

SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Secretaría Académica de Investigación e Innovación
Dirección de Posgrado, Investigación e Innovación

cenidet[®]
Centro Nacional de Investigación
y Desarrollo Tecnológico

Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico

Subdirección Académica

Departamento de Ciencias Computacionales

TESIS DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

**Gramática Posicional para Controlar Movimientos Básicos en
Videojuegos Serios Cortos**

presentada por
Ing. Mariela Mendoza Mena

como requisito para la obtención del grado de
Maestra en Ciencias de la Computación

Director de tesis
Dr. René Santaolaya Salgado

Codirector de tesis
M.C. María Clara Gómez Álvarez

Cuernavaca, Morelos, México. Febrero de 2018.



Cuernavaca, Morelos a 25 de enero del 2018
OFICIO No. DCC/034/2018

Asunto: Aceptación de documento de tesis

DR. GERARDO V. GUERRERO RAMÍREZ
SUBDIRECTOR ACADÉMICO
PRESENTE

Por este conducto, los integrantes de Comité Tutorial del **Ing. Mariela Mendoza Mena**, con número de control M15CE087, de la Maestría en Ciencias de la Computación, le informamos que hemos revisado el trabajo de tesis profesional titulado "**Gramática posicional para controlar movimientos básicos en videojuegos serios cortos**" y hemos encontrado que se han realizado todas las correcciones y observaciones que se le indicaron, por lo que hemos acordado aceptar el documento de tesis y le solicitamos la autorización de impresión definitiva.

DIRECTOR DE TESIS

Dr. René Santaolaya Salgado
Doctor en Ciencias de la
Computación
4454821

CO-DIRECTORA DE TESIS

M.C. María Clara Gómez Álvarez
Magister en Ingeniería - Ingeniería
Administrativa

REVISOR 1

Dra. Olivia Graciela Fragoso Díaz
Doctora en Ciencias en Ciencias de
la Computación
7420199

REVISOR 2

M.C. Humberto Hernández García
Maestro en Ciencias con
Especialidad
en Sistemas Computacionales
7573641

C.p. M.T.I. María Elena Gómez Torres - Jefa del Departamento de Servicios Escolares.
Estudiante
Expediente

NACS/lmz



SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico

Cuernavaca, Mor., 30 de enero de 2018
OFICIO No. SAC/076/2018

Asunto: Autorización de impresión de tesis

**ING. MARIELA MENDOZA MENA
CANDIDATA AL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS
DE LA COMPUTACIÓN
PRESENTE**

Por este conducto, tengo el agrado de comunicarle que el Comité Tutorial asignado a su trabajo de tesis titulado **"Gramática posicional para controlar movimientos básicos en videojuegos serios cortos"**, ha informado a esta Subdirección Académica, que están de acuerdo con el trabajo presentado. Por lo anterior, se le autoriza a que proceda con la impresión definitiva de su trabajo de tesis.

Esperando que el logro del mismo sea acorde con sus aspiraciones profesionales, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE MÉXICO"

**DR. GERARDO VICENTE GUERRERO RAMÍREZ
SUBDIRECTOR ACADÉMICO**



SEP TecNM
CENTRO NACIONAL
DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO
TECNOLÓGICO
SUBDIRECCIÓN
ACADÉMICA

C.p. M.T.I. María Elena Gómez Torres.- Jefa del Departamento de Servicios Escolares.
Expediente

GVGR/mcr

A Dios quien ha bendecido mi vida y me ha regalado la maravillosa oportunidad de culminar esta etapa.

Con mucho amor a mi mamá Miriam. Gracias por las charlas interminables, por los consejos compartidos y por los ánimos dados para alcanzar esta meta junto conmigo. Esto también es tuyo. ¡Lo logramos mamá!

Con mucho cariño a mis abuelitos Ricardo y Ana María. Abuelito, eres una persona admirable, trabajadora y generosa, eres un ejemplo a seguir. Abuelita, eres alguien que ama la vida con locura, ofreciendo calidez y sabiduría a la familia. Eternamente agradecida estaré con ustedes.

A mi querido hermano José Carlos. No habrá manera alguna de agradecerte el que me acompañes en cada aventura de la vida. Gracias por todos los momentos que hemos compartido. Te quiero.

«La vida tiene un sentido si uno quiere dárselo».

Jean Paul Sartre

Agradecimientos

A CONACYT por el apoyo económico que durante el transcurso de la maestría recibí y ayudó a culminar esta meta.

A CENIDET por darme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría. Por abrirme sus puertas para realizar este proyecto personal y profesional.

A mis estimados directores Dr. René Santaolaya Salgado, por su paciencia, apoyo y confianza en mí como persona y en mi trabajo. Por sus conocimientos y experiencias compartidas, por guiarme a lo largo de este camino. A la M.C. María Clara Gómez Álvarez, quien con sus conocimientos, experiencia y dedicación, han permitido culminar este trabajo de tesis. Por la confianza brindada al acompañarme durante la estancia realizada en la Universidad de Medellín.

De manera muy especial a mis revisores, la Dra. Olivia G. Fragoso Díaz, por los consejos brindados tanto para el desarrollo de esta tesis como para la vida, por siempre cuidarnos y estar al pendiente de nosotros, sus estudiantes. Al M.C. Humberto Hernández García, por la orientación y retroalimentación a este trabajo realizado. Por las agradables tardes, con una dosis de alegría y mucho conocimiento, que mis compañeros y yo pasamos durante la materia de Compiladores.

A la Universidad de Medellín, Colombia y al cuerpo académico de Ingeniería de Software, por hacer de la estancia una experiencia enriquecedora. Gracias por crear en mi memoria gratos y hermosos momentos que perdurarán por siempre.

A Karen Loreli por las experiencias compartidas y vividas tanto en el Cenidet como en la Universidad de Medellín. No pude haber tenido mejor compañía para la estancia. Gracias por tu valiosa amistad.

A mis compañeros del laboratorio de Ingeniería de Software, Gibrán y Roberto, por las tardes de plática y diversión. Gracias por hacer ameno cada día de intenso estudio durante la maestría.

Un agradecimiento muy especial a Samuel, por los ánimos, consejos y momentos vividos en el transcurso de esta etapa. Gracias por haberme acompañado en esta aventura.

Al personal del CENIDET, por sus atenciones brindadas. En los días ajetreados como estudiante de posgrado, fue agradable recibir esos significativos actos que alegraron la estadía en la institución. Una sonrisa, escuchar un «Buen día» o un «¿Cómo estás?». Gracias por la calidez humana.

A mis amigos Carlos, Mónica y Alma, por su hermosa amistad que hemos mantenido desde la licenciatura. Por las risas, las pláticas, el apoyo y todo lo que hemos compartido desde hace ya varios años.

A mi querida familia. Totalmente agradecida por estar presente en mi vida.

Resumen

Actualmente, la manera en la cual los estudiantes están siendo educados está evolucionando, ya que el proceso de enseñanza está cambiando gradualmente con la «era de la información». Esto se debe a que el ámbito de la enseñanza está siendo fuertemente influenciada por la presencia de diversos elementos tecnológicos.

Los videojuegos serios tienen como finalidad principal la educación y la formación en lugar del entretenimiento. El desarrollo de videojuegos serios consiste de tres principales partes: (i) diseño del juego, (ii) desarrollo del software y (iii) desarrollo e integración de elementos pedagógicos.

La construcción de los videojuegos serios requiere la participación de diferentes equipos multidisciplinarios; entre los cuales se encuentra el equipo de programación quién diseña y desarrolla el código para implementar los requerimientos que el videojuego serio requiera; por lo que se considera que este proceso de construcción consume mucho tiempo y resulta costoso.

El presente trabajo de investigación tuvo por objeto establecer un modelo formal de reglas para el control de los movimientos básicos en videojuegos serios cortos, debido a que, en el estado del arte, no existe un modelo de apoyo para los desarrolladores que permita verificar tales movimientos en videojuegos serios cortos. Para ello, se analizaron las características de los lenguajes visuales posicionales y relacionales, los cuales, permiten definir un lenguaje cuyo alfabeto esté formado de representaciones visuales. Se definieron las gramáticas de tres juegos serios, incluyendo sus símbolos iniciales, terminales, no terminales, reglas de producción y los elementos de posición.

Los resultados obtenidos mostraron que el modelo formal permitió verificar que los movimientos básicos en videojuegos serios cortos fuesen los correctos, ya que el modelo formal permitió tanto obtener resultados de aceptación para movimientos permitidos en el juego como resultados de no aceptación para los movimientos que no son permitidos.

Palabras clave: videojuegos serios cortos, modelo formal, lenguaje visual, gramática posicional.

Abstract

At present, the way in which students are being educated is evolving as the teaching process is gradually changing with the «information age». This is because the field of education is being strongly influenced by the presence of various technological elements.

Serious video games have as their main purpose education and training instead of entertainment. The development of serious video games consists of three main parts: (i) game design, (ii) software development and (iii) development and integration of pedagogical elements.

The construction of serious video games requires the participation of different multidisciplinary teams; among which is the programming team who designs and develops the code to implement the requirements that the serious video game requires; so it is considered that this construction process is time consuming and expensive.

The purpose of this research work was to establish a formal model of rules for the control of basic movements in short serious video games, due to the fact that, in the state of the art, there is no support model for developers to verify such movements in serious short video games. For this, the characteristics of positional and relational visual languages were analyzed, which allow to define a language whose alphabet is formed of visual representations. The grammars of three serious games were defined, including their initial symbols, terminals, nonterminals, production rules and the elements of position.

The results obtained showed that the formal model allowed to verify that the basic movements in serious short videogames were the correct ones, since the formal model allowed both to obtain acceptance results for movements allowed in the game and non-acceptance results for movements that are not allowed.

Keywords: serious short videogames, formal model, visual language, positional grammar.

Contenido

Lista de figuras.....	vi
Lista de tablas	xi
Acrónimos.....	xiii
1 Introducción	1
1.1 Definición del problema.....	1
1.2 Objetivos.....	1
1.2.1 Objetivo general	1
1.2.2 Objetivos específicos	1
1.3 Justificación	2
1.4 Complejidad de la solución	2
1.5 Alcances y limitaciones.....	3
1.5.1 Alcances	3
1.5.2 Limitaciones	3
1.6 Producto – Beneficio.....	4
1.7 Metodología de desarrollo.....	4
2 Estado del Arte.....	6
2.1 Antecedentes	6
2.1.1 Trabajos de investigación enfocados a la definición de gramáticas visuales.....	6
2.2 Trabajos relacionados	8
3 Marco Teórico.....	20
3.1 Videojuegos serios	20
3.1.1 Videojuego serio.....	20
3.1.2 Videojuego serio corto.....	20
3.1.3 Propósito de los videojuegos serios	20
3.1.4 Importancia de los videojuegos serios	21
3.1.5 Características de los videojuegos serios	22
3.1.6 Tipos de videojuegos serios	22
3.1.7 Elementos de los videojuegos serios.....	22
3.1.7.1 Mundos de juego.....	23

3.1.7.2	Mecánicas principales	24
3.1.8	Desarrollo de videojuegos serios	25
3.1.9	Equipos multidisciplinares en el diseño de videojuegos serios	27
3.1.10	Proceso del diseño de videojuegos serios	27
3.1.10.1	Fase de Concepción.....	27
3.1.10.2	Fase de Elaboración o Pre-Producción.....	29
3.1.10.3	Fase de Construcción	30
3.1.10.4	Fase de Reajuste.....	30
3.2	Lenguajes visuales	30
3.2.1	Gramáticas posicionales	33
3.2.1.1	Definición formal de gramática posicional	33
3.2.2	Gramáticas relacionales	33
3.2.2.1	Gramática símbolo – relación	34
3.2.2.2	Cadena símbolo – relación	34
3.2.2.3	Definición formal de la gramática símbolo – relación.....	34
3.2.2.4	Ejemplo de la gramática símbolo – relación, tomado de K. Marriot y B. Meyer [30]	35
4	Desarrollo	37
4.1	Juegos educativos para Ciencias de la Computación.....	37
4.1.1	Contando puntos – Números binarios	37
4.1.2	Enviando mensajes secretos.....	37
4.1.3	Coloreando por números – Representación de imágenes	38
4.2	Identificación de las capacidades dinámicas de los juegos serios.....	38
4.3	Selección de gramática para la representación de juegos serios	39
4.4	Diseño de la gramática	39
4.4.1	Notación usada en la definición de la gramática	40
4.4.2	Gramática posicional Contando puntos – Números binarios.....	42
4.4.2.1	Símbolo inicial	42
4.4.2.2	Símbolos no terminales	43
4.4.2.3	Símbolos terminales	43
4.4.2.4	Descripción de la gramática.....	45
4.4.3	Gramática posicional Enviando mensajes secretos	47
4.4.3.1	Símbolo inicial	47
4.4.3.2	Símbolos no terminales	48
4.4.3.3	Símbolos terminales	48

4.4.3.4	Descripción de la gramática.....	48
4.4.4	Gramática posicional Coloreando por números – Representación de imágenes.....	51
4.4.4.1	Símbolo inicial.....	51
4.4.4.2	Símbolos no terminales	52
4.4.4.3	Símbolos terminales	53
4.4.4.4	Descripción de la gramática.....	53
4.5	Modelo formal de juegos serios	65
4.5.1	Símbolo inicial.....	68
4.5.2	Símbolos no terminales.....	68
4.5.3	Símbolos terminales.....	68
4.5.4	Descripción de la gramática.....	68
5	Pruebas y resultados.....	80
5.1	Introducción.....	80
5.2	Hipótesis a probar	80
5.3	Convención de nombres.....	80
5.4	Plan de pruebas	81
5.4.1	MOF – PP – 01. Plan de pruebas para la validación de las gramáticas posicionales del modelo dinámico de videojuegos serios cortos.....	81
5.4.1.1	Introducción.....	81
5.4.1.2	Algoritmo aplicado.....	81
5.4.2	Elementos de prueba.....	83
5.4.3	Características probadas	83
5.4.4	Características excluidas de las pruebas.....	83
5.4.5	Enfoque	83
5.4.6	Criterio aceptación/no aceptación de los casos de prueba.....	84
5.4.7	Criterio aplicado de suspensión y reanudación	84
5.4.8	Liberación de pruebas.....	84
5.4.9	Responsabilidad.....	84
5.4.10	Riesgos y contingencias	84
5.4.11	Aceptación.....	84
5.5	Especificación del diseño de pruebas	84
5.5.1	MOF – DP – 01. Diseño de pruebas para la definición de juegos serios cortos	84

5.5.1.1	MOF – CP – 01. Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)	84
5.5.1.2	MOF – CP- 02. Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de fracaso)	85
5.5.1.3	MOF – CP- 03. Definición del juego serio Enviando mensajes secretos (Caso de éxito).....	86
5.5.1.4	MOF – CP – 04. Definición del juego serio Enviando mensajes secretos (Caso de fracaso)	87
5.5.1.5	MOF – CP – 05. Definición del juego serio Coloreando por números – Representación de imágenes (Caso de éxito).....	88
5.5.1.6	MOF – CP – 06. Definición del juego serio Coloreando por números – Representación de imágenes (Caso de fracaso).....	89
5.5.1.7	MOF – CP – 07. Definición del juego Contando Puntos – Números Binarios por medio del Modelo Formal de Juegos Serios (Caso de éxito).....	90
5.5.1.8	MOF – CP- 08. Definición del juego Contando Puntos – Números Binarios por medio del Modelo Formal de Juegos Serios (Caso de fracaso)	91
5.6	Resultados.....	91
5.6.1	MOF – CP – 01. Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	91
5.6.2	Resumen de resultados obtenidos en las pruebas	106
5.6.3	Análisis de resultados	107
6	Conclusiones.....	108
6.1	Introducción.....	108
6.2	Aportaciones	108
6.3	Trabajos futuros	109
	Referencias	110
	Anexos.....	113
	Anexo A Contando los puntos – Números binarios	113
A.1	Resumen	113
A.1.1	Relación con otros cursos.....	113
A.1.2	Habilidades.....	113
A.1.3	Edades	113
A.1.4	Materiales.....	113
A.1.5	Instrucciones.....	113
A.1.6	Ejemplo	114
	Anexo B Enviando mensajes secretos.....	115

B.1	Resumen	115
B.2	Relación con otros cursos	115
B.3	Habilidades	115
B.4	Edades	115
B.5	Materiales	115
B.6	Instrucciones	115
B.7	Ejemplo	116
Anexo C Coloreando por números – Representación de imágenes		118
C.1	Resumen	118
C.2	Relación con otros cursos	118
C.3	Habilidades	118
C.4	Edades	118
C.5	Materiales	118
C.6	Instrucciones	118
C.7	Ejemplo	119
Anexo D Representación de las letras del alfabeto.....		121
D.1	Resumen	121
Anexo E Resultados de las pruebas.....		147
E.1	Resumen	147
E.1.1	MOF – CP – 02. Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de fracaso) 147	
E.1.2	MOF – CP – 03. Definición del juego serio Enviando mensajes secretos (Caso de éxito)	150
E.1.3	MOF – CP – 04. Definición del juego serio Enviando mensajes secretos (Caso de fracaso)...	173
E.1.4	MOF – CP – 05. Definición del juego serio Coloreando por números – Representación de imágenes (Caso de éxito)	175
E.1.5	MOF – CP – 06. Definición del juego serio Coloreando por números – Representación de imágenes (Caso de fracaso).....	197
E.1.6	MOF – CP – 07. Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios por medio del Modelo Formal de Juegos Serios (Caso de éxito)	199
E.1.7	MOF – CP – 08. Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios por medio del Modelo Formal de Juegos Serios (Caso de fracaso).....	215

Lista de figuras

Fig. 3.1 Modo inicial del juego Hairz Island [26]	23
Fig. 3.2 Mecánicas principales operan sobre las entidades de juego [26].....	24
Fig. 3.3 Las mecánicas principales aceptan acciones y presentan retos a través de la Interfaz de usuario [26].....	25
Fig. 3.4 Pasos de la Fase de Concepción [26]	28
Fig. 3.5 Fase de Concepción para un juego serio	29
Fig. 3.6 Diagrama de flujo [26]	31
Fig. 3.7 Ejemplo de gramática símbolo-relación.....	35
Fig. 4.1 Ordenación de tarjetas binarias	37
Fig. 4.2 Símbolos terminales con sus puntos de conexión	44
Fig. 4.3 Gramática posicional para el juego Contando puntos – Números binarios	46
Fig. 4.4 Gramática posicional para el juego Contando puntos – Números binarios en notación gráfica	47
Fig. 4.5 Gramática posicional para el juego Enviando mensajes secretos	50
Fig. 4.6 Gramática posicional para el juego Enviando mensajes secretos en notación gráfica	51
Fig. 4.7 Símbolos terminales con sus puntos de conexión (Coloreando por números).....	53
Fig. 4.8 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (1).....	54
Fig. 4.9 Gramática posicional para el juego Coloreando por números(2).....	55
Fig. 4.10 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (3).....	56
Fig. 4.11 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (4).....	57
Fig. 4.12 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (5).....	58
Fig. 4.13 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (6).....	59
Fig. 4.14 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (7).....	60
Fig. 4.15 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (8).....	61
Fig. 4.16 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (9).....	62
Fig. 4.17 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (10).....	63
Fig. 4.18 Representación gráfica del símbolo no terminal A	64

Fig. 4.19 Composición de un juego serio (elaboración propia).....	65
Fig. 4.20 Modelo conceptual de los elementos de un videojuego	67
Fig. 4.21 Modelo formal de juegos serios (1).....	70
Fig. 4.22 Modelo formal de juegos serios (2).....	71
Fig. 4.23 Modelo formal de juegos serios (3).....	72
Fig. 4.24 Modelo formal de juegos serios (4).....	73
Fig. 4.25 Modelo formal de juegos serios (5).....	74
Fig. 4.26 Modelo formal de juegos serios (6).....	75
Fig. 4.27 Modelo formal de juegos serios (7).....	76
Fig. 4.28 Modelo formal de juegos serios (8).....	77
Fig. 4.29 Modelo formal de juegos serios (9).....	78
Fig. 4.30 Modelo formal de juegos serios (10).....	79
Fig. 5.1 Convención de nombres	80
Fig. 5.2 Definición del número 9 en formato decimal por medio de las tarjetas binarias (caso de éxito).....	85
Fig. 5.3 Definición del número 31 en formato decimal (caso de fracaso)	86
Fig. 5.4 Definición de mensaje codificado en formato binario (caso de éxito).....	87
Fig. 5.5 Definición de mensaje codificado en formato binario (caso de fracaso)	88
Fig. 5.6 Definición de letra del alfabeto (caso de fracaso)	90
Fig. 5.7 Pila de símbolos de la gramática <i>ContandoPuntos</i>	92
Fig. 5.8 Paso 1 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	98
Fig. 5.9 Paso 2 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	98
Fig. 5.10 Paso 3 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	98
Fig. 5.11 Paso 4 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	98
Fig. 5.12 Paso 5 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	99
Fig. 5.13 Paso 6 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	99
Fig. 5.14 Paso 7 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	99
Fig. 5.15 Paso 8 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	99
Fig. 5.16 Paso 9 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	100
Fig. 5.17 Paso 10 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	100

Fig. 5.18 Paso 11 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	100
Fig. 5.19 Paso 12 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	100
Fig. 5.20 Paso 13 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	101
Fig. 5.21 Paso 14 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	101
Fig. 5.22 Paso 15 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	101
Fig. 5.23 Paso 16 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	101
Fig. 5.24 Paso 17 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	102
Fig. 5.25 Paso 18 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	102
Fig. 5.26 Paso 19 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	102
Fig. 5.27 Paso 20 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	102
Fig. 5.28 Paso 21 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	103
Fig. 5.29 Paso 22 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	103
Fig. 5.30 Paso 23 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	103
Fig. 5.31 Paso 24 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	103
Fig. 5.32 Paso 25 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	104
Fig. 5.33 Paso 26 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	104
Fig. 5.34 Paso 27 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	104
Fig. 5.35 Paso 28 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	104
Fig. 5.36 Paso 29 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	105
Fig. 5.37 Paso 30 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	105
Fig. 5.38 Paso 31 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	105
Fig. 5.39 Paso 32 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	105
Fig. 5.40 Paso 33 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito).....	105
Fig. 5.41 Árbol de análisis sintáctico para el CP – 01. Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios	106
Fig. A.1 Conjunto de tarjetas binarias	114
Fig. A.2 Representación del número 9 con tarjetas binarias	114
Fig. B.3 Valores del alfabeto	116
Fig. B.4 Mensaje codificado.....	117
Fig. C.5 Hoja cuadrículada	118

Fig. C.6 Letra a representada en píxeles.....	120
Fig. D.7 Representación gráfica del símbolo no terminal B	121
Fig. D.8 Representación gráfica del símbolo no terminal C	122
Fig. D.9 Representación gráfica del símbolo no terminal D	123
Fig. D.10 Representación gráfica del símbolo no terminal E.....	124
Fig. D.11 Representación gráfica del símbolo no terminal F	125
Fig. D.12 Representación gráfica del símbolo no terminal G	126
Fig. D.13 Representación gráfica del símbolo no terminal H	127
Fig. D.14 Representación gráfica del símbolo no terminal I.....	128
Fig. D.15 Representación gráfica del símbolo no terminal J.....	129
Fig. D.16 Representación gráfica del símbolo no terminal K	130
Fig. D.17 Representación gráfica del símbolo no terminal L.....	131
Fig. D.18 Representación gráfica del símbolo no terminal M.....	132
Fig. D.19 Representación gráfica del símbolo no terminal N	133
Fig. D.20 Representación gráfica del símbolo no terminal Ñ	134
Fig. D.21 Representación gráfica del símbolo no terminal O	135
Fig. D.22 Representación gráfica del símbolo no terminal P	136
Fig. D.23 Representación gráfica del símbolo no terminal Q	137
Fig. D.24 Representación gráfica del símbolo no terminal R	138
Fig. D.25 Representación gráfica del símbolo no terminal S.....	139
Fig. D.26 Representación gráfica del símbolo no terminal T.....	140
Fig. D.27 Representación gráfica del símbolo no terminal U	141
Fig. D.28 Representación gráfica del símbolo no terminal V	142
Fig. D.29 Representación gráfica del símbolo no terminal W	143
Fig. D.30 Representación gráfica del símbolo no terminal X.....	144
Fig. D.31 Representación gráfica del símbolo no terminal Y	145
Fig. D.32 Representación gráfica del símbolo no terminal Z.....	146
Fig. E.33 Paso 1 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de fracaso)...	149
Fig. E.34 Paso 2 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de fracaso)...	149
Fig. E.35 Paso 3 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de fracaso)...	149

Fig. E.36	Árbol de análisis sintáctico para el CP – 03. Definición del juego serio Enviando mensajes secretos (1).....	169
Fig. E.37	Árbol de análisis sintáctico para el CP – 03. Definición del juego serio Enviando mensajes secretos (2).....	170
Fig. E.38	Árbol de análisis sintáctico para el CP – 03. Definición del juego serio Enviando mensajes secretos (3).....	171
Fig. E.39	Árbol de análisis sintáctico para el CP – 03. Definición del juego serio Enviando mensajes secretos (4).....	171
Fig. E.40	Árbol de análisis sintáctico para el CP – 01. Definición del juego serio Coloreando por números – Representación de imágenes.....	196
Fig. E.41	Árbol de análisis sintáctico para el CP – 07. Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios por Medio del Modelo Formal de Juegos Serios.....	214

Lista de tablas

Tabla 2.1	Tabla comparativa de trabajos relacionados.....	17
Tabla 3.1	Representación absoluta de objetos.....	31
Tabla 3.2	Elementos de una gramática posicional	33
Tabla 3.3	Elementos de una gramática relacional	34
Tabla 4.1	Capacidades dinámicas del juego Contando puntos – Números binarios	38
Tabla 4.2	Capacidades dinámicas del juego Enviando mensajes secretos	38
Tabla 4.3	Capacidades dinámicas del juego Coloreando por números – Representación de imágenes	39
Tabla 4.4	Definición de elementos del modelo basado en gramáticas visuales	40
Tabla 4.5	Elementos de la notación de flechas.....	42
Tabla 4.6	Definición de símbolos no terminales de la gramática ContandoPuntos	43
Tabla 4.7	Definición de símbolos no terminales de la gramática EnviandoMensajes	48
Tabla 4.8	Definición de símbolos no terminales de la gramática Coloreando por números....	52
Tabla 5.1	Conjuntos First y Follow de la gramática ContandoPuntos	92
Tabla 5.2	Tabla de análisis sintáctico de la gramática ContandoPuntos	94
Tabla 5.3	Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios.....	94
Tabla 5.4	Resultados obtenidos de las pruebas	106
Tabla 6.1	Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios.....	148
Tabla 6.2	Conjuntos First y Follow de la gramática EnviandoMensajes	150
Tabla 6.3	Tabla de análisis sintáctico de la gramática EnviandoMensajes	151
Tabla 6.4	Definición del juego serio Enviando mensajes secretos.....	151
Tabla 6.5	Definición del juego serio Enviando mensajes secretos.....	174
Tabla 6.6	Conjuntos First y Follow de la gramática ColoreandoNúmeros	175
Tabla 6.7	Tabla de análisis sintáctico de la gramática EnviandoMensajes	177
Tabla 6.8	Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios.....	181
Tabla 6.9	Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios.....	198
Tabla 6.10	Conjuntos First y Follow de la gramática Modelo Formal de Juegos Serios	199

Tabla 6.11 Tabla de análisis sintáctico de la gramática Modelo Formal de Juegos Serios....201

Tabla 6.12 Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios por medio del Modelo Formal de Juegos Serios.....210

Tabla 6.13 Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios por medio del Modelo Formal de Juegos Serios.....216

Acrónimos

SiVerPat	Sistema Verificador de Patrones
MDE	Ingeniería Dirigida por Modelos
DSML	Lenguaje de Modelado Específico del Dominio
SOA	Arquitectura Orientada a Servicios
NT	No Terminal
T	Terminal
G	Gramática
EOF	End of file

1 Introducción

1.1 Definición del problema

La construcción de videojuegos serios demanda creatividad a los desarrolladores; ya que es necesario idear los escenarios del juego, así como implementar las acciones necesarias para realizar los bosquejos tanto de las vistas estáticas como de las vistas dinámicas de cada escena. Aunque existen modelos y metodologías que apoyen al desarrollo de videojuegos serios, no existen modelos de soporte que definan formalmente las reglas para el control de la dinámica de videojuegos serios cortos, tales como reglas de: tiempos, movimientos, restricciones, posicionamiento de elementos, cálculo de marcadores, tiros y evaluaciones. Debido a esta carencia, el problema radica en que se requiere tiempo y habilidad para la realización de gráficas, movimientos, posicionamiento de elementos, cálculo de marcadores y evaluaciones en el diseño e implementación de videojuegos serios cortos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Dar soporte a los desarrolladores de software, para realizar el control de los movimientos básicos en videojuegos serios cortos mediante la definición de un modelo formal de reglas utilizando gramáticas visuales.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Establecer un modelo formal de reglas para el control de los movimientos básicos en videojuegos serios cortos en el que se definan los símbolos gramaticales terminales, los símbolos no-terminales, el alfabeto, las reglas de producción de símbolos y las reglas de producción que representen formalmente el modelo dinámico de videojuegos serios cortos.
2. Demostrar por medio de pruebas de escritorio (manuales) la correcta definición del modelo dinámico de videojuegos serios cortos.

1.3 Justificación

Arturo Barajas menciona en [1] que los videojuegos serios cortos para la educación son videojuegos cuyo propósito es desarrollar competencias de un usuario en un área específica de conocimientos. Para el desarrollo de un videojuego serio corto, es necesario considerar las diferentes tecnologías y disciplinas involucradas tales como: Inteligencia Artificial, Interfaz Humano-Computadora, Redes, Gráficos de Computadora y Arquitectura, Métodos Formales, Realidad Virtual, Realidad Aumentada, Procesamiento de Señales y Sistemas Distribuidos. Estas tecnologías deben de ser desarrolladas y aprovechadas con un enfoque multidisciplinario y orientado a objetivos que ubica los beneficios del usuario en el centro del proceso como lo menciona A. De Gloria en [2].

De acuerdo a J. M. T. Pérez en [3], es el equipo de programación quién diseña y desarrolla el código para implementar los requerimientos del relato en el diseño instruccional, características de la interfaz, redes, conectividad Web, sistemas de puntuación, secuencias de comandos, y cualquier requerimiento técnico que se requiera. Por lo tanto, L. Sauvé en [4] menciona que el proceso de creación de videojuegos serios para ambientes educativos consume mucho tiempo y resulta costoso.

Por tales motivos, en este trabajo de investigación, se propone el desarrollo de un modelo que represente formalmente el control de los movimientos básicos en videojuegos serios cortos, basado en lenguajes visuales. Dicho modelo permite verificar que los movimientos básicos en videojuegos serios cortos sean los correctos, para facilitarle a los desarrolladores el control de los mismos.

1.4 Complejidad de la solución

La complejidad de la solución radica en tres conceptos: la asimilación teórica de las gramáticas visuales y los videojuegos serios, la implantación práctica de dichas gramáticas al dominio de videojuegos serios y la generalización de las reglas para cualquier videojuego serio. Esta complejidad se desglosa de la siguiente manera:

1. Comprender las capacidades genéricas que contienen los videojuegos serios cortos.

2. Conocer y saber aplicar el formalismo de las gramáticas posicionales, con las cuales, se definirán las reglas para el modelo dinámico de videojuegos serios cortos.
3. Validar las reglas gramaticales resultantes, a través de tablas de análisis y cadenas de entradas iniciales.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances

1. La investigación se enfocó a la definición de reglas formales para describir el modelo dinámico de videojuegos serios cortos. En el contexto de este trabajo de tesis, el modelo dinámico se refiere a los movimientos básicos de los elementos de juego en los videojuegos serios cortos.
2. Determinación del formalismo para representar las reglas de producción y de relación de la gramática posicional de tres videojuegos serios cortos.
3. Definición de un modelo de reglas formales para describir el modelo dinámico de tres videojuegos serios cortos.
4. Establecimiento de las reglas que comprenden solamente la fase de análisis sintáctico.
5. Realización de un conjunto de pruebas de escritorio.

1.5.2 Limitaciones

En el presente trabajo de investigación, no se llevaron a cabo las siguientes tareas:

1. Definición de reglas de graficación y animación.
2. Implementación del código del modelo formal de reglas para describir el modelo dinámico de videojuegos serios cortos.
3. Implementación de un ambiente de modelado visual generado a partir de la definición del modelo formal de reglas para describir el modelo dinámico de videojuegos serios cortos.
4. Manifestación de la animación de elementos del videojuego en la vista estática desplegada en la computadora.

1.6 Producto – Beneficio

Como producto resultante de esta investigación, se obtuvo un modelo formal de reglas utilizando gramáticas visuales, para facilitar a los desarrolladores el control de los movimientos básicos de videojuegos serios cortos. Este modelo comprendió las capacidades de la dinámica que generalmente existen en los videojuegos serios cortos. Además, el modelo puede ser implementado en otros trabajos de investigación orientados al desarrollo de videojuegos serios.

El principal beneficio que se obtuvo con el desarrollo de este proyecto de tesis es otorgar soporte a los desarrolladores de software para el correcto control de los movimientos básicos de videojuegos serios cortos mediante el uso de un modelo formal de reglas gramaticales. Al hacer uso del modelo formal de reglas gramaticales, el proceso de desarrollo de un videojuego serio corto resultará menos costoso y menos complejo, ya que el modelo formal de reglas contempla elementos genéricos para la construcción del dominio especificado. Adicionalmente, las reglas gramaticales definidas estarán previamente validadas.

Asimismo, esta tesis funge como base para proyectos de investigación futuros, así como el planteamiento de una línea de investigación de desarrollo tecnológico en esta tendencia educativa.

1.7 Metodología de desarrollo

Las actividades que se contemplaron para el desarrollo del modelo formal de reglas para videojuegos serios cortos se describen a continuación:

1. Análisis de ejemplos de videojuegos serios cortos para definir las primitivas básicas de las capacidades dinámicas que estos contienen.
2. Análisis de lenguajes visuales para determinar el tipo de gramática a usar.
3. Diseño gramatical de las primitivas de capacidades dinámicas definidas, en términos de símbolos terminales, no-terminales, relacionales, posicionales, símbolo inicial.
4. Diseño de las reglas formales de la dinámica de videojuegos serios cortos.
5. Definición del algoritmo para probar las reglas formales de la dinámica de videojuegos serios cortos.

6. Generación del Plan de pruebas. El tipo de prueba que se estableció fue prueba de escritorio, con el fin de validar tanto las cadenas de entrada como el modelo formal.
7. Aplicación de la gramática definida y el conjunto de reglas de la dinámica de videojuegos a un caso específico de prueba.
8. Análisis de los resultados del caso de prueba del punto 7.
9. Ajuste de la gramática diseñada y sus reglas formales.
10. Ejecución del Plan de pruebas.
11. Análisis e interpretación de los resultados de las pruebas.

2 Estado del Arte

2.1 Antecedentes

En el Departamento de Ciencias de la Computación perteneciente al Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, en su línea de investigación de Ingeniería de Software, se llevaron a cabo trabajos de investigación en el dominio de gramáticas visuales.

2.1.1 Trabajos de investigación enfocados a la definición de gramáticas visuales

La investigación realizada por Javier Román Castañeda titulada «Sistema Visual para el Diseño Detallado de Métodos de Clases con UML» [5], consistió en la construcción de una herramienta de software, permitiendo modelar el diseño detallado de los métodos de un sistema orientado a objetos, con base en un lenguaje visual definido de acuerdo a la notación de los diagramas de actividades del Lenguaje Unificado de Modelado, y al mismo tiempo apoyar a los desarrolladores de software en las tareas de diseño detallado. El método de solución inició a partir de un modelo conceptual del funcionamiento general del sistema. Posteriormente se definió un lenguaje de modelado visual, con base en el formalismo de las gramáticas visuales posicionales, considerando la notación de los diagramas de actividades de UML para la construcción de sus oraciones visuales. Después se realizó el diseño general de clases, considerando una estructura reusable y confiable para posibles extensiones a su funcionalidad; además, se implementó un módulo para validar los diagramas.

En la investigación de Sergio René González titulada «Estudio de Factibilidad para la Formulación de Patrones de Diseño en Arquitecturas Orientadas a Objetos» [6], se realizó un estudio de factibilidad para identificar y establecer reglas de combinación de los patrones de diseño Observer, Iterator y Composite, a través del formalismo de las gramáticas símbolo-relación, a partir de la dificultad de construir arquitecturas de clases que permitan conseguir diseños de sistemas reusables, mantenibles, robustos y flexibles. Las reglas gramaticales establecidas sólo abarcaron el análisis sintáctico. Como resultado, se estableció un conjunto de reglas gramaticales con posibilidad de codificarse para la creación de herramientas de combinación de patrones, además de un algoritmo basado en un analizador sintáctico para

gramáticas de texto o LL(1). El objetivo de este trabajo de investigación fue el de facilitarle al diseñador la combinación de patrones de diseño.

Posteriormente, en el trabajo realizado por José Salazar titulado «Ambiente de Modelado de Arquitecturas de Software Conducido por Reglas de Combinación de Patrones de Diseño» [7], se creó una herramienta llamada Sistema Verificador de Patrones (SiVerPat) capaz de interpretar las gramáticas símbolo-relación realizadas en la propuesta de investigación descrita en el párrafo anterior, así como la interacción con una interfaz gráfica que diera retroalimentación al usuario sobre el correcto uso de los patrones de diseño, tanto en su forma individual como en su forma combinada. El método de solución consistió en la implementación de las gramáticas relacionales en archivos XML, posteriormente se realizó el análisis en el que los diagramas de clases pudieran ser modelados y capturados en archivos XML. Una vez que estas tareas de análisis, diseño y captura de reglas y diagramas estuvieron completas, se inició la etapa de diseño de una herramienta capaz de tomar archivos XML como entradas para automatizar el proceso de verificación de las reglas de combinación de patrones de diseño. Uno de los puntos importantes con lo que concluye dicha investigación es que fue posible almacenar gramáticas relacionales mediante esquemas XML.

La investigación realizada por Héctor Uriel Pérez titulada « Reglas para la Combinación de Patrones de Diseño » [8], dio continuidad al trabajo realizado por [6], el cual generó un conjunto de reglas gramaticales tipo símbolo-relación para la validación sintáctica de combinación de cuatro patrones de diseño, tomando dos a la vez, formados por los patrones *Strategy*, *Template Method*, *Factory Method* y *Composite* sin llegar a su implementación en alguna herramienta de modelado. Se utilizó un algoritmo LL(1) ya que el autor mencionó que es ideal para gramáticas pequeñas, además de que es más fácil implementarlo en el paradigma orientado a objetos.

Recientemente, en la investigación de Manuel Bernardo Ibáñez titulada «Herramienta de Soporte al Modelado de Software por Combinación de Patrones de Diseño» [9], se amplió la funcionalidad del SiVerPaT, producto generado por la realización de las investigaciones mencionadas anteriormente; mediante la construcción de un intérprete con la capacidad de cargar un archivo de texto plano, el cual contiene reglas formales de un patrón de diseño o reglas de combinación, para posteriormente realizar la traducción del archivo, generando un nuevo

archivo en formato XML, que es reconocido por dicho sistema. El intérprete permite agregar nuevas reglas de patrones de diseño o combinaciones, facilitando al usuario la adición de nuevas reglas siempre y cuando éstas sean gramaticalmente correctas.

2.2 Trabajos relacionados

A la fecha, en la literatura especializada en la creación de videojuegos serios cortos se han reportado trabajos de investigación que tienen como objetivo, facilitar la creación de videojuegos serios. A continuación, se describen brevemente los trabajos encontrados.

En la investigación de Amri Yussof titulada «A Conceptual Framework for Serious Games and its Validation» [10], se definió un modelo conceptual para videojuegos serios que apoya el diseño de los mismos. Este modelo consta de los siguientes componentes: capacidades, contenido instruccional, resultados del aprendizaje, atributos del juego, actividades de aprendizaje, reflexión, género del juego, mecánicas del juego y logros. Estos componentes crean un modelo efectivo para el aprendizaje a través del uso de los videojuegos serios. Cada componente dentro del marco juega un papel importante para asegurar que el aprendizaje se lleve a cabo durante la aplicación del juego. Este modelo se propuso como base para un diseño eficaz de los videojuegos serios, ya que, debido a la ausencia de estándares claros y guías para los desarrolladores, es difícil justificar que los videojuegos serios realmente satisfacen las necesidades y expectativas de los alumnos.

En la investigación de Rebecca Bulander titulada «A Conceptual Framework of Serious Games for Higher Education: Conceptual Framework of the Game INNOV8 to Train Students in Business Process Modelling» [11], se definió un modelo conceptual a partir del videojuego serio Innov8 de IBM -un videojuego de modelado de proceso de negocio para aprender la notación BPMN en educación superior. El modelo conceptual propuesto está basado en dos modelos: el modelo de Garries que contiene los pasos del proceso de aprendizaje y el modelo ARCS que mide la motivación del estudiante para el aprendizaje. Como resultado, se obtuvo un modelo conceptual que incorpora los aspectos fundamentales de teorías didácticas modernas en la cual, el alumno tiene un rol central en el proceso de aprendizaje. Otro aspecto importante es que el modelo conceptual incluyó estructuras importantes y aspectos modernos de aprendizaje.

En la investigación de Neil Suttie titulada «In Pursuit of a 'Serious Games Mechanics' : A Theoretical Framework to Analyse Relationships Between 'Game' and 'Pedagogical Aspects' of Serious Games» [12], se definió un modelo teórico con el objetivo de lograr cuidar el balance entre la educación y el juego para desarrollar videojuegos serios efectivos. En este trabajo se plantea la necesidad de desarrollar un entendimiento claro de las mecánicas de juego, es decir de las herramientas de *game-play* y cómo se relacionan con las estrategias educativas pertinentes. En esta propuesta se plantean preguntas conceptuales respecto al dominio de los videojuegos serios y la relación entre mecánicas de juego, pedagogía y el nivel conceptual en el cuál se conectan. El modelo teórico resultante relaciona las mecánicas de juego y aprendizaje para facilitar el trabajo a los diseñadores de videojuegos serios procurando producir tanto diversión y videojuegos serios pedagógicamente efectivos.

En la investigación de Stephen Tang titulada «A Platform Independent Model for Model Driven Serious Games Development» [13], se definió un modelo basado en Ingeniería Dirigida por Modelos (MDE por sus siglas en inglés) para la generación de videojuegos serios interoperables independientes de las especificaciones de hardware y plataforma operativa. La intención del modelo fue combinar las áreas de pedagogía y entretenimiento para crear videojuegos serios con el fin de motivar y recuperar el interés de los alumnos. El enfoque MDE representa los videojuegos serios formalmente como un modelo abstracto que se puede transformar automáticamente en artefactos de software más refinados y, posteriormente, en las aplicaciones de software de videojuegos serios. Este enfoque permite a expertos no técnicos en el dominio producir juegos serios, de manera fácil y rápida y posiblemente a un menor costo.

En la investigación de Niroshan Thillainathan titulada «A Model Driven Development Framework for Serious Games» [14], se definió un modelo basado en técnicas de desarrollo dirigido por modelos, el cual permitió la generación de videojuegos serios a partir de modelos. Con el trabajo realizado se pretende que expertos no técnicos del dominio desarrollen juegos adaptados a sus propios contenidos de aprendizaje, sin tener conocimiento sobre el desarrollo de software o diseño de juegos. La definición del modelo se logra a partir de la obtención de información sobre el proceso de desarrollo de videojuegos serios, por lo cual fue necesario revisar diferentes modelos de desarrollo y analizar los requerimientos para el desarrollo de

videojuegos serios. Posteriormente se diseñó un Lenguaje de Modelado Específico del Dominio (DSML, por sus siglas en inglés) para videojuegos serios. Finalmente, se construyó un editor de videojuegos serios, de tal manera que el DSML fuera transferido al editor. El modelo revisa si el diseño está conforme a la semántica del DSML mediante un validador semántico.

En la investigación de Tobias Jordine titulada «A Mobile-Device Based Serious Gaming Approach for Teaching and Learning Java Programming» [15], se definió un modelo enfocado al desarrollo de videojuegos serios basado en dispositivos móviles para que alumnos pudieran desarrollar sus habilidades en el dominio de programación orientada a objetos. Este modelo se definió ya que, en la revisión de la literatura, se encontraron enfoques de programación que a menudo se realizan sobre una computadora de escritorio. Además, ante la carencia de juegos móviles para enseñar y aprender programación en Java. Esta investigación propone un modelo para que, los profesores que imparten Java, diseñen videojuegos serios como material adicional, y que estos contenidos puedan ser distribuidos automáticamente para sus alumnos.

En el trabajo de Juan Manuel Tonatiuh Pérez titulado «Metodología por Medio de Patrones para el Desarrollo de Competencias de Lectura en la Producción de Videojuegos Serios» [3], se definió una metodología basada en patrones de software para el desarrollo de habilidades lectoras por medio de videojuegos. Esta metodología es una respuesta al problema de competencias faltantes o insuficientes por el que los niños de educación básica no cuentan con la competencia de interpretar correctamente los textos escritos, debido a las técnicas implementadas en los modelos tradicionales de enseñanza. Por lo tanto, la situación que se presenta es la falta de técnicas en ingeniería de software en el desarrollo de videojuegos y la manera de establecer los requerimientos funcionales necesarios para el desarrollo de los mismos como una implementación en las tecnologías educativas para el aprendizaje.

En la investigación de Maira B. Carvalho titulada « A Case Study on Service-Oriented Architecture for Serious Games » [16], se definió un modelo basado en una Arquitectura Orientada a Servicios (SOA, por sus siglas en inglés) para reducir la complejidad tecnológica y conceptual en el desarrollo de los videojuegos serios. Los autores discuten que el enfoque SOA permite que el desarrollo de los videojuegos serios sea en menor tiempo, más flexible y más centrado. Utilizando SOA, el software es construido como un conjunto de componentes

independientes y débilmente acoplados que proveen funcionalidades autónomas (servicios) a otros componentes y aplicaciones. Los principios de SOA son ya ampliamente utilizados en varias áreas de Ingeniería de Software, pero en el dominio de los videojuegos serios es limitado. El uso de SOA puede mejorar el proceso de desarrollo de software por medio de componentes de reuso incrementando la calidad del producto para hacer posible la implementación de las características que todavía son poco frecuentes en los videojuegos serios, tales como técnicas de adaptación, aprendizaje analítico, integración de social media, entre otros. El modelo se aplicó a un videojuego serio llamado *The Journey* para enseñar los elementos básicos de probabilidad en escuela secundaria.

En el trabajo realizado por Arturo Barajas titulado «A Software Engineering Process for Developing Short Serious Games based upon Competencies» [1], se definió un proceso de desarrollo de videojuegos serios cortos para facilitar la producción eficiente y de calidad de videojuegos serios cortos a través del uso de un proceso de ingeniería de software. La calidad y eficacia del producto se midió a través de la satisfacción del usuario y los requerimientos completamente implementados. La eficiencia fue especificada en términos de re-trabajo. El proceso incluye la administración explícita de requerimientos, el cual permite la identificación y modelado de los requerimientos de software desde un conjunto de competencias educativas implícitas hasta un programa oficial, mostrando que la producción de los videojuegos serios puede ser administrada con técnicas de Ingeniería de Software, hasta alcanzar una integración exitosa de los diferentes actores en la producción de un recurso digital.

En una investigación más realizada por Maira B. Carvalho «An Activity Theory-based Model for Serious Games Analysis and Conceptual Design» [17] se establece un modelo basado en la teoría de actividad. Una teoría de actividad estudia diferentes maneras de procesos de desarrollo y prácticas humanas. La unidad básica de este modelo es llamada actividad, la cual representa una útil interacción entre los objetos y sujetos. La actividad está enfocada a un motivo; es decir, el motivo es el objeto que el sujeto últimamente quiere o necesita conseguir. Generalmente la actividad es realizada por una secuencia de acciones y cada acción también está dirigida a un objeto: el objetivo. El Modelo Basado en la Teoría de Actividad para Juegos Serios (ATMSG, por sus siglas en inglés) provee un camino para investigar, a detalle, cómo un juego serio está

estructurado. Este trabajo ofrece un modelo más preciso para el análisis de aspectos educativos y de juego, permitiendo al usuario realizar una descomposición más exhaustiva de componentes y ligarlos a los objetivos generales de aprendizaje. El modelo también incluye el desarrollo de un software para facilitar la aplicación del modelo, ofreciendo una interfaz adecuada y usable para generar diagramas, elegir componentes y colocarlos en el lugar adecuado en la representación del juego.

El trabajo realizado por Rafael Prieto de Lope titulado «Design Methodology for Educational Games Based on Graphical Notations: Designing Urano» [18] define una metodología basada en notaciones gráficas para el desarrollo de juegos educativos. La metodología está dividida en seis fases: diseño de capítulos, diseño de escenas (escenarios, personajes, acciones y diálogos), diseño de retos educativos en el juego, diseño de la adaptación, diseño de experiencia de usuario y diseño de colaboración. Dicha metodología contempla la narrativa, como el núcleo del juego, la cual ayuda a los escritores, educadores y artistas imaginar y construir la aventura y la dinámica del juego. Además, esta propuesta usa una serie notaciones gráficas para describir gráficamente la estructura de los capítulos y escenas, así como el contenido dentro de cada escena. El uso de notaciones gráficas no sólo ayudará a proveer una vista abstracta del juego, sino facilitará su implementación y podrá ser directamente interpretado por los desarrolladores, quienes no están involucrados en la etapa de diseño del juego.

En la investigación realizada por Andrea Bottino titulada «GAINÉ – A Portable Framework for the Development of Edutainment Applications based on Multitouch and Tangible Interaction» [19] se propone un marco de trabajo para proporcionar un rápido prototipado y desarrollo de aplicaciones sobre superficies táctiles para propósitos educativos. El marco de trabajo ofrece a los desarrolladores construcciones específicas de alto nivel, reduciendo significativamente la carga de implementación, además, el marco de trabajo es compatible sobre diferentes sistemas operativos, lo cual, ofrece independencia de tecnología y hardware. El marco de trabajo está migrado sobre Unity 3D, lo que significa que una aplicación basada en Unity puede ser desarrollada y desplegada sobre cualquier dispositivo, con un mínimo de esfuerzo. Esta propuesta proporciona un lenguaje de scripting, el cual permite definir las características

de los contenidos digitales y la lógica del juego de una manera directa, reduciendo así el tiempo de desarrollo.

En el trabajo realizado por Ana C.R. Paiva titulado «iLearnTest – Framework for Educational Games» [20] se define un marco de trabajo llamado *iLearnTest* para el desarrollo de juegos serios en línea. El marco de trabajo provee un conjunto de plantillas para facilitar la construcción del juego, separa el contenido del juego de su implementación, incorpora retos para motivar a los estudiantes, permite a los estudiantes aprender a su propio ritmo y proporciona comentarios sobre la puntuación obtenida, así como las preguntas correctas e incorrectas en cada juego, para que los estudiantes puedan obtener una puntuación en el siguiente intento. El marco de trabajo tiene como objetivo acelerar el proceso de construcción de un juego, proporcionando plantillas de juego reutilizables que pueden ser utilizadas para enseñar diferentes materias de una manera fácil. El marco de trabajo provee un plugin XML que traduce y lee datos de documentos XML, posteriormente el juego es generado en HTML, permitiendo ser accedido por varios jugadores a través del navegador.

En la investigación realizada por Katherine Smith titulada «SIGMA: A Framework for Integrating Advanced Mathematical Capabilities in Serious Game Development» [21] se establece un marco de trabajo llamado Kit de Herramientas Simbólicas para Juegos Matemáticos (SIGMA, por sus siglas en inglés), el cual tiene como objetivo proveer una interfaz intuitiva y simplificada que permita a motores de juego, tales como Unity, utilizar funcionalidades existentes de Python para mostrar y manipular ecuaciones y gráficas. El marco de trabajo está escrito en el lenguaje de programación C# para ser compatible con Unity, provee una interfaz intuitiva y unificada para los *game developers*; además de utilizar librerías de código abierto como Python, Matplotlib y SymPy. Este marco de trabajo consta de un núcleo de librerías de Python, una biblioteca de clases C# que está directamente integrada con el motor de juego Unity, y una capa intermedia de C que provee un interfaz entre Python y la biblioteca de clases C#. Los *game developers* sólo necesitan hacer uso de funcionalidades matemáticas avanzadas de SIGMA sin necesidad de programar en Python.

En el trabajo realizado por Sergio Moya titulado «SKETCH'NDO: A Framework for the Creation of Task-based Serious» [22] se define un marco de trabajo para facilitar y reducir el diseño de juegos serios. Este marco provee una plataforma con herramientas de edición visual adaptadas a expertos de dominio, permitiéndole a los desarrolladores especificar contenidos educativos. Los juegos serios que se pueden diseñar a través de SKETCH'NDO son para evaluar las acciones de cada usuario y determinar si son correctas dentro del contexto del protocolo realizado por los evaluadores. Los usuarios son aprendices que realizan virtualmente tareas para interactuar con los objetos reactivos del entorno. Los juegos pueden ser jugados con diferente nivel de dificultad, además, de que el usuario puede recibir por parte de la herramienta instrucciones y re-alimentación, así como impedirle realizar algunas acciones y llevar el historial de su desempeño. El motor lógico del juego o motor de tareas analiza la exactitud de las acciones consultadas en comparación con la tarea de referencia. El motor de tareas es el componente lógico dinámicamente programable del sistema. Este motor consta de una máquina jerárquica de estados, que controla la ejecución de la tarea. Se genera a partir de la descripción de la tarea de referencia creada con el editor de tareas. Las acciones del aprendiz están clasificadas dentro de dos grupos: correctas e incorrectas. Las primeras coinciden con las acciones esperadas de la tarea de referencia o se consideran necesarias para realizar las acciones esperadas. Cada tarea correcta es evaluada con base a la puntuación definida en el editor. De esta manera, el marco de trabajo define diferentes caminos válidos para cumplir una acción y registrar la puntuación.

De acuerdo a los trabajos relacionados anteriormente mencionados, se identificaron los siguientes criterios de evaluación:

1. **Objetivo.** Se considera este criterio de comparación para establecer una diferencia en cuanto al objetivo que se persigue con la aportación de cada uno de los trabajos estudiados, en contraposición al objetivo perseguido en este trabajo de tesis.
2. **Dirigido.** Este criterio hace referencia a las personas que se les apoyará en la creación de videojuegos serios de acuerdo a cada trabajo relacionado.
3. **Producto.** Este es el producto derivado de la aportación realizada, el cual sirve de instrumento para alcanzar, parcial o totalmente el objetivo del trabajo.
4. **Dominio.** Este criterio hace referencia a un área de conocimiento

5. Enfoque de construcción. Criterio que establece sobre qué enfoque está desarrollado el producto en cuestión.
6. Observaciones: Información relevante que concluyen los autores de los trabajos relacionados.

Como se puede observar en la Tabla 2.1 los trabajos de Amri Yussof [10] y Rebecca Bulander [11] definen un modelo conceptual con un objetivo diferente entre ellos; en el caso de [10] el trabajo se centra en que los desarrolladores puedan verificar que el videojuego serio resultante proporcione un aprendizaje efectivo, además de que el modelo pueda ser aplicado en cualquier dominio; para [11] su objetivo consiste en que los profesionales de BPMN puedan medir la eficacia de aspectos de aprendizaje para la materia de modelo de procesos de negocio. A diferencia del modelo de [10], este último fue aplicado al videojuego serio Innov8 de IBM, pero se remarca que el modelo puede ser utilizado en diferentes dominios de videojuegos.

Los trabajos de Stephen Tang [13] y Niroshan Thillainathan [14] están dirigidos a profesionales de pedagogía, es decir a personas que no están completamente relacionadas al proceso de desarrollo de videojuegos serios, pero aportan los conocimientos pedagógicos que deben contener los videojuegos serios. Ambos trabajos pretenden generar videojuegos serios combinando pedagogía y entretenimiento, la diferencia es que en [13] se propone un modelo basado en Model Driven Engineering y en [14] se define su modelo sobre Model Driven Development.

Los trabajos de Neil Suttie [12] y Tobias Jordine [15] definen un modelo teórico. En el primero se define un modelo de dominio general para el desarrollo de videojuegos serios que está dirigido a los desarrolladores para cuidar el balance entre la educación y el juego. En el segundo se define un modelo para producir videojuegos serios específicamente en dispositivos móviles, que proporcione soporte a profesionales de la enseñanza de la programación orientada a objetos.

A partir del análisis de los trabajos mencionados, la investigación realizada por Maira B. Carvalho [16] es el único que define un diseño arquitectural el cual está basado en SOA, para que los desarrolladores puedan contar con un ecosistema de servicios genéricos que apoyen al desarrollo de videojuegos serios de manera eficiente y menos costosa.

Las investigaciones realizadas por Juan Manuel Tonatiuh Pérez [3], Arturo Barajas [1], Maira B. Carvalho [17], Rafael Prieto de Lope [18], Andrea Bottino [19], Katherine Smith [21] y Sergio Moya [22] están dirigidas a los desarrolladores. En el trabajo [3] se propone una metodología basada en micro arquitecturas de patrones de diseño para facilitar la producción de videojuegos serios. En [1] se propone un proceso de ingeniería orientado a la producción eficiente y de calidad de videojuegos serios cortos. En [17] se propone un modelo basado en la teoría de la actividad para ayudar a comprender los componentes que conforman un juego serio, así como los aspectos educativos. En [18] se propone una metodología basada en notaciones gráficas para facilitar la implementación e interpretación del juego. En [19] se propone un marco de trabajo basado en Unity 3D para reducir el tiempo de desarrollo al definir las características de los contenidos digitales y lógica del juego. En [21] se propone un marco de trabajo basado en Unity 3D para facilitar el desarrollo de juegos educativos matemáticos. Por último, en [22] se propone un marco de trabajo basado en tareas para acelerar la creación de juegos serios.

Todos los trabajos arriba descritos muestran el camino a seguir o la metodología para la construcción de videojuegos serios.

El trabajo de tesis que se propone en este documento, consiste en utilizar gramáticas visuales para la representación formal del modelo dinámico de videojuegos, que den soporte al diseño e implementación de videojuegos serios cortos.

El resumen de la literatura consultada se muestra en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1 Tabla comparativa de trabajos relacionados

Trabajo relacionado	Objetivo	Dirigido	Producto	Dominio	Enfoque de construcción	Observaciones
Amri Yussof [10]	Verificar que el videojuego serio resultante proporcione un aprendizaje efectivo.	Desarrolladores	Modelo Conceptual	General	No aplica	
Rebecca Bulander [11]	Medir la eficacia de algunos aspectos del aprendizaje de la materia de modelado de procesos de negocio.	Profesionales que imparten BPMN	Modelo Conceptual	Aplicado al videojuego serio Innov8	No aplica	Videojuego perteneciente a la compañía IBM. El modelo puede ser adaptable a otros videojuegos serios.
Neil Suttie [12]	Cuidar el balance entre la educación y el juego para desarrollar videojuegos serios efectivos.	Diseñadores	Modelo Teórico	General	No aplica	
Stephen Tang [13]	Producir videojuegos serios combinando la pedagogía y el entretenimiento.	Profesionales en pedagogía	Model-driven Development	General	Model Driven Engineering	El modelo representa el videojuego serio de manera abstracta para que pueda ser transformado en un artefacto de software. El modelo puede ser extendido para dispositivos móviles tales como tablets y smartphones.
Niroshan Thillainathan [14]	Producir videojuegos serios acorde a los contenidos de aprendizaje.	Profesionales en pedagogía	Model-driven Development / Teórico	General	Model Driven Development	
Tobias Jordine [15]	Producir videojuegos serios en dispositivos móviles para la enseñanza de la programación orientada a objetos.	Profesionales en la enseñanza de POO	Modelo Teórico	Aplicado a la programación orientada a objetos	No aplica	
Juan Manuel Tonatiuh Pérez [3]	Facilitar la producción de videojuegos serios por medio de patrones de software.	Desarrolladores	Metodología	Aplicado al desarrollo de competencias de lectura		La metodología se aplicó al desarrollo de competencias de lectura mediante la producción de un videojuego serio

Maira B. Carvalho [16]	Contar con un ecosistema completo de servicios genéricos que apoyen al desarrollo de videojuegos serios de manera eficiente y menos costosa.	Desarrolladores	Diseño arquitectural	Aplicado al videojuego serio The Journey	Service Oriented Architecture	El Proceso de Ingeniería de Software incluye documentos guía, fases, actividades, tareas, pasos y roles para manejar exitosamente un proyecto para producir videojuegos serios cortos.
Arturo Barajas [1]	Facilitar la producción eficiente y de calidad de videojuegos serios cortos a través del uso de un proceso de ingeniería de software.	Desarrolladores	Proceso de Ingeniería	General	No aplica	
Maira B. Carvalho [17]	Facilitar la comprensión de los componentes que conforman un juego serio, así como los aspectos educativos.	Desarrolladores	Modelo basado en teoría de actividad	General	No aplica	
Rafael Prieto de Lope [18]	Facilitar la implementación e interpretación del juego, describiendo gráficamente la estructura en capítulos y escenas.	Desarrolladores	Metodología basada en notaciones gráficas	Aplicado al juego Urano	No aplica	La metodología está enfocada a la etapa del diseño del juego serio.
Andrea Bottino [19]	Reducir el tiempo de desarrollo al definir las características de los contenidos digitales y lógica del juego.	Desarrolladores	Marco de trabajo	General	Unity 3D	El marco de trabajo es útil para el desarrollo de juegos sobre dispositivos táctiles.
Ana C.R. Paiva [20]	Acortar el proceso de construcción de un juego, proporcionando plantillas de juego reutilizables que pueden ser utilizadas para enseñar diferentes materias de una manera fácil.	Profesionales en pedagogía	Marco de trabajo	General	No aplica	El marco de trabajo sólo puede ser accedido a través del navegador.
Katherine Smith [21]	Facilitar el desarrollo de juegos educativos matemáticos.	Desarrolladores	Marco de trabajo	Matemáticas	Unity 3D	El marco de trabajo contiene componentes hechos en Python, C#, C++ y LaTeX.
Sergio Moya [22]	Acortar la creación de juegos serios basados en tareas.	Desarrolladores	Marco de trabajo	Juegos basados en tareas	No aplica	El marco de trabajo sólo permite definir juegos para un único jugador.

Lo que se propone Verificar la correctitud de los movimientos básicos en videojuegos serios cortos. Desarrolladores Modelo formal de reglas Modelo dinámico de videojuegos serios cortos Gramática visual

3 Marco Teórico

3.1 Videojuegos serios

3.1.1 Videojuego serio

Arturo Barajas [1] indica que el término videojuego serio implica un mecanismo que provee nuevas maneras de comunicar conocimiento dentro de un entorno similar al juego. Se dice que un videojuego serio es *«un concurso mental jugado con una computadora de acuerdo con reglas específicas que utiliza el entretenimiento para promover o incorporar entrenamiento, educación, salud, política pública y objetivos estratégicos de comunicación»*.

Además, este autor considera que el término es sinónimo de “aprendizaje basado en juegos”, porque ambos son usados para referirse a un juego digital con contenido educacional específico o un propósito de entrenamiento. Los videojuegos serios van más allá del entretenimiento e intentan educar a jugadores sobre temas, tales como el cuidado de la salud o problemas políticos.

3.1.2 Videojuego serio corto

Arturo Barajas [1] define un videojuego serio corto como un videojuego cuyo propósito es enseñar un área de conocimiento de una competencia al usuario. Se entiende como competencia, los recursos mentales de un individuo usados para dominar tareas, adquirir conocimiento y alcanzar un buen rendimiento en algunas habilidades específicas con un cierto nivel de habilidad.

3.1.3 Propósito de los videojuegos serios

El propósito de los videojuegos serios es la integración satisfactoria de objetivos de aprendizaje con elementos de entretenimiento, juego y diversión. Por lo tanto, en adición a las disciplinas como el diseño de juego, arte visual y programación; el diseño de un videojuego serio también involucra conceptos pedagógicos para convertirse en un mediador exitoso del aprendizaje. En ese contexto, Michael Zyda [23], creó el término “aprendizaje colateral” -como el aprendizaje que ocurre por mecanismos distintos a la enseñanza formal.

Con el propósito de construir una mejor conexión entre juegos digitales y educación, los videojuegos serios fueron ampliamente desarrollados para mejorar el valor de los juegos educativos; pero desafortunadamente esto sacrifica su valor de entretenimiento cuando la forma en la que se produce el juego se convierte demasiado serio y no contempla la inmersión del jugador.

Los videojuegos serios surgieron por primera vez en América en el 2004, el cual es considerado como un campo de investigación relativamente nuevo. Debido a la capacidad combinada de entretenimiento en los juegos y seriedad en la educación, ahora esto es aplicado no sólo a los juegos de computadora sino también a la formación de habilidades. El propósito principal de los videojuegos serios no es el entretenimiento per se, sino que se utilizan en la formación, desarrollo y entrenamiento de habilidades.

3.1.4 Importancia de los videojuegos serios

En la investigación de Arturo Barajas [1] se menciona que la manera en la cual los estudiantes están siendo educados está evolucionando debido a los cambios tecnológicos. El perfil de los estudiantes modernos ha cambiado con la “era de la información”. Los individuos evolucionan en un entorno fuertemente influenciado por la presencia de diversos elementos artificiales y tecnológicos.

El paradigma tradicional de aprendizaje, donde la educación formal y no-formal es tratada mutuamente excluyentes, debe ser cambiado y convertido a un nuevo paradigma de aprendizaje donde la educación formal y no-formal sea tratada como un todo para alcanzar un aprendizaje relevante y significativo.

Se establece que los videojuegos son mecanismos de aprendizaje efectivos que proveen inmersión, motivación, diversión y un alto nivel de compromiso. También hace hincapié en que en diversos estudios el fenómeno de los videojuegos puede ser usado para mejorar el proceso formal de aprendizaje fuera de la escuela, ya que los videojuegos son atractivos y su uso como herramienta de aprendizaje resulta favorable.

3.1.5 Características de los videojuegos serios

Los videojuegos serios tienen una característica importante en el diseño que debe ser incluida- el aspecto que se va a enseñar en un juego educacional y la naturaleza del cliente. Arturo Barajas [1] realiza una revisión de los diferentes elementos que debe de contener un videojuego serio, concluyendo lo siguiente:

1. Un objetivo de aprendizaje.
2. Tener un conjunto de medios interactivos.
3. Tener algún elemento de juego.

3.1.6 Tipos de videojuegos serios

Con base en la investigación realizada por Carlos González [24], los videojuegos serios se clasifican en función de su objetivo:

1. *Edutainment*: para la educación de conceptos.
2. *Training games*: para el entretenimiento de habilidades.
3. *Newsgames*: para la comunicación.
4. *Advergaming*: para el marketing y la publicidad.

Todos ellos tienen como objetivo cambiar el comportamiento del jugador de alguna manera. Desde hacer que adquiera algún conocimiento, que aprenda a realizar una tarea, que reciba información de alguna situación o que compre un producto.

3.1.7 Elementos de los videojuegos serios

Los jugadores interactúan con las mecánicas de juego por medio de una interfaz de usuario. Esta interfaz retroalimenta al jugador acerca del estado actual del juego y las acciones disponibles a realizar que determinan la posible variedad de opciones. Finalmente, el significado de estas opciones conduce a los desafíos que tienen que ser superados por el jugador, así como una retroalimentación gráfica que muestra las salidas de sus acciones.

En los siguientes puntos se introducirán los elementos clave de los videojuegos propuestos por Ernest Adams en [25]. Para un mejor entendimiento, se presentará el juego serio *Hairz Island* el cual será usado como ejemplo ilustrativo para cada elemento clave de los videojuegos.

Caso de estudio: Hairz Island

Hairz Island es un videojuego serio para aprender las características de las diferentes tecnologías de cabello de una compañía cosmética. El público objetivo es el conjunto de vendedores de esta empresa. El objetivo principal es mejorar su comprensión de tales tecnologías para mejorar su desempeño de ventas. Cada nivel de juego comienza con un grupo de criaturas que necesitan un nuevo aspecto. El jugador debe satisfacer las demandas de cada criatura. El jugador debe entender las características de cada tecnología para ser capaz de satisfacer las necesidades de cada criatura antes de que el tiempo se termine.



Fig. 3.1 Modo inicial del juego Hairz Island [26]

3.1.7.1 Mundos de juego

Los juegos tienen mundos virtuales que están constituidos por elementos de juego, también conocidos como objetos de juego o entidades de juego. **Los mundos de juego** definen espacios de juego, donde las entidades de juego existen. Estos espacios pueden ser continuos o discretos. Por ejemplo, un tablero de ajedrez define un espacio discreto de 8x8. Un juego de caja de arena provee al jugador un espacio continuo que puede explorar libremente. En Hairz Island, las criaturas solamente pueden caminar dentro de la isla.

Las entidades de juego tienen atributos que definen sus estados. Por ejemplo, un *Hairz* representa una criatura que desea un poco de colorante de cabello, de modo que tenga dos atributos: el color actual de cabello y el color deseado. La unión de todas las entidades de juego

con sus correspondientes atributos constituye el **estado de juego**. Por lo tanto, dependiendo de sus atributos, las entidades de juego pueden tener diferentes propiedades. Por ejemplo, una entidad de juego puede ser un elemento con una representación física tal como un personaje, una moneda, un edificio o una pieza de ajedrez.

Los recursos de juego son tipos de objetos que el juego puede intercambiar, transformar o generar. Definen valores numéricos que son usados para operar las reglas internas del juego. Por ejemplo, en *Hairz Island*, cada vez que se usa una tecnología de coloración se consume su contenido, es decir, un recurso o ingrediente en particular (por ejemplo, hidrógeno, peróxido, amoníaco, etc.) Las palmeras juegan el papel de recursos que generan instancias de recursos de cada ingrediente. Cuando un frasco está vacío, el jugador debe llenarlo haciendo clic derecho sobre la palmera correcta.

3.1.7.2 Mecánicas principales

Las mecánicas principales definen un modelo que es el “núcleo del diseño de juego”. Para Ernest Adams en [25], las mecánicas son más detalladas y específicas que las reglas generales. Son una “representación simbólica y matemática” de las reglas generales permitiendo a los programadores implementarlas algorítmicamente. Cuando se define una mecánica principal se deben definir las entidades con sus atributos. Por ejemplo, un *Hairz* solicita un color de cabello saltando durante x segundos o cada frasco consume una porción del producto de tinte cada vez que es utilizado por el jugador. En la Fig. 3.2 se muestra la interacción que tienen las mecánicas principales con los elementos del juego.

En el trabajo presentado por la Universidad Autónoma de Barcelona “Diseño y Creación de Videojuegos Specialization” [27] las mecánicas son todos los elementos que interactúan en el juego, así como las relaciones entre sí, como por ejemplo: personajes, escenarios, aciertos, etc.



Fig. 3.2 Mecánicas principales operan sobre las entidades de juego [26]

Las responsabilidades fundamentales de las mecánicas principales son:

- Aceptar las acciones del jugador y definir cómo impactarán en el estado del juego.
- Presentar retos activos al jugador y detectar su éxito o fracaso.
- Controlar las reglas internas del juego.
- Cambiar entre modos de juego: provocados por el jugador o por las mecánicas principales.
- Definir cómo se comportan las entidades: las mecánicas definen algoritmos que operan sobre los atributos de las entidades del juego.

En la Fig. 3.3 se muestra el flujo en el que la Interfaz de usuario recibe determinadas entradas por parte del Jugador, y éstas son transformadas a acciones que influyen en las Mecánicas principales.

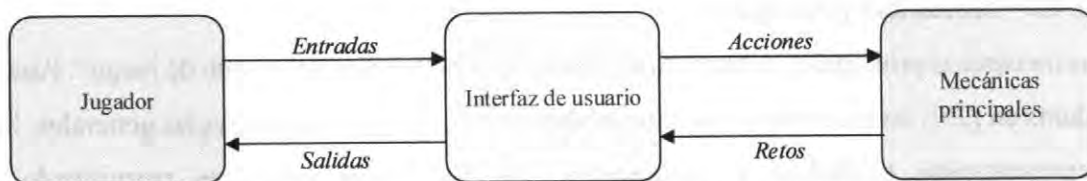


Fig. 3.3 Las mecánicas principales aceptan acciones y presentan retos a través de la Interfaz de usuario [26]

3.1.8 Desarrollo de videojuegos serios

El desarrollo de videojuegos involucra la participación de diferentes disciplinas, tales como: programación, arte, diseño del juego, animación, composición, historia, pruebas, etc., desde la fase de conceptualización, diseño e implementación del videojuego. En términos de Ingeniería de Software, el desarrollo de videojuegos tiene algunas particularidades comparado al software en general.

Primeramente, el desarrollo de videojuegos difiere del desarrollo de software convencional en la necesidad de un *game designer* o un *game design team*. El papel principal de un *game designer* es imaginar una experiencia de juego, además de definir las reglas que dominan en el videojuego. Por ejemplo, para el juego del ajedrez, el *game designer* especifica el tamaño del tablero, los movimientos posibles para cada pieza, los turnos de juego y la condición de victoria. Estas reglas introducirán al jugador dentro de una experiencia de juego táctico y estratégico.

Arturo Barajas menciona en [1] que un *game designer* “mantiene todo el control creativo y toma un papel personal en cada decisión creativa, sin importar qué tan pequeña sea”. Según la complejidad de la experiencia y la interacción, el esfuerzo en términos de balance y ergonomía puede ser significativamente más grande que la que se requiere para el software en general. Adicionalmente, la mayoría de los videojuegos están basados en simulaciones en tiempo real con requerimientos demandantes en la capacidad de respuesta y rendimiento, los cuales necesitan ser ajustados en el sistema de juego.

Segundo, el desarrollo de videojuegos generalmente requiere la creación de un número de elementos de juego diversos, como lo establece Christopher Kanode en, [28]: modelos 3D/2D, texturas, sonidos, física, comportamientos, progresión, historia, etc. Los jugadores interactúan con el juego a través de grandes mundos complejos y animados. Según Jason Gregory en [29], los juegos son, por naturaleza, experiencias interactivas multimedia; diferenciándose del software en general, en que proveen la mayoría de la experiencia de usuario a través de clásicas Interfaces Gráficas de Usuario.

Estas dos principales particularidades tienen implicaciones directas sobre el proceso de desarrollo de juego:

- Es inherentemente un proceso de diseño multidisciplinario, ya que están involucradas áreas como: diseño conceptual y diseño técnico del juego, diseño de arte y diseño cognitivo (o aprendizaje) en los casos particulares de videojuegos serios.
- Se necesitan herramientas que favorezcan la colaboración e integración de la construcción del diseño. Esto es, los diseñadores de juego necesitan crear, modificar e integrar elementos de juego de una manera ágil para generar prototipos de juego dentro de un proceso de producción incremental e iterativa.
- Se necesita de un *game director* para supervisar las necesidades de producción de elementos de juego en términos de recursos. Esta es una tarea costosa que debe administrar cuidadosamente los riesgos para evitar un gasto innecesario de recursos.

3.1.9 Equipos multidisciplinarios en el diseño de videojuegos serios

El proceso de diseño de juegos serios requiere la participación de los *cognitive/instructional designers*. Este proceso de diseño requiere la entrada de diversas disciplinas: ciencias cognitivas, aprendizaje, educación, administración del conocimiento, etc.

Los siguientes roles a menudo intervienen durante el desarrollo de un juego serio:

- *Administrador del Conocimiento (Knowledge manager)*: estructura, modela y clasifica la temática del juego serio y la base de conocimiento.
- *Diseñador Instruccional (Instructional designer)*: contribuye con los métodos de aprendizaje para enseñar un tema específico. Extrae los objetivos pedagógicos y estructura el aprendizaje de manera coherente. Ayuda con la creación de un modelo de aprendizaje con el objetivo de acoplar lo que el jugador ha aprendido hasta ahora en el juego.
- *Diseñador Cognitivo (Cognitive designer)*: contribuye con modelos de procesos internos que ayudarán al alumno a comprender el juego serio.

Según la naturaleza y tamaño del proyecto, estos roles pueden ser asumidos por el propio *diseñador del juego (game designer)*.

3.1.10 Proceso del diseño de videojuegos serios

El proceso de diseño de juegos consta de estados o fases a través de las cuales se crean, detallan y construyen los elementos que conforman un juego.

3.1.10.1 Fase de Concepción

El proceso de diseño de un juego siempre comienza con la generación de una idea. El siguiente paso consiste en definir el objetivo y la temática del juego.

- **Objetivo del juego:** Debe ser expresado en términos de los efectos que el juego tendrá sobre el jugador, es decir sobre la experiencia del jugador.
- **Temática del juego:** Define el entorno, permitiendo que la experiencia del juego sea conducida hacia la meta.

Una vez que la idea, el objetivo y la temática del juego están definidos; el concepto de juego puede establecerse. Éste incluye el público objetivo, el género del juego y una definición muy aproximada de las mecánicas principales. El concepto de juego no debería cambiar durante las siguientes fases, porque requeriría modificaciones estructurales y costosas en todo el diseño. En la Fig. 3.4 se muestra los pasos mencionados anteriormente en la Fase de Concepción.

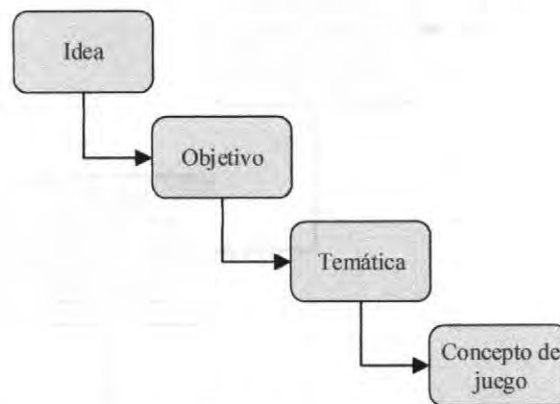


Fig. 3.4 Pasos de la Fase de Concepción [26]

En la Fase de Concepción en un juego serio, el *diseñador del juego* tiene dos entradas definidas: el objetivo y temática del juego serio. Con base al juego *Hairz Island*, la temática del juego serio se refiere al escenario que permite comprender las tecnologías de coloración del cabello y la biología del cabello humano. El objetivo del juego es enseñar las propiedades de cada tecnología y los efectos que tienen sobre el cabello humano a los vendedores de una gran empresa de cosméticos.

Por lo tanto, el *diseñador del juego* no puede evadir estas entradas cuando crea la idea del juego, porque tienen una gran influencia sobre el género del juego y mecánicas principales. En la Fig. 3.5 se muestran la Fase de Concepción para un juego serio.

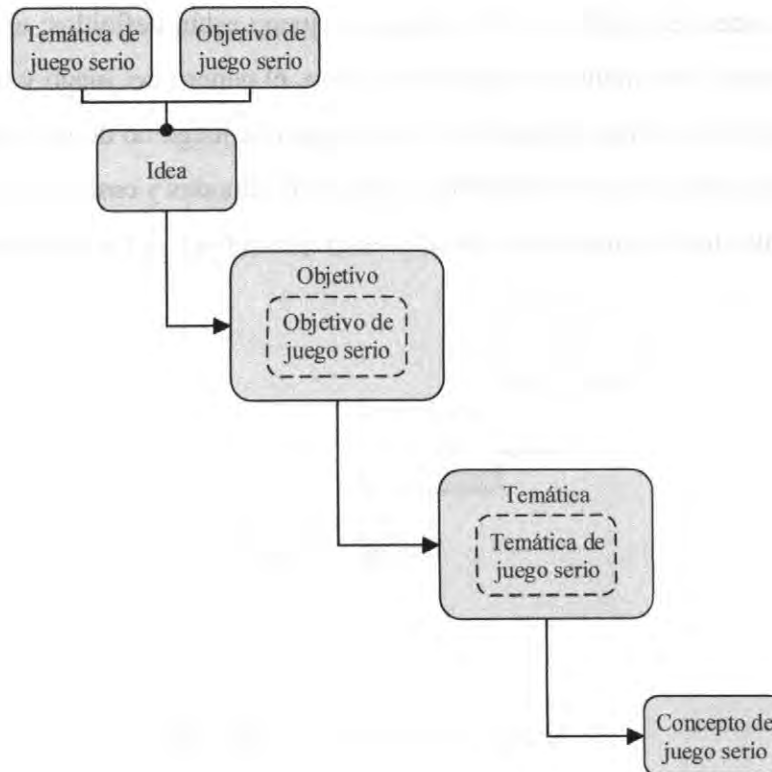


Fig. 3.5 Fase de Concepción para un juego serio [26]

3.1.10.2 Fase de Elaboración o Pre-Producción

Esta fase es regularmente iterativa, por lo que su objetivo principal es definir detalladamente los elementos principales obtenidos en la Fase de Concepción. Estos elementos son: la estructura del juego, el mundo del juego, las mecánicas principales, entre otros. Durante esta fase es importante realizar pruebas tempranas a las mecánicas principales que rigen el juego.

Un *diseñador de juegos serios (serious game designer)* no debe descuidar el diseño en términos de progresión, el cual es generalmente más complejo que un juego clásico. Esta tarea requerirá de la participación entre los *diseñadores de juegos* y los *diseñadores cognitivo/aprendizaje (cognitive/learning designers)* La estructura de los niveles de juego debe estar diseñada con base en las necesidades pedagógicas para adaptarse a la curva de aprendizaje. Otro elemento importante a definir en esta fase es la narración, ya que ayuda a establecer la progresión del juego.

Finalmente, el *equipo de diseño (design team)* obtendrá un diseño sólido que les permitirá ser más precisos sobre la planificación de la próxima fase.

3.1.10.3 Fase de Construcción

El objetivo de esta fase es implementar y construir gradualmente el plan y diseño definidos en fases anteriores. En esta fase se involucra más el área de desarrollo que el área de diseño. Durante la construcción, las características son agregadas gradualmente hasta que el juego genere una experiencia satisfactoria. El equipo de desarrollo debe lograr una versión coherente del juego que mantenga la visión general del juego. El *diseñador principal del juego (lead game designer)* es, usualmente, responsable de garantizar que las construcciones intermedias del producto se enfoquen a la experiencia del juego.

En la Fase de Construcción de un juego serio, la intervención de los *diseñadores cognitivo/aprendizaje* es meramente ocasional. Una vez que el juego ingrese a la Fase de Construcción, su participación no es muy requerida, básicamente validan las alternativas del diseño de juego.

3.1.10.4 Fase de Reajuste

Esta fase se orienta a asegurar que todo lo que se ha construido funcione como se espera. Pequeños ajustes son realizados a las mecánicas principales y niveles, siempre y cuando no influyan en el diseño del juego. En el caso de un juego serio, la intervención de los *diseñadores cognitivo/aprendizaje* ayuda a refinar el componente de aprendizaje del propio juego.

3.2 Lenguajes visuales

De acuerdo con K. Marriot y B. Meyer [30], un lenguaje visual se concibe como una colección de sentencias compuestas de elementos gráficos en dos o más dimensiones. Este tipo de lenguaje contiene un vocabulario bien definido y operadores de combinación que usan para formar expresiones. Además, mencionan las siguientes definiciones:

- Lenguaje visual. Lenguaje cuyo alfabeto se forma de representaciones visuales. Son usados para la comunicación humano – humano o humano – computadora.

- Programación visual. una representación visual para comunicar datos y operaciones a una computadora. El lenguaje de programación que está detrás de este tipo de programación puede, o no, ser visual.
- Lenguaje de programación visual. Es un lenguaje de programación hecho con un alfabeto de representaciones visuales.

A diferencia de un lenguaje textual, en un lenguaje visual no es necesario especificar un orden para ir construyendo una expresión. Un lenguaje visual es un lenguaje cuyo alfabeto lo forman símbolos gráficos; en lugar de analizar sentencias textuales, analiza sentencias visuales.

Los atributos de un objeto gráfico pueden ser divididos en atributos gráficos, atributos sintácticos y atributos semánticos. Los atributos gráficos caracterizan la imagen del objeto. Los atributos gráficos más comunes son: posición, tamaño, forma, color, nombre, etc. Los atributos sintácticos son usados para relacionar objetos gráficos con el objetivo de formar dibujos (o sentencias visuales). En la Fig. 3.6 se representa visualmente un diagrama de flujo:

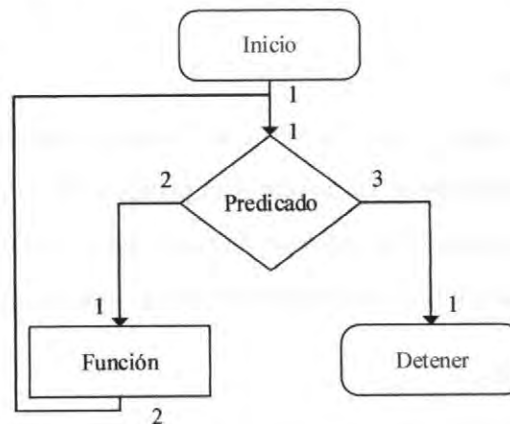


Fig. 3.6 Diagrama de flujo [26]

Una representación alternativa es su representación absoluta, que contiene todos los objetos del dibujo con sus atributos sintácticos como se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Representación absoluta de objetos

Nombre del objeto	Punto de Unión 1	Punto de Unión 2	Punto de Unión 3
Inicio	a	-	-
Predicado	a	b	c

Función	b	a	-
Detener	c	-	-

En este caso los valores de los atributos sintácticos son a, b y c, que corresponde a las tres interconexiones donde:

1. El atributo “a” corresponde a la interconexión (Inicio, Predicado, Función).
2. El atributo “b” corresponde a la interconexión (Predicado, Función).
3. El atributo “c” corresponde a la interconexión (Predicado, Detener).

Por ejemplo, la entrada (Función, Punto de Unión 1) = b, significa que la línea correspondiente a “b” es conectada al Punto de Unión 1 del objeto Función.

Mientras que la representación absoluta de una imagen toma en cuenta los valores de los atributos sintácticos, su representación relativa considera la relación existente entre los objetos gráficos mediante sus atributos sintácticos. En particular, la representación relativa de una imagen es una notación de tipo cadena alternando nombres de objetos gráficos a identificadores de relación. La representación relativa de la Fig. 3.6 sería:

$$\begin{aligned}
 & \text{Inicio } \mathbf{JOINT}^0(1,1) \text{ Predicado } (\mathbf{JOINT}^0(2, 1), \mathbf{JOINT}^0(1, 2)) \text{ Función} \\
 & \mathbf{JOINT}^1(3, 1) \text{ Detener}
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

El número i que aparece como superíndice del identificador de relación, indica que la relación se da entre el $(i + 1)$ -ésimo objeto gráfico precedente en la cadena y el objeto siguiente. Por ejemplo: $\mathbf{JOINT}^1(3, 1)$ relaciona el punto de unión 3 del objeto *Predicado* con el punto de unión 1 del objeto *Detener* mediante la relación **JOINT**. Notar que la relación de composición $(\mathbf{JOINT}^0(2, 1), \mathbf{JOINT}^0(1, 2))$ indica que ambas relaciones de unión se mantienen entre el *Predicado* y la *Función*. Incluso la representación relativa mencionada anteriormente presenta solamente relaciones binarias.

3.2.1 Gramáticas posicionales

De acuerdo con K. Marriot y B. Meyer [30], las gramáticas posicionales son una extensión directa de las gramáticas de cadenas libres de contexto, donde son permitidas relaciones más generales que concatenaciones de cadenas.

3.2.1.1 Definición formal de gramática posicional

Una gramática posicional libre de contexto PG, es una 6-tupla (N, T, S, P, POS, PE) donde:

Tabla 3.2 Elementos de una gramática posicional

Elemento	Definición
N	Es un conjunto finito no vacío de no-terminales.
T	Es un conjunto finito no vacío de terminales con $N \cap T = \emptyset$.
S	Es el símbolo inicial no-terminal $\in N$.
P	Es el conjunto finito de producciones.
POS	Es el conjunto finito de identificadores relacionales binarios.
PE	Es el evaluador pictográfico.

Tanto los símbolos terminales como los no-terminales son objetos gráficos. Cada producción en P tiene la forma como se muestra en la Ecuación 3.1:

$$A \rightarrow x_1 R_1 x_2 R_2 \cdots x_{m-1} R_{m-1} \quad (3.2)$$

Donde:

1. x_i es un símbolo terminal o no-terminal.
2. R_i pertenece al conjunto POS, es el operador relacional que trabaja sobre los símbolos x_i .

PE es una función, la cual transforma una forma sentencial derivada de la gramática, en su forma pictográfica correspondiente.

3.2.2 Gramáticas relacionales

Según K. Marriot y B. Meyer [30], las gramáticas relacionales son un formalismo sintáctico para describir lenguajes visuales, donde cada sentencia en un lenguaje es representado como un conjunto de objetos visuales. La diferencia entre las gramáticas visuales es que las gramáticas

relacionales se enfocan en el origen, destino y tipo de las relaciones entre los elementos, mientras que las visuales en la posición de la que salen o entran.

3.2.2.1 Gramática símbolo – relación

K. Marriot y B. Meyer [30] mencionan que las gramáticas símbolo-relación son la evolución de las gramáticas relacionales. Estas son un modelo de gramáticas de relaciones capaces de describir cualquier lenguaje gráfico. En este tipo de gramática cada enunciado en un lenguaje es representado como un conjunto de objetos visuales (s-items) y un conjunto de relaciones entre estos objetos (r-items).

3.2.2.2 Cadena símbolo – relación

Dado un alfabeto de símbolos terminales V_T y un conjunto de símbolos de relación V_R , una cadena símbolo-relación w en V_T y V_R es un par $\langle M, R \rangle$, donde:

M: conjunto de s-items (v, i) con $v \in V_T$ e $i \in N$, el conjunto de números naturales. Por simplicidad, cada s-item (v, i) en M será escrito como v^i , en donde el superíndice es usado para distinguir diferentes repeticiones del mismo símbolo.

R: conjunto de r-items de la forma con $r(t_1, t_2)$ con $t_1, t_2 \in M$ y $r \in V_R$ indicando que se mantiene una relación entre t_1 y t_2 .

3.2.2.3 Definición formal de la gramática símbolo – relación

Una gramática símbolo-relación es una séxtupla $G = (V_N, V_T, V_R, S, P, R)$ donde:

Tabla 3.3 Elementos de una gramática relacional

Elemento	Definición
V_N	Conjunto finito de símbolos no-terminales.
V_T	Conjunto finito de símbolos terminales.
V_R	Conjunto de símbolos de relación.
S	Símbolo inicial.
P	Conjunto finito de producciones s-items: $Y^0 \rightarrow \langle M, R \rangle$
R	Donde: 1. $\langle M, R \rangle$ es enunciado en V_R y $V_N \cup V_T$ 2. $y \in V_N$ Conjunto finito de r-producciones de la forma: $s(Y^0, X^1) \rightarrow [I]Q$ ó $s(X^1, Y^0) \rightarrow [I]Q$

Donde:

1. I es la etiqueta de una s-producción $I: Y^0 \rightarrow \langle M, R \rangle$ (la s-producción después de la cual se debe aplicar la r-producción)
2. $X \in V_N \cup V_T$ (donde X puede ser un símbolo terminal o no terminal)
3. $Q \neq \emptyset$ es un conjunto de r-items de la forma $r(Z, X^1)$ ó $r(X^1, Z)$ con $Z \in M$ (Cuando existe un elemento Q , éste debe ser un conjunto de r-items donde se describa el tipo de relación "r", Z pertenece al conjunto de símbolo terminales y no-terminales y X permanece como se describe en su forma original)

3.2.2.4 Ejemplo de la gramática símbolo – relación, tomado de K. Marriot y B. Meyer [30]

En la Fig. 3.7 se muestra un ejemplo de la gramática símbolo-relación:

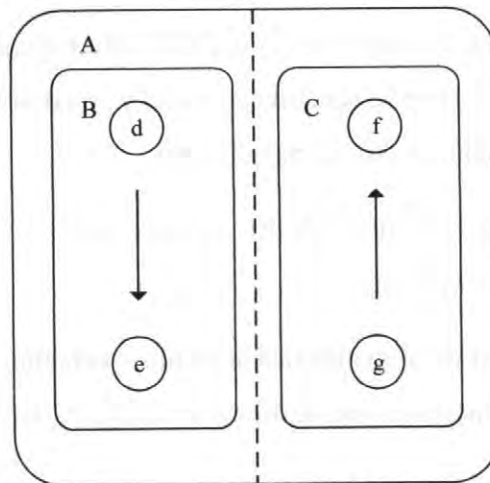


Fig. 3.7 Ejemplo de gramática símbolo-relación

La Fig. 3.7 puede ser representada por la siguiente sentencia:

$w = \langle M, R \rangle$ en $V_T = \{\text{caja, círculo, barra, flecha}\}$ $V_R = \{\text{contiene, izquierda, inicia, termina}\}$,

Donde:

$M = \{\text{caja}^1, \text{caja}^2, \text{caja}^3, \text{barra}^1, \text{flecha}^1, \text{flecha}^2, \text{círculo}^1, \text{círculo}^2, \text{círculo}^3, \text{círculo}^4\}$

$R = \{\text{contiene}(\text{caja}^1, \text{caja}^2), \text{contiene}(\text{caja}^1, \text{caja}^3), \text{contiene}(\text{caja}^1, \text{barra}^1), \text{contiene}(\text{caja}^2, \text{círculo}^1), \text{contiene}(\text{caja}^2, \text{círculo}^2), \text{contiene}(\text{caja}^3, \text{círculo}^3), \text{contiene}(\text{caja}^3, \text{círculo}^4), \text{inicia}(\text{flecha}^1,$

circulo¹), termina(flecha¹, circulo²), inicia(flecha², circulo⁴), termina(flecha², circulo³), izquierda(caja², barra¹), izquierda(barra¹, caja³)

4 Desarrollo

4.1 Juegos educativos para Ciencias de la Computación

Con base a lo mencionado en la sección 3.1.5 Características de los videojuegos serios, T. Bell, I. H. Witten, y M. Fellows presentan algunos juegos de *Computer Science Unplugged – An enrichment and extensión programme for primary-aged sudents* [31] que cumplen con las características que debe de tener un juego serio. Cabe mencionar que los juegos no han sido desarrollados en un entorno 2D o 3D, pero el objetivo de tales juegos, es enseñar tópicos de Ciencias de la Computación a personas e incluso niños, sin la necesidad de ser expertos en el dominio.

4.1.1 Contando puntos – Números binarios

El juego consiste de un conjunto de 5 tarjetas binarias, con puntos marcados en una cara y nada en la otra. Como primera regla, las tarjetas deben estar ordenadas como se muestra en la Fig. 4.1. Cuando una tarjeta está volteada y no muestra los puntos, la tarjeta se representa con un cero. Cuando sí muestra los puntos, se representa con un uno. Por lo tanto, el único movimiento válido es mostrar o no los puntos de cada tarjeta. El objetivo de dicho juego, es comprender el sistema numérico binario que utilizan las computadoras. El Anexo A contiene información detallada sobre el juego.

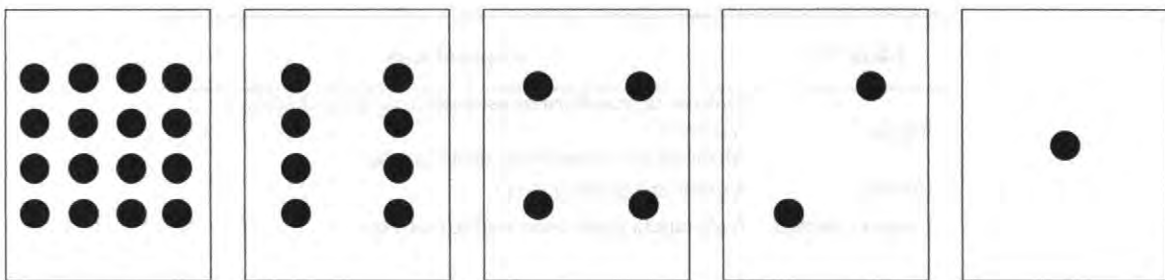


Fig. 4.1 Ordenación de tarjetas binarias

4.1.2 Enviando mensajes secretos

El juego consiste del mismo conjunto de tarjetas binarias, con puntos marcados en una cara y nada en la otra. Como primera regla, las tarjetas deben estar ordenadas como se muestra en la

Fig. 4.1. Cuando una tarjeta está volteada y no muestra los puntos, la tarjeta se representa con un cero. Cuando sí muestra los puntos, se representa con un uno. Por lo tanto, el único movimiento válido es mostrar o no los puntos de cada tarjeta. El objetivo de dicho juego, es comprender cómo la computadora puede transmitir mensajes haciendo uso del sistema binario. El Anexo B contiene información más detallada sobre el juego.

4.1.3 Coloreando por números – Representación de imágenes

El juego consiste en representar los píxeles de una imagen sobre una hoja cuadrículada, como se muestra en la Fig. C.5. Cada fila de la hoja cuadrículada está referenciada a determinados valores que se encuentran del lado derecho. El primer número se refiere siempre al número de píxeles de color blanco. Si el primer pixel es de color negro, la línea comenzará con un cero. El objetivo de dicho juego, es comprender cómo la computadora almacena una imagen. El Anexo C contiene información más detallada sobre el juego.

4.2 Identificación de las capacidades dinámicas de los juegos serios

Para el desarrollo de este trabajo de tesis, una capacidad dinámica en un juego serio hace referencia a una función que es posible realizar dentro de un juego. Una capacidad dinámica puede ser un elemento tipo regla, control o comportamiento. Con base en los juegos serios presentados en la sección 4.1 Juegos educativos para Ciencias de la Computación, se presentan las capacidades dinámicas que contiene cada juego.

Tabla 4.1 Capacidades dinámicas del juego Contando puntos – Números binarios

Elemento	Capacidades
Reglas	Ordenar tarjetas binarias ascendentemente de derecha a izquierda. Mantener el ordenamiento de las tarjetas.
Control	Voltear una tarjeta a la vez.
Comportamiento	Cada tarjeta puede estar visible u oculta.

Tabla 4.2 Capacidades dinámicas del juego Enviando mensajes secretos

Elemento	Definición
Reglas	Ordenar tarjetas binarias ascendentemente de derecha a izquierda. Mantener el ordenamiento de las tarjetas.

	Asignar valor con base al alfabeto definido en Fig. B.3 para cada conjunto de 5 tarjetas binarias.
Control	Voltear una tarjeta a la vez.
Comportamiento	Cada tarjeta puede estar visible u oculta.

Tabla 4.3 Capacidades dinámicas del juego Coloreando por números – Representación de imágenes

Elemento	Definición
Reglas	Empezar por definir los pixeles blancos, posteriormente los pixeles negros. Empezar a colorear los pixeles a partir del lado superior izquierdo de la hoja cuadriculada. Colorear una fila a la vez.
Control	Pintar un cuadro a la vez, es decir, pixel por pixel.
Comportamiento	Cada cuadro puede estar de color blanco o negro.

4.3 Selección de gramática para la representación de juegos serios

Con base en la sección 3.2 Lenguajes visuales, el tipo de gramática visual que se utilizó para el desarrollo de este trabajo de tesis fue la gramática posicional. A continuación, se listan algunas características por las cuales se eligió este tipo de lenguaje visual.

1. Permite definir para cada símbolo, relaciones con otros elementos de la gramática.
2. Las relaciones ubican al símbolo dentro de un plano cartesiano 2D con respecto a otros elementos.
3. Las relaciones permiten definir los valores ARRIBA, ABAJO, DERECHA e IZQUIERDA.
4. Cada relación es representada por un par de coordenadas que muestra qué es lo que se encuentra alrededor de un objeto.
5. Las relaciones identifican la posición en la que se encuentra un objeto dentro de un escenario de juego.
6. Se consideran útiles para poder representar tableros de juego.

4.4 Diseño de la gramática

La gramática posicional que se propuso en este trabajo se define mediante la extensión de las gramáticas lineales. La gramática posicional se define de la siguiente manera:

$$G \rightarrow (NT, T, S, P, POS) \quad (4.1)$$

Donde:

Tabla 4.4 Definición de elementos del modelo basado en gramáticas visuales

Elemento	Definición
G	Es una gramática posicional.
S	Es el símbolo inicial de G.
T	Es el conjunto de símbolos terminales
P	Es el conjunto finito de producciones.
NT	Es el conjunto de símbolos no terminales.
POS	Es el conjunto finito de identificadores relacionales binarios.

4.4.1 Notación usada en la definición de la gramática

Con la finalidad de estandarizar la formalización de la gramática que se explica en esta sección, se hace uso de la notación de flechas. Dicha convención se ha ajustado a la formalización de la gramática que describe el modelo basado en gramáticas visuales.

1. Son símbolos terminales
 - a. Las palabras escritas en minúsculas.
2. Son símbolos no terminales
 - a. Las palabras que inician en mayúsculas.
 - b. La palabra *Def_JuegoSerio* es el símbolo inicial.
 - c. El lado izquierdo de la primera producción está formado por el símbolo *Def_JuegoSerio*.

Los símbolos gramaticales se definen como el conjunto de símbolos que resultan de la unión del conjunto de símbolos No Terminales (NT) y del conjunto de símbolos Terminales (T), es decir, los símbolos son el conjunto $NT \cup T$.

Los símbolos NT definen conjuntos de cadenas que ayudan a generar el lenguaje generado por la gramática. También imponen una estructura jerárquica sobre el lenguaje que es útil para el análisis sintáctico como para la traducción. Para el caso de los símbolos T, son símbolos básicos con que se forman las cadenas.

Las producciones de una gramática especifican cómo se pueden combinar los símbolos terminales y los no terminales para formar cadenas. Cada producción consta de un símbolo no terminal seguido por una flecha, seguida de una cadena de símbolos no terminales y/o terminales.

En una gramática, un símbolo NT es considerado como el símbolo inicial y el conjunto de cadenas que representa, es el lenguaje definido por la gramática. Generalmente, este símbolo se denota con la letra S

POS es el quinto elemento de G, el cual denota el conjunto de relaciones que pueden tener los símbolos terminales de G. Básicamente, un elemento de POS representa la relación que tiene un objeto dentro de un plano cartesiano de dos dimensiones (2D) con respecto a otros objetos.

Las reglas de producción de una gramática especifican cómo se pueden combinar los símbolos de T y los símbolos de NT para formar cadenas. Cada producción consta de un símbolo de NT seguido de una flecha, seguida por una cadena de símbolos gramaticales, es decir:

$$A \rightarrow \beta \text{ donde } A \in NT \text{ y } \beta \in (NT \cup T)^* \quad (4.2)$$

Las producciones de esta gramática se definen de la siguiente manera:

$$A \rightarrow X_1 R_1 X_2 R_2 \dots X_{m-1} R_{m-1} X_m \quad (4.3)$$

Donde:

- A : Es un símbolo no terminal.
- X_j : Cualquier símbolo gramatical.
- R_j : Es una relación en POS indicando el objeto con el que se relaciona.

En este tipo de producciones, A define una regla gramatical que puede representar cualquier oración visual dentro del lenguaje que define. Cada R_j es un identificador de relación en POS, relacionando los valores de los atributos sintácticos de $X_j + 1$.

Para el desarrollo de este trabajo de tesis, el elemento POS se define de la siguiente manera:

$$POS = \{Punto\ de\ unión^{figura\ i} _ Punto\ de\ unión^{figura\ i+1}\} \quad (4.4)$$

Cabe resaltar que las reglas de producción que contienen el elemento POS se definen de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} &No\ Terminal|Terminal \\ &\rightarrow No\ Terminal|Terminal\ POS\ Terminal|Terminal\ \dots \end{aligned} \quad (4.5)$$

Para la descripción de la gramática (producciones) se utilizó la notación de flechas. Algunos de sus elementos que se usan se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.5 Elementos de la notación de flechas

Elemento	Descripción
→	Se define como o es igual a.
	Alternativa (or) para seleccionar uno u otro.
<minúsculas>	Para símbolos terminales.
<Mayúsculas>	Para símbolos no terminales

Las gramáticas descritas a continuación están desarrolladas con base en el formalismo de las gramáticas posicionales, tienen como objetivo definir el lenguaje de modelo dinámico que permita verificar los movimientos básicos de juegos educativos en el área de Ciencias de la Computación.

4.4.2 Gramática posicional Contando puntos – Números binarios

4.4.2.1 Símbolo inicial

Representa el inicio de una secuencia de tarjetas binarias. Cuando se termina de recorrer todos los elementos y reglas generadas a partir del símbolo inicial; se concluye que se ha construido una secuencia de 5 tarjetas binarias.

$$\langle Sec_Tarjetas \rangle \quad (4.6)$$

4.4.2.2 Símbolos no terminales

Simbolizan las tarjetas binarias del juego. Esto es, el símbolo $T1$ representa la primera tarjeta binaria de la secuencia, el símbolo $T2$ representa la segunda tarjeta binaria. Por lo tanto, los símbolos $T3$, $T4$ y $T5$ representan la tercera, cuarta y quinta tarjeta binaria respectivamente. La Fig. 4.6 muestra los símbolos no terminales de la gramática.

Tabla 4.6 Definición de símbolos no terminales de la gramática ContandoPuntos

Símbolo	Descripción
<T1>	Representa la tarjeta que contiene 1 punto, tanto su cara visible u oculta.
<T2>	Representa la tarjeta que contiene 2 puntos, tanto su cara visible u oculta.
<T3>	Representa la tarjeta que contiene 4 puntos, tanto su cara visible u oculta.
<T4>	Representa la tarjeta que contiene 8 puntos, tanto su cara visible u oculta.
<T5>	Representa la tarjeta que contiene 16 puntos, tanto su cara visible u oculta.

4.4.2.3 Símbolos terminales

Los símbolos terminales de la gramática están compuestos por los símbolos gráficos de acuerdo al juego mencionado en el Anexo A. Por conveniencia en el uso de esta gramática, los símbolos terminales cuentan con una serie de puntos de enlace o conexión. Para asignar los enlaces de conexión se toma en cuenta la función que tiene cada símbolo terminal al formar parte de una secuencia de tarjetas.

Considerando que los símbolos terminales forman parte del lenguaje visual para definir una secuencia de tarjetas, cada uno de éstos cuenta con puntos de conexión para relacionarse con otro símbolo para así, poder representar una secuencia de tarjetas binarias para el juego de Contando puntos – Números binarios. En la Fig. 4.2 se muestran los puntos de enlace o conexión que poseen cada uno de los símbolos terminales.

Los puntos de conexión sirven para que los símbolos puedan tener una relación de enlace con otros, y dicha relación se debe dar a través de sus conexiones definidas. Además, se muestra un identificador en la parte superior de cada tarjeta binaria, para hacer referencia a una determinada tarjeta en la gramática posicional.

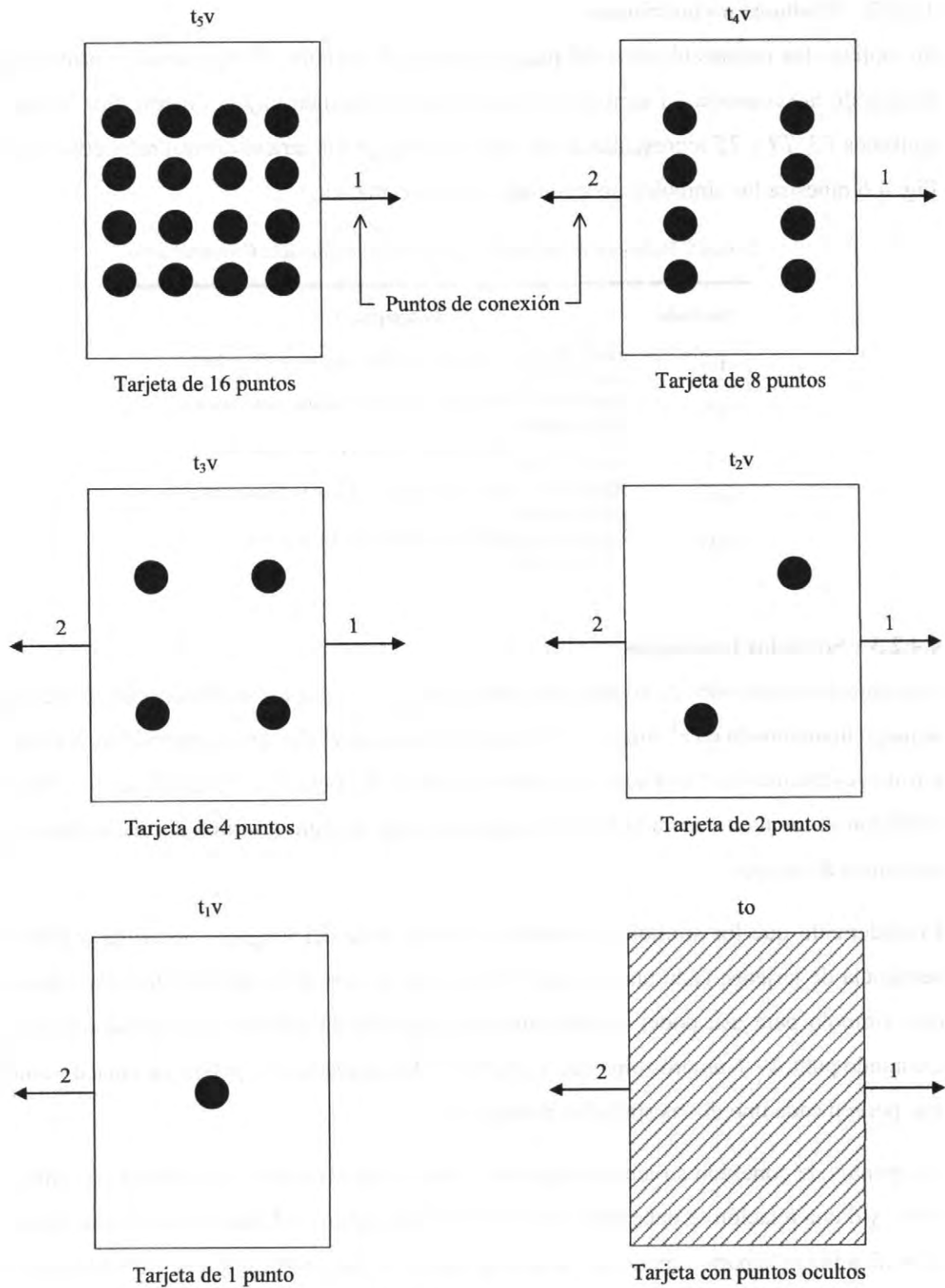


Fig. 4.2 Símbolos terminales con sus puntos de conexión

4.4.2.4 Descripción de la gramática

En la Fig. 4.3 se muestra la gramática posicional *ContandoPuntos* para el juego Contando Puntos – Números binarios. En la gramática posicional, el símbolo inicial lo determina *<Sec_Tarjetas>* y el elemento *ENLACE* hace referencia al símbolo POS.

ContandoPuntos=

- {T1, T2, T3, T4, T5}, → Símbolos no terminales
- {t1v, t2v, t3v, t4v, t5v, to}, → Símbolos terminales
- <Sec_Tarjetas>, → Símbolo inicial
- {ENLACE}, → Símbolo POS

P:{

- 1: <Sec_Tarjetas> → <T1>¹2¹ I²<T2>²2² I³<T3>³2³ I⁴<T4>⁴2⁴ I⁵<T5>⁵
- 2: <T1> → t_{1v} | to
- 3: <T2> → t_{2v} | to
- 4: <T3> → t_{3v} | to
- 5: <T4> → t_{4v} | to
- 6: <T5> → t_{5v} | to

}

Reglas de producción

Fig. 4.3 Gramática posicional para el juego Contando puntos – Números binarios

En la gramática *ContandoPuntos*, la primera regla de producción se determina con el símbolo inicial <Sec_Tarjetas>, el cual define que el símbolo no terminal <T1> se une en el punto de conexión 2 al símbolo no terminal <T2> en el punto de conexión 1. El símbolo no terminal <T2> se une en el punto de conexión 2 al símbolo no terminal <T3> en el punto de conexión 1. El símbolo no terminal <T3> se une en el punto de conexión 2 al símbolo no terminal <T4> en el punto de conexión 1. El símbolo no terminal <T4> se une en el punto de conexión 2 al símbolo no terminal <T5> en el punto de conexión 1.

A su vez, cada símbolo no terminal $\{T1, T2, T3, T4, T5, T6\}$ definen dos símbolos terminales. Esto es, la regla de producción 2 determina que el símbolo no terminal $T1$ se define como $t_1v|to$, es decir puede representar la tarjeta binaria que contiene un punto o la tarjeta binaria con puntos ocultos. La Fig. 4.4 muestra la gramática posicional *ContandoPuntos* en notación gráfica.

ContandoPuntos=

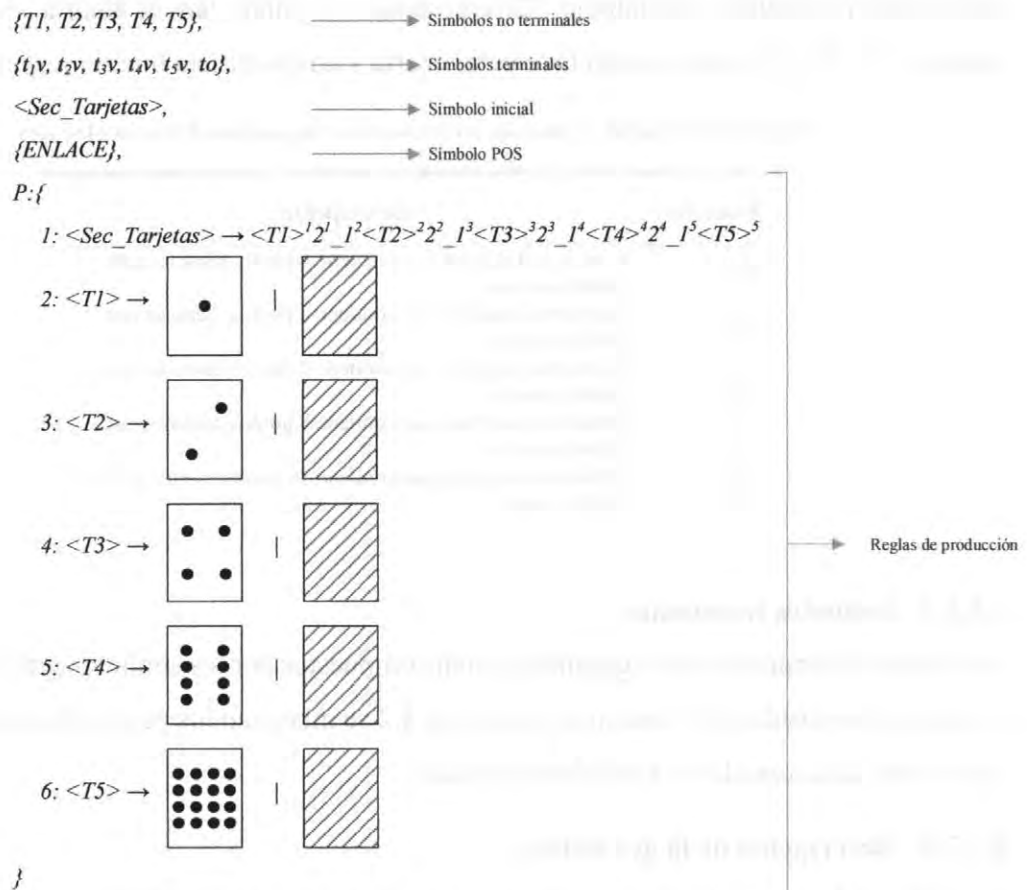


Fig. 4.4 Gramática posicional para el juego Contando puntos – Números binarios en notación gráfica

4.4.3 Gramática posicional Enviando mensajes secretos

4.4.3.1 Símbolo inicial

Representa el inicio de una secuencia de letras. Cuando se termina de recorrer todos los elementos y reglas generadas a partir del símbolo inicial; se concluye que se ha construido una secuencia de letras

< *Sec_Letras* >

(4.7)

4.4.3.2 Símbolos no terminales

Simbolizan las tarjetas binarias del juego. Esto es, el símbolo *T1* representa la primera tarjeta binaria de la secuencia, el símbolo *T2* representa la segunda tarjeta binaria. Por lo tanto, los símbolos *T3*, *T4* y *T5* representan la tercera, cuarta y quinta tarjeta binaria respectivamente.

Tabla 4.7 Definición de símbolos no terminales de la gramática *EnviandoMensajes*

Símbolo	Descripción
<T1>	Representa la tarjeta que contiene 1 punto, tanto su cara visible u oculta.
<T2>	Representa la tarjeta que contiene 2 puntos, tanto su cara visible u oculta.
<T3>	Representa la tarjeta que contiene 4 puntos, tanto su cara visible u oculta.
<T4>	Representa la tarjeta que contiene 8 puntos, tanto su cara visible u oculta.
<T5>	Representa la tarjeta que contiene 16 puntos, tanto su cara visible u oculta.

4.4.3.3 Símbolos terminales

Los símbolos terminales de la gramática están compuestos por los símbolos gráficos de acuerdo al juego mencionado en el Anexo B. En la Fig. 4.2 se muestran los puntos de enlace o conexión que poseen cada uno de los símbolos terminales.

4.4.3.4 Descripción de la gramática

En la Fig. 4.5 se muestra la gramática posicional *EnviandoMensajes* para el juego *Enviando mensajes secretos*. En la gramática posicional el símbolo inicial lo determina <*Sec_Letras*> y el elemento *ENLACE* hace referencia al símbolo POS.

En la gramática *EnviandoMensajes*, la primera regla de producción se determina con el símbolo inicial <*Sec_Letras*>, el cual se define por dos símbolos terminales: <*Sec_Tarjetas*> y <*Sec_Letras*>. El símbolo no terminal <*Sec_Tarjetas*> define que el símbolo no terminal <*T1*> se une en el punto de conexión 2 al símbolo no terminal <*T2*> en el punto de conexión 1. El símbolo no terminal <*T2*> se une en el punto de conexión 2 al símbolo no terminal <*T3*> en el

punto de conexión 1. El símbolo no terminal $\langle T3 \rangle$ se une en el punto de conexión 2 al símbolo no terminal $\langle T4 \rangle$ en el punto de conexión 1. El símbolo no terminal $\langle T4 \rangle$ se une en el punto de conexión 2 al símbolo no terminal $\langle T5 \rangle$ en el punto de conexión 1. Por otro lado, el símbolo no terminal $\langle Sec_Letras \rangle$ proporciona recursividad por la derecha a la regla de producción 1, por lo cual permite definir n letras del alfabeto.



Fig. 4.5 Gramática posicional para el juego Enviando mensajes secretos

A su vez, cada símbolo no terminal $\{T1, T2, T3, T4, T5, T6\}$ definen dos símbolos terminales. Esto es, la regla de producción 2 determina que el símbolo no terminal $T1$ se define como $t_1v|t_0$, es decir puede representar la tarjeta binaria que contiene un punto o la tarjeta binaria con puntos ocultos. La Fig. 4.6 muestra la gramática posicional *EnviandoMensajes* en notación gráfica.

EnviandoMensajes=

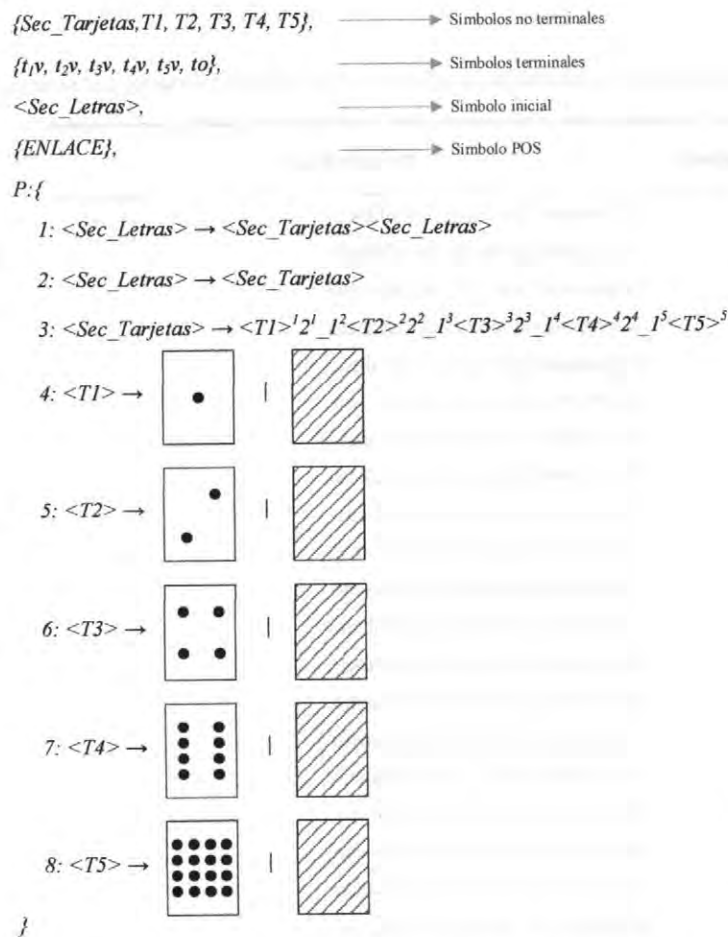


Fig. 4.6 Gramática posicional para el juego Enviando mensajes secretos en notación gráfica

4.4.4 Gramática posicional Coloreando por números – Representación de imágenes

4.4.4.1 Símbolo inicial

Representa el inicio de una secuencia de 30 cuadrados, ya sea de color blanco o negro, los cuales representarán las letras del alfabeto.

< Rep_Letras > (4.8)

4.4.4.2 Símbolos no terminales

Simbolizan las letras del alfabeto. La Tabla 4.8 muestra los símbolos no terminales de la gramática.

Tabla 4.8 Definición de símbolos no terminales de la gramática Coloreando por números

Símbolo	Descripción
<A>	Representa la letra A del alfabeto.
	Representa la letra B del alfabeto
<C>	Representa la letra C del alfabeto
<D>	Representa la letra D del alfabeto
<E>	Representa la letra E del alfabeto
<F>	Representa la letra F del alfabeto
<G>	Representa la letra G del alfabeto
<H>	Representa la letra H del alfabeto
<I>	Representa la letra I del alfabeto
<J>	Representa la letra J del alfabeto
<K>	Representa la letra K del alfabeto
<L>	Representa la letra L del alfabeto
<M>	Representa la letra M del alfabeto
<N>	Representa la letra N del alfabeto
<Ñ>	Representa la letra Ñ del alfabeto
<O>	Representa la letra O del alfabeto
<P>	Representa la letra P del alfabeto
<Q>	Representa la letra Q del alfabeto
<R>	Representa la letra R del alfabeto
<S>	Representa la letra S del alfabeto
<T>	Representa la letra T del alfabeto
<U>	Representa la letra U del alfabeto
<V>	Representa la letra V del alfabeto
<W>	Representa la letra W del alfabeto
<X>	Representa la letra X del alfabeto
<Y>	Representa la letra Y del alfabeto
<Z>	Representa la letra Z del alfabeto

4.4.4.3 Símbolos terminales

Simbolizan los píxeles, ya sean de color blanco o negro para representar las letras del alfabeto. Los símbolos terminales junto con sus puntos de conexión se describen en la Fig. 4.7. Los puntos de conexión están definidos de tal manera, que pueda ser posible generar una cuadrícula de 5x6. Además, se muestra un identificador en la parte superior de cada cuadrado, para hacer referencia a un píxel de color blanco o uno de color negro en la gramática posicional.

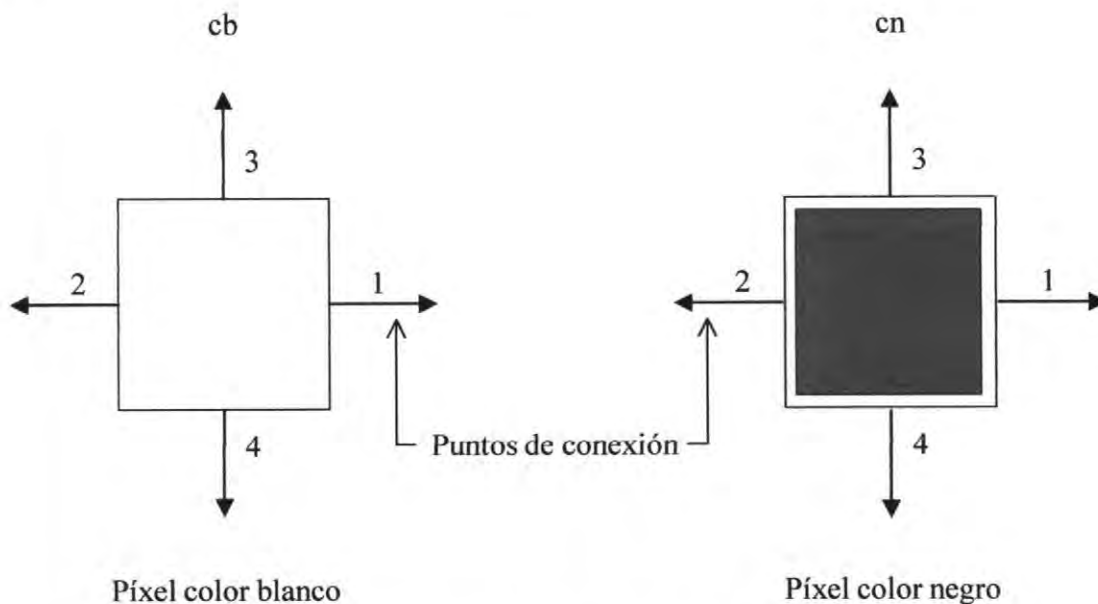


Fig. 4.7 Símbolos terminales con sus puntos de conexión (Coloreando por números)

4.4.4.4 Descripción de la gramática

En la Fig. 4.8 hasta la Fig. 4.17 se muestra la gramática posicional *ColoreandoNúmeros* para el juego *Coloreando por números* – Representación de imágenes. En la gramática posicional, el símbolo inicial lo determina $\langle Sec_Letras \rangle$ y el elemento *ENLACE* hace referencia al símbolo POS.

Coloreando Números =

{A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, Ñ, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z},

{cb, cn},

<Rep_Letras>,

{ENLACE},

P: {

→ Símbolos terminales

→ Símbolo inicial

→ Símbolo POS

→ Símbolos no terminales

1: <Rep_Letras> → <A>||<C>|<D>|<E>|<F>|<G>|<H>|<I>|<J>|<K>|<L>|<M>|<N>|<Ñ>|<O>
 <P>|<Q>|<R>|<S>|<T>|<U>|<V>|<W>|<X>|<Y>|<Z>

2: <A> → cb¹l¹2²cn¹l²2³cn¹l³2⁴cn¹l⁴2⁵cb⁵

cb¹l⁴3⁶cn¹l⁶2⁷cb⁷l⁷2⁸cb⁸l⁸2⁹cb⁹l⁹2¹⁰cn¹⁰

cn⁶l⁴3¹¹cn¹l¹¹2¹²cn¹l¹²2¹³cn¹l¹³2¹⁴cn¹l¹⁴2¹⁵cn¹⁵

cn¹¹l⁴3¹⁶cn¹l¹⁶2¹⁷cb¹⁷l¹⁷2¹⁸cb¹⁸l¹⁸2¹⁹cb¹⁹l¹⁹2²⁰cn²⁰

cn¹⁶l⁴3²¹cn¹l²¹2²²cb²²l²²2²³cb²³l²³2²⁴cb²⁴l²⁴2²⁵cn²⁵

cn²¹l⁴3²⁶cn¹l²⁶2²⁷cb²⁷l²⁷2²⁸cb²⁸l²⁸2²⁹cb²⁹l²⁹2³⁰cn³⁰

3: → cn¹l¹2²cn²l²2³cn³l³2⁴cn⁴l⁴2⁵cb⁵

cn⁴l⁴3⁶cn⁶l⁶2⁷cb⁷l⁷2⁸cb⁸l⁸2⁹cb⁹l⁹2¹⁰cn¹⁰

cn⁶l⁴3¹¹cn¹l¹¹2¹²cn¹l¹²2¹³cn¹l¹³2¹⁴cn¹l¹⁴2¹⁵cb¹⁵

cn¹¹l⁴3¹⁶cn¹l¹⁶2¹⁷cb¹⁷l¹⁷2¹⁸cb¹⁸l¹⁸2¹⁹cb¹⁹l¹⁹2²⁰cn²⁰

cn¹⁶l⁴3²¹cn¹l²¹2²²cb²²l²²2²³cb²³l²³2²⁴cb²⁴l²⁴2²⁵cn²⁵

cn²¹l⁴3²⁶cn¹l²⁶2²⁷cb²⁷l²⁷2²⁸cb²⁸l²⁸2²⁹cb²⁹l²⁹2³⁰cb³⁰

Reglas de producción

Fig. 4.8 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (1)

$$\begin{aligned}
7: <F> \rightarrow cn^1 I^1 _2^2 _3^3 cn^2 I^2 _2^3 _3^4 cn^3 I^3 _2^4 _3^5 cn^4 I^4 _2^5 _3^6 cn^5 \\
& cn^1 4^1 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 _3^8 cb^7 I^7 _2^8 _3^9 cb^8 I^8 _2^9 _3^{10} cb^9 I^9 _2^{10} _3^{11} cb^{10} \\
& cn^6 4^6 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} _3^{13} cn^{12} I^{12} _2^{13} _3^{14} cn^{13} I^{13} _2^{14} _3^{15} cb^{14} I^{14} _2^{15} _3^{16} cb^{15} \\
& cn^{11} 4^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} _3^{18} cb^{17} I^{17} _2^{18} _3^{19} cb^{18} I^{18} _2^{19} _3^{20} cb^{19} I^{19} _2^{20} _3^{21} cb^{20} \\
& cn^{16} 4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} _3^{23} cb^{22} I^{22} _2^{23} _3^{24} cb^{23} I^{23} _2^{24} _3^{25} cb^{24} I^{24} _2^{25} _3^{26} cb^{25} \\
& cn^{21} 4^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} _3^{28} cb^{27} I^{27} _2^{28} _3^{29} cb^{28} I^{28} _2^{29} _3^{30} cb^{29} I^{29} _2^{30} _3^{31} cb^{30} \\
8: <G> \rightarrow cb^1 I^1 _2^2 _3^3 cn^2 I^2 _2^3 _3^4 cn^3 I^3 _2^4 _3^5 cn^4 I^4 _2^5 _3^6 cn^5 \\
& cb^4 4^1 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 _3^8 cb^7 I^7 _2^8 _3^9 cb^8 I^8 _2^9 _3^{10} cb^9 I^9 _2^{10} _3^{11} cb^{10} \\
& cn^6 4^6 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} _3^{13} cb^{12} I^{12} _2^{13} _3^{14} cn^{13} I^{13} _2^{14} _3^{15} cn^{14} I^{14} _2^{15} _3^{16} cn^{15} \\
& cn^{11} 4^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} _3^{18} cb^{17} I^{17} _2^{18} _3^{19} cb^{18} I^{18} _2^{19} _3^{20} cb^{19} I^{19} _2^{20} _3^{21} cn^{20} \\
& cn^{16} 4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} _3^{23} cb^{22} I^{22} _2^{23} _3^{24} cb^{23} I^{23} _2^{24} _3^{25} cb^{24} I^{24} _2^{25} _3^{26} cn^{25} \\
& cn^{21} 4^{21} _3^{26} cb^{26} I^{26} _2^{27} _3^{28} cn^{27} I^{27} _2^{28} _3^{29} cn^{28} I^{28} _2^{29} _3^{30} cn^{29} I^{29} _2^{30} _3^{31} cn^{30} \\
9: <H> \rightarrow cn^1 I^1 _2^2 _3^3 cb^2 I^2 _2^3 _3^4 cb^3 I^3 _2^4 _3^5 cb^4 I^4 _2^5 _3^6 cn^5 \\
& cn^4 4^1 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 _3^8 cb^7 I^7 _2^8 _3^9 cb^8 I^8 _2^9 _3^{10} cb^9 I^9 _2^{10} _3^{11} cn^{10} \\
& cn^6 4^6 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} _3^{13} cn^{12} I^{12} _2^{13} _3^{14} cn^{13} I^{13} _2^{14} _3^{15} cn^{14} I^{14} _2^{15} _3^{16} cn^{15} \\
& cn^{11} 4^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} _3^{18} cb^{17} I^{17} _2^{18} _3^{19} cb^{18} I^{18} _2^{19} _3^{20} cb^{19} I^{19} _2^{20} _3^{21} cn^{20} \\
& cn^{16} 4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} _3^{23} cb^{22} I^{22} _2^{23} _3^{24} cb^{23} I^{23} _2^{24} _3^{25} cb^{24} I^{24} _2^{25} _3^{26} cn^{25} \\
& cn^{21} 4^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} _3^{28} cb^{27} I^{27} _2^{28} _3^{29} cb^{28} I^{28} _2^{29} _3^{30} cb^{29} I^{29} _2^{30} _3^{31} cn^{30}
\end{aligned}$$

Fig. 4.10 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (3)

$$\begin{aligned}
10: \langle I \rangle &\rightarrow cb^1 1^1 _2^2 cn^3 1^3 _2^3 cn^4 1^4 _2^4 cn^5 1^5 _2^5 cb^6 \\
&cb^1 4^1 _3^6 cb^6 1^6 _2^7 cb^7 1^7 _2^8 cn^8 1^8 _2^9 cb^9 1^9 _2^{10} cb^{10} \\
&cb^6 4^6 _3^{11} cb^{11} 1^{11} _2^{12} cb^{12} 1^{12} _2^{13} cn^{13} 1^{13} _2^{14} cb^{14} 1^{14} _2^{15} cb^{15} \\
&cb^{11} 4^{11} _3^{16} cb^{16} 1^{16} _2^{17} cb^{17} 1^{17} _2^{18} cn^{18} 1^{18} _2^{19} cb^{19} 1^{19} _2^{20} cb^{20} \\
&cb^{16} 4^{16} _3^{21} cb^{21} 1^{21} _2^{22} cb^{22} 1^{22} _2^{23} cn^{23} 1^{23} _2^{24} cb^{24} 1^{24} _2^{25} cb^{25} \\
&cb^{21} 4^{21} _3^{26} cb^{26} 1^{26} _2^{27} cn^{27} 1^{27} _2^{28} cn^{28} 1^{28} _2^{29} cn^{29} 1^{29} _2^{30} cb^{30} \\
\\
11: \langle J \rangle &\rightarrow cb^1 1^1 _2^2 cb^3 1^3 _2^3 cb^4 1^4 _2^4 cb^5 1^5 \\
&cb^1 4^1 _3^6 cb^6 1^6 _2^7 cb^7 1^7 _2^8 cb^8 1^8 _2^9 cb^9 1^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cb^6 4^6 _3^{11} cb^{11} 1^{11} _2^{12} cb^{12} 1^{12} _2^{13} cn^{13} 1^{13} _2^{14} cb^{14} 1^{14} _2^{15} cn^{15} \\
&cb^{11} 4^{11} _3^{16} cb^{16} 1^{16} _2^{17} cb^{17} 1^{17} _2^{18} cb^{18} 1^{18} _2^{19} cb^{19} 1^{19} _2^{20} cn^{20} \\
&cb^{16} 4^{16} _3^{21} cn^{21} 1^{21} _2^{22} cb^{22} 1^{22} _2^{23} cb^{23} 1^{23} _2^{24} cb^{24} 1^{24} _2^{25} cn^{25} \\
&cn^{21} 4^{21} _3^{26} cb^{26} 1^{26} _2^{27} cn^{27} 1^{27} _2^{28} cn^{28} 1^{28} _2^{29} cn^{29} 1^{29} _2^{30} cb^{30} \\
\\
12: \langle K \rangle &\rightarrow cn^1 1^1 _2^2 cb^2 1^2 _2^3 cb^3 1^3 _2^4 cn^4 1^4 _2^5 cb^5 \\
&cn^1 4^1 _3^6 cn^6 1^6 _2^7 cb^7 1^7 _2^8 cn^8 1^8 _2^9 cb^9 1^9 _2^{10} cb^{10} \\
&cn^6 4^6 _3^{11} cn^{11} 1^{11} _2^{12} cn^{12} 1^{12} _2^{13} cb^{13} 1^{13} _2^{14} cb^{14} 1^{14} _2^{15} cb^{15} \\
&cn^{11} 4^{11} _3^{16} cn^{16} 1^{16} _2^{17} cb^{17} 1^{17} _2^{18} cn^{18} 1^{18} _2^{19} cb^{19} 1^{19} _2^{20} cb^{20} \\
&cn^{16} 4^{16} _3^{21} cn^{21} 1^{21} _2^{22} cb^{22} 1^{22} _2^{23} cb^{23} 1^{23} _2^{24} cn^{24} 1^{24} _2^{25} cb^{25} \\
&cn^{21} 4^{21} _3^{26} cn^{26} 1^{26} _2^{27} cb^{27} 1^{27} _2^{28} cb^{28} 1^{28} _2^{29} cb^{29} 1^{29} _2^{30} cn^{30}
\end{aligned}$$

Fig. 4.11 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (4)

$$\begin{aligned}
13: \langle L \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 cb^2 I^2 _2^3 cb^3 I^3 _2^4 cb^4 I^4 _2^5 cb^5 \\
&cn^1 4^1 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cb^{10} \\
&cn^6 4^6 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cb^{12} I^{12} _2^{13} cb^{13} I^{13} _2^{14} cb^{14} I^{14} _2^{15} cb^{15} \\
&cn^{11} 4^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cb^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cb^{20} \\
&cn^{16} 4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cb^{25} \\
&cn^{21} 4^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cb^{27} I^{27} _2^{28} cb^{28} I^{28} _2^{29} cb^{29} I^{29} _2^{30} cb^{30} \\
14: \langle M \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 cb^2 I^2 _2^3 cb^3 I^3 _2^4 cb^4 I^4 _2^5 cn^5 \\
&cn^1 4^1 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cn^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cn^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cn^6 4^6 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cb^{12} I^{12} _2^{13} cn^{13} I^{13} _2^{14} cb^{14} I^{14} _2^{15} cn^{15} \\
&cn^{11} 4^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cb^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cn^{20} \\
&cn^{16} 4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cn^{25} \\
&cn^{21} 4^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cb^{27} I^{27} _2^{28} cb^{28} I^{28} _2^{29} cb^{29} I^{29} _2^{30} cn^{30} \\
15: \langle N \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 cb^2 I^2 _2^3 cb^3 I^3 _2^4 cb^4 I^4 _2^5 cn^5 \\
&cn^1 4^1 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cn^6 4^6 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cn^{12} I^{12} _2^{13} cb^{13} I^{13} _2^{14} cb^{14} I^{14} _2^{15} cn^{15} \\
&cn^{11} 4^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cn^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cn^{20} \\
&cn^{16} 4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cn^{24} I^{24} _2^{25} cn^{25} \\
&cn^{21} 4^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cb^{27} I^{27} _2^{28} cb^{28} I^{28} _2^{29} cb^{29} I^{29} _2^{30} cb^{30}
\end{aligned}$$

Fig. 4.12 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (5)

$$\begin{aligned}
16: \langle \tilde{N} \rangle &\rightarrow cb^1 I^1 _2^2 cn^2 I^2 _2^3 cn^3 I^3 _2^4 cn^4 I^4 _2^5 cb^5 \\
&cb^4 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cn^6 _4^6 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cn^{12} I^{12} _2^{13} cb^{13} I^{13} _2^{14} cb^{14} I^{14} _2^{15} cn^{15} \\
&cn^{11} _4^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cn^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cn^{20} \\
&cn^{16} _4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cn^{24} I^{24} _2^{25} cn^{25} \\
&cn^{21} _4^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cb^{27} I^{27} _2^{28} cb^{28} I^{28} _2^{29} cb^{29} I^{29} _2^{30} cn^{30} \\
17: \langle O \rangle &\rightarrow cb^1 I^1 _2^2 cn^2 I^2 _2^3 cn^3 I^3 _2^4 cn^4 I^4 _2^5 cb^5 \\
&cb^4 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cn^6 _4^6 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cb^{12} I^{12} _2^{13} cb^{13} I^{13} _2^{14} cb^{14} I^{14} _2^{15} cn^{15} \\
&cn^{11} _4^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cb^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cn^{20} \\
&cn^{16} _4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cn^{25} \\
&cn^{21} _4^{21} _3^{26} cb^{26} I^{26} _2^{27} cn^{27} I^{27} _2^{28} cn^{28} I^{28} _2^{29} cn^{29} I^{29} _2^{30} cb^{30} \\
18: \langle P \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 cn^2 I^2 _2^3 cn^3 I^3 _2^4 cn^4 I^4 _2^5 cb^5 \\
&cn^4 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cn^6 _4^6 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cb^{12} I^{12} _2^{13} cb^{13} I^{13} _2^{14} cb^{14} I^{14} _2^{15} cn^{15} \\
&cn^{11} _4^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cn^{17} I^{17} _2^{18} cn^{18} I^{18} _2^{19} cn^{19} I^{19} _2^{20} cb^{20} \\
&cn^{16} _4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cb^{25} \\
&cn^{21} _4^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cb^{27} I^{27} _2^{28} cb^{28} I^{28} _2^{29} cb^{29} I^{29} _2^{30} cb^{30}
\end{aligned}$$

Fig. 4.13 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (6)

$$\begin{aligned}
19: \langle Q \rangle &\rightarrow cb^1 I^1 _2 _2^2 cn^2 I^2 _2^3 cn^3 I^3 _2^4 cn^4 I^4 _2^5 cb^5 \\
&cb^1 4^1 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cn^6 4^6 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cb^{12} I^{12} _2^{13} cb^{13} I^{13} _2^{14} cb^{14} I^{14} _2^{15} cn^{15} \\
&cn^{11} 4^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cn^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cn^{20} \\
&cn^{16} 4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cn^{24} I^{24} _2^{25} cn^{25} \\
&cn^{21} 4^{21} _3^{26} cb^{26} I^{26} _2^{27} cn^{27} I^{27} _2^{28} cn^{28} I^{28} _2^{29} cn^{29} I^{29} _2^{30} cn^{30} \\
20: \langle R \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2 _2^2 cn^2 I^2 _2^3 cn^3 I^3 _2^4 cn^4 I^4 _2^5 cb^5 \\
&cn^1 4^1 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cn^6 4^6 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cn^{12} I^{12} _2^{13} cn^{13} I^{13} _2^{14} cn^{14} I^{14} _2^{15} cb^{15} \\
&cn^{11} 4^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cn^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cb^{20} \\
&cn^{16} 4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cn^{24} I^{24} _2^{25} cb^{25} \\
&cn^{21} 4^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cb^{27} I^{27} _2^{28} cb^{28} I^{28} _2^{29} cb^{29} I^{29} _2^{30} cn^{30} \\
21: \langle S \rangle &\rightarrow cb^1 I^1 _2 _2^2 cn^2 I^2 _2^3 cn^3 I^3 _2^4 cn^4 I^4 _2^5 cn^5 \\
&cb^1 4^1 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cb^{10} \\
&cn^6 4^6 _3^{11} cb^{11} I^{11} _2^{12} cn^{12} I^{12} _2^{13} cn^{13} I^{13} _2^{14} cn^{14} I^{14} _2^{15} cb^{15} \\
&cb^{11} 4^{11} _3^{16} cb^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cb^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cn^{20} \\
&cb^{16} 4^{16} _3^{21} cb^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cn^{25} \\
&cb^{21} 4^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cn^{27} I^{27} _2^{28} cn^{28} I^{28} _2^{29} cn^{29} I^{29} _2^{30} cb^{30}
\end{aligned}$$

Fig. 4.14 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (7)

22: $\langle T \rangle \rightarrow cb^1 1^2_2 cn^2 1^2_2 2^3_3 cn^3 1^3_3 2^4_4 cn^4 1^4_4 2^5_5 cb^5$
 $cb^1 4^4_4 3^6_6 cb^6 1^6_6 2^7_7 cb^7 1^8_8 cn^8 1^8_8 2^9_9 cb^9 1^9_9 2^{10}_{10} cb^{10}$
 $cb^6 4^6_6 3^{11}_{11} cb^{11} 1^{11}_{11} 2^{12}_{12} cb^{12} 1^{12}_{12} 2^{13}_{13} cn^{13} 1^{13}_{13} 2^{14}_{14} cb^{14} 1^{14}_{14} 2^{15}_{15} cb^{15}$
 $cb^{11} 4^{11}_{11} 3^{16}_{16} cb^{16} 1^{16}_{16} 2^{17}_{17} cb^{17} 1^{17}_{17} 2^{18}_{18} cn^{18} 1^{18}_{18} 2^{19}_{19} cb^{19} 1^{19}_{19} 2^{20}_{20} cb^{20}$
 $cb^{16} 4^{16}_{16} 3^{21}_{21} cb^{21} 1^{21}_{21} 2^{22}_{22} cb^{22} 1^{22}_{22} 2^{23}_{23} cn^{23} 1^{23}_{23} 2^{24}_{24} cb^{24} 1^{24}_{24} 2^{25}_{25} cb^{25}$
 $cb^{21} 4^{21}_{21} 3^{26}_{26} cb^{26} 1^{26}_{26} 2^{27}_{27} cb^{27} 1^{27}_{27} 2^{28}_{28} cn^{28} 1^{28}_{28} 2^{29}_{29} cb^{29} 1^{29}_{29} 2^{30}_{30} cb^{30}$

23: $\langle U \rangle \rightarrow cn^1 1^1_1 2^2_2 cb^2 1^2_2 2^3_3 cb^3 1^3_3 2^4_4 cb^4 1^4_4 2^5_5 cn^5$
 $cn^1 4^4_4 3^6_6 cn^6 1^6_6 2^7_7 cb^7 1^8_8 cb^8 1^8_8 2^9_9 cb^9 1^9_9 2^{10}_{10} cn^{10}$
 $cn^6 4^6_6 3^{11}_{11} cn^{11} 1^{11}_{11} 2^{12}_{12} cb^{12} 1^{12}_{12} 2^{13}_{13} cb^{13} 1^{13}_{13} 2^{14}_{14} cb^{14} 1^{14}_{14} 2^{15}_{15} cn^{15}$
 $cn^{11} 4^{11}_{11} 3^{16}_{16} cn^{16} 1^{16}_{16} 2^{17}_{17} cb^{17} 1^{17}_{17} 2^{18}_{18} cb^{18} 1^{18}_{18} 2^{19}_{19} cb^{19} 1^{19}_{19} 2^{20}_{20} cn^{20}$
 $cn^{16} 4^{16}_{16} 3^{21}_{21} cn^{21} 1^{21}_{21} 2^{22}_{22} cb^{22} 1^{22}_{22} 2^{23}_{23} cb^{23} 1^{23}_{23} 2^{24}_{24} cb^{24} 1^{24}_{24} 2^{25}_{25} cn^{25}$
 $cn^{21} 4^{21}_{21} 3^{26}_{26} cn^{26} 1^{26}_{26} 2^{27}_{27} cn^{27} 1^{27}_{27} 2^{28}_{28} cn^{28} 1^{28}_{28} 2^{29}_{29} cn^{29} 1^{29}_{29} 2^{30}_{30} cn^{30}$

24: $\langle V \rangle \rightarrow cn^1 1^1_1 2^2_2 cb^2 1^2_2 2^3_3 cb^3 1^3_3 2^4_4 cb^4 1^4_4 2^5_5 cn^5$
 $cn^1 4^4_4 3^6_6 cn^6 1^6_6 2^7_7 cb^7 1^8_8 cb^8 1^8_8 2^9_9 cb^9 1^9_9 2^{10}_{10} cn^{10}$
 $cn^6 4^6_6 3^{11}_{11} cn^{11} 1^{11}_{11} 2^{12}_{12} cb^{12} 1^{12}_{12} 2^{13}_{13} cb^{13} 1^{13}_{13} 2^{14}_{14} cb^{14} 1^{14}_{14} 2^{15}_{15} cn^{15}$
 $cn^{11} 4^{11}_{11} 3^{16}_{16} cn^{16} 1^{16}_{16} 2^{17}_{17} cb^{17} 1^{17}_{17} 2^{18}_{18} cb^{18} 1^{18}_{18} 2^{19}_{19} cb^{19} 1^{19}_{19} 2^{20}_{20} cn^{20}$
 $cn^{16} 4^{16}_{16} 3^{21}_{21} cn^{21} 1^{21}_{21} 2^{22}_{22} cb^{22} 1^{22}_{22} 2^{23}_{23} cb^{23} 1^{23}_{23} 2^{24}_{24} cb^{24} 1^{24}_{24} 2^{25}_{25} cn^{25}$
 $cn^{21} 4^{21}_{21} 3^{26}_{26} cb^{26} 1^{26}_{26} 2^{27}_{27} cn^{27} 1^{27}_{27} 2^{28}_{28} cn^{28} 1^{28}_{28} 2^{29}_{29} cn^{29} 1^{29}_{29} 2^{30}_{30} cb^{30}$

Fig. 4.15 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (8)

25: $\langle W \rangle \rightarrow cn^1 I^1 _2^2 cb^2 I^2 _2^3 cb^3 I^3 _2^4 cb^4 I^4 _2^5 cn^5$
 $cn^1 4^1 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10}$
 $cn^6 4^6 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cb^{12} I^{12} _2^{13} cb^{13} I^{13} _2^{14} cb^{14} I^{14} _2^{15} cn^{15}$
 $cn^{11} 4^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cb^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cn^{20}$
 $cn^{16} 4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cn^{22} I^{22} _2^{23} cn^{23} I^{23} _2^{24} cn^{24} I^{24} _2^{25} cn^{25}$
 $cn^{21} 4^{21} _3^{26} cb^{26} I^{26} _2^{27} cn^{27} I^{27} _2^{28} cn^{28} I^{28} _2^{29} cn^{29} I^{29} _2^{30} cb^{30}$

26: $\langle X \rangle \rightarrow cn^1 I^1 _2^2 cb^2 I^2 _2^3 cb^3 I^3 _2^4 cb^4 I^4 _2^5 cn^5$
 $cn^1 4^1 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10}$
 $cn^6 4^6 _3^{11} cb^{11} I^{11} _2^{12} cn^{12} I^{12} _2^{13} cn^{13} I^{13} _2^{14} cn^{14} I^{14} _2^{15} cb^{15}$
 $cb^{11} 4^{11} _3^{16} cb^{16} I^{16} _2^{17} cn^{17} I^{17} _2^{18} cn^{18} I^{18} _2^{19} cn^{19} I^{19} _2^{20} cb^{20}$
 $cb^{16} 4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cn^{25}$
 $cn^{21} 4^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cb^{27} I^{27} _2^{28} cb^{28} I^{28} _2^{29} cb^{29} I^{29} _2^{30} cn^{30}$

27: $\langle Y \rangle \rightarrow cn^1 I^1 _2^2 cb^2 I^2 _2^3 cb^3 I^3 _2^4 cb^4 I^4 _2^5 cn^5$
 $cn^1 4^1 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10}$
 $cn^6 4^6 _3^{11} cb^{11} I^{11} _2^{12} cn^{12} I^{12} _2^{13} cn^{13} I^{13} _2^{14} cn^{14} I^{14} _2^{15} cb^{15}$
 $cb^{11} 4^{11} _3^{16} cb^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cn^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cb^{20}$
 $cb^{16} 4^{16} _3^{21} cb^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cn^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cb^{25}$
 $cb^{21} 4^{21} _3^{26} cb^{26} I^{26} _2^{27} cb^{27} I^{27} _2^{28} cn^{28} I^{28} _2^{29} cb^{29} I^{29} _2^{30} cb^{30}$

Fig. 4.16 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (9)

$$\begin{aligned}
 28: \langle Z \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 cn^2 I^2 _3^3 cn^3 I^3 _4^4 cn^4 I^4 _5^5 cn^5 \\
 &cn^1 4^1 _3^6 cb^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
 &cb^6 4^6 _3^{11} cb^{11} I^{11} _2^{12} cb^{12} I^{12} _2^{13} cb^{13} I^{13} _2^{14} cn^{14} I^{14} _2^{15} cb^{15} \\
 &cb^{11} 4^{11} _3^{16} cb^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cn^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cb^{20} \\
 &cb^{16} 4^{16} _3^{21} cb^{21} I^{21} _2^{22} cn^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cb^{25} \\
 &cb^{21} 4^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cn^{27} I^{27} _2^{28} cn^{28} I^{28} _2^{29} cn^{29} I^{29} _2^{30} cn^{30} \\
 &\}
 \end{aligned}$$

Fig. 4.17 Gramática posicional para el juego Coloreando por números (10)

Las reglas de producción de la gramática *ColoreandoNúmeros* permiten representar las letras del alfabeto. A modo de ejemplo, en la Fig. 4.18 se muestra la representación de la letra A. El Anexo D contiene la representación de las demás letras del alfabeto.

En la gramática *ColoreandoNúmeros*, la primera regla de producción se determina con el símbolo inicial $\langle Rep_Letras \rangle$, el cual define un símbolo no terminal de las letras del alfabeto. Para el caso del símbolo no terminal A , la regla de producción dos define que el símbolo terminal cb^1 se une en el punto de conexión 1 al punto de conexión 2 al símbolo terminal cn^2 . El símbolo no terminal cn^2 se une en el punto de conexión 1 al punto de conexión 2 al símbolo terminal cn^3 . La regla de producción dos define los puntos de conexión de los 30 cuadrados, así como el color que debe de tener cada uno para poder formar la letra A del alfabeto.

1	2	3	4	5	1,3,1
6	7	8	9	10	0,1,3,1
11	12	13	14	15	0,5
16	17	18	19	20	0,1,3,1
21	22	23	24	25	0,1,3,1
26	27	28	29	30	0,1,3,1

Fig. 4.18 Representación gráfica del símbolo no terminal A

4.5 Modelo formal de juegos serios

El objetivo del modelo formal es representar y controlar los movimientos básicos de videojuegos serios a través de las gramáticas posicionales para proporcionar soporte a los desarrolladores de software en la realización correcta del diseño de videojuegos serios cortos.

Con base en la información mencionada en la sección 3.1 Videojuegos serios, se concluyó que un juego serio está compuesto de los siguientes elementos:

- Reglas: Normas del juego que deben ser respetadas, ya sea movimientos permitidos en el juego o la manera de ordenar cartas o fichas.
- Control: Los movimientos que puede realizar el jugador en un elemento de juego.
Comportamiento: Las reacciones que tienen los elementos de juego una vez que recibieron una acción por parte del jugador.
- Mecánicas principales: Verifican que los elementos del juego se reproduzcan conforme a las reglas, control y comportamientos que posean cada uno de ellos.

En la Fig. 4.19 se muestran los elementos que componen un juego serio:

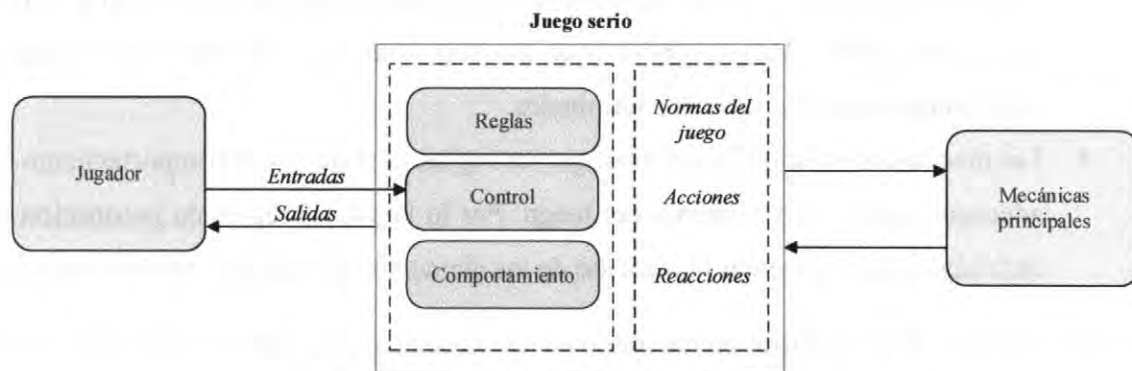


Fig. 4.19 Composición de un juego serio (elaboración propia)

Haciendo una analogía de los componentes de un juego serio que se muestran en la Fig. 4.19, las capacidades dinámicas que tiene cada juego presentadas desde la Tabla 4.1 hasta la Tabla 4.3 y los elementos que contiene una gramática que se muestran en la Tabla 4.4, se obtiene la Fig. 4.20. La comparación que se realiza entre los componentes de un juego serio con las capacidades y elementos de una gramática posicional se relaciona de la siguiente manera:

Un jugador hace referencia a un desarrollador de software, el cual manda como entrada un símbolo inicial de determinada gramática perteneciente al modelo formal de juegos serios. Cada componente del juego serio se relaciona de la siguiente manera:

- Las reglas representan las capacidades dinámicas que deben ser mantenidas durante todo el juego, por mencionar algunas: el orden de las cartas, el número de píxeles de color blanco y después el número de píxeles de color negro, el pintado de una fila a la vez para representar una letra del alfabeto, entre otras. Dichas capacidades están expresadas con el elemento *POS* de la gramática. Éste indica las relaciones que existen entre las tarjetas binarias, así como en los píxeles de color blanco y los de color negro para formar una letra del alfabeto.
- El control representa las acciones que tiene un elemento del juego. En este caso, los elementos de juego que participan son las tarjetas y los píxeles, por lo tanto, el elemento de la gramática que los representa son los símbolos no terminales.
- El comportamiento hace referencia a las reacciones (estados) que tiene el elemento del juego para determinada acción. En otras palabras, una tarjeta puede estar visible u oculta al aplicar la acción de voltear, un cuadro puede ser de color blanco o negro al aplicar la acción de pintar. Estos estados que pueden tener los elementos del juego son representados con los símbolos terminales.
- Las mecánicas principales verifican que las reglas, el control y el comportamiento sea el adecuado para cierto elemento del juego. Por lo tanto, las reglas de producción están definidas para representar la reacción de los elementos del juego al recibir una acción.

Como resultado de la verificación que realizan las mecánicas principales se obtiene el modelo dinámico del juego formalmente correcto.

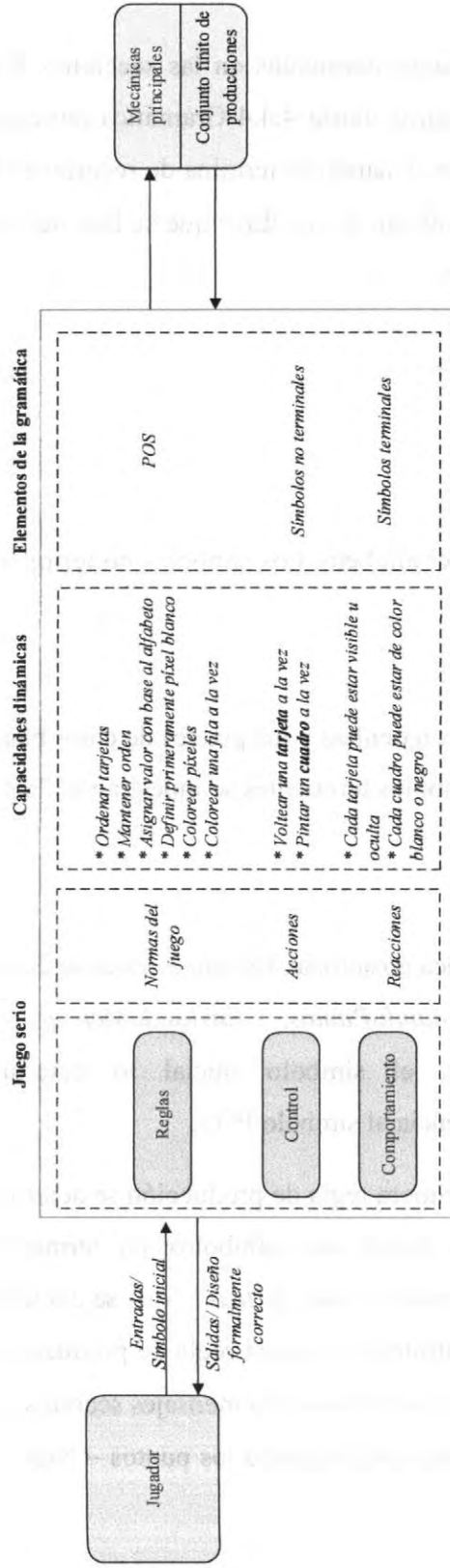


Fig. 4.20 Modelo conceptual de los elementos de un videojuego (elaboración propia)

4.5.1 Símbolo inicial

Representa el inicio de cada uno de los diferentes juegos abordados en las secciones 4.4.2 Gramática posicional Contando puntos – Números binarios hasta 4.4.4 Gramática posicional Coloreando por números – Representación de imágenes. Cuando se termina de recorrer todos los elementos y reglas generadas a partir del símbolo inicial, se concluye que se han definido formalmente los movimientos básicos de un juego serio.

$$\langle \text{Def_JuegoSerio} \rangle \quad (4.9)$$

4.5.2 Símbolos no terminales

Simbolizan las tarjetas binarias del juego y las letras del alfabeto. Los símbolos no terminales se muestran en la Tabla 4.6, la Tabla 4.7 y la Tabla 4.8.

4.5.3 Símbolos terminales

Simbolizan las tarjetas binarias del juego ya sea visibles u ocultas y los píxeles de color blanco y negro para representar las letras del alfabeto. Los símbolos terminales se muestran en la Fig. 4.2 y en la Fig. 4.7.

4.5.4 Descripción de la gramática

En la Fig. 4.21 hasta la Fig. 4.30 se muestra la gramática posicional *Modelo Formal de Juegos Serios*, ésta incluye las gramáticas de *ContandoPuntos*, *EnviandoMensajes* y *ColoreandoNúmeros*. En la gramática posicional, el símbolo inicial lo determina $\langle \text{Def_JuegoSerio} \rangle$ y el elemento *ENLACE* hace referencia al símbolo POS.

En la gramática *Modelo Formal de Juegos Serios*, la primera regla de producción se determina con el símbolo inicial $\langle \text{Def_JuegoSerio} \rangle$, la cual define dos símbolos no terminales: $\langle \text{Sec_Letras} \rangle$ o $\langle \text{Rep_Letras} \rangle$. Para el símbolo no terminal $\langle \text{Sec_Letras} \rangle$ que se encuentra en la regla de producción 2, existen dos reglas para definirlo: la propia regla de producción 2 con recursividad por la izquierda para el juego en el Anexo B Enviando mensajes secretos, o la regla de producción 3 para el juego detallado en el Anexo A Contando los puntos – Números binarios.

En la regla de producción 10 se define el símbolo no terminal $\langle Rep_Letras \rangle$, que a su vez cuenta con los símbolos no terminales que van de la A a la Z. Las reglas de producción de la 11 a la 37 establecen los puntos de conexión de los 30 cuadrados, así como el color que debe de tener cada uno para poder formar cada letra del alfabeto.

Modelo Formal de Juegos Serios=

{*Sec_Tarjetas*, *Sec_Letras*, *T1*, *T2*, *T3*, *T4*, *T5*, *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *H*, *I*, *J*, *K*, *L*, *M*, *N*, *Ñ*, *O*, *P*, *Q*, *R*, *S*, *T*, *U*, *V*, *W*, *X*, *Y*, *Z*},
 → Símbolos no terminales

{*t1v*, *t2v*, *t3v*, *t4v*, *t5v*, *to*, *cb*, *cn*},
 → Símbolos terminales

<*Def_JuegoSerio*>,
 → Símbolo inicial

{*ENLACE*}
 → Símbolo POS

P: {

1: <*Def_JuegoSerio*> → <*Sec_Letras*> | <*Rep_Letras*>

2: <*Sec_Letras*> → <*Sec_Tarjetas*> <*Sec_Letras*>

3: <*Sec_Letras*> → <*Sec_Tarjetas*>

4: <*Sec_Tarjetas*> → <*T1*>¹ | <*T2*>² | <*T3*>³ | <*T4*>⁴ | <*T5*>⁵

5: <*T1*> → *t1v* | *to*

6: <*T2*> → *t2v* | *to*

7: <*T3*> → *t3v* | *to*

8: <*T4*> → *t4v* | *to*

9: <*T5*> → *t5v* | *to*

10: <*Rep_Letras*> → <*A*> | <*B*> | <*C*> | <*D*> | <*E*> | <*F*> | <*G*> | <*H*> | <*I*> | <*J*> | <*K*> | <*L*> | <*M*> | <*N*> | <*Ñ*> | <*O*> | <*P*> | <*Q*> | <*R*> | <*S*> | <*T*> | <*U*> | <*V*> | <*W*> | <*X*> | <*Y*> | <*Z*>

Fig. 4.21 Modelo formal de juegos serios (1)

$$\begin{aligned}
 11: \langle A \rangle &\rightarrow cb^1 I^1 _2^2 cn^3 I^3 _2^3 cn^4 I^4 _2^4 cn^5 cb^5 \\
 &cb^1 I^4 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
 &cn^{64} _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cn^{12} I^{12} _2^{13} cn^{13} I^{13} _2^{14} cn^{14} I^{14} _2^{15} cn^{15} \\
 &cn^{114} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cb^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cn^{20} \\
 &cn^{164} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cn^{25} \\
 &cn^{214} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cb^{27} I^{27} _2^{28} cb^{28} I^{28} _2^{29} cb^{29} I^{29} _2^{30} cn^{30} \\
 \\
 12: \langle B \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 cn^2 I^2 _2^3 cn^3 I^3 _2^4 cn^4 I^4 _2^5 cb^5 \\
 &cn^{14} _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
 &cn^{64} _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cn^{12} I^{12} _2^{13} cn^{13} I^{13} _2^{14} cn^{14} I^{14} _2^{15} cb^{15} \\
 &cn^{114} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cb^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cn^{20} \\
 &cn^{164} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cn^{25} \\
 &cn^{214} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cn^{27} I^{27} _2^{28} cn^{28} I^{28} _2^{29} cn^{29} I^{29} _2^{30} cb^{30} \\
 \\
 13: \langle C \rangle &\rightarrow cb^1 I^1 _2^2 cn^3 I^3 _2^4 cn^4 I^4 _2^5 cn^5 \\
 &cb^1 I^4 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
 &cn^{64} _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cb^{12} I^{12} _2^{13} cb^{13} I^{13} _2^{14} cb^{14} I^{14} _2^{15} cb^{15} \\
 &cn^{114} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cb^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cb^{20} \\
 &cn^{164} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cb^{25} \\
 &cn^{214} _3^{26} cb^{26} I^{26} _2^{27} cn^{27} I^{27} _2^{28} cn^{28} I^{28} _2^{29} cn^{29} I^{29} _2^{30} cb^{30}
 \end{aligned}$$

Fig. 4.22 Modelo formal de juegos serios (2)

$$\begin{aligned}
14: \langle D \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 _3^3 cn^3 I^3 _2^4 _1^4 cn^4 I^4 _2^5 _3^5 cb^5 \\
&cn^4 I^4 _3^6 _1^6 _2^7 _3^7 _4^8 _1^8 _2^9 _3^9 _4^10 _1^10 _2^11 _3^11 _4^12 _1^12 _2^13 _3^13 _4^13 _1^14 _2^14 _3^14 _4^14 _1^15 _2^15 _3^15 _4^16 \\
&cn^11 _4^11 _3^16 _1^16 _2^17 _3^17 _4^17 _1^18 _2^18 _3^18 _4^18 _1^19 _2^19 _3^19 _4^19 _1^20 _2^20 _3^20 _4^21 \\
&cn^16 _4^16 _3^21 _1^21 _2^22 _3^22 _4^22 _1^23 _2^23 _3^23 _4^23 _1^24 _2^24 _3^24 _4^24 _1^25 _2^25 _3^25 _4^26 \\
&cn^21 _4^21 _3^26 _1^26 _2^27 _3^27 _4^27 _1^28 _2^28 _3^28 _4^28 _1^29 _2^29 _3^29 _4^29 _1^30 _2^30 _3^30 _4^30 \\
15: \langle E \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 _3^3 cn^3 I^3 _2^4 _1^4 cn^4 I^4 _2^5 _3^5 _4^6 \\
&cn^4 I^4 _3^6 _1^6 _2^7 _3^7 _4^8 _1^8 _2^9 _3^9 _4^10 _1^11 _2^11 _3^11 _4^12 _1^12 _2^13 _3^13 _4^13 _1^14 _2^14 _3^14 _4^15 _1^15 _2^16 \\
&cn^11 _4^11 _3^16 _1^16 _2^17 _3^17 _4^17 _1^18 _2^18 _3^18 _4^18 _1^19 _2^19 _3^19 _4^19 _1^20 _2^20 _3^20 _4^21 \\
&cn^16 _4^16 _3^21 _1^21 _2^22 _3^22 _4^22 _1^23 _2^23 _3^23 _4^23 _1^24 _2^24 _3^24 _4^24 _1^25 _2^25 _3^25 _4^26 \\
&cn^21 _4^21 _3^26 _1^26 _2^27 _3^27 _4^27 _1^28 _2^28 _3^28 _4^28 _1^29 _2^29 _3^29 _4^29 _1^30 _2^30 _3^30 _4^30 \\
16: \langle F \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 _3^3 cn^3 I^3 _2^4 _1^4 cn^4 I^4 _2^5 _3^5 _4^6 \\
&cn^4 I^4 _3^6 _1^6 _2^7 _3^7 _4^8 _1^8 _2^9 _3^9 _4^10 _1^11 _2^11 _3^11 _4^12 _1^12 _2^13 _3^13 _4^13 _1^14 _2^14 _3^14 _4^15 _1^15 _2^16 \\
&cn^11 _4^11 _3^16 _1^16 _2^17 _3^17 _4^17 _1^18 _2^18 _3^18 _4^18 _1^19 _2^19 _3^19 _4^19 _1^20 _2^20 _3^20 _4^21 \\
&cn^16 _4^16 _3^21 _1^21 _2^22 _3^22 _4^22 _1^23 _2^23 _3^23 _4^23 _1^24 _2^24 _3^24 _4^24 _1^25 _2^25 _3^25 _4^26 \\
&cn^21 _4^21 _3^26 _1^26 _2^27 _3^27 _4^27 _1^28 _2^28 _3^28 _4^28 _1^29 _2^29 _3^29 _4^29 _1^30 _2^30 _3^30 _4^30
\end{aligned}$$

Fig. 4.23 Modelo formal de juegos serios (3)

$$\begin{aligned}
17: \langle G \rangle &\rightarrow cb^1 1^1 _2^2 _3^3 cn^1 1^2 _2^3 _3^4 cn^1 1^3 _2^4 _3^5 cn^1 1^4 _2^5 _3^6 cn^1 \\
&cb^1 4^1 _3^6 cn^1 1^6 _2^7 _3^8 cb^1 1^7 _2^8 _3^9 cb^1 1^8 _2^9 _3^{10} cb^1 1^9 _2^{10} _3^{11} \\
&cn^1 4^6 _3^{11} cn^1 1^{11} _2^{12} _3^{13} cb^1 1^{12} _2^{13} _3^{14} cn^1 1^{13} _2^{14} _3^{15} cn^1 1^{14} _2^{15} _3^{16} \\
&cn^1 4^{11} _3^{16} cn^1 1^{16} _2^{17} _3^{18} cb^1 1^{17} _2^{18} _3^{19} cb^1 1^{18} _2^{19} _3^{20} cn^1 \\
&cn^1 4^{16} _3^{21} cn^1 1^{21} _2^{22} _3^{23} cb^1 1^{22} _2^{23} _3^{24} cb^1 1^{23} _2^{24} _3^{25} cn^1 \\
&cn^1 4^{21} _3^{26} cb^1 1^{26} _2^{27} _3^{28} cn^1 1^{27} _2^{28} _3^{29} cn^1 1^{28} _2^{29} _3^{30} cn^1 \\
18: \langle H \rangle &\rightarrow cn^1 1^1 _2^2 _3^3 cb^1 1^3 _2^4 _3^5 cb^1 1^4 _2^5 _3^6 cn^1 \\
&cn^1 4^1 _3^6 cn^1 1^6 _2^7 _3^8 cb^1 1^7 _2^8 _3^9 cb^1 1^8 _2^9 _3^{10} cn^1 \\
&cn^1 4^6 _3^{11} cn^1 1^{11} _2^{12} _3^{13} cn^1 1^{12} _2^{13} _3^{14} cn^1 1^{13} _2^{14} _3^{15} cn^1 \\
&cn^1 4^{11} _3^{16} cn^1 1^{16} _2^{17} _3^{18} cb^1 1^{17} _2^{18} _3^{19} cb^1 1^{18} _2^{19} _3^{20} cn^1 \\
&cn^1 4^{16} _3^{21} cn^1 1^{21} _2^{22} _3^{23} cb^1 1^{22} _2^{23} _3^{24} cb^1 1^{23} _2^{24} _3^{25} cn^1 \\
&cn^1 4^{21} _3^{26} cn^1 1^{26} _2^{27} _3^{28} cb^1 1^{27} _2^{28} _3^{29} cb^1 1^{28} _2^{29} _3^{30} cn^1 \\
19: \langle I \rangle &\rightarrow cb^1 1^1 _2^2 _3^3 cn^1 1^2 _2^3 _3^4 cn^1 1^3 _2^4 _3^5 cn^1 1^4 _2^5 _3^6 \\
&cb^1 4^1 _3^6 cb^1 1^6 _2^7 _3^8 cn^1 1^7 _2^8 _3^9 cb^1 1^8 _2^9 _3^{10} cb^1 \\
&cb^1 4^6 _3^{11} cb^1 1^{11} _2^{12} _3^{13} cb^1 1^{12} _2^{13} _3^{14} cn^1 1^{13} _2^{14} _3^{15} cb^1 \\
&cb^1 4^{11} _3^{16} cb^1 1^{16} _2^{17} _3^{18} cn^1 1^{17} _2^{18} _3^{19} cb^1 1^{18} _2^{19} _3^{20} cb^1 \\
&cb^1 4^{16} _3^{21} cb^1 1^{21} _2^{22} _3^{23} cb^1 1^{22} _2^{23} _3^{24} cb^1 1^{23} _2^{24} _3^{25} cb^1 \\
&cb^1 4^{21} _3^{26} cb^1 1^{26} _2^{27} _3^{28} cn^1 1^{27} _2^{28} _3^{29} cn^1 1^{28} _2^{29} _3^{30} cb^1
\end{aligned}$$

Fig. 4.24 Modelo formal de juegos serios (4)

$$\begin{aligned}
 20: \langle J \rangle &\rightarrow cb^1 I^1 _2^2 cb^2 I^2 _3^3 cb^3 I^3 _4^4 cb^4 I^4 _5^5 cn^5 \\
 &cb^1 4^1 _3^6 cb^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
 &cb^6 4^6 _3^{11} cb^{11} I^{11} _2^{12} cb^{12} I^{12} _2^{13} cn^{13} I^{13} _2^{14} cb^{14} I^{14} _2^{15} cn^{15} \\
 &cb^{11} 4^{11} _3^{16} cb^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cb^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cn^{20} \\
 &cb^{16} 4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cn^{25} \\
 &cn^{21} 4^{21} _3^{26} cb^{26} I^{26} _2^{27} cn^{27} I^{27} _2^{28} cn^{28} I^{28} _2^{29} cn^{29} I^{29} _2^{30} cb^{30} \\
 \\
 21: \langle K \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 cb^2 I^2 _3^3 cb^3 I^3 _4^4 cn^4 I^4 _5^5 cb^5 \\
 &cn^1 4^1 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cn^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cb^{10} \\
 &cn^6 4^6 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cn^{12} I^{12} _2^{13} cb^{13} I^{13} _2^{14} cb^{14} I^{14} _2^{15} cb^{15} \\
 &cn^{11} 4^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cn^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cb^{20} \\
 &cn^{16} 4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cn^{24} I^{24} _2^{25} cb^{25} \\
 &cn^{21} 4^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cb^{27} I^{27} _2^{28} cb^{28} I^{28} _2^{29} cb^{29} I^{29} _2^{30} cn^{30} \\
 \\
 22: \langle L \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 cb^2 I^2 _3^3 cb^3 I^3 _4^4 cb^4 I^4 _5^5 cb^5 \\
 &cn^1 4^1 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cb^{10} \\
 &cn^6 4^6 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cb^{12} I^{12} _2^{13} cb^{13} I^{13} _2^{14} cb^{14} I^{14} _2^{15} cb^{15} \\
 &cn^{11} 4^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cb^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cb^{20} \\
 &cn^{16} 4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cb^{25} \\
 &cn^{21} 4^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cn^{27} I^{27} _2^{28} cn^{28} I^{28} _2^{29} cn^{29} I^{29} _2^{30} cn^{30}
 \end{aligned}$$

Fig. 4.25 Modelo formal de juegos serios (5)

$$\begin{aligned}
23: \langle M \rangle &\rightarrow cn^1 l^1 _2^2 _3^3 cb^2 l^2 _2^3 cb^3 l^3 _2^4 cb^4 l^4 _2^5 cn^5 \\
&cn^4 l^4 _3^6 cn^6 l^6 _2^7 cn^7 l^7 _2^8 cb^8 l^8 _2^9 cn^9 l^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cn^6 l^6 _3^{11} cn^{11} l^{11} _2^{12} cb^{12} l^{12} _2^{13} cn^{13} l^{13} _2^{14} cb^{14} l^{14} _2^{15} cn^{15} \\
&cn^{11} l^{11} _3^{16} cn^{16} l^{16} _2^{17} cb^{17} l^{17} _2^{18} cb^{18} l^{18} _2^{19} cb^{19} l^{19} _2^{20} cn^{20} \\
&cn^{16} l^{16} _3^{21} cn^{21} l^{21} _2^{22} cb^{22} l^{22} _2^{23} cb^{23} l^{23} _2^{24} cb^{24} l^{24} _2^{25} cn^{25} \\
&cn^{21} l^{21} _3^{26} cn^{26} l^{26} _2^{27} cb^{27} l^{27} _2^{28} cb^{28} l^{28} _2^{29} cb^{29} l^{29} _2^{30} cn^{30} \\
24: \langle N \rangle &\rightarrow cn^1 l^1 _2^2 cb^2 l^2 _2^3 cb^3 l^3 _2^4 cb^4 l^4 _2^5 cn^5 \\
&cn^4 l^4 _3^6 cn^6 l^6 _2^7 cb^7 l^7 _2^8 cb^8 l^8 _2^9 cb^9 l^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cn^6 l^6 _3^{11} cn^{11} l^{11} _2^{12} cn^{12} l^{12} _2^{13} cb^{13} l^{13} _2^{14} cb^{14} l^{14} _2^{15} cn^{15} \\
&cn^{11} l^{11} _3^{16} cn^{16} l^{16} _2^{17} cb^{17} l^{17} _2^{18} cn^{18} l^{18} _2^{19} cb^{19} l^{19} _2^{20} cn^{20} \\
&cn^{16} l^{16} _3^{21} cn^{21} l^{21} _2^{22} cb^{22} l^{22} _2^{23} cb^{23} l^{23} _2^{24} cn^{24} l^{24} _2^{25} cn^{25} \\
&cn^{21} l^{21} _3^{26} cn^{26} l^{26} _2^{27} cb^{27} l^{27} _2^{28} cb^{28} l^{28} _2^{29} cb^{29} l^{29} _2^{30} cb^{30} \\
25: \langle \tilde{N} \rangle &\rightarrow cb^1 l^1 _2^2 cn^2 l^2 _2^3 cn^3 l^3 _2^4 cn^4 l^4 _2^5 cb^5 \\
&cb^4 l^4 _3^6 cn^6 l^6 _2^7 cb^7 l^7 _2^8 cb^8 l^8 _2^9 cb^9 l^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cn^6 l^6 _3^{11} cn^{11} l^{11} _2^{12} cn^{12} l^{12} _2^{13} cb^{13} l^{13} _2^{14} cb^{14} l^{14} _2^{15} cn^{15} \\
&cn^{11} l^{11} _3^{16} cn^{16} l^{16} _2^{17} cb^{17} l^{17} _2^{18} cn^{18} l^{18} _2^{19} cb^{19} l^{19} _2^{20} cn^{20} \\
&cn^{16} l^{16} _3^{21} cn^{21} l^{21} _2^{22} cb^{22} l^{22} _2^{23} cb^{23} l^{23} _2^{24} cn^{24} l^{24} _2^{25} cn^{25} \\
&cn^{21} l^{21} _3^{26} cn^{26} l^{26} _2^{27} cb^{27} l^{27} _2^{28} cb^{28} l^{28} _2^{29} cb^{29} l^{29} _2^{30} cn^{30}
\end{aligned}$$

Fig. 4.26 Modelo formal de juegos serios (6)

$$\begin{aligned}
 26: <O> \rightarrow cb^1 I^1 _2^2 _3^{cn^2} I^2 _3^{cn^3} I^3 _2^4 _3^{cn^4} I^4 _2^5 _3^{cb^5} \\
 & cb^1 4^1 _3^6 _3^{cn^6} I^6 _2^7 _3^{cb^7} I^7 _2^8 _3^{cb^8} I^8 _2^9 _3^{cb^9} I^9 _2^{10} _3^{cn^{10}} \\
 & cn^6 4^6 _3^{11} _3^{cn^{11}} I^{11} _2^{12} _3^{cb^{12}} I^{12} _2^{13} _3^{cb^{13}} I^{13} _2^{14} _3^{cb^{14}} I^{14} _2^{15} _3^{cn^{15}} \\
 & cn^{11} 4^{11} _3^{16} _3^{cn^{16}} I^{16} _2^{17} _3^{cb^{17}} I^{17} _2^{18} _3^{cb^{18}} I^{18} _2^{19} _3^{cb^{19}} I^{19} _2^{20} _3^{cn^{20}} \\
 & cn^{16} 4^{16} _3^{21} _3^{cn^{21}} I^{21} _2^{22} _3^{cb^{22}} I^{22} _2^{23} _3^{cb^{23}} I^{23} _2^{24} _3^{cb^{24}} I^{24} _2^{25} _3^{cn^{25}} \\
 & cn^{21} 4^{21} _3^{26} _3^{cb^{26}} I^{26} _2^{27} _3^{cn^{27}} I^{27} _2^{28} _3^{cn^{28}} I^{28} _2^{29} _3^{cn^{29}} I^{29} _2^{30} _3^{cb^{30}} \\
 \\
 27: <P> \rightarrow cn^1 I^1 _2^2 _3^{cn^2} I^2 _3^{cn^3} I^3 _2^4 _3^{cn^4} I^4 _2^5 _3^{cb^5} \\
 & cn^1 4^1 _3^6 _3^{cn^6} I^6 _2^7 _3^{cb^7} I^7 _2^8 _3^{cb^8} I^8 _2^9 _3^{cb^9} I^9 _2^{10} _3^{cn^{10}} \\
 & cn^6 4^6 _3^{11} _3^{cn^{11}} I^{11} _2^{12} _3^{cb^{12}} I^{12} _2^{13} _3^{cb^{13}} I^{13} _2^{14} _3^{cb^{14}} I^{14} _2^{15} _3^{cn^{15}} \\
 & cn^{11} 4^{11} _3^{16} _3^{cn^{16}} I^{16} _2^{17} _3^{cn^{17}} I^{17} _2^{18} _3^{cn^{18}} I^{18} _2^{19} _3^{cn^{19}} I^{19} _2^{20} _3^{cb^{20}} \\
 & cn^{16} 4^{16} _3^{21} _3^{cn^{21}} I^{21} _2^{22} _3^{cb^{22}} I^{22} _2^{23} _3^{cb^{23}} I^{23} _2^{24} _3^{cb^{24}} I^{24} _2^{25} _3^{cb^{25}} \\
 & cn^{21} 4^{21} _3^{26} _3^{cn^{26}} I^{26} _2^{27} _3^{cb^{27}} I^{27} _2^{28} _3^{cb^{28}} I^{28} _2^{29} _3^{cb^{29}} I^{29} _2^{30} _3^{cb^{30}} \\
 \\
 28: <Q> \rightarrow cb^1 I^1 _2^2 _3^{cn^2} I^2 _3^{cn^3} I^3 _2^4 _3^{cn^4} I^4 _2^5 _3^{cb^5} \\
 & cb^1 4^1 _3^6 _3^{cn^6} I^6 _2^7 _3^{cb^7} I^7 _2^8 _3^{cb^8} I^8 _2^9 _3^{cb^9} I^9 _2^{10} _3^{cn^{10}} \\
 & cn^6 4^6 _3^{11} _3^{cn^{11}} I^{11} _2^{12} _3^{cb^{12}} I^{12} _2^{13} _3^{cb^{13}} I^{13} _2^{14} _3^{cb^{14}} I^{14} _2^{15} _3^{cn^{15}} \\
 & cn^{11} 4^{11} _3^{16} _3^{cn^{16}} I^{16} _2^{17} _3^{cb^{17}} I^{17} _2^{18} _3^{cn^{18}} I^{18} _2^{19} _3^{cb^{19}} I^{19} _2^{20} _3^{cn^{20}} \\
 & cn^{16} 4^{16} _3^{21} _3^{cn^{21}} I^{21} _2^{22} _3^{cb^{22}} I^{22} _2^{23} _3^{cb^{23}} I^{23} _2^{24} _3^{cn^{24}} I^{24} _2^{25} _3^{cn^{25}} \\
 & cn^{21} 4^{21} _3^{26} _3^{cb^{26}} I^{26} _2^{27} _3^{cn^{27}} I^{27} _2^{28} _3^{cn^{28}} I^{28} _2^{29} _3^{cn^{29}} I^{29} _2^{30} _3^{cn^{30}}
 \end{aligned}$$

Fig. 4.27 Modelo formal de juegos serios (7)

$$\begin{aligned}
29: \langle R \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 _3^3 cn^2 I^2 _3^3 cn^3 I^3 _2^4 cn^4 I^4 _2^5 cb^5 \\
&cn^4 I^4 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cn^6 I^6 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cn^{12} I^{12} _2^{13} cn^{13} I^{13} _2^{14} cn^{14} I^{14} _2^{15} cb^{15} \\
&cn^{11} I^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cn^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cb^{20} \\
&cn^{16} I^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cn^{24} I^{24} _2^{25} cb^{25} \\
&cn^{21} I^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cb^{27} I^{27} _2^{28} cb^{28} I^{28} _2^{29} cb^{29} I^{29} _2^{30} cn^{30} \\
30: \langle S \rangle &\rightarrow cb^1 I^1 _2^2 cn^2 I^2 _2^3 cn^3 I^3 _2^4 cn^4 I^4 _2^5 cn^5 \\
&cb^4 I^4 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cb^{10} \\
&cn^6 I^6 _3^{11} cb^{11} I^{11} _2^{12} cn^{12} I^{12} _2^{13} cn^{13} I^{13} _2^{14} cn^{14} I^{14} _2^{15} cb^{15} \\
&cb^{11} I^{11} _3^{16} cb^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cb^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cn^{20} \\
&cb^{16} I^{16} _3^{21} cb^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cn^{25} \\
&cb^{21} I^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cn^{27} I^{27} _2^{28} cn^{28} I^{28} _2^{29} cn^{29} I^{29} _2^{30} cb^{30} \\
31: \langle T \rangle &\rightarrow cb^1 I^1 _2^2 cn^2 I^2 _2^3 cn^3 I^3 _2^4 cn^4 I^4 _2^5 cb^5 \\
&cb^4 I^4 _3^6 cb^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cn^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cb^{10} \\
&cb^6 I^6 _3^{11} cb^{11} I^{11} _2^{12} cb^{12} I^{12} _2^{13} cn^{13} I^{13} _2^{14} cb^{14} I^{14} _2^{15} cb^{15} \\
&cb^{11} I^{11} _3^{16} cb^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cn^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cb^{20} \\
&cb^{16} I^{16} _3^{21} cb^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cn^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cb^{25} \\
&cb^{21} I^{21} _3^{26} cb^{26} I^{26} _2^{27} cb^{27} I^{27} _2^{28} cn^{28} I^{28} _2^{29} cb^{29} I^{29} _2^{30} cb^{30}
\end{aligned}$$

Fig. 4.28 Modelo formal de juegos serios (8)

$$\begin{aligned}
32: \langle U \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 cb^3 I^2 _2^3 cb^3 I^3 _2^4 cb^4 I^4 _2^5 cn^5 \\
&cn^4 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cn^6 _4^3 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cb^{12} I^{12} _2^{13} cb^{13} I^{13} _2^{14} cb^{14} I^{14} _2^{15} cn^{15} \\
&cn^{11} _4^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cb^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cn^{20} \\
&cn^{16} _4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cn^{25} \\
&cn^{21} _4^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cn^{27} I^{27} _2^{28} cn^{28} I^{28} _2^{29} cn^{29} I^{29} _2^{30} cn^{30} \\
33: \langle V \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 cb^2 I^2 _2^3 cb^3 I^3 _2^4 cb^4 I^4 _2^5 cn^5 \\
&cn^1 _4^1 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cn^6 _4^6 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cb^{12} I^{12} _2^{13} cb^{13} I^{13} _2^{14} cb^{14} I^{14} _2^{15} cn^{15} \\
&cn^{11} _4^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cb^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cn^{20} \\
&cn^{16} _4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cn^{25} \\
&cn^{21} _4^{21} _3^{26} cb^{26} I^{26} _2^{27} cn^{27} I^{27} _2^{28} cn^{28} I^{28} _2^{29} cn^{29} I^{29} _2^{30} cb^{30} \\
34: \langle W \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 cb^2 I^2 _2^3 cb^3 I^3 _2^4 cb^4 I^4 _2^5 cn^5 \\
&cn^1 _4^1 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cn^6 _4^6 _3^{11} cn^{11} I^{11} _2^{12} cb^{12} I^{12} _2^{13} cb^{13} I^{13} _2^{14} cb^{14} I^{14} _2^{15} cn^{15} \\
&cn^{11} _4^{11} _3^{16} cn^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cb^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cn^{20} \\
&cn^{16} _4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cn^{22} I^{22} _2^{23} cn^{23} I^{23} _2^{24} cn^{24} I^{24} _2^{25} cn^{25} \\
&cn^{21} _4^{21} _3^{26} cb^{26} I^{26} _2^{27} cn^{27} I^{27} _2^{28} cn^{28} I^{28} _2^{29} cn^{29} I^{29} _2^{30} cb^{30}
\end{aligned}$$

Fig. 4.29 Modelo formal de juegos serios (9)

$$\begin{aligned}
35: \langle X \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 cb^2 I^2 _2^3 cb^3 I^3 _2^4 cb^4 I^4 _2^5 cn^5 \\
&cn^1 _4^4 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cn^6 _4^6 _3^{11} cb^{11} I^{11} _2^{12} cn^{12} I^{12} _2^{13} cn^{13} I^{13} _2^{14} cn^{14} I^{14} _2^{15} cb^{15} \\
&cb^{11} _4^{11} _3^{16} cb^{16} I^{16} _2^{17} cn^{17} I^{17} _2^{18} cn^{18} I^{18} _2^{19} cn^{19} I^{19} _2^{20} cb^{20} \\
&cb^{16} _4^{16} _3^{21} cn^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cn^{25} \\
&cn^{21} _4^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cb^{27} I^{27} _2^{28} cb^{28} I^{28} _2^{29} cb^{29} I^{29} _2^{30} cn^{30} \\
36: \langle Y \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 cb^2 I^2 _2^3 cb^3 I^3 _2^4 cb^4 I^4 _2^5 cn^5 \\
&cn^1 _4^4 _3^6 cn^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cn^6 _4^6 _3^{11} cb^{11} I^{11} _2^{12} cn^{12} I^{12} _2^{13} cn^{13} I^{13} _2^{14} cn^{14} I^{14} _2^{15} cb^{15} \\
&cb^{11} _4^{11} _3^{16} cb^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cn^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cb^{20} \\
&cb^{16} _4^{16} _3^{21} cb^{21} I^{21} _2^{22} cb^{22} I^{22} _2^{23} cn^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cb^{25} \\
&cb^{21} _4^{21} _3^{26} cb^{26} I^{26} _2^{27} cb^{27} I^{27} _2^{28} cn^{28} I^{28} _2^{29} cb^{29} I^{29} _2^{30} cb^{30} \\
37: \langle Z \rangle &\rightarrow cn^1 I^1 _2^2 cn^2 I^2 _2^3 cn^3 I^3 _2^4 cn^4 I^4 _2^5 cn^5 \\
&cn^1 _4^4 _3^6 cb^6 I^6 _2^7 cb^7 I^7 _2^8 cb^8 I^8 _2^9 cb^9 I^9 _2^{10} cn^{10} \\
&cb^6 _4^6 _3^{11} cb^{11} I^{11} _2^{12} cb^{12} I^{12} _2^{13} cb^{13} I^{13} _2^{14} cn^{14} I^{14} _2^{15} cb^{15} \\
&cb^{11} _4^{11} _3^{16} cb^{16} I^{16} _2^{17} cb^{17} I^{17} _2^{18} cn^{18} I^{18} _2^{19} cb^{19} I^{19} _2^{20} cb^{20} \\
&cb^{16} _4^{16} _3^{21} cb^{21} I^{21} _2^{22} cn^{22} I^{22} _2^{23} cb^{23} I^{23} _2^{24} cb^{24} I^{24} _2^{25} cb^{25} \\
&cb^{21} _4^{21} _3^{26} cn^{26} I^{26} _2^{27} cn^{27} I^{27} _2^{28} cn^{28} I^{28} _2^{29} cn^{29} I^{29} _2^{30} cn^{30}
\end{aligned}$$

Fig. 4.30 Modelo formal de juegos serios (10)

5 Pruebas y resultados

5.1 Introducción

En este capítulo se presenta el plan de pruebas que se llevó a cabo para validar las gramáticas descritas en la sección 4.4 Diseño de la gramática, así como los resultados obtenidos del mismo. El plan de pruebas está diseñado con base al estándar IEEE 829.

5.2 Hipótesis a probar

- Es posible definir el modelo dinámico del juego serio por medio de gramáticas posicionales.
- Es posible obtener el modelo dinámico de un juego serio formalmente correcto.

5.3 Convención de nombres

En la Fig. 5.1 se presenta la convención de nombres que se utilizó para la evaluación de las hipótesis planteadas anteriormente.

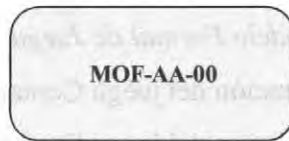


Fig. 5.1 Convención de nombres

Donde:

- **MOF**: Modelo formal
- **AA**: Tipo de documento
- **00**: Número de versión

Documentación de prueba

- **MOF – PP – 00**: Plan de pruebas
- **MOF – DP – 00**: Especificación del diseño de pruebas
- **MOF – CP – 00**: Especificación de casos de prueba

5.4 Plan de pruebas

5.4.1 MOF – PP – 01. Plan de pruebas para la validación de las gramáticas posicionales del modelo dinámico de videojuegos serios cortos

5.4.1.1 Introducción

Las pruebas realizadas fueron pruebas de escritorio. Los alcances de la presente investigación no contemplaron la implementación de alguna herramienta de modelado visual (herramienta CASE), así como la manifestación de la animación en los elementos del juego serio corto. A continuación, se muestra una breve descripción de las pruebas.

1. Pruebas a la gramática *ContandoPuntos*
 - a. Consiste en la definición del juego Contando Puntos – Números Binarios.
2. Pruebas a la gramática *EnviandoMensajes*
 - a. Consiste en la definición del juego Enviando mensajes secretos.
3. Pruebas a la gramática *ColoreandoNúmeros*
 - a. Consiste en la definición del juego Coloreando por números – Representación de imágenes.
4. Pruebas a la gramática *Modelo Formal de Juegos Serios*
 - a. Consiste en la definición del juego Contando Puntos – Números Binarios.
 - b. Consiste en la definición del juego Enviando mensajes secretos.
 - c. Consiste en la definición del juego Coloreando por números – Representación de imágenes.

5.4.1.2 Algoritmo aplicado

El algoritmo de análisis aplicado está enfocado a las gramáticas LL (1). El algoritmo LL (1) es un algoritmo de análisis descendente. A continuación, se presenta dicho algoritmo:

Algoritmo 2 Análisis descendente para gramáticas posicionales

Pila_Símbolos [30][5] = Matriz de 30 filas y 5 columnas que almacena los símbolos

Terminales/NoTerminales con POS

ap_Pila = símbolo en Pila_Símbolos

ap_Cadena = símbolo en la cadena de entrada

col = variable que indica el número de columna en Pila_Símbolos. Inicia en 0

Apuntar *ap_Cadena* al símbolo inicial de *w*\$

- 1: **Repetir** hasta que $Pila_Símbolos[ap_Pila][col] = \$$
- 2: **Si** $Pila_Símbolos[ap_Pila][col] = Terminal$ **entonces**
- 3: **Si** $Pila_Símbolos[ap_Pila][col] = ap_Cadena$ **entonces**
- 4: **Repetir** hasta que $col > 5$
- 5: **Si** $Pila_Símbolos[ap_Pila][col] = ap_Cadena$ **entonces**
- 6: $ap_Cadena = ap_Cadena + 1;$ // Avanzar apuntador en la cadena
- 7: $col = col + 1;$ // Avanzar una columna en Pila_Símbolos
- 8: **Si** $Pila_Símbolos[ap_Pila][col] = NULL$ **entonces**
- 9: $col = 6$
- 10: **Sino error**
- 11: **Fin Repite**
- 12: $ap_Pila = ap_Pila + 1;$
- 13: **Si** $Pila_Símbolos[ap_Pila][col] = NoTerminal$ **entonces**
- 14: **Si** $M[Pila_Símbolos[ap_Pila][col], ap_Cadena] = X \rightarrow Y_1Y_2...Y_k$ **entonces**
- 15: Sacar $Pila_Símbolos[ap_Pila][col]$ de la pila;
- 16: **Repetir** hasta emitir la producción $X \rightarrow Y_1Y_2...Y_k$
- 17: Hacer push de:
- 18: Símbolo NoTerminal en $Pila_Símbolos[ap_Pila][0];$
- 19: Punto de unión 1 en $Pila_Símbolos[ap_Pila][1];$
- 20: Superíndice de punto de unión 1 en $Pila_Símbolos[ap_Pila][2];$
- 21: Guión bajo en $Pila_Símbolos[ap_Pila][3];$
- 22: Punto de unión 2 en $Pila_Símbolos[ap_Pila][4];$
- 23: Superíndice de punto de unión 2 en $Pila_Símbolos[ap_Pila][5];$
- 24: **Fin Repite**

-
- 25: *Sino error*
- 26: *Si Pila_Símbolos[ap_Pila][col] = \$ entonces*
- 27: *Si Pila_Símbolos[ap_Pila][col] = ap_Cadena entonces*
- 28: *Aceptar*
- 29: *Sino error*
- 30: *Fin Repite*
-

5.4.2 Elementos de prueba

Conocimientos necesarios de la persona encargada de las pruebas:

1. Lenguajes visuales, específicamente gramáticas posicionales.
2. Diseño de juegos serios cortos.

5.4.3 Características probadas

1. La capacidad de las gramáticas para controlar movimientos básicos en videojuegos serios cortos.
2. La capacidad de las gramáticas para obtener diseños formalmente correctos.

5.4.4 Características excluidas de las pruebas

1. La definición de videojuegos serios cortos no abordados en esta investigación.
2. Las reglas semánticas entre los símbolos terminales y POS.
3. La implementación del código del modelo formal de reglas para controlar movimientos básicos en videojuegos serios cortos.
4. La implementación de un ambiente de modelado visual generado a partir del modelo formal de reglas.
5. La manifestación de la animación de los elementos del juego.

5.4.5 Enfoque

Las pruebas fueron de escritorio. El modelo formal de reglas basado en gramáticas posicionales, proporciona al desarrollador de software, diseños de juegos serios cortos formalmente correctos.

5.4.6 Criterio aceptación/no aceptación de los casos de prueba

En la especificación de casos de prueba se presentan los resultados esperados para cada uno de los casos. Se considera que una prueba ha tenido éxito cuando los resultados obtenidos han coincidido con los esperados.

En caso de no coincidir con los resultados esperados, se analizó la causa y se realizaron las modificaciones necesarias hasta cumplir con los resultados esperados.

5.4.7 Criterio aplicado de suspensión y reanudación

Las pruebas serán suspendidas en caso de que se cumpla el criterio de no pasa. Una vez corregido el error, se reanudará la prueba hasta que pase el criterio de aceptación.

5.4.8 Liberación de pruebas

Se dieron por liberadas las pruebas cuando todas cumplieron con los resultados esperados.

5.4.9 Responsabilidad

La responsabilidad de las pruebas fue del autor de esta investigación.

5.4.10 Riesgos y contingencias

- Falta de tiempo: En caso de no haber el tiempo suficiente, se ejecutará una prueba por cada gramática mencionada anteriormente.

5.4.11 Aceptación

La aceptación fue dada por el Dr. René Santaolaya Salgado y la M.C. María Clara Gómez Álvarez, director y co-director de la presenta investigación.

5.5 Especificación del diseño de pruebas

5.5.1 MOF – DP – 01. Diseño de pruebas para la definición de juegos serios cortos

Se realizaron 8 pruebas para verificar que las reglas que validan el control de los movimientos básicos de videojuegos serios cortos lo hicieran de manera formalmente correcta.

5.5.1.1 MOF – CP – 01. Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

- Características probadas

La capacidad de la gramática *ContandoPuntos* para definir el juego Contando Puntos – Números Binarios.

- Especificación de entrada

La entrada pertenece al conjunto de los símbolos terminales en la descripción de la gramática. La entrada fue una cadena w y una tabla de análisis LL(1). La Fig. 5.2 muestra la entrada del caso de prueba.

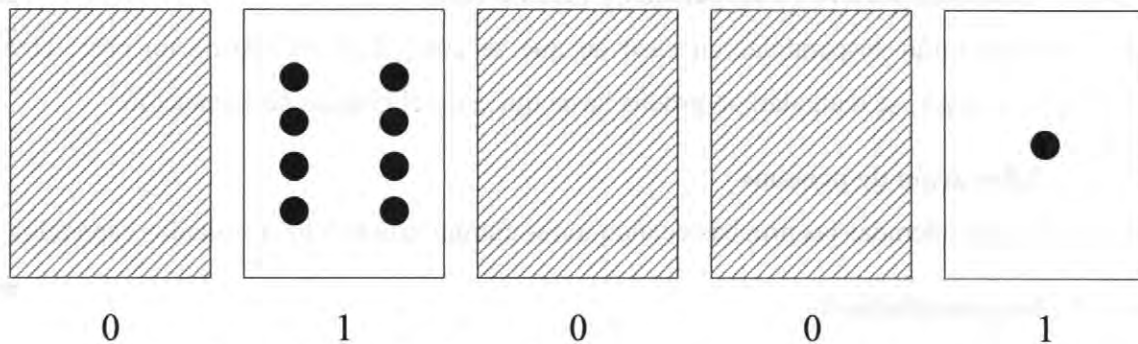


Fig. 5.2 Definición del número 9 en formato decimal por medio de las tarjetas binarias (caso de éxito)

- Especificación de salida

Un estado de aceptación en el algoritmo. Esto es, la cadena de entrada w fue recorrida y terminó en $\$$.

5.5.1.2 MOF – CP- 02. Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de fracaso)

- Características probadas

La capacidad de la gramática *ContandoPuntos* para definir el juego Contando Puntos – Números Binarios.

- Especificación de entrada

La entrada pertenece al conjunto de los símbolos terminales en la descripción de la gramática. La entrada fue una cadena w y una tabla de análisis LL(1). La Fig. 5.3 muestra la entrada del caso de prueba.

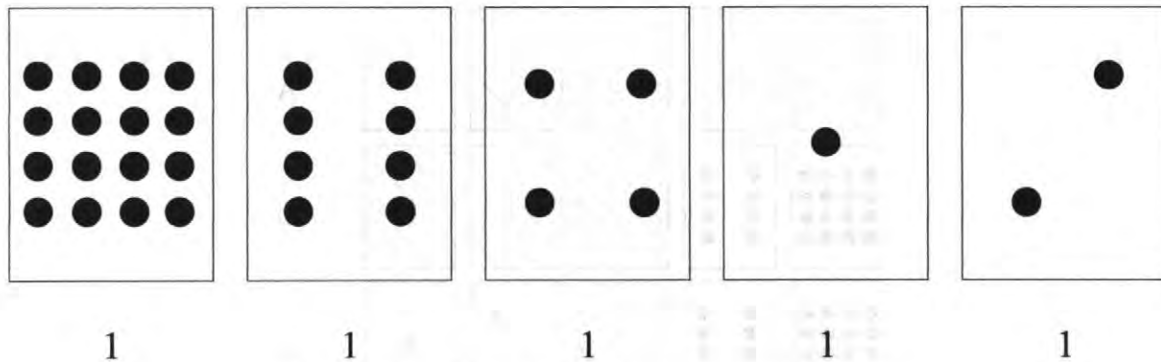


Fig. 5.3 Definición del número 31 en formato decimal (caso de fracaso)

- Especificación de salida

Un estado de no aceptación en el algoritmo. Esto es, la cadena de entrada w no fue recorrida y no terminó en $\$$.

5.5.1.3 MOF – CP- 03. Definición del juego serio Enviando mensajes secretos (Caso de éxito)

- Características probadas

La capacidad de la gramática *EnviandoMensajes* para definir el juego Enviando mensajes secretos.

- Especificación de entrada

La entrada pertenece al conjunto de los símbolos terminales en la descripción de la gramática. La entrada fue una cadena w y una tabla de análisis LL(1). La Fig. 5.4 muestra la entrada del caso de prueba.

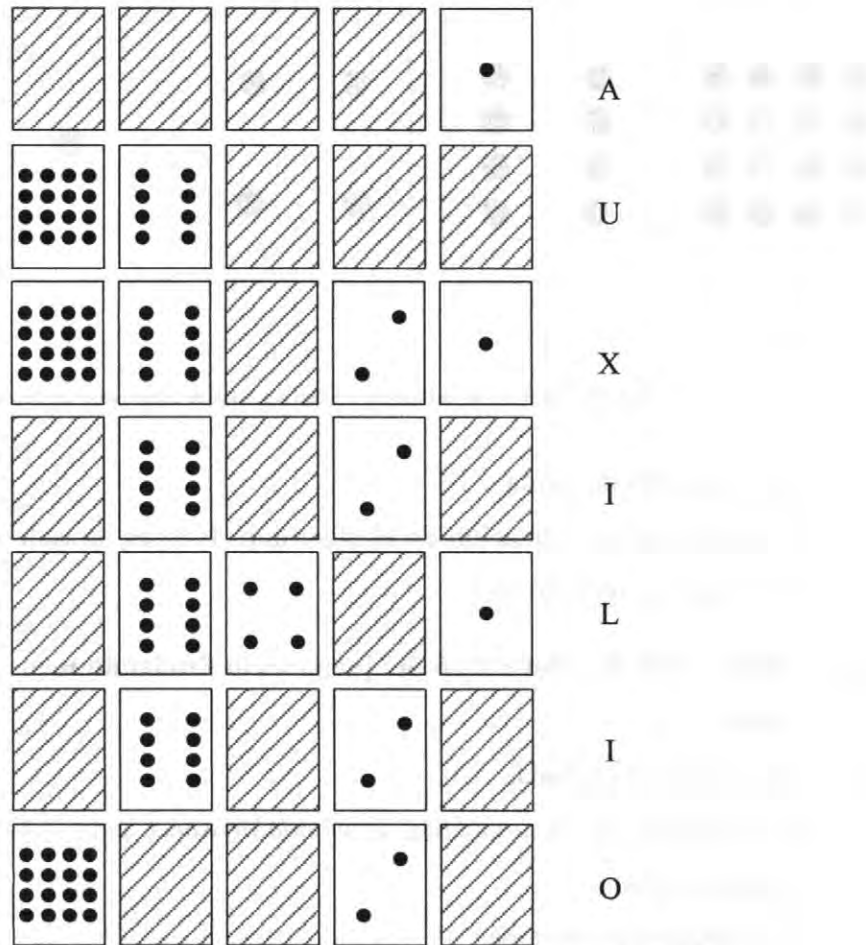


Fig. 5.4 Definición de mensaje codificado en formato binario (caso de éxito)

- Especificación de salida

Un estado de aceptación en el algoritmo. Esto es, la cadena de entrada w fue recorrida y terminó en $\$$.

5.5.1.4 MOF – CP – 04. Definición del juego serio Enviando mensajes secretos (Caso de fracaso)

- Características probadas

La capacidad de la gramática *EnviandoMensajes* para definir el juego Enviando mensajes secretos.

- Especificación de entrada

La entrada pertenece al conjunto de los símbolos terminales en la descripción de la gramática. La entrada fue una cadena w y una tabla de análisis LL(1). La Fig. 5.5 muestra la entrada del caso de prueba.

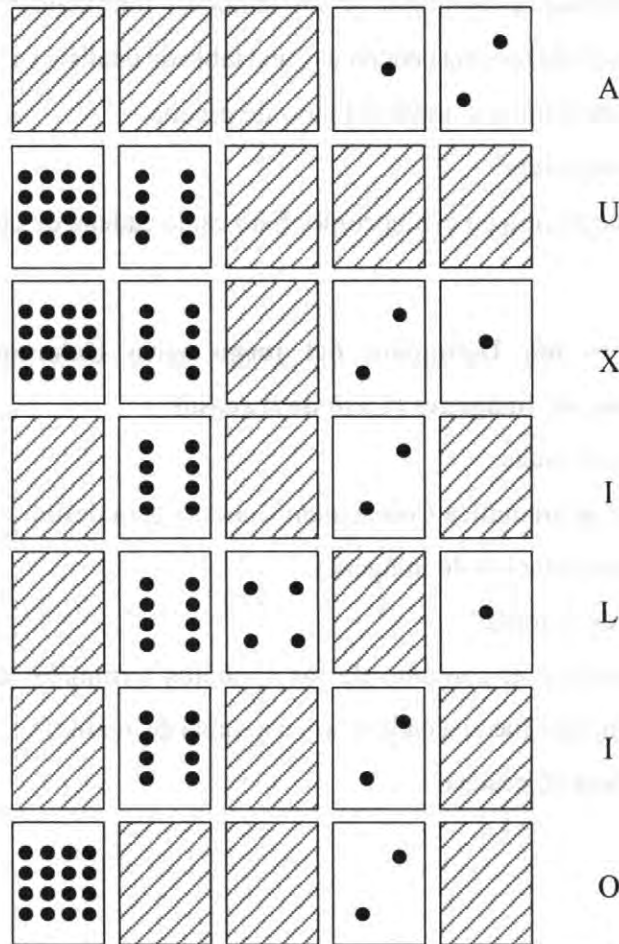


Fig. 5.5 Definición de mensaje codificado en formato binario (caso de fracaso)

- Especificación de salida

Un estado de no aceptación en el algoritmo. Esto es, la cadena de entrada w no fue recorrida y no terminó en $\$$.

5.5.1.5 MOF – CP – 05. Definición del juego serio Coloreando por números – Representación de imágenes (Caso de éxito)

- Características probadas

La capacidad de la gramática *ColoreandoNúmeros* para definir el juego Coloreando por números – Representación de imágenes.

- Especificación de entrada

La entrada pertenece al conjunto de los símbolos terminales en la descripción de la gramática. La entrada fue una cadena w y una tabla de análisis LL(1). La Fig. C.6 ubicada en el Anexo C muestra la entrada del caso de prueba.

- Especificación de salida

Un estado de aceptación en el algoritmo. Esto es, la cadena de entrada w fue recorrida y terminó en $\$$.

5.5.1.6 MOF – CP – 06. Definición del juego serio Coloreando por números – Representación de imágenes (Caso de fracaso)

- Características probadas

La capacidad de la gramática *ColoreandoNúmeros* para definir el juego Coloreando por números – Representación de imágenes.

- Especificación de entrada

La entrada pertenece al conjunto de los símbolos terminales en la descripción de la gramática. La entrada fue una cadena w y una tabla de análisis LL(1). La Fig. 5.6 muestra la entrada del caso de prueba.

					0, 5
					4, 1
					1, 4
					0, 1, 3, 1
					0, 1, 3, 1
					1, 4

Fig. 5.6 Definición de letra del alfabeto (caso de fracaso)

- Especificación de salida

Un estado de no aceptación en el algoritmo. Esto es, la cadena de entrada w no fue recorrida y no terminó en $\$$.

5.5.1.7 MOF – CP – 07. Definición del juego Contando Puntos – Números Binarios por medio del Modelo Formal de Juegos Serios (Caso de éxito)

- Características probadas

La capacidad de la gramática *Modelo Formal de Juegos Serios* para definir el juego Contando Puntos – Números Binarios.

- Especificación de entrada

La entrada pertenece al conjunto de los símbolos terminales en la descripción de la gramática. La entrada fue una cadena w y una tabla de análisis LL(1).

- Especificación de salida

Un estado de aceptación en el algoritmo. Esto es, la cadena de entrada w fue recorrida y terminó en $\$$.

5.5.1.8 MOF – CP- 08. Definición del juego Contando Puntos – Números Binarios por medio del Modelo Formal de Juegos Serios (Caso de fracaso)

- Características probadas

La capacidad de la gramática *Modelo Formal de Juegos Serios* para definir el juego Contando Puntos – Números Binarios.

- Especificación de entrada

La entrada pertenece al conjunto de los símbolos terminales en la descripción de la gramática. La entrada fue una cadena w y una tabla de análisis LL(1).

- Especificación de salida

Un estado de no aceptación en el algoritmo. Esto es, la cadena de entrada w no fue recorrida y no terminó en $\$$.

5.6 Resultados

En la siguiente sección se presentan los resultados de las pruebas aplicadas a las gramáticas posicionales mencionadas en las secciones 4.4.2 Gramática posicional Contando puntos – Números binarios, 4.4.3 Gramática posicional Enviando mensajes secretos, 4.4.4 Gramática posicional Coloreando por números – Representación de imágenes y 4.5 Modelo formal de juegos serios, por medio del algoritmo LL(1) descrito en la sección 5.4.1.2 Algoritmo aplicado.

5.6.1 MOF – CP – 01. Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

La Tabla 5.1 muestra los conjuntos First y Follow de la gramática *ContandoPuntos*.

Tabla 5.1 Conjuntos First y Follow de la gramática ContandoPuntos

No Terminal	First	Follow
<Sec_Tarjetas>	{ t_1v, to }	{ $\$$ }
<T1>	{ t_1v, to }	{ $\$$ }
<T2>	{ t_2v, to }	{ $\$$ }
<T3>	{ t_3v, to }	{ $\$$ }
<T4>	{ t_4v, to }	{ $\$$ }
<T5>	{ t_5v, to }	{ $\$$ }

En la Fig. 5.7 se muestra la manera en la que la gramática *ContandoPuntos* se almacena en la pila de símbolos. La columna *Símbolo* hace referencia a los símbolos terminales y no terminales de la gramática. La columna *Posición 1* se refiere al punto de conexión del símbolo no terminal <T1>. La columna *Superíndice P1* hace referencia al superíndice del símbolo definido en la columna *Símbolo*. La columna *Guión bajo* sólo almacena dicho símbolo con el fin de proporcionar claridad entre los puntos de conexión y superíndices que hay entre los símbolos. La columna *Posición 2* se refiere al punto de conexión del símbolo no terminal <T2>. La columna *Superíndice P2* hace referencia al superíndice del símbolo siguiente definido en la columna *Símbolo*.

Pila de símbolos

Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
<T1> ¹	2	1	–	1	2
<T2> ²	2	2	–	1	3
<T3> ³	2	3	–	1	4
<T4> ⁴	2	4	–	1	5
<T5> ⁵					
\$					

Fig. 5.7 Pila de símbolos de la gramática *ContandoPuntos*

La Tabla 5.2 muestra la tabla de análisis sintáctico para la gramática *ContandoPuntos*. Asimismo, la Tabla 5.3 muestra los símbolos que se almacenan en la pila de símbolos, la evaluación de la cadena de entrada w y las acciones ejecutadas para obtener el resultado esperado.

Entrada	Stack	Acción	Stack	Entrada
		Inicio	[ϵ]	
1		Empujar	[ϵ , 1]	1
2		Empujar	[ϵ , 1, 2]	2
3		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3]	3
4		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4]	4
5		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5]	5
6		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6]	6
7		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]	7
8		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]	8
9		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]	9
10		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]	10
11		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]	11
12		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]	12
13		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13]	13
14		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]	14
15		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]	15
16		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16]	16
17		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]	17
18		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18]	18
19		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]	19
20		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]	20
21		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]	21
22		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22]	22
23		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23]	23
24		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24]	24
25		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25]	25
26		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26]	26
27		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27]	27
28		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28]	28
29		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29]	29
30		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30]	30
31		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31]	31
32		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32]	32
33		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33]	33
34		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34]	34
35		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35]	35
36		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36]	36
37		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37]	37
38		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38]	38
39		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39]	39
40		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40]	40
41		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41]	41
42		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42]	42
43		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43]	43
44		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44]	44
45		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45]	45
46		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46]	46
47		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47]	47
48		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48]	48
49		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49]	49
50		Empujar	[ϵ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50]	50

Tabla 5.2 Tabla de análisis sintáctico de la gramática ContandoPuntos

No Terminal	Símbolo terminal					S
	t ₁ v	t ₂ v	t ₃ v	t ₄ v	t ₅ v	
<Sec_Tarjetas>	$\langle T1 \rangle^1 2^1 _1^2 _1^2 \langle T2 \rangle^2 2^2 _1^3 \langle T3 \rangle^3 2^3 _1^4 \langle T4 \rangle^4 2^4 _1^5 \langle T5 \rangle^5$ $\langle T1 \rangle \rightarrow t_1 v$					< Sec_Tarjetas > $\rightarrow t_0$ $\langle T1 \rangle \rightarrow t_0$
<T1>						
<T2>		< T2 > $\rightarrow t_2 v$				< T2 > $\rightarrow t_0$
<T3>			< T3 > $\rightarrow t_3 v$			< T3 > $\rightarrow t_0$
<T4>				< T4 > $\rightarrow t_4 v$		< T4 > $\rightarrow t_0$
<T5>					< T5 > $\rightarrow t_5 v$	< T5 > $\rightarrow t_0$

Tabla 5.3 Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios

Pila	Cadena de entrada	Acción
Paso 1: Fig. 5.8	$t_1 v^1 _2^1 _1^2 _1^2 t_0^2 _2^2 _1^3 t_0^3 _2^3 _1^4 t_1 v^4 _2^4 _1^5 t_0^5 \$$	$M [\langle \text{Sec_Tarjetas} \rangle, t_1 v^1] = \langle \text{Sec_Tarjetas} \rangle \rightarrow$ $\langle T1 \rangle^1 2^1 _1^2 _1^2 \langle T2 \rangle^2 2^2 _1^3 \langle T3 \rangle^3 2^3 _1^4 \langle T4 \rangle^4 2^4 _1^5 \langle T5 \rangle^5, \text{pop}$ $(\langle \text{Sec_Tarjetas} \rangle),$ $\text{push} (\langle T5 \rangle^5 1^5 _2^4 \langle T4 \rangle^4 1^4 _2^3 \langle T3 \rangle^3 1^3 _2^2 \langle T2 \rangle^2 1^2 _2^1 \langle T1 \rangle^1)$
Paso 2: Fig. 5.9	$t_1 v^1 _2^1 _1^2 _1^2 t_0^2 _2^2 _1^3 t_0^3 _2^3 _1^4 t_1 v^4 _2^4 _1^5 t_0^5 \$$	$M [\langle T1 \rangle, t_1 v^1] = \langle T1 \rangle \rightarrow t_1 v, \text{pop} (\langle T1 \rangle), \text{push} (t_1 v)$
Paso 3: Fig. 5.10	$t_1 v^1 _2^1 _1^2 _1^2 t_0^2 _2^2 _1^3 t_0^3 _2^3 _1^4 t_1 v^4 _2^4 _1^5 t_0^5 \$$	$t_1 v^1 = t_1 v^1; \text{ap_Cadena} = \text{ap_Cadena} + 1; \text{col} = \text{col} + 1; \text{col} = 1$
Paso 4: Fig. 5.11	$t_1 v^1 _2^1 _1^2 _1^2 t_0^2 _2^2 _1^3 t_0^3 _2^3 _1^4 t_1 v^4 _2^4 _1^5 t_0^5 \$$	$2 = 2; \text{ap_Cadena} = \text{ap_Cadena} + 1; \text{col} = \text{col} + 1; \text{col} = 2$
Paso 5: Fig. 5.12	$t_1 v^1 _2^1 _1^2 _1^2 t_0^2 _2^2 _1^3 t_0^3 _2^3 _1^4 t_1 v^4 _2^4 _1^5 t_0^5 \$$	$1 = 1; \text{ap_Cadena} = \text{ap_Cadena} + 1; \text{col} = \text{col} + 1; \text{col} = 3$

Paso 6: Fig. 5.13	$t_1v^1 2l _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5$	$_ _ _ ; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 4$
Paso 7: Fig. 5.14	$t_1v^1 2l _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5$	$1 = 1; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 5$
Paso 8: Fig. 5.15	$t_1v^1 2l _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5$	$2 = 2; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 6; col > 5$
Paso 9: Fig. 5.16	$t_1v^1 2l _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5$	$M [< T2 >, to] = < T2 > \rightarrow to, pop (< T2 >), push (to)$
Paso 10: Fig. 5.17	$t_1v^1 2l _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5$	$to^3 = to^2; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
Paso 11: Fig. 5.18	$t_1v^1 2l _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5$	$2 = 2; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 2$
Paso 12: Fig. 5.19	$t_1v^1 2l _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5$	$2 = 2; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 3$
Paso 13: Fig. 5.20	$t_1v^1 2l _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5$	$_ _ _ ; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 4$
Paso 14: Fig. 5.21	$t_1v^1 2l _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5$	$1 = 1; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 5$
Paso 15: Fig. 5.22	$t_1v^1 2l _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5$	$3 = 3; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 6; col > 5$
Paso 16: Fig. 5.23	$t_1v^1 2l _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5$	$M [< T3 >, to] = < T3 > \rightarrow to, pop (< T3 >), push (to)$
Paso 17: Fig. 5.24	$t_1v^1 2l _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5$	$to^3 = to^2; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
Paso 18: Fig. 5.25	$t_1v^1 2l _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5$	$2 = 2; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 2$

Paso 19: Fig. 5.26	$t_1v^1 2^1 _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5 \$$	$3 = 3; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 3$
Paso 20: Fig. 5.27	$t_1v^1 2^1 _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5 \$$	$_ = _ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 4$
Paso 21: Fig. 5.28	$t_1v^1 2^1 _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5 \$$	$1 = 1; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 5$
Paso 22: Fig. 5.29	$t_1v^1 2^1 _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5 \$$	$4 = 4; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 6; col > 5$
Paso 23: Fig. 5.30	$t_1v^1 2^1 _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5 \$$	$M [(<T4>, t_4v) = < T4 > \rightarrow to, pop (< T4 >), push (t_4v)$
Paso 24: Fig. 5.31	$t_1v^1 2^1 _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5 \$$	$t_4v^4 = t_4v^4; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
Paso 25: Fig. 5.32	$t_1v^1 2^1 _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5 \$$	$2 = 2; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 2$
Paso 26: Fig. 5.33	$t_1v^1 2^1 _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5 \$$	$4 = 4; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 3$
Paso 27: Fig. 5.34	$t_1v^1 2^1 _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5 \$$	$_ = _ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 4$
Paso 28: Fig. 5.35	$t_1v^1 2^1 _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5 \$$	$1 = 1; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 5$
Paso 29: Fig. 5.36	$t_1v^1 2^1 _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5 \$$	$5 = 5; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 6; col > 5$
Paso 30: Fig. 5.37	$t_1v^1 2^1 _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5 \$$	$M [(<T5>, to) = < T5 > \rightarrow to, pop (< T5 >), push (to)$
Paso 31: Fig. 5.38	$t_1v^1 2^1 _ J^2 to^2 2^2 _ J^3 to^3 2^3 _ J^4 t_4v^4 2^4 _ J^5 to^5 \$$	$to^5 = to^5; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$

Paso 32: Fig. 5.39 $Pila_Simbolos = NULL; ap_Cadena = \$; col = 6$

$t_{iv}^1 2^1 _J^2 to^2 2^2 _I^3 to^3 2^3 _J^4 t_{iv}^4 2^4 _I^5 to^5$

$Pila_Simbolos = \$; ACEPTAR$

$t_{iv}^1 2^1 _J^2 to^2 2^2 _I^3 to^3 2^3 _J^4 t_{iv}^4 2^4 _I^5 to^5$

Paso 33: Fig. 5.40

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [0][0]	<Sec_Tarjetas>					
	\$					

Fig. 5.8 Paso 1 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [0][0]	<T1> ¹	2	1	-	1	2
	<T2> ²	2	2	-	1	3
	<T3> ³	2	3	-	1	4
	<T4> ⁴	2	4	-	1	5
	<T5> ⁵					
	\$					

Fig. 5.9 Paso 2 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [0][0]	t _y ¹	2	1	-	1	2
	<T2> ²	2	2	-	1	3

Fig. 5.10 Paso 3 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [0][1]	t _v ¹	2	1	-	1	2
	<T2> ²	2	2	-	1	3

Fig. 5.11 Paso 4 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [0][2]	t_1v^1	2	1	-	1	2
	$\langle T2 \rangle^2$	2	2	-	1	3

Fig. 5.12 Paso 5 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [0][3]	t_1v^1	2	1	-	1	2
	$\langle T2 \rangle^2$	2	2	-	1	3

Fig. 5.13 Paso 6 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [0][4]	t_1v^1	2	1	-	1	2
	$\langle T2 \rangle^2$	2	2	-	1	3

Fig. 5.14 Paso 7 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [0][5]	t_1v^1	2	1	-	1	2
	$\langle T2 \rangle^2$	2	2	-	1	3

Fig. 5.15 Paso 8 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [1][0]	$\langle T2 \rangle^2$	2	2	_	1	3
	$\langle T3 \rangle^3$	2	3	_	1	4

Fig. 5.16 Paso 9 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [1][0]	t_0^2	2	2	_	1	3
	$\langle T3 \rangle^3$	2	3	_	1	4

Fig. 5.17 Paso 10 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [1][1]	t_0^2	2	2	_	1	3
	$\langle T3 \rangle^3$	2	3	_	1	4

Fig. 5.18 Paso 11 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [1][2]	t_0^2	2	2	_	1	3
	$\langle T3 \rangle^3$	2	3	_	1	4

Fig. 5.19 Paso 12 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [1][3]	to^2	2	2	-	1	3
	$\langle T3 \rangle^3$	2	3	-	1	4

Fig. 5.20 Paso 13 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [1][4]	to^2	2	2	-	1	3
	$\langle T3 \rangle^3$	2	3	-	1	4

Fig. 5.21 Paso 14 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [1][5]	to^2	2	2	-	1	3
	$\langle T3 \rangle^3$	2	3	-	1	4

Fig. 5.22 Paso 15 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [2][0]	$\langle T3 \rangle^3$	2	3	-	1	4
	$\langle T4 \rangle^4$	2	4	-	1	5

Fig. 5.23 Paso 16 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [2][0]	to^3	2	3	_	1	4
	$\langle T4 \rangle^4$	2	4	_	1	5

Fig. 5.24 Paso 17 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [2][1]	to^3	2	3	_	1	4
	$\langle T4 \rangle^4$	2	4	_	1	5

Fig. 5.25 Paso 18 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [2][2]	to^3	2	3	_	1	4
	$\langle T4 \rangle^4$	2	4	_	1	5

Fig. 5.26 Paso 19 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [2][3]	to^3	2	3	_	1	4
	$\langle T4 \rangle^4$	2	4	_	1	5

Fig. 5.27 Paso 20 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [2][4]	to^3	2	3	_	1	4
	$\langle T4 \rangle^4$	2	4	_	1	5

Fig. 5.28 Paso 21 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [2][5]	to^3	2	3	_	1	4
	$\langle T4 \rangle^4$	2	4	_	1	5

Fig. 5.29 Paso 22 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [3][0]	$\langle T4 \rangle^4$	2	4	_	1	5
	$\langle T5 \rangle^5$					

Fig. 5.30 Paso 23 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [3][0]	$\langle T4 \rangle^4$	2	4	_	1	5
	$\langle T5 \rangle^5$					

Fig. 5.31 Paso 24 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [3][1]	t_4v^4	2	4	_	1	5
	$\langle T5 \rangle^5$					

Fig. 5.32 Paso 25 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [3][2]	t_4v^4	2	4	_	1	5
	$\langle T5 \rangle^5$					

Fig. 5.33 Paso 26 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [3][3]	t_4v^4	2	4	_	1	5
	$\langle T5 \rangle^5$					

Fig. 5.34 Paso 27 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [3][4]	t_4v^4	2	4	_	1	5
	$\langle T5 \rangle^5$					

Fig. 5.35 Paso 28 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [3][5]	t_4v^4	2	4	-	1	5
	$\langle TS \rangle^5$					

Fig. 5.36 Paso 29 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [4][0]	$\langle TS \rangle^5$					
	\$					

Fig. 5.37 Paso 30 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [4][0]	to^5					
	\$					

Fig. 5.38 Paso 31 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [4][1]	to^5					
	\$					

Fig. 5.39 Paso 32 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [5][0]	\$					

Fig. 5.40 Paso 33 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de éxito)

La Fig. 5.41 muestra el árbol de análisis sintáctico.

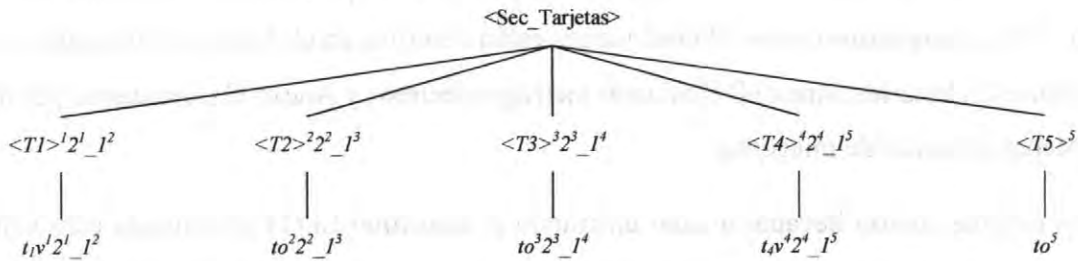


Fig. 5.41 Árbol de análisis sintáctico para el CP - 01. Definición del juego serio Contando Puntos - Números Binarios

- **Resultado:** Como se puede observar, en el último paso del algoritmo, el símbolo señalado por el apuntador en la cadena de entrada (\$) y el símbolo que se encuentra en la cima de la pila (\$) que corresponde a la gramática, coinciden. Por lo tanto, se obtiene un estado de aceptación.

Los resultados de los casos de prueba siguientes se encuentran en el Anexo E Resultados de las pruebas.

5.6.2 Resumen de resultados obtenidos en las pruebas

La Tabla 5.4 muestra los resultados obtenidos de las pruebas.

Tabla 5.4 Resultados obtenidos de las pruebas

Identificador	Resultado
MOF - CP - 01	Aceptación
MOF - CP - 02	Aceptación
MOF - CP - 03	Aceptación
MOF - CP - 04	Aceptación
MOF - CP - 05	Aceptación
MOF - CP - 06	Aceptación
MOF - CP - 07	Aceptación
MOF - CP - 08	Aceptación

5.6.3 Análisis de resultados

Las pruebas se realizaron a cuatro gramáticas posicionales para controlar movimientos básicos en videojuegos serios cortos. Dichos juegos están descritos en el Anexo A Contando los puntos – Números binarios, Anexo B Enviando mensajes secretos y Anexo C Coloreando por números – Representación de imágenes.

Las pruebas fueron llevadas a cabo utilizando el algoritmo LL(1) modificado para validar las cadenas de entrada w y las gramáticas posicionales descritas. El algoritmo LL(1) originalmente fue diseñado para analizar gramáticas textuales; por lo tanto, dicho algoritmo fue modificado para poder evaluar los símbolos terminales, así como el elemento *POS*.

Las pruebas con resultado de No aceptación son pruebas negativas (pruebas contradictorias), es decir, se esperaba que se obtuviera un estado de error al momento de aplicar el algoritmo LL(1) modificado, ya que las cadenas de entrada no eran válidas para las gramáticas. Por lo tanto, el algoritmo debía detectar el error y no permitir un estado de aceptación.

Las pruebas aplicadas a las gramáticas fueron exitosas, por lo tanto, se cumplió la hipótesis mencionada en la sección 5.2 Hipótesis a probar.

El verificar la correctitud de los movimientos básicos en videojuegos serios de manera formal es posible utilizando las gramáticas posicionales, siempre y cuando se tomen en cuenta el contexto del diseño de las gramáticas descritas en este reporte de resultados.

6 Conclusiones

6.1 Introducción

Los resultados obtenidos en las pruebas para verificar que los movimientos básicos en videojuegos serios cortos son correctos, mostraron resultados positivos de acuerdo al objetivo planteado. Los resultados demostraron que sí es posible establecer reglas para controlar los movimientos básicos de videojuegos serios cortos mediante las gramáticas posicionales. Las condiciones a tomar en cuenta son las siguientes:

- Los juegos serios a definir deben ser los que se encuentran descritos en el Anexo A Contando los puntos – Números binarios, Anexo B Enviando mensajes secretos y Anexo C Coloreando por números – Representación de imágenes.
- Utilizar el algoritmo LL(1) modificado descrito en la sección 5.4.1.2 Algoritmo aplicado.

Con la presente investigación se lograron establecer las bases formales para la creación de una herramienta que valide los movimientos básicos de un videojuego serio corto haciendo uso de las gramáticas descritas. Además, es importante mencionar que el Modelo formal de juegos serios puede ser extendido, para así verificar que los movimientos básicos de otros videojuegos serios cortos sean correctos.

Con el establecimiento del Modelo formal de juegos serios, se pretende que los movimientos básicos de videojuegos serios estén formalmente correctos; además del desarrollo de un intérprete entre el Modelo formal de juegos serios y un marco de trabajo orientado a objetos que permita la creación de juegos serios.

6.2 Aportaciones

La construcción de videojuegos serios demanda mucha creatividad a los desarrolladores; ya que es necesario idear los escenarios del juego, así como implementar las acciones necesarias para realizar los bosquejos tanto de las vistas estáticas como de las vistas dinámicas de cada escena.

El proporcionar un Modelo formal de juegos serios permite a los desarrolladores verificar formalmente la correctitud de los movimientos básicos en videojuegos serios cortos.

Las aportaciones que generan esta investigación son:

1. Un estudio que sirve como pauta para definir nuevas gramáticas visuales para controlar los movimientos básicos en videojuegos serios cortos de manera formal.
2. Un conjunto de reglas gramaticales que pueden codificarse para crear una herramienta para la evaluación del control de los movimientos en videojuegos serios cortos.
3. Un modelo formal de juegos serios que puede ser extendido para evaluar otros juegos serios.
4. Un estudio que funge como base para proyectos de investigación en la tendencia educativa.

6.3 Trabajos futuros

Esta investigación es una primera aproximación al ámbito educativo en cuanto al diseño de juegos serios formalmente correctos se refiere. En este trabajo de tesis sólo se manejó la parte sintáctica para la evaluación del modelo dinámico de un juego serio. Esto es, sólo se contempló que los elementos del juego serio (sean cartas o píxeles) estuvieran relacionados tal y cómo se especifica en el juego real. Por lo tanto, como trabajos futuros se proponen los siguientes:

- Realizar el análisis semántico al Modelo formal de juegos serios.
- Extender el Modelo formal de juegos serios a partir de las pautas especificadas en esta investigación.
- Codificar las gramáticas resultantes de esta investigación para obtener una herramienta o *plug-in* de algún sistema que permita evaluar el control de los movimientos básicos en videojuegos serios cortos.

Referencias

- [1] A. Barajas, "A Software Engineering Process for Developing Short Serious Games based upon Competencies," Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2016.
- [2] A. De Gloria, F. Bellotti, and R. Berta, "Serious Games for Education and Training," *Int. J. Serious Games*, vol. 1, no. 1, 2014.
- [3] J. M. T. Pérez, "Metodología por Medio de Patrones para el Desarrollo de Competencias de Lectura en la Producción de Videojuegos Serios," Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2014.
- [4] L. Sauvé, S. Sénécal, D. Kaufman, L. Renaud, and J. Leclerc, "The Design of Generic Serious Game Shell," in *2011 International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2011*, 2011.
- [5] J. R. Castañeda, "Sistema Visual para el Diseño Detallado de Métodos de Clases con UML," Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, 2003.
- [6] S. R. González, "Estudio de Factibilidad para la Formulación de Patrones de Diseño en Arquitecturas Orientadas a Objetos," Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, 2010.
- [7] J. Salazar, "Ambiente de Modelado de Arquitecturas de Software Conducido por Reglas de Combinación de Patrones de Diseño," Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, 2013.
- [8] H. U. Pérez, "Reglas para la Combinación de Patrones de Diseño," Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, 2014.
- [9] M. B. Ibáñez, "Herramienta de Soporte al Modelado de Software por Combinación de Patrones de Diseño," Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, 2016.
- [10] A. Yusoff, "A Conceptual Framework for Serious Games and its Validation," *October*,

- no. December, 2010.
- [11] R. Bulander, "A Conceptual Framework of Serious Games for Higher Education: Conceptual Framework of the Game INNOV8 to Train Students in Business Process Modelling," *2010 Int. Conf. E-bus.*, pp. 1–6, 2010.
- [12] N. Suttie *et al.*, "In Pursuit of a 'Serious Games Mechanics' : A Theoretical Framework to Analyse Relationships Between 'Game' and 'Pedagogical Aspects' of Serious Games," in *Procedia Computer Science*, 2012, vol. 15, pp. 314–315.
- [13] S. Tang, M. Hanneghan, and C. Carter, "A Platform Independent Model for Model Driven Serious Games Development," *Proc. Eur. Conf. Games Based Learn.*, vol. 11, no. 1, pp. 495–504, 2012.
- [14] N. Thillainathan, "A Model Driven Development Framework for Serious Games," *Inform. 2013 Dr. Consort.*, 2013.
- [15] T. Jordine, Y. Liang, and E. Ihler, "A Mobile-Device Based Serious Gaming Approach for Teaching and Learning Java Programming," *Front. Educ. Conf. (FIE), 2014 IEEE*, pp. 1–5, 2014.
- [16] M. B. Carvalho *et al.*, "A Case Study on Service-Oriented Architecture for Serious Games," *Entertain. Comput.*, vol. 6, pp. 1–10, 2015.
- [17] M. B. Carvalho *et al.*, "An Activity Theory-based Model for Serious Games Analysis and Conceptual Design," *Comput. Educ.*, vol. 87, pp. 166–181, 2015.
- [18] R. Prieto de Lope, L. A. J. Rafael, N. Medina-Medina, and P. Paderewski, "Design Methodology for Educational Games Based on Graphical Notations: Designing Urano," *Entertain. Comput.*, pp. 1–14, 2016.
- [19] A. Bottino, A. Martina, F. Strada, and A. Toosi, "GAINE – A Portable Framework for the Development of Edutainment Applications based on Multitouch and Tangible Interaction," *Entertain. Comput.*, pp. 53–65, 2016.
- [20] A. C.R. Paiva, N. H. Flores, A. G. Barbosa, and T. P.B. Ribeiro, "iLearnTest - Framework

- for Educational Games,” *Procedia Comput. Sci.*, pp. 443–448, 2016.
- [21] K. Smith, J. Shull, A. Dean, Y. Shen, and J. Michaeli, “SiGMA: A Software Framework for Integrating Advanced Mathematical Capabilities in Serious Game Development,” *Adv. Softw. Eng.*, pp. 319–325, 2016.
- [22] S. Moya, D. Tost, S. Grau, A. von Barnekow, and E. Felix, “SKETCH’NDO: A Framework for the Creation of Task-based Serious,” *Vis. Lang. Comput.*, pp. 1–10, 2016.
- [23] M. Zyda, “From Visual Simulation to Virtual Reality to Games,” *IEEE Comput.*, vol. 38, no. 9, pp. 25–32, 2005.
- [24] C. González, “Videojuegos para la Transformación Social. Aportaciones Conceptuales y Metodológicas,” Universidad de Deusto, 2014.
- [25] E. Adams, *Fundamentals of Game Design*. Berkeley: New Riders, 2012.
- [26] B. Capdevila Ibañez, “Serious Game Architecture and Design,” Université Pierre et Marie Curie, 2013.
- [27] Universidad Autónoma de Barcelona, “Diseño y Creación de Videojuegos Specialization,” 2016. .
- [28] C. M. Kanode and H. M. Haddad, “Software engineering challenges in game development,” in *Sixth International Conference on Information Technology: New Generations*, 2009, pp. 260–265.
- [29] J. Gregory, *Game Engine Architecture*. 2015.
- [30] K. Marriot and B. Meyer, *Visual Language Theory*. New York: Springer, 1998.
- [31] T. Bell, I. H. Witten, and M. Fellows, *CS Unplugged*. 2015.

Anexo A Contando los puntos – Números binarios

A.1 Resumen

Los datos en la computadora se almacenan y se transmiten como una serie de ceros y unos. ¿Cómo podemos representar las palabras y los números usando sólo estos dos símbolos?

A.1.1 Relación con otros cursos

- Matemáticas: Explorando números en otras bases. Representando números en base dos.
- Matemáticas: Siguiendo un patrón secuencial, y describiendo una regla para este patrón. Patrones y relaciones en potencia de dos.

A.1.2 Habilidades

- Contar
- Cotejar
- Secuenciación

A.1.3 Edades

- 7 años en adelante

A.1.4 Materiales

- Conjunto de tarjetas binarias como se muestra en la Fig. A.1.

A.1.5 Instrucciones

1. Recortar las tarjetas binarias y colocarlas con los puntos hacia arriba, con la tarjeta de 16 puntos a la izquierda.
2. Validar que las cartas estén colocadas exactamente en el mismo orden, tal y como se muestra en Fig. A.1. Este orden de las tarjetas debe ser mantenido.
3. Realizar los movimientos en las tarjetas, ya sea mostrando los puntos o no, con base al número que se quiera formar. Cuando una tarjeta está volteada y no muestra los puntos,

la tarjeta se representa con un cero. Cuando sí muestra los puntos, se representa con un uno.

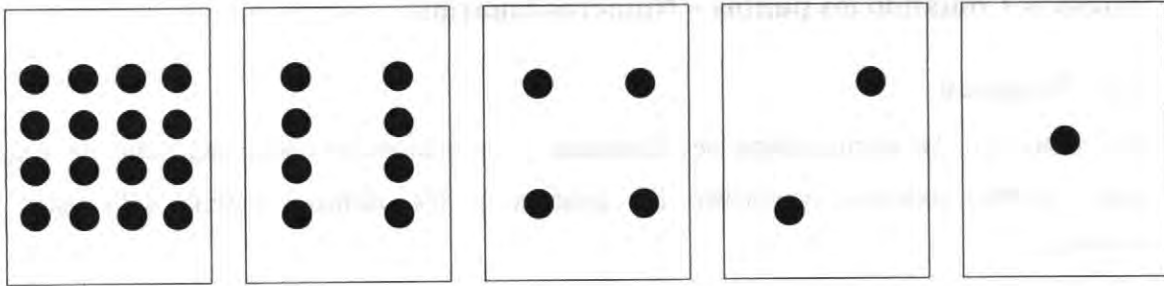


Fig. A.1 Conjunto de tarjetas binarias

A.1.6 Ejemplo

- Objetivo: representar el número 9 haciendo uso de las tarjetas binarias.
- Procedimiento:
 1. Voltear la tarjeta que contiene 16 puntos.
 2. Mostrar la tarjeta que contiene 8 puntos.
 3. Voltear las tarjetas que contienen 4 y 2 puntos.
 4. Mostrar la tarjeta que contiene 1 punto.

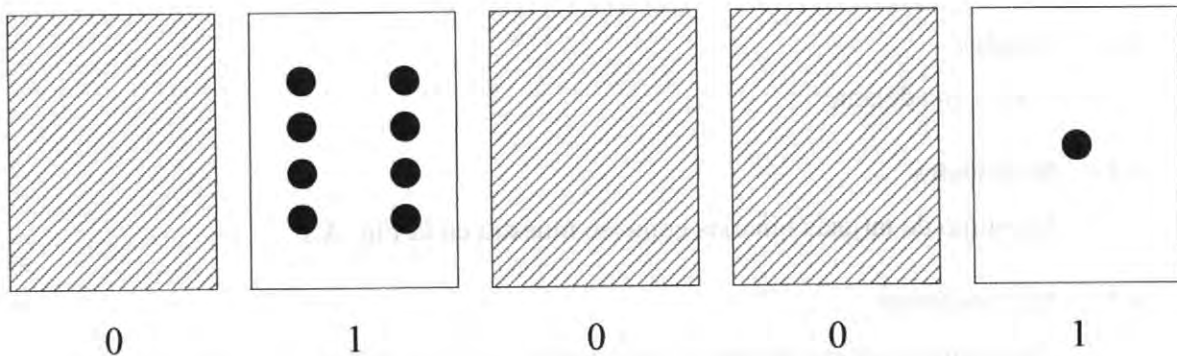


Fig. A.2 Representación del número 9 con tarjetas binarias

La representación del número 9 se obtiene a partir del número binario 01001 como se muestra en Fig. A.2. Esto es, la suma de los puntos de las tarjetas que son representadas por el número 1 tiene como resultado el número 9.

Anexo B Enviando mensajes secretos

B.1 Resumen

Las computadoras que se encuentran conectadas a internet a través de un módem también utilizan el sistema binario para enviar mensajes. La única diferencia es que utilizan beeps. Utilizan un tono agudo para el uno y un tono grave para el cero. Estos tonos se transmiten muy rápido— tan rápido que de hecho todo lo que se puede escuchar es un zumbido.

B.2 Relación con otros cursos

- Matemáticas: Explorando números en otras bases. Representando números en base dos.
- Matemáticas: Siguiendo un patrón secuencial, y describiendo una regla para este patrón. Patrones y relaciones en potencia de dos.

B.3 Habilidades

- Contar
- Cotejar
- Secuenciación

B.4 Edades

- 7 años en adelante

B.5 Materiales

- Conjunto de tarjetas binarias como se muestra en la Fig. A.1.

B.6 Instrucciones

1. Recortar las tarjetas binarias y colocarlas con los puntos hacia arriba, con la tarjeta de 16 puntos a la izquierda.
2. Validar que las cartas estén colocadas exactamente en el mismo orden, tal y como se muestra en Fig. A.1. Este orden de las tarjetas debe ser mantenido.
3. Realizar los movimientos en las tarjetas, ya sea mostrando los puntos o no, con base al valor de la letra a representar. La Fig. B.3 muestra el valor que tiene cada letra.

1	2	3	4	5	6	6	8	9	10	11	12	13	14	
a	b	c	ch	d	e	f	g	h	i	j	k	l	ll	
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
m	n	ñ	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z

Fig. B.3 Valores del alfabeto

B.7 Ejemplo

- Objetivo: Codificar el mensaje AYUDA ATRAPADO con base a los valores mostrados de la Fig. B.3.
- Procedimiento:
 1. Voltar las tarjetas que contienen los puntos 16, 8, 4 y 2 para representar la letra a.
 2. Voltar las tarjetas que contienen los puntos 2 y 1 para representar la letra y.
 3. Voltar las tarjetas que contienen los puntos 4, 2 y 1 para representar la letra u.
 4. Voltar las tarjetas que contienen los puntos 16, 8 y 2 para representar la letra d.
 5. Voltar las tarjetas que contienen los puntos 16, 8, 4 y 2 para representar la letra a.
 6. Voltar todas las tarjetas para representar espacio vacío.
 7. Voltar las tarjetas que contienen los puntos 16, 8, 4 y 2 para representar la letra a.
 8. Voltar la tarjeta que contiene 8 puntos para representar la letra t.
 9. Voltar las tarjetas que contienen los puntos 8 y 2 para representar la letra r.
 10. Voltar las tarjetas que contienen los puntos 16, 8, 4 y 2 para representar la letra a.
 11. Voltar las tarjetas que contienen los puntos 8 y 4 para representar la letra p.
 12. Voltar las tarjetas que contienen los puntos 16, 8, 4 y 2 para representar la letra a.
 13. Voltar las tarjetas que contienen los puntos 16, 8 y 2 para representar la letra d.
 14. Voltar las tarjetas que contienen los puntos 8, 4 y 1 para representar la letra o.

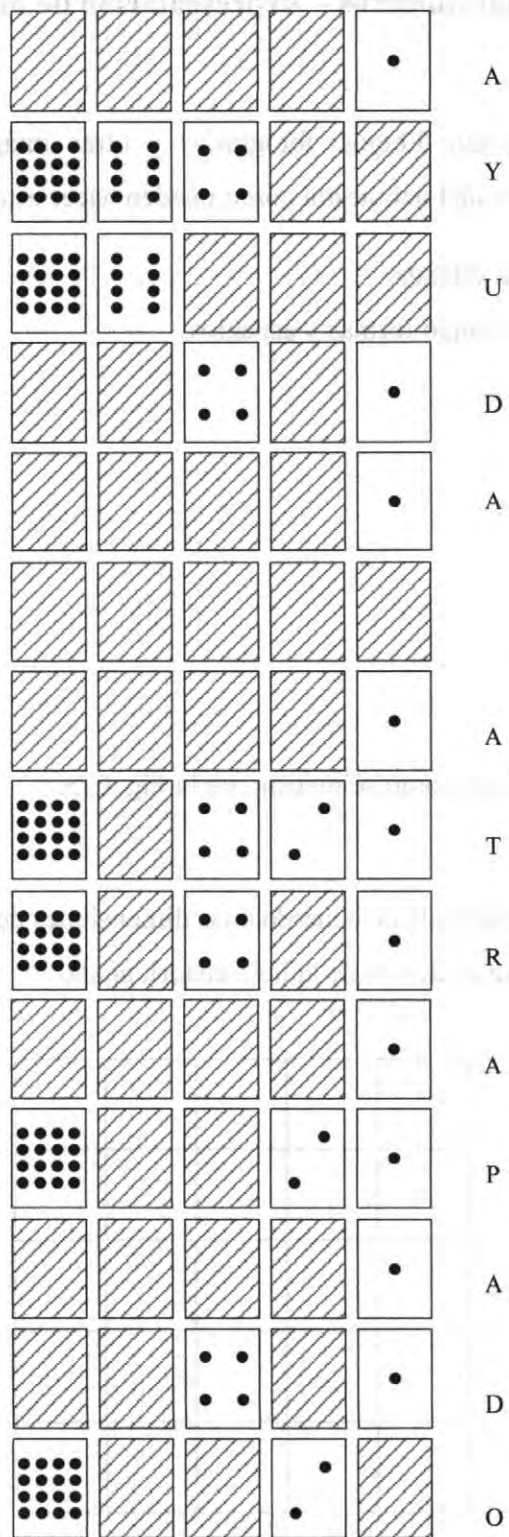


Fig. B.4 Mensaje codificado

Anexo C Coloreando por números – Representación de imágenes

C.1 Resumen

Las computadoras almacenan dibujos, fotografías y otras imágenes utilizando solamente números. La siguiente actividad demuestra cómo pueden hacer esto.

C.2 Relación con otros cursos

- Matemáticas: Explorando formas y espacios.

C.3 Habilidades

- Contar
- Graficar

C.4 Edades

- 7 años en adelante

C.5 Materiales

- Una hoja cuadriculada como se muestra en la Fig. C.5.

C.6 Instrucciones

1. Recortar hoja cuadriculada de acuerdo a las dimensiones de la imagen a representar.
2. Representar los píxeles dentro de la hoja cuadriculada.

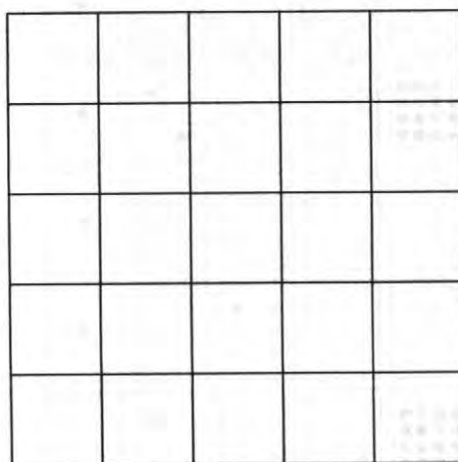


Fig. C.5 Hoja cuadriculada

C.7 Ejemplo

- Objetivo: Representar la letra a en la hoja cuadriculada.
- Procedimiento:
 1. Representar la primera fila con los valores 1, 3 y 1. Es decir, un píxel blanco, seguido de 3 de color negro, y luego uno de color blanco.
 2. Representar la segunda fila con los valores 4 y 1. Es decir, cuatro píxeles blancos, y luego uno de color negro.
 3. Representar la tercera fila con los valores 1 y 4. Es decir, un píxel blanco, y luego cuatro de color negro.
 4. Representar la cuarta fila con los valores 0, 1, 3 y 1. Es decir, ningún píxel color blanco, luego uno de color negro, posteriormente 3 de color blanco, y para finalizar uno de color negro.
 5. Representar la quinta fila con los valores 0, 1, 3 y 1. Es decir, ningún píxel color blanco, luego uno de color negro, posteriormente 3 de color blanco, y para finalizar uno de color negro.
 6. Representar la sexta fila con los valores 1 y 4. Es decir, un píxel blanco, y luego cuatro de color negro.



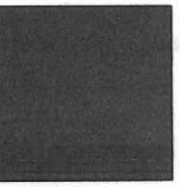













					1, 3, 1
					4, 1
					1, 4
					0, 1, 3, 1
					0, 1, 3, 1
					1, 4

Fig. C.6 Letra a representada en píxeles

Anexo D Representación de las letras del alfabeto

D.1 Resumen

Las siguientes figuras muestran las letras del alfabeto que son posibles formar con la gramática *Coloreando Números*.

1	2	3	4	5	0, 4, 1
6	7	8	9	10	0, 1, 3, 1
11	12	13	14	15	0, 4, 1
16	17	18	19	20	0, 1, 3, 1
21	22	23	24	25	0, 1, 3, 1
26	27	28	29	30	0, 4, 1

Fig. D.7 Representación gráfica del símbolo no terminal B

1	2	3	4	5	1, 4
6	7	8	9	10	0, 1, 4
11	12	13	14	15	0, 1, 4
16	17	18	19	20	0, 1, 4
21	22	23	24	25	0, 1, 4
26	27	28	29	30	1, 4

Fig. D.8 Representación gráfica del símbolo no terminal C

1	2	3	4	5	0, 4, 1
6	7	8	9	10	0, 1, 3, 1
11	12	13	14	15	0, 1, 3, 1
16	17	18	19	20	0, 1, 3, 1
21	22	23	24	25	0, 1, 3, 1
26	27	28	29	30	0, 4, 1

Fig. D.9 Representación gráfica del símbolo no terminal D

1	2	3	4	5	0, 5
6	7	8	9	10	0, 1, 4
11	12	13	14	15	0, 4, 1
16	17	18	19	20	0, 1, 4
21	22	23	24	25	0, 1, 4
26	27	28	29	30	0, 5

Fig. D.10 Representación gráfica del símbolo no terminal E

1	2	3	4	5	0, 5
6	7	8	9	10	0, 1, 4
11	12	13	14	15	0, 3, 2
16	17	18	19	20	0, 1, 4
21	22	23	24	25	0, 1, 4
26	27	28	29	30	0, 1, 4

Fig. D.11 Representación gráfica del símbolo no terminal F

1	2	3	4	5	1, 4
6	7	8	9	10	0, 1, 4
11	12	13	14	15	0, 1, 1, 3
16	17	18	19	20	0, 1, 3, 1
21	22	23	24	25	0, 1, 3, 1
26	27	28	29	30	1, 4

Fig. D.12 Representación gráfica del símbolo no terminal G

1	2	3	4	5	0, 1, 3, 1
6	7	8	9	10	0, 1, 3, 1
11	12	13	14	15	0, 5
16	17	18	19	20	0, 1, 3, 1
21	22	23	24	25	0, 1, 3, 1
26	27	28	29	30	0, 1, 3, 1

Fig. D.13 Representación gráfica del símbolo no terminal H

1	2	3	4	5	1, 3, 1
6	7	8	9	10	2, 1, 2
11	12	13	14	15	2, 1, 2
16	17	18	19	20	2, 1, 2
21	22	23	24	25	2, 1, 2
26	27	28	29	30	1, 3, 1

Fig. D.14 Representación gráfica del símbolo no terminal I

1	2	3	4	5	4, 1
6	7	8	9	10	4, 1
11	12	13	14	15	4, 1
16	17	18	19	20	4, 1
21	22	23	24	25	0, 1, 3, 1
26	27	28	29	30	1, 3, 1

Fig. D.15 Representación gráfica del símbolo no terminal J

1	2	3	4	5	0, 1, 2, 1, 1
6	7	8	9	10	0, 1, 1, 1, 2
11	12	13	14	15	0, 2, 3
16	17	18	19	20	0, 1, 1, 1, 2
21	22	23	24	25	0, 1, 2, 1, 1
26	27	28	29	30	0, 1, 3, 1

Fig. D.16 Representación gráfica del símbolo no terminal K

1	2	3	4	5	0, 1, 4
6	7	8	9	10	0, 1, 4
11	12	13	14	15	0, 1, 4
16	17	18	19	20	0, 1, 4
21	22	23	24	25	0, 1, 4
26	27	28	29	30	0, 5

Fig. D.17 Representación gráfica del símbolo no terminal L

1	2	3	4	5	0, 1, 3, 1
6	7	8	9	10	0, 2, 1, 2
11	12	13	14	15	0, 1, 1, 1, 1, 1
16	17	18	19	20	0, 1, 3, 1
21	22	23	24	25	0, 1, 3, 1
26	27	28	29	30	0, 1, 3, 1

Fig. D.18 Representación gráfica del símbolo no terminal M

1	2	3	4	5	0, 1, 3, 1
6	7	8	9	10	0, 1, 3, 1
11	12	13	14	15	0, 2, 2, 1
16	17	18	19	20	0, 1, 1, 1, 1, 1
21	22	23	24	25	0, 1, 2, 2
26	27	28	29	30	0, 1, 3, 1

Fig. D.19 Representación gráfica del símbolo no terminal N

1	2	3	4	5	1, 3, 1
6	7	8	9	10	0, 1, 3, 1
11	12	13	14	15	0, 2, 2, 1
16	17	18	19	20	0, 1, 1, 1, 1, 1
21	22	23	24	25	0, 1, 2, 2
26	27	28	29	30	0, 1, 3, 1

Fig. D.20 Representación gráfica del símbolo no terminal \tilde{N}

1	2	3	4	5	1, 3, 1
6	7	8	9	10	0, 1, 3, 1
11	12	13	14	15	0, 1, 3, 1
16	17	18	19	20	0, 1, 3, 1
21	22	23	24	25	0, 1, 3, 1
26	27	28	29	30	1, 3, 1

Fig. D.21 Representación gráfica del símbolo no terminal O

1	2	3	4	5	0, 4, 1
6	7	8	9	10	0, 1, 3, 1
11	12	13	14	15	0, 1, 3, 1
16	17	18	19	20	0, 4, 1
21	22	23	24	25	0, 1, 4
26	27	28	29	30	0, 1, 4

Fig. D.22 Representación gráfica del símbolo no terminal P

1	2	3	4	5	1, 3, 1
6	7	8	9	10	0, 1, 3, 1
11	12	13	14	15	0, 1, 3, 1
16	17	18	19	20	0, 1, 1, 1, 1, 1
21	22	23	24	25	0, 1, 2, 2
26	27	28	29	30	1, 4

Fig. D.23 Representación gráfica del símbolo no terminal Q

1	2	3	4	5	0, 4, 1
6	7	8	9	10	0, 1, 3, 1
11	12	13	14	15	0, 4, 1
16	17	18	19	20	0, 1, 1, 1, 2
21	22	23	24	25	0, 1, 2, 1, 1
26	27	28	29	30	0, 1, 3, 1

Fig. D.24 Representación gráfica del símbolo no terminal R

1	2	3	4	5	1, 4
6	7	8	9	10	0, 1, 4
11	12	13	14	15	1, 3, 1
16	17	18	19	20	4, 1
21	22	23	24	25	4, 1
26	27	28	29	30	0, 4, 1

Fig. D.25 Representación gráfica del símbolo no terminal S

1	2	3	4	5	1, 3, 1
6	7	8	9	10	2, 1, 2
11	12	13	14	15	2, 1, 2
16	17	18	19	20	2, 1, 2
21	22	23	24	25	2, 1, 2
26	27	28	29	30	2, 1, 2

Fig. D.26 Representación gráfica del símbolo no terminal T

1	2	3	4	5	0, 1, 3, 1
6	7	8	9	10	0, 1, 3, 1
11	12	13	14	15	0, 1, 3, 1
16	17	18	19	20	0, 1, 3, 1
21	22	23	24	25	0, 1, 3, 1
26	27	28	29	30	0, 5

Fig. D.27 Representación gráfica del símbolo no terminal U

1	2	3	4	5	0, 1, 3, 1
6	7	8	9	10	0, 1, 3, 1
11	12	13	14	15	0, 1, 3, 1
16	17	18	19	20	0, 1, 3, 1
21	22	23	24	25	0, 1, 3, 1
26	27	28	29	30	1, 3, 1

Fig. D.28 Representación gráfica del símbolo no terminal V

1	2	3	4	5	0, 1, 3, 1
6	7	8	9	10	0, 1, 3, 1
11	12	13	14	15	0, 1, 3, 1
16	17	18	19	20	0, 1, 3, 1
21	22	23	24	25	0, 5
26	27	28	29	30	1, 3, 1

Fig. D.29 Representación gráfica del símbolo no terminal W

1	2	3	4	5	0, 1, 3, 1
6	7	8	9	10	0, 1, 3, 1
11	12	13	14	15	1, 3, 1
16	17	18	19	20	1, 3, 1
21	22	23	24	25	0, 1, 3, 1
26	27	28	29	30	0, 1, 3, 1

Fig. D.30 Representación gráfica del símbolo no terminal X

1	2	3	4	5	0, 1, 3, 1
6	7	8	9	10	0, 1, 3, 1
11	12	13	14	15	1, 3, 1
16	17	18	19	20	2, 1, 2
21	22	23	24	25	2, 1, 2
26	27	28	29	30	2, 1, 2

Fig. D.31 Representación gráfica del símbolo no terminal Y

1	2	3	4	5	0, 5
6	7	8	9	10	4, 1
11	12	13	14	15	3, 1, 1
16	17	18	19	20	2, 1, 2
21	22	23	24	25	1, 1, 3
26	27	28	29	30	0, 5

Fig. D.32 Representación gráfica del símbolo no terminal Z

Anexo E Resultados de las pruebas

E.1 Resumen

Las siguientes secciones muestran los resultados de las pruebas definidas en la sección 5.5 Especificación del diseño de pruebas.

E.1.1 MOF – CP – 02. Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de fracaso)

La Tabla 5.1 muestra los conjuntos First y Follow de la gramática *ContandoPuntos*. La Tabla 5.2 muestra la tabla de análisis sintáctico para la gramática *ContandoPuntos*. Asimismo, a partir de la Fig. 5.3 muestra los símbolos que se almacenan en la pila de símbolos, la evaluación de la cadena de entrada w y las acciones ejecutadas para obtener el resultado esperado.

Tabla 6.1 Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios

Pila	Cadena de entrada	Acción
Paso 1: Fig. E.33	$t_{2v}^2 \ 2^2 \ 1^1 \ t_{1v}^1 \ 2^1 \ 1^3 \ t_{3v}^3 \ 2^3 \ 1^4 \ t_{4v}^4 \ 2^4 \ 1^5 \ t_{5v}^5$	$M [\langle \text{Sec. Tarjetas} \rangle, t_{2v}^2] = \langle \text{Sec. Tarjetas} \rangle \rightarrow$ $\langle T1 \rangle^1 2^1 \langle T2 \rangle^2 2^2 \ 1^3 \langle T3 \rangle^3 2^3 \ 1^4 \langle T4 \rangle^4 2^4 \ 1^5 \langle T5 \rangle^5, \text{ pop}$ $(\langle \text{Sec. Tarjetas} \rangle),$ $\text{push} (\langle T5 \rangle^5) 1^5 \ 2^4 \langle T4 \rangle^4 1^4 \ 2^3 \langle T3 \rangle^3 1^3 \ 2^2 \langle T2 \rangle^2 1^2 \ 2^1 \langle T1 \rangle^1$
Paso 2 Fig. E.34	$t_{2v}^2 \ 2^2 \ 1^1 \ t_{1v}^1 \ 2^1 \ 1^3 \ t_{3v}^3 \ 2^3 \ 1^4 \ t_{4v}^4 \ 2^4 \ 1^5 \ t_{5v}^5$	$M [\langle T1 \rangle, t_{1v}^1] = \langle T1 \rangle \rightarrow t_{1v}^1, \text{ pop} (\langle T1 \rangle), \text{ push} (t_{1v}^1)$
Paso 3: Fig. E.35	$t_{2v}^2 \ 2^2 \ 1^1 \ t_{1v}^1 \ 2^1 \ 1^3 \ t_{3v}^3 \ 2^3 \ 1^4 \ t_{4v}^4 \ 2^4 \ 1^5 \ t_{5v}^5$	$t_{2v}^2 = t_{1v}^1$. El símbolo en la pila y la cadena de entrada no coinciden. <i>ERROR.</i>

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [0][0]	<Sec_Tarjetas>					
	\$					

Fig. E.33 Paso 1 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de fracaso)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [0][0]	<T1> ¹	2	1	-	1	2
	<T2> ²	2	2	-	1	3
	<T3> ³	2	3	-	1	4
	<T4> ⁴	2	4	-	1	5
	<T5> ⁵					
	\$					

Fig. E.34 Paso 2 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de fracaso)

	Símbolo	Posición 1	Superíndice P1	Guión bajo	Posición 2	Superíndice P2
Pila_Símbolos [0][0]	<u>T1</u> ¹	2	1	-	1	2
	<T2> ²	2	2	-	1	3

Fig. E.35 Paso 3 del juego serio Contando Puntos – Números Binarios (Caso de fracaso)

- Resultado: Como se puede observar, en el último paso del algoritmo, el símbolo señalado por el apuntador en la cadena de entrada (\$) y el símbolo que se encuentra en la cima de la pila (\$) que corresponde a la gramática, no coinciden. Por lo tanto, se obtiene un estado de no aceptación.

E.1.2 MOF – CP – 03. Definición del juego serio Enviando mensajes secretos (Caso de éxito)

La Tabla 6.2 muestra los conjuntos First y Follow de la gramática *EnviandoMensajes*.

Tabla 6.2 Conjuntos First y Follow de la gramática *EnviandoMensajes*

No Terminal	First	Follow
<Sec_Letras>	$\{t_1v, to\}$	$\{\$\}$
<Sec_Tarjetas>	$\{t_1v, to\}$	$\{\$\}$
<T1>	$\{t_1v, to\}$	$\{\$\}$
<T2>	$\{t_2v, to\}$	$\{\$\}$
<T3>	$\{t_3v, to\}$	$\{\$\}$
<T4>	$\{t_4v, to\}$	$\{\$\}$
<T5>	$\{t_5v, to\}$	$\{\$\}$

La Tabla 6.3 muestra la tabla de análisis sintáctico para la gramática *EnviandoMensajes*. Asimismo, la Tabla 6.4 muestra los símbolos que se almacenan en la pila de símbolos, la evaluación de la cadena de entrada w y las acciones ejecutadas para obtener el resultado esperado. La columna correspondiente a la Pila muestra la manera en la cual, los símbolos terminales y no terminales son almacenados en la misma.

Letra A: $t_1v^1 2^1 j^2 to^2 j^3 to^3 2^3 j^4 <T4>^4$
 $2^4 j^5 <T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$ $to^3 = to^3 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$

Letra A: $t_1v^1 2^1 j^2 to^2 j^3 to^3 2^3 j^4 <T4>^4$
 $2^4 j^5 <T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$ $2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$

Letra A: $t_1v^1 2^1 j^2 to^2 j^3 to^3 2^3 j^4 <T4>^4$
 $2^4 j^5 <T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$ $3 = 3 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$

Letra A: $t_1v^1 2^1 j^2 to^2 j^3 to^3 2^3 j^4 <T4>^4$
 $2^4 j^5 <T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$ $_ _ _ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$

Letra A: $t_1v^1 2^1 j^2 to^2 j^3 to^3 2^3 j^4 <T4>^4$
 $2^4 j^5 <T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$ $1 = 1 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$

Letra A: $t_1v^1 2^1 j^2 to^2 j^3 to^3 2^3 j^4 <T4>^4$
 $2^4 j^5 <T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$ $4 = 4 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$

Letra A: $t_1v^1 2^1 j^2 to^2 j^3 to^3 2^3 j^4 <T4>^4$
 $2^4 j^5 <T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$ $M [<T4>, to] = <T4> \rightarrow to, pop (<T4>), push (to)$

Letra A: $t_1v^1 2^1 j^2 to^2 j^3 to^3 2^3 j^4 to^4 2^4 j^5$
 $<T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$ $to^4 = to^4 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$

Letra A: $t_1v^1 2^1 j^2 to^2 j^3 to^3 2^3 j^4 to^4 2^4 j^5$
 $<T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$ $2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$

Letra A: $t_1v^1 2^1 j^2 to^2 j^3 to^3 2^3 j^4 to^4 2^4 j^5$
 $<T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$ $4 = 4 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$

Letra A: $t_1v^1 2^1 j^2 to^2 j^3 to^3 2^3 j^4 to^4 2^4 j^5$
 $<T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$ $_ _ _ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$

Letra A: $t_1v^1 2^1 j^2 to^2 j^3 to^3 2^3 j^4 to^4 2^4 j^5$
 $<T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$ $1 = 1 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$

Letra A: $t_1v^1 2^1 j^2 to^2 j^3 to^3 2^3 j^4 to^4 2^4 j^5$
 $<T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$ $5 = 5 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$

Letra A: $t_1v^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 2^3 \underline{J^4} t_4^4 2^4 \underline{J^5} <\underline{T5}><\text{Sec_Letras}>...$	$t_1v^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 2^3 \underline{J^4} t_4^4 2^4 \underline{J^5} \underline{to^5}$...	$M[<T5>, to] = < T5 > \rightarrow to, pop (< T5 >), push (to)$
Letra A: $t_1v^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 2^3 \underline{J^4} t_4^4 2^4 \underline{J^5} \underline{to^5}<\text{Sec_Letras}>...$	$t_1v^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 2^3 \underline{J^4} t_4^4 2^4 \underline{J^5} \underline{to^5}$...	$to^5 = to^5; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
Letra U: $<\text{Sec_Letras}>\$$	$\underline{to^1} 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 2^3 \underline{J^4} t_4v^4 2^4 \underline{J^5} tsv^5$...	$M[<\text{Sec_Letras}>, to^1] = <\text{Sec_Letras}> \rightarrow <\text{Sec_Tarjetas}><\text{Sec_Letras}>, pop (<\text{Sec_Letras}>), push (<\text{Sec_Letras}><\text{Sec_Tarjetas}>)$
Letra U: $<\text{Sec_Tarjetas}><\text{Sec_Letras}>\$$	$\underline{to^1} 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 2^3 \underline{J^4} t_4v^4 2^4 \underline{J^5} tsv^5$...	$M[<\text{Sec_Tarjetas}>, to^1] = <\text{Sec_Tarjetas}> \rightarrow <T1>^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 2^3 \underline{J^4} t_4v^4 2^4 \underline{J^5} t_5^5 <T5>^5, pop (<\text{Sec_Tarjetas}>), push (<T5>^5 \underline{J^5} 2^4 <T4>^4 1^4 2^3 <T3>^3 1^3 2^2 <T2>^2 1^2 <T1>^1)$
Letra U: $<T1>^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 <T3>^3 2^3 \underline{J^4} t_4^4 >^4 2^4 \underline{J^5} <T5>^5 <\text{Sec_Letras}>...$	$\underline{to^1} 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 2^3 \underline{J^4} t_4v^4 2^4 \underline{J^5} tsv^5$...	$M[<T1>, to] = < T1 > \rightarrow to, pop (< T1 >), push (to)$
Letra U: $\underline{to^1} 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 <T3>^3 2^3 \underline{J^4} t_4^4 >^4 2^4 \underline{J^5} <T5>^5 <\text{Sec_Letras}>...$	$\underline{to^1} 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 2^3 \underline{J^4} t_4v^4 2^4 \underline{J^5} tsv^5$...	$to^1 = to^1; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
Letra U: $to^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 <T3>^3 2^3 \underline{J^4} t_4^4 >^4 2^4 \underline{J^5} <T5>^5 <\text{Sec_Letras}>...$	$to^1 \underline{2^1} \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 2^3 \underline{J^4} t_4v^4 2^4 \underline{J^5} tsv^5$...	$2 = 2; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
Letra U: $to^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 <T3>^3 2^3 \underline{J^4} t_4^4 >^4 2^4 \underline{J^5} <T5>^5 <\text{Sec_Letras}>...$	$to^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 2^3 \underline{J^4} t_4v^4 2^4 \underline{J^5} tsv^5$...	$1 = 1; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
Letra U: $to^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 <T3>^3 2^3 \underline{J^4} t_4^4 >^4 2^4 \underline{J^5} <T5>^5 <\text{Sec_Letras}>...$	$to^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 2^3 \underline{J^4} t_4v^4 2^4 \underline{J^5} tsv^5$...	$\underline{2} = \underline{2}; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
Letra U: $to^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 <T3>^3 2^3 \underline{J^4} t_4^4 >^4 2^4 \underline{J^5} <T5>^5 <\text{Sec_Letras}>...$	$to^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 2^3 \underline{J^4} t_4v^4 2^4 \underline{J^5} tsv^5$...	$1 = 1; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
Letra U: $to^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 <T3>^3 2^3 \underline{J^4} t_4^4 >^4 2^4 \underline{J^5} <T5>^5 <\text{Sec_Letras}>...$	$to^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 2^3 \underline{J^4} t_4v^4 2^4 \underline{J^5} tsv^5$...	$2 = 2; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
Letra U: $to^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 <T3>^3 2^3 \underline{J^4} t_4^4 >^4 2^4 \underline{J^5} <T5>^5 <\text{Sec_Letras}>...$	$to^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 2^3 \underline{J^4} t_4v^4 2^4 \underline{J^5} tsv^5$...	$M[<T2>, to] = < T2 > \rightarrow to, pop (< T2 >), push (to)$
Letra U: $to^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 <T3>^3 2^3 \underline{J^4} t_4^4 >^4 2^4 \underline{J^5} <T5>^5 <\text{Sec_Letras}>...$	$to^1 2^1 \underline{J^2} t_2^2 2^2 \underline{J^3} t_3^3 2^3 \underline{J^4} t_4v^4 2^4 \underline{J^5} tsv^5$...	$to^2 = to^2; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$

Letra U: to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ <T3> ³ 2 ³ J ⁴ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ ta ^{v4} 2 ⁴ J ⁵ ts ^{v5} ...	2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra U: to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ <T3> ³ 2 ³ J ⁴ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ ta ^{v4} 2 ⁴ J ⁵ ts ^{v5} ...	2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra U: to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ <T3> ³ 2 ³ J ⁴ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ ta ^{v4} 2 ⁴ J ⁵ ts ^{v5} ...	_ _ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra U: to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ <T3> ³ 2 ³ J ⁴ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ ta ^{v4} 2 ⁴ J ⁵ ts ^{v5} ...	1 = 1 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra U: to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ <T3> ³ 2 ³ J ⁴ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ ta ^{v4} 2 ⁴ J ⁵ ts ^{v5} ...	3 = 3 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra U: to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ <T3> ³ 2 ³ J ⁴ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ ta ^{v4} 2 ⁴ J ⁵ ts ^{v5} ...	M [<T3>, to] = < T3 > to, pop (< T3 >), push (to)
Letra U: to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ ta ^{v4} 2 ⁴ J ⁵ ts ^{v5} ...	to ³ = to ³ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra U: to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ ta ^{v4} 2 ⁴ J ⁵ ts ^{v5} ...	2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra U: to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ ta ^{v4} 2 ⁴ J ⁵ ts ^{v5} ...	3 = 3 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra U: to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ ta ^{v4} 2 ⁴ J ⁵ ts ^{v5} ...	_ _ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra U: to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ ta ^{v4} 2 ⁴ J ⁵ ts ^{v5} ...	1 = 1 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra U: to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ ta ^{v4} 2 ⁴ J ⁵ ts ^{v5} ...	4 = 4 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra U: to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² to ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ ta ^{v4} 2 ⁴ J ⁵ ts ^{v5} ...	M [<T4>, t ₄ v] = < T4 > t ₄ v, pop (< T4 >), push (t ₄ v)

Letra U: $to^1_1 \underline{2^1} \underline{J^2} to^2_2 \underline{2^2} \underline{J^3} to^3_3 \underline{2^3} \underline{J^4} \underline{t_{4V^4}} \underline{2^4} \underline{J^5}$
 $<T5>^5 <Sec_Letras> \dots$ $t_{4V^4} = t_{4V^4}$; $ap_Cadena = ap_Cadena + 1$; $col = col + 1$; $col = 1$

Letra U: $to^1_1 \underline{2^1} \underline{J^2} to^2_2 \underline{2^2} \underline{J^3} to^3_3 \underline{2^3} \underline{J^4} \underline{t_{4V^4}} \underline{2^4} \underline{J^5}$
 $<T5>^5 <Sec_Letras> \dots$ $2 = 2$; $ap_Cadena = ap_Cadena + 1$; $col = col + 1$; $col = 1$

Letra U: $to^1_1 \underline{2^1} \underline{J^2} to^2_2 \underline{2^2} \underline{J^3} to^3_3 \underline{2^3} \underline{J^4} \underline{t_{4V^4}} \underline{2^4} \underline{J^5}$
 $<T5>^5 <Sec_Letras> \dots$ $4 = 4$; $ap_Cadena = ap_Cadena + 1$; $col = col + 1$; $col = 1$

Letra U: $to^1_1 \underline{2^1} \underline{J^2} to^2_2 \underline{2^2} \underline{J^3} to^3_3 \underline{2^3} \underline{J^4} \underline{t_{4V^4}} \underline{2^4} \underline{J^5}$
 $<T5>^5 <Sec_Letras> \dots$ $_ = _$; $ap_Cadena = ap_Cadena + 1$; $col = col + 1$; $col = 1$

Letra U: $to^1_1 \underline{2^1} \underline{J^2} to^2_2 \underline{2^2} \underline{J^3} to^3_3 \underline{2^3} \underline{J^4} \underline{t_{4V^4}} \underline{2^4} \underline{J^5}$
 $<T5>^5 <Sec_Letras> \dots$ $1 = 1$; $ap_Cadena = ap_Cadena + 1$; $col = col + 1$; $col = 1$

Letra U: $to^1_1 \underline{2^1} \underline{J^2} to^2_2 \underline{2^2} \underline{J^3} to^3_3 \underline{2^3} \underline{J^4} \underline{t_{4V^4}} \underline{2^4} \underline{J^5}$
 $<T5>^5 <Sec_Letras> \dots$ $5 = 5$; $ap_Cadena = ap_Cadena + 1$; $col = col + 1$; $col = 1$

Letra U: $to^1_1 \underline{2^1} \underline{J^2} to^2_2 \underline{2^2} \underline{J^3} to^3_3 \underline{2^3} \underline{J^4} \underline{t_{4V^4}} \underline{2^4} \underline{J^5}$
 $<T5>^5 <Sec_Letras> \dots$ $M [<T5>, t_5v] = < T5 >$; $pop (< T5 >)$, $push (t_5v)$

Letra U: $to^1_1 \underline{2^1} \underline{J^2} to^2_2 \underline{2^2} \underline{J^3} to^3_3 \underline{2^3} \underline{J^4} \underline{t_{4V^4}} \underline{2^4} \underline{J^5}$
 $t_5v^5 = t_5v^5$; $ap_Cadena = ap_Cadena + 1$; $col = col + 1$; $col = 1$

Letra X: $<Sec_Letras> \$$
 $M [<Sec_Letras>, t_{1V^1}] = <Sec_Letras> \rightarrow$
 $<Sec_Tarjetas> <Sec_Letras>$, $pop (<Sec_Letras>)$,
 $push (<Sec_Letras> <Sec_Tarjetas>)$

Letra X: $<Sec_Tarjetas> <Sec_Letras> \$$
 $M [<Sec_Tarjetas>, t_{1V^1}] = <Sec_Tarjetas> \rightarrow$
 $<T1>^1 \underline{2^1} \underline{J^2} <T2>^2 \underline{2^2} \underline{J^3} <T3>^3 \underline{2^3} \underline{J^4}$
 $<T5>^5 \underline{2^5} \underline{J^5} <T5>^5 <Sec_Letras> \dots$
 $push (<T5>^5 \underline{J^5} \underline{2^5} <T4>^4 \underline{2^4} \underline{J^4} <T3>^3 \underline{2^3} \underline{J^3} <T2>^2 \underline{2^2} \underline{J^2} <T1>^1 >)$

Letra X: $<T1>^1 \underline{2^1} \underline{J^2} <T2>^2 \underline{2^2} \underline{J^3} <T3>^3 \underline{2^3} \underline{J^4}$
 $<T4>^4 \underline{2^4} \underline{J^5} <T5>^5 <Sec_Letras> \dots$ $M [<T1>, t_1v] = < T1 >$; $pop (< T1 >)$, $push (t_1v)$

Letra X: $t_{1V^1} \underline{2^1} \underline{J^2} <T2>^2 \underline{2^2} \underline{J^3} <T3>^3 \underline{2^3} \underline{J^4}$
 $<T4>^4 \underline{2^4} \underline{J^5} <T5>^5 <Sec_Letras> \dots$ $t_{1V^1} = t_{1V^1}$; $ap_Cadena = ap_Cadena + 1$; $col = col + 1$; $col = 1$

Letra X: $t_{1V^1} \underline{2^1} \underline{J^2} <T2>^2 \underline{2^2} \underline{J^3} <T3>^3 \underline{2^3} \underline{J^4}$
 $<T4>^4 \underline{2^4} \underline{J^5} <T5>^5 <Sec_Letras> \dots$ $2 = 2$; $ap_Cadena = ap_Cadena + 1$; $col = col + 1$; $col = 1$

Letra X: $t_1v^1 2^l j^2 t_2v^2 2^2 j^3 t_3 t_0^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5 t_5v^5 \dots$ <T4> ⁴ 2 ⁴ j ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	$1 = 1$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra X: $t_1v^1 2^l j^2 t_2v^2 2^2 j^3 t_3 t_0^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5 t_5v^5 \dots$ <T4> ⁴ 2 ⁴ j ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	$1 = 1$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra X: $t_1v^1 2^l j^2 t_2v^2 2^2 j^3 t_3 t_0^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5 t_5v^5 \dots$ <T4> ⁴ 2 ⁴ j ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	$1 = 1$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra X: $t_1v^1 2^l j^2 t_2v^2 2^2 j^3 t_3 t_0^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5 t_5v^5 \dots$ <T4> ⁴ 2 ⁴ j ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	$2 = 2$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra X: $t_1v^1 2^l j^2 t_2v^2 2^2 j^3 t_3 t_0^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5 t_5v^5 \dots$ <T4> ⁴ 2 ⁴ j ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	$M[<T2>, t_2v] = <T2 >$; pop (<T2 >), push (t_2v)
Letra X: $t_1v^1 2^l j^2 t_2v^2 2^2 j^3 t_3 t_0^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5 t_5v^5 \dots$ <T4> ⁴ j ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	$t_2v^2 = t_2v^2$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra X: $t_1v^1 2^l j^2 t_2v^2 2^2 j^3 t_3 t_0^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5 t_5v^5 \dots$ <T4> ⁴ j ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	$2 = 2$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra X: $t_1v^1 2^l j^2 t_2v^2 2^2 j^3 t_3 t_0^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5 t_5v^5 \dots$ <T4> ⁴ j ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	$2 = 2$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra X: $t_1v^1 2^l j^2 t_2v^2 2^2 j^3 t_3 t_0^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5 t_5v^5 \dots$ <T4> ⁴ j ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	$1 = 1$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra X: $t_1v^1 2^l j^2 t_2v^2 2^2 j^3 t_3 t_0^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5 t_5v^5 \dots$ <T4> ⁴ j ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	$3 = 3$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra X: $t_1v^1 2^l j^2 t_2v^2 2^2 j^3 t_3 t_0^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5 t_5v^5 \dots$ <T4> ⁴ j ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	$M[<T3>, to] = <T2 >$; to, pop (<T3 >), push (to)
Letra X: $t_1v^1 2^l j^2 t_2v^2 2^2 j^3 t_3 t_0^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5 t_5v^5 \dots$ <T4> ⁴ j ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	$to^3 = to^3$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1

Letra X: $t_1v^1 2l^1 j^2 t_2v^2 2^2 j^3 to^3 2^3 j^4 <T4>^4$ $2^4 j^5 <T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$	$2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra X: $t_1v^1 2l^1 j^2 t_2v^2 2^2 j^3 to^3 2^3 j^4 <T4>^4$ $2^4 j^5 <T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$	$3 = 3 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra X: $t_1v^1 2l^1 j^2 t_2v^2 2^2 j^3 to^3 2^3 j^4 <T4>^4$ $2^4 j^5 <T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$	$_ _ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra X: $t_1v^1 2l^1 j^2 t_2v^2 2^2 j^3 to^3 2^3 j^4 <T4>^4$ $2^4 j^5 <T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$	$1 = 1 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra X: $t_1v^1 2l^1 j^2 t_2v^2 2^2 j^3 to^3 2^3 j^4 <T4>^4$ $2^4 j^5 <T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$	$4 = 4 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra X: $t_1v^1 2l^1 j^2 t_2v^2 2^2 j^3 to^3 2^3 j^4 <T4>^4$ $2^4 j^5 <T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$	$M [<T4>, t_4v] = < T4 > \rightarrow t_4v, pop (< T4 >), push (t_4v)$
Letra X: $t_1v^1 2l^1 j^2 t_2v^2 2^2 j^3 to^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5$ $<T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$	$t_4v^4 = t_4v^4 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra X: $t_1v^1 2l^1 j^2 t_2v^2 2^2 j^3 to^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5$ $<T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$	$2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra X: $t_1v^1 2l^1 j^2 t_2v^2 2^2 j^3 to^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5$ $<T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$	$4 = 4 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra X: $t_1v^1 2l^1 j^2 t_2v^2 2^2 j^3 to^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5$ $<T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$	$_ _ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra X: $t_1v^1 2l^1 j^2 t_2v^2 2^2 j^3 to^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5$ $<T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$	$1 = 1 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra X: $t_1v^1 2l^1 j^2 t_2v^2 2^2 j^3 to^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5$ $<T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$	$5 = 5 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra X: $t_1v^1 2l^1 j^2 t_2v^2 2^2 j^3 to^3 2^3 j^4 t_4v^4 2^4 j^5$ $<T5>^5 <Sec_Letras>^{\dots}$	$M [<T5>, t_5v] = < T5 > \rightarrow t_5v, pop (< T5 >), push (t_5v)$

Letra L: tiv'12' j ² <T2>2 j ³ <T3>3 2 ³ j ⁴ <T4>4 2 ⁴ j ⁵ <T5>5<Sec_Letras>...	tiv'1 2' j ² to ² 2 ² j ³ t3v ³ 2 ³ j ⁴ t4v ⁴ 2 ⁴ j ⁵ to ⁵ ...	_ = _ ; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra L: tiv'12' j ² <T2>2 2 ² j ³ <T3>3 2 ³ j ⁴ <T4>4 2 ⁴ j ⁵ <T5>5<Sec_Letras>...	tiv'1 2' j ² to ² 2 ² j ³ t3v ³ 2 ³ j ⁴ t4v ⁴ 2 ⁴ j ⁵ to ⁵ ...	1 = 1 ; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra L: tiv'12' j ² <T2>2 2 ² j ³ <T3>3 2 ³ j ⁴ <T4>4 2 ⁴ j ⁵ <T5>5<Sec_Letras>...	tiv'1 2' j ² to ² 2 ² j ³ t3v ³ 2 ³ j ⁴ t4v ⁴ 2 ⁴ j ⁵ to ⁵ ...	2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra L: tiv'12' j ² <T2>2 2 ² j ³ <T3>3 2 ³ j ⁴ <T4>4 2 ⁴ j ⁵ <T5>5<Sec_Letras>...	tiv'1 2' j ² to ² 2 ² j ³ t3v ³ 2 ³ j ⁴ t4v ⁴ 2 ⁴ j ⁵ to ⁵ ...	M [<T2>, to] = < T2 > → pop (< T2 >), push (to)
Letra L: tiv'12' j ² to ² 2 ² j ³ <T3>3 2 ³ j ⁴ <T4>4 2 ⁴ j ⁵ <T5>5<Sec_Letras>...	tiv'1 2' j ² to ² 2 ² j ³ t3v ³ 2 ³ j ⁴ t4v ⁴ 2 ⁴ j ⁵ to ⁵ ...	to ² = to ² ; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra L: tiv'12' j ² to ² 2 ² j ³ <T3>3 2 ³ j ⁴ <T4>4 2 ⁴ j ⁵ <T5>5<Sec_Letras>...	tiv'1 2' j ² to ² 2 ² j ³ t3v ³ 2 ³ j ⁴ t4v ⁴ 2 ⁴ j ⁵ to ⁵ ...	2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra L: tiv'12' j ² to ² 2 ² j ³ <T3>3 2 ³ j ⁴ <T4>4 2 ⁴ j ⁵ <T5>5<Sec_Letras>...	tiv'1 2' j ² to ² 2 ² j ³ t3v ³ 2 ³ j ⁴ t4v ⁴ 2 ⁴ j ⁵ to ⁵ ...	2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra L: tiv'12' j ² to ² 2 ² j ³ <T3>3 2 ³ j ⁴ <T4>4 2 ⁴ j ⁵ <T5>5<Sec_Letras>...	tiv'1 2' j ² to ² 2 ² j ³ t3v ³ 2 ³ j ⁴ t4v ⁴ 2 ⁴ j ⁵ to ⁵ ...	_ = _ ; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra L: tiv'12' j ² to ² 2 ² j ³ <T3>3 2 ³ j ⁴ <T4>4 2 ⁴ j ⁵ <T5>5<Sec_Letras>...	tiv'1 2' j ² to ² 2 ² j ³ t3v ³ 2 ³ j ⁴ t4v ⁴ 2 ⁴ j ⁵ to ⁵ ...	1 = 1 ; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra L: tiv'12' j ² to ² 2 ² j ³ <T3>3 2 ³ j ⁴ <T4>4 2 ⁴ j ⁵ <T5>5<Sec_Letras>...	tiv'1 2' j ² to ² 2 ² j ³ t3v ³ 2 ³ j ⁴ t4v ⁴ 2 ⁴ j ⁵ to ⁵ ...	3 = 3 ; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra L: tiv'12' j ² to ² 2 ² j ³ <T3>3 2 ³ j ⁴ <T4>4 2 ⁴ j ⁵ <T5>5<Sec_Letras>...	tiv'1 2' j ² to ² 2 ² j ³ t3v ³ 2 ³ j ⁴ t4v ⁴ 2 ⁴ j ⁵ to ⁵ ...	M [<T3>, t3v ³] = < T3 > → t3v ³ , pop (< T3 >), push (t3v ³)
Letra L: tiv'12' j ² to ² 2 ² j ³ t3v ³ 2 ³ j ⁴ <T4>4 2 ⁴ j ⁵ <T5>5<Sec_Letras>...	tiv'1 2' j ² to ² 2 ² j ³ t3v ³ 2 ³ j ⁴ t4v ⁴ 2 ⁴ j ⁵ to ⁵ ...	t3v ³ = t3v ³ ; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra L: tiv'12' j ² to ² 2 ² j ³ t3v ³ 2 ³ j ⁴ <T4>4 2 ⁴ j ⁵ <T5>5<Sec_Letras>...	tiv'1 2' j ² to ² 2 ² j ³ t3v ³ 2 ³ j ⁴ t4v ⁴ 2 ⁴ j ⁵ to ⁵ ...	2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1

Letra I: <Sec_Letras>\$	$to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$	M [<Sec_Letras>, to'] = <Sec_Letras> → <Sec_Tarjetas><Sec_Letras>, pop (<Sec_Letras>), push (<Sec_Letras><Sec_Tarjetas>)
Letra I: <Sec_Tarjetas><Sec_Letras>\$	$to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$	M [<Sec_Tarjetas>, to'] = <Sec_Tarjetas> → <T1>'2^1 _j^2 <T2>'2^2 _j^3 <T3>'2^3 _j^4 <T4>'2^4 _j^5 <T5>'2^5, pop (<Sec_Tarjetas>), push (<T5>'2^5 _j^5 _2^4 <T4>'2^4 _j^4 _2^3 <T3>'2^3 _j^3 <T2>'2^2 _j^2 <T1>'2^1)
Letra I: <T1>'2^1 _j^2 <T2>'2^2 _j^3 <T3>'2^3 _j^4 <T4>'2^4 _j^5 <T5>'2^5 <Sec_Letras>...	$to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$	M [<T1>, to] = <T1 > → to, pop (<T1 >), push (to)
Letra I: $to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$ <T4>'2^4 _j^5 <T5>'2^5 <Sec_Letras>...	$to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$	to' = to' ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra I: $to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$ <T4>'2^4 _j^5 <T5>'2^5 <Sec_Letras>...	$to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$	2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra I: $to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$ <T4>'2^4 _j^5 <T5>'2^5 <Sec_Letras>...	$to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$	1 = 1 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra I: $to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$ <T4>'2^4 _j^5 <T5>'2^5 <Sec_Letras>...	$to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$	_ = _ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra I: $to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$ <T4>'2^4 _j^5 <T5>'2^5 <Sec_Letras>...	$to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$	1 = 1 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra I: $to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$ <T4>'2^4 _j^5 <T5>'2^5 <Sec_Letras>...	$to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$	2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra I: $to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$ <T4>'2^4 _j^5 <T5>'2^5 <Sec_Letras>...	$to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$	M [<T2>, t_2v^2] = <T2 > → t_2v^2, pop (<T2 >), push (t_2v^2)
Letra I: $to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$ <T4>'2^4 _j^5 <T5>'2^5 <Sec_Letras>...	$to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$	t_2v^2 = t_2v^2 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra I: $to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$ <T4>'2^4 _j^5 <T5>'2^5 <Sec_Letras>...	$to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$	2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra I: $to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$ <T4>'2^4 _j^5 <T5>'2^5 <Sec_Letras>...	$to^1 2^1 _j^2 _t_2v^2 2^2 _j^3 _to^3 2^3 _j^4 _t_4v^4 2^4 _j^5 _to^5 \dots$	2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1

Letra I: $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 < \Pi 3 > 2^3 J^4 < T 4 > 2^4 J^5 < T 5 > < Sec_Letras > \dots$
 $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 t_4 v^4 2^4 J^5 to^5 \dots$
 _ = _ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1

Letra I: $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 < \Pi 3 > 2^3 J^4 < T 4 > 2^4 J^5 < T 5 > < Sec_Letras > \dots$
 $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 t_4 v^4 2^4 J^5 to^5 \dots$
 1 = 1 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1

Letra I: $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 < \Pi 3 > 2^3 J^4 < T 4 > 2^4 J^5 < T 5 > < Sec_Letras > \dots$
 $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 t_4 v^4 2^4 J^5 to^5 \dots$
 3 = 3 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1

Letra I: $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 < \Pi 3 > 2^3 J^4 < T 4 > 2^4 J^5 < T 5 > < Sec_Letras > \dots$
 $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 t_4 v^4 2^4 J^5 to^5 \dots$
 M [$< T 3 >$, to] = $< T 3 >$ → to, pop ($< T 3 >$), push (to)

Letra I: $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 < T 4 > 2^4 J^5 < T 5 > < Sec_Letras > \dots$
 $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 t_4 v^4 2^4 J^5 to^5 \dots$
 $to^3 = to^3$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1

Letra I: $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 < T 4 > 2^4 J^5 < T 5 > < Sec_Letras > \dots$
 $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 t_4 v^4 2^4 J^5 to^5 \dots$
 2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1

Letra I: $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 < T 4 > 2^4 J^5 < T 5 > < Sec_Letras > \dots$
 $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 t_4 v^4 2^4 J^5 to^5 \dots$
 3 = 3 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1

Letra I: $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 < T 4 > 2^4 J^5 < T 5 > < Sec_Letras > \dots$
 $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 t_4 v^4 2^4 J^5 to^5 \dots$
 _ = _ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1

Letra I: $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 < T 4 > 2^4 J^5 < T 5 > < Sec_Letras > \dots$
 $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 t_4 v^4 2^4 J^5 to^5 \dots$
 1 = 1 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1

Letra I: $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 < T 4 > 2^4 J^5 < T 5 > < Sec_Letras > \dots$
 $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 t_4 v^4 2^4 J^5 to^5 \dots$
 4 = 4 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1

Letra I: $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 < T 4 > 2^4 J^5 < T 5 > < Sec_Letras > \dots$
 $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 t_4 v^4 2^4 J^5 to^5 \dots$
 M [$< T 4 >$, $t_4 v$] = $< T 4 >$ → $t_4 v$, pop ($< T 4 >$), push ($t_4 v$)

Letra I: $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 t_4 v^4 2^4 J^5 < T 5 > < Sec_Letras > \dots$
 $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 t_4 v^4 2^4 J^5 to^5 \dots$
 $t_4 v^4 = t_4 v^4$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1

Letra I: $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 t_4 v^4 2^4 J^5 < T 5 > < Sec_Letras > \dots$
 $to^1 2^1 J^2 t_2 v^2 2^2 J^3 to^3 2^3 J^4 t_4 v^4 2^4 J^5 to^5 \dots$
 2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1

Letra I: to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ to ⁵ ...	4 = 4 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra I: to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ to ⁵ ...	_ = _ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra I: to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ to ⁵ ...	1 = 1 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra I: to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ to ⁵ ...	5 = 5 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra I: to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ to ⁵ ...	M [<T5>, to] = < T5 > → to, pop (< T5 >), push (to)
Letra I: to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ to ⁵ <Sec_Letras>...	to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ to ⁵ ...	to ⁵ = to ⁵ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra O: <Sec_Letras>\$	to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ tsv ⁵ \$	M [<Sec_Letras>, to] = <Sec_Letras> → <Sec_Tarjetas>, pop (<Sec_Letras>), push (<Sec_Tarjetas>)
Letra O: <Sec_Tarjetas>\$	to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ tsv ⁵ \$	M [<Sec_Tarjetas>, to] = <Sec_Tarjetas> → <T1> ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ to ⁵ pop (<Sec_Tarjetas>), push (<T5> ⁵ J ⁵ 2 ⁴ <T4> ⁴ 2 ³ <T3> ³ J ³ 2 ² <T2> ² J ² 2 ¹ <T1> ¹)
Letra O: <T1> ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ tsv ⁵ \$ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ \$	to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ to ⁴ 2 ⁴ J ⁵ tsv ⁵ \$	M [<T1>, to] = < T1 > → to, pop (< T1 >), push (to)
Letra O: to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ tsv ⁵ \$ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ \$	to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ to ⁴ 2 ⁴ J ⁵ tsv ⁵ \$	to ¹ = to ¹ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra O: to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ tsv ⁵ \$ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ \$	to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ to ⁴ 2 ⁴ J ⁵ tsv ⁵ \$	2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra O: to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ tsv ⁵ \$ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ \$	to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ to ⁴ 2 ⁴ J ⁵ tsv ⁵ \$	1 = 1 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra O: to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ t _{4V} ⁴ 2 ⁴ J ⁵ tsv ⁵ \$ <T4> ⁴ 2 ⁴ J ⁵ <T5> ⁵ \$	to ¹ 2 ¹ J ² t _{2V} ² 2 ² J ³ to ³ 2 ³ J ⁴ to ⁴ 2 ⁴ J ⁵ tsv ⁵ \$	_ = _ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1

Letra O: $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 to^4 2^4 _ j^5 tsv^5 \$$
 $2^4 _ j^5 < T5 > \$$ $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 to^4 2^4 _ j^5 tsv^5 \$$
 $_ _ _ ; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$

Letra O: $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 < T4 >$
 $2^4 _ j^5 < T5 > \$$ $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 to^4 2^4 _ j^5 tsv^5 \$$
 $1 = 1 ; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$

Letra O: $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 < T4 >$
 $2^4 _ j^5 < T5 > \$$ $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 to^4 2^4 _ j^5 tsv^5 \$$
 $4 = 4 ; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$

Letra O: $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 < T4 >$
 $2^4 _ j^5 < T5 > \$$ $M [< T4 >, to] = < T4 > \rightarrow to, pop (< T4 >), push (to)$
 $to^4 = to^4 ; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$

Letra O: $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 to^4 2^4 _ j^5$
 $< T5 > \$$ $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 to^4 2^4 _ j^5 tsv^5 \$$
 $2 = 2 ; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$

Letra O: $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 to^4 2^4 _ j^5$
 $< T5 > \$$ $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 to^4 2^4 _ j^5 tsv^5 \$$
 $4 = 4 ; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$

Letra O: $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 to^4 2^4 _ j^5$
 $< T5 > \$$ $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 to^4 2^4 _ j^5 tsv^5 \$$
 $_ _ _ ; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$

Letra O: $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 to^4 2^4 _ j^5$
 $< T5 > \$$ $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 to^4 2^4 _ j^5 tsv^5 \$$
 $1 = 1 ; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$

Letra O: $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 to^4 2^4 _ j^5$
 $< T5 > \$$ $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 to^4 2^4 _ j^5 tsv^5 \$$
 $5 = 5 ; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$

Letra O: $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 to^4 2^4 _ j^5$
 $< T5 > \$$ $M [< T5 >, t_5v] = < T5 > \rightarrow t_5v, pop (< T5 >), push (t_5v)$
 $t_5v^5 = t_5v^5 ; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$

Letra O: $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 to^4 2^4 _ j^5$
 $tsv^5 \$$ $Pila_ Simbolos = NULL; ap_ Cadena = \$; col = 6$

Letra O: $to^1 2^1 _ j^2 _ t_2v^2 2^2 _ j^3 to^3 2^3 _ j^4 to^4 2^4 _ j^5$
 $tsv^5 \$$

Letra O: $t^1_1 t^2_1 t^2_2 t^2_3 t^3_1 t^3_2 t^3_3 t^4_1 t^4_2 t^4_3 t^5_1 t^5_2 t^5_3$ Pila_Símbolos = \$, ACEPTAR

Desde la Fig. E.36 hasta la Fig. E.39 se muestra el árbol de análisis sintáctico.

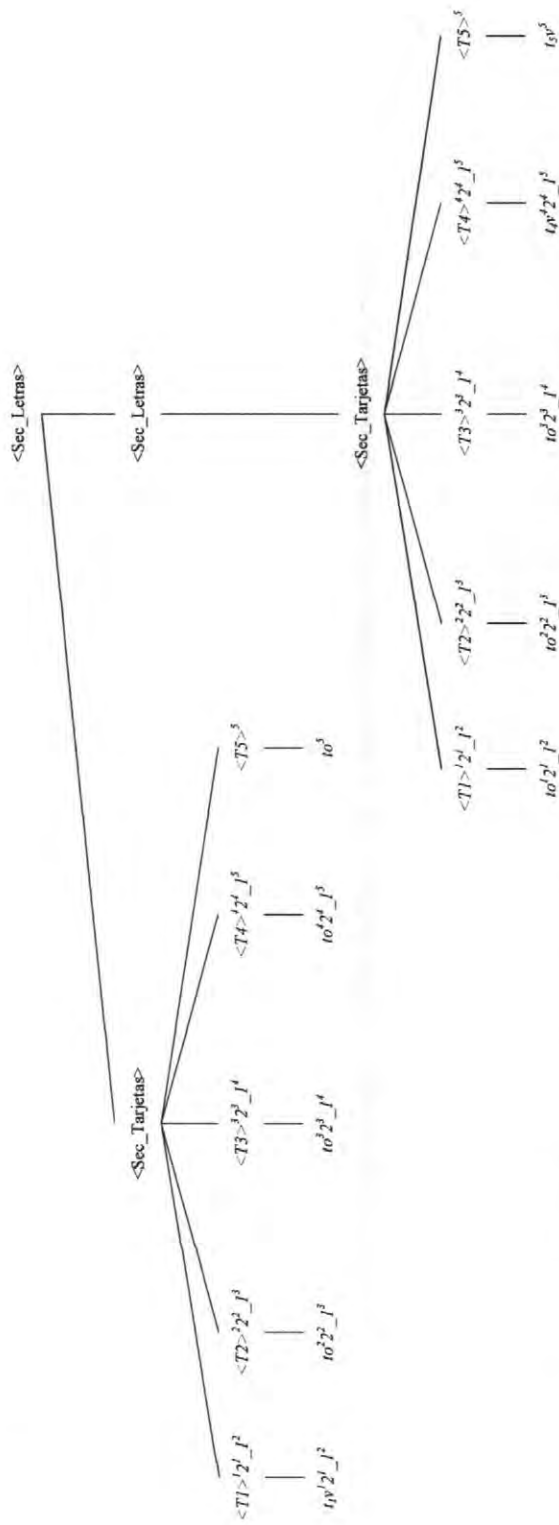


Fig. E.36 Árbol de análisis sintáctico para el CP – 03. Definición del juego serio Enviando mensajes secretos (1)

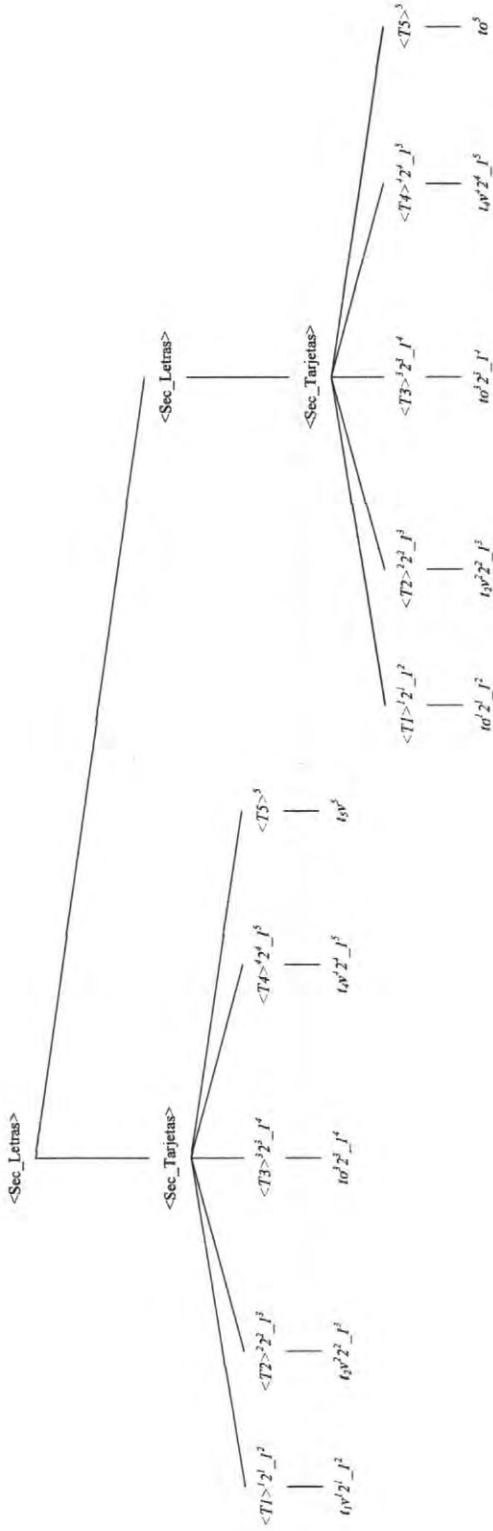


Fig. E.37 Árbol de análisis sintáctico para el CP – 03. Definición del juego serio Enviando mensajes secretos (2)

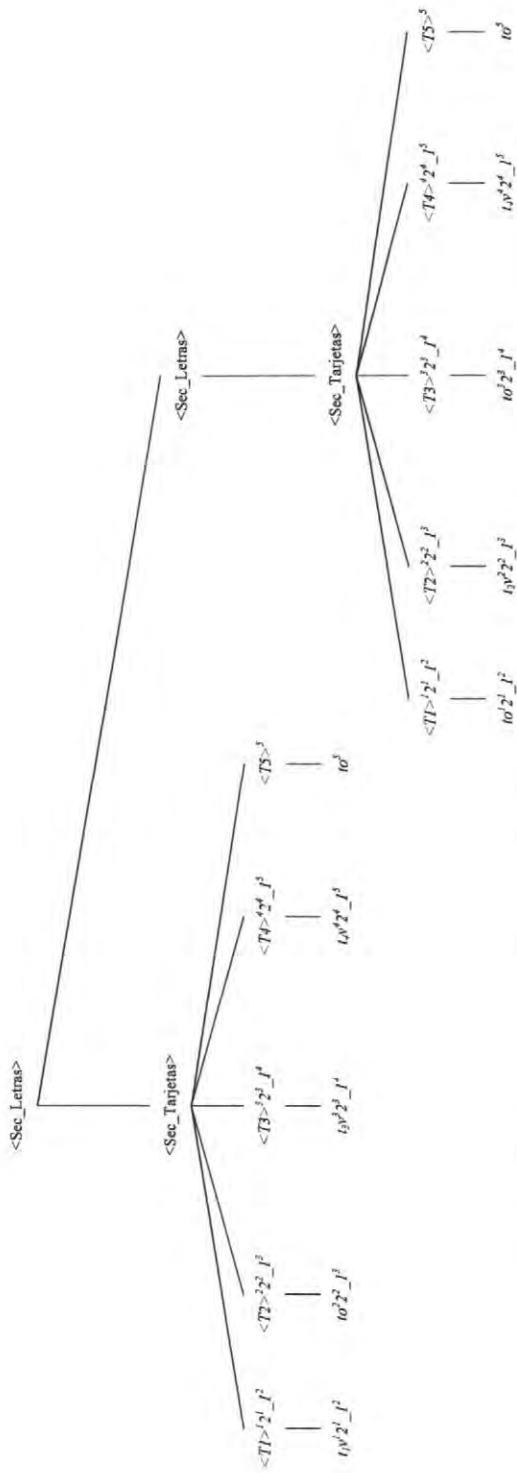


Fig. E.38 Árbol de análisis sintáctico para el CP – 03. Definición del juego serio Enviando mensajes secretos (3)

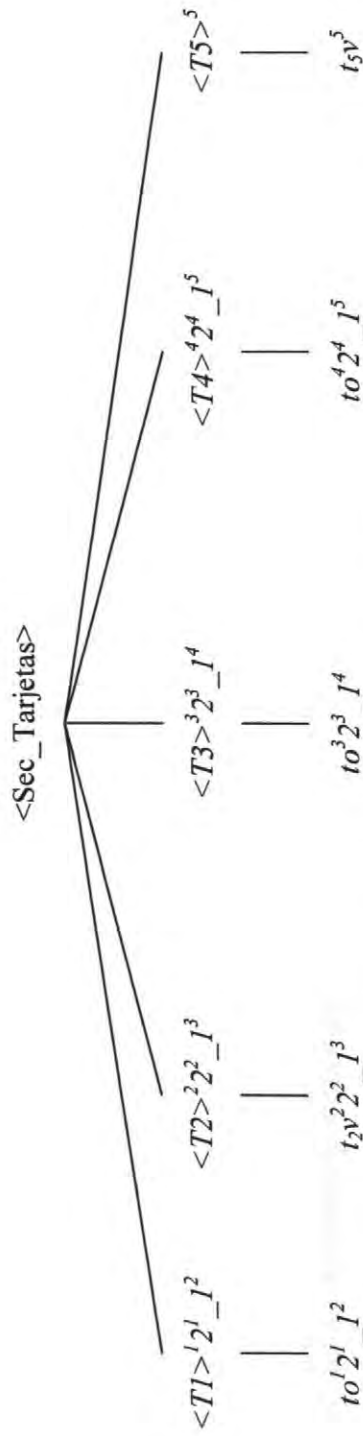


Fig. E.39 Árbol de análisis sintáctico para el CP – 03. Definición del juego serio Enviando mensajes secretos (4)

- **Resultado:** Como se puede observar, en el último paso del algoritmo, el símbolo señalado por el apuntador en la cadena de entrada (S) y el símbolo que se encuentra en la cima de la pila (S) que corresponde a la gramática, coinciden. Por lo tanto, se obtiene un estado de aceptación.

E.1.3 MOF – CP – 04. Definición del juego serio Enviando mensajes secretos (Caso de fracaso)

La Tabla 6.2 muestra los conjuntos First y Follow de la gramática *EnviandoMensajes*. La Tabla 6.3 muestra la tabla de análisis sintáctico para la gramática *EnviandoMensajes*. Asimismo, la Tabla 6.5 muestra los símbolos que se almacenan en la pila de símbolos, la evaluación de la cadena de entrada w y las acciones ejecutadas para obtener el resultado esperado. La columna correspondiente a la Pila muestra la manera en la cual, los símbolos terminales y no terminales son almacenados en la misma.

Tabla 6.5 Definición del juego serio Enviando mensajes secretos

Pila	Cadena de entrada	Acción
Letra A: <Sec_Letras>\$	$t_1 v^1 2^1 t_1^2 2^2 t_1^3 2^3 t_1^4 2^4 t_1^5 2^5 \dots$	$M [\langle \text{Sec_Letras} \rangle, t_1 v^1] = \langle \text{Sec_Letras} \rangle \rightarrow \langle \text{Sec_Tarjetas} \rangle \langle \text{Sec_Letras} \rangle, \text{pop} (\langle \text{Sec_Letras} \rangle), \text{push} (\langle \text{Sec_Letras} \rangle \langle \text{Sec_Tarjetas} \rangle)$
Letra A: <Sec_Tarjetas><Sec_Letras>\$	$t_1 v^2 2^1 t_1^2 2^2 t_1^3 2^3 t_1^4 2^4 t_1^5 2^5 \dots$	$M [\langle \text{Sec_Tarjetas} \rangle, t_1 v^1] = \langle \text{Sec_Tarjetas} \rangle \rightarrow \langle T1 \rangle \langle T2 \rangle \langle T3 \rangle \langle T4 \rangle \langle T5 \rangle \dots$ $(\langle \text{Sec_Tarjetas} \rangle), \text{push} (\langle T5 \rangle t_1^5 2^5 \langle T4 \rangle \langle T3 \rangle \langle T2 \rangle \langle T1 \rangle)$
Letra A: <T1>1 2^1 t_1^2 <T2>2 2^2 t_1^3 <T3>3 2^3 t_1^4 <T4>4 2^4 t_1^5 <T5>5 <Sec_Letras>...	$t_1 v^2 2^1 t_1^2 2^2 t_1^3 2^3 t_1^4 2^4 t_1^5 2^5 \dots$	$M [\langle T1 \rangle, t_1 v^1] = \langle T1 \rangle \rightarrow t_1 v, \text{pop} (\langle T1 \rangle), \text{push} (t_1 v)$
Letra A: <T1>1 2^1 t_1^2 <T2>2 2^2 t_1^3 <T3>3 2^3 t_1^4 <T4>4 2^4 t_1^5 <T5>5 <Sec_Letras>...	$t_1 v^2 2^1 t_1^2 2^2 t_1^3 2^3 t_1^4 2^4 t_1^5 2^5 \dots$	$t_1 v^2 = t_1 v^1$. El símbolo en la pila y la cadena de entrada no coinciden. ERROR.

- Resultado: Como se puede observar, en el último paso del algoritmo, el símbolo señalado por el apuntador en la cadena de entrada (\$) y el símbolo que se encuentra en la cima de la pila (\$) que corresponde a la gramática, no coinciden. Por lo tanto, se obtiene un estado de no aceptación.

E.1.4 MOF – CP – 05. Definición del juego serio Coloreando por números – Representación de imágenes (Caso de éxito)

La Tabla 6.6 muestra los conjuntos First y Follow de la gramática *ColoreandoNúmeros*.

Tabla 6.6 Conjuntos First y Follow de la gramática *ColoreandoNúmeros*

No Terminal	First	Follow
<Rep_Letras>	$\{cb^1, cn^1\}$	$\{\$ \}$
<A>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<C>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<D>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<E>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<F>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<G>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<H>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<I>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<J>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<K>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<L>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<M>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<N>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<Ñ>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<O>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<P>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<Q>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<R>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<S>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<T>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<U>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<V>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<W>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<X>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<Y>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<Z>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$

La Tabla 6.7 muestra la tabla de análisis sintáctico para la gramática *ColoreandoNúmeros*. Asimismo, la Tabla 6.8 muestra los símbolos que se almacenan en la pila de símbolos, la evaluación de la cadena de entrada w y las acciones ejecutadas para obtener el resultado

esperado. La columna correspondiente a la Pila muestra la manera en la cual, los símbolos terminales y no terminales son almacenados en la misma.

Step	Stack	Terminal
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		
51		
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		
60		
61		
62		
63		
64		
65		
66		
67		
68		
69		
70		
71		
72		
73		
74		
75		
76		
77		
78		
79		
80		
81		
82		
83		
84		
85		
86		
87		
88		
89		
90		
91		
92		
93		
94		
95		
96		
97		
98		
99		
100		

El Tabla del ejemplo en la parte superior muestra la manera en la cual los símbolos terminales y no terminales son almacenados en la pila. La columna correspondiente a la Pila muestra la manera en la cual, los símbolos terminales y no terminales son almacenados en la misma.

Tabla 6.7 Tabla de análisis sintáctico de la gramática EnviandoMensajes

No terminal	cb	cn	\$	
<Rep_Letras>	<A> <C> <G> <I> <J> <O> <Q> <S> <T>	<Rep_Letras> → <U> <V> <W> <X> <Y> <Z>		
<A>	<A> → cb ¹ l ¹ 2 ² cn ² l ² 2 ³ cn ³ l ³ 2 ⁴ cn ⁴ l ⁴ 2 ⁵ cb ⁵ cb ⁴ l ⁴ 3 ⁶ cn ⁶ l ⁶ 2 ⁷ cb ⁷ l ⁷ 2 ⁸ cb ⁸ l ⁸ 2 ⁹ cb ⁹ l ⁹ 2 ¹⁰ cn ¹⁰ cn ⁶ 4 ⁶ 3 ¹¹ cn ¹¹ l ¹¹ 2 ¹² cn ¹² l ¹² 2 ¹³ cn ¹³ l ¹³ 2 ¹⁴ cn ¹⁴ l ¹⁴ 2 ¹⁵ cn ¹⁵ cn ¹¹ 4 ¹⁷ 3 ¹⁶ cn ¹⁶ l ¹⁶ 2 ¹⁷ cb ¹⁷ l ¹⁷ 2 ¹⁸ cb ¹⁸ l ¹⁸ 2 ¹⁹ cb ¹⁹ l ¹⁹ 2 ²⁰ cn ²⁰ cn ¹⁶ 4 ¹⁶ 3 ²¹ cn ²¹ l ²¹ 2 ²² cb ²² l ²² 2 ²³ cb ²³ l ²³ 2 ²⁴ cb ²⁴ l ²⁴ 2 ²⁵ cn ²⁵ cn ²¹ 4 ²¹ 3 ²⁶ cn ²⁶ l ²⁶ 2 ²⁷ cb ²⁷ l ²⁷ 2 ²⁸ cb ²⁸ l ²⁸ 2 ²⁹ cb ²⁹ l ²⁹ 2 ³⁰ cn ³⁰	 → cn ¹ l ¹ 2 ² cn ² l ² 2 ³ cn ³ l ³ 2 ⁴ cn ⁴ l ⁴ 2 ⁵ cb ⁵ cn ¹ 4 ¹ 3 ⁶ cn ⁶ l ⁶ 2 ⁷ cb ⁷ l ⁷ 2 ⁸ cb ⁸ l ⁸ 2 ⁹ cb ⁹ l ⁹ 2 ¹⁰ cn ¹⁰ cn ⁶ 4 ⁶ 3 ¹¹ cn ¹¹ l ¹¹ 2 ¹² cn ¹² l ¹² 2 ¹³ cn ¹³ l ¹³ 2 ¹⁴ cn ¹⁴ l ¹⁴ 2 ¹⁵ cb ¹⁵ cn ¹¹ 4 ¹⁷ 3 ¹⁶ cn ¹⁶ l ¹⁶ 2 ¹⁷ cb ¹⁷ l ¹⁷ 2 ¹⁸ cb ¹⁸ l ¹⁸ 2 ¹⁹ cb ¹⁹ l ¹⁹ 2 ²⁰ cn ²⁰ cn ¹⁶ 4 ¹⁶ 3 ²¹ cn ²¹ l ²¹ 2 ²² cb ²² l ²² 2 ²³ cb ²³ l ²³ 2 ²⁴ cb ²⁴ l ²⁴ 2 ²⁵ cn ²⁵ cn ²¹ 4 ²¹ 3 ²⁶ cn ²⁶ l ²⁶ 2 ²⁷ cb ²⁷ l ²⁷ 2 ²⁸ cn ²⁸ l ²⁸ 2 ²⁹ cn ²⁹ l ²⁹ 2 ³⁰ cb ³⁰		
	<C> → cb ¹ l ¹ 2 ² cn ² l ² 2 ³ cn ³ l ³ 2 ⁴ cn ⁴ l ⁴ 2 ⁵ cn ⁵ cb ⁴ l ⁴ 3 ⁶ cn ⁶ l ⁶ 2 ⁷ cb ⁷ l ⁷ 2 ⁸ cb ⁸ l ⁸ 2 ⁹ cb ⁹ l ⁹ 2 ¹⁰ cn ¹⁰ cn ⁶ 4 ⁶ 3 ¹¹ cn ¹¹ l ¹¹ 2 ¹² cb ¹² l ¹² 2 ¹³ cb ¹³ l ¹³ 2 ¹⁴ cb ¹⁴ l ¹⁴ 2 ¹⁵ cb ¹⁵ cn ¹¹ 4 ¹⁷ 3 ¹⁶ cn ¹⁶ l ¹⁶ 2 ¹⁷ cb ¹⁷ l ¹⁷ 2 ¹⁸ cb ¹⁸ l ¹⁸ 2 ¹⁹ cb ¹⁹ l ¹⁹ 2 ²⁰ cb ²⁰ cn ¹⁶ 4 ¹⁶ 3 ²¹ cn ²¹ l ²¹ 2 ²² cb ²² l ²² 2 ²³ cb ²³ l ²³ 2 ²⁴ cb ²⁴ l ²⁴ 2 ²⁵ cb ²⁵ cn ²¹ 4 ²¹ 3 ²⁶ cb ²⁶ l ²⁶ 2 ²⁷ cn ²⁷ l ²⁷ 2 ²⁸ cn ²⁸ l ²⁸ 2 ²⁹ cn ²⁹ l ²⁹ 2 ³⁰ cb ³⁰			
<C>				
<D>		<D> → cn ¹ l ¹ 2 ² cn ² l ² 2 ³ cn ³ l ³ 2 ⁴ cn ⁴ l ⁴ 2 ⁵ cb ⁵ cn ¹ 4 ¹ 3 ⁶ cn ⁶ l ⁶ 2 ⁷ cb ⁷ l ⁷ 2 ⁸ cb ⁸ l ⁸ 2 ⁹ cb ⁹ l ⁹ 2 ¹⁰ cn ¹⁰ cn ⁶ 4 ⁶ 3 ¹¹ cn ¹¹ l ¹¹ 2 ¹² cb ¹² l ¹² 2 ¹³ cb ¹³ l ¹³ 2 ¹⁴ cb ¹⁴ l ¹⁴ 2 ¹⁵ cn ¹⁵ cn ¹¹ 4 ¹⁷ 3 ¹⁶ cn ¹⁶ l ¹⁶ 2 ¹⁷ cb ¹⁷ l ¹⁷ 2 ¹⁸ cb ¹⁸ l ¹⁸ 2 ¹⁹ cb ¹⁹ l ¹⁹ 2 ²⁰ cn ²⁰ cn ¹⁶ 4 ¹⁶ 3 ²¹ cn ²¹ l ²¹ 2 ²² cb ²² l ²² 2 ²³ cb ²³ l ²³ 2 ²⁴ cb ²⁴ l ²⁴ 2 ²⁵ cn ²⁵ cn ²¹ 4 ²¹ 3 ²⁶ cn ²⁶ l ²⁶ 2 ²⁷ cn ²⁷ l ²⁷ 2 ²⁸ cn ²⁸ l ²⁸ 2 ²⁹ cn ²⁹ l ²⁹ 2 ³⁰ cb ³⁰		
<D>		<E> → cn ¹ l ¹ 2 ² cn ² l ² 2 ³ cn ³ l ³ 2 ⁴ cn ⁴ l ⁴ 2 ⁵ cn ⁵ cn ¹ 4 ¹ 3 ⁶ cn ⁶ l ⁶ 2 ⁷ cb ⁷ l ⁷ 2 ⁸ cb ⁸ l ⁸ 2 ⁹ cb ⁹ l ⁹ 2 ¹⁰ cb ¹⁰ cn ⁶ 4 ⁶ 3 ¹¹ cn ¹¹ l ¹¹ 2 ¹² cn ¹² l ¹² 2 ¹³ cn ¹³ l ¹³ 2 ¹⁴ cn ¹⁴ l ¹⁴ 2 ¹⁵ cb ¹⁵ cn ¹¹ 4 ¹⁷ 3 ¹⁶ cn ¹⁶ l ¹⁶ 2 ¹⁷ cb ¹⁷ l ¹⁷ 2 ¹⁸ cb ¹⁸ l ¹⁸ 2 ¹⁹ cb ¹⁹ l ¹⁹ 2 ²⁰ cb ²⁰ cn ¹⁶ 4 ¹⁶ 3 ²¹ cn ²¹ l ²¹ 2 ²² cb ²² l ²² 2 ²³ cb ²³ l ²³ 2 ²⁴ cb ²⁴ l ²⁴ 2 ²⁵ cb ²⁵ cn ²¹ 4 ²¹ 3 ²⁶ cn ²⁶ l ²⁶ 2 ²⁷ cn ²⁷ l ²⁷ 2 ²⁸ cn ²⁸ l ²⁸ 2 ²⁹ cn ²⁹ l ²⁹ 2 ³⁰ cb ³⁰		
<E>		<F> → cn ¹ l ¹ 2 ² cn ² l ² 2 ³ cn ³ l ³ 2 ⁴ cn ⁴ l ⁴ 2 ⁵ cn ⁵ cn ¹ 4 ¹ 3 ⁶ cn ⁶ l ⁶ 2 ⁷ cb ⁷ l ⁷ 2 ⁸ cb ⁸ l ⁸ 2 ⁹ cb ⁹ l ⁹ 2 ¹⁰ cb ¹⁰ cn ⁶ 4 ⁶ 3 ¹¹ cn ¹¹ l ¹¹ 2 ¹² cn ¹² l ¹² 2 ¹³ cn ¹³ l ¹³ 2 ¹⁴ cb ¹⁴ l ¹⁴ 2 ¹⁵ cb ¹⁵ cn ¹¹ 4 ¹⁷ 3 ¹⁶ cn ¹⁶ l ¹⁶ 2 ¹⁷ cb ¹⁷ l ¹⁷ 2 ¹⁸ cb ¹⁸ l ¹⁸ 2 ¹⁹ cb ¹⁹ l ¹⁹ 2 ²⁰ cb ²⁰ cn ¹⁶ 4 ¹⁶ 3 ²¹ cn ²¹ l ²¹ 2 ²² cb ²² l ²² 2 ²³ cb ²³ l ²³ 2 ²⁴ cb ²⁴ l ²⁴ 2 ²⁵ cb ²⁵ cn ²¹ 4 ²¹ 3 ²⁶ cn ²⁶ l ²⁶ 2 ²⁷ cn ²⁷ l ²⁷ 2 ²⁸ cn ²⁸ l ²⁸ 2 ²⁹ cn ²⁹ l ²⁹ 2 ³⁰ cb ³⁰		
<F>				

cb²¹4²¹ 3²⁶ cb²⁶1²⁶ 2²⁷ cb²⁷1²⁷ 2²⁸ cb²⁸1²⁸ 2²⁹ cb²⁹1²⁹ 2³⁰ cb³⁰

<T> → cb¹1¹ 2² cb²1² 2³ cb³1³ 2⁴ cb⁴1⁴ 2⁵ cb⁵
 cb¹4¹ 3⁶ cb⁶1⁶ 2⁷ cb⁷1⁷ 2⁸ cb⁸1⁸ 2⁹ cb⁹1⁹ 2¹⁰ cb¹⁰
 cb⁶4⁶ 3¹¹ cb¹¹1¹¹ 2¹² cb¹²1¹² 2¹³ cb¹³1¹³ 2¹⁴ cb¹⁴1¹⁴ 2¹⁵ cb¹⁵
 cb¹¹4¹¹ 3¹⁶ cb¹⁶1¹⁶ 2¹⁷ cb¹⁷1¹⁷ 2¹⁸ cb¹⁸1¹⁸ 2¹⁹ cb¹⁹1¹⁹ 2²⁰ cb²⁰
 cb¹⁶4¹⁶ 3²¹ cb²¹1²¹ 2²² cb²²1²² 2²³ cb²³1²³ 2²⁴ cb²⁴1²⁴ 2²⁵ cb²⁵
 cb²¹4²¹ 3²⁶ cb²⁶1²⁶ 2²⁷ cb²⁷1²⁷ 2²⁸ cb²⁸1²⁸ 2²⁹ cb²⁹1²⁹ 2³⁰ cb³⁰

<T>

<U>

<V>

<W>

<X>

<Y>

<Z>

<U> → cn¹1¹ 2² cb²1² 2³ cb³1³ 2⁴ cb⁴1⁴ 2⁵ cn⁵
 cn¹4¹ 3⁶ cn⁶1⁶ 2⁷ cb⁷1⁷ 2⁸ cb⁸1⁸ 2⁹ cb⁹1⁹ 2¹⁰ cn¹⁰
 cn⁶4⁶ 3¹¹ cn¹¹1¹¹ 2¹² cb¹²1¹² 2¹³ cb¹³1¹³ 2¹⁴ cb¹⁴1¹⁴ 2¹⁵ cn¹⁵
 cn¹¹4¹¹ 3¹⁶ cn¹⁶1¹⁶ 2¹⁷ cb¹⁷1¹⁷ 2¹⁸ cb¹⁸1¹⁸ 2¹⁹ cb¹⁹1¹⁹ 2²⁰ cn²⁰
 cn¹⁶4¹⁶ 3²¹ cn²¹1²¹ 2²² cb²²1²² 2²³ cb²³1²³ 2²⁴ cb²⁴1²⁴ 2²⁵ cn²⁵
 cn²¹4²¹ 3²⁶ cn²⁶1²⁶ 2²⁷ cb²⁷1²⁷ 2²⁸ cb²⁸1²⁸ 2²⁹ cb²⁹1²⁹ 2³⁰ cn³⁰
 <V> → cn¹1¹ 2² cb²1² 2³ cb³1³ 2⁴ cb⁴1⁴ 2⁵ cn⁵
 cn¹4¹ 3⁶ cn⁶1⁶ 2⁷ cb⁷1⁷ 2⁸ cb⁸1⁸ 2⁹ cb⁹1⁹ 2¹⁰ cn¹⁰
 cn⁶4⁶ 3¹¹ cn¹¹1¹¹ 2¹² cb¹²1¹² 2¹³ cb¹³1¹³ 2¹⁴ cb¹⁴1¹⁴ 2¹⁵ cn¹⁵
 cn¹¹4¹¹ 3¹⁶ cn¹⁶1¹⁶ 2¹⁷ cb¹⁷1¹⁷ 2¹⁸ cb¹⁸1¹⁸ 2¹⁹ cb¹⁹1¹⁹ 2²⁰ cn²⁰
 cn¹⁶4¹⁶ 3²¹ cn²¹1²¹ 2²² cb²²1²² 2²³ cb²³1²³ 2²⁴ cb²⁴1²⁴ 2²⁵ cn²⁵
 cn²¹4²¹ 3²⁶ cb²⁶1²⁶ 2²⁷ cb²⁷1²⁷ 2²⁸ cb²⁸1²⁸ 2²⁹ cb²⁹1²⁹ 2³⁰ cb³⁰
 <W> → cn¹1¹ 2² cb²1² 2³ cb³1³ 2⁴ cb⁴1⁴ 2⁵ cn⁵
 cn¹4¹ 3⁶ cn⁶1⁶ 2⁷ cb⁷1⁷ 2⁸ cb⁸1⁸ 2⁹ cb⁹1⁹ 2¹⁰ cn¹⁰
 cn⁶4⁶ 3¹¹ cn¹¹1¹¹ 2¹² cb¹²1¹² 2¹³ cb¹³1¹³ 2¹⁴ cb¹⁴1¹⁴ 2¹⁵ cn¹⁵
 cn¹¹4¹¹ 3¹⁶ cn¹⁶1¹⁶ 2¹⁷ cb¹⁷1¹⁷ 2¹⁸ cb¹⁸1¹⁸ 2¹⁹ cb¹⁹1¹⁹ 2²⁰ cn²⁰
 cn¹⁶4¹⁶ 3²¹ cn²¹1²¹ 2²² cb²²1²² 2²³ cb²³1²³ 2²⁴ cb²⁴1²⁴ 2²⁵ cn²⁵
 cn²¹4²¹ 3²⁶ cb²⁶1²⁶ 2²⁷ cb²⁷1²⁷ 2²⁸ cb²⁸1²⁸ 2²⁹ cb²⁹1²⁹ 2³⁰ cb³⁰
 <X> → cn¹1¹ 2² cb²1² 2³ cb³1³ 2⁴ cb⁴1⁴ 2⁵ cn⁵
 cn¹4¹ 3⁶ cn⁶1⁶ 2⁷ cb⁷1⁷ 2⁸ cb⁸1⁸ 2⁹ cb⁹1⁹ 2¹⁰ cn¹⁰
 cn⁶4⁶ 3¹¹ cb¹¹1¹¹ 2¹² cn¹²1¹² 2¹³ cn¹³1¹³ 2¹⁴ cn¹⁴1¹⁴ 2¹⁵ cb¹⁵
 cb¹¹4¹¹ 3¹⁶ cb¹⁶1¹⁶ 2¹⁷ cn¹⁷1¹⁷ 2¹⁸ cn¹⁸1¹⁸ 2¹⁹ cn¹⁹1¹⁹ 2²⁰ cb²⁰
 cb¹⁶4¹⁶ 3²¹ cn²¹1²¹ 2²² cb²²1²² 2²³ cb²³1²³ 2²⁴ cb²⁴1²⁴ 2²⁵ cn²⁵
 cn²¹4²¹ 3²⁶ cn²⁶1²⁶ 2²⁷ cb²⁷1²⁷ 2²⁸ cb²⁸1²⁸ 2²⁹ cb²⁹1²⁹ 2³⁰ cn³⁰
 <Y> → cn¹1¹ 2² cb²1² 2³ cb³1³ 2⁴ cb⁴1⁴ 2⁵ cn⁵
 cn¹4¹ 3⁶ cn⁶1⁶ 2⁷ cb⁷1⁷ 2⁸ cb⁸1⁸ 2⁹ cb⁹1⁹ 2¹⁰ cn¹⁰
 cn⁶4⁶ 3¹¹ cb¹¹1¹¹ 2¹² cn¹²1¹² 2¹³ cn¹³1¹³ 2¹⁴ cn¹⁴1¹⁴ 2¹⁵ cb¹⁵
 cb¹¹4¹¹ 3¹⁶ cb¹⁶1¹⁶ 2¹⁷ cb¹⁷1¹⁷ 2¹⁸ cn¹⁸1¹⁸ 2¹⁹ cb¹⁹1¹⁹ 2²⁰ cb²⁰
 cb¹⁶4¹⁶ 3²¹ cb²¹1²¹ 2²² cb²²1²² 2²³ cn²³1²³ 2²⁴ cb²⁴1²⁴ 2²⁵ cb²⁵
 cb²¹4²¹ 3²⁶ cb²⁶1²⁶ 2²⁷ cb²⁷1²⁷ 2²⁸ cn²⁸1²⁸ 2²⁹ cb²⁹1²⁹ 2³⁰ cb³⁰
 <Z> → cn¹1¹ 2² cn²1² 2³ cn³1³ 2⁴ cn⁴1⁴ 2⁵ cn⁵
 cn¹4¹ 3⁶ cb⁶1⁶ 2⁷ cb⁷1⁷ 2⁸ cb⁸1⁸ 2⁹ cb⁹1⁹ 2¹⁰ cn¹⁰
 cb⁶4⁶ 3¹¹ cb¹¹1¹¹ 2¹² cb¹²1¹² 2¹³ cb¹³1¹³ 2¹⁴ cn¹⁴1¹⁴ 2¹⁵ cb¹⁵
 cb¹¹4¹¹ 3¹⁶ cb¹⁶1¹⁶ 2¹⁷ cb¹⁷1¹⁷ 2¹⁸ cn¹⁸1¹⁸ 2¹⁹ cb¹⁹1¹⁹ 2²⁰ cb²⁰
 cb¹⁶4¹⁶ 3²¹ cb²¹1²¹ 2²² cn²²1²² 2²³ cb²³1²³ 2²⁴ cb²⁴1²⁴ 2²⁵ cb²⁵

$cb^{21}4^{21} 3^{26} cn^{36} 1^{36} 2^{27} cn^{27} 1^{27} 2^{28} cn^{28} 1^{28} 2^{29} cn^{29} 1^{29} 2^{30} cn^{30} n$

Tabla 6.8 Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios

Pila	Cadena de entrada	Acción
Letra A: <Rep_Letras>\$	$cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3 cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cb^5 \dots$	$M[<Rep_Letras>, cb^1] = <Rep_Letras> \rightarrow <A>, push (<A>)$
Letra A: <A>\$	$cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3 cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cb^5 \dots$	$M[<A>, cb^1] = <A> \rightarrow cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3 cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cb^5$ $cb^1 4^1 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9 cb^9 1^9 2^{10} cn^{10}$ $cn^6 4^6 3^{11} cn^{11} 1^{11} 2^{12} cn^{12} 1^{12} 2^{13} cn^{13} 1^{13} 2^{14} cn^{14} 1^{14} 2^{15} cn^{15}$ $cn^{11} 4^{11} 3^{16} cn^{16} 1^{16} 2^{17} cb^{17} 1^{17} 2^{18} cb^{18} 1^{18} 2^{19} cb^{19} 1^{19} 2^{20} cn^{20}$ $cn^{16} 4^{16} 3^{21} cn^{21} 1^{21} 2^{22} cb^{22} 1^{22} 2^{23} cb^{23} 1^{23} 2^{24} cb^{24} 1^{24} 2^{25} cn^{25}$ $cn^{21} 4^{21} 3^{26} cn^{26} 1^{26} 2^{27} cb^{27} 1^{27} 2^{28} cb^{28} 1^{28} 2^{29} cb^{29} 1^{29} 2^{30} cn^{30}, pop$ (<A>), $push (cn^{30} 2^{30} 1^{29} cb^{29} 2^{29} 1^{28} cb^{28} 2^{28} 1^{27} cb^{27} 2^{27} 1^{26} cn^{26} 3^{26} 4^{21}$ $cn^{21} cn^{25} 2^{25} 1^{24} cb^{24} 2^{24} 1^{23} cb^{23} 2^{23} 1^{22} cb^{22} 2^{22} 1^{21} cn^{21} 3^{21} 4^{16}$ $cn^{16} cn^{20} 2^{20} 1^{19} cb^{19} 2^{19} 1^{18} cb^{18} 2^{18} 1^{17} cb^{17} 2^{17} 1^{16} cn^{16} 3^{16} 4^{11}$ $cn^{11} cn^{15} 2^{15} 1^{14} cn^{14} 2^{14} 1^{13} cn^{13} 2^{13} 1^{12} cn^{12} 2^{12} 1^{11} cn^{11} 3^{11} 4^6$ $cn^6 cn^{10} 2^{10} 1^9 cb^9 2^9 1^8 cb^8 2^8 1^7 cb^7 2^7 1^6 cn^6 3^6 4^1$ $cb^1 cb^5 2^5 1^4 cn^5 2^5 1^2 cn^2 2^2 1^1 cb^1)$
Letra A: $cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3 cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cb^5 \dots$	$cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3 cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cb^5 \dots$	$cb^1 = cb^1; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
Letra A: $cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3 cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cb^5 \dots$	$cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3 cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cb^5 \dots$	$1 = 1; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
Letra A: $cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3 cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cb^5 \dots$	$cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3 cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cb^5 \dots$	$1 = 1; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
Letra A: $cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3 cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cb^5 \dots$	$cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3 cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cb^5 \dots$	$1 = 1; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
Letra A: $cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3 cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cb^5 \dots$	$cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3 cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cb^5 \dots$	$2 = 2; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$

Letra A: $cb^1 1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^5 \dots$	$cb^1 1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	$cn^4 = cn^4$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^1 1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^5 \dots$	$cb^1 1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	1 = 1; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^1 1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^5 \dots$	$cb^1 1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	4 = 4; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^1 1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^5 \dots$	$cb^1 1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	_ = _; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^1 1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^5 \dots$	$cb^1 1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	2 = 2; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^1 1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^5 \dots$	$cb^1 1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	5 = 5; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^5 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^9 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	$cb^5 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^9 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	$cb^5 = cb^5$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^5 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^9 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	$cb^5 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^9 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	Pila_Símbolos = NULL; col = 6
Letra A: $cb^5 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^9 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	$cb^5 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^9 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	$cb^1 = cb^1$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^5 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^9 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	$cb^5 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^9 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	4 = 4; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^5 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^9 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	$cb^5 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^9 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	1 = 1; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^5 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^9 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	$cb^5 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^9 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	_ = _; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^5 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^9 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	$cb^5 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$ $cb^9 _1^1 _2^2 _3^3 _4^4 _5^5 \dots$	3 = 3; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1

Letra A: $cb^5 cb^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$ $cb^9 1^9 2^{10} \dots$	$cb^5 cb^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$ $cb^9 1^9 2^{10} \dots$	$cb^8 = cb^8$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^5 cb^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$ $cb^9 1^9 2^{10} \dots$	$cb^5 cb^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$ $cb^9 1^9 2^{10} \dots$	1 = 1; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^5 cb^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$ $cb^9 1^9 2^{10} \dots$	$cb^5 cb^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$ $cb^9 1^9 2^{10} \dots$	8 = 8; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^5 cb^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$ $cb^9 1^9 2^{10} \dots$	$cb^5 cb^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$ $cb^9 1^9 2^{10} \dots$	_ = _; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^5 cb^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$ $cb^9 1^9 2^{10} \dots$	$cb^5 cb^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$ $cb^9 1^9 2^{10} \dots$	2 = 2; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^5 cb^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$ $cb^9 1^9 2^{10} \dots$	$cb^5 cb^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$ $cb^9 1^9 2^{10} \dots$	9 = 9; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^9 1^9 2^{10} cn^{10} \dots$	$cb^9 1^9 2^{10} cn^{10} \dots$	$cb^9 = cb^9$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^9 1^9 2^{10} cn^{10} \dots$	$cb^9 1^9 2^{10} cn^{10} \dots$	1 = 1; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^9 1^9 2^{10} cn^{10} \dots$	$cb^9 1^9 2^{10} cn^{10} \dots$	9 = 9; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^9 1^9 2^{10} cn^{10} \dots$	$cb^9 1^9 2^{10} cn^{10} \dots$	_ = _; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^9 1^9 2^{10} cn^{10} \dots$	$cb^9 1^9 2^{10} cn^{10} \dots$	2 = 2; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cb^9 1^9 2^{10} cn^{10} \dots$	$cb^9 1^9 2^{10} cn^{10} \dots$	10 = 10; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cn^{10} cn^6 4^6 3^{11} cn^{11} 1^{11} 2^{12} cn^{12} 1^{12} 2^{13} cn^{13} 1^{13} 2^{14}$ $cn^{14} 1^{14} 2^{15} cn^{15}$	$cn^{10} cn^6 4^6 3^{11} cn^{11} 1^{11} 2^{12} cn^{12} 1^{12} 2^{13} cn^{13} 1^{13} 2^{14}$ $cn^{14} 1^{14} 2^{15} cn^{15}$	$cn^{10} = cn^{10}$; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1

Letra A: $cn^{10} cn^{646} 3^{11} cn^{11} 1^{11} 2^{12} cn^{12} 1^{12} 2^{13} cn^{13} 1^{13} 2^{14} cn^{14} 1^{14} 2^{15} cn^{15}$	$1 = 1$; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cn^{10} cn^{646} 3^{11} cn^{11} 1^{11} 2^{12} cn^{12} 1^{12} 2^{13} cn^{13} 1^{13} 2^{14} cn^{14} 1^{14} 2^{15} cn^{15}$	$14 = 14$; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cn^{10} cn^{646} 3^{11} cn^{11} 1^{11} 2^{12} cn^{12} 1^{12} 2^{13} cn^{13} 1^{13} 2^{14} cn^{14} 1^{14} 2^{15} cn^{15}$	$- = -$; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cn^{10} cn^{646} 3^{11} cn^{11} 1^{11} 2^{12} cn^{12} 1^{12} 2^{13} cn^{13} 1^{13} 2^{14} cn^{14} 1^{14} 2^{15} cn^{15}$	$2 = 2$; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cn^{10} cn^{646} 3^{11} cn^{11} 1^{11} 2^{12} cn^{12} 1^{12} 2^{13} cn^{13} 1^{13} 2^{14} cn^{14} 1^{14} 2^{15} cn^{15}$	$15 = 15$; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cn^{15} cn^{1411} 3^{16} cn^{16} 1^{16} 2^{17} cb^{17} 1^{17} 2^{18} cb^{18} 1^{18} 2^{19} cb^{19} 1^{19} 2^{20} cn^{20} \dots$	$cn^{15} = cn^{15}$; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cn^{15} cn^{1411} 3^{16} cn^{16} 1^{16} 2^{17} cb^{17} 1^{17} 2^{18} cb^{18} 1^{18} 2^{19} cb^{19} 1^{19} 2^{20} cn^{20} \dots$	Pila_Símbolos = NULL; col = 6
Letra A: $cn^{15} cn^{1411} 3^{16} cn^{16} 1^{16} 2^{17} cb^{17} 1^{17} 2^{18} cb^{18} 1^{18} 2^{19} cb^{19} 1^{19} 2^{20} cn^{20} \dots$	$cn^{11} = cn^{11}$; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cn^{15} cn^{1411} 3^{16} cn^{16} 1^{16} 2^{17} cb^{17} 1^{17} 2^{18} cb^{18} 1^{18} 2^{19} cb^{19} 1^{19} 2^{20} cn^{20} \dots$	$4 = 4$; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cn^{15} cn^{1411} 3^{16} cn^{16} 1^{16} 2^{17} cb^{17} 1^{17} 2^{18} cb^{18} 1^{18} 2^{19} cb^{19} 1^{19} 2^{20} cn^{20} \dots$	$11 = 11$; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cn^{15} cn^{1411} 3^{16} cn^{16} 1^{16} 2^{17} cb^{17} 1^{17} 2^{18} cb^{18} 1^{18} 2^{19} cb^{19} 1^{19} 2^{20} cn^{20} \dots$	$- = -$; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cn^{15} cn^{1411} 3^{16} cn^{16} 1^{16} 2^{17} cb^{17} 1^{17} 2^{18} cb^{18} 1^{18} 2^{19} cb^{19} 1^{19} 2^{20} cn^{20} \dots$	$3 = 3$; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1
Letra A: $cn^{15} cn^{1411} 3^{16} cn^{16} 1^{16} 2^{17} cb^{17} 1^{17} 2^{18} cb^{18} 1^{18} 2^{19} cb^{19} 1^{19} 2^{20} cn^{20} \dots$	$16 = 16$; ap_Cadena = ap_Cadena +1; col = col + 1; col = 1

Letra A: $cn^{15} cn^{14} 11 \ 3^{16} cn^{16} 1^{16} \ 2^{17} cb^{17} 1^{17} \ 2^{18} cb^{18}$ $1^{18} \ 2^{19} cb^{19} 1^{19} \ 2^{20} cn^{20} \dots$	$1 = 1 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra A: $cn^{15} cn^{14} 11 \ 3^{16} cn^{16} 1^{16} \ 2^{17} cb^{17} 1^{17} \ 2^{18} cb^{18}$ $1^{18} \ 2^{19} cb^{19} 1^{19} \ 2^{20} cn^{20} \dots$	$18 = 18 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra A: $cn^{15} cn^{14} 11 \ 3^{16} cn^{16} 1^{16} \ 2^{17} cb^{17} 1^{17} \ 2^{18} cb^{18}$ $1^{18} \ 2^{19} cb^{19} 1^{19} \ 2^{20} cn^{20} \dots$	$_ = _ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra A: $cn^{15} cn^{14} 11 \ 3^{16} cn^{16} 1^{16} \ 2^{17} cb^{17} 1^{17} \ 2^{18} cb^{18}$ $1^{18} \ 2^{19} cb^{19} 1^{19} \ 2^{20} cn^{20} \dots$	$2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra A: $cn^{15} cn^{14} 11 \ 3^{16} cn^{16} 1^{16} \ 2^{17} cb^{17} 1^{17} \ 2^{18} cb^{18}$ $1^{18} \ 2^{19} cb^{19} 1^{19} \ 2^{20} cn^{20} \dots$	$19 = 19 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra A: $cn^{15} cn^{14} 11 \ 3^{16} cn^{16} 1^{16} \ 2^{17} cb^{17} 1^{17} \ 2^{18} cb^{18}$ $1^{18} \ 2^{19} cb^{19} 1^{19} \ 2^{20} cn^{20} \dots$	$cb^{19} = cb^{19} ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra A: $cn^{15} cn^{14} 11 \ 3^{16} cn^{16} 1^{16} \ 2^{17} cb^{17} 1^{17} \ 2^{18} cb^{18}$ $1^{18} \ 2^{19} cb^{19} 1^{19} \ 2^{20} cn^{20} \dots$	$1 = 1 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra A: $cn^{15} cn^{14} 11 \ 3^{16} cn^{16} 1^{16} \ 2^{17} cb^{17} 1^{17} \ 2^{18} cb^{18}$ $1^{18} \ 2^{19} cb^{19} 1^{19} \ 2^{20} cn^{20} \dots$	$19 = 19 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra A: $cn^{15} cn^{14} 11 \ 3^{16} cn^{16} 1^{16} \ 2^{17} cb^{17} 1^{17} \ 2^{18} cb^{18}$ $1^{18} \ 2^{19} cb^{19} 1^{19} \ 2^{20} cn^{20} \dots$	$_ = _ ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra A: $cn^{15} cn^{14} 11 \ 3^{16} cn^{16} 1^{16} \ 2^{17} cb^{17} 1^{17} \ 2^{18} cb^{18}$ $1^{18} \ 2^{19} cb^{19} 1^{19} \ 2^{20} cn^{20} \dots$	$2 = 2 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra A: $cn^{15} cn^{14} 11 \ 3^{16} cn^{16} 1^{16} \ 2^{17} cb^{17} 1^{17} \ 2^{18} cb^{18}$ $1^{18} \ 2^{19} cb^{19} 1^{19} \ 2^{20} cn^{20} \dots$	$20 = 20 ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra A: $cn^{20} cn^{16} 4^{16} \ 3^{21} cn^{21} 1^{21} \ 2^{22} cb^{22} 1^{22} \ 2^{23} cb^{23}$ $1^{23} \ 2^{24} cb^{24} 1^{24} \ 2^{25} cn^{25} \dots$	$cn^{20} = cn^{20} ; ap_Cadena = ap_Cadena + 1 ; col = col + 1 ; col = 1$
Letra A: $cn^{20} cn^{16} 4^{16} \ 3^{21} cn^{21} 1^{21} \ 2^{22} cb^{22} 1^{22} \ 2^{23} cb^{23}$ $1^{23} \ 2^{24} cb^{24} 1^{24} \ 2^{25} cn^{25} \dots$	$Pila_Simbolos = NULL ; col = 6$

En la Fig. E.40 se muestra el árbol de análisis sintáctico.



Fig. E.40 Árbol de análisis sintáctico para el CP -01. Definición del juego serio Coloreando por números - Representación de imágenes

- Resultado: Como se puede observar, en el último paso del algoritmo, el símbolo señalado por el apuntador en la cadena de entrada (\$) y el símbolo que se encuentra en la cima de la pila (\$) que corresponde a la gramática, coinciden. Por lo tanto, se obtiene un estado de aceptación.

E.1.5 MOF – CP – 06. Definición del juego serio Coloreando por números – Representación de imágenes (Caso de fracaso)

La Tabla 6.6 muestra los conjuntos First y Follow de la gramática *ColoreandoNúmeros*. La Tabla 6.7 muestra la tabla de análisis sintáctico para la gramática *ColoreandoNúmeros*. Asimismo, la Tabla 6.9 muestra los símbolos que se almacenan en la pila de símbolos, la evaluación de la cadena de entrada w y las acciones ejecutadas para obtener el resultado esperado. La columna correspondiente a la Pila muestra la manera en la cual, los símbolos terminales y no terminales son almacenados en la misma.

Tabla 6.9 Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios

Pila	Cadena de entrada	Acción
Letra A: <Rep_Letras>\$	$cn^1_1 \ 1^2 \ 2^2 \ cn^2_1 \ 1^2 \ 2^3 \ cn^3_1 \ 1^3 \ 2^4 \ cn^4_1 \ 1^4 \ 2^5 \ cb^5 \dots$	$M[<Rep_Letras>, cb^1] = <Rep_Letras> \rightarrow <A>, \text{push}(<A>)$ $M[<A>, cb^1] = <A> \rightarrow cb^1 \ 1^1 \ 2^2 \ cn^2_1 \ 1^2 \ 2^3 \ cn^3_1 \ 1^3 \ 2^4 \ cn^4_1 \ 1^4 \ 2^5 \ cb^5$ $cb^1 \ 4^1 \ 3^6 \ cn^6_1 \ 1^6 \ 2^7 \ cb^7 \ 1^7 \ 2^8 \ cb^8 \ 1^8 \ 2^9 \ cb^9 \ 1^9 \ 2^{10} \ cn^{10}$ $cn^{10} \ 4^1 \ 3^{11} \ cn^{11} \ 1^{11} \ 2^{12} \ cn^{12} \ 1^{12} \ 2^{13} \ cn^{13} \ 1^{13} \ 2^{14} \ cn^{14} \ 1^{14} \ 2^{15} \ cn^{15}$ $cn^{15} \ 4^1 \ 3^{16} \ cn^{16} \ 1^{16} \ 2^{17} \ cb^{17} \ 1^{17} \ 2^{18} \ cb^{18} \ 1^{18} \ 2^{19} \ cb^{19} \ 1^{19} \ 2^{20} \ cn^{20}$ $cn^{20} \ 4^1 \ 3^{21} \ cn^{21} \ 1^{21} \ 2^{22} \ cb^{22} \ 1^{22} \ 2^{23} \ cb^{23} \ 1^{23} \ 2^{24} \ cb^{24} \ 1^{24} \ 2^{25} \ cn^{25}$ $cn^{25} \ 4^1 \ 3^{26} \ cn^{26} \ 1^{26} \ 2^{27} \ cb^{27} \ 1^{27} \ 2^{28} \ cb^{28} \ 1^{28} \ 2^{29} \ cb^{29} \ 1^{29} \ 2^{30} \ cn^{30}, \text{pop}$ (<A>), push ($cn^{30} \ 2^{30} \ 1^{29} \ cb^{29} \ 2^{29} \ 1^{28} \ cb^{28} \ 2^{28} \ 1^{27} \ cb^{27} \ 2^{27} \ 1^{26} \ cn^{26} \ 3^{26} \ 4^{21}$ $cn^{21} \ cn^{25} \ 2^{25} \ 1^{24} \ cb^{24} \ 2^{24} \ 1^{23} \ cb^{23} \ 2^{23} \ 1^{22} \ cb^{22} \ 2^{22} \ 1^{21} \ cn^{21} \ 3^{21} \ 4^{16}$ $cn^{16} \ cn^{20} \ 2^{20} \ 1^{19} \ cb^{19} \ 2^{19} \ 1^{18} \ cb^{18} \ 2^{18} \ 1^{17} \ cb^{17} \ 2^{17} \ 1^{16} \ cn^{16} \ 3^{16} \ 4^{11}$ $cn^{11} \ cn^{15} \ 2^{15} \ 1^{14} \ cn^{14} \ 2^{14} \ 1^{13} \ cn^{13} \ 2^{13} \ 1^{12} \ cn^{12} \ 2^{12} \ 1^{11} \ cn^{11} \ 3^{11} \ 4^6$ $cn^6 \ cn^{10} \ 2^{10} \ 1^9 \ cb^9 \ 2^9 \ 1^8 \ cb^8 \ 2^8 \ 1^7 \ cb^7 \ 2^7 \ 1^6 \ cn^6 \ 3^6 \ 4^1$ $cb^1 \ cb^5 \ 2^5 \ 1^4 \ cn^5 \ 2^5 \ 1^3 \ cn^4 \ 2^4 \ 1^2 \ cn^3 \ 2^4 \ 1^1 \ cb^1$)
Letra A: <A>\$	$cn^1_1 \ 1^1 \ 2^2 \ cn^2_1 \ 1^2 \ 2^3 \ cn^3_1 \ 1^3 \ 2^4 \ cn^4_1 \ 1^4 \ 2^5 \ cb^5 \dots$	
Letra A: $cb^1 \ 1^1 \ 2^2 \ cn^2_1 \ 1^2 \ 2^3 \ cn^3_1 \ 1^3 \ 2^4 \ cn^4_1 \ 1^4 \ 2^5 \ cb^5 \dots$	$cn^1_1 \ 1^1 \ 2^2 \ cn^2_1 \ 1^2 \ 2^3 \ cn^3_1 \ 1^3 \ 2^4 \ cn^4_1 \ 1^4 \ 2^5 \ cb^5 \dots$	$cn^1 = cb^1$. El símbolo en la pila y la cadena de entrada no coinciden. ERROR.

- Resultado: Como se puede observar, en el último paso del algoritmo, el símbolo señalado por el apuntador en la cadena de entrada (\$) y el símbolo que se encuentra en la cima de la pila (\$) que corresponde a la gramática, no coinciden. Por lo tanto, se obtiene un estado de no aceptación.

E.1.6 MOF – CP – 07. Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios por medio del Modelo Formal de Juegos Serios (Caso de éxito)

La Tabla 6.10 muestra los conjuntos First y Follow de la gramática *Modelo Formal de Juegos Serios*.

Tabla 6.10 Conjuntos First y Follow de la gramática Modelo Formal de Juegos Serios

No Terminal	First	Follow
<Def_JuegoSerio>	$\{t_1v, to, cb^1, cn^1\}$	$\{\$ \}$
<Sec_Letras>	$\{t_1v, to\}$	$\{\$ \}$
<Sec_Tarjetas>	$\{t_1v, to\}$	$\{\$ \}$
<T1>	$\{t_1v, to\}$	$\{\$ \}$
<T2>	$\{t_2v, to\}$	$\{\$ \}$
<T3>	$\{t_3v, to\}$	$\{\$ \}$
<T4>	$\{t_4v, to\}$	$\{\$ \}$
<T5>	$\{t_5v, to\}$	$\{\$ \}$
<Rep_Letras>	$\{cb^1, cn^1\}$	$\{\$ \}$
<A>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<C>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<D>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<E>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<F>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<G>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<H>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<I>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<J>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<K>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<L>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<M>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<N>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<Ñ>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<O>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<P>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<Q>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<R>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<S>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<T>	$\{cb^1\}$	$\{\$ \}$
<U>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<V>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$
<W>	$\{cn^1\}$	$\{\$ \}$

<X>	{cn ¹ }	{\$}
<Y>	{cn ¹ }	{\$}
<Z>	{cn ¹ }	{\$}

La Tabla 6.11 muestra la tabla de análisis sintáctico para la gramática *Modelo Formal de Juegos Serios*. Asimismo, la Tabla 6.12 muestra los símbolos que se almacenan en la pila de símbolos, la evaluación de la cadena de entrada w y las acciones ejecutadas para obtener el resultado esperado. La columna correspondiente a la Pila muestra la manera en la cual, los símbolos terminales y no terminales son almacenados en la misma.

Tabla 6.11 Tabla de análisis sintáctico de la gramática Modelo Formal de Juegos Serios

No terminal	Símbolo terminal									
	t_1v	t_2v	t_3v	t_4v	t_5v	to	cb	cn	s	
<Def_JuegoSerio> oSerio>	<Def_JuegoSerio> →<Sec_Letras>					<Def_JuegoSerio> oSerio> → to	<Def_JuegoSerio> → cb	<Def_JuegoSerio> → cn		
<Sec_Letras>	<Sec_Letras> → <Sec_Tarjetas><Sec_Letras> <Sec_Tarjetas>					Sec_Letras : → to				
<Sec_Tarjetas>	<Sec_Tarjetas> → <T1>2 ¹ 1 ² <T2>2 ² 1 ³ <T3>3 ² 3 ¹ 1 ⁴ <T4>4 ² 1 ⁵ <T5>5					Sec_Tarjeta → to <T1>→ to <T2>→ to <T3>→ to <T4>→ to <T5>→ to				
<T1>	<T1> → t_1v									
<T2>		<T2> > → t_2^i								
<T3>			<T3> > → t_3^i							
<T4>				<T4> > → t_4^i						
<T5>					<T5> > → t_5^i					
<Rep_Letras>							<Rep_Letras> → <A> <C> <G> <I> <J> <K> <L> <M> <N> <P> <R> <U> <V> <W> <X> <Y> <Z>			
<A>							<Rep_Letras> → <A> → $cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3$ $cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cb^5$ $cb^1 4^1 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8$ $cb^8 1^8 2^9 cb^9 1^9 2^{10} cn^{10}$ $cn^{10} 4^6 3^{11} cn^{11} 1^{11} 2^{12}$ $cn^{12} 1^{12} 2^{13} cn^{13} 1^{13} 2^{14}$ $cn^{14} 1^{14} 2^{15} cn^{15}$ $cn^{14} 4^{11} 3^{16} cn^{16} 1^{16} 2^{17}$ $cb^{17} 1^{17} 2^{18} cb^{18} 1^{18} 2^{19}$ $cb^{19} 1^{19} 2^{20} cn^{20}$			

$cn^{16}4_{16}$ 3^2_1 $cn^{21}1_{21}$ 2^{22}
 $cb^{22}1_{22}$ 2^{23} $cb^{23}1_{23}$ 2^{24}
 $cb^{24}1_{24}$ 2^{25} cn^{25}
 $cn^{21}4_{21}$ 3^{26} $cn^{26}1_{26}$ 2^{27}
 $cb^{27}1_{27}$ 2^{28} $cb^{28}1_{28}$ 2^{29}
 $cb^{29}1_{29}$ 2^{30} cn^{30}

$\langle B \rangle \rightarrow cn^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3 cn^3 1^3 2^4$
 $cn^4 1^4 2^5 cb^5$
 $cn^1 4^1 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$
 $cb^9 1^9 2^{10} cn^{10}$
 $cn^6 4^6 3^{11} cn^{11} 1^{11} 2^{12} cn^{12} 1^{12} 2^{13} cn^{13}$
 $1^{13} 2^{14} cn^{14} 1^{14} 2^{15} cb^{15}$
 $cn^{11} 4^{11} 3^{16} cn^{16} 1^{16} 2^{17} cb^{17} 1^{17} 2^{18} cb^{18}$
 $1^{18} 2^{19} cb^{19} 1^{19} 2^{20} cn^{20}$
 $cn^{16} 4^{16} 3^{21} cn^{21} 1^{21} 2^{22} cb^{22} 1^{22} 2^{23} cb^{23}$
 $1^{23} 2^{24} cb^{24} 1^{24} 2^{25} cn^{25}$
 $cn^{21} 4^{21} 3^{26} cn^{26} 1^{26} 2^{27} cn^{27} 1^{27} 2^{28} cn^{28}$
 $1^{28} 2^{29} cn^{29} 1^{29} 2^{30} cb^{30}$

$\langle C \rangle \rightarrow cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3$
 $cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cn^5$
 $cb^1 4^1 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8$
 $cb^8 1^8 2^9 cb^9 1^9 2^{10} cn^{10}$
 $cn^6 4^6 3^{11} cn^{11} 1^{11} 2^{12}$
 $cb^{12} 1^{12} 2^{13} cb^{13} 1^{13} 2^{14}$
 $cb^{14} 1^{14} 2^{15} cb^{15}$
 $cn^{11} 4^{11} 3^{16} cn^{16} 1^{16} 2^{17}$
 $cb^{17} 1^{17} 2^{18} cb^{18} 1^{18} 2^{19}$
 $cb^{19} 1^{19} 2^{20} cb^{20}$
 $cn^{16} 4^{16} 3^{21} cn^{21} 1^{21} 2^{22}$
 $cb^{22} 1^{22} 2^{23} cb^{23} 1^{23} 2^{24}$
 $cb^{24} 1^{24} 2^{25} cb^{25}$
 $cn^{21} 4^{21} 3^{26} cb^{26} 1^{26} 2^{27}$
 $cn^{27} 1^{27} 2^{28} cn^{28} 1^{28} 2^{29}$
 $cn^{29} 1^{29} 2^{30} cb^{30}$

<C>

$\langle D \rangle \rightarrow cn^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3 cn^3 1^3 2^4$
 $cn^4 1^4 2^5 cb^5$
 $cn^1 4^1 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$
 $cb^9 1^9 2^{10} cn^{10}$
 $cn^6 4^6 3^{11} cn^{11} 1^{11} 2^{12} cb^{12} 1^{12} 2^{13} cb^{13}$
 $1^{13} 2^{14} cb^{14} 1^{14} 2^{15} cn^{15}$

<D>

$cn^{1,4,11}_3 3^6 cn^{16}_1 1^6 2^{17} cb^{17}_1 1^7 2^{18} cb^{18}_1$
 $1^{18} 2^{19} cb^{19}_1 1^9 2^{20} cn^{20}_1$
 $cn^{16,4,16}_3 3^{21} cn^{21}_1 1^{21} 2^{22} cb^{22}_1 1^{22} 2^{23} cb^{23}_1$
 $1^{23} 2^{24} cb^{24}_1 1^{24} 2^{25} cn^{25}_1$
 $cn^{21,4,21}_3 3^{26} cn^{26}_1 1^{26} 2^{27} cn^{27}_1 1^{27} 2^{28} cn^{28}_1$
 $1^{28} 2^{29} cn^{29}_1 1^{29} 2^{30} cb^{30}_1$
 $\langle E \rangle \rightarrow cn^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3 cn^3 1^3 2^4$
 $cn^4 1^4 2^5 cn^5$
 $cn^4 1^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$
 $cb^9 1^9 2^{10} cb^{10}$
 $cn^6 4^6 3^{11} cn^{11}_1 1^{11} 2^{12} cn^{12}_1 1^{12} 2^{13} cn^{13}_1$
 $1^{13} 2^{14} cn^{14}_1 1^{14} 2^{15} cb^{15}_1$
 $cn^{11,4,11}_3 3^{16} cn^{16}_1 1^6 2^{17} cb^{17}_1 1^7 2^{18} cb^{18}_1$
 $1^{18} 2^{19} cb^{19}_1 1^9 2^{20} cb^{20}_1$
 $cn^{16,4,16}_3 3^{21} cn^{21}_1 1^{21} 2^{22} cb^{22}_1 1^{22} 2^{23} cb^{23}_1$
 $1^{23} 2^{24} cb^{24}_1 1^{24} 2^{25} cb^{25}_1$
 $cn^{21,4,21}_3 3^{26} cn^{26}_1 1^{26} 2^{27} cn^{27}_1 1^{27} 2^{28} cn^{28}_1$
 $1^{28} 2^{29} cn^{29}_1 1^{29} 2^{30} cn^{30}_1$

<E>

$\langle F \rangle \rightarrow cn^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3$
 $cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cn^5$
 $cn^1 4^1 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8$
 $cb^8 1^8 2^9 cb^9 1^9 2^{10} cb^{10}$
 $cn^6 4^6 3^{11} cn^{11}_1 1^{11} 2^{12}$
 $cn^{12}_1 1^{12} 2^{13} cn^{13}_1 1^{13} 2^{14}$
 $cb^{14}_1 1^{14} 2^{15} cb^{15}_1$
 $cn^{11,4,11}_3 3^{16} cn^{16}_1 1^6 2^{17}$
 $cb^{17}_1 1^{17} 2^{18} cb^{18}_1 1^8 2^{19}$
 $cb^{19}_1 1^{19} 2^{20} cb^{20}_1$
 $cn^{16,4,16}_3 3^{21} cn^{21}_1 1^{21} 2^{22}$
 $cb^{22}_1 1^{22} 2^{23} cb^{23}_1 1^{23} 2^{24}$
 $cb^{24}_1 1^{24} 2^{25} cb^{25}_1$
 $cn^{21,4,21}_3 3^{26} cn^{26}_1 1^{26} 2^{27}$
 $cb^{27}_1 1^{27} 2^{28} cb^{28}_1 1^{28} 2^{29}$
 $cb^{29}_1 1^{29} 2^{30} cb^{30}_1$
 $\langle G \rangle \rightarrow cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3$
 $cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cn^5$
 $cb^1 4^1 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8$
 $cb^8 1^8 2^9 cb^9 1^9 2^{10} cb^{10}$
 $cn^6 4^6 3^{11} cn^{11}_1 1^{11} 2^{12}$
 $cb^{12}_1 1^{12} 2^{13} cn^{13}_1 1^{13} 2^{14}$
 $cn^{14}_1 1^{14} 2^{15} cn^{15}_1$

<F>

<G>

$cn^{11}4_{11} _3^{16} cn^{16} 1_{16} _2^{17}$
 $cb^{17}1_{17} _2^{18} cb^{18} 1_{18} _2^{19}$
 $cb^{19}1_{19} _2^{20} cn^{20}$
 $cn^{16}4_{16} _3^{21} cn^{21} 1_{21} _2^{22}$
 $cb^{22}1_{22} _2^{23} cb^{23} 1_{23} _2^{24}$
 $cb^{24}1_{24} _2^{25} cn^{25}$
 $cn^{21}4_{21} _3^{26} cb^{26} 1_{26} _2^{27}$
 $cn^{27}1_{27} _2^{28} cn^{28} 1_{28} _2^{29}$
 $cn^{29}1_{29} _2^{30} cn^{30}$

<H>

$\langle H \rangle \rightarrow cn^1 1 _2^2 cb^2 1_2 _2^3 cb^3 1_3 _2^4$
 $cb^4 1_4 _2^5 cn^5$
 $cn^4 1 _3^6 cn^6 1_6 _2^7 cb^7 1_7 _2^8 cb^8 1_8 _2^9$
 $cb^9 1_9 _2^{10} cn^{10}$
 $cn^6 4_6 _3^{11} cn^{11} 1_{11} _2^{12} cn^{12} 1_{12} _2^{13} cn^{13}$
 $1_{13} _2^{14} cn^{14} 1_{14} _2^{15} cn^{15}$
 $cn^{11} 4_{11} _3^{16} cn^{16} 1_{16} _2^{17} cb^{17} 1_{17} _2^{18} cb^{18}$
 $1_{18} _2^{19} cb^{19} 1_{19} _2^{20} cn^{20}$
 $cn^{16} 4_{16} _3^{21} cn^{21} 1_{21} _2^{22} cb^{22} 1_{22} _2^{23} cb^{23}$
 $1_{23} _2^{24} cb^{24} 1_{24} _2^{25} cn^{25}$
 $cn^{21} 4_{21} _3^{26} cn^{26} 1_{26} _2^{27} cb^{27} 1_{27} _2^{28} cb^{28}$
 $1_{28} _2^{29} cb^{29} 1_{29} _2^{30} cn^{30}$

$\langle I \rangle \rightarrow cb^1 1 _2^2 cn^2 1_2 _2^3$
 $cn^3 1_3 _2^4 cn^4 1_4 _2^5 cb^5$
 $cb^4 1 _3^6 cb^6 1_6 _2^7 cb^7 1_7 _2^8$
 $cn^8 1_8 _2^9 cb^9 1_9 _2^{10} cb^{10}$
 $cb^9 4_6 _3^{11} cb^{11} 1_{11} _2^{12}$
 $cb^{12} 1_{12} _2^{13} cn^{13} 1_{13} _2^{14}$
 $cb^{14} 1_{14} _2^{15} cb^{15}$
 $cb^{11} 4_{11} _3^{16} cb^{16} 1_{16} _2^{17}$
 $cb^{17} 1_{17} _2^{18} cn^{18} 1_{18} _2^{19}$
 $cb^{19} 1_{19} _2^{20} cb^{20}$
 $cb^{16} 4_{16} _3^{21} cb^{21} 1_{21} _2^{22}$
 $cb^{22} 1_{22} _2^{23} cn^{23} 1_{23} _2^{24}$
 $cb^{24} 1_{24} _2^{25} cb^{25}$
 $cb^{21} 4_{21} _3^{26} cb^{26} 1_{26} _2^{27}$
 $cn^{27} 1_{27} _2^{28} cn^{28} 1_{28} _2^{29}$
 $cn^{29} 1_{29} _2^{30} cb^{30}$
 $\langle J \rangle \rightarrow cb^1 1 _2^2 cb^2 1_2 _2^3$
 $cb^3 1_3 _2^4 cb^4 1_4 _2^5 cn^5$
 $cb^4 1 _3^6 cb^6 1_6 _2^7 cb^7 1_7 _2^8$
 $cb^8 1_8 _2^9 cb^9 1_9 _2^{10} cn^{10}$

<I>

<J>

$cb^{646}_3 3^{11} cb^{11}_1 1^{11} 2^{12}$
 $cb^{12}_{112} 2^{13} cn^{13}_{113} 2^{14}$
 $cb^{14}_{114} 2^{15} cn^{15}$
 $cb^{11}_{411} 3^{16} cb^{16}_{116} 2^{17}$
 $cb^{17}_{117} 2^{18} cb^{18}_{118} 2^{19}$
 $cb^{19}_{119} 2^{20} cn^{20}$
 $cb^{16}_{416} 3^{21} cn^{21}_{121} 2^{22}$
 $cb^{22}_{122} 2^{23} cb^{23}_{123} 2^{24}$
 $cb^{24}_{124} 2^{25} cn^{25}$
 $cn^{21}_{421} 3^{26} cb^{26}_{126} 2^{27}$
 $cn^{27}_{127} 2^{28} cn^{28}_{128} 2^{29}$
 $cn^{29}_{129} 2^{30} cb^{30}$

<K>

$\langle K \rangle \rightarrow cn^1 1^1 2^2 cb^2 1^2 2^3 cb^3 1^3 2^4$
 $cn^4 1^4 2^5 cb^5$
 $cn^4 1^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cn^8 1^8 2^9$
 $cb^9 1^9 2^{10} cb^{10}$
 $cn^6 4^6 3^{11} cn^{11}_{111} 2^{12} cn^{12}_{112} 2^{13} cb^{13}$
 $1^{13} 2^{14} cb^{14}_{114} 2^{15} cb^{15}$
 $cn^{11}_{411} 3^{16} cn^{16}_{116} 2^{17} cb^{17}_{117} 2^{18} cn^{18}$
 $1^{18} 2^{19} cb^{19}_{119} 2^{20} cb^{20}$
 $cn^{16}_{416} 3^{21} cn^{21}_{121} 2^{22} cb^{22}_{122} 2^{23} cb^{23}$
 $1^{23} 2^{24} cn^{24}_{124} 2^{25} cb^{25}$
 $cn^{21}_{421} 3^{26} cn^{26}_{126} 2^{27} cb^{27}_{127} 2^{28} cb^{28}$
 $1^{28} 2^{29} cb^{29}_{129} 2^{30} cn^{30}$
 $\langle L \rangle \rightarrow cn^1 1^1 2^2 cb^2 1^2 2^3 cb^3 1^3 2^4$

$cb^4 1^4 2^5 cb^5$
 $cn^4 1^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$
 $cb^9 1^9 2^{10} cb^{10}$
 $cn^6 4^6 3^{11} cn^{11}_{111} 2^{12} cb^{12}_{112} 2^{13} cb^{13}$
 $1^{13} 2^{14} cb^{14}_{114} 2^{15} cb^{15}$
 $cn^{11}_{411} 3^{16} cn^{16}_{116} 2^{17} cb^{17}_{117} 2^{18} cb^{18}$
 $1^{18} 2^{19} cb^{19}_{119} 2^{20} cb^{20}$
 $cn^{16}_{416} 3^{21} cn^{21}_{121} 2^{22} cb^{22}_{122} 2^{23} cb^{23}$
 $1^{23} 2^{24} cb^{24}_{124} 2^{25} cb^{25}$
 $cn^{21}_{421} 3^{26} cn^{26}_{126} 2^{27} cn^{27}_{127} 2^{28} cn^{28}$
 $1^{28} 2^{29} cn^{29}_{129} 2^{30} cn^{30}$

<L>

$\langle M \rangle \rightarrow cn^1 1^1 2^2 cb^2 1^2 2^3 cb^3 1^3 2^4$
 $cb^4 1^4 2^5 cn^5$
 $cn^4 1^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cn^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$
 $cn^9 1^9 2^{10} cn^{10}$
 $cn^6 4^6 3^{11} cn^{11}_{111} 2^{12} cb^{12}_{112} 2^{13} cn^{13}$
 $1^{13} 2^{14} cb^{14}_{114} 2^{15} cn^{15}$

<M>

$cn^{11}4_{11}$ 3_{16} cn^{16} 1_{16} 2_{17} cb^{17} 1_{17} 2_{18} cb^{18}
 1_{18} 2_{19} cb^{19} 1_{19} 2_{20} cn^{20}
 $cn^{16}4_{16}$ 3_{21} cn^{21} 1_{21} 2_{22} cb^{22} 1_{22} 2_{23} cb^{23}
 1_{23} 2_{24} cb^{24} 1_{24} 2_{25} cn^{25}
 $cn^{21}4_{21}$ 3_{26} cn^{26} 1_{26} 2_{27} cb^{27} 1_{27} 2_{28} cb^{28}
 1_{28} 2_{29} cb^{29} 1_{29} 2_{30} cn^{30}
 $\langle N \rangle \rightarrow cn^1 1^1 2^2 cb^1 1^2 2^3 cb^3 1^3 2^4$
 $cb^4 1^4 2^5 cn^5$
 $cn^4 1^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$
 $cb^9 1^9 2_{10} cn^{10}$
 $cn^6 4^6 3_{11} cn^{11} 1_{11} 2_{12} cn^{12} 1_{12} 2_{13} cb^{13}$
 $1_{13} 2_{14} cb^{14} 1_{14} 2_{15} cn^{15}$
 $cn^{11} 4_{11} 3_{16} cn^{16} 1_{16} 2_{17} cb^{17} 1_{17} 2_{18} cn^{18}$
 $1_{18} 2_{19} cb^{19} 1_{19} 2_{20} cn^{20}$
 $cn^{16} 4_{16} 3_{21} cn^{21} 1_{21} 2_{22} cb^{22} 1_{22} 2_{23} cb^{23}$
 $1_{23} 2_{24} cn^{24} 1_{24} 2_{25} cn^{25}$
 $cn^{21} 4_{21} 3_{26} cn^{26} 1_{26} 2_{27} cb^{27} 1_{27} 2_{28} cb^{28}$
 $1_{28} 2_{29} cb^{29} 1_{29} 2_{30} cb^{30}$

<N>

$\langle \bar{N} \rangle \rightarrow cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3$
 $cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cb^5$
 $cb^4 1^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8$
 $cb^8 1^8 2^9 cb^9 1^9 2_{10} cn^{10}$
 $cn^6 4^6 3_{11} cn^{11} 1_{11} 2_{12}$
 $cn^{12} 1_{12} 2_{13} cb^{13} 1_{13} 2_{14}$
 $cb^{14} 1_{14} 2_{15} cn^{15}$
 $cn^{11} 4_{11} 3_{16} cn^{16} 1_{16} 2_{17}$
 $cb^{17} 1_{17} 2_{18} cn^{18} 1_{18} 2_{19}$
 $cb^{19} 1_{19} 2_{20} cn^{20}$
 $cn^{16} 4_{16} 3_{21} cn^{21} 1_{21} 2_{22}$
 $cb^{22} 1_{22} 2_{23} cb^{23} 1_{23} 2_{24}$
 $cn^{24} 1_{24} 2_{25} cn^{25}$
 $cn^{21} 4_{21} 3_{26} cn^{26} 1_{26} 2_{27}$
 $cb^{27} 1_{27} 2_{28} cb^{28} 1_{28} 2_{29}$
 $cb^{29} 1_{29} 2_{30} cn^{30}$

<N>

$\langle O \rangle \rightarrow cb^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3$
 $cn^3 1^3 2^4 cn^4 1^4 2^5 cb^5$
 $cb^4 1^4 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8$
 $cb^8 1^8 2^9 cb^9 1^9 2_{10} cn^{10}$
 $cn^6 4^6 3_{11} cn^{11} 1_{11} 2_{12}$
 $cb^{12} 1_{12} 2_{13} cb^{13} 1_{13} 2_{14}$
 $cb^{14} 1_{14} 2_{15} cn^{15}$

<O>

$cn^{1411} \ 3^{16} \ cn^{16} \ 1^{16} \ 2^{17}$
 $cb^{1717} \ 2^{18} \ cb^{18} \ 1^{18} \ 2^{19}$
 $cb^{1919} \ 2^{20} \ cn^{20}$
 $cn^{16416} \ 3^{21} \ cn^{21} \ 1^{21} \ 2^{22}$
 $cb^{22122} \ 2^{23} \ cb^{23} \ 1^{23} \ 2^{24}$
 $cb^{24124} \ 2^{25} \ cn^{25}$
 $cn^{21421} \ 3^{26} \ cb^{26} \ 1^{26} \ 2^{27}$
 $cn^{27127} \ 2^{28} \ cn^{28} \ 1^{28} \ 2^{29}$
 $cn^{29129} \ 2^{30} \ cb^{30}$

<P>

$\langle P \rangle \rightarrow cn^1 \ 1^1 \ 2^2 \ cn^2 \ 1^2 \ 2^3 \ cn^3 \ 1^3 \ 2^4$
 $cn^4 \ 1^4 \ 2^5 \ cb^5$
 $cn^4 \ 1^4 \ 3^6 \ cn^6 \ 1^6 \ 2^7 \ cb^7 \ 1^7 \ 2^8 \ cb^8 \ 1^8 \ 2^9$
 $cb^9 \ 1^9 \ 2^{10} \ cn^{10}$
 $cn^6 \ 4^6 \ 3^{11} \ cn^{11} \ 1^{11} \ 2^{12} \ cb^{12} \ 1^{12} \ 2^{13} \ cb^{13}$
 $1^{13} \ 2^{14} \ cb^{14} \ 1^{14} \ 2^{15} \ cn^{15}$
 $cn^{11} \ 4^{11} \ 3^{16} \ cn^{16} \ 1^{16} \ 2^{17} \ cn^{17} \ 1^{17} \ 2^{18} \ cn^{18}$
 $1^{18} \ 2^{19} \ cn^{19} \ 1^{19} \ 2^{20} \ cb^{20}$
 $cn^{16} \ 4^{16} \ 3^{21} \ cn^{21} \ 1^{21} \ 2^{22} \ cb^{22} \ 1^{22} \ 2^{23} \ cb^{23}$
 $1^{23} \ 2^{24} \ cb^{24} \ 1^{24} \ 2^{25} \ cb^{25}$
 $cn^{21} \ 4^{21} \ 3^{26} \ cn^{26} \ 1^{26} \ 2^{27} \ cb^{27} \ 1^{27} \ 2^{28} \ cb^{28}$
 $1^{28} \ 2^{29} \ cb^{29} \ 1^{29} \ 2^{30} \ cb^{30}$

$\langle Q \rangle \rightarrow cb^1 \ 1^1 \ 2^2 \ cn^2 \ 1^2 \ 2^3$
 $cn^3 \ 1^3 \ 2^4 \ cn^4 \ 1^4 \ 2^5 \ cb^5$
 $cb^1 \ 4^1 \ 3^6 \ cn^6 \ 1^6 \ 2^7 \ cb^7 \ 1^7 \ 2^8$
 $cb^8 \ 1^8 \ 2^9 \ cb^9 \ 1^9 \ 2^{10} \ cn^{10}$
 $cn^6 \ 4^6 \ 3^{11} \ cn^{11} \ 1^{11} \ 2^{12}$
 $cb^{12} \ 1^{12} \ 2^{13} \ cb^{13} \ 1^{13} \ 2^{14}$
 $cb^{14} \ 1^{14} \ 2^{15} \ cn^{15}$
 $cn^{11} \ 4^{11} \ 3^{16} \ cn^{16} \ 1^{16} \ 2^{17}$
 $cb^{17} \ 1^{17} \ 2^{18} \ cn^{18} \ 1^{18} \ 2^{19}$
 $cb^{19} \ 1^{19} \ 2^{20} \ cn^{20}$
 $cn^{16} \ 4^{16} \ 3^{21} \ cn^{21} \ 1^{21} \ 2^{22}$
 $cb^{22} \ 1^{22} \ 2^{23} \ cb^{23} \ 1^{23} \ 2^{24}$
 $cn^{24} \ 1^{24} \ 2^{25} \ cn^{25}$
 $cn^{21} \ 4^{21} \ 3^{26} \ cb^{26} \ 1^{26} \ 2^{27}$
 $cn^{27} \ 1^{27} \ 2^{28} \ cn^{28} \ 1^{28} \ 2^{29}$
 $cn^{29} \ 1^{29} \ 2^{30} \ cn^{30}$

<Q>

$\langle R \rangle \rightarrow cn^1 \ 1^1 \ 2^2 \ cn^2 \ 1^2 \ 2^3 \ cn^3 \ 1^3 \ 2^4$
 $cn^4 \ 1^4 \ 2^5 \ cb^5$
 $cn^4 \ 1^4 \ 3^6 \ cn^6 \ 1^6 \ 2^7 \ cb^7 \ 1^7 \ 2^8 \ cb^8 \ 1^8 \ 2^9$
 $cb^9 \ 1^9 \ 2^{10} \ cn^{10}$
 $cn^6 \ 4^6 \ 3^{11} \ cn^{11} \ 1^{11} \ 2^{12} \ cn^{12} \ 1^{12} \ 2^{13} \ cn^{13}$
 $1^{13} \ 2^{14} \ cn^{14} \ 1^{14} \ 2^{15} \ cb^{15}$

<R>

$cn^{11}4_{11} _3^{16} cn^{16} _16 _2^{17} cb^{17} _17 _2^{18} cn^{18}$
 $_1^{18} _2^{19} cb^{19} _19 _2^{20} cb^{20}$
 $cn^{16}4_{16} _3^{21} cn^{21} _1^{21} _2^{22} cb^{22} _1^{22} _2^{23} cb^{23}$
 $_1^{23} _2^{24} cn^{24} _1^{24} _2^{25} cb^{25}$
 $cn^{21}4_{21} _3^{26} cn^{26} _1^{26} _2^{27} cb^{27} _1^{27} _2^{28} cb^{28}$
 $_1^{28} _2^{29} cb^{29} _1^{29} _2^{30} cn^{30}$

$\langle S \rangle \rightarrow cb^1 _1^1 _2^2 cn^1 _1^2 _2^3$
 $cn^3 _1^3 _2^4 cn^4 _1^4 _2^5 cn^5$
 $cb^4 _1^4 _3^6 cn^6 _1^6 _2^7 cb^7 _1^7 _2^8$
 $cb^8 _1^8 _2^9 cb^9 _1^9 _2^{10} cb^{10}$
 $cn^6 _4^6 _3^{11} cb^{11} _1^{11} _2^{12}$
 $cn^{12} _1^{12} _2^{13} cn^{13} _1^{13} _2^{14}$
 $cn^{14} _1^{14} _2^{15} cb^{15}$
 $cb^{14} _1^{14} _3^{16} cb^{16} _1^{16} _2^{17}$
 $cb^{17} _1^{17} _2^{18} cb^{18} _1^{18} _2^{19}$
 $cb^{19} _1^{19} _2^{20} cn^{20}$
 $cb^{16} _4^{16} _3^{21} cb^{21} _1^{21} _2^{22}$
 $cb^{22} _1^{22} _2^{23} cb^{23} _1^{23} _2^{24}$
 $cb^{24} _1^{24} _2^{25} cn^{25}$
 $cb^{21} _4^{21} _3^{26} cn^{26} _1^{26} _2^{27}$
 $cn^{27} _1^{27} _2^{28} cn^{28} _1^{28} _2^{29}$
 $cn^{29} _1^{29} _2^{30} cb^{30}$
 $\langle T \rangle \rightarrow cb^1 _1^1 _2^2 cn^1 _1^2 _2^3$
 $cn^3 _1^3 _2^4 cn^4 _1^4 _2^5 cb^5$
 $cb^4 _1^4 _3^6 cb^6 _1^6 _2^7 cb^7 _1^7 _2^8$
 $cn^8 _1^8 _2^9 cb^9 _1^9 _2^{10} cb^{10}$
 $cb^6 _4^6 _3^{11} cb^{11} _1^{11} _2^{12}$
 $cb^{12} _1^{12} _2^{13} cn^{13} _1^{13} _2^{14}$
 $cb^{14} _1^{14} _2^{15} cb^{15}$
 $cb^{14} _1^{14} _3^{16} cb^{16} _1^{16} _2^{17}$
 $cb^{17} _1^{17} _2^{18} cn^{18} _1^{18} _2^{19}$
 $cb^{19} _1^{19} _2^{20} cb^{20}$
 $cb^{16} _4^{16} _3^{21} cb^{21} _1^{21} _2^{22}$
 $cb^{22} _1^{22} _2^{23} cn^{23} _1^{23} _2^{24}$
 $cb^{24} _1^{24} _2^{25} cb^{25}$
 $cb^{21} _4^{21} _3^{26} cb^{26} _1^{26} _2^{27}$
 $cb^{27} _1^{27} _2^{28} cn^{28} _1^{28} _2^{29}$
 $cb^{29} _1^{29} _2^{30} cb^{30}$

$\langle S \rangle$

$\langle T \rangle$

$\langle U \rangle \rightarrow cn^1 _1^1 _2^2 cb^2 _1^2 _2^3 cb^3 _1^3 _2^4$
 $cb^4 _1^4 _2^5 cn^5$
 $cn^4 _1^4 _3^6 cn^6 _1^6 _2^7 cb^7 _1^7 _2^8 cb^8 _1^8 _2^9$
 $cb^9 _1^9 _2^{10} cn^{10}$

$\langle U \rangle$

$cn^6_4 3_{11} cn^1_{11} 1_{11} 2_{12} cb^1_{12} 1_{12} 2_{13} cb^1_{13}$
 $1_{13} 2_{14} cb^1_{14} 1_{14} 2_{15} cn^1_{15}$
 $cn^1_{11} 4_{11} 3_{16} cn^1_{16} 1_{16} 2_{17} cb^1_{17} 1_{17} 2_{18} cb^1_{18}$
 $1_{18} 2_{19} cb^1_{19} 1_{19} 2_{20} cn^1_{20}$
 $cn^1_{16} 4_{16} 3_{21} cn^1_{21} 1_{21} 2_{22} cb^1_{22} 1_{22} 2_{23} cb^1_{23}$
 $1_{23} 2_{24} cb^1_{24} 1_{24} 2_{25} cn^1_{25}$
 $cn^1_{21} 4_{21} 3_{26} cn^1_{26} 1_{26} 2_{27} cn^1_{27} 1_{27} 2_{28} cn^1_{28}$
 $1_{28} 2_{29} cn^1_{29} 1_{29} 2_{30} cn^1_{30}$
 $\langle V \rangle \rightarrow cn^1_{11} 1^2_2 cb^1_{12} 2^3_3 cb^1_{13} 2^4_4$
 $cb^1_{14} 2^5_5 cn^1_{25}$

$cn^1_{41} 3^6_6 cn^6_{16} 2^7_7 cb^1_{17} 2^8_8 cb^8_{18} 2^9_9$
 $cb^9_{19} 2^{10}_{10} cn^1_{10}$
 $cn^6_{46} 3_{11} cn^1_{11} 1_{11} 2_{12} cb^1_{12} 1_{12} 2_{13} cb^1_{13}$
 $1_{13} 2_{14} cb^1_{14} 1_{14} 2_{15} cn^1_{15}$
 $cn^1_{11} 4_{11} 3_{16} cn^1_{16} 1_{16} 2_{17} cb^1_{17} 1_{17} 2_{18} cb^1_{18}$
 $1_{18} 2_{19} cb^1_{19} 1_{19} 2_{20} cn^1_{20}$
 $cn^1_{16} 4_{16} 3_{21} cn^1_{21} 1_{21} 2_{22} cb^1_{22} 1_{22} 2_{23} cb^1_{23}$
 $1_{23} 2_{24} cb^1_{24} 1_{24} 2_{25} cn^1_{25}$
 $cn^1_{21} 4_{21} 3_{26} cb^1_{26} 1_{26} 2_{27} cn^1_{27} 1_{27} 2_{28} cn^1_{28}$
 $1_{28} 2_{29} cn^1_{29} 1_{29} 2_{30} cb^1_{30}$
 $\langle W \rangle \rightarrow cn^1_{11} 2^2_2 cb^1_{12} 2^3_3 cb^1_{13} 2^4_4$
 $cb^1_{14} 2^5_5 cn^1_{25}$

<V>

$cn^1_{41} 3^6_6 cn^6_{16} 2^7_7 cb^1_{17} 2^8_8 cb^8_{18} 1^8_8 2^9_9$
 $cb^9_{19} 2^{10}_{10} cn^1_{10}$
 $cn^6_{46} 3_{11} cn^1_{11} 1_{11} 2_{12} cb^1_{12} 1_{12} 2_{13} cb^1_{13}$
 $1_{13} 2_{14} cb^1_{14} 1_{14} 2_{15} cn^1_{15}$
 $cn^1_{11} 4_{11} 3_{16} cn^1_{16} 1_{16} 2_{17} cb^1_{17} 1_{17} 2_{18} cb^1_{18}$
 $1_{18} 2_{19} cb^1_{19} 1_{19} 2_{20} cn^1_{20}$
 $cn^1_{16} 4_{16} 3_{21} cn^1_{21} 1_{21} 2_{22} cn^1_{22} 1_{22} 2_{23} cn^1_{23}$
 $1_{23} 2_{24} cn^1_{24} 1_{24} 2_{25} cn^1_{25}$
 $cn^1_{21} 4_{21} 3_{26} cb^1_{26} 1_{26} 2_{27} cn^1_{27} 1_{27} 2_{28} cn^1_{28}$
 $1_{28} 2_{29} cn^1_{29} 1_{29} 2_{30} cb^1_{30}$
 $\langle X \rangle \rightarrow cn^1_{11} 2^2_2 cb^1_{12} 2^3_3 cb^1_{13} 2^4_4$
 $cb^1_{14} 2^5_5 cn^1_{25}$

<W>

$cn^1_{41} 3^6_6 cn^6_{16} 2^7_7 cb^1_{17} 2^8_8 cb^8_{18} 1^8_8 2^9_9$
 $cb^9_{19} 2^{10}_{10} cn^1_{10}$
 $cn^6_{46} 3_{11} cb^1_{11} 1_{11} 2_{12} cn^1_{12} 1_{12} 2_{13} cn^1_{13}$
 $1_{13} 2_{14} cn^1_{14} 1_{14} 2_{15} cb^1_{15}$
 $cb^1_{11} 4_{11} 3_{16} cb^1_{16} 1_{16} 2_{17} cn^1_{17} 1_{17} 2_{18} cn^1_{18}$
 $1_{18} 2_{19} cn^1_{19} 1_{19} 2_{20} cb^1_{20}$
 $cb^1_{16} 4_{16} 3_{21} cn^1_{21} 1_{21} 2_{22} cb^1_{22} 1_{22} 2_{23} cb^1_{23}$
 $1_{23} 2_{24} cb^1_{24} 1_{24} 2_{25} cn^1_{25}$

<X>

$cn^{21}4^{21} 3^{26} cn^{26} 1^{26} 2^{27} cb^{27}1^{27} 2^{28} cb^{28}$
 $1^{28} 2^{29} cb^{29}1^{29} 2^{30} cn^{30}$
 <Y> → $cn^1 1^1 2^2 cb^2 1^2 2^3 cb^3 1^3 2^4$
 $cb^4 1^4 2^5 cn^5$
 $cn^1 4^1 3^6 cn^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$
 $cb^9 1^9 2^{10} cn^{10}$
 $cn^6 4^6 3^{11} cb^{11} 1^{11} 2^{12} cn^{12} 1^{12} 2^{13} cn^{13}$
 $1^{13} 2^{14} cn^{14} 1^{14} 2^{15} cb^{15}$
 $cb^{16} 1^{16} 3^{16} cb^{16} 1^{16} 2^{17} cb^{17} 1^{17} 2^{18} cn^{18}$
 $1^{18} 2^{19} cb^{19} 1^{19} 2^{20} cb^{20}$
 $cb^{16} 4^{16} 3^{21} cb^{21} 1^{21} 2^{22} cb^{22} 1^{22} 2^{23} cn^{23}$
 $1^{23} 2^{24} cb^{24} 1^{24} 2^{25} cb^{25}$
 $cb^{21} 4^{21} 3^{26} cb^{26} 1^{26} 2^{27} cb^{27} 1^{27} 2^{28} cn^{28}$
 $1^{28} 2^{29} cb^{29} 1^{29} 2^{30} cb^{30}$
 <Z> → $cn^1 1^1 2^2 cn^2 1^2 2^3 cn^3 1^3 2^4$
 $cn^4 1^4 2^5 cn^5$
 $cn^1 4^1 3^6 cb^6 1^6 2^7 cb^7 1^7 2^8 cb^8 1^8 2^9$
 $cb^9 1^9 2^{10} cn^{10}$
 $cb^6 4^6 3^{11} cb^{11} 1^{11} 2^{12} cb^{12} 1^{12} 2^{13} cb^{13}$
 $1^{13} 2^{14} cn^{14} 1^{14} 2^{15} cb^{15}$
 $cb^{16} 1^{16} 3^{16} cb^{16} 1^{16} 2^{17} cb^{17} 1^{17} 2^{18} cn^{18}$
 $1^{18} 2^{19} cb^{19} 1^{19} 2^{20} cb^{20}$
 $cb^{16} 4^{16} 3^{21} cb^{21} 1^{21} 2^{22} cn^{22} 1^{22} 2^{23} cb^{23}$
 $1^{23} 2^{24} cb^{24} 1^{24} 2^{25} cb^{25}$
 $cb^{21} 4^{21} 3^{26} cn^{26} 1^{26} 2^{27} cn^{27} 1^{27} 2^{28} cn^{28}$
 $1^{28} 2^{29} cn^{29} 1^{29} 2^{30} cn^{30}$

<Y>

<Z>

Tabla 6.12 Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios por medio del Modelo Formal de Juegos Serios

Pila	Cadena de entrada	Acción
<Def_JuegoSerio>\$	$t_{iv}^1 2^1 1^2 to^2 2^2 1^3 to^3 2^3 1^4 t_{Av}^4 2^4 1^5 to^5 \$$	$M [<Def_JuegoSerio>, t_{iv}^1] = <Def_JuegoSerio> \rightarrow <Sec_Letras>$, $push (<Sec_Letras >), pop (<Def_JuegoSerio>)$
<Sec_Letras>\$	$t_{iv}^1 2^1 1^2 to^2 2^2 1^3 to^3 2^3 1^4 t_{Av}^4 2^4 1^5 to^5 \$$	$M [<Sec_Letras>, t_{iv}^1] = <Sec_Letras> \rightarrow <Sec_Tarjetas>$, $push$ $(<Sec_Tarjetas >), pop (<Sec_Letras>)$
<Sec_Tarjetas>\$	$t_{iv}^1 2^1 1^2 to^2 2^2 1^3 to^3 2^3 1^4 t_{Av}^4 2^4 1^5 to^5 \$$	$M [<Sec_Tarjetas>, t_{iv}^1] = <Sec_Tarjetas> \rightarrow$ $<T1> / 2^1 1^2 <T2> / 2^2 1^3 <T3> / 2^3 1^4 <T4> / 2^4 1^5 <T5>$, pop $(<Sec_Tarjetas>),$

```

push (<T5>:J5_2^4 <T4>:J4_2^3 <T3>:J3_2^2 <T2>:J2_2^1 <T1>:J1_2^1)

M [<T1>, t1v] = < T1 > → t1v, pop (< T1 >), push (t1v)

t1v^1 = t1v^1; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
2 = 2; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
1 = 1; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
_ = _; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
1 = 1; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
2 = 2; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
M [<T2>, to] = < T2 > → to, pop (< T2 >), push (to)

to^2 = to^2; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
2 = 2; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
2 = 2; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1
_ = _; ap_Cadena = ap_Cadena + 1; col = col + 1; col = 1

```


$t_1v^1 2^l _ J^2 _ to^2 2^2 _ J^3 _ to^3 2^3 _ J^4 _ to^4 2^4 _ J^5 _ <T5>^5 \$$	$t_1v^1 2^l _ J^2 _ to^2 2^2 _ J^3 _ to^3 2^3 _ J^4 _ to^4 2^4 _ J^5 _ to^5 \$$	$_ _ _ ; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
$t_1v^1 2^l _ J^2 _ to^2 2^2 _ J^3 _ to^3 2^3 _ J^4 _ to^4 2^4 _ J^5 _ <T5>^5 \$$	$t_1v^1 2^l _ J^2 _ to^2 2^2 _ J^3 _ to^3 2^3 _ J^4 _ to^4 2^4 _ J^5 _ to^5 \$$	$1 = 1 ; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
$t_1v^1 2^l _ J^2 _ to^2 2^2 _ J^3 _ to^3 2^3 _ J^4 _ to^4 2^4 _ J^5 _ <T5>^5 \$$	$t_1v^1 2^l _ J^2 _ to^2 2^2 _ J^3 _ to^3 2^3 _ J^4 _ to^4 2^4 _ J^5 _ to^5 \$$	$5 = 5 ; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
$t_1v^1 2^l _ J^2 _ to^2 2^2 _ J^3 _ to^3 2^3 _ J^4 _ to^4 2^4 _ J^5 _ <T5>^5 \$$	$t_1v^1 2^l _ J^2 _ to^2 2^2 _ J^3 _ to^3 2^3 _ J^4 _ to^4 2^4 _ J^5 _ to^5 \$$	$M [<T5>, to] = < T5 > \rightarrow to_ pop (< T5 >), push (to)$
$t_1v^1 2^l _ J^2 _ to^2 2^2 _ J^3 _ to^3 2^3 _ J^4 _ to^4 2^4 _ J^5 _ to^5 \$$	$t_1v^1 2^l _ J^2 _ to^2 2^2 _ J^3 _ to^3 2^3 _ J^4 _ to^4 2^4 _ J^5 _ to^5 \$$	$to^5 = to^5 ; ap_ Cadena = ap_ Cadena + 1; col = col + 1; col = 1$
$t_1v^1 2^l _ J^2 _ to^2 2^2 _ J^3 _ to^3 2^3 _ J^4 _ to^4 2^4 _ J^5 _ to^5 \$$	$t_1v^1 2^l _ J^2 _ to^2 2^2 _ J^3 _ to^3 2^3 _ J^4 _ to^4 2^4 _ J^5 _ to^5 \$$	$Pila_ Simbolos = NULL; ap_ Cadena = \$; col = 6$
$t_1v^1 2^l _ J^2 _ to^2 2^2 _ J^3 _ to^3 2^3 _ J^4 _ to^4 2^4 _ J^5 _ to^5 \$$	$t_1v^1 2^l _ J^2 _ to^2 2^2 _ J^3 _ to^3 2^3 _ J^4 _ to^4 2^4 _ J^5 _ to^5 \$$	$Pila_ Simbolos = \$; ACEPTAR$

En la Fig. E.4 I se muestra el árbol de análisis sintáctico.

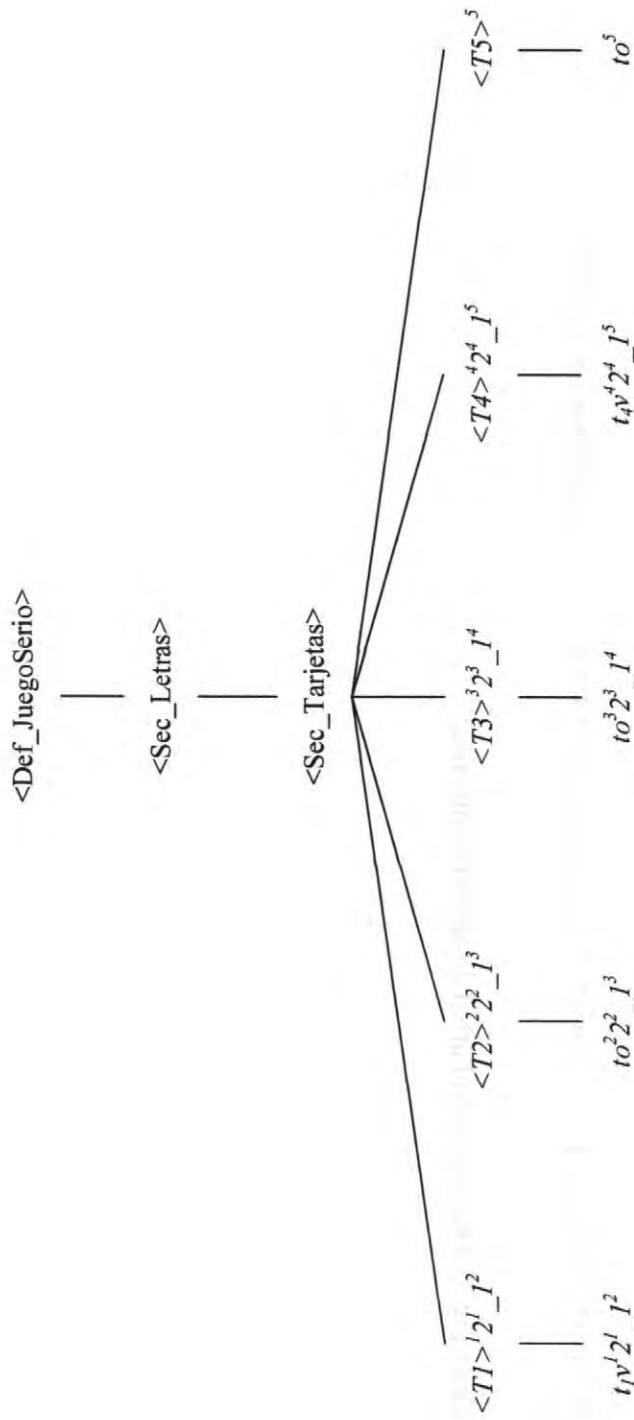


Fig. E.41 Árbol de análisis sintáctico para el CP - 07. Definición del juego serio Contando Puntos - Números Binarios por Medio del Modelo Formal de Juegos Serios

- Resultado: Como se puede observar, en el último paso del algoritmo, el símbolo señalado por el apuntador en la cadena de entrada (\$) y el símbolo que se encuentra en la cima de la pila (\$) que corresponde a la gramática, coinciden. Por lo tanto, se obtiene un estado de aceptación.

E.1.7 MOF – CP – 08. Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios por medio del Modelo Formal de Juegos Serios (Caso de fracaso)

La Tabla 6.10 muestra los conjuntos First y Follow de la gramática *Modelo Formal de Juegos Serios*. La Tabla 6.11 muestra la tabla de análisis sintáctico para la gramática *Modelo Formal de Juegos Serios*. Asimismo, la Tabla 6.13 muestra los símbolos que se almacenan en la pila de símbolos, la evaluación de la cadena de entrada w y las acciones ejecutadas para obtener el resultado esperado. La columna correspondiente a la Pila muestra la manera en la cual, los símbolos terminales y no terminales son almacenados en la misma.

Tabla 6.13 Definición del juego serio Contando Puntos – Números Binarios por medio del Modelo Formal de Juegos Serios

Pila	Cadena de entrada	Acción
<Def_JuegoSerio>\$	$t_{2v}^2 \ 2^2 \ 1^1 \ t_{1v}^1 \ 2^1 \ 1^3 \ t_{3v}^3 \ 2^3 \ 1^4 \ t_{4v}^4 \ 2^4 \ 1^5 \ t_{5v}^5 \$$	$M [\langle \text{Def_JuegoSerio} \rangle, t_{1v}^1] = \langle \text{Def_JuegoSerio} \rangle \rightarrow \langle \text{Sec_Letras} \rangle,$ $\text{push} (\langle \text{Sec_Letras} \rangle), \text{pop} (\langle \text{Def_JuegoSerio} \rangle)$
<Sec_Letras>\$	$t_{2v}^2 \ 2^2 \ 1^1 \ t_{1v}^1 \ 2^1 \ 1^3 \ t_{3v}^3 \ 2^3 \ 1^4 \ t_{4v}^4 \ 2^4 \ 1^5 \ t_{5v}^5 \$$	$M [\langle \text{Sec_Letras} \rangle, t_{2v}^2] = \langle \text{Sec_Letras} \rangle \rightarrow \langle \text{Sec_Tarjetas} \rangle, \text{push}$ $(\langle \text{Sec_Tarjetas} \rangle), \text{pop} (\langle \text{Sec_Letras} \rangle)$
<Sec_Tarjetas>\$	$t_{2v}^2 \ 2^2 \ 1^1 \ t_{1v}^1 \ 2^1 \ 1^3 \ t_{3v}^3 \ 2^3 \ 1^4 \ t_{4v}^4 \ 2^4 \ 1^5 \ t_{5v}^5 \$$	$M [\langle \text{Sec_Tarjetas} \rangle, t_{3v}^3] = \langle \text{Sec_Tarjetas} \rangle \rightarrow$ $\langle T1 \rangle 1^2 \ 1^2 \langle T2 \rangle 2^2 \ 1^3 \langle T3 \rangle 3^2 \ 1^4 \langle T4 \rangle 2^4 \ 1^5 \langle T5 \rangle 5,$ pop $(\langle \text{Sec_Tarjetas} \rangle),$ $\text{push} (\langle T5 \rangle 5 \ 2^4 \langle T4 \rangle 4 \ 1^4 \ 2^3 \langle T3 \rangle 3 \ 2^2 \langle T2 \rangle 2 \ 1^2 \langle T1 \rangle 1)$
$\langle T1 \rangle 1^2 \ 1^2 \langle T2 \rangle 2^2 \ 1^3 \langle T3 \rangle 3^2 \ 1^4$ $\langle T4 \rangle 4 \ 2^4 \ 1^5 \langle T5 \rangle 5$	$t_{2v}^2 \ 2^2 \ 1^1 \ t_{1v}^1 \ 2^1 \ 1^3 \ t_{3v}^3 \ 2^3 \ 1^4 \ t_{4v}^4 \ 2^4 \ 1^5 \ t_{5v}^5 \$$	$M [\langle T1 \rangle, t_{1v}^1] = \langle T1 \rangle \rightarrow t_{1v}^1, \text{pop} (\langle T1 \rangle), \text{push} (t_{1v}^1)$
$t_{2v}^2 \ 2^2 \ 1^2 \langle T2 \rangle 2^2 \ 1^3 \langle T3 \rangle 3^2 \ 1^4 \langle T4 \rangle 4$ $2^4 \ 1^5 \langle T5 \rangle 5$	$t_{2v}^2 \ 2^2 \ 1^1 \ t_{1v}^1 \ 2^1 \ 1^3 \ t_{3v}^3 \ 2^3 \ 1^4 \ t_{4v}^4 \ 2^4 \ 1^5 \ t_{5v}^5 \$$	$t_{2v}^2 = t_{1v}^1.$ El símbolo en la pila y la cadena de entrada no coinciden. ERROR.

▪ Resultado: Como se puede observar, en el último paso del algoritmo, el símbolo señalado por el apuntador en la cadena de entrada (\$) y el símbolo que se encuentra en la cima de la pila (\$) que corresponde a la gramática, no coinciden. Por lo tanto, se obtiene un estado de no aceptación