm{cad}}_{\mathrm{buLC}}$ *y el nuevo paso* $\mathcal{D}^{\mathrm{LC_{pre}}}_{\mathrm{buLC}_1}$.

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_t}}_{\mathrm{buLC}_1} = \mathcal{D}^{\mathrm{LC_t}}_{\mathrm{buLC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC}_\varepsilon}_{\mathrm{buLC}_1} = \mathcal{D}^{\mathrm{LC}_\varepsilon}_{\mathrm{buLC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_n}}_{\mathrm{buLC}_1} = \mathcal{D}^{\mathrm{LC_n}}_{\mathrm{buLC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{Foot}}_{\mathrm{buLC}_1} = \mathcal{D}^{\mathrm{Foot}}_{\mathrm{buLC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{buLC}_1} = \mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{buLC}}$$

$$\mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{buLC}_1} = \mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{buLC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{Comp}}_{\mathrm{buLC}_1} = \mathcal{D}^{\mathrm{Comp}}_{\mathrm{buLC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp}}_{\mathrm{buLC}_1} = \mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp}}_{\mathrm{buLC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_{pre}}}_{\mathrm{buLC}_1} = \frac{}{[Q^\gamma \to \bullet O^\gamma \omega, j, j, -, -]} \quad O^\gamma >_\ell \triangle$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_{cad}}}_{\mathrm{buLC_1}} = \frac{\begin{array}{l}[Q^\gamma \rightarrow \bullet O^\gamma \omega, j, j, -, -] \\ [\top \rightarrow \mathbf{R}^\beta \bullet, j, m, k, l] \\ [O^\gamma \rightarrow \nu \bullet, k, l, p, q]\end{array}}{[Q^\gamma \rightarrow O^\gamma \bullet \omega, j, m, p, q]} \quad \beta \in \mathrm{adj}(O^\gamma)$$

El conjunto de ítems finales es igual al del esquema **buLC***:*

$$\mathcal{F}_{\mathrm{buLC_1}} = \mathcal{F}_{\mathrm{buLC}}$$

Para probar que $\mathbf{LC} \stackrel{\mathbf{df}}{\Longrightarrow} \mathbf{LC_1}$ *tenemos que demostrar que:*

1. $\mathcal{I}_{\mathrm{LC_1}} \subseteq \mathcal{I}_{\mathrm{LC}}$

2. $\vdash_{LC_1} \subseteq \vdash_{LC}$

Lo primero es cierto por definición, ya que los dominios de ambos esquemas son iguales:

$$\mathcal{I}_{\mathrm{LC_1}} = \mathcal{I}_{\mathrm{LC}}$$

Para probar que $\vdash_{LC_1} \subseteq \vdash_{LC}$ *debemos demostrar que* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC_1}} \subseteq \vdash_{LC}$*. Sólo vamos a considerar los cuatro pasos sobre los que se aplica el filtro dinámico, el resto son idénticos:*

- *Dado un paso*

$$\frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \rightarrow P^\gamma \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p', q'] \\ [\top \rightarrow \mathbf{R}^\beta \bullet, j, m \mid k, l] \\ [M^\gamma \rightarrow \omega \bullet, k, l \mid p, q]\end{array}}{[N^\gamma \rightarrow P^\gamma \delta M^\gamma \bullet \nu, i, m \mid p \cup p', q \cup q']} \in \mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp_1}}_{\mathrm{LC_1}}$$

  existe un paso

$$\frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \rightarrow \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p', q'] \\ [\top \rightarrow \mathbf{R}^\beta \bullet, j, m \mid k, l] \\ [M^\gamma \rightarrow \omega \bullet, k, l \mid p, q]\end{array}}{[N^\gamma \rightarrow \delta M^\gamma \bullet \nu, i, m \mid p \cup p', q \cup q']} \in \mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp}}_{\mathrm{LC}}$$

  y, por tanto, existe la inferencia

$$\begin{array}{l}[N^\gamma \rightarrow P^\gamma \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p', q'] \\ [\top \rightarrow \mathbf{R}^\beta \bullet, j, m \mid k, l] \\ [M^\gamma \rightarrow \omega \bullet, k, l \mid p, q]\end{array} \quad \vdash_{LC} [N^\gamma \rightarrow P^\gamma \delta M^\gamma \bullet \nu, i, m \mid p \cup p', q \cup q']$$

- *Dado un paso*

$$\frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \to \bullet M^\gamma \nu, j, j \mid -, -]\\ [\top \to \mathbf{R}^\beta \bullet, j, m \mid k, l]\\ [M^\gamma \to \omega \bullet, k, l \mid p, q]\end{array}}{[N^\gamma \to M^\gamma \bullet \nu, j, m \mid p, q]} \in \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{AdjComp}_2}$$

existe un paso

$$\frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p', q']\\ [\top \to \mathbf{R}^\beta \bullet, j, m \mid k, l]\\ [M^\gamma \to \omega \bullet, k, l \mid p, q]\end{array}}{[N^\gamma \to \delta M^\gamma \bullet \nu, i, m \mid p \cup p', q \cup q']} \in \mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{AdjComp}}$$

y, por tanto, existe la inferencia

$$\begin{array}{l}[N^\gamma \to \bullet M^\gamma \nu, j, j \mid -, -]\\ [\top \to \mathbf{R}^\beta \bullet, j, m \mid k, l]\\ [M^\gamma \to \omega \bullet, k, l \mid p, q]\end{array} \quad \vdash_{LC} [N^\gamma \to M^\gamma \bullet \nu, j, m \mid p, q]$$

- *Dado un paso*

$$\frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \to P^\gamma \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]\\ [M^\gamma \to \nu \bullet, j, k \mid p', q']\end{array}}{[N^\gamma \to P^\gamma \delta M^\gamma \bullet \nu, i, k \mid p \cup p', q \cup q']} \in \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{Comp}_1}$$

existe un paso

$$\frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]\\ [M^\gamma \to \nu \bullet, j, k \mid p', q']\end{array}}{[N^\gamma \to \delta M^\gamma \bullet \nu, i, k \mid p \cup p', q \cup q']} \in \mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{Comp}}$$

y, por tanto, existe la inferencia

$$\begin{array}{l}[N^\gamma \to P^\gamma \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]\\ [M^\gamma \to \nu \bullet, j, k \mid p', q']\end{array} \quad \vdash_{LC} [N^\gamma \to P^\gamma \delta M^\gamma \bullet \nu, i, k \mid p \cup p', q \cup q']$$

- *Dado un paso*

$$\frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \to \bullet M^\gamma \nu, j, j \mid -, -]\\ [M^\gamma \to \nu \bullet, j, k \mid p, q]\end{array}}{[N^\gamma \to M^\gamma \bullet \nu, j, k \mid p, q]} \in \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{Comp}_2}$$

existe un paso

$$\frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]\\ [M^\gamma \to \nu \bullet, j, k \mid p', q']\end{array}}{[N^\gamma \to \delta M^\gamma \bullet \nu, i, k \mid p \cup p', q \cup q']} \in \mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{Comp}}$$

y, por tanto, existe la inferencia

$$\begin{array}{l}[N^\gamma \to \bullet M^\gamma \nu, j, j \mid -, -]\\ [M^\gamma \to \nu \bullet, j, k \mid p, q]\end{array} \vdash_{LC} [N^\gamma \to M^\gamma \bullet \nu, j, k \mid p, q]$$

Probemos ahora que $\mathbf{buLC} \stackrel{\mathbf{sr}}{\Longrightarrow} \mathbf{buLC_1}$*, para lo cual se tiene que cumplir que:*

1. $\mathcal{I}_{\mathrm{buLC}} \subseteq \mathcal{I}_{\mathrm{buLC_1}}$
2. $\vdash^*_{buLC} \subseteq \vdash^*_{buLC_1}$

Lo primero es cierto por definición, ya que el dominio del esquema $\mathbf{buLC_1}$ *está formado por los conjuntos de ítems del esquema* $\mathbf{buLC}$ *más los ítems con el punto a comienzo de la regla. Por tanto:*

$$\mathcal{I}_{\mathrm{buLC}} \subset \mathcal{I}_{\mathrm{buLC_1}}$$

Para demostrar que $\vdash^*_{buLC} \subseteq \vdash^*_{buLC_1}$ *nos basta con probar que* $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}} \subseteq \vdash^*_{buLC_1}$*. Veamos únicamente el paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{LC_{cad}}}$*, puesto que el resto son iguales a sus homónimos en el esquema* $\mathbf{buLC_1}$*:*

- *Un paso deductivo* $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{LC_{cad}}}$ *es equivalente a una secuencia formada por una paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC_1}}^{\mathrm{LC_{pre}}}$

  $$\frac{}{[Q^\gamma \to \bullet O^\gamma \omega, j, j, -, -]}$$

  seguido de otro $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC_1}}^{\mathrm{LC_{cad}}}$

  $$\frac{\begin{array}{l}[Q^\gamma \to \bullet O^\gamma \omega, j, j, -, -]\\ [\top \to \mathbf{R}^\beta \bullet, j, m, k, l]\\ [O^\gamma \to \nu \bullet, k, l, p, q]\end{array}}{[Q^\gamma \to O^\gamma \bullet \omega, j, m, p, q]}$$

Nos queda probar que $\mathbf{buLC_1} \stackrel{\mathbf{df}}{\Longrightarrow} \mathbf{LC_1}$*, para lo cual tenemos que demostrar que:*

1. $\mathcal{I}_{\mathrm{LC}_1} \subseteq \mathcal{I}_{\mathrm{buLC}_1}$

2. $\vdash_{LC_1} \subseteq \vdash_{buLC_1}$

Lo primero es cierto por definición, ya que los dominios de ambos esquemas son iguales:

$$\mathcal{I}_{\mathrm{LC}_1} = \mathcal{I}_{\mathrm{buLC}_1}$$

Para probar que $\vdash_{LC_1} \subseteq \vdash_{buLC_1}$ *debemos demostrar que* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1} \subseteq \vdash_{buLC_1}$. *Vamos a ver cada paso:*

- *Dado un paso*

$$\frac{[a,0,1]}{[O^\alpha \to P^\alpha \bullet \nu, 0, 1 \mid -, -]} \ \in \mathcal{D}^{\mathrm{LI_t}}_{\mathrm{LC}_1}$$

existe un paso

$$\frac{[a,j,j+1]}{[O^\alpha \to P^\alpha \bullet \nu, j, j+1 \mid -, -]} \ \in \mathcal{D}^{\mathrm{LC_t}}_{\mathrm{buLC}_1}$$

y por tanto, existe la inferencia

$$[a,0,1] \vdash_{buLC_1} [O^\alpha \to P^\alpha \bullet \nu, 0, 1 \mid -, -]$$

- *Dado un paso*

$$\frac{}{[O^\alpha \to P^\alpha \bullet \nu, 0, 0 \mid -, -]} \ \in \mathcal{D}^{\mathrm{LI}_\varepsilon}_{\mathrm{LC}_1}$$

existe un paso

$$\frac{}{[O^\alpha \to P^\alpha \bullet \nu, j, j \mid -, -]} \ \in \mathcal{D}^{\mathrm{LC}_\varepsilon}_{\mathrm{buLC}_1}$$

y por tanto, existe la inferencia

$$\vdash_{buLC_1} [O^\alpha \to P^\alpha \bullet \nu, 0, 0 \mid -, -]$$

- *Dado un paso*

$$\frac{}{[O^\alpha \to \bullet P^\alpha \nu, 0, 0 \mid -, -]} \ \in \mathcal{D}^{\mathrm{LI_{pre}}}_{\mathrm{LC}_1}$$

existe un paso

$$\frac{}{[O^\alpha \to \bullet P^\alpha \nu, j, j \mid -, -]} \ \in \mathcal{D}^{\mathrm{LC_{pre}}}_{\mathrm{buLC}_1}$$

y por tanto, existe la inferencia

$$\vdash_{buLC_1} [O^\alpha \to \bullet P^\alpha \nu, 0, 0 \mid -, -]$$

- *Dado un paso*

$$\frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q] \\ [a, j, j+1]\end{array}}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \omega, j, j+1 \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LC}_\mathrm{t}}$$

existe un paso

$$\frac{[a, j, j+1]}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \omega, j, j+1 \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}_1}^{\mathrm{LC}_\mathrm{t}}$$

y, por tanto, existe la inferencia

$$\begin{array}{l}[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q] \\ [a, j, j+1]\end{array} \vdash_{buLC_1} [O^\gamma \to P^\gamma \bullet \omega, j, j+1 \mid -, -]$$

- *Dado un paso*

$$\frac{[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \omega, j, j \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LC}_\varepsilon}$$

existe un paso

$$\frac{}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \omega, j, j \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}_1}^{\mathrm{LC}_\varepsilon}$$

y por tanto, existe la inferencia

$$[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q] \vdash_{buLC_1} [O^\gamma \to P^\gamma \bullet \omega, j, j \mid -, -]$$

- *Dado un paso*

$$\frac{[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \omega, j, j \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LC}_\mathrm{pre}}$$

existe un paso

$$\frac{}{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \omega, j, j \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}_1}^{\mathrm{LC}_\mathrm{pre}}$$

y por tanto, existe la inferencia

$$[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q] \vdash_{buLC_1} [O^\gamma \to \bullet P^\gamma \omega, j, j \mid -, -]$$

- *Dado un paso*

$$\frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \to \bullet M^\gamma \nu, j, j \mid -, -]\\ [M^\gamma \to \nu \bullet, j, k \mid p, q]\end{array}}{[N^\gamma \to M^\gamma \bullet \nu, j, k \mid p, q]} \in \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{Comp}_2}$$

existe un paso

$$\frac{[M^\gamma \to \nu \bullet, j, k \mid p, q]}{[N^\gamma \to M^\gamma \bullet \omega, j, k \mid p, q]} \in \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}_1}^{\mathrm{LC}_\mathrm{n}}$$

y, por tanto, existe la inferencia

$$\begin{array}{l}[N^\gamma \to \bullet M^\gamma \nu, j, j \mid -, -]\\ [M^\gamma \to \nu \bullet, j, k \mid p, q]\end{array} \vdash_{buLC_1} [N^\gamma \to M^\gamma \bullet \nu, j, k \mid p, q]$$

- *Dado un paso*

$$\frac{\begin{array}{l}[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]\\ [a, j, j+1]\end{array}}{[O^\beta \to P^\beta \bullet \omega, j, j+1 \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LA}_\mathrm{t}}$$

existe un paso

$$\frac{[a, j, j+1]}{[O^\beta \to P^\beta \bullet \omega, j, j+1 \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}_1}^{\mathrm{LC}_\mathrm{t}}$$

y, por tanto, existe la inferencia

$$\begin{array}{l}[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]\\ [a, j, j+1]\end{array} \vdash_{buLC_1} [O^\beta \to P^\beta \bullet \omega, j, j+1 \mid -, -]$$

- *Dado un paso*

$$\frac{[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[O^\beta \to P^\beta \bullet \omega, j, j \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LA}_\varepsilon}$$

existe un paso

$$\frac{}{[O^\beta \to P^\beta \bullet \omega, j, j \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}_1}^{\mathrm{LC}_\varepsilon}$$

y por tanto, existe la inferencia

$$[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q] \vdash_{buLC_1} [O^\beta \to P^\beta \bullet \omega, j, j \mid -, -]$$

- *Dado un paso*

$$\frac{[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[O^\beta \to \bullet P^\beta \omega, j, j \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\text{LC}_1}^{\text{LA}_{\text{pre}}}$$

existe un paso

$$\frac{}{[O^\beta \to \bullet P^\beta \omega, j, j \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\text{buLC}_1}^{\text{LC}_{\text{pre}}}$$

y por tanto, existe la inferencia

$$[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q] \vdash_{buLC_1} [O^\beta \to \bullet P^\beta \omega, j, j \mid -, -]$$

- *Dado un paso*

$$\frac{\begin{array}{l}[\mathbf{F}^\beta \to \bullet \bot, k, k \mid -, -] \\ [a, k, k+1]\end{array}}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, k, k+1 \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\text{LC}_1}^{\text{LF}_{\text{t}}}$$

existe un paso

$$\frac{[a, j, j+1]}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, k, k+1 \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\text{buLC}_1}^{\text{LC}_{\text{t}}}$$

y, por tanto, existe la inferencia

$$\begin{array}{l}[\mathbf{F}^\beta \to \bullet \bot, k, k \mid -, -] \\ [a, k, k+1]\end{array} \vdash_{buLC_1} [O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, k, k+1 \mid -, -]$$

- *Dado un paso*

$$\frac{[\mathbf{F}^\beta \to \bullet \bot, k, k \mid -, -]}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, k, k \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\text{LC}_1}^{\text{LF}_\varepsilon}$$

existe un paso

$$\frac{}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, k, k \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\text{buLC}_1}^{\text{LC}_\varepsilon}$$

y por tanto, existe la inferencia

$$[\mathbf{F}^\beta \to \bullet \bot, k, k \mid -, -] \vdash_{buLC_1} [O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, k, k \mid -, -]$$

- *Dado un paso*

$$\frac{[\mathbf{F}^{\beta} \to \bullet\bot, k, k \mid -, -]}{[O^{\gamma} \to \bullet P^{\gamma}\nu, k, k \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LF}_{\mathrm{pre}}}$$

  existe un paso

$$\frac{}{[O^{\gamma} \to \bullet P^{\gamma}\nu, k, k \mid -, -]} \in \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}_1}^{\mathrm{LC}_{\mathrm{pre}}}$$

  y por tanto, existe la inferencia

$$[\mathbf{F}^{\beta} \to \bullet\bot, k, k \mid -, -] \vdash_{buLC_1} [O^{\gamma} \to \bullet P^{\gamma}\nu, k, k \mid -, -]$$

- *Dado un paso*

$$\frac{\begin{array}{c}[\mathbf{F}^{\beta} \to \bullet\bot, k, k \mid -, -] \\ [M^{\gamma} \to \nu\bullet, k, l \mid p, q]\end{array}}{[\mathbf{F}^{\beta} \to \bot\bullet, k, l \mid k, l]} \in \mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{FootComp}}$$

  existe un paso

$$\frac{[M^{\gamma} \to \nu\bullet, k, l \mid p, q]}{[\mathbf{F}^{\beta} \to \bot\bullet, k, l \mid k, l]} \quad \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}_1}^{\mathrm{Foot}}$$

  y, por tanto, existe la inferencia

$$\begin{array}{l}[\mathbf{F}^{\beta} \to \bullet\bot, k, k \mid -, -] \\ [M^{\gamma} \to \nu\bullet, k, l \mid p, q]\end{array} \vdash_{buLC_1} [\mathbf{F}^{\beta} \to \bot\bullet, k, l \mid k, l]$$

- *El resto de pasos deductivos cumplen las siguientes equivalencias:*

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{Scan}} = \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}_1}^{\mathrm{Scan}}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\varepsilon} = \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}_1}^{\varepsilon}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{LC}_{\mathrm{n}}} = \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}_1}^{\mathrm{LC}_{\mathrm{n}}}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{Comp}_1} = \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}_1}^{\mathrm{Comp}}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{AdjComp}_1} = \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}_1}^{\mathrm{AdjComp}}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}_1}^{\mathrm{AdjComp}_2} = \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}_1}^{\mathrm{LC}_{\mathrm{cad}}}$$

Teorema 8.3 *Relación entre los esquemas* **LC** *y* **LC′**
Se mantiene la siguiente relación de contracción de secuencias deductivas:

$$\mathbf{LC} \stackrel{\mathbf{sc}}{\Longrightarrow} \mathbf{LC'}$$

Prueba
Tenemos que probar que:

1. $\mathcal{I}_{\mathrm{LC'}} \subseteq \mathcal{I}_{\mathrm{LC}}$

2. $\vdash^*_{LC'} \subseteq \vdash^*_{LC}$

Lo primero es cierto por definición, ya que los dominios de ambos esquemas son iguales:

$$\mathcal{I}_{\mathrm{LC}} = \mathcal{I}_{\mathrm{LC'}}$$

Para probar que $\vdash^*_{LC'} \subseteq \vdash^*_{LC}$ *debemos demostrar que* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC'}} \subseteq \vdash^*_{LC}$. *Veamos cada caso particular:*

- *Un paso deductivo* $\mathcal{D}^{\mathrm{LF_t}}_{\mathrm{LC'}}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}^{\mathrm{LC_{pre}}}_{\mathrm{LC}}$

$$\frac{[N^\beta \to \delta \bullet E^\beta \nu, j, k \mid -, -]}{[\mathbf{F}^\beta \to \bullet \bot, k, k \mid -, -]}$$

  seguido de otro $\mathcal{D}^{\mathrm{LF_t}}_{\mathrm{LC}}$

$$\frac{\begin{array}{c}[\mathbf{F}^\beta \to \bullet \bot, k, k \mid -, -] \\ [a, k, k+1]\end{array}}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, k, k+1 \mid -, -]}$$

- *Un paso deductivo* $\mathcal{D}^{\mathrm{LF_\varepsilon}}_{\mathrm{LC'}}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}^{\mathrm{LC_{pre}}}_{\mathrm{LC}}$

$$\frac{[N^\beta \to \delta \bullet E^\beta \nu, j, k \mid -, -]}{[\mathbf{F}^\beta \to \bullet \bot, k, k \mid -, -]}$$

  seguido de otro $\mathcal{D}^{\mathrm{LF_\varepsilon}}_{\mathrm{LC}}$

$$\frac{[\mathbf{F}^\beta \to \bullet \bot, k, k \mid -, -]}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, k, k \mid -, -]}$$

- *Un paso deductivo* $\mathcal{D}^{\mathrm{LF_{pre}}}_{\mathrm{LC'}}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}^{\mathrm{LC_{pre}}}_{\mathrm{LC}}$

$$\frac{[N^\beta \to \delta \bullet E^\beta \nu, j, k \mid -, -]}{[\mathbf{F}^\beta \to \bullet \bot, k, k \mid -, -]}$$

seguido de otro $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LF_{pre}}}$

$$\frac{[\mathbf{F}^\beta \to \bullet\bot, k, k \mid -, -]}{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, k, k \mid -, -]}$$

- *Un paso deductivo* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC'}}^{\mathrm{FootComp}}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LC_{pre}}}$

$$\frac{[N^\beta \to \delta \bullet E^\beta \nu, j, k \mid -, -]}{[\mathbf{F}^\beta \to \bullet\bot, k, k \mid -, -]}$$

seguido de otro $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{FootComp}}$

$$\frac{\begin{array}{c}[\mathbf{F}^\beta \to \bullet\bot, k, k \mid -, -]\\ [M^\gamma \to \nu\bullet, k, l \mid p, q]\end{array}}{[\mathbf{F}^\beta \to \bot\bullet, k, l \mid k, l]}$$

- *El resto de pasos deductivos es igual en ambos esquemas*

Teorema 8.4 *Relación entre los esquemas* **buE** *y* **buLC**
Se mantiene las siguientes relaciones de contracción de secuencias deductivas y filtros dinámicos:

$$\mathbf{buE} \stackrel{\mathbf{sc}}{\Longrightarrow} \mathbf{buLC_2} \stackrel{\mathbf{df}}{\Longrightarrow} \mathbf{buLC}$$

Prueba
Antes de iniciar la demostración vamos a definir el nuevo esquemas que nos servirá de enlace para establecer la relación entre los dos esquemas de interés.

El dominio del esquema **buLC₂** *es igual al del esquema* **buLC***:*

$$\mathcal{I}_{\mathrm{buLC_2}} = \mathcal{I}_{\mathrm{buLC}}$$

El conjunto de pasos deductivos es:

$$\mathcal{D}_{\mathrm{buLC_2}} = \mathcal{D}_{\mathrm{buLC_2}}^{\mathrm{LC_t}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{buLC_2}}^{\mathrm{LC_\varepsilon}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{buLC_2}}^{\mathrm{LC_n}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{buLC_2}}^{\mathrm{LC_{cad}}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{buLC_2}}^{\mathrm{Foot}} \cup$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{buLC_2}}^{\mathrm{Scan}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{buLC_2}}^{\varepsilon} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{buLC_2}}^{\mathrm{Comp}} \cup \mathcal{D}_{\mathrm{buLC_2}}^{\mathrm{AdjComp}}$$

donde todos los pasos son idénticos al los homónimos de **buLC***, excepto el paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{Foot}}$.

$$\mathcal{D}_{\mathrm{buLC_2}}^{\mathrm{LC_t}} = \mathcal{D}_{\mathrm{buLC}}^{\mathrm{LC_t}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC}_\varepsilon}_{\mathrm{buLC}_2} = \mathcal{D}^{\mathrm{LC}_\varepsilon}_{\mathrm{buLC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_n}}_{\mathrm{buLC}_2} = \mathcal{D}^{\mathrm{LC_n}}_{\mathrm{buLC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{LC_{cad}}}_{\mathrm{buLC}_2} = \mathcal{D}^{\mathrm{LC_{cad}}}_{\mathrm{buLC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{buLC}_2} = \mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{buLC}}$$

$$\mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{buLC}_2} = \mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{buLC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{Comp}}_{\mathrm{buLC}_2} = \mathcal{D}^{\mathrm{Comp}}_{\mathrm{buLC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp}}_{\mathrm{buLC}_2} = \mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp}}_{\mathrm{buLC}}$$

$$\mathcal{D}^{\mathrm{Foot}}_{\mathrm{buLC}_2} = \frac{}{[\mathbf{F}^\beta \to \bot\bullet, k, l, k, l]}$$

El conjunto de ítems finales también es igual al del esquema **buLC***:*

$$\mathcal{F}_{\mathrm{buLC}_2} = \mathcal{F}_{\mathrm{buLC}}$$

Ahora probaremos que **buE** $\overset{\mathbf{sc}}{\Longrightarrow}$ $\mathbf{buLC_2}$*, para lo cual tenemos que demostrar que:*

1. $\mathcal{I}_{\mathrm{buLC}_2} \subseteq \mathcal{I}_{\mathrm{buE}}$
2. $\vdash^*_{buLC_2} \subseteq \vdash^*_{buE}$

Lo primero es cierto por definición, ya que el dominio del esquema $\mathbf{buLC_2}$ *es igual al del esquema* **buE** *al que le hemos suprimido los ítems con el punto al comienzo de la regla:*

$$\mathcal{I}_{\mathrm{buLC}_2} \subset \mathcal{I}_{\mathrm{buE}}$$

Para probar que $\vdash^*_{buLC_2} \subseteq \vdash^*_{buE}$ *debemos demostrar que* $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}_2} \subseteq \vdash^*_{buE}$*. Veamos cada uno de los pasos:*

- *Un paso deductivo* $\mathcal{D}^{\mathrm{LC_t}}_{\mathrm{buLC}_2}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}^{\mathrm{Ini}}_{\mathrm{buE}}$

  $$\frac{}{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, j, j \mid -, -]}$$

  seguido de otro $\mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{buE}}$

  $$\frac{\begin{array}{l}[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, j, j \mid -, -],\\ [a, j, j+1]\end{array}}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, j, j+1 \mid -, -]}$$

- *Un paso deductivo* $\mathcal{D}^{\mathrm{LC}_\varepsilon}_{\mathrm{buLC}_2}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}^{\mathrm{Ini}}_{\mathrm{buE}}$

$$\frac{}{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, j, j \mid -, -]}$$

seguido de otro $\mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{buE}}$

$$\frac{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, j, j \mid -, -]}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, j, j \mid -, -]}$$

- *Un paso deductivo* $\mathcal{D}^{\mathrm{LC}_\mathrm{n}}_{\mathrm{buLC}_2}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}^{\mathrm{Ini}}_{\mathrm{buE}}$

$$\frac{}{[Q^\gamma \to \bullet O^\gamma \omega, j, j \mid -, -]}$$

seguido de otro $\mathcal{D}^{\mathrm{Comp}}_{\mathrm{buE}}$

$$\frac{\begin{array}{l}[O^\gamma \to \nu \bullet, j, k \mid p, q]\\ [Q^\gamma \to \bullet O^\gamma \omega, j, j \mid -, -]\end{array}}{[Q^\gamma \to O^\gamma \bullet \omega, j, k \mid p, q]}$$

- *Un paso deductivo* $\mathcal{D}^{\mathrm{LC}_\mathrm{cad}}_{\mathrm{buLC}_2}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}^{\mathrm{Ini}}_{\mathrm{buE}}$

$$\frac{}{[Q^\gamma \to \bullet O^\gamma \omega, j, j \mid -, -]}$$

seguido de otro $\mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp}}_{\mathrm{buE}}$

$$\frac{\begin{array}{l}[\top \to \mathbf{R}^\beta \bullet, j, m \mid k, l]\\ [O^\gamma \to \delta \bullet, k, l \mid p, q]\\ [Q^\gamma \to \bullet O^\gamma \nu, j, j \mid -, -]\end{array}}{[Q^\gamma \to O^\gamma \bullet \nu, j, m \mid p, q]}$$

- *El paso de compleción de pie es idéntico en ambos esquemas:*

$$\mathcal{D}^{\mathrm{Foot}}_{\mathrm{buLC}_2} = \mathcal{D}^{\mathrm{Foot}}_{\mathrm{buE}}$$

- *El resto de pasos deductivos del esquema* $\mathbf{buLC_2}$ *están incluidos en las inferencias de sus homónimos del esquema* **buE***, ya que estos últimos contemplan las operaciones en cualquier posición, mientras que los pertenecientes a* $\mathbf{buLC_2}$ *sólo son aplicables en nodos que no sean hijos izquierdos. Por tanto, se cumple:*

$$\mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{buLC}_2} \subset \mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{buE}}$$

$$\mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{buLC}_2} \subset \mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{buE}}$$
$$\mathcal{D}^{\mathrm{Comp}}_{\mathrm{buLC}_2} \subset \mathcal{D}^{\mathrm{Comp}}_{\mathrm{buE}}$$
$$\mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp}}_{\mathrm{buLC}_2} \subset \mathcal{D}^{\mathrm{AdjComp}}_{\mathrm{buE}}$$

Ahora probaremos que $\mathbf{buLC_2} \stackrel{\mathbf{df}}{\Longrightarrow} \mathbf{buLC}$*, para lo cual tenemos que demostrar que:*

1. $\mathcal{I}_{\mathrm{buLC}} \subseteq \mathcal{I}_{\mathrm{buLC}_2}$
2. $\vdash_{buLC} \subseteq \vdash_{buLC_2}$

Lo primero es cierto por definición, ya que los dominios de ambos esquemas son iguales:

$$\mathcal{I}_{\mathrm{buLC}} = \mathcal{I}_{\mathrm{buLC}_2}$$

Para probar que $\vdash_{buLC} \subseteq \vdash_{buLC_2}$ *debemos demostrar que* $\mathcal{D}_{\mathrm{buLC}} \subseteq \vdash_{buLC_2}$*. Todos los pasos deductivos con la misma denominación son idénticos en ambos esquemas, con la excepción del paso* $\mathcal{D}^{\mathrm{Foot}}_{\mathrm{buLC}}$ *que incorpora un antecedente. Para este caso, se cumple que dado un paso*

$$\frac{[O^{\gamma} \to \nu\bullet, k, l, p, q]}{[\mathbf{F}^{\beta} \to \bot\bullet, k, l, k, l]} \in \mathcal{D}^{\mathrm{Foot}}_{\mathrm{buLC}}$$

existe un paso

$$\frac{}{[\mathbf{F}^{\beta} \to \bot\bullet, k, l, k, l]} \in \mathcal{D}^{\mathrm{Foot}}_{\mathrm{buLC}_2}$$

y, por tanto, existe la inferencia

$$[O^{\gamma} \to \nu\bullet, k, l, p, q] \vdash_{buLC_2} [\mathbf{F}^{\beta} \to \bot\bullet, k, l, k, l]$$

.

Teorema 8.5 *Relación entre los esquemas* **E** *y* **LC**
Se mantiene la siguiente relación de contracción de secuencias deductivas:

$$\mathbf{E} \stackrel{\mathbf{sc}}{\Longrightarrow} \mathbf{LC}$$

Prueba
Tenemos que demostrar que:

1. $\mathcal{I}_{\mathrm{LC}} \subseteq \mathcal{I}_{\mathrm{E}}$
2. $\vdash^{*}_{LC} \subseteq \vdash^{*}_{E}$

Lo primero es cierto por definición, ya que el dominio del esquema **LC** *es igual al del esquema* **E** *al que le hemos suprimido los ítems con el punto al comienzo de la regla en ciertos casos:*

$$\mathcal{I}_{\mathrm{LC}} \subset \mathcal{I}_{\mathrm{E}}$$

Para probar que $\vdash^*_{LC} \subseteq \vdash^*_{E}$ *debemos demostrar que* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}} \subseteq \vdash^*_{E}$*. Veamos cada uno de los pasos:*

- *Un paso* $\mathcal{D}^{\mathrm{LI_t}}_{\mathrm{LC}}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}^{\mathrm{Ini}}_{\mathrm{E}}$

  $$\frac{}{[\top \to \bullet \mathbf{R}^\alpha, 0, 0 \mid -, -]}$$

  seguido de una secuencia de pasos $\mathcal{D}^{\mathrm{Pred}}_{\mathrm{E}}$

  $$\frac{[\top \to \bullet \mathbf{R}^\alpha, 0, 0 \mid -, -]}{[\mathbf{R}^\alpha \to \bullet M^\gamma \nu, 0, 0 \mid -, -]}$$

  $$\frac{[M^\gamma \to \bullet O^\gamma \nu, 0, 0 \mid -, -]}{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \delta, 0, 0 \mid -, -]}$$

  y de un paso $\mathcal{D}^{\mathrm{Scan}}_{\mathrm{E}}$

  $$\frac{\begin{array}{l}[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, 0, 0 \mid -, -],\\ [a, 0, 1]\end{array}}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, 0, 1 \mid -, -]}$$

- *Un paso* $\mathcal{D}^{\mathrm{LI_\varepsilon}}_{\mathrm{LC}}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}^{\mathrm{Ini}}_{\mathrm{E}}$

  $$\frac{}{[\top \to \bullet \mathbf{R}^\alpha, 0, 0 \mid -, -]}$$

  seguido de una secuencia de pasos $\mathcal{D}^{\mathrm{Pred}}_{\mathrm{E}}$

  $$\frac{[\top \to \bullet \mathbf{R}^\alpha, 0, 0 \mid -, -]}{[\mathbf{R}^\alpha \to \bullet M^\gamma \nu, 0, 0 \mid -, -]}$$

  $$\frac{[M^\gamma \to \bullet O^\gamma \nu, 0, 0 \mid -, -]}{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \delta, 0, 0 \mid -, -]}$$

  y de un paso $\mathcal{D}^{\varepsilon}_{\mathrm{E}}$

  $$\frac{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, 0, 0 \mid -, -]}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, 0, 0 \mid -, -]}$$

- *Un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LI_{pre}}}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Ini}}$

$$\frac{}{[\top \to \bullet \mathbf{R}^{\alpha}, 0, 0 \mid -, -]}$$

seguido de una secuencia de pasos $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Pred}}$

$$\frac{[\top \to \bullet \mathbf{R}^{\alpha}, 0, 0 \mid -, -]}{[\mathbf{R}^{\alpha} \to \bullet M^{\gamma}\nu, 0, 0 \mid -, -]}$$

$$\frac{[M^{\gamma} \to \bullet O^{\gamma}\nu, 0, 0 \mid -, -]}{[O^{\gamma} \to \bullet P^{\gamma}\delta, 0, 0 \mid -, -]}$$

- *Un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LC_t}}$ *es equivalente a una secuencia de pasos* $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Pred}}$

$$\frac{[N^{\gamma} \to \delta \bullet M^{\gamma}\nu, i, j \mid p, q]}{[M^{\gamma} \to \bullet O^{\gamma}\omega, j, j \mid -, -]}$$

$$\frac{[M^{\gamma} \to \bullet O^{\gamma}\omega, j, j \mid -, -]}{[O^{\gamma} \to \bullet P^{\gamma}\nu, j, j \mid -, -]}$$

seguida de un paso $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Scan}}$

$$\frac{\begin{array}{l}[O^{\gamma} \to \bullet P^{\gamma}\nu, j, j \mid -, -],\\ [a, j, j+1]\end{array}}{[O^{\gamma} \to P^{\gamma} \bullet \nu, j, j+1 \mid -, -]}$$

- *Un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LC_\varepsilon}}$ *es equivalente a una secuencia de pasos* $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Pred}}$

$$\frac{[N^{\gamma} \to \delta \bullet M^{\gamma}\nu, i, j \mid p, q]}{[M^{\gamma} \to \bullet O^{\gamma}\omega, j, j \mid -, -]}$$

$$\frac{[M^{\gamma} \to \bullet O^{\gamma}\omega, j, j \mid -, -]}{[O^{\gamma} \to \bullet P^{\gamma}\nu, j, j \mid -, -]}$$

seguida de un paso $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\varepsilon}$

$$\frac{[O^{\gamma} \to \bullet P^{\gamma}\nu, j, j \mid -, -]}{[O^{\gamma} \to P^{\gamma} \bullet \nu, j, j \mid -, -]}$$

- *Un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LC_{pre}}}$ *es equivalente a una secuencia de pasos* $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Pred}}$*:*

$$\frac{[N^{\gamma} \to \delta \bullet M^{\gamma}\nu, i, j \mid p, q]}{[M^{\gamma} \to \bullet O^{\gamma}\omega, j, j \mid -, -]}$$

$$\frac{[M^{\gamma} \to \bullet O^{\gamma}\omega, j, j \mid -, -]}{[O^{\gamma} \to \bullet P^{\gamma}\nu, j, j \mid -, -]}$$

- *Un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LC_n}}$ *es equivalente a una secuencia de pasos* $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Pred}}$

$$\frac{[N^\gamma \rightarrow \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[M^\gamma \rightarrow \bullet O^\gamma \omega, j, j \mid -, -]}$$

$$\frac{[M^\gamma \rightarrow \bullet O^\gamma \omega, j, j \mid -, -]}{[O^\gamma \rightarrow \bullet P^\gamma \nu, j, j \mid -, -]}$$

seguida de un paso $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Comp}}$

$$\frac{\begin{array}{l}[P^\gamma \rightarrow \delta \bullet, j, k \mid p, q] \\ [O^\gamma \rightarrow \bullet P^\gamma \nu, j, j \mid -, -]\end{array}}{[O^\gamma \rightarrow P^\gamma \bullet \nu, j, k \mid p, q]}$$

- *Un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LA_t}}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{AdjPred}}$

$$\frac{[N^\gamma \rightarrow \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[\top \rightarrow \bullet \mathbf{R}^\beta, j, j \mid -, -]}$$

una secuencia de pasos $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Pred}}$

$$\frac{[\top \rightarrow \bullet \mathbf{R}^\beta, j, j \mid -, -]}{[\mathbf{R}^\beta \rightarrow \bullet M^\beta \omega, j, j \mid -, -]}$$

$$\frac{[M^\beta \rightarrow \bullet O^\beta \omega, j, j \mid -, -]}{[O^\beta \rightarrow \bullet P^\beta \nu, j, j \mid -, -]}$$

y un paso $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Scan}}$

$$\frac{\begin{array}{l}[O^\beta \rightarrow \bullet P^\beta \nu, j, j \mid -, -], \\ [a, j, j+1]\end{array}}{[O^\beta \rightarrow P^\beta \bullet \nu, j, j+1 \mid -, -]}$$

- *Un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LA_\varepsilon}}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{AdjPred}}$

$$\frac{[N^\gamma \rightarrow \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[\top \rightarrow \bullet \mathbf{R}^\beta, j, j \mid -, -]}$$

una secuencia de pasos $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Pred}}$

$$\frac{[\top \rightarrow \bullet \mathbf{R}^\beta, j, j \mid -, -]}{[\mathbf{R}^\beta \rightarrow \bullet M^\beta \omega, j, j \mid -, -]}$$

$$\frac{[M^\beta \to \bullet O^\beta \omega, j, j \mid -, -]}{[O^\beta \to \bullet P^\beta \nu, j, j \mid -, -]}$$

y un paso $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\varepsilon}$

$$\frac{[O^\beta \to \bullet P^\beta \nu, j, j \mid -, -]}{[O^\beta \to P^\beta \bullet \nu, j, j \mid -, -]}$$

- *Un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LA_{pre}}}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{AdjPred}}$

$$\frac{[N^\gamma \to \delta \bullet M^\gamma \nu, i, j \mid p, q]}{[\top \to \bullet \mathbf{R}^\beta, j, j \mid -, -]}$$

seguido de una secuencia de pasos $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Pred}}$

$$\frac{[\top \to \bullet \mathbf{R}^\beta, j, j \mid -, -]}{[\mathbf{R}^\beta \to \bullet M^\beta \omega, j, j \mid -, -]}$$

$$\frac{[M^\beta \to \bullet O^\beta \omega, j, j \mid -, -]}{[O^\beta \to \bullet P^\beta \nu, j, j \mid -, -]}$$

- *Un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LF_t}}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{FootPred}}$

$$\frac{[\mathbf{F}^\beta \to \bullet \bot, k, k \mid -, -]}{[N^\gamma \to \bullet M^\gamma \nu, k, k \mid -, -]}$$

una secuencia de pasos $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Pred}}$

$$\frac{[N^\gamma \to \bullet M^\gamma \nu, k, k \mid -, -]}{[M^\gamma \to \bullet O^\gamma \omega, k, k \mid -, -]}$$

$$\frac{[M^\gamma \to \bullet O^\gamma \omega, k, k \mid -, -]}{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, k, k \mid -, -]}$$

y un paso $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Scan}}$

$$\frac{\begin{array}{l}[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, k, k \mid -, -],\\ [a, k, k+1]\end{array}}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, k, k+1 \mid -, -]}$$

- *Un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LF_\varepsilon}}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{FootPred}}$

$$\frac{[\mathbf{F}^\beta \to \bullet \bot, k, k \mid -, -]}{[N^\gamma \to \bullet M^\gamma \nu, k, k \mid -, -]}$$

una secuencia de pasos $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Pred}}$

$$\frac{[N^\gamma \to \bullet M^\gamma \nu, k, k \mid -, -]}{[M^\gamma \to \bullet O^\gamma \omega, k, k \mid -, -]}$$

$$\frac{[M^\gamma \to \bullet O^\gamma \omega, k, k \mid -, -]}{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, k, k \mid -, -]}$$

y un paso $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\varepsilon}$

$$\frac{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, k, k \mid -, -]}{[O^\gamma \to P^\gamma \bullet \nu, k, k \mid -, -]}$$

- *Un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{LF_{pre}}}$ *es equivalente a la secuencia formada por un paso* $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{FootPred}}$

$$\frac{[\mathbf{F}^\beta \to \bullet \bot, k, k \mid -, -]}{[N^\gamma \to \bullet M^\gamma \nu, k, k \mid -, -]}$$

seguido por una secuencia de pasos $\mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Pred}}$

$$\frac{[N^\gamma \to \bullet M^\gamma \nu, k, k \mid -, -]}{[M^\gamma \to \bullet O^\gamma \omega, k, k \mid -, -]}$$

$$\frac{[M^\gamma \to \bullet O^\gamma \omega, k, k \mid -, -]}{[O^\gamma \to \bullet P^\gamma \nu, k, k \mid -, -]}$$

- *Los pasos deductivos de reconocimiento del esquema* **LC** *están incluidos en las inferencias de sus homónimos del esquema* **E***, ya que estos últimos contemplan las operaciones en cualquier posición, mientras que los pertenecientes a* **LC** *sólo son aplicables en nodos que no sean hijos izquierdos. Por tanto, se cumple:*

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{Scan}} \subset \mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Scan}}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\varepsilon} \subset \mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\varepsilon}$$

- *El resto de pasos son idénticos en ambos esquemas:*

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{Comp}} = \mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{Comp}}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{AdjComp}} = \mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{AdjComp}}$$

$$\mathcal{D}_{\mathrm{LC}}^{\mathrm{FootComp}} = \mathcal{D}_{\mathrm{E}}^{\mathrm{FootComp}}$$

9 Conclusiones

En este trabajo hemos presentado los siguientes resultados:

- Un nuevo analizador ascendente, al que denominamos **buLC**, mediante la aplicación de un filtro al esquema **buE**.
- Un nuevo analizador ascendente con información predictiva, al que denominamos **pLC**, mediante la aplicación de un filtro sobre el esquema **E**, en el cual las predicciones se transforman en objetivos que se deben satisfacer de forma ascendente.
- Un nuevo analizador, al que denominamos **sLC**, mediante un filtro sobre el esquema **pLC** que elimina información de los ítems que ya está implícita en el *chart*.
- Un nuevo analizador, al que denominamos **LC**, mediante un filtro sobre el esquema **sLC** que elimina cierto tipo de ítems de su dominio y rehace el conjunto de pasos deductivos.
- Un nuevo analizador, al que denominamos **LC′**, mediante un filtro sobre el esquema **LC** que elimina predicciones a la hora de predecir el subárbol que domina el nodo pie durante una operación de adjunción.
- Hemos establecido las relaciones formales entre todos los esquema propuestos y otros ya definidos. De esta forma aumentamos la red de esquemas de análisis para TAGs basados en el algoritmo de *Earley* ya iniciada en [Alonso, 00] y [Díaz, 00].

Referencias

[Alonso, 00] M. A. Alonso. Interpretación tabular de autómatas para lenguajes de adjunción de árboles. *Tesis doctoral*, Universidade da Coruña, España. (2000)

[Alonso et al., 98] M. A. Alonso, D. Cabrero, E. de la Clergerie y M. Vilares. Algoritmos tabulares para el análisis de TAG. *Procesamiento del lenguaje Natural, 23*, pp 157–164. (1998)

[Alonso et al., 99b] M. A. Alonso, D. Cabrero, E. de la Clergerie y M. Vilares. Tabular algorithms for TAG parsing. *Proc. of European Chapter of ACL, (EACL'99)*, pp 150–157, Bergen, Norway. (1999)

[Carrillo et al., 01] V. Carrillo, V. J. Díaz y M. A. Alonso. Análisis sintáctico ascendente de TAGs guiado por la esquina izquierda. *Procesamiento del lenguaje Natural, 27*, pp 47–54. (2001)

[Díaz, 00] V. J. Díaz. Gramáticas de adjunción de árboles: Un enfoque deductivo en el análisis sintáctico. *Tesis doctoral*, Universidad de Sevilla, España. (2000)

[Díaz et al., 98b] V. J. Díaz, V. Carrillo y M. Toro. Elementary tree representation. In Proc. of *1st Workshop on Tabulation in Parsing and Deduction (TAPD'98)*, pp 10–15, Paris, France. (1998)

[Díaz et al., 02] V. J. Díaz, M. A. Alonso y V. Carrillo. A Left Corner parser for TAGs. In Proc. of *6th International Workshop on Tree Adjoining Grammars and Related Formalisms (TAG+6)*, Venice, Italy. (2002)

[Joshi, 87] A. K. Joshi. An introduction to tree adjoining grammars. In A. Manaster-Ramer, editor, *Mathematics of Language*, pp 87–115, Amsterdam, Netherlands. John Benjamins Publishing Co. (1987)

[Joshi et al.,75] A. K. Joshi, L. S. Levy y M. Takahashi. Tree adjunct grammars. *Journal of Computer and System Sciences, 10(1)*, pp 136–163. (1975)

[Joshi y Schabes, 97] A. K. Joshi y Y. Schabes. Tree-adjoining grammars. In Grzegorz Rozenberg and Arto Salomaa, editors, *Handbook of Formal Languages. Vol 3: Beyond Words*, chapter 2, pp 69–123. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York. (1997)

[Lang, 90] B. Lang. The systematic construction of Earley parsers: application to the production of $O(n^6)$ Earley Parsers for tree adjoining grammars. In Proc. of *1st International Workshop on Tree Adjoining Grammars, TAG'90*, Dagstuhl Castle, Germany. (1990)

[Nederhof, 97] M. Nederhof. Solving the correct-prefix property for TAGs. In Proc. of *5th Meeting on Mathematics of Language (MOL'5)*, pp 124–130, Schloss Dagstuhl, Germany. (1997)

[Nederhof, 99b] M. Nederhof. The computational complexity of the correct-prefix property for TAGs. *Computational Linguistics, 25(3)*, pp 345–360. (1999)

[Shieber et al., 95] S. M. Shieber, Y. Schabes y F. C. N. Pereira. Principles and implementation of deductive parsing. *Journal of Logic Programming 24(1&2)*, pp 3–36. (1995)

[Schabes, 91] Y. Schabes. The valid prefix property and left to right parsing of tree-adjoining grammar. In Proc. of *2nd International Workshop on Parsing Technologies (IWPT'91)*, pp 21–30, Cancun, Mexico. (1991)

[Sikkel, 95] K. Sikkel. Parsing schemata and correctness of parsing algorithms. In Proc. of *TWLT/AMAST Workshop on Algebraic Methods in Language Processing*, pp 83–97, Enschede, The Nederlands. (1995)

[Sikkel, 97] K. Sikkel. Parsing schemata. A framework for specification and analysis of parsing algorithms. *Texts in Theoretical Computer Science*, Springer-Verlag. (1997)

[Vijay-Shanker, 88] K. Vijay-Shanker. A study of tree adjoining grammars. *PhD thesis*. University of Pennsylvania, PA, USA. (1988)

[Vijay-Shanker y Joshi, 85] K. Vijay-Shanker y A. K. Joshi. Some computational properties of tree adjoining grammars. In Proc. of *23rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL'85)*, pp 82–93, Chicago, USA. (1985)