

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE RELACIONES INTERNACIONALES



TESIS DOCTORAL

**Los sistemas expertos en las relaciones internacionales:
aplicación a la clasificación de conflictos violentos**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTORA

PRESENTADA POR

Nina Wormer

DIRECTORES

Concepción Anguita Olmedo
Javier Bernabé Fraguas

Madrid, 2019

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

Facultad de Ciencias Políticas y Sociología

**Departamento de Relaciones Internacionales e
Historia Global**



**Los Sistemas Expertos en las Relaciones Internacionales:
aplicación a la clasificación de conflictos violentos**

Tesis Doctoral que presenta Nina Wörmer para la obtención del Grado de Doctor

Dirigida por Dña. Concepción Anguita Olmedo y D. Javier Bernabé Fraguas

Madrid, España

Los Sistemas Expertos en las Relaciones Internacionales: aplicación a la clasificación de conflictos violentos

Tesis Doctoral que presenta Nina Wörmer para la obtención del Grado de Doctor

Dirigida por Dña. Concepción Anguita Olmedo y D. Javier Bernabé Fraguas

Madrid, España

Si quisiera definir en una frase a los seres humanos, esta podría valer: son animales que se creen las historias que ellos cuentan sobre sí mismos. Son animales crédulos.

Mark Rowland, *El filósofo y el lobo*

¿No podemos también decir que todos los autómatas (máquinas que se mueven a sí mismas mediante muelles y ruedas, como sucede con un reloj) tienen una vida artificial? ¿Qué es el corazón sino un muelle? ¿Qué son los nervios sino cuerdas? ¿Qué son las articulaciones sino ruedas que dan movimiento a todo el cuerpo, tal y como fue concebido por el artífice?

Thomas Hobbes, *El Leviatán*

Agradecimientos

Si algo he aprendido en mi vida es que no hay opción a rendirse. Si uno se para es para coger aire y retomar el camino con más ilusión y fuerza. Gracias a mi Oma, a mi madre y a mi hermano Ee por ser mis ejemplos a seguir. A ellos les dedico principalmente este trabajo por su entereza y fuerza.

Oma, fuiste tú la primera persona que me enseñó que una montaña nunca es lo suficientemente empinada como para no alcanzar su cima; mamá, eres esa fuerza que me ha demostrado que aunque la vida te coloque ante numerosos desafíos siempre hay una fuerza que nos mueve para superarlos y Ee, eres y serás un luchador incansable aunque esa cruel enfermedad te separó de nosotros.

Quiero agradecer además todo el apoyo, cariño y ánimo que durante la elaboración de esta tesis me han demostrado las personas que me rodean y a los cuales considero ante todo mis amigos. Agradecer a Peco, por ser mi gran hermano pequeño, a mis cuñadas Yoli y Mentxu que desde la distancia me han apoyado en este trabajo, dar las gracias a Carmen por tirar de mí, a Rafa por ser mi referente, a Javier por su apoyo, a Heidi por su energía, a Jesús por los respiros, a Marc por su paciencia, a Gamo por sus palabras, a Harold por sus llamadas y a mi sobrino Kyran por estar siempre pendiente del avance del trabajo.

Debo agradecer especialmente a mis directores de tesis Concepción Anguita y Javier Bernabé por la confianza depositada en mí con esta tesis, así como su fiel apoyo para la elaboración de la misma. Además, agradecer también a la Universidad Complutense de Madrid por haberme dotado durante todos los años de estudio del conocimiento que me ha llevado a enfrentarme y realizar esta tesis.

En definitiva, tal y como diría Joe Cocker, si he llegado hasta aquí ha sido “With a little help from my friends”.

ÍNDICE

Siglas y abreviaturas.....	4
Índice de figuras y tablas.....	6
Resumen	7
Abstract.....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
Justificación del tema.....	12
Estado de la cuestión en el ámbito académico y originalidad de la investigación.....	13
Preguntas, objetivos e hipótesis de la investigación	15
Marco teórico.....	19
Metodología.....	21
Fuentes.....	24
Estructura de la tesis.....	25
CAPÍTULO I.: APROXIMACIÓN CONCEPTUAL, FUNCIONAL E HISTORIA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	26
I.1. DEFINICIÓN DE LOS CONCEPTOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA) Y DE MODELO COMPUTACIONAL (MC).....	26
I.1.1. Campos que configuran la IA/MC.....	34
I.1.2. Contextualización histórica de la IA.....	37

CAPÍTULO II.: LA IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS EXPERTOS (SSEE) EN EL ÁMBITO DE LA IA/MC.....	45
II. 1. APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE SISTEMA EXPERTO (SE).....	45
II.2. ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UN SE.....	47
II.2.1. Principales ventajas de los SSEE respecto a programas informáticos tradicionales y al ser humano.....	54
II.3. DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SE.....	58
II. 4. TIPOLOGÍA DE SSEE.....	63
II.5. BREVE CONTEXTUALIZACIÓN DE LOS SSEE.....	71
II.5.1. Ejemplo de MBRR: MYCIN.....	75
CAPÍTULO III. APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS EXPERTOS (SSEE) EN RELACIONES INTERNACIONALES (RRII).....	86
III.1. ESPECIFICIDADES DE LOS SSEE APLICADOS AL ESTUDIO DE LAS RRII.....	86
III. 2. REPASO HISTÓRICO A LOS SSEE APLICADOS AL ÁMBITO DE LAS RRII.....	93
III.2.1. Alker y Christensen: los procesos de paz de Naciones Unidas.....	95
III.2.2. Thorson y Sylvan: crisis de los misiles en Cuba.....	100
III.2.3. Tanaka: el comportamiento de China en crisis internacionales.....	103
III.2.4. Stewart, Hermann y Hermann: crisis armamentística en la Unión Soviética y Egipto en 1972.....	110
III.2.5. Sylvan, Goel y Chandrasekaran: la política en seguridad energética de Japón.....	117
III.2.6. Job y Johnson: política exterior de EEUU en República Dominicana.....	125
III.2.7. Taber y Timpone: predicción de la política exterior estadounidense en Asia a partir de 1950.....	131

III.2.8. Hergovich y Olbrich: predicciones de guerra respecto a EEUU, URSS y Gran Bretaña.....	142
III.2.9. Caldach: predicción de las relaciones bilaterales entre dos países en situación de crisis o conflicto.....	147
CAPÍTULO IV.: DESARROLLO TEÓRICO DE UN SE PARA LA CATEGORIZACIÓN DE CONFLICTOS VIOLENTOS (TYR).....	153
IV. 1. ESTRUCTURA DE TYR Y DESARROLLO DE LA BASE DE CONOCIMIENTO.....	153
IV. 2. FUNCIONAMIENTO DE TYR.....	159
IV. 3. APLICABILIDAD DEL MODELO TEÓRICO DE TYR.....	171
IV. 3.1. APLICACIÓN DE LAS REGLAS DE TYR.....	171
IV. 3.2. METODOLOGÍA DE TYR.....	175
CONCLUSIONES.....	198
BIBLIOGRAFÍA.....	212

Siglas y abreviaturas

Aislacionismo	ISO
Anti-Comunismo Pragmático	ACP
Derecho Internacional Humanitario	DIH
Estado Islámico	ISIS
Estados Unidos	EEUU
Factor de Certeza	FC
Factores de Certeza	FFC
Heidelberger Institut für Internationale Konfliktforschung	HIHK
Instituto Internacional de Estudios para la Paz de Estocolmo	SIPRI
Inteligencia Artificial	IA
Lenguaje de Acción Política	LAP
Militancia Anti-comunista	MAC
Modelo Computacional	MC
Modelo Basado en Reglas	MBRR
Modelos Basados en Reglas	MMBBRR
Modelo Probabilístico	MP
Modelos Probabilísticos	MMPP
Naciones Unidas	NNUU
Organismo Internacional	OI
Organización Mundial de la Salud	OMS
Policy Arguer	POLI
Pregunta	P
Relaciones Internacionales	RRII
República Dominicana	RD
República Popular China	RPC

Respuesta	R
Running Text Scoring System for Motive Imagery	RTSS
Sistema Experto	SE
Sistemas Expertos	SSEE
Sistema Experto Basado en Reglas	SEBRR
Sistemas Expertos Basados en Reglas	SSEEBBRR

Índice de figuras y tablas

FIGURAS

Figura 1: MODELO DE SISTEMA EXPERTO.....	51
Figura 2: ÁRBOL DE DECISIONES DE NACIONES UNIDAS.....	96
Figura 3: CAMBIOS EN LA CLASIFICACIÓN DEL PAÍS.....	105
Figura 4: MODELO MUNDIAL DE RELACIONES DE LOS PAÍSES CON LA RPC.....	106
Figura 5: ATRIBUTOS DE CHINA_WATCHER	108
Figura 6: ÁRBOL DE DECISIONES DE GRECHKO.....	115
Figura 7: MODELO DE REGLAS PARA LA RESOLUCIÓN DE DISCREPANCIAS EN UN RÉGIMEN OLIGÁRQUICO.....	116
Figura 8: MODELO JESSE.....	119
Figura 9: MODELO DE REPRESENTACIÓN DEL MÓDULO CLASIFICACIÓN III.....	121
Figura 10: ESTRUCTURA DE UNCLESAM.....	126
Figura 11: ESTRUCTURA BÁSICA DE POLI.....	136
Figura 12: ESTRUCTURA DE TYR.....	153

TABLAS

Tabla 1: IDENTIFICACIÓN DE CATEGORÍAS DE IA CON MODELOS.....	29
Tabla 2: RESULTADOS MYCIN.....	84
Tabla 3: APLICACIÓN DE LOS SSEE EN RRII.....	93-94
Tabla 4: FACTORES PARA LA TOMA DE DECISIONES DE MIEMBROS DEL POLITBURÓ.....	114
Tabla 5: TIPICIDAD DE LOS 49 CONFLICTOS.....	143-144
Tabla 6: PODER DE IDENTIDAD SOCIAL EN LOS MEDIOS IMPRESOS BRITÁNICOS.....	145
Tabla 7: TIPOLOGÍA DE VIOLENCIA Y CONFLICTOS.....	168
Tabla 8: TIPOLOGÍA DE CONFLICTOS BÉLICOS SEGÚN ARMAMENTO.....	170

Resumen

Combinar la llamada Inteligencia Artificial (IA) con las Relaciones Internacionales (RRII) es el objetivo principal de esta tesis. Esta combinación no es nueva, si bien tampoco es común en el área de la ciencia política. Durante más de 30 años diversos expertos de todo el mundo han estado usando técnicas de la IA para crear modelos de comportamiento internacional.

A estas alturas es importante destacar que, coincidiendo con autores como Hudson o Schrodtt, que debido a que el concepto de IA es tan amplio, exagerado y manido que es más acertado utilizar el concepto de Modelo Computacional (MC). El problema reside en que la mayoría de los trabajos académicos los autores utilizan IA en vez de MC; esto nos lleva a utilizar los dos conceptos indistintamente.

Durante las próximas páginas vamos a describir y a analizar las contribuciones más importantes realizadas por expertos uniendo estos dos campos: el de la IA con el de las RRII. Estos modelos se centran en un amplio número de problemas del mundo real, tales como el papel de las Naciones Unidas en los procesos de paz, la política exterior de China, la política exterior de Estados Unidos (EEUU) respecto a República Dominicana, la crisis de los misiles con Cuba, la predicción de relaciones entre dos países, la toma de decisiones de EEUU respecto a América Latina, la postura de la Unión Soviética respecto a Egipto en 1973, la política energética de Japón, la política exterior de EEUU respecto a Asia desde 1950, la predicción de guerras y crisis internacionales, etc.

Todos estos Sistemas Expertos (SSEE) fueron capaces de simular comportamientos políticos y de desarrollar predicciones a través de un programa de ordenador, más concretamente a partir del uso de un Modelo Basado en Reglas (MBRR). El recorrido por estos diferentes modelos va a ser muy útil para demostrar que no solo es posible sino que además muy necesario contar con nuevas herramientas metodológicas para encontrar respuestas a diferentes problemas planteados en el ámbito de las RRII. Esto significa que deberíamos alentar y desarrollar enfoques multidisciplinarios a la hora de encontrar respuestas a cuestiones vinculadas con las RRII, teniendo siempre la mente abierta para incluir técnicas y herramientas

metodológicas que son utilizadas en otros campos científicos, incluyendo la ciencia informática. Hoy en día, las nuevas tecnologías forman parte de nuestra vida cotidiana y deberíamos usar e implementar esas herramientas para alcanzar conclusiones que pueden ser demostradas científicamente.

Deberíamos ser capaces de plantear explicaciones contrastadas respecto al comportamiento internacional y a la toma de decisiones a través de la aplicación de programas de ordenador. No podemos continuar pensando que las RRII no son una ciencia, podemos realizar un enfoque científico sobre esta realidad.

En segundo lugar, vamos a demostrar que los Sistemas Expertos (SSEE) como una parte de la IA son herramientas útiles y válidas para ser aplicadas de forma metodológica para el estudio de las realidades internacionales. Respecto a esta cuestión vamos a desarrollar nuestro propio Sistema Experto (SE) llamado TYR, el cual será capaz de clasificar y categorizar 25 tipos de conflictos violentos a través del uso de un MBRR.

Gracias al desarrollo de este modelo teórico centrado en la clasificación de diversos conflictos violentos las investigaciones fundamentadas en la tipología de conflictos violentos van a obtener una respuesta científicamente contrastable y válida respecto a los tipos de conflictos en los que están centrando su investigación. La realidad es que un programa de ordenador facilita el acceso a este tipo de información. Utilizando SSEE estamos de alguna manera democratizando el acceso a información válida respecto a esta realidad concreta.

Abstract

Combining the so called Artificial Intelligence (AI) with International Relations (IR) is the main object of this thesis. This combination is not new, although it is also not common in the area of political science. For over thirty years different experts worldwide have been using techniques from the area of AI to create models of international behaviour.

At this point it is important to point out, that, coinciding with authors like Hudson and Schrodt, we consider that the concept of AI is so broad so over-hyped and stated that it is better to use the concept of Computational Modeling (CM) instead. The problem is that in most academic works authors use the concept of AI instead of CM; this led us to use AI and MC equally.

During the following pages we will describe and analyse the most important contributions made by experts linking both fields: AI and IR. These models focus on a large variety of real-world problems, including the role of United Nations in peace keeping, the Chinese foreign policy, U.S. policy toward the Dominican Republic, the Cuban Missile Crisis, predictions about the future relations of two countries, Japan's U.S. decision making towards Latin America, Soviet behaviour towards Egypt in 1973, Japan's energy decision policy, U.S. policy towards Asia since 1950, prediction of international wars and crisis, etc.

All of these Expert Systems (ES) were able to simulate political behaviour using rules and developing predictions through a computer program, concretely a rule-based model (RBM). This overview will be very useful to demonstrate that it is not only possible, but extremely necessary to introduce new methodological tools to find answers for different types of problems studied in IR. This means that we should encourage and develop multidisciplinary focuses when trying to find answers to IR issues, being open-minded to include techniques and methodological tools used in other scientific fields, including computer science. Nowadays, new technologies are a part of our daily lives and we should use and implement those tools to reach conclusions which can be proven scientifically.

We should be able to offer contrasting explanations of international behaviour and decision-making by reasoning through computer programs. We cannot continue thinking that IR is not science; we have to work hard to demonstrate that using the right methodology, we can make a scientific approach to this reality.

Secondly, we will demonstrate that Expert Systems (ES), as a part of IA, are useful and valid tools to be applied methodologically for international studies. Concerning this aspect, we will develop our own ES called TYR, which will be able to classify and categorize 25 different types of violent conflicts using RBM.

Thanks to the development of this theoretical model research focusing on the classification of different types of violent conflicts will get a scientifically contrasting and valid answer concerning the type of conflict they are working on. The fact that it is a computer programme makes access to this information much easier. Using ES we are democratising the access to valid information.

INTRODUCCIÓN

“You left when I told you I was curious
I never said that I was brave”

Leonard Cohen

La curiosidad, esa insistente pero suave vocecita que siempre nos está susurrando al oído, planteándonos nuevas preguntas, nuevos retos, incitándonos a buscar respuestas que desembocan nuevamente en preguntas. Fue ella la que hace años nos llevó a interesarnos por el mundo de la Inteligencia Artificial (IA) y más tarde a plantearnos la pregunta principal que desembocó en esta tesis doctoral: ¿se puede aplicar la IA a las Relaciones Internacionales (RRII)?

Dar con el significado y campo de estudio de las RRII apropiado para poder trabajar con este área de conocimiento como un pilar de esta tesis no fue la tarea más ardua; el principal reto fue enfrentarnos a un campo de la ciencia informática que había despertado nuestro interés anteriormente, pero en el que nunca habíamos profundizado lo suficiente como para poder concebirlo como uno de los dos fundamentos de esta tesis.

Lograr combinar estas dos áreas de conocimiento para dar una respuesta afirmativa a la cuestión planteada al comienzo de esta tesis se manifestó como algo novedoso dentro del ámbito de estudio de las RRII. Ello también fue un aliciente para, en primer lugar, estudiar la aplicabilidad de una técnica más propia de las ciencias naturales al campo de la ciencia política, y, en segundo lugar, plantearnos el reto de crear un producto, al menos teórico, que demostrara la utilidad de esta conjugación de elementos.

Vincular la realidad de la IA con el estudio de las RRII en un ámbito ajeno al académico se resumiría en la siguiente afirmación si tenemos en cuenta el imaginario colectivo: robots que van a erradicar a la especie humana a través de una guerra. Poco, o más bien nada, tiene que ver esta percepción con el

planteamiento de esta tesis, es más, los objetivos de la misma se oponen frontalmente considerar a la IA como amenaza para la especie humana, se la contempla como una oportunidad para facilitar la labor del especialista y una herramienta para la distribución de un conocimiento específico.

Pretender crear algo que facilite el trabajo, ya sea mental o físico de mujeres y hombres, ha sido uno de los objetivos del ser humano desde el comienzo de los tiempos. En el siglo XXI la IA puede ser un aliado extraordinario para esta labor, pero hay que saber cómo y para qué aplicarla.

Justificación del tema

La IA es un campo al que no se accede necesariamente cuando se realizan estudios de periodismo y de ciencia política, es por otros caminos por los que uno se topa con un campo que en un principio está más vinculado a las ciencias naturales e informáticas que al campo de las ciencias sociales.

Fue a raíz del interés por conocer los métodos utilizados actualmente para investigar la realidad en la que nos movemos dentro del ámbito de la sociedad internacional, y más concretamente la metodología y las técnicas usadas en el campo de las RRII, la que hizo que contempláramos la IA como una herramienta útil para esta labor científica.

Fue ese interés, y la búsqueda de casos concretos en los que se hubieran vinculado herramientas surgidas de la IA con nuestro ámbito de estudio, lo que nos llevó a realizar esta tesis. Demostrar que la IA como concepto general, y más concretamente los Sistemas Expertos (SSEE), son una herramienta útil y aplicable al campo de investigación en el que nos movemos, amplía de forma notoria las posibilidades de investigación de expertos en diversas materias vinculadas a la ciencia política, ya que se cuenta con nuevas herramientas metodológicas.

El uso de las mismas es un aliciente para que en pleno siglo XXI los investigadores seamos conscientes de la necesidad imperante de adoptar un enfoque

multidisciplinar a nuestro trabajo académico. No es factible que en la era de la globalización no seamos capaces de indagar en otros ámbitos científicos para lograr conocer otras formas de investigación y lograr hacer uso de las herramientas y técnicas que desde esos otros ámbitos se nos ofrecen. Es más, debemos aprovechar los avances que en otros campos de la ciencia se han hecho para no tener que partir de cero sino aprovechar ese conocimiento adquirido.

La IA y los SSEE son parte de un espacio de la ciencia que desde hace años se lleva aplicando en el campo de las ciencias naturales, especialmente en el campo de la medicina y la biología demostrando su utilidad y validez científica. ¿Por qué no trasladar el conocimiento adquirido por otros investigadores a nuestro ámbito?

Las RRII, englobadas dentro del amplio campo de la ciencia política se prestan, y este es uno de los objetivos de esta tesis, a aplicar dichas técnicas, en concreto la de los SSEE, para dotar a sus investigaciones de procesos validables y verificables científicamente. Necesitamos transformar esas herramientas para sacarles el máximo partido posible y, lo que es más importante, crear modelos propios para progresar en las investigaciones.

Estado de la cuestión en el ámbito académico y originalidad de la investigación

Existe un reducido número de investigadores a nivel internacional que han elegido como campo de estudio específico la relación entre la IA y las RRII; nos referimos a autores de gran prestigio en este campo, como por ejemplo Hudson o Schrodtt.

Expertos como ellos llevan décadas investigando sobre esta cuestión y, lo que es más importante, desarrollando modelos que demuestran que la llamada IA puede ser útil en el campo de investigación de las RRII. Bien es cierto que durante la última década el número de aportaciones académicas específicas a este binomio poco usual ha disminuido, pero también se aprecia la aparición de nuevos autores cuya trayectoria es más corta pero que van nutriendo de nuevas ideas este campo.

Respecto a la originalidad del tema central de esta tesis hay que destacar que el esfuerzo por usar e implementar un enfoque multidisciplinar al estudio de las RRII, a través del estudio y posterior desarrollo teórico de una herramienta de trabajo propia, en este caso el Sistema Experto (SE) llamado TYR, demuestra la novedad en cuanto al tema y el desarrollo del mismo en esta tesis.

Hasta el momento pocos investigadores de habla castellana se han hecho eco de las necesidades metodológicas y técnicas que van surgiendo en el ámbito de las RRII, especialmente con la llegada de las nuevas tecnologías y las múltiples, por no decir infinitas, posibilidades con las que se cuenta gracias a la accesibilidad tecnológica que experimentamos día a día.

Hudson en uno de sus libros cita a Root-Bernstein para explicar justamente la necesidad de incorporar nuevas técnicas al ámbito de estudio de las RRII con las siguientes palabras:

La inducción, deducción y abducción no serán suficientes para resolver el rango de problemas a los que se remiten los científicos. Las “herramientas de pensamiento” de los científicos son más diversas que esto y no han sido creadas únicamente para razonar y testear sino para inventar¹.

Hace falta inventar, crear nuevas herramientas metodológicas para que la investigación en el ámbito de la ciencia política vaya abriendo nuevos caminos y pueda alcanzar horizontes inexplorados.

Una aportación que realiza la autora, a parte del modelo teórico de SE al que se ha hecho referencia anteriormente, es la creación de un modelo de funcionamiento de SE² en el cual se incluye diferentes novedades respecto a los otros autores que han teorizado sobre esta cuestión: por un lado se ha contado con un nuevo elemento dentro del modelo que hemos denominado “representaciones de conocimiento” y que se refiere a aplicabilidad de los resultados obtenidos a través del recorrido por el sistema operativo.

¹ ROOT-BERNSTEIN, Robert: “How Scientists really think”, *Perspective in Biology and Medicine*, Vol. 32, N.º. 4, summer 1989, p.486.

² Este modelo está visible en la página 51 de esta tesis doctoral.

Por otro lado, se ha realizado una distinción clara entre qué tipo de procesos e interacciones de lo que en el modelo se ha denominado Agente, Tratamiento de conocimiento, Representación de conocimiento, Proceso y Proceso con interfaz humano-ordenador.

Gracias a esta distinción, que en el modelo se realiza también de forma visual y se explica en la leyenda del mismo, podemos entender mucho mejor cuál es el rol de cada uno de los elementos implicados en el proceso.

Preguntas, objetivos e hipótesis de la investigación

A la hora de enfrentarnos a las diversas preguntas, objetivos e hipótesis que se plantean en esta tesis debemos comenzar por enunciar una serie de preguntas a las que se busca dar respuesta en esta investigación y que, a su vez, nos ayudarán a exponer los objetivos que se persiguen para así ser capaces de formular las hipótesis que se pretenden demostrar.

De esta manera, las preguntas a las que se pretende dar respuesta en esta investigación son las siguientes:

1. ¿Se ha tenido en cuenta la Inteligencia Artificial por las ciencias sociales como herramienta útil para estudiar y explicar algunos fenómenos de estas disciplinas?
2. ¿Son tan aplicables los Sistemas Expertos a las Relaciones Internacionales como a otros ámbitos de las ciencias sociales?
3. ¿Es posible diseñar un modelo teórico que se pueda transformar en una aplicación práctica en forma de Sistema Experto en el ámbito de las Relaciones Internacionales?
4. En el caso de que la respuesta a la pregunta anterior sea afirmativa, ¿dicho Sistema Experto tiene que fundamentarse en reglas o ser probabilístico?
5. ¿Su aplicabilidad se puede poner en marcha en los medios de comunicación a la hora de informar sobre temas internacionales?

6. ¿Su aplicabilidad se puede poner en marcha en diversos procesos formativos, por ejemplo, en la universidad?
7. ¿Es factible la identificación de conflictos violentos en el ámbito internacional a través de un Sistema Experto basado en reglas?

Vinculadas a estas siete preguntas, en esta tesis partimos del enunciado de dos objetivos, uno principal y otro específico.

El objetivo principal es estudiar la repercusión de la IA en el ámbito de las ciencias sociales y más concretamente en el campo de las RRII, mientras que el objetivo específico se enuncia de la siguiente manera: Adquirir los suficientes conocimientos teóricos para lograr desarrollar un modelo teórico de SE para ser utilizado en el campo de investigación de las llamadas ciencias políticas y más concretamente en el ámbito de las RRII.

Teniendo en cuenta las preguntas y estos dos objetivos planteamos una hipótesis principal y una hipótesis secundaria.

El enunciado de nuestra hipótesis principal, relacionada con nuestro objetivo principal y algunas de las preguntas planteadas, afirma que:

“Los Sistemas Expertos (SSEE) son un campo específico de la Inteligencia Artificial (IA) cuya aplicación científica a las ciencias sociales, como por ejemplo en el ámbito de la Economía y de la Sociología, ha sido ya demostrada y por tanto debe también ser aplicable al ámbito de las Relaciones Internacionales (RRII)”.

Por otro lado, la hipótesis secundaria, vinculada a nuestro objetivo específico y a una serie de preguntas, se fundamenta en la aplicabilidad de un tipo de programa de software concreto y sostiene que:

“Una de las aplicaciones de los Sistemas Expertos (SSEE) en Relaciones Internacionales (RRII) es la de establecer y aplicar, tanto en la investigación, o en la enseñanza, como en la información periodística generada sobre conflictos violentos, criterios de clasificación de los distintos casos reales de dichos conflictos violentos a partir de la determinación de unas características esenciales de cada

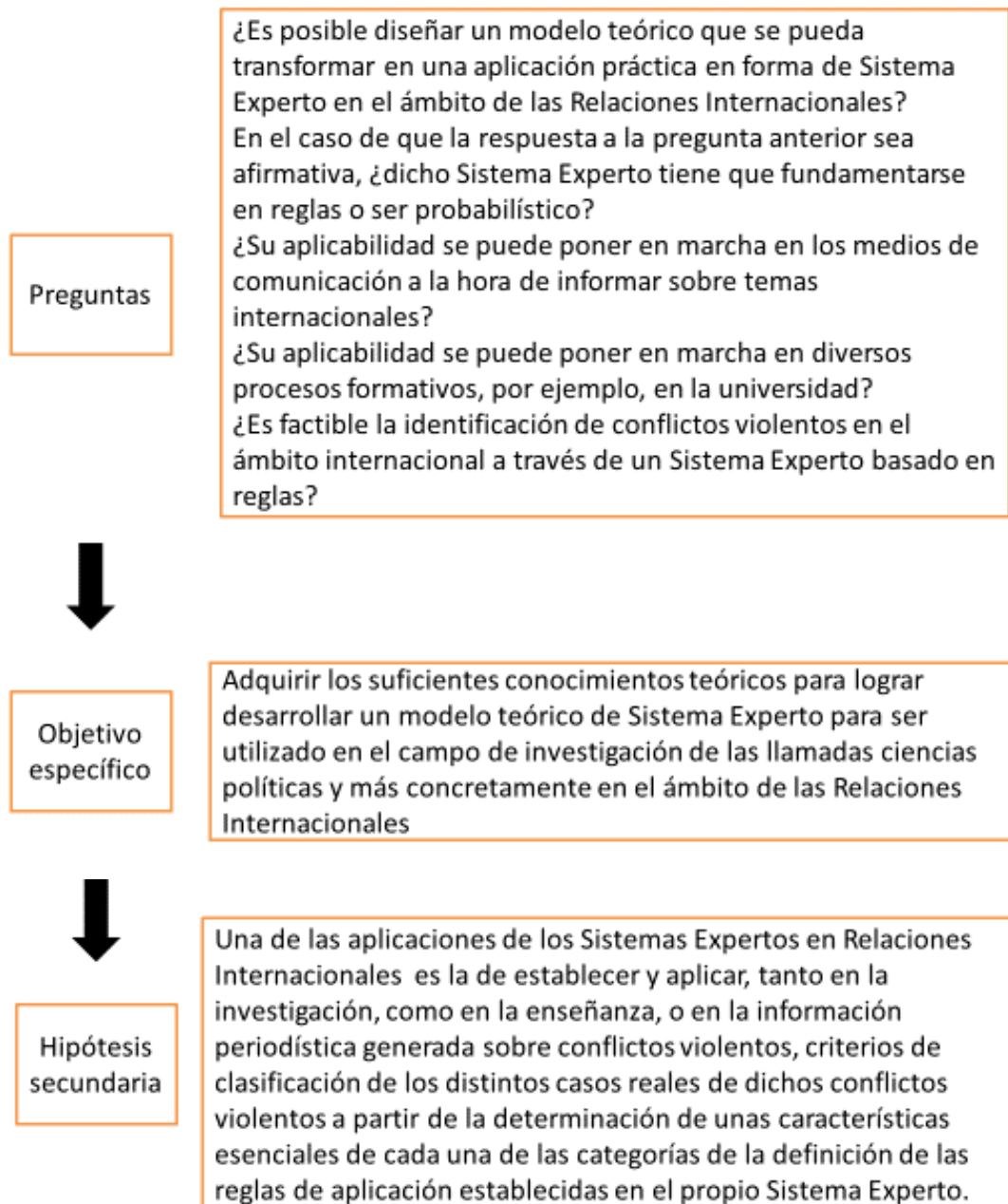
una de las categorías de la definición de las reglas de aplicación establecidas en el propio Sistema Experto (SE)".

De esta manera podemos vincular una serie de preguntas con los objetivos y con las hipótesis en los siguientes dos diagramas:

1. Relación entre preguntas, objetivo general e hipótesis general



2. Relación entre preguntas, objetivo específico e hipótesis secundaria



Marco teórico

Para poder verificar las dos hipótesis planteadas anteriormente hace falta que obtengamos un conocimiento teórico en profundidad de tres elementos claves: el concepto de IA, el de SE y de la aplicación de estos dos elementos al ámbito de las RRII.

Veremos que no existe una definición unánime respecto a qué es exactamente la IA y qué campo de la ciencia, aparte del computacional, abarca. De hecho, desde que investigadores como Turing que se referirían en 1950 a este campo de la investigación como “maquinaria computacional” podemos decir que existen tantas teorías sobre la definición de este concepto como *papers* publicados. Aunque es cierto que en la teoría que estudia la IA existen dos corrientes fundamentales: aquellos que mantienen que los sistemas de la IA son capaces de generar procesos cognitivos y aquellos que limitan la capacidad de estas máquinas a la ejecución.

En cuanto al ámbito que abarca la IA existen diversos puntos de vista y no podemos hablar de que una de las teorías haya logrado sobreponerse a las demás, si bien para el caso concreto que nos ocupa en esta tesis nos identificaremos especialmente con aquellos teóricos que toman en consideración los SSEE como elemento fundamental dentro de la técnica de la simulación, y por consiguiente de la IA.

Respecto al concepto de SE, en su teorización hay que remarcar que los especialistas en la materia destacan ante todo el elemento de “solución de problemas” como característica fundamental de este tipo de programa informático. En la parte en la que se dibujan diferencias sustanciales entre los especialistas en la materia es en la estructura de un SE y en su funcionamiento. Aquí nos encontraremos con dos vertientes claramente diferenciadas: los que dan especial importancia a la funcionalidad y aplicabilidad de los resultados obtenidos a lo largo del proceso informático, y aquellos que relegan este aspecto a un segundo lugar y únicamente consideran como elementos de primer orden aquellos “intrínsecos” al propio proceso interno de la máquina.

Este punto de vista se vuelve a repetir en el acercamiento teórico que se realiza sobre el desarrollo de un SE. Hay expertos que mantienen que el resultado obtenido y su validación en el mundo real es un elemento primordial a la hora de desarrollar este tipo de programas y otros se centran únicamente en los pasos teóricos del proceso de creación del SE.

Uno de los aspectos más importantes desde el punto de vista teórico es el de conocer en profundidad los tipos de SSEE que existen y en base a qué criterios teóricos se utiliza uno u otro. Fundamentalmente podemos hablar de dos tipos de SSEE, los probabilísticos y los basados en reglas. El decantarse por uno u otro depende de la problemática que se vaya a tratar con el programa. Según los teóricos en la materia, los SSEE que usen reglas de producción serán los que obtengan mejores resultados para dar respuesta a problemas deterministas, mientras que para problemas estocásticos será más acertado aplicar modelos probabilísticos.

Por último, haremos referencia al enfoque teórico que se ha utilizado respecto al campo de las RRII y específicamente a los conflictos violentos como parte de este ámbito de estudio. Respecto a las RRII hay que destacar que el enfoque teórico que se ha realizado no se fundamenta en las diferentes teorías que existen sobre este campo de estudio de la ciencia política, sino sobre cómo se ha utilizado una técnica concreta, un SE, para analizar hechos históricos concretos en la inmensa mayoría de los casos o problemáticas de ámbito espacial y temporal general en lo que denominamos sociedad internacional. Es decir, la teoría que se persigue demostrar es la validez de una técnica concreta para el análisis y especialmente la predicción de acontecimientos vinculados a las RRII.

Con relación a la parte de la tesis en la que se desarrolla un modelo teórico por parte de la autora cabe recabar en que no se puede hablar de un enfoque teórico concreto a la hora de seleccionar, y en algunos casos combinar, las diferentes definiciones de tipos de conflicto violento para su uso dentro del SE. La dificultad de encontrar definiciones lo suficientemente precisas y excluyentes entre sí para poder llegar a elaborar una clasificación de veinticinco tipos de conflictos violentos de tipo político ha hecho que en muchos casos se combinaran elementos

definitorios de diversos autores para generar una definición que encajara con nuestro propósito clasificatorio. Bien es cierto que dentro de los múltiples autores consultados destaca especialmente la labor del profesor Calduch al aportar definiciones que consideramos de un valor incalculable para cumplir con el propósito de nuestro SE.

Metodología

La elección del tipo o tipos de métodos científicos que se vayan a utilizar para demostrar las hipótesis que un investigador se plantea al comienzo de una tesis como esta es crucial. Una vez delimitado el objeto de estudio hay que averiguar cuál o cuáles son los métodos y las técnicas que nos van a permitir desarrollar el trabajo de la forma más eficaz y científicamente correcta, obteniendo de esta manera resultados que puedan ser verificables.

Para esta tesis hemos utilizado el método descriptivo, analítico, sintético comparativo, y en un capítulo concreto nos atrevemos a afirmar que hemos aplicado el método inductivo.

En el capítulo I: **Aparición y repercusión de la inteligencia artificial y el modelo computacional en la ciencia** hemos utilizado principalmente el método descriptivo y en segundo lugar el método analítico. El primero de ellos, en palabras de Calduch “consiste en realizar una exposición narrativa, numérica y/o gráfica, lo más detallada y exhaustiva posible de la realidad que se investiga”³, labor que aplicada a la materia que nos ocupa en esta tesis podría compararse con lo que en los SSEE se viene a llamar base de conocimiento. El método analítico en este caso nos ha servido para desgranar el concepto de IA y conocer los elementos que la configuran y cómo interactúan entre ellos.

El hecho que ya se ha destacado en el epígrafe dedicado al marco teórico en esta introducción y que hace referencia a los diversos enfoques teóricos y prácticos de la IA nos ha llevado a utilizar el método comparativo para poder destacar las

³ CALDUCH CERVERA, Rafael: *Métodos y técnicas de investigación internacional*, [en línea] http://pendientedemigracion.ucm.es/info/sdrelint/ficheros_aula/aula0404.pdf p. 28.

similitudes y diferencias que hemos observado respecto al objeto de estudio. De esta manera hemos sido capaces de decidir cuál es el enfoque de estudio que más se adecua a nuestro punto de vista.

En el capítulo II: **La importancia de los Sistemas Expertos (SSEE) en el ámbito de la IA/MC** nuevamente hemos utilizado el método descriptivo para obtener un conocimiento amplio del tipo de programa informático que configura el elemento fundamental de este capítulo, cómo desarrollar *de facto* un SE, enmarcar el concepto dentro de un marco temporal y por último conocer la tipología de estos programas.

Por su parte el método analítico nos ha permitido conocer cada una de las partes funcionales que configuran estos SSEE, especialmente en la parte de funcionamiento y posterior desarrollo de los mismos. Además, este método ha evidenciado la existencia de diversos enfoques teóricos en referencia a este tipo de herramienta.

La aplicación del método comparativo, especialmente en la parte dedicada a la estructura y el funcionamiento de un SE, nos ha permitido elaborar un Modelo teórico propio de SE fundamentándonos en las diferencias y similitudes destacadas por otros autores y en base a ellas elaborar nuestro propio modelo teórico, elemento importante para la posterior creación de un modelo teórico de SE que trabaje con una problemática concreta.

Durante el desarrollo del capítulo III **“Aplicación de los SSEE a las RRII”** se hace uso principalmente del método descriptivo para poder explicar el funcionamiento de los diferentes MMBRR que se han desarrollado desde los años 70 del siglo pasado hasta el año 2005, permitiendo de esta manera obtener un conocimiento amplio y necesario sobre este tipo de herramienta informática y su aplicabilidad al ámbito de las RRII. Además, durante la elaboración de este capítulo se hace uso del método analítico para comprender la relación entre las diferentes partes que componen la estructura de los diversos SSEE y en algunos casos plantear mejoras en cuanto al funcionamiento teórico de los mismos.

El capítulo IV, “**Desarrollo teórico de un SE para la categorización de conflictos violentos (TYR)**” utiliza un amplio número de métodos: descriptivo, sintético, comparativo y, finalmente inductivo. El método descriptivo en este caso nos sirve para realizar una exposición clara de la nueva herramienta informática que se presenta, centrándonos especialmente en la estructura de TYR. En este capítulo, a diferencia de los anteriores, se hace uso del método sintético, opuesto al analítico, porque el objetivo de esta parte de la tesis es elaborar una herramienta de simulación por ordenador para la categorización de conflictos violentos. Tal y como destaca el propio Calduch, el método sintético

impone también el conocimiento y diferenciación entre los elementos estructurales y los coyunturales, precisamente porque del empleo del método sintético debe derivarse una reconstrucción simplificada pero suficiente de la realidad que permita una comprensión y explicación de esa realidad tanto desde una perspectiva estática como dinámica y tanto a corto, como a medio y largo plazo⁴.

Realidad que nos permitirá generar un modelo teórico de programa informático capaz de simular la realidad con la que se vaya a trabajar. Además, en este capítulo y debido a la temática que en él se desarrolla, la autora hace uso del método comparativo, especialmente a la hora de plantear las diferentes definiciones que servirán para elaborar la base de conocimiento del SE.

Bien es cierto que el método comparativo no quedará nítidamente expuesto a ojos del lector, ya que no se plantea de forma reiterada el contraste de las diferentes líneas de pensamiento y definiciones que se han tenido en cuenta para la elaboración de la base de conocimiento y, por ende, de la clasificación de los diferentes tipos de conflictos violentos con los que se va a trabajar. Sí es cierto que se ha realizado una comparativa en profundidad entre las diversas definiciones relativas al concepto de conflicto violento para poder incluir aquellos elementos útiles de las múltiples definiciones que se han estudiado y volcarlas en el SE.

Por último, en este capítulo la autora ha usado el método inductivo, ya que el modelo teórico de TYR no es solo aplicable a una realidad concreta, sino que su

⁴ CALDUCH CERVERA, Rafael: *Métodos y técnicas de investigación internacional*, p. 30 [en línea] http://pendientedemigracion.ucm.es/info/sdrelint/ficheros_aula/aula0404.pdf

utilidad abarca la clasificación de todos los conflictos violentos de tipo político⁵, es decir, los resultados que se obtienen a través de TYR son aplicables a todos los conflictos violentos y será el usuario el que aplique esta herramienta para obtener respuestas respecto a un conflicto violento concreto.

Fuentes

Para la realización de esta tesis la autora ha realizado una extensa recopilación de documentación sobre esta temática concreta, contrastando la información obtenida con otras fuentes para así asegurarse de la fiabilidad de la documentación utilizada, si bien en algunos casos la escasez de documentación sobre realidades concretas ha dificultado notablemente el contraste con más de una fuente bibliográfica.

De hecho, encontrar información fiable sobre el uso de la IA en el campo de la ciencia política resultó ser más difícil de lo imaginado. La bibliografía en castellano sobre el tema es realmente escasa, por no decir casi inexistente, por lo que hemos fundamentado nuestra investigación sobre esta materia contrastando documentación escrita principalmente en inglés y en menor medida en alemán. Mencionar que ha sido la propia autora la que ha realizado las traducciones tanto del inglés como del alemán al castellano.

La presente tesis se fundamenta en las diversas publicaciones escritas, ya sea en forma de libro o de artículo publicado en revistas indexadas, sobre los temas que se abordan en esta tesis: la IA, los SSEE como herramienta de la IA, la aplicación de los SSEE en el ámbito de las RRII y, por último, la realidad de los conflictos violentos y su categorización/clasificación.

Se debe destacar que la búsqueda de referencias bibliográficas sobre los conceptos de IA y su historia o las diferentes teorías y definiciones de los conceptos vinculados a los conflictos violentos fue muy fructífera y facilitó el contraste de

⁵ TYR es un SE capaz de clasificar y categorizar cualquier tipo de conflicto violento, si bien, tal y como se matiza en el Capítulo IV, existen algunos conflictos violentos de tipo político con unas características tan específicas que hasta el momento este SE no es capaz de delimitar y clasificar.

fuentes, mientras que la búsqueda y adquisición de fuentes bibliográficas específicas sobre el uso de los SSEE en el campo de estudio de las RRII fue un reto para la autora por la escasez de publicaciones sobre la materia.

Estructura de la tesis

Esta tesis se estructura en cuatro capítulos claramente diferenciados aunque vinculados entre sí. Así, el capítulo I servirá para conocer en profundidad el significado del concepto de IA y sus limitaciones especialmente en cuanto a su significado, la funcionalidad de dicho segmento del campo de la informática y su reciente historia.

En el capítulo II nos centraremos en una herramienta concreta de la IA, los SSEE, en su estructura fundamental y su funcionalidad así como en las ventajas que representan respecto a otras formas tradicionales de programación algorítmica y expertos humanos. Además, se explicará cómo se desarrolla un SE, explicación imprescindible para poder entender el modelo teórico de SE que se presentará en el capítulo IV de esta tesis, además de la tipología de SE que se manejan y una breve contextualización histórica de la aplicación de los SSEE, centrándonos en el ejemplo de MYCIN.

El capítulo III se centrará en la aplicabilidad de los SSEE al campo de las RRII, realizando un recorrido histórico por aquellos modelos que aplican reglas de producción para obtener una respuesta verificable y válida para los problemas planteados.

A lo largo de las páginas dedicadas al capítulo IV se presentará el modelo teórico del SE elaborado por la autora de esta tesis bajo el nombre de TYR y que se aplica para la categorización y clasificación de conflictos violentos.

Las conclusiones demostrarán si las dos hipótesis plateadas por la autora al comienzo de esta tesis se verifican o si por el contrario quedan no validadas.

I. APROXIMACIÓN CONCEPTUAL, FUNCIONAL E HISTORIA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

I.1. DEFINICIÓN DE LOS CONCEPTOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y DE MODELO COMPUTACIONAL

Para adentrarse en el campo de la ciencia que nos va a servir como guía principal a lo largo de esta tesis es preciso explicar los conceptos básicos que configuran la materia de estudio. Por ello, a lo largo de las siguientes páginas vamos a describir y dar las pertinentes definiciones de aquellos elementos que consideramos de primer orden de importancia en relación con el campo de estudio que nos ocupa.

Comenzaremos por dilucidar los aspectos clave que configuran el amplio campo de la denominada Inteligencia Artificial (IA).

Existen numerosas definiciones de este término y no menos controversias respecto a las mismas. Por ello, creemos conveniente realizar un primer acercamiento a este concepto tomando como punto de partida la afirmación de Haugeland que describe la IA como “el fascinante nuevo esfuerzo de hacer pensar a los ordenadores... máquinas con mente en sentido estricto”⁶.

Si bien es cierto que la cita de Haugeland nos da una definición muy amplia y poco concreta sobre esta realidad multidisciplinar, esta contiene los elementos fundamentales para poder hacernos una idea más o menos acertada de qué es la IA a grandes rasgos.

Por su parte, otros autores, como Coppin, matizan algo más a la hora de ofrecer una definición afirmando que la IA “agrupa métodos basados en la inteligencia humana y de otros animales para dar respuesta a problemas complejos”⁷.

Partiendo de los elementos fundamentales a los que se hace referencia en estas dos definiciones podemos afirmar que fundamentalmente la IA se basa en cuatro

⁶ HAUGELAND, J.: *Artificial Intelligence: The Very Idea*, MIT Press, USA, 1985; citado en NATH, Rajakishore: *Philosophy of Artificial Intelligence: A critique of the Mechanistic Theory of Mind*, Universal Publishers, Florida, 2009, p. 21.

⁷ COPPIN, Ben: *Artificial Intelligence Illuminated*, Jones and Barlett Publishers, Sudbury, 2004, p. 4.

elementos imprescindibles que generan el marco de este campo de investigación. Estos cuatro elementos son: máquina, mente, respuesta y problemas.

Al tomar como marco referencial estos cuatro elementos enunciados anteriormente consideramos de gran utilidad enlazarlos con la clasificación creada por los autores Russell y Norvig que hacen referencia a cuatro categorías en las que ubicar las diferentes definiciones de IA para poder delimitar y definir con mayor grado de exactitud el importante concepto de la IA.

La clasificación de Russell y Norvig distingue las siguientes cuatro categorías⁸ :

1. Sistemas que piensan como humanos.
2. Sistemas que actúan como humanos.
3. Sistemas que piensan de forma racional.
4. Sistemas que actúan de forma racional.

La definición de Haugeland, destacada al comienzo de este epígrafe, encajaría en lo que se identifica como la categoría 1: Sistemas que piensan como humanos. Igualmente tiene cabida en esta categoría la definición que de la IA realiza Bellmann, destacando que la IA está enfocada a “la automatización de actividades que relacionamos con el pensamiento humano, tales como la toma de decisiones, la resolución de problemas, el aprendizaje...”⁹.

Siguiendo con este enfoque, que mantiene que una máquina es capaz de pensar humanamente, nos planteamos cómo poder trasladar la capacidad cognitiva a un ente no humano. Para ello hace falta saber cómo piensa un humano y seguidamente cómo se puede adquirir ese conocimiento e introducirlo en otro sujeto. Russell y Norvig mantienen que este traspaso cognitivo es factible y que existen dos maneras de adquirir conocimiento: bien a través de la introspección o a través de experimentos psicológicos¹⁰.

⁸ RUSSELL, Stuart J. y NORVIG, Peter: *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1995, p. 5.

⁹ BURT, Gordon: *Conflict, Complexity and Mathematical Social Science*, Emerald Group Publishing, Bingley, 2010, p. 5.

¹⁰ BASAL, Bindu: *Symbolic Logic and Logic Processing*, Laxmi Publications, Nueva Delhi, 2013, p. 11.

Para Burt, además habría que tener en cuenta que, para el acertado funcionamiento de la IA como modelo cognitivo, es necesaria la conjugación de dos áreas científicas: los programas elaborados a través de la aplicación de la IA y las “técnicas experimentales de la psicología cognitiva para intentar construir teorías precisas y testeables del funcionamiento de la mente humana”¹¹.

Respecto a la categoría 2, sistemas que actúan como humanos, tenemos que tener en cuenta la definición que hace Kurzweil respecto a la función de la IA como “la creación de máquinas que ejecutan funciones que requieren de inteligencia cuando son desempeñados por personas”¹² o bien la de los investigadores Rich y Knight que se refieren a la IA como “el estudio de cómo hacer que los ordenadores realicen tareas que a día de hoy las personas ejecutan mejor”¹³.

Estas dos categorías engloban todas las definiciones de la IA en las que se da especial peso a la función que identificamos como la de imitar procesos mentales de los seres humanos, y por consiguiente, a un rendimiento cognitivo del sistema. Diferenciar eso sí, que en la categoría 1 se hace especial hincapié en la fase de razonamiento, mientras que la categoría 2 se centra en la ejecución/resultados.

Para los casos de la IA que se ubican en la categoría 3, aquellos sistemas que piensan de forma racional y que se identifican con las leyes de pensamiento, encaja perfectamente la definición de Charniak y McDermott cuando se refieren a la IA como “estudio de facultades mentales a través del uso de modelos computacionales”¹⁴, o la que plantea Winston enfatizando en la finalidad de la IA “el estudio de la computación que hace posible la percepción, el razonamiento y la actuación”¹⁵.

Las realidades de la IA que encajan en la categoría 4, descrita anteriormente como aquella en la que los sistemas actúan de forma racional, siendo considerados

¹¹ NATH, Rajakishore: *Philosophy of Artificial Intelligence: A critique of the Mechanistic Theory of Mind*, Universal-Publishers, Florida, 2009, p. 22.

¹² *Ibidem*, p. 5.

¹³ RICH, Elaine: “Artificial Intelligence”, McGraw-Hill Inc., Singapore, 1984; citado en NATH, Rajakishore: *Philosophy of Artificial Intelligence: A Critique of the Mechanistic Theory*, Universal Publishers, Florida, 2009, p. 22.

¹⁴ RUSSELL, Stuart J. y NORVIG, Peter: *Artificial Intelligence: A modern approach*, op. cit. p. 5.

¹⁵ *Ibidem*, p. 5.

agentes racionales, debemos englobar definiciones como la de Schalkoff que se refiere a la IA como “campo de estudio que busca explicar e imitar conductas inteligentes en términos de procesos computacionales”¹⁶ o la de Luger y Stubblefield que se refieren a la misma como “la rama de la ciencia computacional que se centra en la automatización de la conducta inteligente”¹⁷.

Después de haber plasmado y explicado diferentes definiciones del concepto de la IA apoyándonos en la clasificación inicial de Russell y Norvig, podemos concluir que, según las apreciaciones de los diversos expertos en la materia a los que se ha hecho referencia durante las últimas páginas, existe una diferencia fundamental en cuanto a la funcionalidad de la IA: “piensa” o “actúa”, ya sea imitando al ser humano o *motu proprio* por contar con una racionalidad autónoma.

Por consiguiente, es preciso destacar la necesidad de diferenciar entre dos fases claramente divisibles, si bien relacionadas, a la hora de referirnos a la actividad de la IA, existiendo una más teórica (la de pensar) y otra más enfocada a la praxis (la de actuar).

Consideramos de gran utilidad para la comprensión de esta clasificación de la IA la identificación que Burt realiza de cada una de las categorías con un modelo concreto. En la siguiente tabla se plasmará esta concordancia para facilitar la comprensión de la división de categorías, sus implicaciones y a qué tipo de modelo se corresponden.

Tabla1: IDENTIFICACIÓN DE CATEGORÍAS DE IA CON MODELOS¹⁸

Clasificación según Russell y Norvig	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
	Sistemas que piensan como humanos	Sistemas que actúan como humanos	Sistemas que piensan de forma racional	Sistemas que actúan de forma racional
Modelo de Burt	Modelo cognitivo	Test de Turing	Leyes de pensamiento	Agente racional

¹⁶ *Ibidem*, p. 5

¹⁷ *Ibidem*, p. 5

¹⁸ Tabla basada en BURT, Gordon: *Conflict, Complexity and Mathematical Social Science*, op. cit. p. 47 y elaboración propia.

No obstante, aunque consideremos de gran utilidad y acertada la distinción fundamentada en la funcionalidad de la IA para poder generar una definición de este concepto, creemos que el punto de vista defendido por autores como Russell, Norvig o Burt, igualando la capacidad cognitiva de las máquinas con la de los seres humanos sin grandes limitaciones, dota de excesiva autonomía al propio sistema.

Entendiendo la IA como un sistema, a día de hoy, si bien es cierto que se han hecho grandes avances en este campo, ningún ordenador ni software ha sido capaz de desarrollar conocimiento o un razonamiento lógico que le lleve a ejecutar una acción sin una intervención del ser humano.

Por ello, consideramos que no se puede hablar ni de una autonomía cognitiva ni ejecutiva en términos absolutos en el ámbito de la IA, sino que sería más acertado hablar de entes dependientes.

Con referencia a esta identificación de la IA como agentes autónomos es importante tener en cuenta una apreciación realizada por Hartmann. Este autor considera que uno de los principales problemas de la definición y posterior uso del concepto, tanto en el mundo académico como por parte de la sociedad en líneas generales, es la traducción imprecisa del concepto inglés de “Artificial Intelligence” al alemán, y en nuestro caso al español, y es uno de los desencadenantes de la incorrecta aproximación al concepto.

En palabras de Hartmann “la traducción literal del inglés es engañosa. “Artificial” debería traducirse, según su opinión, como “irreal” o “ilusión” y el concepto de “inteligente” como “comprensión”¹⁹.

Nuestra crítica, expresada en las anteriores líneas respecto a la excesiva soberanía que se le ha otorgado a la IA, tiene que ver con la problemática a la que hacía referencia Hartmann: la traducción literal del concepto a otros idiomas conlleva una connotación tanto del concepto “artificial” como el de “inteligencia” que puede que se distancie del significado “menos pretencioso” de la IA. Una traducción

¹⁹ HARTMANN, Karsten: *Einführung in die Expertensystem- Technologie*, [en línea] http://www.hartmann.hs-merseburg.net/uploads/tx_twppublication/XPS-Technologie_pdf.pdf, p. 5.

frástica del concepto de la IA supondría un acercamiento más adecuado a este campo de la informática y al funcionamiento real de los elementos que la configuran.

Como se viene destacando a lo largo de este capítulo, existe una falta de unanimidad en cuanto al significado genérico de la IA, hecho que nos ha llevado a plantearnos el uso de un concepto alternativo para referirnos a este campo de la ciencia.

La búsqueda de un concepto que no conllevara la misma carga simbólica también se la plantearon autores como Hudson o Schrodtt que consideran oportuno, por no decir que imprescindible, el uso de un denominador sustitutivo a la IA.

Gracias al uso de un concepto diferente se evita entrar a valorar algunos aspectos discutibles tales como si la máquina realmente posee las capacidades que algunos expertos le asignan²⁰ y/o si pretende emular, a través de un software, los procesos de inteligencia humana.

A este respecto, tanto Hudson como Schrodtt proponen el uso del concepto de Modelo Computacional (MC) en vez de la manida IA. Tal y como destaca Hudson “no aspiramos al objetivo máximo de IA, el cual es crear una máquina de la que se pueda decir, en sentido amplio, que posee inteligencia humana”²¹.

Coinciden también con este planteamiento —si bien no plantean el uso de otro concepto diferente al de IA— autores como Kurzweil, Rich y Knight, los cuales matizan que, si bien se puede atribuir la IA a las máquinas, en el fondo es una particularidad de la mente humana²².

²⁰ Existen expertos que identifican el cerebro humano como ordenador y la mente como un programa de ordenador. A estos expertos se les considera pertenecientes a la rama dura de la IA. Según esta corriente “un ordenador que esté programado adecuadamente con los correctos input y output cuenta, literalmente, con una mente en el mismo sentido que tú y que yo” en NATH, Rajakishore: *Philosophy of Artificial Intelligence: A Critique of the Mechanistic Theory*, op. cit. p. 35.

²¹ HUDSON, Valerie M.: “Introduction” en HUDSON, Valerie M. (ed): *Artificial Intelligence and International Politics*, Westview Press, Colorado, 1991, p. 7.

²² NATH, Rajakishore: *Philosophy of Artificial Intelligence: A Critique of the Mechanistic Theory*, op. cit. p. 22.

Teniendo en cuenta esta corriente crítica, fundamentada en la ambigüedad del significado de la IA y de su uso reiterativo, queremos prestar especial atención a las ventajas del uso del denominador MC en cuanto a la comprensión del mismo.

En primer lugar el propio significado de *modelo*²³ no conlleva las mismas dificultades de definición que el concepto de inteligencia²⁴ y el adjetivo *computacional* se entiende como “perteneciente o relativo a la informática”²⁵.

Teniendo claro el significado de cada uno de los elementos que componen el MC, pasaremos a continuación a definir el concepto en su conjunto.

Así, según Sun,

[...] los modelos computacionales son, en su mayoría, teorías basadas en procesos. Esto quiere decir que están principalmente dirigidos a responder a cuestiones relacionadas con cómo se logra el rendimiento humano a través de mecanismos psicológicos, procesos y estructuras de conocimiento y de qué forma exactamente.²⁶

Por su parte, autores como Hill, Crosier, Smith y Goodchild hacen la siguiente afirmación respecto a la MC:

Los Modelos Computacionales son creados para simular un conjunto de procesos observados en el mundo natural para obtener un conocimiento de estos procesos y de predecir los resultados de procesos naturales habiendo obtenido cierto conjunto de parámetros en los input.²⁷

²³ Según la cuarta aceptación de la Real Academia Española de la Lengua (RAE), se considera “modelo” a un “esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, como la evolución económica de un país, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento.”

[en línea]: <http://buscon.rae.es/drae/srv/search?id=xzHZWdlqrDXX2u7iR2i0>

²⁴ Según la Real Academia Española de la Lengua el concepto inteligencia cuenta con las siguientes acepciones: “**1. f.** Capacidad de entender o comprender.; **2. f.** Capacidad de resolver problemas.; **3. f.** Conocimiento, comprensión, acto de entender.; **4. f.** Sentido en que se puede tomar una sentencia, un dicho o una expresión.; **5. f.** Habilidad, destreza y experiencia.; **6. f.** Trato y correspondencia secreta de dos o más personas o naciones entre sí.; **7. f.** Sustancia puramente espiritual”. [en línea] <http://lema.rae.es/drae/srv/search?key=inteligencia>

²⁵ [en línea] <http://buscon.rae.es/drae/srv/search?val=computacional>

²⁶ SUN, Run: “Introduction to Cognitive Computational Modelling” en SUN, Run (ed.): *The Cambridge Handbook of Computational Psychology*, Cambridge University Press, Nueva York, 2008, p. 4

²⁷ HILL, Linda L., CROSIER, Scott S., SMITH, Terence R., y GOODCHILD, Michael: “A Content Standart for Computational Models”, *D-Lib Magazine*, Volumen 7 N^o. 6, Junio 2001, p. 1 [en línea]: <http://www.geog.ucsb.edu/~good/papers/345.pdf>

Con estas definiciones queda mucho más claro que el MC es un sistema desarrollado para la simulación de procesos a través de un programa de ordenador para poder predecir cómo se van a dar en la realidad.

Aun teniendo en cuenta la anterior explicación respecto a la complejidad del uso de la IA, fundamentalmente debido a la ausencia de una definición universalmente aceptada, reiteramos nuestra predilección por el uso del concepto MC.

Debido al uso generalizado en la bibliografía de este campo de investigación de la IA en detrimento del MC, vamos a utilizar de forma indistinta los conceptos de IA y de MC, siempre y cuando definamos la IA con los criterios que aparecen en la *Encyclopedia of Artificial Intelligence*, entendiendo que la misma es

[...] un campo de la ciencia y la ingeniería que se ocupa de la comprensión, desde el punto de vista de informático, de lo que se denomina comúnmente como comportamiento inteligente. También se ocupa de la creación de artefactos que exhiben este comportamiento.²⁸

Gracias a esta definición, que consideramos la más acertada respecto al campo de investigación que se está abordando en esta tesis, podremos, huyendo de las discusiones centradas en la ambigüedad de la IA, hacer uso de este concepto a lo largo de este trabajo.

²⁸ PINO DÍEZ, Raúl; GÓMEZ GÓMEZ, Alberto y DE ABAJO MARTÍNEZ, Nicolás: *Introducción a la Inteligencia Artificial: Sistemas Expertos, Redes Neuronales Artificiales y Computación Evolutiva*, Universidad de Oviedo, Servicio de Publicaciones, Oviedo, 2001, p. 1.

I.1.1. Campos que configuran la IA/MC

Si en el epígrafe anterior se destacaba la falta de unanimidad respecto a la definición de la IA y la predilección por el uso de MC como sinónimo para evitar confusiones respecto al significado del mismo, durante las siguientes páginas quedará patente dicha falta de unanimidad cuando se describa y se identifique qué campos de la informática configuran dicha IA o MC.

Según los autores Harmon y King, la IA se puede subdividir en tres áreas relativamente autónomas²⁹:

1. *Procesamientos del lenguaje natural*. Desarrollo de programas para ordenador que puedan leer, hablar o comprender el lenguaje al mismo nivel que los humanos.
2. *Robótica*. Desarrollo de robots inteligentes capaces de percatarse de los cambios que suceden en su entorno gracias al diseño de programas táctiles y visuales.
3. *Sistemas Expertos*. Desarrollo de programas que usan el conocimiento simbólico para simular el comportamiento de los expertos humanos.

Por su parte, autores como Castillo y Álvarez consideran que hay que incluir en este campo otras áreas como la demostración de teoremas, los juegos inteligentes o la visión artificial³⁰.

Axelrod, uno de los autores más importantes de las últimas décadas en temas de simulación por ordenador y su aplicación a las ciencias sociales, define siete campos en los que se puede aplicar la IA³¹:

²⁹ HARMON, Paul y KING, David: *Sistemas Expertos Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial*, Editorial Díaz de Santos, S.A., Madrid, 1988, pp. 4-5.

³⁰ CASTILLO, Enrique y ÁLVAREZ, Elena: *Sistemas expertos aprendizaje e incertidumbres*, Paraninfo, Madrid, 1989, p. 25.

³¹ AXELROD, Robert: "Advancing the Art of Simulation in the Social Sciences", [en línea] <http://www-personal.umich.edu/~axe/research/AdvancingArtSim2005.pdf> pp. 3-4.

1. Predicción: según el autor, gracias a los avances en el campo de la informática es posible introducir inputs complejos, procesarlos y obtener unos resultados que pueden ser considerados predicciones.
2. Representación: la IA también puede servir para representar cuestiones concretas, como por ejemplo diagnósticos médicos o el reconocimiento por voz. Es importante tener en cuenta que la IA imita el comportamiento humano, por lo que se la puede considerar una simulación de la percepción humana, de la toma de decisiones o de la interacción social.
3. Formación: durante los primeros años se utilizó especialmente la inteligencia artificial para la formación y el entrenamiento de profesionales en diversos campos, especialmente en el de la simulación de vuelo.
4. Entretenimiento: en este campo destacan especialmente los juegos de ordenador que integran elementos de simulación, ya sea imitando situaciones reales o bien introduciendo al jugador en un mundo de fantasía.
5. Educación: de la vinculación entre la aplicación en formación y la de entretenimiento surge la aplicación de la Inteligencia Artificial a la educación. Axelrod destaca el juego *SimCity* como ejemplo. En este juego, lanzado al mercado para PC, el jugador se sumerge en un mundo de simulación interactiva, teniendo que transformar la ciudad en la que habita a su gusto.

El autor destaca que el principal beneficio de simulación aplicada al ámbito de la educación es permitir al usuario aprender y manejar conceptos vinculados a las relaciones humanas y a principios de socialización, aspecto que consideramos de gran importancia en esta tesis al desarrollar un programa de simulación aplicable al ámbito de la educación.

6. Modelización: la simulación también puede usarse para demostrar que un comportamiento muy complejo resulta de reglas sencillas, es decir, que se

funciona con patrones generales. Un ejemplo de este uso es el autómata celular llamado “Juego de la vida”³² desarrollado por Conway en 1970.

7. Descubrimiento: la simulación, al tratarse de un método³³ científico busca alcanzar tres objetivos: predecir, validar y descubrir. A través de la aplicación de la simulación se puede validar el modelo si se considera correcto, o bien mejorarlo si no se está conforme con el resultado.

El uso que en esta tesis se va a hacer de la llamada IA se centrará en el tercer aspecto destacado por Harmon y King “Sistema Experto” y principalmente en el primer aspecto al que hace referencia Axelrod, “Predicción”, si bien tanto el aspecto quinto enfocado a la educación, por su aplicación a este ámbito como el séptimo, denominado “Descubrimiento” por el autor, también se tendrá en consideración.

³² GARDNER, Martin: “Mathematical Games: The fantastic combination of John Conway’s new solitaire”, [en línea] <http://web.stanford.edu/class/sts145/Library/life.pdf>, pp. 121-122.

³³ Axelrod denomina la simulación como método, la autora de esta investigación considera que la simulación es una técnica y por ello se referirá a ella como tal a lo largo de esta tesis.

I.1.2. Contextualización histórica de la IA

La imparable evolución de la IA y las nuevas aportaciones a este campo de la informática nos llevan a realizar una descripción y un análisis de las diferentes fases por las que ha atravesado la IA, destacando los principales elementos propios de cada una de estas etapas, para seguidamente ubicar la aparición de los SSEE dentro de la IA. El hecho de centrarnos de forma más notoria en la aparición de los SSEE se debe a que va a ser la herramienta del MC que vamos a utilizar para elaborar nuestro propio programa de IA.

Aunque el primer investigador del campo de la informática en acuñar el término de IA fue McCarthy, en una conferencia que dictó en Hampshire en 1956³⁴, la idea que hay detrás de la IA ya fue planteada a principios de esa década por Alan Turing, matemático que retó al mundo de la ciencia a desarrollar un programa/ordenador que fuera capaz de responder ante un problema de igual manera que un ser humano. Para Turing, a partir de ese momento se hubiera alcanzado la realidad de la máquina pensante³⁵.

Durante los primeros años de la década de los cincuenta los investigadores partían de la base de que “si los ordenadores eran capaces de solucionar problemas que ellos consideraban complejos, serían capaces de construir máquinas inteligentes”³⁶, adentrándose de esta manera en el campo de la IA sin haber creado una definición del término.

Con la aparición del concepto de la IA se marca la etapa fundacional de este campo de investigación dentro de la ciencia computacional. Según Mishra, se pueden distinguir nueve etapas de desarrollo con intervalos de cinco años respectivamente: 1956-1961, 1962-67, 1968-73, 1974-1979, 1980-85, 1986-91,

³⁴ KRISHNAMOORTHY, C.S. y RAJEEV, S.: *Artificial intelligence and experts systems for engineers*, CRC Press, Florida, 1996, p. 3

³⁵ JONES, M. Tim: *Artificial Intelligence: A Systems Approach*, Jones and Barlett Publishers, Londres, 2009, p. 3.

³⁶ *Ibidem*, p.4

1992-97, 1998-2003 y 2004 en adelante; mientras que para Álvarez Munárriz es suficiente diferenciar tres grandes etapas³⁷ :

1. Etapa inicial: se acuña el concepto y se desarrollan los primeros programas que son considerados inteligentes.
2. Etapa de consolidación: se incorporan mejoras en las técnicas de representación y en las formas de búsqueda, a la vez que se empiezan a poner en marcha los sistemas de producción.
3. Etapa de aplicación: la IA empieza a utilizarse en otros ámbitos, tales como la economía y se comienzan a desarrollar los primeros SSEE. En esta etapa la IA se “consolida definitivamente como una rama especializada y autónoma dentro de la Informática”³⁸.

Basándonos en el planteamiento de Jackson se pueden diferenciar las siguientes fases dentro de la evolución de la IA³⁹:

1. Periodo clásico (1955–1965)
2. Periodo romántico (1965-1975)
3. Periodo moderno (a partir de 1975)

Dentro de lo que Jackson define como periodo clásico, lo que la mayoría de los investigadores de la IA pretendían era solucionar problemas simples a través de la aplicación de principios comunes, entendidos como universales, destacando aquellos campos vinculados con los juegos de lógica y la demostración de teoremas matemáticos⁴⁰.

Los comienzos de la IA se pueden visualizar en los primeros programas aplicados al ámbito de los juegos y a la solución de puzzles desarrollados después de la Segunda Guerra Mundial. Puede parecer remota la relación

³⁷ ÁLVAREZ MUNÁRRIZ, Luis: *Fundamentos de la inteligencia artificial*, Secretariado de Publicaciones Universidad de Murcia, Murcia, 1994, p. 57.

³⁸ *Ibidem*, p. 57.

³⁹ En KURBEL, Karl: *Entwicklung und Einsatz von Expertensystemen: eine anwendungsorientierte Einführung in wissenbasierte Systeme*, Springer Verlag, Heidelberg, 1992, pp. 3-4.

⁴⁰ Dentro de este campo podemos incluir juegos de lógica, como el dilema del prisionero o la simulación de partidas de ajedrez.

entre los juegos y la solución de puzzles y los sistemas expertos, dando la apariencia de poca seriedad para proveer una base teórica para su aplicación en 'el mundo real'. De todas formas, es acertado decir que la noción básica sobre la resolución de problemas basados en ordenadores nos lleva a los primeros esfuerzos/intentos de programar ordenadores para desempeñar este tipo de tareas.⁴¹

Puede dar la impresión, tal y como advierte Jackson, de que esta primera etapa es trivial por los objetos de estudio en los que se aplica la IA, pero la búsqueda y el hallazgo de soluciones a este tipo de problemas marcó un antes y un después en el campo de la IA. Los resultados y el conocimiento obtenido en estos procesos sirvieron para su aplicación a otros campos más complejos y menos "lúdicos", abriendo las puertas a la IA en diferentes campos científicos.

En 1963 Samuel crea el primer programa "serio" de IA centrado en el ajedrez, siendo el predecesor de múltiples programas de IA que simulan partidas de ajedrez combinando todas las jugadas posibles. El más famoso y exitoso de estos juegos es el programa *Deep Blue*, un programa de simulación que en mayo de 1997 fue capaz de vencer al entonces campeón del mundo de ajedrez Garri Kasparov⁴².

Durante los años que componen esta fase clásica el ajedrez ocupó un lugar destacado dentro del campo de la IA. El hecho de que el ajedrez se convirtiera en un referente para la elaboración de programas de simulación se debe a que este juego de lógica cuenta con los tres ingredientes fundamentales a los que hace referencia Jackson y que permiten trabajar con la IA⁴³:

1. Partimos de un estado inicial claro; en el caso del ajedrez las fichas siempre están colocadas de la misma forma.
2. Conocemos la meta a la que se quiere llegar, es decir la solución al problema que se está planteando, en el caso del ajedrez el jaque mate, y

⁴¹ JACKSON, Peter: *Introduction to Expert Systems*, Addison-Wesley Publishing Company, Edinburgh, 1986, p. 3.

⁴² NILSSON, N.J.: *Die Suche nach künstlicher Intelligenz: eine Geschichte von Ideen und Erfolgen*, Akademische Verlagsgesellschaft AKA GmbH, Berlin, 2010, p. 484.

⁴³SCHANK, Roger C. y TOWLE, Brendon: "Artificial Intelligence", en STERNBERG, Robert J (ed.): *Handbook of intelligence*, Cambridge University Press, Cambridge, 2000, p. 348.

3. Contamos con un número de operaciones que se pueden usar para pasar de la situación actual del problema y llegar a cumplir con nuestro objetivo, en el caso del ajedrez estas operaciones son los diferentes movimientos de fichas.

Si bien durante esta fase los investigadores se centraron mayoritariamente en los juegos, uno de los ejemplos que se distancia de forma notoria de este tipo de acertijos, y que ya utiliza la denominación de SE, es el llamado *General Problem Solver* (GPS)⁴⁴ desarrollado por Newell, Shaw y Simon en 1959⁴⁵.

En palabras de Jackson, esta etapa se inicia con la investigación sobre el ajedrez llevada a cabo por Shannon en 1950 y se cierra con diferentes publicaciones realizadas por Feigenbaum y Feldman en 1963, enfocadas en aspectos lúdicos y la demostración de teoremas⁴⁶ y su resolución a través de la aplicación de la IA⁴⁷.

En la segunda etapa, a la que nos referimos como periodo romántico de la IA, “las personas se mostraron preocupados por crear máquinas capaces de ‘entender’, en el sentido de ser capaces de comprender el lenguaje natural, especialmente las historias y los diálogos”⁴⁸, siendo funciones inherentes al ser humano y que este desarrolla de forma automática, tales como por ejemplo la vista o el lenguaje⁴⁹.

Uno de los ejemplos de esta nueva tendencia es el sistema SHRDLU⁵⁰ el cual fue desarrollado por Winograd en 1972. Este programa “era capaz de entender un enunciado no trivial en inglés a través de la representación y el razonamiento

⁴⁴ Será en el siguiente capítulo, destinado a los SSEE cuando explicaremos con mayor detenimiento el funcionamiento y objetivo de este modelo.

⁴⁵ KONAR, Amit: *Artificial intelligence and softcomputing: behavioral and cognitive modeling of human brain*, CRC Press, Florida, 2000, p. 22.

⁴⁶ La demostración de teoremas o deducción automatizada se basa en encontrar soluciones a problemas planteados, teoremas, con ayuda de ordenadores.

⁴⁷ JACKSON, Peter: *Introduction to Expert Systems*, op. cit. p. 6.

⁴⁸ *Ibidem*, p. 7.

⁴⁹ RODRÍGUEZ-BACHILLER, Agustín y GLASSON, John: *Expert systems and GIS for impact assessment*, Taylor & Francis, Londres, 2004, p. 4.

⁵⁰ SHRDLU es un programa de software desarrollado para la comprensión del lenguaje natural en STONE PALMER, Martha: *Semantic processing for finite domains*, Cambridge University Press, Nueva York, 1990, p.50

fundamentado en una materia restringida (un mundo construido por bloques de juguete)”⁵¹.

El funcionamiento de SHRDLU se desarrolla después de que se hayan colocado una serie de figuras geométricas, bloques, conos, etc. encima de una mesa, la labor del programa era realizar una representación de conocimiento respecto a la ubicación de los bloques sobre la mesa y cómo están ubicados entre ellos para posteriormente transmitir esta información a la base de conocimiento y después analizar las indicaciones dadas y planificar acciones posteriores⁵².

SHRDLU era capaz de realizar diferentes acciones, tales como mover, coger, tirar, etc., con los elementos que había encima de la mesa gracias a que en su memoria de trabajo había archivadas cincuenta palabras en inglés⁵³.

Jackson destaca la problemática que entraña la expresión del entendimiento computacional “al no quedar claro bajo qué condiciones uno estaría dispuesto a afirmar que una máquina es capaz de entender todo”⁵⁴, mientras que afirma que existe una serie de motivos necesarios para esta afirmación. Sostiene que

la primera es la habilidad de representar el conocimiento respecto a mundos reales o imaginarios, y elaborar un razonamiento utilizando estas representaciones [...] siendo los resultados obtenidos estrictamente circunscritos y su comportamiento no demuestra ninguno de los aspectos más globales del entendimiento, como por ejemplo la habilidad de percibir analogismos y el aprendizaje de la experiencia, facultades que asociamos al ser humano.⁵⁵

Respecto a la tercera etapa, el periodo moderno, Jackson la sitúa entre 1975 y la actualidad⁵⁶, destacando “un aumento de conciencia propia y autocrítica junto con una orientación hacia técnicas y aplicaciones”⁵⁷.

⁵¹ KONAR, Amit: *Artificial intelligence and soft computing: Behavioral and cognitive modeling of the human brain*, op. cit., p. 22.

⁵² LUNZE, Jan: *Künstliche Intelligenz für Ingenieure*, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, Múnich, 2010, p. 15.

⁵³ FRIEDENBERG, Jay: *Artificial psychology: the quest of what it means to be human*, Taylor & Francis Group, Nueva York, 2010, p. 116.

⁵⁴ JACKSON, Peter: *Introduction to Expert Systems*, op. cit. p. 7.

⁵⁵ *Ibidem*, p. 7.

⁵⁶ Al hacer uso del término “actualidad” debemos tener en cuenta que el libro de Jackson fue publicado en 1985, con lo que para él la actualidad se sitúa en ese año, no en 2017 como es nuestro caso.

Lo más destacable de estos años es la desilusión generalizada de los investigadores con la aplicación de métodos generales de solución de problemas, ya que “este tipo de métodos sobrevalúan el concepto de ‘inteligencia global/general’ [...] a costa de la habilidad de dominio específico que poseen los expertos humanos”⁵⁸.

Debido a la imposibilidad de encontrar sistemas de IA que fueran capaces de dar respuesta a cuestiones generales, entendidas como no específicas de un campo de investigación, a lo largo de esta etapa los investigadores volvieron a centrarse en materias específicas. MYCIN fue uno de los SSEE que se desarrollaron en esta etapa moderna, demostrando la gran utilidad de este tipo de programas informáticos aplicados a campos de conocimiento concretos, en este caso el diagnóstico de enfermedades infecciosas de la sangre.

Teniendo en cuenta que Jackson publica su libro *Introduction to Expert System* en 1985, la clasificación de las diferentes etapas a las que hace referencia solo llega hasta esa fecha. Por ello utilizaremos las apreciaciones de otros autores para dar una visión general de la realidad de la IA hasta el día de hoy.

Respecto a esta nueva necesidad, Haun plantea tres fases dentro de la etapa que Jackson denominó periodo moderno que según él finalizaría en 1994. A partir de ese año se pondrían en marcha la época postmoderna, la época del renacimiento y la época de la computación cognitiva.

Haun sitúa la época postmoderna entre 1995 y el año 2000, destacando como elementos significativos de la misma “la aplicación comercial y distribución de las herramientas de la IA y de las *shells*⁵⁹ de los sistemas expertos”⁶⁰.

Respecto a la época del renacimiento, recalca una continuidad en lo que viene a denominar “going best practices”⁶¹, enfatizando en la mejora notable de la

⁵⁷ JACKSON, Peter: *Introduction to Expert Systems*, op. cit. p. 8.

⁵⁸ *Ibidem*, p. 8.

⁵⁹ La shell es “una infraestructura fundamental del sistema [...] formada por el motor de inferencia y los interfaces” en DE PABLOS HEREDERO, Carmen, LÓPEZ HERMOSO AGUIS, José Joaquín, MARTÍN-ROMO ROMERO, Santiago y MEDINA SALGADO, Sonia: *Organización y transformación de los sistemas de información en la empresa*, ESIC Editorial, Madrid, 2011, p.164.

⁶⁰ HAUN, Matthias: *Cognitive computing: Steigerung des systemischen Intelligenzprofils*, Springer Vieweg, Berlin, 2014, p. 111.

⁶¹ *Ibidem*, p. 111.

aplicabilidad de la IA que se refleja en el desarrollo de los siguientes aspectos vinculados a este campo de la informática⁶²:

1. Focalización en problemas reales: “Real world computing”.
2. Mayor enfoque multidisciplinar (incluyendo la integración de sistemas de reconocimiento visual con programas de procesamientos de voz, la inclusión de planteamientos/problemas éticos en el desarrollo de programas militares con IA, etc.)

Consideramos que este último aspecto, el del mayor enfoque multidisciplinar es el gran avance de la IA en cuanto a la accesibilidad y utilidad de la misma. Si bien la herramienta ha sido utilizada y desarrollada en un mundo académico y científico, —podemos considerar que bastante reducido—, actualmente cuenta con la posibilidad de tener mucho mayor alcance.

El aspecto al que hace referencia Haun, en cuanto a no dejar de lado aspectos éticos y repercusiones a la hora de elaborar programas basados en el ámbito de los MMCC, deja constancia de que, si bien la ejecución de ese programa será realizado por una máquina, la responsabilidad última respecto a qué y cómo se vaya a efectuar esa acción es del ser humano.

Respecto a la etapa catalogada como computación cognitiva por Haun, y en la que nos encontramos inmersos, el autor considera importante

el paso de gigante que se está dando hacia la inteligencia artificial al canalizar los conocimientos de diferentes disciplinas científicas e integrarlas en un enfoque propio, de manera que se analicen y se resuelvan problemas, hasta ahora no planteados, con ayuda de las tecnologías de la inteligencia artificial o de la vida artificial respectivamente.⁶³

Ertel, por su parte, mantiene como elemento diferenciador en esta última etapa de la IA el desarrollo de “agentes de software autónomos y robots que deben de

⁶² *Ibidem*, p. 111.

⁶³ *Ibidem*, pp. 111-112.

cooperar a semejanza de los equipos humanos en las labores que se les han encomendado”⁶⁴.

Por otro lado, Russell y Norvig plantean más divisiones dentro de la época actual de la IA. Para ellos, a día de hoy existen diferentes aportaciones/vertientes de la IA que coexisten de forma paralela, tales como la aparición de la IA como industria (1980-actualidad), el regreso de las redes neuronales (1986-actualidad), la adopción de un método científico por la IA (1987-actualidad), la aparición de agentes inteligentes (1995-actualidad) y la accesibilidad a enormes conjuntos de datos (2001-actualidad)⁶⁵.

Teniendo en cuenta la anterior descripción de las diferentes fases de la IA y su evolución, queda en entredicho “la afirmación realizada por algunos filósofos que mantenían que la IA no ha realizado avances en los últimos 20 años”⁶⁶, más bien nos atrevemos a afirmar que el campo de la IA no solo ha avanzado a pasos agigantados sino que además su enfoque multidisciplinar permite ganar terreno en cuestiones y realidades ajenas al mundo puramente académico, que hasta ahora no había sido capaz de abordar.

⁶⁴ ERTEL, Wolfgang: *Grundkurs künstliche Intelligenz: eine praxisorientierte Einführung*, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2013, p. 11.

⁶⁵ RUSSELL, Stuart y NORVIG, Peter: *Artificial Intelligence: A modern approach*, op. cit. pp. 24-28.

⁶⁶ JACKSON, Peter: *Introduction to Expert Systems*, op. cit. p. 6.

II. LA IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS EXPERTOS (SSEE) EN EL ÁMBITO DE LA IA/MC

II. 1. APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE SISTEMA EXPERTO (SE)

Una vez descritos los diferentes campos de aplicación de la simulación abordaremos el concepto concreto de SE. Para ello, primeramente se analizará qué es y cómo funciona un programa de software de este tipo.

Para Feigenbaum, pionero en la elaboración y aplicación de SSEE, este tipo de programa informático se puede definir como

[...] un programa inteligente para ordenador que utiliza conocimiento y procedimientos inferenciales en la resolución de problemas, problemas que son suficientemente difíciles como para que su solución requiera una experiencia humana importante.⁶⁷

Otro autor que enfatiza especialmente la virtud de los SSEE para la resolución de problemas es Nebendahl, quien propone la siguiente definición:

Los Sistemas Expertos son programas que simulan el comportamiento de los sistemas expertos humanos a la hora de resolver problemas. Por norma general, los expertos solucionan los problemas de su especialización basándose en la experiencia. Muy sucintamente, esta experiencia consta de conocimiento de hechos y de soluciones de problemas. Con el desarrollo de los Sistemas Expertos se pretende estructurar este conocimiento de hechos y soluciones de problemas de tal forma, que sean almacenables en un ordenador y procesables por un programa. Por lo tanto, los Sistemas Expertos son programas para ordenador, en los que se ha reflejado conocimiento humano. Pero ya que el conocimiento humano es extremadamente complejo, tenemos que limitarnos, en estas “imitaciones técnicas” a campos especializados muy delimitados.⁶⁸

No sería correcto pensar que el alcance de los SSEE no va más allá de la pura solución de problemas, ya que este tipo de herramienta informática cumple con otras funciones que superan la definición de Nebendahl.

⁶⁷ HARMON, Paul y KING, David: *Sistemas Expertos Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial*, op. cit., p. 5.

⁶⁸ NEBENDAHL, Dieter: *Sistemas expertos; parte 2: experiencia de la práctica*, Marcombo, Barcelona, 1991, p. 1

Autores como Castillo y Álvarez hacen referencia a otro tipo de valores en su definición sobre qué es un SE:

es un sistema informático que simula el proceso de aprendizaje, de memorización, de razonamiento, de comunicación y de acción de un experto humano en una determinada rama de la ciencia, suministrando, de esta forma, un consultor que puede sustituirle con unas ciertas garantías de éxito.⁶⁹

La importancia de la base de conocimiento para un buen funcionamiento del SE también la destaca Feigenbaum especificando que

El conocimiento necesario para actuar así, junto con los procedimientos inferenciales utilizados, puede considerarse como un modelo de la experiencia de los mejores expertos del campo. El conocimiento de un sistema experto está compuesto por hechos y por heurísticos. Los “hechos” constituyen un cuerpo de información ampliamente compartido, públicamente disponible, y sobre el cual, generalmente, los expertos del campo están de acuerdo. Los “heurísticos” son básicamente personales, son reglas de buen juicio no muy bien estudiadas (reglas de razonamiento plausible, reglas de buenas conjeturas) que caracterizan la toma de decisiones a nivel de experto en el campo. La calidad de las prestaciones de un sistema experto está, fundamentalmente, en función del tamaño y la calidad de la base de conocimiento que posee.⁷⁰

Una vez definido el concepto de SE de forma genérica, pasaremos a exponer la estructura interna y el funcionamiento práctico de este tipo de programa informático.

⁶⁹ CASTILLO, Enrique y ÁLVAREZ, Elena: *Sistemas expertos aprendizaje e incertidumbres*, op. cit., p. 14.

⁷⁰ HARMON, Paul y KING, David: *Sistemas Expertos Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial*, op. cit., p. 5.

II.2. ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UN SE

Para describir y analizar la estructura básica de un SE, y su funcionamiento práctico como parte fundamental de lo que hemos definido como IA o MC, hay que volver a destacar que en este caso tampoco existe una postura unánime. Básicamente coexisten dos líneas de pensamiento a este respecto: aquellos que reducen la estructura imprescindible de un SE a tres elementos y aquellos que amplían este número a cuatro.

Para autores como Dussauchoy y Chatain un SE se divide en únicamente tres bloques principales⁷¹:

1º) Base de conocimiento

2º) Motor de inferencia

3º) Base de hechos⁷²

Otros autores, como Taber y Timpone, consideran que un SE tiene que contar con cuatro elementos imprescindibles para su buen funcionamiento⁷³.

1º) Base de conocimiento

2º) Motor de inferencia

3º) Base de hechos (en su caso lo llama memoria de trabajo)

4º) Interfaz⁷⁴ de usuario

⁷¹ DUSSAUCHOY, Alain y CHATAIN, Jean Noël: *Sistemas Expertos Métodos y Herramientas*, Paraninfo, Madrid, 1988, pp. 33-36.

⁷² Algunos autores como Adeli utilizan el concepto de memoria de trabajo como sinónimo a base de hechos; en ADELI, Hojjat: *Expert Systems in construction and structural engineering*, Chapman and Hall, Londres, 1988, p. 8.

⁷³ TABER, Charles S. y TIMPONE, Richard: "The Policy Arguer: The Architecture of an Expert System", *Social Science Computer Review*, Vol. 12, Nº 1, abril 1994, p. 10

⁷⁴ En el documento original se habla de "interface" que traducido al castellano sería interfaz ya que "face" en inglés significa rostro, faz o cara y no "interfase", concepto que se utiliza de forma errónea en varios libros y documentos en castellano.

Después de investigar, de habernos familiarizado con el funcionamiento de los SSEE y de haber elaborado un modelo propio de funcionamiento (véase Figura 1: Modelo de Sistema Experto, p. 51) consideramos más acertada la propuesta de Taber y Timpone al incluir la funcionalidad y aplicación práctica de los resultados obtenidos a través del SE como un elemento imprescindible.

Si algo se ha aprendido a lo largo de la historia de la IA, y por ende de los SSEE, es su necesidad de realizar “Real world computing”, como manifestaba Haun en el capítulo I, y apostar por un enfoque multidisciplinar, es decir, tener en mente que el proceso informático que se realiza a través del programa de software va enfocado en obtener un resultado útil para el usuario.

Para poder entender el funcionamiento de este tipo de programas hace falta comprender qué labor y de qué consta cada uno de los elementos que componen un SE, comenzando con los cuatro elementos fundamentales: base de conocimiento, motor de inferencia, base de hechos e interfaz de usuario.

La *base de conocimiento* es la estructura organizada obtenida gracias a los conocimientos abstractos⁷⁵ del experto de la materia. Dichos conocimientos se adquieren mediante la descripción de⁷⁶ :

- a) los objetos o sucesos importantes para la resolución del problema planteado y las relaciones que existen entre ellos y,
- b) de los casos particulares o excepciones a tener en cuenta para ser capaz de dar solución a la problemática, además de las diversas estrategias de resolución y las posibles aplicaciones.

El *motor de inferencia* constituye el epicentro del SE ya que en esta etapa se ponen en marcha todos los elementos de la Base de conocimiento y se construyen los razonamientos del SE. A través de estos razonamientos, en los cuales se aplica el

⁷⁵ Según Castillo y Álvarez “el adjetivo abstracto se refiere al de validez general (reglas, espacios probabilísticos, etc.) [...] el abstracto es permanente y forma parte esencial del sistema”. En CASTILLO, Enrique y ÁLVAREZ, Elena: *Sistemas expertos aprendizaje e incertidumbres*, op. cit., p. 19.

⁷⁶ DUSSAUCHOY, Alain y CHATAIN, Jean Noël: *Sistemas Expertos Métodos y Herramientas*, op. cit. p. 33.

conocimiento abstracto de la Base de conocimiento al conocimiento concreto⁷⁷, se llega a las soluciones de la problemática planteada⁷⁸.

El tercer eje fundamental de cualquier SE lo constituye la *base de hechos*, una “memoria auxiliar que contiene a la vez los datos del usuario (hechos iniciales que describen el enunciado del problema a resolver) y los resultados intermedios obtenidos a lo largo del procedimiento de deducción”⁷⁹.

Existe una diferencia clara entre lo que se consideran datos y lo que se considera conocimiento.

Los datos hacen referencia a una ejecución particular del sistema experto, tienen una validez temporal (la de la propia ejecución), destruyéndose al finalizar la aplicación. Por otro lado, el conocimiento expresa afirmaciones de validez general, teniendo una validez permanente.⁸⁰

Por último, el cuarto elemento fundamental de un SE es el llamado *interfaz de usuario*, el cual permite generar un diálogo con un lenguaje casi natural entre el usuario y el software.

A través de este interfaz el usuario hace llegar al motor de inferencia sus consultas, a la vez que comunica al usuario los resultados de su consulta. Además, en esta fase, el usuario puede incorporar nuevos elementos al SE o realizar cambios en el mismo si lo considerase necesario.

Un SE además debe, como todo programa de software, contar con diferentes módulos de interfaz que permiten ejecutar el diálogo entre el ordenador y el humano que utilice el programa.

⁷⁷ Para Castillo y Álvarez el adjetivo concreto hace referencia a “la validez particular [...] es efímero, es decir, se destruye y no forma parte del sistema propiamente dicho”. En CASTILLO, Enrique y ÁLVAREZ, Elena: *Sistemas expertos aprendizaje e incertidumbres*, op. cit. p. 19.

⁷⁸ CALDUCH, Rafael: *Métodos y técnicas de investigación internacional*, [en línea] http://pendientedemigracion.ucm.es/info/sdrelint/ficheros_aula/aula0404.pdf p. 165.

⁷⁹ DUSSAUCHOY, Alain y CHATAIN, Jean Noël: *Sistemas Expertos Métodos y Herramientas*, op. cit. p. 35.

⁸⁰ HUETE, Juan F.: “Sistemas Expertos Probabilísticos: Modelos Gráficos”, en GÁMEZ MARTÍN, José Antonio y PUERTA CALLEJÓN, José Miguel (coordinadores): *Sistemas Expertos Probabilísticos*, Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, 1998, p. 5.

En el caso de los SSEE hacen falta dos interfaces⁸¹:

- a) Módulo de adquisición de conocimiento
- b) Módulo de explicaciones

El módulo de adquisición de conocimiento es el responsable de gestionar el conocimiento introducido por el experto en el sistema “y/o de los datos suministrados por el usuario o alcanzados, mecánica o informáticamente, de la realidad (instrumentos de medición, bases de datos de otros ordenadores, etc.)”⁸².

A través del módulo de explicaciones se dan nociones sobre cuáles han sido las reglas y el conjunto de inferencias utilizados para llegar a las soluciones que se presentan a través del SE.

El siguiente modelo muestra cómo interactúan y se relacionan los diferentes elementos e interfaces de un SE. Hay que señalar que este modelo ha sido desarrollado por nosotros e incluye, por consiguiente, algunos cambios respecto a los modelos teóricos de autores a los que se ha hecho referencia anteriormente.

Como se puede observar en el modelo que se presenta a continuación, el motor de inferencia es el epicentro del mismo. Consideramos que esta estructura es visualmente la más acertada ya que el motor de inferencia es el principal componente para la resolución del problema inicial planteado. Por ello se ubicaron todos los demás elementos fundamentales del SE en torno a este componente.

Hay que destacar, además, que en el modelo hemos introducido dos elementos nuevos que no aparecen en otros modelos, como los de Harmon y King, Calduch o Álvarez y Castillo, y que he denominado “representaciones de conocimiento”. Estas representaciones de conocimiento engloban el módulo de resultados y la aplicación de resultados.

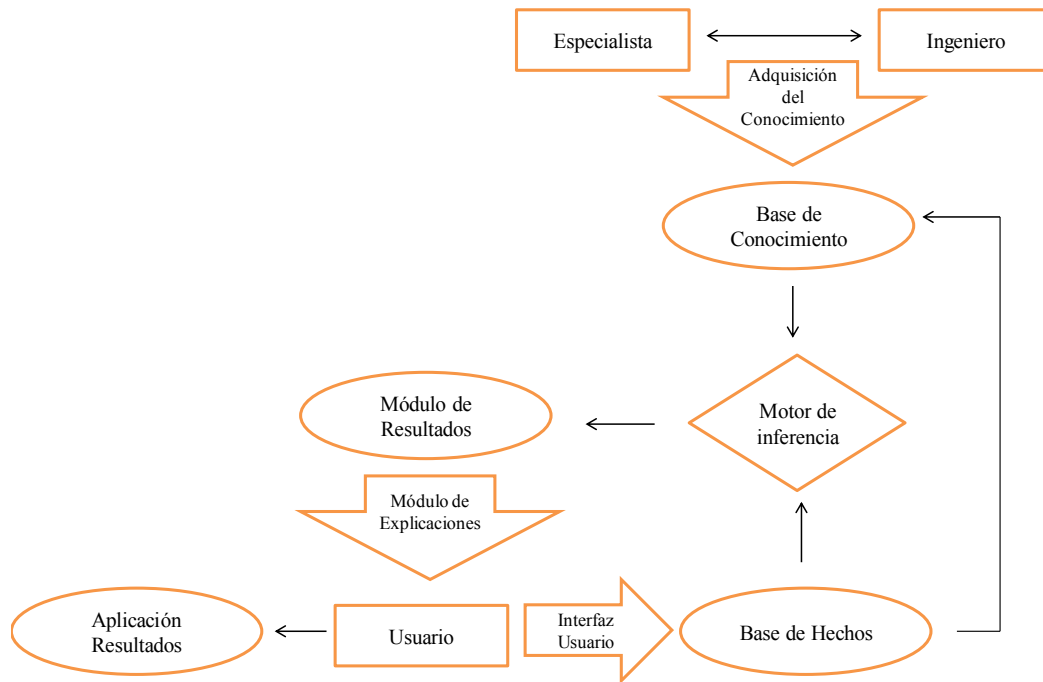
Como ya se ha destacado con anterioridad, consideramos, coincidiendo con Taber y Timpone, que es necesario dar una relevancia especial al elemento de interfaz de

⁸¹ DUSSAUCHOY, Alain y CHATAIN, Jean Noël: *Sistemas Expertos Métodos y Herramientas*, op. cit. pp. 35-36.




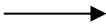

⁸² CALDUCH, Rafael: *Métodos y técnicas de investigación internacional*, op. cit. p. 166.

usuario. Por ello se ha optado por crear este nuevo modelo y dejar constancia tanto visual como teóricamente de la importancia de la aplicabilidad de los resultados obtenidos a través del sistema operativo mediante la inclusión de los dos elementos a los que se ha hecho referencia en el párrafo anterior.

Figura 1: MODELO DE SISTEMA EXPERTO



Leyenda:

-  Agente
-  Tratamiento de conocimiento
-  Representación de conocimiento
-  Proceso
-  Proceso con interfaz humano-ordenador

Como podemos observar en el modelo anteriormente expuesto, contamos con los cuatro elementos imprescindibles para el funcionamiento de un SE: la base de conocimiento, el motor de inferencia, la base de hechos y el interfaz de usuario.

Respecto a este modelo, queremos centrarnos en aquellos elementos novedosos y que diferencian esta propuesta de forma sustancial de otros modelos que se han descrito y analizado con anterioridad. Por ello, vamos a prestar especial atención a la interacción de lo que en la leyenda del modelo hemos venido a llamar Agente, Tratamiento de conocimiento, Representación de conocimiento, Proceso y Proceso con interfaz humano-ordenador.

La categorización que hemos realizado de estas interacciones facilitará en gran medida entender con mayor claridad quién, qué elementos del SE y de qué manera intervienen en cada una de las fases del proceso informático.

Todo SE cuenta con tres tipos de agentes: especialista, ingeniero y usuario. Los dos primeros serán los encargados de crear la base de conocimiento, a través de lo que se ha denominado “adquisición de conocimiento”, catalogada como proceso con interfaz humano-ordenador. Esta base de conocimiento se debe considerar la primera representación de conocimiento de cualquier tipo de programa informático de este tipo.

A continuación se lleva a cabo un proceso para que desde la base de conocimiento se trasladen todos los conocimientos abstractos de la misma al motor de inferencia. Una vez efectuado dicho proceso, el motor de inferencia podrá generar todos los razonamientos del software. A raíz de la complejidad del trabajo del motor de inferencia, hay que destacar, y así lo hemos plasmado en el modelo teórico, que en este caso existe un proceso que he denominado como “tratamiento de conocimiento”, el único en todo el SE.

Los resultados obtenidos por el motor de inferencia pasarán, a través de lo que hemos definido como proceso, a una nueva representación de conocimiento, el módulo de resultados.

Llegados a este punto los resultados obtenidos por el software no se han compartido con el tercer agente, el usuario. Para que ello ocurra, hace falta nuevamente, un proceso con interfaz humano-ordenador. Este proceso nos remitirá a lo que he venido a denominar “módulo de explicaciones” el cual hará de puente entre la máquina y el humano.

Una vez el usuario obtenga los resultados intermedios del SE, estos datos, al igual que la formulación inicial del problema a resolver configurarán la base de hechos, otra representación de conocimiento. Gracias a este elemento, la base de hechos, el motor de inferencia podrá recibir la información respecto a las consultas realizadas por el usuario y los resultados de dichas consultas.

A raíz de esta información el programador podrá corregir, renovar o ampliar la base de conocimiento para optimizar el SE. Esta facilidad demuestra la gran versatilidad y dinamismo de este tipo de programa informático.

Por último, y siendo esta una de las dos novedades del modelo presentado en esta tesis, he incluido otra representación de conocimiento que he llamado “aplicación de resultados”.

Con la inclusión de este elemento dentro del modelo de SE buscamos enfatizar el aspecto práctico de los resultados obtenidos a través del proceso de consulta del usuario. La aplicabilidad de los resultados alcanzados a raíz de esta MC es uno de los aspectos más relevantes de todo el proceso. Si no se pudieran trasladar y verificar los outputs del SE al mundo real y al campo de investigación con el que se está trabajando, el valor de este tipo de software sería menor.

Por el contrario, si los resultados obtenidos a través del proceso informático anteriormente descrito demuestran tener validez contrastada y real, la utilidad y fiabilidad del SE como elemento de investigación en diferentes y variopintas áreas de trabajo quedaría demostrado.

II.2.1. Principales ventajas de los SSEE respecto a programas informáticos tradicionales y al ser humano

Una vez conocido el funcionamiento interno de un SE, y habiendo llegado a la conclusión de que es imprescindible enfocar el uso de este tipo de programas a la obtención de resultados verificables, queremos incidir en la considerable utilidad de los SSEE en comparación con la programación tradicional algorítmica o con el trabajo realizado por expertos humanos en la materia sin apoyo de un software informático.

Durante las próximas páginas demostraremos que el uso de un SE tiene múltiples ventajas respecto a otro tipo de software. Así, Klaus Weber, destaca que el SE hace accesible la base de conocimiento para el usuario del software, mientras que en los programas convencionales el conocimiento se encuentra “escondido” en el código del programa. Además, el autor considera de gran importancia el hecho de que el usuario pueda obtener explicaciones a lo largo del proceso, realidad que en los programas convencionales simplemente es imposible⁸³.

Otros autores, como Harmon y King, Caldusch o Adeli, coinciden en estas ventajas y agregan las siguientes:

1. En la programación tradicional, basada en algoritmos, partimos de la siguiente realidad “los algoritmos no son más que procedimientos definidos por pasos elementales que garantizan que siempre que los datos introducidos sean los correctos alcanza la solución correcta”⁸⁴.
2. Lo que en principio puede parecer una fórmula para el éxito, en el fondo, limita la obtención de soluciones si no se cuenta con la suficiente información para generar el algoritmo necesario.
3. Por el contrario, los SSEE no buscan dar con una solución óptima, sino una solución satisfactoria o suficiente. “En semejantes condiciones, el

⁸³ WEBER, Klaus: *Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen*, Springer, Heidelberg, 2006, p. 57.

⁸⁴ HARMON, Paul y KING, David: *Sistemas Expertos Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial*, op. cit. p. 9.

sistema basado en el conocimiento se convierte no solo en la única forma de programación disponible sino también en la mejor forma de programación”⁸⁵.

4. Los modelos computacionales utilizan tanto datos numéricos como simbólicos, acercándose así al funcionamiento del pensamiento humano en el cual se conjugan procesos y representaciones diversas. De esta manera, a través del SE se puede investigar y procesar una gama más amplia de conocimiento⁸⁶.
5. El conocimiento que se obtiene a través del uso de sistemas expertos es más explícito, además de ser más accesible y expandible que al que podemos acceder a través de los programas algorítmicos. El SE desarrolla una lógica similar a la que se usa para la proceso de razonamiento humano; la inclusión de nuevos conocimientos o datos, tanto en el cerebro como en el sistema experto, no elimina ni trastoca la información ya registrada⁸⁷. Por ello podemos actualizar y mejorar, si fuera necesario, nuestro SE de forma ilimitada.
6. En el caso de los SSEE las operaciones que se realizan a través del programa han sido creadas y formuladas por un experto en la materia, mientras que en los programas convencionales esta labor es desarrollada por programadores, que si bien son expertos en su campo no suelen contar con los conocimientos científicos de las materias que se estudian a través del software⁸⁸.
7. Si nos decidimos por elaborar un SE basado en conocimiento, el mismo motor de inferencia (tratamiento del conocimiento) se podrá utilizar para el análisis de otros conocimientos cambiando únicamente la base

⁸⁵ CALDUCH, Rafael: “Métodos y técnicas de investigación internacional”, *op. cit.* p. 164.

⁸⁶ TAMASHIRO, Howard: “The Computational Modeling of Strategic Time”, en HUDSON, Valerie M. (ed.): *Artificial Intelligence and International Politics*, *op. cit.* p. 149.

⁸⁷ ADELI, Hojjat: *Expert Systems in construction and structural engineering*, *op. cit.* p. 8.

⁸⁸ HARMON, Paul y KING, David: *Sistemas Expertos Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial*, *op. cit.* p. 10.

de conocimiento. Es decir, podemos extrapolar el motor de inferencia a otros campos científicos sin la necesidad de crear un motor nuevo para cada una de las materias⁸⁹.

8. A diferencia de un sistema de programación convencional basado en algoritmos, el SE desarrolla un modelo transparente y accesible para el usuario. Por ello será más fácil entender las relaciones entre las diferentes reglas y cómo se ha estructurado todo el sistema⁹⁰.

9. Para Castillo y Álvarez es especialmente importante el beneficio, temporal, monetario y humano que se obtiene a través del uso del SE. Así, destacan los siguientes aspectos como ventajas respecto a un sistema de programación convencional:

(la) posibilidad de utilizar personal no especializado para resolver problemas que requieren especialidad; obtención de soluciones rápidas; obtención de soluciones fiables; reducción de costes, eliminación de operaciones incómodas o monótonas; escasez de expertos humanos; acceso del conocimiento a poblaciones más amplias.⁹¹

10. En los SSEE la base de conocimiento se puede ir ampliando sin que por ello el programa deje de funcionar. De hecho, la modularidad de este tipo de software permite

la expansión y la sofisticación de la base de conocimiento. En el caso de los sistemas basados en reglas, por ejemplo, cualquier regla puede ser eliminada o nuevas reglas pueden introducirse independientemente y el SE puede ser utilizado sin la necesidad de realizar ningún tipo de modificación más.⁹²

Estas ventajas fundamentales que conlleva el uso de un SE o sistema basado en conocimiento ha hecho que en muchos campos de la ciencia, tanto de las llamadas ciencias naturales como sociales, el uso de este tipo de software se haya convertido en algo usual.

⁸⁹ ADELI, Hojjat: *Expert Systems in construction and structural engineering*, op. cit. p. 9.

⁹⁰ CALDUCH, Rafael: "Métodos y técnicas de investigación internacional", op. cit. p. 164.

⁹¹ CASTILLO, Enrique y ÁLVAREZ, Elena: *Sistemas expertos aprendizaje e incertidumbres*, op. cit. pp. 30-31.

⁹² ADELI, Hojjat: *Expert Systems in construction and structural engineering*, op. cit. p. 8.

Respecto a las ventajas de los SSEE al trabajo elaborado por expertos humanos podemos destacar las siguientes en palabras de Pino, Gómez y De Abajo⁹³:

1. El conocimiento almacenado por el SE es más fácil de compartir y difundir que el de un experto humano. Esto conlleva un mayor alcance del conocimiento y de los resultados obtenidos a través del sistema informático.
2. El SE almacena la información de forma permanente, mientras que el conocimiento del experto humano se puede considerar como efímero, ya que está limitado a la vida del humano.
3. Se puede considerar al SE un “experto ubicuo” lo que facilita su presencia física sin estar atado a la agenda de un experto humano.
4. El experto humano genera más costes que un SE a largo plazo por lo que se considera que el software es más rentable.

⁹³ PINO DÍEZ, Raúl; GÓMEZ GÓMEZ, Alberto y DE ABAJO MARTÍNEZ, Nicolás: *Introducción a la inteligencia artificial: Sistemas expertos, Redes neuronales artificiales y computación evolutiva*, Universidad de Oviedo, Servicio de Publicaciones, Oviedo, 2001, p. 10.

II.3. DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SE

Los SSEE pueden ser una herramienta útil para dar respuesta a problemas de cualquier ámbito si la persona o el equipo responsable de su diseño sabe cuál es la mejor forma de enfrentarse a la cuestión planteada —el problema— y cómo traducir el proceso de búsqueda de solución a un lenguaje informático.

Para que un SE realmente sea capaz de darnos respuesta a un problema concreto hay que saber cuáles son las diferentes fases que hay que tener en cuenta y desarrollar, para poder crear un Modelo de este tipo.

En primer lugar, Luger y Stubbelfield limitan el uso de este tipo de programa para la búsqueda de cualquier tipo de problema. Según estos dos autores un problema tiene que contar con los siguientes requisitos para que merezca la pena el desarrollo de un SE que permita buscar una solución a dicha problemática⁹⁴:

1. La necesidad de una solución para la problemática planteada es lo suficientemente importante como para que se lleve a cabo el esfuerzo, humano y monetario, para crear un SE.
2. El conocimiento humano respecto a la materia no está presente en todas las situaciones en las que se precisa de él.
3. La solución al problema no requiere de capacidades motoras ni preceptuales; tal y como por ejemplo el planteamiento de un problema exclusivamente cognitivo.
4. El problema planteado se puede abordar de forma aislada, sin necesidad de llegar a soluciones a gran escala que requieran de un razonamiento basado en el sentido común.
5. Los sistemas informáticos tradicionales no son capaces de presentar una solución a la problemática planteada.
6. Deben existir expertos en la materia dispuestos a colaborar.
7. El problema tiene puede ser de alcance limitado si bien tiene que ser soluble.

⁹⁴ PARTRIDGE, Derek: *Engineering Artificial Intelligence Software*, Intellect Books, Oxford, 1992, p. 167.

Una vez que se haya comprobado que la cuestión planteada cuenta con todos o al menos con un amplio número de estos requisitos se comienza a plantear el SE.

Para ello son necesarios cuatro pasos encadenados y cíclicos⁹⁵:

1. Plan
2. Diseño
3. Creación de un prototipo
4. Validación.

Respecto a los pasos contenidos en lo que se ha venido a identificar como la fase “plan”, lo primero que hay que hacer es una delimitación del problema que se va a abordar. Es importante plantearse preguntas como: ¿qué tipo de soluciones podemos encontrar?, ¿qué tipo de conocimiento nos hace falta para llegar a encontrar una solución a la problemática planteada?, ¿es posible subdividir la problemática planteada?

A medida que se plantea este tipo de cuestiones la problemática para la que se quiere encontrar una respuesta se irá acortando, limitando de esta manera el espacio y tiempo con el que se va a trabajar y, por consiguiente, el volumen de conocimiento de la materia en cuestión.

Debido a que esta fase realmente va ser el cimiento sobre el que se base el SE a desarrollar, la persona o grupo de personas que vayan a trabajar con ella van a tener que invertir gran dedicación y tiempo en este primer acercamiento. Un error en esta fase inicial conllevará un enfoque mal planteado de la realidad y, por ende, generará errores a la hora de buscar respuestas al problema definido en esta primera fase⁹⁶.

En segundo lugar, es necesario buscar expertos en la materia y adquirir un conocimiento amplio y contrastado de la realidad que se va a analizar a través del

⁹⁵ MCFARLAND, Thomas D. y PARKER, Reese: *Expert System in Education and Training*, Educational Technology Publication, New Jersey, 1990, p. 100.

⁹⁶KARAGIANNIS, Dimitris y TELESKO, Rainer: *Wissensmanagement: Konzepte der künstlichen Intelligenz und Softcomputing*, Wissenschaftsverlag GmbH, Múnich, 2001, p. 114.

programa informático. El conocimiento adquirido será el fundamento para elaborar una base de conocimiento sólida.

En la segunda fase, la del diseño, es especialmente importante la labor del ingeniero de conocimiento, es decir, la persona o equipo de personas que vayan a programar el SE. Durante este estadio del desarrollo del programa hay que definir cómo se va a representar el conocimiento y cuál va a ser la estructura funcional del SE⁹⁷.

Una vez que se han delimitado estos dos aspectos, hay que decidir, en el caso de crear un Modelo Basado en Reglas (MBRR), tal y como es nuestro caso, qué tipo de reglas se van a utilizar y cómo se van a encadenar en el motor de inferencia.

En la tercera fase de desarrollo, creación de prototipo, se elabora “una pequeña versión del sistema experto diseñada para probar suposiciones acerca de cómo codificar los hechos y las relaciones y de cómo son las estrategias de inferencia del experto”⁹⁸. Gracias a la elaboración de esta versión se podrá ver si la herramienta elegida para el desarrollo del SE es la adecuada o si, por el contrario, hay que realizar cambios en la misma.

La creación de este prototipo, según la experta en la materia Rauch-Hindin, consta de cinco fases claramente delimitadas, si bien dependientes entre sí⁹⁹:

1. Identificar e introducir el objeto
2. Codificar las reglas de discernimiento
3. Escribir las preguntas del usuario y las respuestas aceptables
4. Ampliar la estructura básica
5. Añadir conocimientos adicionales

El siguiente paso sería la validación, fase en la cual se realiza un “field test”, entendido como la puesta en marcha del prototipo a través de su aplicación en el

⁹⁷ GRZYMALA-BUSSE, Jerzy W.: *Managing uncertainty in expert systems*, Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, 1990, p. 7.

⁹⁸ HARMON, Paul y KING, David: *Sistemas Expertos Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial*, op. cit. p. 256.

⁹⁹ RAUCH-HINDIN: Wendy B.: *Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial, la ciencia y la industria*, Ediciones Díaz de Santos S. A., Madrid, 1989, p. 168.

mundo real. Además, este proceso de validación servirá para perfeccionar e implementar el prototipo para lograr un SE que funcione de forma óptima¹⁰⁰.

A partir de este momento, el producto ya puede ser usado por personas ajenas al proyecto y que desconozcan el funcionamiento interno del mismo. Es decir, el SE se enfrenta a su reto real: encontrar soluciones al problema planteado y ver si se pueden validar. Además, con la puesta en marcha de este producto final comenzará una interactividad entre el propio programa y el usuario, es decir, que a partir de este momento podemos realmente hablar del uso del interfaz de usuario el cual permitirá modificar e implementar el propio SE según las nuevas necesidades que vayan apareciendo.

Durante las últimas páginas hemos descrito y analizado un planteamiento de desarrollo de SE que se fundamentaba en cuatro pasos, pero existen otras opiniones que consideran que hacen falta cinco fases para la elaboración de este tipo de programas. Tal es el caso de los autores Tasso y Guida que se fundamentan en las siguientes cinco fases ordenadas y cíclicas¹⁰¹:

1. Estudio de plausibilidad
2. Demostración del prototipo
3. Creación de un prototipo completo
4. Implementación del sistema e instalación
5. Operación, mantenimiento y extensión

Las primeras cuatro fases de este planteamiento coinciden de forma general con las planteadas por McFarmland y Parker, aunque difieren en el uso de conceptos a la hora de referirse a los procesos que hay que desarrollar. Aun así consideramos importante hacer hincapié en esta propuesta por la quinta fase: la de operación, mantenimiento y extensión, ya que los autores hacen referencia explícita a la aplicabilidad del SE por parte del usuario.

¹⁰⁰ MCFARLAND, Thomas D. y PARKER, Reese: *Expert System in Education and Training*, op. cit. p. 101.

¹⁰¹ TASSO, Carlo y GUIDA, Giovanni (ed.): *Topics in Expert System Design: Methodology and Design*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1989, p. 12.

Según los autores, este último punto del proceso es el que “asegura un uso mantenido y eficaz del sistema experto”¹⁰², conllevando tres claros objetivos¹⁰³ :

1. Puesta en marcha de un sistema operativo y de funcionamiento compatible
2. Corrección de posibles errores y carencias del modelo
3. Controlar el rendimiento del programa y recopilar los comentarios, críticas, problemas que expresen los usuarios respecto al SE.

Tal y como se ha destacado en la elaboración del modelo teórico de SE en el epígrafe II.2 de este capítulo, dotamos de especial importancia el resultado obtenido a través de la aplicación del SE, ya que este nos permitirá demostrar la utilidad del programa informático.

Bien es cierto que la puesta en marcha y el funcionamiento interno del SE es una labor de gran importancia, pero en el campo de conocimiento en el que se desarrolla nuestro trabajo y, por ende, esta tesis, el de las RRII, la conclusión a la que se llega a través de este proceso es la que realmente nos va a validar el modelo. Es dicho resultado el que nos va a permitir demostrar la utilidad práctica de los resultados y no solo el cómo se ha llegado hasta él.

¹⁰² *Ibidem*, p. 17.

¹⁰³ *Ibidem*, p. 17.

II. 4. TIPOLOGÍA DE SISTEMAS EXPERTOS

Para poder elaborar una distinción entre los diferentes tipos de SSEE con los que se ha estado trabajando en diversos campos de investigación hay que realizar una diferenciación en cuanto a la problemática que se va a abordar a través del SE. Fundamentalmente existen dos tipos de problemas: los problemas esencialmente deterministas y los problemas esencialmente estocásticos¹⁰⁴.

Entendemos por determinismo aquella “teoría que supone que la evolución de los fenómenos naturales está completamente determinada por las condiciones iniciales”¹⁰⁵, es decir que las soluciones/resultados de los problemas planteados son irrefutables y que no cuentan con excepciones.

Aplicando este tipo de problemas a los SSEE podemos afirmar que “los sistemas expertos que tratan problemas deterministas son conocidos como sistemas basados en reglas porque sacan sus conclusiones basándose en un conjunto de reglas utilizando un mecanismo de razonamiento lógico”¹⁰⁶.

Por el contrario, los problemas de tipo estocástico cuentan con un importante componente de incertidumbre. Por ello, según Castillo, Gutiérrez y Hadi:

En situaciones inciertas, es necesario introducir algunos medios para tratar la incertidumbre. Por ejemplo, algunos sistemas expertos usan la misma estructura de los sistemas basados en reglas, pero introducen una medida asociada a la incertidumbre de las reglas y a la de sus premisas. En este caso se pueden utilizar algunas fórmulas de propagación para calcular la incertidumbre asociada a las conclusiones.¹⁰⁷

Con la distinción en cuanto al tipo de problema que se plantea al SE, determinista o estocástico, se elegirá o bien un Modelo Basado en Reglas (MBRR) para los problemas deterministas, o bien un Modelo Probabilístico (MP) para los problemas de tipo estocástico.

¹⁰⁵ [en línea]: <http://lema.rae.es/drae/srv/search?key=determinismo>

¹⁰⁶ CASTILLO, Enrique; GUTIÉRREZ, José Manuel y HADI, Ali S.: *Sistemas Expertos y Modelos de Redes probabilísticas*, op. cit., p. 8.

¹⁰⁷ *Ibidem*, p. 8.

Por consiguiente, la primera elección a la hora de intentar resolver un problema utilizando la técnica de la simulación es la de elegir uno de los dos tipos de SE: el MBRR o MP, también conocido como Modelo Bayesiano¹⁰⁸. Si bien en ambos casos la estructura del SE es similar, existen diversas diferencias en cuanto al funcionamiento del mismo que comentaremos a continuación.

1. Una de las principales diferencias se encuentra en el contenido ubicado en la base de conocimiento. Mientras que en los Modelos Basados en Reglas (MMBBRR) dicho conocimiento se almacena en forma de hechos y reglas; en los Modelos Probabilísticos (MMPP) la base de conocimiento está compuesta por hechos y su estructura probabilística (sucesos dependientes)¹⁰⁹.
2. Otra diferencia clave se localiza en el motor de inferencia. Mientras que en los MMBBRR el motor de inferencia ejecuta reglas de inferencia, en los MMPP se aplica el Teorema de Bayes.

Pasaremos a explicar en detalle el funcionamiento del motor de inferencia en cada uno de estos dos modelos para ver cuáles son sus diferencias y cuál es la funcionalidad de cada uno de ellos respecto a la actividad que van a desarrollar.

En los MMBRR se utilizan reglas de inferencia¹¹⁰ que pueden seguir dos tipos de razonamiento: *Modus ponens*¹¹¹ y *Modus tollens*¹¹².

¹⁰⁸ Existe un tercer tipo de SE basado en casos, el cual “es capaz de usar conocimiento específico de experiencias anteriores para solucionar problemas nuevos. [...] El nuevo problema se soluciona encontrando un caso similar pasado y aplicándolo a la nueva situación”. En AAMODT, Agnar y PLAZA, Enric: “Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations and System Approaches, *AI Communications*, Vol. 7, Nº 1, marzo 1994, p. 39

[en línea]: http://www.idi.ntnu.no/emner/tdt4173/papers/Aamodt_1994_Case.pdf

¹⁰⁹ CASTILLO, Enrique y ÁLVAREZ, Elena: *Sistemas expertos aprendizaje e incertidumbres*, op. cit., p. 35.

¹¹⁰ La regla de inferencia “es un razonamiento que consta de dos enunciados y una conclusión. El primer enunciado establece una relación condicional entre dos sucesos (A y B). El segundo enunciado establece el grado de cumplimiento de la relación condicional para uno de los dos sucesos. La conclusión confirma el grado de cumplimiento del otro suceso y puede adoptar dos formas, una afirmativa y otra negativa”. En CALDUCH, Rafael: *Métodos y técnicas de investigación internacional*, op. cit. p. 56.

Además, en la labor del motor de inferencia en los MMBRR hay que tener en cuenta las estrategias de inferencia del SE que se traducen en un encadenamiento de reglas que puede ser hacia atrás (*backward chaining*), hacia delante (*forward chaining*) o un encadenamiento mixto. A través de este “razonamiento lógico”¹¹³ el sistema encadena las reglas programadas en el SE para llegar a obtener las conclusiones necesarias para dar respuesta a la problemática planteada.

A continuación explicaremos el funcionamiento básico de estos tres tipos de encadenamientos en los MMBRR.

El encadenamiento hacia atrás

se inicia con la determinación de los objetivos o conclusiones deseadas y determina si existen hechos que permitan deducir un valor para cada una de estas conclusiones u objetivos. Lógicamente, el programa se inicia con una base de hechos conocidos vacía y utiliza el listado de conclusiones u objetivos para comprobar su coincidencia con los valores de veracidad o falsedad contenidos en las reglas y poder determinar de este modo si la regla se activará o no. En el caso de que se active podrá especificar los datos o sucesos contenidos en sus premisas y los incorporará a la base de hechos, en caso contrario buscará en la siguiente regla y así sucesivamente.¹¹⁴

Una explicación más concreta, pero suficientemente exacta como para poder entender el funcionamiento del motor de inferencia en cuanto a la aplicación de reglas y al orden de las mismas, es la que plantean Dussauchoy y Chatain respecto al encadenamiento hacia atrás: “El sistema

¹¹¹ El *Modus ponens* es la conclusión afirmativa de la relación entre los dos sucesos. Así por ejemplo: si P entonces Q, si se da P entonces se da Q. en VELLEMAN, Daniel J.: *How To Prove It: A Structured Approach*, Cambridge University Press, Cambridge, 2006, pp. 102-103.

¹¹² El *Modus tollens* es la conclusión negativa de la relación entre los dos sucesos. Así por ejemplo: si P entonces Q, si no se da P entonces no se da Q. *Ibidem*, p. 103.

¹¹³ SCHRODT, Philip A.: “Patterns, Rules and Learning: Computational Models of International Behavior” Version 2.0.

[en línea]: eventdata.parusanalytics.com/papers.dir/Schrodt.PRL.2.0.pdf, p. 98.

¹¹⁴ CALDUCH, Rafael: *Métodos y técnicas de investigación internacional*, op. cit. p. 172.

parte del objetivo (o de una hipótesis de objetivo) y trata de volver a los hechos para demostrarlos”¹¹⁵.

Por su parte, en un modelo que utilice el encadenamiento de reglas hacia delante se

parte de un grupo de hechos o datos conocidos a través de la observación y opera considerando cada regla para comprobar si los datos o sucesos satisfacen las premisas, lo que supone que la aplicación de los datos o sucesos a las premisas tiene que hacerlas verdaderas. Cuando ello ocurre la regla es ejecutada (activación o disparo de la regla), obteniéndose nuevas conclusiones que se emplean para activar otras reglas y así sucesivamente hasta alcanzar unas conclusiones finales, es decir hechos o sucesos que ya no activan las reglas del sistema y que pasan a incorporarse a la base de hechos o datos del sistema¹¹⁶.

Según las palabras de Dussauchoy y Chatain, cuando se utiliza un razonamiento hacia delante “el motor de inferencia parte de los hechos para llegar a los resultados”¹¹⁷.

En el razonamiento de encadenamiento hacia atrás se parte de los resultados obtenidos para verificar los hechos que se han dado para llegar a dicha conclusión, mientras que en el encadenamiento hacia delante se parte de los hechos verificados para llegar a los resultados. Metodológicamente hablando podemos identificar el encadenamiento hacia atrás con la deducción y el encadenamiento hacia delante con el método inductivo.

Plantaremos un problema sencillo del ámbito del hogar para explicar, gráfica y funcionalmente, la diferencia entre el encadenamiento hacia atrás y hacia delante.

Partimos de un problema inicial: el grifo de la cocina está goteando. Se trata de un grifo que funciona a presión y que gotea por la parte de la manija del

¹¹⁵ DUSSAUCHOY, Alain y CHATAIN, Jean Noël: *Sistemas Expertos Métodos y Herramientas*, op. cit., p. 50.

¹¹⁶ CALDUCH, Rafael: *Métodos y técnicas de investigación internacional*, op. cit. p. 172.

¹¹⁷ DUSSAUCHOY, Alain y CHATAIN, Jean Noël: *Sistemas Expertos Métodos y Herramientas*, op. cit., p. 47.

grifo. Lo que queremos es encontrar una solución a nuestro problema: el grifo gotea.

Formulando esta problemática en reglas de producción la representación sería la siguiente¹¹⁸:

Regla 1:

SI el grifo de la cocina gotea

Y se trata de un grifo a presión

Y la fuga se encuentra en la manija

ENTONCES debe apretar la junta de retén del grifo.

Regla 2:

SI hemos apretado la junta de retén

Y el grifo sigue goteando

ENTONCES hay que cambiar la junta de retén.

Las dos reglas que hemos planteado van ligadas, tanto que la primera conclusión ENTONCES es muy similar a la preposición SI de la segunda regla. La aproximación a la solución es la que nos va a decir si se utiliza un encadenamiento hacia delante o hacia atrás.

En el caso de que se parta de la solución enunciada en la Regla 2 “hay que cambiar la junta de retén” el motor de inferencia tendrá que buscar las reglas para comprobar si la solución planteada es válida para el problema enunciado inicialmente. En este caso se está utilizando el encadenamiento hacia atrás ya que se parte de la solución para averiguar el problema inicial.

¹¹⁸ SCHMULLER, Joseph: *Jetzt lerne ich UML: Einstieg in die visuelle Objektmodellierung*, Markt + Technik Verlag, Múnich, 2003, pp. 401-403.

Por el contrario, si el motor de inferencia parte de la premisa SI y se llegaría a la conclusión ENTONCES; es decir, sabemos que el grifo gotea y lo que hace el SE es ver cuál es la solución más apropiada en base a ese planteamiento.

El tercer tipo de razonamiento, el encadenamiento mixto, combina los encadenamientos hacia delante y hacia detrás ya que “las reglas llaman simultáneamente a la parte premisa, es decir, a los hechos establecidos (adelante) y a los hechos por establecer (atrás)”¹¹⁹.

Como hemos resaltado al comienzo de este segundo punto, en los MMPP, a diferencia de los basados en reglas, se aplica el Teorema de Bayes para el correcto funcionamiento del motor de inferencia. Esto significa que se realiza una evaluación de probabilidades condicionales para el correcto funcionamiento del motor de inferencia¹²⁰.

El teorema de Bayes se representa con la siguiente formulación:

$$P(A_i/B) = \frac{P(A_i) * P(B/A_i)}{\sum P(A_i) * P(B/A_i)}$$

Lo que se explica a partir de esta formulación es “qué grado de credibilidad (probabilidad) deberían tener diferentes conclusiones a partir de la evidencia observada”¹²¹. Es decir, este teorema nos indica la probabilidad de que haya ocurrido B habiéndose dado A o a la inversa.

3. Respecto al módulo de explicaciones, en los MMBRR se aplican las reglas activas utilizadas anteriormente en el motor de inferencia, mientras que el MP se basa en las probabilidades condicionales que se ejecutaron en el motor de inferencia.

¹¹⁹ *Ibidem*, p. 52.

¹²⁰ CASTILLO, Enrique y ÁLVAREZ, Elena: *Sistemas expertos aprendizaje e incertidumbres*, op. cit., p. 35.

¹²¹ GABUCIO CERREZO, Fernando (coord.): *Psicología del pensamiento*, Editorial UOC, Barcelona, 2005, p. 196.

4. Existe otra diferencia entre estos dos modelos de SE en el interfaz de explicaciones: mientras que en los MMBRR este interfaz conoce el funcionamiento y las reglas que se han ejecutado en el motor de inferencia, en el caso de los MMPP conocer existe una codificación de las variables utilizadas en este proceso.

Por ello, la explicación se basa en los valores relativos de las probabilidades condicionales que miden los grados de dependencia. Una comparación de las probabilidades condicionales para diferentes conjuntos de evidencia permite analizar sus efectos en las conclusiones.¹²²

5. En relación con el funcionamiento del módulo de adquisición de conocimiento hay que destacar que en los SSEE basados en reglas se hace uso de las reglas utilizadas a lo largo de todo el proceso de deducción y de los Factores de Certeza (FFC)¹²³ que se derivan de la aplicación de dichas reglas, mientras que en los MP este módulo trabaja con los espacios probabilísticos y parámetros¹²⁴.
6. Por último, existe una clara diferencia en lo que Castillo y Álvarez denominan “subsistema de aprendizaje”¹²⁵ que viene a ser la fase en la que se pueden realizar los cambios en el SE para un mejor funcionamiento o por necesidades de actualización respecto a la realidad con la que tratan.

En los MMBRR esto se realiza a través de la incorporación de nuevas reglas y realizando cambios respecto a los factores de certeza. En los MP hay que realizar un cambio en la estructura del modelo probabilístico utilizado¹²⁶.

¹²² CASTILLO, Enrique, GUTIÉRREZ, José Manuel y HADI, Ali S.: *Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas*, op. cit., p. 109.

¹²³ El Factor de Certeza mide el nivel de creencia respecto a las reglas utilizadas en el MBR; utilizándose una representación numérica de -1 (creencia nula) y +1 (creencia total). “la creencia en la Hipótesis cuando se observa la Evidencia” <http://www.cisiad.uned.es/books/razaprox.pdf> representa la certidumbre. Varían Entre -1 (creencia nula) y 1 (creencia absoluta)

¹²⁴ CASTILLO, Enrique, GUTIÉRREZ, José Manuel y HADI, Ali S.: *Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas*, op. cit. p. 34.

¹²⁵ *Ibidem*, p. 35.

¹²⁶ CASTILLO, Enrique, GUTIÉRREZ, José Manuel y HADI, Ali S.: *Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas*, op. cit. p. 110.

Respecto al campo de investigación que nos ocupa en esta tesis doctoral tenemos que destacar que en el ámbito de las RRII, en la mayoría de los casos se utilizan los MMBRR. Esta elección, tal y como explica Calduch, se debe principalmente a que

uno de los principales obstáculos metodológicos en nuestra disciplina, radica en la dificultad de cuantificar con precisión algunos sucesos o variables esenciales. Semejante dificultad resulta insalvable cuando a la ocurrencia de dichos sucesos o variables, debemos asociar una determinada probabilidad. Por esta razón, los sistemas expertos basados en reglas con asignación de factores de certeza a las mismas, constituyen, a nuestro juicio, el instrumento idóneo de programación para realizar simulaciones de fenómenos internacionales.¹²⁷

Debido a estas dificultades, hemos decidido centrarnos, tanto en la descripción como en el análisis de los SSEE que se aplican en el ámbito de la política internacional o las RRII, en aquellos que se basen en reglas. Igualmente, el SE que desarrollamos y que lleva el nombre de TYR será un MBRR.

¹²⁷ CALDUCH, Rafael: *Métodos y técnicas de investigación internacional*, op. cit. p. 168.

II.5. BREVE CONTEXTUALIZACIÓN DE LOS SSEE

Los SSEE comenzaron a usarse en los años setenta del siglo pasado; realmente, su aparición se debió al “fracaso” del llamado General Problem Solver (GPS)¹²⁸. Este programa, desarrollado en 1957 por Newell, Shaw y Simon permitía describir

procesos en términos de declaraciones como “si está del lado opuesto de la puerta, atraviésela” o de manera más técnica, “si la diferencia entre lo que tiene y lo que desea es de clase D, entonces trate de cambiar la diferencia mediante el método M”.¹²⁹

En palabras de los propios autores, el GPS “fue diseñado para simular la conducta de algunos sujetos humanos específicos al solucionar problemas de lógica simbólica”¹³⁰.

Hay que destacar que el uso de esta lógica simbólica en el GPS, junto con el lenguaje de programación instaurado por McCarthy, LISP¹³¹, revolucionó el lenguaje de programación, ya que antes de la puesta en marcha del GPS la programación por ordenador únicamente utilizaba números para sus procesos.

Gracias al uso del lenguaje simbólico, los procesos llevados a cabo por el ordenador, a través del GPS, lograban una simulación más cercana al pensamiento humano que aquellos basados únicamente en números.

¹²⁸ El proyecto GPS se desarrolló “con el objetivo de programar ordenadores para que buscaran de forma inteligente sus propias soluciones a los problemas” en COPELAND, Brian Jack: *Alan Turing: El pionero de la era de la Información*, Turner Publicaciones, Madrid, 2012, p. 216

¹²⁹ GUTIERREZ, Claudio y CASTRO, Marlene: *Informática y Sociedad*, EUNED, San José de C.R., 1996, p. 211.

¹³⁰ NEWELL, Allen y SIMON, Herbert: “Simulación del pensamiento humano”, *Teorema*, vol. IV/3 (1974), p. 349.

¹³¹ LISP, nombre que se deriva de *LISt Processing* (Proceso de Listas) fue el primer lenguaje de programación homoicónico usado para resolver problemas simbólicos y no solo numéricos. En KUMAR, Ela: *Artificial Intelligence*, I.K. International Publishing House, Nueva Delhi, 2008, p. 7.

De hecho, el GPS tenía que contar con tres etapas básicas para poder solucionar dichos problemas¹³²:

1. Fijar la diferencia entre el estado existente del problema y las posibles soluciones.
2. Elección y puesta en práctica del operador que reduzca o elimine la diferencia entre los dos estados.
3. Dividir el problema en tantos sub-problemas como exija el programa.

Otra de las aportaciones sin las que hoy no estaríamos en posesión del conocimiento de IA que tenemos es que Newell, Shaw y Simon plantearon varias características novedosas de su programa, tales como la separación entre el contenido del problema y la técnica aplicada para su solución, logrando de esta forma aumentar la generalidad del programa o el uso del análisis de medios-fines¹³³ en el mismo¹³⁴.

Así, respecto a la representación de los problemas iniciales el programa

opera sobre problemas que pueden formularse en términos de objetos y operadores. Un operador es algo que puede aplicarse a ciertos objetos para producir objetos distintos (como una sierra aplicada un tronco produce tablas). Los objetos pueden describirse por medio de las características que poseen (las tablas tienen dos lados planos y paralelos), y por medio de las diferencias, entre pares de objetos (una tabla de 2 por 4 pulgadas es más gruesa que una tabla de 1 por 4).¹³⁵

¹³² ÁLVAREZ MUNÁRRIZ, Luis: *Fundamentos de Inteligencia Artificial*, Secretariado de Publicaciones, Murcia, 1994, p. 63.

¹³³ El análisis medios-fines “consiste en descomponer el problema en sub-metas, seleccionar una a una las metas establecidas, hasta completar la tarea; esta estrategia propone obtener un objetivo o meta a la vez”. En MONTEALEGRE, Rosalía: “La solución de problemas cognitivos. Una reflexión cognitiva sociocultural”, *Avances en Psicología Latinoamericana*, julio-diciembre, vol. 25, 2007, p. 28.

¹³⁴ NEWELL, Allen, SHAW, Joseph Carl y SIMON, Herbert: *Report on a general problem-solving program*, http://129.69.211.95/pdf/rand/ipl/P-1584_Report_On_A_General_Problem-Solving_Program_Feb59.pdf, Summary, p.1.

¹³⁵ NEWELL, Allen y SIMON, Herbert: “Simulación del pensamiento humano”, *op. cit.* p. 351.

A raíz de esta comparación, los pioneros de la IA ya usaban, si bien con otro tipo de expresión, lo que en el SE venimos a llamar “base de conocimiento” y “base de hechos”.

Aunque Newell, Shaw y Simon no lograron crear un programa capaz de resolver todos los problemas que le plantearon al ordenador, sí fueron capaces de crear un programa que revolucionó la programación por ordenador y que confeccionó la base para la puesta en marcha de los SSEE.

De hecho, según Cuenca, se pueden diferenciar cuatro etapas en la evolución y aplicación de este tipo de software a lo largo del siglo XX¹³⁶:

1. La etapa de invención del concepto (1965-1970), lapso de tiempo en el que se desarrollan los programas pioneros (DENDRAL, MACSYMA¹³⁷).
2. La etapa de prototipos abarca la década de los años 70, llegando hasta 1977. Durante estos años se ponen en marcha los prototipos MYCIN, PROSPECTOR¹³⁸, HEARSAY y CASNET¹³⁹.
3. La etapa de experimentación se alarga hasta 1981. Es en esta fase de evolución en la que los SSEE se empiezan a aplicar a nuevos campos de conocimiento. A partir de esta etapa se introducen mejoras de gran importancia, tales como los *shells* y otras herramientas de programación¹⁴⁰. Además, se empieza a utilizar el Sistema TEIRESIAS¹⁴¹.

¹³⁶ ÁLVAREZ MUNÁRRIZ, Luis: *Fundamentos de Inteligencia Artificial*, op. cit. p. 93.

¹³⁷ MACSYMA, desarrollado desde 1968 es “el programa más potente de todos los desarrollados para resolver problemas algebraicos en ordenador”, en HARMON, Paul y KING, David: *Sistemas Expertos Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial*, op. cit. p. 181.

¹³⁸ PROSPECTOR es un programa creado para la investigación geológica, gracias al cual se descubrió un yacimiento de molibdeno de gran valor económico. en ADARRAGA, Pablo y ZACCAGNINI, José L.: “Sistemas expertos y psicología cognitiva: una visión general” [en línea] <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=66026> p. 116.

¹³⁹ CASNET es un sistema experto que se aplica en el ámbito de la medicina. Sirve para el diagnóstico y tratamiento de afecciones de glaucoma. en JOHNSON, L. y KERAVNOU, E.T.: *Expert System Technologies A guide*, Abacus Press, Cambridge, 1985, p. 115.

¹⁴⁰ *Ibidem*, p. 117.

¹⁴¹ Este sistema permitía un mejor diálogo entre el experto y el ordenador. Gracias a él se perfeccionaba el sistema a la vez que se generaban nuevas reglas y se criticaban las ya existentes, ampliando de esta forma la base de conocimiento. En BRAMER, M.A.: “A survey and critical review of expert systems research”, en MICHIE, Donald (ed.): *Introductory Readings in Expert Systems*, Gordon and Breech Science Publishers, Nueva York, 1982, p. 14.

4. La etapa de difusión industrial comienza a principios de los años 80 del siglo pasado, coincidiendo con la aparición de la primera empresa dedicada a la ingeniería del conocimiento, Teknowledge.

Otros autores, como por ejemplo Hartmann, consideran que es necesario hacer una distinción a partir de 1980. Según el autor la fase de la “difusión industrial” hay que situarla entre 1980 y 1990, etapa que acabó con un desencanto respecto a la difusión masiva de los SSEE. A partir de 1990, según este mismo autor, conviene referirse a los SSEE como sistemas integrados y a partir de 1995 como sistemas de asistencia inteligentes¹⁴².

Respecto a la fase a la que nos referimos como de invención del concepto, hay que destacar la importancia de las aportaciones de Feigenbaum, ya que fue pionero en la aplicación de los sistemas de producción en el ámbito de los SSEE. De hecho, fue él quien

convenció a los diseñadores de DENDRAL, un programa diseñado para identificar compuestos orgánicos en espectrógrafos de masas, de usar reglas de producción en vez de una arquitectura y un lenguaje de programación convencional.¹⁴³

Gracias al éxito de DENDRAL y más delante de MYCIN, los sistemas de producción empezaron a utilizarse en otros campos, especialmente en el diagnóstico médico, a la vez que se desarrollaron *shells* y otros tipos de lenguajes de programación para facilitar la labor informática a la hora de crear diferentes SSEE.

La creación de estos nuevos lenguajes de programación hizo posible que “la IA abandonara los laboratorios y se llevara al mundo de los negocios y de la industria”¹⁴⁴. De esta forma, poco a poco, los SSEE se fueron aplicando a un número cada vez mayor de campos de investigación, tales como la economía, la sociología o la biología.

¹⁴² HARTMANN, Karsten: *Einführung in Expertensystem-Technologie*, op. cit. p. 21.

¹⁴³ MEFFORD, Dwain: “Rule-Based, Case-Based, and Explanation-Based Models”, en HUDSON, Valerie M. (ed): *Artificial Intelligence and International Politics*, op. cit. p. 61.

¹⁴⁴ *Ibidem*, p. 61.

II.5.1. Ejemplo de MBRR: MYCIN

El hecho de que dedique un epígrafe a un SE que no se centre en el ámbito de estudio de las RRII, sino en el de la medicina, tiene una explicación: tanto la estructura como el funcionamiento de MYCIN es relevante para poder entender el funcionamiento y la finalidad de un SE para poder aplicarlo más tarde a otros ámbitos, tales como el de la política internacional.

MYCIN es el más conocido de los primeros SSEE, entendidos como programas informáticos capaces de solucionar problemas aportando explicaciones de cómo habían llegado a la solución de los problemas planteados.

Unos años antes, a mediados de la década de los 60, los científicos Feigenbaum, Buchanan y Lederberg, desarrollaron el DENDRAL, “un sistema experto en química diseñado para examinar un análisis espectroscópico de una molécula desconocida y predecir qué estructuras moleculares pueden explicar este análisis”¹⁴⁵.

Pero fue MYCIN el que logró captar la atención de los científicos, convirtiéndose así en el pilar de los futuros SSEE. Este programa, desarrollado entre 1972 y 1980 por especialistas de la Universidad de Stanford, apoyaba a los médicos en el diagnóstico de la meningitis y enfermedades de la sangre, causadas por infecciones bacterianas¹⁴⁶.

Gracias a la puesta en marcha de este SE los médicos de cabecera podían obtener un diagnóstico fiable sin tener que llevar a cabo diferentes pruebas analíticas que ralentizaban de forma considerable (entre 24 y 48 horas) el diagnóstico de la enfermedad¹⁴⁷.

El sistema de representación usado por los creadores del MYCIN fue el de un MBRR. El programa contaba con aproximadamente 500 reglas que, a través de una

¹⁴⁵ HARMON, Paul y KING, David: *Sistemas Expertos Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial*, op. cit. p. 180.

¹⁴⁶ LIEN, Yao-Nan: “Operating Systems”, en CHEN, Wai-Kai: *The electrical engineering handbook*, Elsevier Academic Press, Londres, 2005, pp. 367-368.

¹⁴⁷ HARMON, Paul y KING, David: *Sistemas Expertos Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial*, op. cit. pp. 19-20.

estrategia de encadenamiento hacia atrás, lograba dar soluciones a los problemas planteados¹⁴⁸. La principal idea de este software consistía en

asignar a cada regla “Si E entonces H” un factor de certeza CF (E, H). Aunque estos factores se definieron a partir de las probabilidades P (H) y P (H/E), en la práctica se obtenían directamente de estimaciones de expertos humanos y se combinaban según las reglas *ad hoc*, sin tener en cuenta los principios de la teoría de la probabilidad.¹⁴⁹

A continuación presentaremos un ejemplo ilustrador del funcionamiento de MYCIN¹⁵⁰.

Al tratarse de un MBRR el SE se fundamentará en plantear una serie de preguntas a las que el usuario tendrá que responder dentro de las opciones que le da el programa. Debido a la importancia de diferenciar las respuestas del facultativo de las preguntas y conclusiones del programa se usarán elementos tipográficos para facilitar su distinción.

Así, las respuestas del facultativo irán subrayadas, mientras que las preguntas o comentarios realizados por el programa irán en **negrita**. Las explicaciones de los autores irán en *cursiva*.

El programa empieza solicitando cuatro datos del paciente: nombre, edad, sexo y raza:

1. Por favor introduzca los del paciente

Nombre	Edad	Sexo	Raza
<u>Sally</u>	<u>42 años</u>	<u>Mujer</u>	<u>Caucásica</u>

¹⁴⁸ LIEN, Yao-Nan: “Operating Systems”, en CHEN, Wai-Kai: *The electrical engineering handbook*, *op. cit.*, p. 368.

¹⁴⁹ DÍEZ VEGAS, Francisco Javier: *Aplicaciones de los Modelos Gráficos Probabilistas en Medicina en Sistemas expertos probabilísticos*, en GÁMEZ MARTÍN, José Antonio y PUERTA CALLEJÓN, José Miguel (coordinadores): *Sistemas Expertos Probabilísticas*, *op. cit.* p. 240.

¹⁵⁰ Nos basamos en el ejemplo dado por Harmon y King en HARMON, Paul y KING, David: *Sistemas Expertos Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial*, *op. cit.* pp. 21-25, si bien hemos introducidos algunos cambios y eliminado algunos errores.

2. ¿Se han obtenido cultivos positivos de SARA (sic)¹⁵¹?

NO

3. ¿Existe un cultivo en curso de SALLY?

SÍ

4. Material	Fecha	¿Examinada	Método de toma
	de toma	la muestra ?	(sólo orina o esputo)

<u>LCR¹⁵²</u>	<u>03/06/1975</u>	<u>SÍ</u>	<u>N/D¹⁵³</u>
--------------------------	-------------------	-----------	--------------------------

5. Teñido en la muestra: (escriba NINGUNO si no se ha visto ningún organismo en la muestra)

NINGUNO

La segunda parte del análisis llevado a cabo por el programa busca la existencia de resultados positivos en los cultivos. Como en el caso presentado la respuesta del médico es negativa en la pregunta 2, el sistema sigue con las preguntas, llegando a la pregunta 13:

13. ¿Ha presentado SALLY recientemente síntomas como fuertes dolores de cabeza u otros síntomas neurológicos anormales?

SÍ

14. ¿Ha sufrido SALLY recientemente de episodios neurológicos anormales (rigidez de nuca, coma o convulsiones) documentados?

SÍ

¹⁵¹ En el libro de Harmon y King figura el nombre de SARA. Consideramos el uso de este nombre como error de bulto, ya que el nombre de la paciente dentro del modelo de estudio es SALLY. *Ibidem*, pp. 21-25.

¹⁵² Líquido cefalorraquídeo.

¹⁵³ Hemos traducido el acrónimo N/A tal y como figura en el texto original en inglés por No Disponible N/D al traducirlo al castellano.

Las preguntas 13 y 14 planteadas por MYNCIN para el diagnóstico de la paciente tienen en cuenta elementos usados para el diagnóstico por síntomas. Al recibir una respuesta positiva en la pregunta 14, MYCIN llega a su primera conclusión: la paciente probablemente tenga meningitis. A continuación seguirá formulando preguntas para saber qué organismo es el causante de la infección meningítica.

34. ¿Se ha contagiado de la meningitis en el hospital?

NO

35. ¿Aparece en la historia de SALLY la enfermedad epiglotitis?

NO

36. ¿Aparece en la historia de SALLY la enfermedad otitis media?

NO

37. ¿Ha visitado una zona endémica de coccidiomicosis?

NO

38. ¿Es SALLY una paciente de la unidad de quemados?

¿POR QUÉ?

El hecho de que el facultativo responda con POR QUÉ a la pregunta 38 del programa lleva a MYCIN a explicar qué entiende el programa por la respuesta POR QUÉ en este contexto y seguidamente explica al usuario para qué va a ser utilizada la información obtenida. Para ello el software muestra la regla heurística que estaba utilizando, en este caso la regla 578, y explica la utilidad de la información.

[¿POR QUÉ es importante saber si SALLY ha sufrido graves quemaduras?]

[4.0] Esto ayudará a determinar en qué organismos (diferentes a las muestras y cultivos) podrían causar la infección.

Ya se ha establecido que:

[4.1] la infección que necesita ser tratada es meningitis

[4.2.] no se ha observado organismos en el teñido del cultivo pendiente de LCR (CULTIVO -1), y

[4.3.] el causante de la infección puede ser bacteriano.

Por ello,

si [4.4] SALLY ha sufrido graves quemaduras

entonces existe se puede sugerir que Pseudomonas-aeruginosa es uno de los organismos que puede estar causando la infección [REGLA 578]

[vuelta a la pregunta 38...]

¿Cómo [4.3]?

El facultativo quiere saber cómo ha llegado MYNCIN a la conclusión de que se trata de una infección bacteriana. Plantear al programa la pregunta ¿Cómo 4.3? es una petición que el usuario del programa hace al software para que él explique cómo ha llegado a la condición [4.3] de la regla que está usando.

MYCIN responde que ha entendido la pregunta y luego informa de las reglas que ha usado para llegar a esa apreciación. El especialista puede seguir formulando ¿Cómo? [4.5] para que el programa explique qué regla heurística es la REGLA 500 y cómo se ha verificado. A través del encadenamiento de ¿Cómo? el especialista puede ver cuáles han sido las reglas utilizadas durante todo el proceso y llegar hasta el comienzo de la consulta.

Hay que tener en cuenta que MYNCIN cuenta con cuatro reglas que apoyan la posibilidad de que se trate de una infección bacteriana y sólo una quinta que propone (con un factor de certeza de 0.17) que la infección no sea bacteriana.

MYCIN toma en consideración las dos posibilidades, pero de momento está considerando la más probable.

[¿Cómo se concluye que la infección pueda ser de tipo bacteriana?]

Las siguientes REGLAS concluyen que la infección es bacteriana:

REGLA	SÍ	NO
[4.5] 500	(0.4) ¹⁵⁴	
[4.6] 501		(0.17)
[4.7] 502	(0.1)	
[4.8] 503	(0.42)	
[4.9] 504	(0.28)	

Después de esta aclaración pasamos a la fase final del diagnóstico de SALLY y a la prescripción médica, que en este caso serían antibióticos.

Mis recomendaciones terapéuticas están diseñadas para un tratamiento para organismos que o bien son muy parecidos, o no tanto, pero cuya presencia puede tener un efecto importante en la elección de una terapia.

¹⁵⁴ El número indica el Factor de Certeza (FC) que se le otorga a cada una de las Reglas. Como ya se ha señalado en el epígrafe anterior, el FC se define como el grado de confirmación, más exactamente como la diferencia que existe entre la creencia a favor (Measure of Belief; MB) y la creencia en contra (Measure of Disbelief; MD). Un FC positivo indica que la evidencia confirma, de forma total o parcialmente, la hipótesis ya que $MB > MD$. En DÍEZ, F.J.: *Introducción al Razonamiento Aproximado* [en línea] <http://www.cisiad.uned.es/books/razaprox.pdf> pp. 81-83.

En el caso de MYCIN el FC de la Regla se identifica con m y toma valores situados entre [-1 y 1] en HUETE, Juan F.: "Sistemas Expertos Probabilísticos: Modelos Gráficos", en GÁMEZ MARTÍN, José Antonio y PUERTA CALLEJÓN, José Miguel (coordinadores): *Sistemas Expertos Probabilísticos*, op. cit. pp. 10-11.

Es importante tener en cuenta la(s) siguiente(s) posible(s) infección(es) y organismo(s) asociado(s):

INFECCIÓN -1 es MENINGITIS

+ <ITEM -1> MYCOBACTERIUM- TUBERCULOSIS

[solo por evidencias clínicas]

+ ... COCCIDIOIDES [solo por evidencias clínicas]

+ ... CRIPTOCOCCUS [solo por evidencias clínicas]

43. ¿Tiene SALLY alergia a algún agente antimicrobiano?

NO

[Considerando ETHAMBUTOL- INH y RIFAMPICINA como tratamientos para la INFECCIÓN -1]

44. ¿Está SALLY embarazada o en periodo de lactancia?

NO

45. ¿Tiene usted razones para sospechar que SALLY sufra de daños renales?

NO

46. Peso de SALLY en kilogramos (o en <libras>)

51.3

A partir de estas 46 preguntas MYCIN realiza una prescripción (REC -1), explica sus razonamientos y propone la realización de pruebas y procedimientos adicionales:

[REC -1] Mi prescripción preferente es la siguiente: Administrar la siguiente de forma combinada:

- **ETHAMBUTOL**

Dosis: 1.289 (13.0 pastillas de 100 mg) c/24 horas VO¹⁵⁵ durante 60 días [calculado bajo la base de 25 mg/kg] después 770 mg (750 pastillas de 100 mg) c/24 horas [calculado bajo la base de 15mg/kg]

[La dosis debe ser modificada en caso de fallo renal. Sólo se puede ajustar la dosis a través de la obtención de aclaramiento de creatinina en suero o sérum de creatinina]

Comentarios: Se recomienda realizar periódicamente un examen oftalmológico para detectar neuritis óptica.

- **INH**

Dosis: 513 mg (5.0 pastillas de 100mg) c/24 horas VO [calculado bajo la base de 10 mg/kg]

- **RINFAMPICINA**

Dosis: 600 mg c/24 horas VO

Comentarios: Administrar en ayunas

Aunque sospecho que la patología se deba a hongos, debido a la falta de evidencias concluyentes no voy a prescribir una terapia antimicótica en este caso. Por favor, obtenga muestras de cultivos micóticos, tuberculosis y virales, citología VDRL (sangre y LCR), antígeno cryptococcal (sangre y LCR), títulos virales (sangre y LCR). Se aconseja realizar una consulta en enfermedades infecciosas.

¹⁵⁵ VO equivale a Vía Oral.

El hecho de que el programa sea capaz de dar un diagnóstico médico y una pauta de medicación lleva a Newell, uno de los creadores de GPS, a considerar a MYCIN

un experto en un arte de la dimensión humana (diagnosís de una infección bacteriana y su tratamiento) y opera como un especialista (un médico da una descripción de un paciente a MYCIN y este devuelve un asesoramiento al médico).¹⁵⁶

De hecho, en 1979 se realizó un estudio para comprobar la fiabilidad de los resultados obtenidos por MYCIN. El estudio se realizó en dos fases: en la primera diferentes médicos¹⁵⁷ y el programa informático prescribieron tratamiento para los diez casos de estudio (en adelante nos referiremos a ellos como prescriptores)¹⁵⁸; mientras que en la segunda fase, especialistas en enfermedades infecciosas, evaluadores, evaluaron los tratamientos sin saber que uno de los especialistas consultados era un software desarrollado por expertos en la materia.

Los datos usados como input por MYCIN solo fueron aquellos que figuraban en el historial clínico del paciente, datos a los que los médicos también tuvieron acceso¹⁵⁹.

Los cinco especialistas ajenos a la Universidad de Stanford, nos referiremos a ellos como evaluadores, tuvieron que valorar los tratamientos prescritos por los facultativos y MYCIN para los diez casos de estudio. Los resultados de los evaluadores tenían que clasificarse dentro de las siguientes categorías:

1. Equivalente: la recomendación del evaluador es idéntica o equivalente a la propuesta por los prescriptores.

¹⁵⁶ NEWELL, Allen: "Foreword Rule Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project by Bruce G. Buchanan and Edward H. Shortliffe" [en línea] <http://digitalcollections.library.cmu.edu/awweb/awarchive?type=file&item=360571> p. 2.

¹⁵⁷ El grupo de especialistas estaba compuesto por cinco expertos en diagnóstico de enfermedades infecciosas, a un *senior postdoc* en enfermedades infecciosas, a un *MIR senior* de medicina y a un estudiante de último año de medicina.

¹⁵⁸ Los diez casos de estudio eran pacientes de hospitales del condado adscritos a la Universidad de Stanford que padecían meningitis. El médico que seleccionó los casos no estaba familiarizado con el *modus operandi* de MYCIN. En YU, Victor L.: "Antimicrobial selection of a computer A blinded Evaluation by Infectious Diseases Experts", *Journal of the American Medical Association*, Vol. 242, Sept. 21, 1979. [en línea] http://171.67.213.129/file_asset/index.php/885/BMIR-1979-0032.pdf p. 1280

¹⁵⁹ *Ibidem*, pp. 1280-1282.

2. Alternativa aceptable: la recomendación fue distinta aunque el evaluador la considere aceptable como alternativa.

3. No aceptable: el evaluador considera la recomendación como inapropiada.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:¹⁶⁰

Tabla 2: RESULTADOS MYCIN

Prescriptor	Nº (%) de recomendaciones catalogadas como alternativa aceptable* por un evaluador (n=80)	Nº (%) de recomendaciones catalogadas como alternativa aceptable* por la mayoría de los evaluadores (n=10)	Nº (%) de recomendaciones catalogadas como no aceptable por la mayoría de los evaluadores (n=10)
MYCIN	52 (65)	7 (70)	0
Facultativo 1	50 (62.5)	5 (50)	1
Facultativo 2	48 (60)	5 (50)	1
Tratamiento aplicado	46 (57.5)	7 (70)	0
Post doc senior	48 (60)	5 (50)	1
Facultativo 3	46 (57.5)	4 (40)	0
Facultativo 4	44 (55)	5 (50)	0
MIR	36 (45)	3 (30)	1
Facultativo 5	34 (42.5)	3 (30)	0
Estudiante	24 (30)	1 (10)	3

* La terapia se considera como aceptable en los casos en los que el evaluador/ evaluadores la consideraron equivalente o aceptable.

Como se puede observar en la tabla, los tratamientos prescritos por MYCIN coincidieron mayoritariamente con los tratamientos recomendados por los evaluadores. De esta manera, y teniendo en cuenta los buenos resultados obtenidos por el programa de ordenador, este estudio demuestra la fiabilidad del

¹⁶⁰ *Ibidem*, p. 1281.

programa de SE, si bien es cierto que el alto número de aciertos se debe no solo al acertado desarrollo del motor de inferencia, sino en gran medida a la excelente base de conocimiento elaborada por los expertos.

Aun así, tenemos que destacar que nunca se llegó a utilizar este software para el diagnóstico de pacientes reales debido a causas legales y éticas, ya que en el caso de que la máquina se equivocara, no se tenía claro quién sería el responsable en caso de realizarse una mala praxis en el diagnóstico¹⁶¹.

A raíz del éxito de MYCIN los SSEE empezaron a usarse de forma más generalizada. En un principio se desarrollaron programas con una aplicación práctica a la ciencia de la medicina, tales como el ya comentado MYCIN, DENDRAL o INTERNIST, y, poco a poco, fueron ampliándose a otros campos científicos como las matemáticas, la lingüística o la psicología¹⁶².

De hecho, si observamos el diálogo que hemos expuesto de forma esquemática anteriormente, nos daremos cuenta que, a diferencia de los programas algorítmicos, MYCIN utiliza una lógica simbólica. Realidad que supuso un hito en la elaboración posterior de este tipo de software.

No vamos a detenernos a explicar los diferentes SSEE que se han ido desarrollando en los diversos campos de conocimiento, únicamente hemos realizado un mínima descripción de algunos de ellos para ver la versatilidad de este software y especialmente en el caso de MYCIN, al ver el funcionamiento real de este tipo de programas informáticos y de cómo el SE plantea una respuesta al problema planteado por el médico. Por ello, consideramos que la estructura y el funcionamiento del mismo es de gran utilidad para la aplicación de este tipo de MMBRR en el campo de las RRII si lo que se busca es la identificación de realidades con base en unos indicios.

¹⁶¹ O'REGAN, Gerard: *A Brief History of Computing*, Springer-Verlag, Londres, 2008, p. 251

¹⁶² HEINEMANN, Elisabeth: *Sprachlogische Aspekte rekonstruiertes Denkens, Redens und Handelns*, Gabler Edition Wissenschaft, Wiesbaden, 2006, p. 27.

III. APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS EXPERTOS (SSEE) EN RELACIONES INTERNACIONALES (RRII)

III. 1. ESPECIFICIDADES DE LOS SSEE APLICADOS AL ESTUDIO DE LAS RRII

El interés por aunar dos campos, el del Modelo Computacional (MC) y el de las RRII, llevó más tiempo del esperado y no fue, tal y como destaca Schrodtt, hasta los años 80 del siglo XX cuando se publicaron los primeros artículos que versaban sobre la aplicación de la IA en el ámbito de conocimiento de las RRII: “a principios de los años 80 el trabajo desarrollado por Ohio State fue responsable de la publicación de un artículo en una revista de Relaciones Internacionales de primer impacto”¹⁶³.

Según Schrodtt, un SE que quiera aplicarse en el campo de las RRII tiene que contar con las siguientes características¹⁶⁴:

1. El modelo tendría coherencia con la literatura del campo de la psicología, que se centra en la toma de decisiones individual y grupal, incluyendo de forma más precisa un razonamiento sub-óptimo, heurístico y de encadenamiento y otros aspectos de la “estupidez artificial”¹⁶⁵.
2. Tanto las acciones que el modelo vaya a predecir, como el razonamiento empleado para la resolución de las mismas, deberían ser congruentes con las acciones reales reflejadas en los debates políticos.
3. El modelo almacenaría el conocimiento adquirido en una estructura compleja que integraría datos cualitativos, tales como las reglas:
Si → Entonces, secuencias de comandos, marcos, esquemas y secuencias.

¹⁶³ SCHRODT, Philip A.: “Artificial Intelligence and International Relations: An Overview”, en HUDSON, Valerie M. (ed.): *Artificial Intelligence and International Politics*, Westview Press, Colorado, 1991, p. 9.

¹⁶⁴ SCHRODT, Philip A.: “AI and International Relations: An Overview”, en HUDSON, Valerie M. (ed.): *Artificial Intelligence and International Politics*, op. cit. p. 22.

¹⁶⁵ Consideramos que este aspecto destacado por Schrodtt es especialmente importante en los casos en los que el SE analice la toma de decisiones, en otros SSEE en los que el problema planteado no verse sobre este tema, este aspecto es prescindible.

4. El modelo debería ser capaz de aprender tanto de los aciertos como de los errores del SE. Los aciertos se mantendrían en el modelo, mientras que las soluciones fallidas o la percepción de cambios en el mundo real deberían ser subsanados, haciendo cambios en las reglas productivas del SE para la solución de los problemas planteados.
5. Este modelo global podría ser usado para diferentes problemas que surgieran en el ámbito de las RRII, es decir, sería un motor general para el estudio de este campo. Hay que advertir que el conocimiento específico, necesario para mejorar el modelo, diferiría según la problemática expuesta.

Tal y como destaca Schrodtt, aún no se ha logrado crear un SE en el campo de las RRII que combine los cinco aspectos anteriormente mencionados, si bien es cierto que son una buena guía a la hora de elaborar un SE.

En los años 70 se usaron tres tipos de modelo formal aplicado a las RRII¹⁶⁶:

1. *Modelos estadísticos*: Se trata de modelos fundamentados en correlaciones que, en algunas ocasiones, usaban datos estadísticos sacados de compilaciones de datos a gran escala. Estos datos, en la mayoría de los casos, hacían referencia a guerras, sucesos internacionales o características del ámbito internacional.
2. *Modelos de racionalidad limitada*: Básicamente este tipo de modelos se aplican en la teoría de los juegos¹⁶⁷ y en procesos de toma de decisiones que se llevan a cabo en una situación de incertidumbre. Este tipo de modelo tiene gran aceptación en el ámbito de la economía.

¹⁶⁶ SCHRODT, Philip A.: "Artificial Intelligence and Formal Models in International Behavior", en BLANK, Grant, MCCARTNEY, James L. y BRENT, Edward: *New Technology in Sociology*, op. cit. p. 114.

¹⁶⁷ La Teoría de Juegos se puede definir de forma breve como: una teoría matemática que estudia las características generales de situaciones donde hay competencia, dando importancia especialmente a los procesos de toma de decisiones de los adversarios", en GONZÁLEZ ARIZA, Ángel León: *Manual Práctico de Investigación de Operaciones*, Ediciones Uninorte, Barranquilla, 2003, p. 5.

3. *Modelos dinámicos*: En este caso contamos con dos escuelas diferentes; por un lado con los modelos fundamentados en el modelo de ecuaciones diferenciales desarrollado por Richardson para estudiar el gasto militar de los países¹⁶⁸, y por otro lado con la simulación por ordenador.

Según Gerner, uno de los motivos por los cuales se aplican mayoritariamente los SSEE basados en reglas en RRII se debe a que estos “son especialmente atractivos cuando se modelan los comportamientos de organizaciones ya que gran parte del comportamiento organizativo es abierta y explícitamente basado en reglas”¹⁶⁹.

Este punto de vista también es compartido por Schrodtt que destaca el uso principal de dos tipos de MMBRR para el estudio de las realidades que configuran el campo de las RRII¹⁷⁰:

1. El más utilizado es el SE basado en relaciones de causalidad simples, el cual se puede traducir con la siguiente relación de elementos:

Si A → Entonces B. En este tipo de modelo la base de conocimiento se ha adquirido a través de entrevistas o a través del estudio en profundidad de la materia por parte de expertos.
2. Existe otro tipo de modelo en el que se está trabajando actualmente y en el que se aplica el llamado aprendizaje automático¹⁷¹. A diferencia del modelo basado en relaciones de causalidad simples, en este caso el conocimiento con el que se va a trabajar en el SE proviene directamente del ordenador, evitando así el largo proceso de adquisición de conocimiento por parte del experto y su traslado a la base de conocimiento del software.

¹⁶⁸ ALONSO NEIRA, Miguel Ángel y MARTÍNEZ GONZÁLEZ, Antonio: “Los determinantes en el gasto de defensa e la literatura académica de los últimos cincuenta años”, [en línea] http://www.ief.es/documentos/recursos/publicaciones/revistas/hac_pub/187_neira.pdf, p. 5.

¹⁶⁹ GERNER, Deborah J.: “Foreign Policy Analysis: Renaissance, Routine or Rubbish?”, en CROTTY, William (Ed.): *Political Science: Looking to the Future Volume Two Political Science: Comparative politics, policy and international relations*, Northwestern University Press, Illinois, 1991, p. 155.

¹⁷⁰ SCHRODT, Philip A.: “Artificial Intelligence and Formal Models in International Behavior”, en BLANK, Grant, MCCARTNEY, James L. y BRENT, Edward: *New Technology in Sociology*, Transaction Publishers, Nueva Jersey, 1989, p. 119.

¹⁷¹ En este caso nos referimos a aprendizaje automático al proceso por el cual un ordenador sea capaz de aprender a través de la experiencia adquirida. En HARMON, Paul y KING, David: *Sistemas Expertos Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial*, op. cit., p. 337.

Debido al hecho del predominio, podría decirse que casi absoluto, de los SSEE basados en reglas de producción simples en nuestro campo de investigación hemos decidido que para la elaboración de un SE propio que permita la clasificación de conflictos violentos también se hará uso de este tipo de software.

Esta realidad llevará a la autora de esta tesis a centrarse únicamente en aquellos SSEE que se fundamenten en reglas de producción simples y cuyo objeto de estudio sean las RRII, desechando el reducido número de SSEE que no utilizan esta tipología.

Gracias al uso de los MMBBRR en este campo, seremos capaces de analizar diferentes aspectos de la realidad internacional. Tal y como destaca Pepinsky existen tres objetivos principales para argumentar la aplicación de la MC en el ámbito de las RRII: “para resolver problemas que no tienen una solución matemática conocida, para habilitar al investigador para explorar realidades contrafácticas¹⁷² y para crear modelos complejos que traten la realidad social”¹⁷³.

Según Schrodtt existen tres categorías diferentes de modelos cuyo funcionamiento se basa en la aplicación de reglas de producción que pueden cumplir con los objetivos anteriormente enunciados por Pepinsky en cuanto al campo de estudio de las RRII:

1. Modelos clasificatorios
2. Modelos basados en eventos
3. Modelos de agentes múltiples

Los *modelos clasificatorios*¹⁷⁴ son considerados como la representación más básica de los MMBBRR, ya que en este tipo de modelo se genera un árbol de clasificación en el cual “cada uno de los nodos del árbol contiene una pregunta y las ramas del

¹⁷² Entendemos por realidades contrafácticas aquellas situaciones que no han acontecido actualmente y por ello no son observables, pero que sí que podrían haber acontecido en otro momento de la historia.

¹⁷³ PEPINSKY, Thomas B.: “From Agents to Outcome: Simulations in International Relations”, *SAGE Publications and ECPR-European Consortium for Political Research*, Vol. 11 (3), 2005, p. 370.

¹⁷⁴ Este tipo de modelos se utilizan mucho en la clasificación de aves, flora, fauna u otras realidades que cuenten con suficientes elementos diferenciales como para poder realizar una distinción entre ellos y obtener una respuesta única.

árbol se corresponden con las diferentes respuestas”¹⁷⁵. De esta manera se alcanzará un resultado que responderá al problema planteado a través de las respuestas que se vayan obteniendo a lo largo del proceso informático.

Respecto a los *modelos basados en eventos* Schrodtt destaca que la mayoría de ellos “utilizan reglas de producción y simulan la actuación de un único actor [...] y su reaccionar en diferentes situaciones”¹⁷⁶.

Para entender mejor el funcionamiento de las reglas de producción en este tipo de modelos basados en eventos utilizaremos la explicación que de las mismas da Taber de forma esquemática¹⁷⁷:

Las reglas de producción permiten el razonamiento a partir de la interpretación de un evento (o bien de un cambio en la realidad regional que no se puede denominar de forma estricta como un evento) para llegar a un output político a través del encadenamiento de inferencias. Estas reglas se basan en afirmaciones del tipo SI ENTONCES. Algunas toman las situaciones como condiciones (SI un enemigo importante ataca a un amigo importante...), mientras que otros utilizan los objetivos como condiciones (para enfrentarse al atacante). Además, algunos consideran los objetivos como consecuencias (ENTONCES oponerse al atacante), mientras que otros aportan acciones ejecutables (ENTONCES atacar al atacante). Se recomiendan las acciones ejecutables específicas A través del razonamiento desarrollado a partir del encadenamiento de inferencias se realiza la recomendación de acciones específicas ejecutables, siendo un proceso que va desde el evento input hasta la recomendación política en el output.

La última categoría descrita por Schrodtt la relativa a los *modelos de agentes múltiples* se puede considerar el tipo de MBRR aplicado a RRII más complejo. A diferencia de las otras dos categorías descritas anteriormente, que tienen elementos en común en cuanto al proceso de obtención de resultados, en el caso de los modelos de agentes múltiples únicamente tienen en común el uso de reglas.

Según Schrodtt,

muchos de estos modelos son altamente complejos y si bien se fundamentan en una estructura basada en reglas, su enfoque principal está en las interacciones de las diferentes partes que componen el modelo y no tanto en

¹⁷⁵ SCHRODT, Philip A.: “Patterns, Rules and Learning: Computational Models of International Behavior” Version 2.0, *op. cit.* p. 99.

¹⁷⁶ *Ibidem*, p. 102.

¹⁷⁷ *Ibidem*, p. 104.

las reglas, además [...] buscan lograr validez tanto en el proceso como en el resultado obtenido¹⁷⁸.

Teniendo en cuenta las tres categorías descritas anteriormente, y conociendo con qué finalidad se usa cada una de ellas, podemos adelantar que en nuestro caso particular vamos a hacer uso de un modelo de clasificación para elaborar el modelo de SE que desarrollaremos en profundidad en el capítulo IV.

Si bien hemos visto que se está aplicando el MC en el campo de las RRII, Pepinski advierte que para

considerar a la simulación una técnica válida para estudiar los fenómenos del sistema mundial, hay que tener en cuenta que los agentes, el ambiente, las reglas y los parámetros que se vayan a utilizar estén amparados por una teoría sustantiva. [...] La simulación ha generado resultados provocativos, aunque las contribuciones literarias al campo de las Relaciones Internacionales siguen siendo bastante marginales¹⁷⁹.

Esta afirmación nos demuestra que aún queda mucho trabajo por elaborar para poder integrar los SSEE como técnica científica en el ámbito de las RRII, aunque ya se han dado los primeros pasos en este camino.

Schrodt resume con las siguientes líneas las principales carencias en los modelos basados en reglas de producción en el campo de las RRII, proponiendo algunas mejoras que se deberían incorporar en un futuro:

Actualmente, los prototipos como en la experimentación que caracterizan el modelo computacional solo aplican un modo determinista. Tengo la esperanza de que [...] los modelos computacionales empiecen a incorporar elementos estocásticos mucho más eficaces para hacer frente al ruido, la incertidumbre y la aleatoriedad racional presente en el ámbito político. La segunda debilidad del modelo computacional a día de hoy es la falta de incorporación de importantes nuevos conocimientos en relación a las teorías generales del comportamiento internacional. [...] En la actualidad se considera un éxito si los modelos computacionales logran producir resultados plausibles. En su mayor parte, los modelos no son dramáticamente más precisos que los modelos estadísticos que trabajan con datos comparables¹⁸⁰.

¹⁷⁸ *Ibidem*, p. 106.

¹⁷⁹ PEPINSKY, Thomas B.: "From Agents to Outcome: Simulations in International Relations", *op. cit.* p. 370.

¹⁸⁰ SCHRODT, Philip A.: "Patterns, Rules and Learning: Computational Models of International Behavior" Version 2.0, *op. cit.* p. 45.

Pero el autor puntualiza, utilizando como referencia el conocido cuento infantil *El patito feo* de Hans Christian Andersen las previsiones de futuro respecto a la MC en el campo de las RRII.

El bebé recién nacido del modelo computacional es en la actualidad una especie de patito feo. En el futuro puede convertirse en un hermoso cisne, o en un pato grande pero igualmente feo, o igual llega a languidecerse y no crece en absoluto. Con el fin de evaluar el futuro de los modelos computacionales tenemos que centrarnos con esmero en las características del comportamiento internacional que abogan por este enfoque¹⁸¹.

¹⁸¹ *Ibidem*, p. 46.

III.2. REPASO HISTÓRICO A LOS SSEE APLICADOS AL ÁMBITO DE LAS RRII

Como destacábamos en el epígrafe anterior la aplicación de los SSEE en nuestro campo de estudio es una técnica que cuenta con poca tradición, especialmente si lo comparamos con otros campos de investigación. Aún así cabe destacar que diversos investigadores y expertos en el campo de las RRII se han percatado de su utilidad.

En la siguiente tabla podemos ver las aportaciones que se han hecho en el campo de las RRII fundamentándose en la aplicabilidad de los MMBBRR entre 1972 y el año 2005¹⁸²:

Tabla 3: APLICACIÓN DE LOS SSEE EN RRII

Autores	Acrónimo	Año	Ámbito político
Alker y Christensen		1972	Misiones de Paz de NNUU
Bonham y Shapiro		1976	Política estadounidense en Oriente Medio
Anderson y Thorson		1982	Política exterior de Arabia Saudita
Thorson y Sylvan	JFK/CBA	1982	Crisis de los misiles
Tanaka	CHINA_WATCHER	1984	Política exterior china
Banerjee		1986	Simulación de estructuras sociales
Lane		1986	Visión política de Jimmy Carter
Hudson		1987	Reacciones en política exterior
Majeski		1987	Recomendaciones de actuación en conflictos
Job, Johnson y Selbin		1987	Política exterior estadounidense respecto a Centroamérica
Schrodt		1988	Simulación de equilibrio del sistema de poder
Kaw		1989	Intervención soviética en conflictos interestatales
Katzenstein		1989	Relaciones de China con Hong Kong
Majeski		1989	Presupuesto en defensa de EEUU
Stewart, Hermann y Hermann	CREON	1989	Políticas de la URSS respecto a Egipto

¹⁸² Tabla realizada por la autora basándose en la propia investigación y en SCHRODT, Philip A.: *Patterns, Rules and Learning: Computational Models of International Behavior* (Second edition) [en línea] <http://eventdata.psu.edu/papers.dir/Schrodt.PRL.2.0.pdf> p. 113.

Mills		1990	Negociaciones sino-soviéticas
Sylvan, Goel y Chandraskeran	JESSE	1991	Política de seguridad energética de Japón
Hudson		1991	Reacciones en política exterior
Job y Johnson	UNCLESAM	1991	Política estadounidense respecto a República Dominicana
Taber	POLI	1992	Política estadounidense en Asia
Taber y Timpone	POLI	1994	Política estadounidense en Asia
Hergovich y Olbrich		1996	Predicción de guerras
Calduch	GESCRIS	2005	Predicción de relaciones bilaterales entre Estados

Basándonos en esta tabla realizaremos una descripción y un análisis de los principales SSEE a lo largo de los siguientes epígrafes. Este hecho nos permitirá conocer tanto cuantitativa como cualitativamente el acierto en cuanto al uso de esta técnica en el campo de la política internacional.

Destacar que, debido a que uno de los objetivos principales de esta tesis es dar respuesta a la pregunta de si realmente son útiles los aquellos modelos que se fundamentan en reglas para su aplicación en las RRII y más concretamente para realizar clasificaciones y/o predicciones en esta materia dedicaremos especial atención a aquellos SSEE cuyos resultados sean de tipo clasificatorio y/o predictivo.

Los modelos que cumplan con estos requisitos serán descritos y analizados por orden cronológico. Destacar que en cuatro casos no se van a poder realizar las pertinentes descripciones y análisis de los SSEE por falta de bibliografía al respecto¹⁸³.

¹⁸³ Estos cuatro SSEE son: el modelo desarrollado por Bonham y Shapiro que sistematizaba y predecía la toma de decisiones respecto a la política exterior llevada a cabo por Estados Unidos (EEUU) en Oriente Medio, el modelo desarrollado por Kaw en 1986 siendo un SE de predicción sobre la intervención militar de la entonces Unión Soviética en conflictos internos; el MBRR desarrollado por Majeski en 1987, que planteó un modelo de clasificación para predecir las implicaciones por parte de Estados Unidos en diferentes conflictos, tales como la Guerra de Vietnam o la de Corea; y por último, el MBRR desarrollado por Katzenstein en 1990.

III.2.1. Alker y Christensen: Los procesos de paz de Naciones Unidas

Comenzaremos por explicar el modelo creado por Alker y Christensen en 1972. Estos dos autores desarrollaron un modelo para la predicción de las acciones y resultados relacionados con las actuaciones llevadas a cabo por Naciones Unidas (NNUU) para el mantenimiento de la paz.

Para poder realizar este tipo de predicción los autores desarrollaron un modelo gracias al cual pudieron poner en marcha el SE. Los cuatro elementos que configuran este MBRR serían¹⁸⁴:

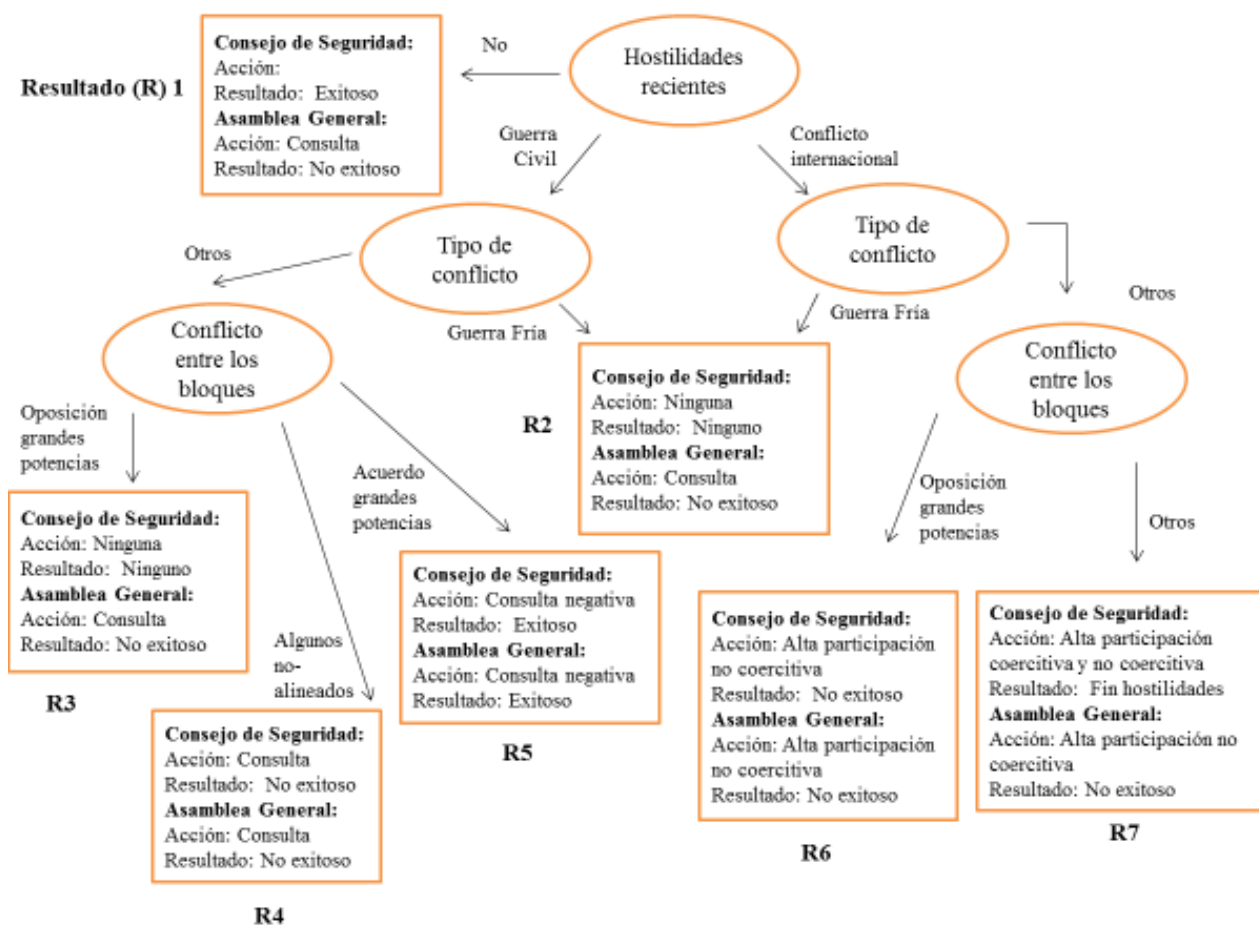
1. Existencia de posibilidades y limitaciones de una implicación por parte de NNUU en un conflicto internacional.
2. Traducción de las expectativas de implicación a una toma de decisión de NNUU en una situación conflictiva concreta.
3. Realización de ecuaciones probabilísticas para explicar y predecir el acierto o fracaso del organismo internacional.
4. Puesta en marcha de un mecanismo de retroalimentación para la revisión del proceso llevado a cabo.

En este caso utilizaron un árbol de decisión para visualizar la interrelación de las reglas que usaron en su SE para predecir las actuaciones de NNUU en los noventa procesos de paz que se tuvieron en cuenta a la hora de elaborarlo¹⁸⁵. Según estos autores el SE podría predecir entre un total de siete resultados posibles.

¹⁸⁴ CHOUCRI, Nazli: "An assesstment of documentations standarts for ten computer models of political problems", en *New Trends in Mathematical Modelling*, 1978, p. 332. [en línea] <http://web.mit.edu/polisci/nchoucri/publications/articles/D-6-Choucri-Assessment-Documentation-Standards-Ten-Computer-Models-Polt-Problems.pdf>

¹⁸⁵ SCHRODT, Philip A.: *Patterns, Rules and Learning: Computational Models of International Behavior*, op. cit. p. 101.

Figura 2: ÁRBOL DE DECISIONES DE NACIONES UNIDAS¹⁸⁶



Como podemos observar en la figura anterior “Árbol de decisión de Naciones Unidas” los autores predicen las acciones y los resultados, tanto del Consejo de Seguridad de NNUU como de la Asamblea General del mismo organismo internacional llegando a siete resultados factibles después de haberse aplicado las reglas en el motor de inferencia.

La primera pregunta que se plantea, entendida como la primera regla del SE, es si han existido hostilidades¹⁸⁷ recientemente. Esta pregunta es fundamental en este SE, ya que solo se van a tener en cuenta para el desarrollo del modelo las respuestas afirmativas. En el caso de que la respuesta sea negativa el propio SE

¹⁸⁶ *Ibidem.*

¹⁸⁷ Consideramos que la definición de hostilidad en este caso corresponde con la tercera aceptación de la Real Academia de la Lengua Española (RAE): “Agresión armada de un pueblo, ejército o tropa”. [en línea] <http://buscon.rae.es/drae/srv/search?val=hostilidades>

informará al usuario final del programa que la realidad a la que hace referencia el usuario no tiene cabida en el modelo.

Para la autora de esta tesis la distinción que los autores hacen respecto a las hostilidades recientes, partiendo de la base de que solo se tienen en cuenta los violentos (debido a que han tenido que existir hostilidades recientes), no es la más adecuada ya que a la hora de elegir el usuario un tipo de hostilidad reciente solo se le permite seleccionar dos opciones: guerra civil o conflicto internacional.

Hay que tener en cuenta que dentro de la tipología de los conflictos violentos no se puede considerar la guerra civil como el opuesto a conflicto internacional. Más bien, si se parte del ámbito geográfico en el que se desarrolla el conflicto violento como elemento diferenciador fundamental se debería hacer referencia a conflicto interno y conflicto supranacional¹⁸⁸.

Una vez delimitado este aspecto se pondrá en marcha otra regla que tomará en consideración otra categorización: el tipo de conflicto. Los autores ofrecen dos posibles categorías: Guerra Fría u otro.

En este caso hay que tener en cuenta en qué año se desarrolló el modelo (1972) para entender este tipo de división. A partir de 1991 esta distinción no tendría ningún tipo de sentido, pero en aquellos años el enfrentamiento entre los dos grandes bloques, por un lado el bloque occidental y por el otro el soviético, marcaba claramente el desarrollo de la política internacional.

La importancia de la Guerra Fría entre 1945 y 1991 se deja entrever en la siguiente distinción realizada por Alker y Christensen, ya que tanto si se trata de una guerra civil o de un conflicto internacional solo tienen en cuenta los conflictos entre los bloques.

Seguidamente se nos dan diversas opciones respecto a los actores enfrentados, estando este proceso vinculado a nuevas reglas de producción que delimitarán, en base a las respuestas del usuario unas conclusiones. En el caso de una guerra civil

¹⁸⁸ En este caso no realizamos una distinción entre los diferentes conflictos violentos supranacionales, si bien para una clasificación más concreta y correcta se debería diferenciar entre conflicto bilateral y conflicto internacional.

que no forme parte de la Guerra Fría pero sí que represente un conflicto entre los bloques podemos referirnos a tres: oposición de las potencias, no alineados y acuerdo entre las potencias.

Por su parte, si nos referimos a un conflicto internacional que no forme parte de la Guerra Fría pero sí representa un enfrentamiento entre el bloque occidental y el soviético existen dos opciones: oposición de las potencias y otros.

Si fijamos nuestra atención en el desenlace de estos conflictos, recordando que el modelo busca predecir las acciones llevadas a cabo por la Asamblea General de NNUU y del Consejo de Seguridad de NNUU nos daremos cuenta de que en el caso de que nos encontremos con lo que Alker y Christensen denominan guerra civil solo habrá un caso en el que la acción, y por consiguiente el resultado, sean positivos.

Esta coyuntura únicamente se da cuando dentro de una guerra civil en la que se enfrenten los bloques exista un acuerdo entre las potencias. Si contemplamos el modelo veremos que en este caso, tanto en la Asamblea General como en el Consejo de Seguridad de NNUU habría una consulta negativa y, por consiguiente, el resultado de dicha consulta sería exitoso.

Por otro lado, en el caso de tratarse de un conflicto internacional solo se podría hablar de un fin de las hostilidades en un caso concreto. Las condiciones que se tienen que dar serían las siguientes: conflicto entre los bloques y la situación de *Otro* para que el Consejo de Seguridad pudiera lograr imponer el fin de las hostilidades entre los actores partícipes en el conflicto internacional.

Resumiendo; según este modelo solamente existiría un resultado exitoso teniendo en cuanto la labor tanto del Consejo de Seguridad como de la Asamblea General de crear una situación de paz, siendo este el Resultado 5.

El séptimo resultado solo lograría el mantenimiento de la paz a través de la labor del Consejo de Seguridad, pero no por parte de la Asamblea General.

El hecho de que en la inmensa mayoría de los casos se llegue a una solución no exitosa se debe al propio funcionamiento de los organismos de Naciones Unidas. Recordemos que el Consejo de Seguridad de Naciones Unidas está compuesto por cinco miembros permanentes (República Popular China, Francia, Reino Unido, Unión Soviética¹⁸⁹ y Estados Unidos) y diez miembros no permanentes¹⁹⁰; realidad que en la época de la Guerra Fría conllevaba al fracaso de la inmensa mayoría de las resoluciones del Consejo¹⁹¹.

¹⁸⁹ Usamos el término Unión Soviética y no Federación Rusa, ya que la realidad a la que se hace referencia es el año 1972.

¹⁹⁰ [en línea] <http://www.un.org/es/sc/members/>

¹⁹¹ Teniendo en cuenta el enfrentamiento entre los dos bloques era de esperar que el bloque occidental no apoyara al bloque soviético y viceversa, por lo que un voto en contra, por parte de uno de los miembros permanentes, condenaba al fracaso cualquier resolución.

III.2.2. Thorson y Sylvan: crisis de los misiles en Cuba

Otro MBRR, llamado JFK/CBA, fue el desarrollado por los investigadores Thorson y Sylvan en 1982. A través de este modelo se analizaba la toma de decisiones del presidente de los EEUU, John F. Kennedy, en la crisis de los misiles de 1962¹⁹².

En este caso concreto se utilizaba el análisis semántico para poder predecir cuál iba a ser la decisión tomada por el entonces máximo mandatario de EEUU en la crisis diplomática anteriormente mencionada.

Dicho análisis semántico se basaba en núcleos semánticos, entendidos como “estructuras restringidas del predicado que pretenden corresponderse al contenido semántico de una frase del lenguaje común”¹⁹³.

Los propios autores presentan un ejemplo para explicar el funcionamiento de su SE¹⁹⁴:

Frase (F) 1: Estados Unidos está dispuesto a negociar a puerta cerrada con la Unión Soviética la crisis de los misiles en Cuba.

F 2: ¿Está Estados Unidos dispuesto a negociar a puerta cerrada con la Unión Soviética la crisis de los misiles en Cuba?

F 3: Estados Unidos no está dispuesto a negociar a puerta cerrada con la Unión Soviética la crisis de los misiles en Cuba.

Si bien las tres frases versan sobre el concepto de negociación, el significado de cada una de ellas varía respecto a ese concepto. Para poder llegar a unas conclusiones más avanzadas que a través de un análisis semántico tradicional, Thorson y Sylvan, considerarán el concepto negociación como núcleo semántico y las siguientes variables, actor inicial, actor objetivo, canal (privado o público) y el

¹⁹² BRENT JR., Edward E. y ANDERSON, Ronald E.: *Computer Application in the Social Sciences*, Temple University Press, Philadelphia, 1990, p. 149.

¹⁹³ THORSON, Stuart J. y SYLVAN, Donald A.: “Counterfactuals and the Cuban Missile Crisis”, *International Studies Quarterly*, Vol. 26, No. 4 (Dec. 1982), p. 545.

¹⁹⁴ *Ibidem*, pp. 545-546.

sujeto de la negociación, como elementos fundamentales del núcleo semántico y representándose de la siguiente manera:¹⁹⁵

NEGOCIACIÓN (ACTOR 1, ACTOR 2, CANAL, SUJETO)¹⁹⁶

A raíz de esta formulación, incluyendo todas las variables, las tres frases anteriormente expuestas se traducirían de la siguiente manera¹⁹⁷:

F 1: NEGOCIACIÓN (EEUU, URSS, PRIVADO [misiles construidos en Cuba])
// POS, EXP, EEUU

F 2: NEGOCIACIÓN (EEUU, URSS, PRIVADO [misiles construidos en Cuba])
// POS, INT, EEUU

F 3: NEGOCIACIÓN (EEUU, URSS, PRIVADO [misiles construidos en Cuba])
// NEG, EXP, EEUU

Vinculados a estos núcleos semánticos existen cuatro verbos, advertir, ofrecer, condenar y aceptar que predecirían cómo iba a actuar el entonces presidente de los EEUU respecto a la crisis de los misiles en Cuba a través de la siguiente regla de producción. SI condición → ENTONCES acción¹⁹⁸.

En total, JFK/CBA cuenta con un total de 63 reglas de producción para poder funcionar y llegar a una solución de la problemática planteada en el SE. Según este programa informático se podrían alcanzar catorce realidades internacionales vinculadas a la problemática de la crisis de los misiles en Cuba¹⁹⁹:

1. Retirada de los misiles soviéticos de Cuba
2. EEUU desafía las acciones soviéticas
3. La Unión Soviética está dispuesta a retirar los misiles de Cuba
4. La Unión Soviética quiere concesiones
5. EEUU cede ante las presiones de la Unión Soviética
6. La Unión Soviética permite el desarrollo de la situación

¹⁹⁵ *Ibidem*, p. 545.

¹⁹⁶ En esta formulación hay que incluir también las siguientes variables: Si el enunciado de la frase es positivo o negativo; si la frase es explicativa o interrogativa y quién es la fuente que emite la pregunta.

¹⁹⁷ *Ibidem*, p. 546.

¹⁹⁸ *Ibidem*, p. 547.

¹⁹⁹ *Ibidem*, pp. 552-553.

7. Se descubre la construcción de una base de misiles en Cuba
8. La Unión Soviética desafía las acciones estadounidenses
9. EEUU permite el desarrollo de la situación
10. Estalla una guerra
11. EEUU a la espera de una oferta de negociación de la Unión Soviética
12. La Unión Soviética no desafía a EEUU
13. La Unión Soviética inicia una guerra
14. EEUU inicia una guerra

Lo que se quiere alcanzar a través de este SE es poder obtener unos resultados específicos en base a una realidad concreta pero que se puedan aplicar a una realidad futurible similar.

“Así por ejemplo la decisión y la elección de opciones por parte del presidente Kennedy en la crisis de los misiles puede ser utilizado para determinar qué decisiones tomará en otra situación de política internacional”²⁰⁰.

²⁰⁰ SKONIECZNY, Amy Marie: *Trading stories: narrative, event and social theory in International economical relations*, BiblioLabsII Textbooks, Minnesota, 2008, p. 74.

III.2.3. Tanaka: El comportamiento de China en crisis internacionales

Otro modelo creado, años más tarde, que se fundamenta también en la clasificación, es el elaborado por Akihiko Tanaka en 1984.

Este modelo de simulación por ordenador, llamado CHINA_WATCHER²⁰¹, predice el comportamiento de China en diferentes crisis de ámbito internacional. Según el propio autor, es especialmente interesante analizar la actitud de este gigante asiático dentro del desarrollo de crisis internacionales debido a que “China ha jugado un importante, hasta revolucionario, rol en los últimos treinta años, un rol no fácilmente explicable a través de términos cuantitativos tradicionales”²⁰².

Debido a las limitaciones que presentan los análisis puramente cuantitativos, Tanaka planteó este modelo de simulación basándose, en el aspecto conceptual, en el modelo desarrollado en 1972 por Alker y Christensen.

Para Schrodts el CHINA_WATCHER es el modelo que “cuenta con el mayor componente para el aprendizaje explícito ya que evalúa constantemente si las naciones a las que se hace referencia en el modelo son amigas o enemigas”²⁰³.

Con relación a estos dos aspectos, al de la similitud en cuanto al modelo de Alker y Christensen y al hecho de destacar continuamente la amistad o enemistad entre las naciones que interactúan con China, Tanaka destaca lo siguiente:

China no es una organización internacional cuyo objetivo sea el aumento de la paz mundial. Es un Estado-nación capaz de tener amigos y enemigos y hasta de iniciar un conflicto. Las NNUU pueden ser vistas como un elemento relativamente neutral en las relaciones amigo-enemigo entre dos naciones, pero China no²⁰⁴.

Esta clara distinción elaborada por Tanaka, respecto al actor internacional NNUU y China, explica la premisa fundamental de la que parte el autor de

²⁰¹ La autora mantiene la forma original tipográfica que utilizó el autor del modelo.

²⁰² TANAKA, Yakihiro: *China, China watching and CHINA_WATCHER*, [en línea] <http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/83105/20348215.pdf?sequence=1> p.1.

²⁰³ SCHRODT, Philip A.: *Patterns, Rules and Learning: Computational Models of International Behavior*, op. cit. p. 117.

²⁰⁴ TANAKA, Yakihiro: *China, China watching and CHINA_WATCHER*, op. cit. pp. 1-2.

CHINA_WATCHER: China clasifica al resto de naciones basándose en si son amigos o enemigos.

Para realizar esta distinción Tanaka se fundamenta en dos variables: las votaciones de los estados miembros de Naciones Unidas respecto a la República Popular China (RPC) y las relaciones diplomáticas existentes entre este país y las demás naciones²⁰⁵. A través de esta distinción, Tanaka elabora cuatro posibles situaciones dentro del binomio amigo-enemigo: amigable, hostil, ambivalente e indiferente²⁰⁶.

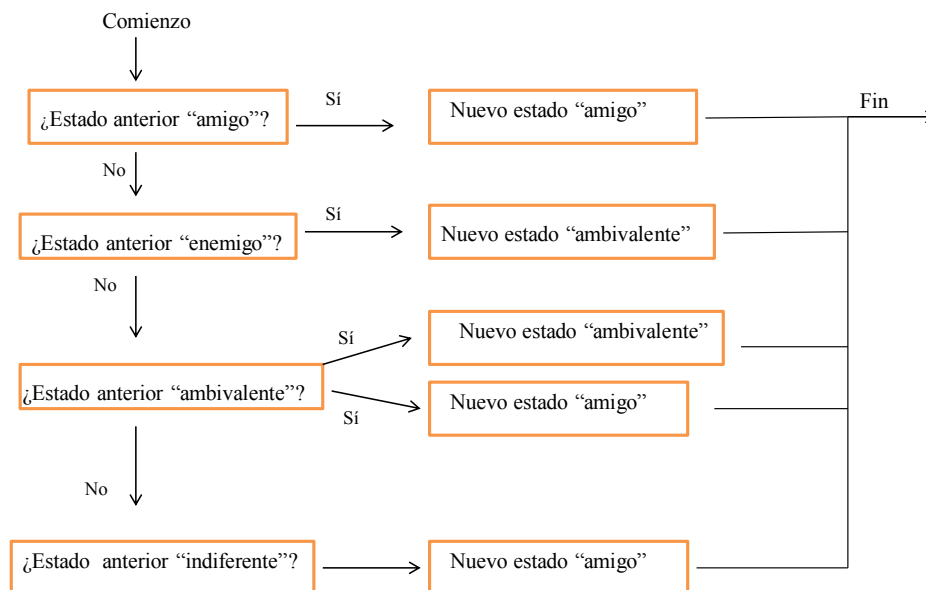
Para el creador del CHINA_WATCHER estas categorías no son estáticas, es decir, que un país puede pasar de una situación amigable a una indiferente por poner un ejemplo y este cambio habría que actualizarlo dentro del modelo.

Para explicar este cambio en el resultado de la clasificación Tanaka elaboró diversos esquemas. A continuación representaremos un diagrama en el que partimos del hecho de que un país haya actuado de forma amigable respecto a China.

²⁰⁵ El autor matiza que aquellas naciones que no hayan adquirido la independencia figurarán en el mapa mundial en el mismo bloque que sus metrópolis. *Ibidem*, p. 5

²⁰⁶ HERGOVICH, Andreas y OLBRICH, Andreas: "Artificial Intelligence and Peace Psychology", *Review of Psychology*, Vol. 9, Nº 1-2, 3-11, 2002, p. 5.

Figura 3: CAMBIOS EN LA CLASIFICACIÓN DEL PAÍS:²⁰⁷



Como podemos observar en el esquema anterior en el caso de partir de un estado anterior clasificado como ambivalente pero que ha demostrado una actitud amistosa respecto a la RPC se dan dos opciones respecto al nuevo estado de relación entre los dos países: ambivalente o amistoso.

Tenemos que decir que en el esquema original de Takana se elaboraron dos esquemas para analizar este cambio de actitud respecto a China. Hemos decidido unificar estos dos esquemas en uno porque pensamos que visualmente queda más clara la explicación respecto al cambio de actitud.

Las dos opciones a las que se puede llegar partiendo de un estado anterior ambivalente se explican de la siguiente forma según el artífice de CHINA_WATCHER:

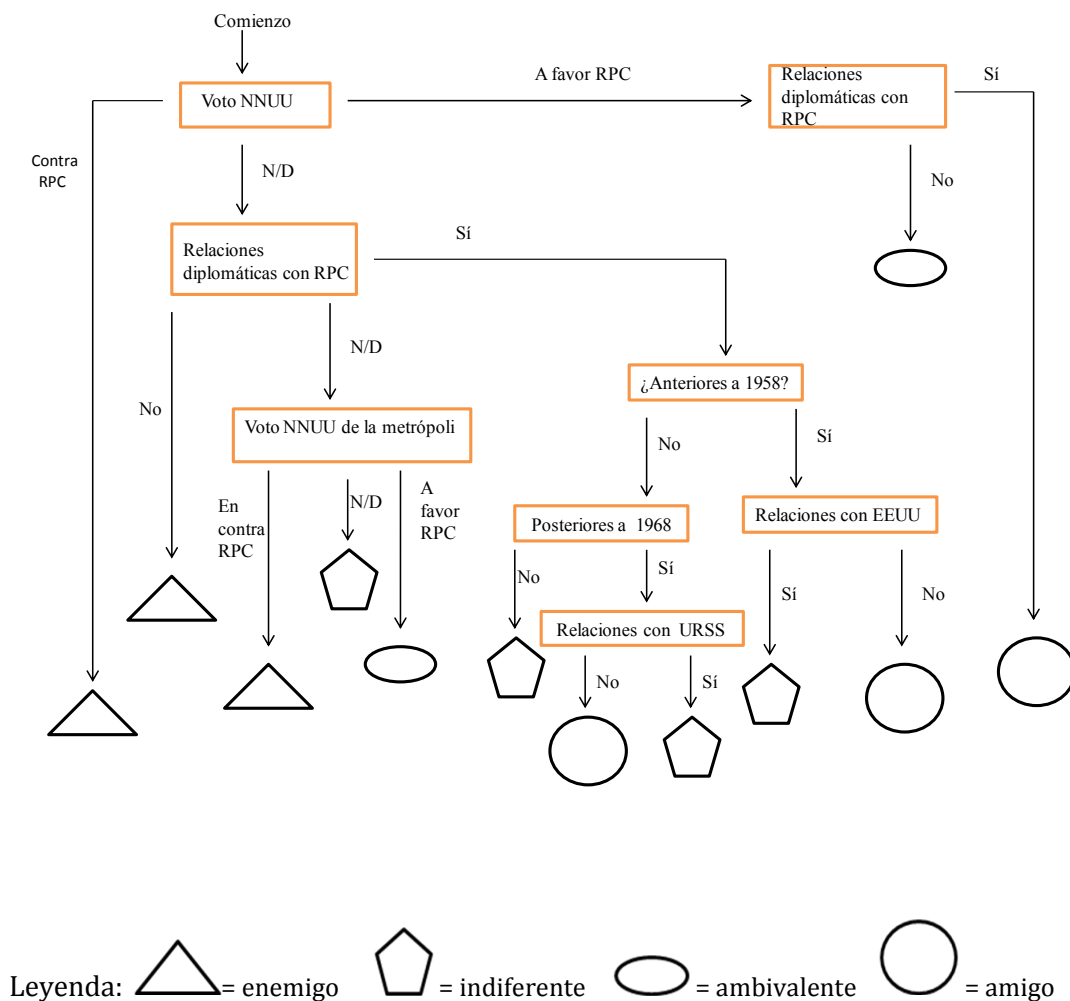
si A ha realizado una acción amistosa respecto a B y A vuelve a realizar una acción amistosa respecto a B, entonces A es amistoso con B pero, si A ha

²⁰⁷ *Ibidem*, p. 8.

realizado una acción amistosa respecto a B y luego ha realizado una acción antagónica respecto a B, entonces la relación de A hacia B será ambivalente²⁰⁸.

A continuación representaremos el mapa mundial de amistades, enemistades y otro tipo de relaciones (ambivalente e indiferente) respecto a la RPC elaborado por Tanaka:

Figura 4: MODELO MUNDIAL DE RELACIONES DE LOS PAÍSES CON LA RPC²⁰⁹



Analizando las reglas usadas por Tanaka para este modelo la autora ha realizado algunos cambios en las soluciones finales, ya que considera que una de las reglas no se llega a la solución correcta:

²⁰⁸ *Ibidem*, p. 13.

²⁰⁹ Modelo basado en el elaborado por Tanaka en TANAKA, Yakihiro: *China, China watching and CHINA_WATCHER*, op. cit. p. 6. con la única diferencia en cuanto a los resultados, tal y como se ha comentado en el texto.

Se trata de la regla de producción establecida con el siguiente supuesto:

SI Voto NNUU → N/D

SI Relaciones diplomáticas con RPC → N/D

SI Voto de la metrópoli → en contra de RPC

ENTONCES → Amigo

Consideramos que en ningún caso se puede deducir que, según la lógica expuesta por Tanaka respecto al mapa mundial basado en parámetros absolutos de amistad y enemistad respecto a China, un país no independiente cuya metrópoli haya votado en contra de la RPC²¹⁰ se pueda considerar amigo. Para la autora, en este caso, la solución a la regla sería enemigo.

Una vez se haya llegado a la clasificación dentro de los parámetros establecidos por el programa, CHINA_WATCHER va a usar esa información para tratar de entender las diferentes situaciones conflictivas dentro del ámbito internacional. Tanaka considera indispensables dos elementos para entender la naturaleza del conflicto²¹¹:

1. Reconocer las características de cada uno de los conflictos
2. Situar el conflicto actual dentro del sistema histórico de conflictos similares.

CHINA_WATCHER normalmente dará una respuesta similar a las acciones históricas ya ocurridas, para ello tendrá que tener en cuenta los siguientes atributos: Si China desarrolla un rol como actor combatiente originario dentro del conflicto, la capacidad militar de China, el tipo de conflicto, si existe una confrontación estratégica, si la situación es equilibrada²¹², si el conflicto fronterizo horizontal es especialmente peligroso²¹³.

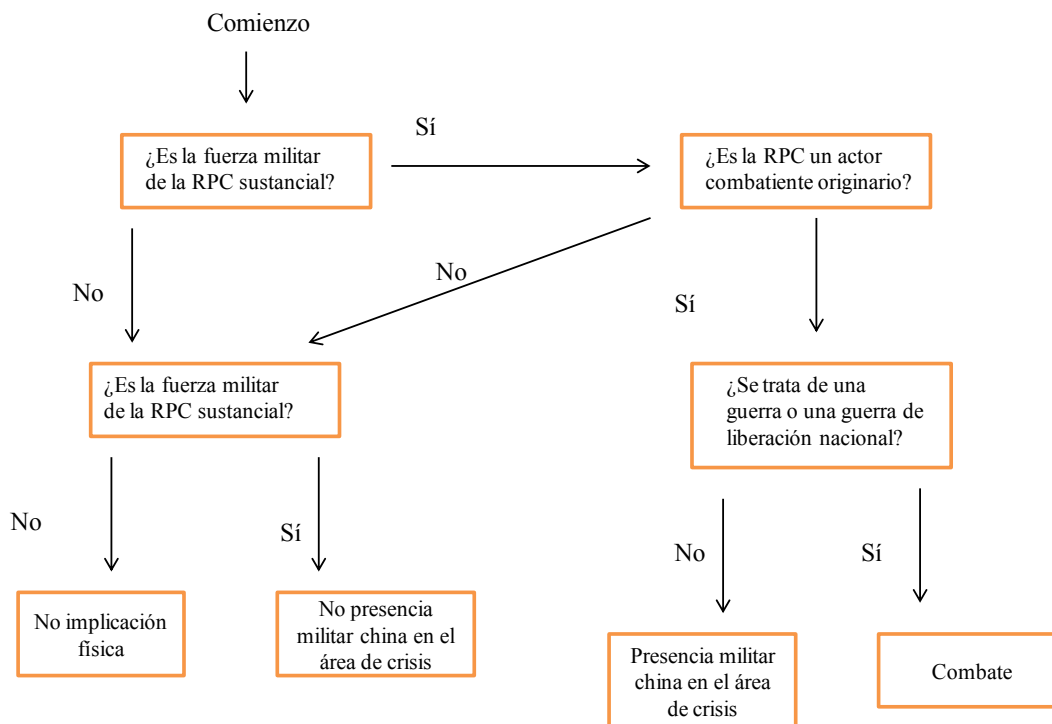
²¹⁰ Recordemos que Tanaka identifica la política de los países no independientes en base a la política de sus metrópolis.

²¹¹ TANAKA, Yakihiro: *China, China watching and CHINA_WATCHER*, op. cit. p.15.

²¹² Para Tanaka el concepto equilibrio en este contexto se explicaría de la siguiente manera: "Si un amigo de China está en conflicto con un enemigo de China, la situación es de equilibrio, pero, si un

Mostraremos la correlación de estos atributos a través del siguiente modelo²¹⁴:

Figura 5: ATRIBUTOS DE CHINA_WATCHER



Una vez nos hemos familiarizado con el funcionamiento básico de CHINA_WATCHER pasaremos a valorar su grado de acierto.

Si bien el modelo se había creado para predecir la actuación de China en diferentes conflictos contemplando tres ámbitos fundamentales: 1) implicación verbal; 2) implicación física; 3) apoyo de China en dicho conflicto; solo contamos con los resultados de los primeros dos aspectos.

amigo de China está en conflicto con otro amigo de China la situación es de desequilibrio”, en TANAKA, Yakihiro: *China, China watching and CHINA_WATCHER*, op. cit. p. 15.

²¹³ *Ibidem*, p. 18.

²¹⁴ Basado en el modelo de Tanaka. *Ibidem*, p. 25.

Según Takana, se puede hablar de un acierto del 83% por parte de CHINA_WATCHER en cuanto al ámbito de la implicación verbal, mientras que el porcentaje en el caso de la implicación física asciende a un 60%²¹⁵.

Hergovich y Olbrich apoyan estos resultados, destacando que se aplicó CHINA_WATCHER para el estudio de 383 conflictos, alcanzando una similitud con la verdadera actuación de China del 60%²¹⁶.

²¹⁵ *Ibidem*, p. 27

²¹⁶ HERGOVICH, Andreas y OLBRICH, Andreas: "Artificial Intelligence and Peace Psychology", op. cit. p. 5.

III.2.4. Stewart, Hermann y Hermann: Crisis armamentística en la Unión Soviética y Egipto en 1972

Según Valerie Hudson, el SE basado en hechos más ambicioso que se ha creado es el proyecto CREON, desarrollado por Stewart, Hermann y Hermann en 1989²¹⁷.

Este SE analiza por qué la Unión Soviética rechazó la venta de armamento de última generación a Egipto en 1972, si bien un año más tarde sí efectuaría dicha venta. La situación en este momento histórico era especialmente delicada ya que en aquella época el mundo se encontraba inmerso en la Guerra Fría. Durante el verano y otoño de 1972 Egipto estaba en conflicto con Israel, por lo que solicitó la venta de armas por parte de la Unión Soviética. La superpotencia soviética se encontraba en un dilema

si entregaba a Egipto las armas estratégicas y ofensivas que solicitaban los soviéticos se arriesgaban a una nueva guerra entre Egipto e Israel, viéndose arrastrado a un enfrentamiento entre las superpotencias. Al no entregar las armas a Egipto, se enfrentaban a la pérdida de su posición en Egipto de forma permanente²¹⁸.

El desarrollo de este SE se fundamentaba en tres preguntas principales²¹⁹:

1. ¿Quién ocupa cargos dentro del Politburó que sean vinculantes con la toma de decisiones políticas?
2. ¿Cuáles son las posiciones o preferencias de los que tienen peso en la toma de decisiones?
3. ¿Cómo se manejan los desacuerdos entre estas personas?

Para dar respuesta a estas tres cuestiones y explicar el rasante cambio de rumbo realizado por la Unión Soviética respecto a Egipto en un espacio de tiempo que no abarca más de 18 meses, los creadores de CREON explicaron la actuación de la

²¹⁷ HUDSON, Valerie: *Foreign Policy Analysis: Classic and Contemporary Theory*, Rowman & Littlefield, Maryland, 2014, p. 198.

²¹⁸ STEWART, Philip D. HERMANN, Margaret G. y HERMANN, Charles F.: "Modeling the 1973 Soviet Decision to Support Egypt", *The American Political Science Review*, Vol. 83, Nº 1, March 1998, p. 36.

²¹⁹ *Ibidem*, p. 35.

URSS partiendo de dos procesos fundamentales: en primer lugar teniendo en cuenta factores individuales y en segundo lugar contando con factores grupales.

Lo que destacan los autores respecto al proceso individual es que hay que tener en cuenta que los seis responsables de toma de decisiones en la política soviética ajustarán su posición respecto a la realidad de los acontecimientos con base en la nueva información adquirida²²⁰.

Con relación al proceso grupal, los autores consideran que la toma de decisiones políticas se verá afectada por un cambio de postura, a nivel individual, respecto a la petición de Sadat de venta de armas a Egipto en 1973²²¹.

Debido a estos procesos y a las cuestiones planteadas por los creadores de este SE, decidieron incluir los siguientes tres factores y sus relaciones en su modelo: régimen, cualidades individuales y dinámicas de grupo para explicar las políticas realizadas por la Unión Soviética en materia de política exterior respecto a Egipto²²².

Como podemos observar, para los investigadores tenía gran importancia conocer el funcionamiento interno de la URSS para poder entender su toma de decisión en este asunto concreto. Por este motivo los creadores de este modelo toman en consideración las siguientes cuestiones relacionadas con la toma de decisiones del Politburó²²³:

1. La distribución del poder dentro de los grupos con más peso;
2. Las actitudes, percepciones, cuestiones personales e intereses organizacionales de individuos a nivel personal; y
3. Los procesos a través de los cuales se llegaba a las decisiones conjuntas.

²²⁰ Según Andreson, Hermann y Hermann, entenderemos por “nueva información” la decisión del entonces presidente de Egipto, Anwar Sadat, de expulsar al ejército soviético de Egipto en 1972. En ANDRESON, Richard D., HERMANN, Margaret G. y HERMANN, Charles: “Explaining Self-Defeating Foreign Policy Decisions: Interpreting Soviet Arms for Egypt in 1973 through Process or Domestic Bargaining Models?”, *The American Political Science Review*, Vol. 86, N° 3, (Sep. 1992), p. 759.

²²¹ *Ibidem*, p. 759.

²²² STEWART, Philip D. HERMANN, Margaret G. y HERMANN, Charles F.: “Modeling the 1973 Soviet Decision to Support Egypt”, *op. cit.* p. 37.

²²³ *Ibidem*, p. 35.

Una vez definidas estas tres cuestiones los autores realizaron diferentes trabajos especializados para poder desarrollar su sistema basado en reglas lo más completo y competente posible.

Para ello, Stewart, un experto en la Unión Soviética, elaboró una clasificación para delimitar qué tipo de estructura política tenía el órgano de toma de decisiones soviético, el Politburó, en este espacio de tiempo limitado. Stewart llegó a la conclusión de que se trataba de un sistema de poder oligárquico en el cual los hombres con mayor poder eran Brezhnev, Kosygin, Podgorny y Suslov²²⁴.

El siguiente paso fue desarrollado por Margaret Hermann, psicóloga política, que recopiló la información acerca de los “antecedentes, la experiencia, las preferencias y la fuerza de estas preferencias de los hombres del Politburó”²²⁵, además de analizar sus discursos políticos para ver qué importancia tenía la región de Oriente Medio para cada uno de ellos. Hermann llegó a la conclusión de que únicamente el Mariscal Grechko tenía especial interés por Egipto²²⁶.

A continuación podemos observar una tabla elaborada por Stewart y Hermann fundamentándose en el análisis de los discursos y escritos de estos seis miembros del Politburó entre enero de 1970 y diciembre de 1972²²⁷.

Explicaremos brevemente el significado de los cuatro factores que se tienen en cuenta en la tabla para comprender mejor el funcionamiento de este proceso.

En primer lugar los autores tienen en cuenta lo que han denominado “Percepción de la realidad internacional”, una categoría que se puede resumir como la manera en la que la persona en cuestión estructura su visión del mundo, siendo, en este caso concreto, Oriente Medio la realidad internacional²²⁸.

²²⁴ HUDSON, Valerie: *Foreign Policy Analysis: Classic and Contemporary Theory*, *op.cit.* p. 198.

²²⁵ *Ibidem*, p. 198.

²²⁶ *Ibidem*, p. 198.

²²⁷ STEWART, Philip D., HERMANN, Margaret G. y HERMANN, Charles F.: “Modeling the 1973 Soviet Decision to Support Egypt”, *op. cit.* p. 42.

²²⁸ *Ibidem*, p. 43.

Se medirá por ello en esta categoría la importancia que cada uno de estos seis miembros del Politburó le da a la realidad en Oriente Medio dentro del ámbito internacional.

La segunda categoría es la que se denomina actitudes. En esta categoría se refleja, en base a los discursos y escritos de los políticos, el porcentaje de aprobación por parte de un miembro concreto respecto al total de aprobaciones de todos los miembros del Politburó en la venta de armas a Egipto²²⁹.

La tercera categoría fue denominada como características personales por los autores. A través de ella se mide la predisposición de los seis miembros de tener en cuenta opiniones e informaciones de otros miembros del Politburó, es decir, cómo de flexible, o no, es cada uno de ellos, respecto a un cambio de opinión teniendo en consideración otros puntos de vista o por desecharlos.

Por consiguiente, cuanto mayor sea la cifra en esta categoría mayor será el número de veces que este miembro haya hecho referencias a otros políticos, ideas, puntos de vista en sus discursos y escritos; cuanto más baja sea, menos veces habrá hecho referencia a otros en su argumentación²³⁰.

La última categoría, englobada bajo la expresión de experiencia en la organización, se refiere a la permanencia y experiencia dentro de diferentes organismos soviéticos, diferenciando entre dos tipos de miembros del Politburó: por un lado “los generalistas que han ocupado su posición de influencia después de haber pasado por diferentes instituciones y organizaciones, contando con experiencia en diferentes ámbitos”²³¹, y los de carrera, aquellos que no cuentan con experiencia en diferentes instituciones, sino que han realizado toda su carrera política en la misma institución²³².

²²⁹ *Ibidem*, p. 44.

²³⁰ *Ibidem*, p. 44.

²³¹ *Ibidem*, p. 45.

²³² *Ibidem*, p. 45.

Tabla 4: FACTORES PARA LA TOMA DE DECISIONES DE MIEMBROS DEL POLITBURÓ

Nombre	Percepción realidad internacional	Actitudes	Características personales	Experiencia en la Organización
Breznev	.01 (a)	.16 (d)	65 (a)	generalista
Kosygin	.03 (a)	.22 (d)	68 (a)	generalista
Podgorny	.00 (b)	.16 (d)	97 (a)	generalista
Suslov	.00 (b)	.18 (d)	35 (b)	Carrera (ideología de partido)
Grechko	.01 (a)	.44 (f)	69 (a)	Carrera (militar)
Ponomarev	.00 (b)	.25 (d)	58 (a)	Carrera (ideología de partido)

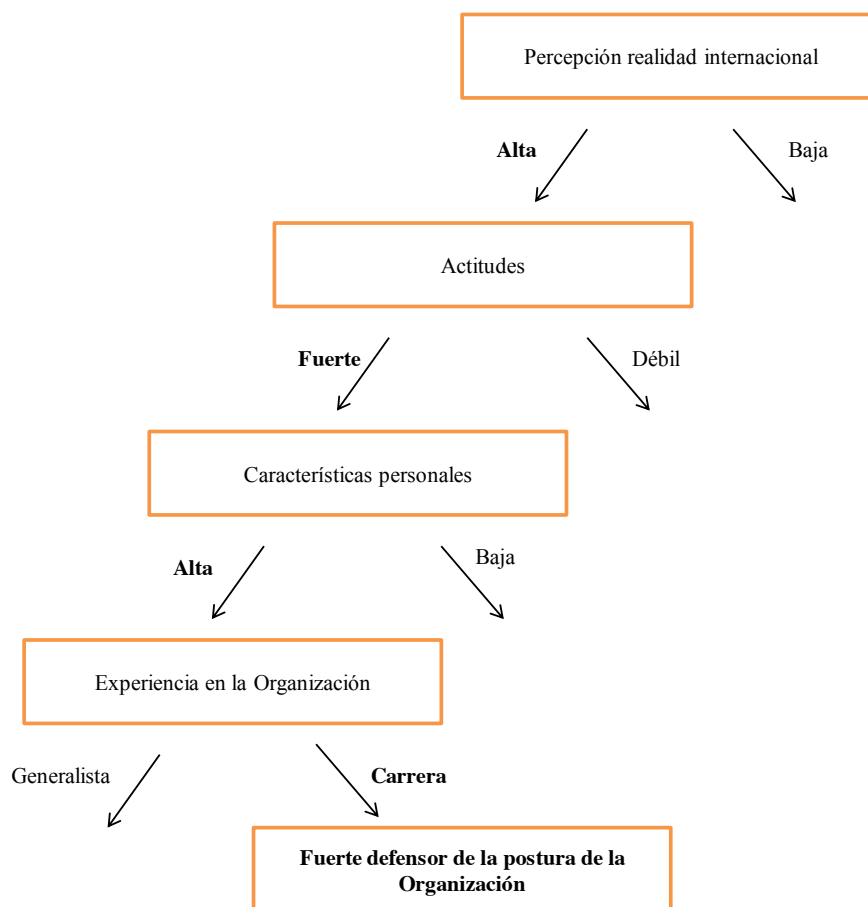
Leyenda: (a) = alto; (b) = bajo; (d) = débil; (f) = fuerte

Después de estas dos fases, empezó a desarrollar su trabajo Charles Hermann, especialista en el campo de las tomas de decisiones grupales. Fue la labor de Hermann analizar y plasmar en un modelo, la posición y el peso político que cada uno de estos seis políticos tenían dentro del Politburó.

A continuación veremos un ejemplo de reglas para definir la toma de decisiones. En este caso concreto se trata de la figura de Andrei Grechko, un general al que se describe como “un ardiente comunista, un general de tipo ‘político’ que utilizaba sus contactos en el partido para impulsar su carrera”²³³.

²³³ FORCZYK, Robert: *The Caucasus 1942-1943*, Osprey Publishing, Oxford, 2015, p. 14.

Figura 6: ÁRBOL DE DECISIONES DE GRECHKO²³⁴



Como podemos observar en el modelo anterior, la aplicación de las diferentes reglas nos lleva a una afirmación final respecto a la actitud del político en relación con las decisiones del Politburó.

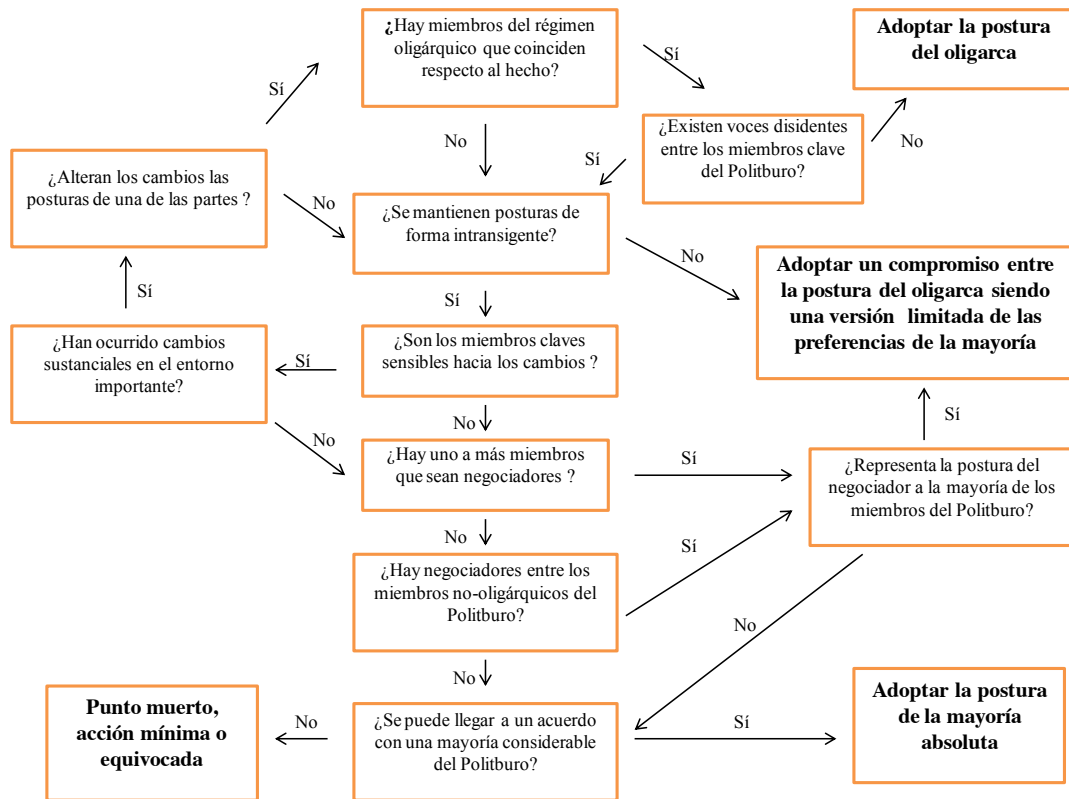
En el caso de Grechko, su postura será de defensor de las decisiones tomadas por la organización, mientras que habrá otros casos en los que el resultado será de seguidor, denominación que se refiere a aquel que sigue la opinión de la mayoría, o de negociador, entendido como la persona que es necesaria para que el defensor pueda llevar a cabo la decisión y que realiza una gran influencia sobre este²³⁵.

A continuación plasmaremos un ejemplo de la toma de decisiones y qué papel ocupa cada una de las posturas a las que hemos hecho referencia anteriormente a la hora de llegar a un consenso dentro del Politburó.

²³⁴ HUDSON, Valerie: *Foreign Policy Analysis: Classic and Contemporary Theory*, op.cit., pp. 198-199.

²³⁵ *Ibidem*, p. 200.

Figura 7: MODELO DE REGLAS PARA LA RESOLUCIÓN DE DISCREPANCIAS EN UN RÉGIMEN OLIGÁRQUICO²³⁶



Leyenda: los cuadros con textos en negrita son los resultados a los que se llega a través del modelo.

²³⁶ STEWART, Philip D. HERMANN, Margaret G. y HERMANN, Charles F.: “Modeling the 1973 Soviet Decision to Support Egypt”, *op. cit.* p. 52.

III.2.5. Sylvan, Goel y Chandrasekaran: la política en seguridad energética de Japón

En 1990 Sylvan, Goel y Chandrasekaran pusieron en marcha el modelo *Japanese Energy Supply Security Expert* (JESSE), un modelo que busca predecir la toma de decisiones de Japón en su política de seguridad energética.

Este modelo, al igual que todos los que estamos abordando en esta tesis, se fundamenta en el procesamiento de información, es decir, que utiliza la simulación por ordenador como herramienta fundamental para su trabajo de investigación.

En el caso de JESSE los creadores decidieron utilizar un lenguaje sistémico²³⁷ para poder representar de una forma más clara y precisa aspectos intangibles, importantes a la hora de tomar decisiones políticas, tales como: los valores, las actitudes, las creencias, los intereses diferentes influencias (tanto interiores como exteriores)²³⁸.

Durante la primera fase de este modelo se introduce la información obtenida sobre una situación vinculada al tema energético japonés. Después se clasifica esta realidad dentro de las diferentes amenazas en el ámbito del suministro energético del país asiático. En una tercera fase, el modelo selecciona las diferentes respuestas que se han dado a estas amenazas con anterioridad²³⁹.

Los resultados obtenidos a través de este proceso pueden indicar que “no se debe adoptar ninguna decisión que implique una acción hasta desarrollar un amplio número de acciones que pueden parecer contradictorias entre ellas”²⁴⁰.

Para llegar a estos resultados JESSE utiliza diferentes tipos de conocimiento, tales como el “conocimiento de conceptos del campo de estudio, de los límites y de los

²³⁷ Lo “sistémico” se fundamenta en que la realidad está compuesta por un todo inclusivo, basándose en el holismo griego.

²³⁸ MC DERMOTT, Rose: *Political Psychology in International Relations*, University of Michigan Press, Michigan, 2004, p. 111.

²³⁹ SYLVAN, Donald, GOEL, Ashok y CHANDRASEKARAN, B.: “Analyzing Political Decision Making from an Information- Processing Perspective: *JESSE*”, *American Journal of Political Science*, Vol. 34, Nº 1, Feb. 1990, p. 74.

²⁴⁰ *Ibidem*, p. 74.

planes al igual que el conocimiento sobre coincidencias, de selección y del perfeccionamiento de dichos conceptos y planes”²⁴¹.

Para los autores de este modelo, JESSE busca satisfacer los tres siguientes objetivos principales²⁴²:

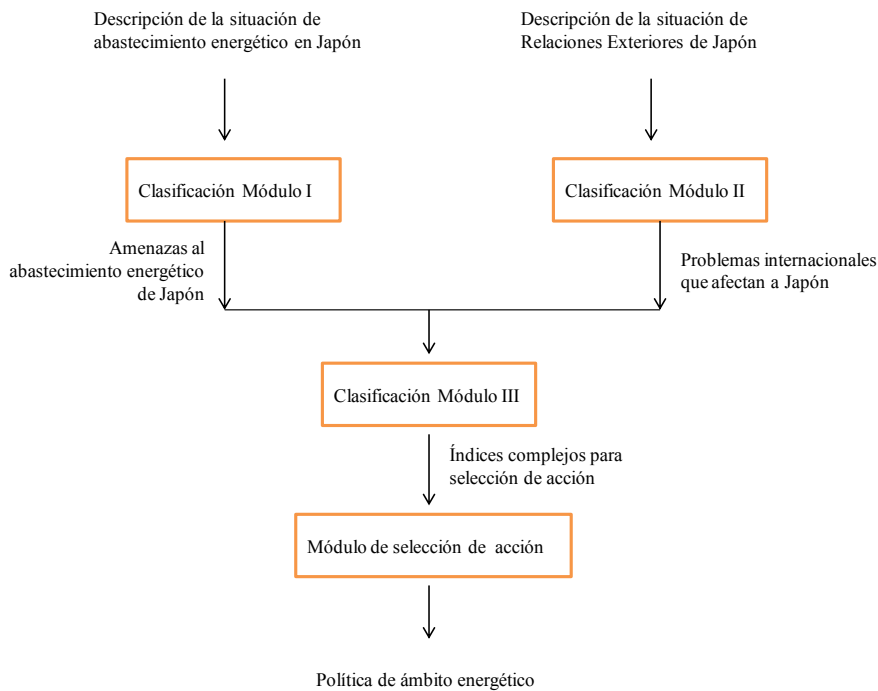
1. Demostrar la utilidad de la simulación a la hora de describir y analizar procesos de toma de decisiones, especialmente comparándolo con otro tipo de métodos a través de los cuales no se puede hacer explícitos ciertos fenómenos, especialmente aquellos que se encuentran en los resultados.
2. Relevar la extraordinaria expresividad de los lenguajes utilizados en el procesamiento de la información, especialmente de los llamados “generic task language” a la hora de recopilar información referente a la resolución de problemas y a la toma de decisiones en el ámbito de la política.
3. Proponer una teoría específica respecto a la toma de decisiones japonesa en el ámbito de la seguridad energética a través del lenguaje mencionado anteriormente.

Para entender mejor el funcionamiento de JESSE a continuación mostraremos la arquitectura fundamental del mismo.

²⁴¹ GOEL, Ashok (ed.): “Basic Artificial Intelligence Research at the Georgia Institute of Technology”, [en línea] <http://aaaipress.org/ojs/index.php/aimagazine/article/viewFile/897/815> , p. 18.

²⁴² SYLVAN, Donald, GOEL, Ashok y CHANDRASEKARAN, B.: “Analyzing Political Decision Making from an Information- Processing Perspective: *JESSE*”, *op. cit.*, p. 77.

Figura 8: MODELO JESSE ²⁴³



Como podemos observar en el modelo anterior, JESSE, este consta de cuatro módulos, tres de ellos se centran en la tarea de clasificación mientras el cuarto se centra en la selección de una acción.

El primero de estos módulos de clasificación, denominado módulo de clasificación I, toma como *input* la descripción de la situación energética de Japón como consecuencia de un hecho acaecido respecto a este tópico, conectándolo con las amenazas que existen para Japón en el ámbito del suministro del país asiático.

Para este primer módulo de clasificación se tendrán en cuenta dos principales niveles: coste energético, entendido como el aumento del coste energético, y flujo energético, refiriéndose a la reducción del flujo energético.

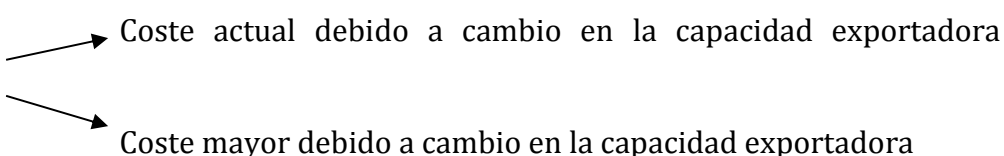
²⁴³ Modelo basado en el realizado por Sylvan, Goel y Chandrasekaran en: SYLVAN, Donald, GOEL, Ashok y CHANDRASEKARAN, B.: "Analyzing Political Decision Making from an Information-Processing Perspective: *JESSE*", *op. cit.*, p. 87.

Hay que tener en cuenta que estos son los dos niveles máximos para este módulo de clasificación I y que cada uno de estos niveles cuenta con diferentes subniveles a través de los cuales se llega a la clasificación. Así, por ejemplo, al aplicar las reglas en este módulo podemos llegar a la siguiente clasificación²⁴⁴ :

Si —————> Flujo energético

Si —————> Flujo energético debido a cambios en la capacidad exportadora

Si —————> Aumento del Coste debido a cambio en la capacidad exportadora

Entonces 

Según JESSE al aplicar esta regla obtenemos dos resultados. Este hecho, que en principio parece una contradicción, se resolverá cuando se apliquen las demás reglas a los otros dos módulos, ya que los resultados de las otras clasificaciones repercutirán sobre estos.

A la hora de introducir los datos del módulo de clasificación II, los autores plantean estas opciones: relaciones entre Japón y el resto de Asia, relaciones de seguridad entre Japón y Estados Unidos, orden económico mundial, apoyo estadounidense al orden económico, y mercados extranjeros para exportaciones²⁴⁵.

Podemos resumir la estructura de estos dos módulos de la siguiente manera: en primer lugar se describe la situación del suministro energético en Japón, mientras que en el segundo módulo se realiza una descripción de la situación de las relaciones exteriores del país asiático. A través de los conceptos adquiridos en

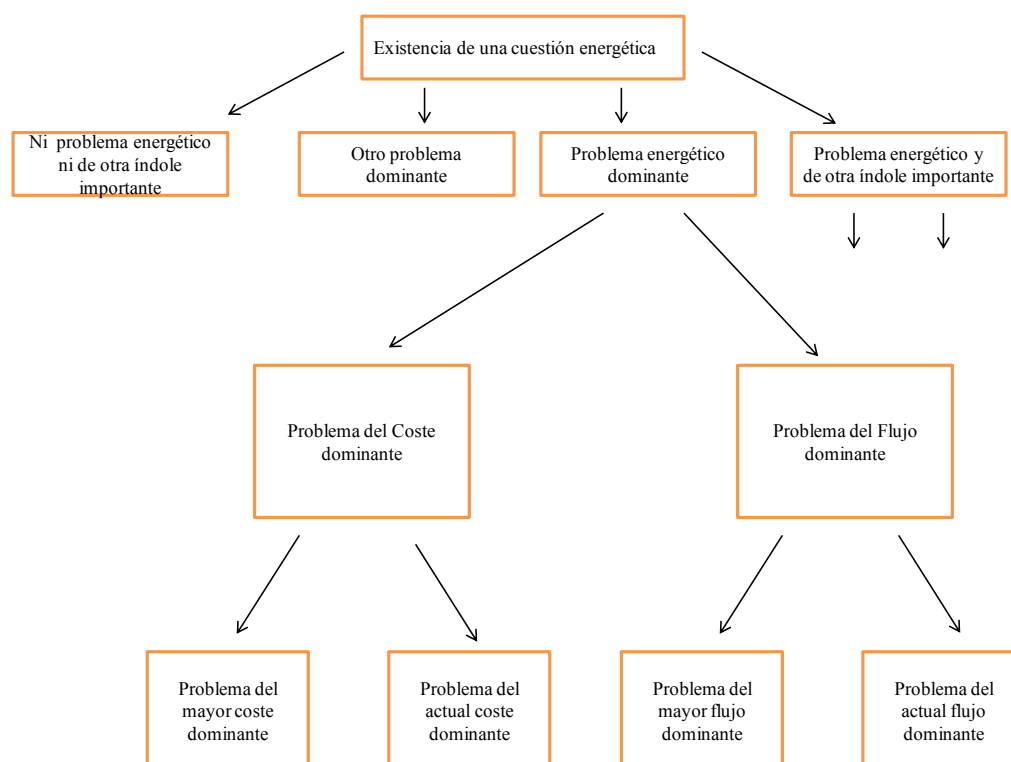
²⁴⁴ Basado en el modelo de Sylvan, Goel y Chandrasekaran en: SYLVAN, Donald, GOEL, Ashok y CHANDRASEKARAN, B.: "Analyzing Political Decision Making from an Information-Processing Perspective: *JESSE*", *op.cit.*, p. 89.

²⁴⁵ *Ibidem*, p. 82.

estos dos módulos y a la combinación de los mismos se pasará al tercer módulo de clasificación²⁴⁶.

Por este motivo el *input* que se utilizará en el módulo de Clasificación III, serán los resultados del módulo aplicando los resultados obtenidos en los módulos de clasificación I y II.

Figura 9: MODELO DE REPRESENTACIÓN DEL MÓDULO CLASIFICACIÓN III²⁴⁷



Como podemos observar en el modelo no se aporta un resultado de clasificación en el caso de que el problema energético y un problema de otra índole sean importantes.

²⁴⁶ [en línea] http://tecfa.unige.ch/tecfa/publicat/schneider/these-daniel/wmwork/www/phd_2.html

²⁴⁷ Modelo basado en el modelo original de Sylvan, Goel y Chandrasekaran en: SYLVAN, Donald, GOEL, Ashok y CHANDRASEKARAN, B.: "Analyzing Political Decision Making from an Information-Processing Perspective: *JESSE*", *op. cit.*, p. 90.

Los autores explican esta situación de la siguiente manera

existe una importante amenaza tanto para el suministro energético de Japón como una seria amenaza en el ámbito de sus relaciones exteriores. La cuestión es que Japón reaccionará a una realidad relacionada con su suministro energético dependiendo de la relativa importancia que este hecho tenga en cuanto a su suministro energético como a problemas en sus relaciones exteriores. La respuesta de Japón respecto a la amenaza a su suministro energético variará en función de la existencia de un problema en el ámbito de las relaciones exteriores a la vez²⁴⁸.

En el caso de que el problema en el ámbito exterior sea mayor que el energético Japón no le prestará mayor atención. Por ello, según los autores la categoría “otro problema dominante” no cuenta con ninguna subcategoría²⁴⁹.

Si bien la autora entiende la argumentación de los autores respecto a esta situación, considera que sería necesario explicar y definir las dos sub-categorías de problema energético y de otra índole importante, ya que no se especifica cuáles pueden ser los resultados de esta situación. Esta carencia no permite llegar a unos resultados más concretos y hace que el modelo no sea capaz de dar una respuesta contrastada y válida en el caso de darse una de estas situaciones.

Para explicar el funcionamiento del módulo de selección de acción reflejaremos el ejemplo dado por los autores²⁵⁰:

Hipótesis: Flujo debido a cambio en capacidad exportadora

Categoría: Flujo energético

Sub-categorías: Mayor cambio en capacidad exportadora

Cambio actual en capacidad exportadora

Coste debido al cambio en la capacidad exportadora

Preguntas (con respuestas: Sí, No, No sabe):

²⁴⁸ *Ibidem*, p. 90.

²⁴⁹ *Ibidem*, pp. 90-91.

²⁵⁰ *Ibidem*, p. 92.

P.1.: ¿Existe un declive en la capacidad de producción energética de un país exportador de energía?

P.2. ¿Existe un declive en la capacidad de transporte de un país exportador de energía?

Regla 1:

SI (P.1. = SÍ) o (P.2. = SÍ) ENTONCES se cumple la hipótesis, si no Regla 2

Preguntas (con respuestas: Sí, No, No sabe):

P.3. ¿Existe la posibilidad de que haya un declive en la capacidad productora?

P.4. ¿Existe la posibilidad de que haya un declive en la capacidad transportadora?

Regla 2:

SI (P.3. = SÍ) o (P.4. = SÍ) ENTONCES se cumple la hipótesis, mientras que

SI (P.3. = No se sabe) o (P.4. = No se sabe) ENTONCES la hipótesis es incierta

SI (P.3. = NO) o (P.4. = NO) ENTONCES la hipótesis improbable.

Plan de Acción:

SI la hipótesis es probable o muy probable

ENTONCES aplicar hipótesis, activar sub-categoría,

si no, rechazar hipótesis.

En el funcionamiento del modelo creado por Sylvan, Goel y Chandrasekaran, existe una combinación entre factores cognitivos y políticos. Por ello, este modelo es considerado uno de los SSEE más complejos en el área de estudio de las RRII.

Como hemos destacado con anterioridad, el programa elabora tres módulos de clasificación y un módulo de plan de acción gracias al uso de una compleja

combinación de marcos de conocimiento y reglas. Así, el ordenador enuncia diversas preguntas al usuario y gracias a la respuesta de las mismas el propio programa será capaz de seleccionar un hecho basándose en la clasificación que ha generado con anterioridad.

Taber nos describe este proceso con el siguiente ejemplo:

Jesse clasificó la situación energética posterior a la Revolución Iraní de 1979 (simplificando) como una amenaza seria para la adquisición energética a bajo precio por parte de Japón. Jesse entonces seleccionó, dentro de un amplio número de planes de acción, diferentes políticas para hacer frente a esta amenaza, considerando tanto acciones como la reserva energética o el descenso de la demanda²⁵¹.

²⁵¹ TABER, Charles S.: "POLI: An Expert System Model of the U.S. Foreign Policy Belief System", *The American Political Science Review*, Vol. 86, Nº 4, Dec. 1994, p. 890.

III.2.6. Job y Johnson: Política exterior de EEUU en República Dominicana

A continuación pasaremos a explicar el funcionamiento del modelo creado por Job y Johnson en 1991 llamado UNCLESAM. Dicho MBRR se centraba en analizar la toma de decisiones de Estados Unidos respecto a República Dominicana (RD) entre los años 1961 y 1965²⁵².

A través de este SE los autores pretenden demostrar que “un modelo computacional que opera con una pequeña cantidad de juegos de reglas puede reproducir los resultados de la historia de la política exterior de los EEUU”²⁵³.

Según Job y Johnson UNCLESAM se puede describir como

un sistema formal que se ejecuta como un programa de ordenador que consta de una representación simbólica de hechos históricos, reglas y meta-reglas que seleccionan o desechan unas reglas u otras y una estructura de control que determina el orden de aplicación de las meta-reglas a las reglas y de las reglas a la base de conocimiento.²⁵⁴

Los propios autores advierten que si bien había más Estados involucrados en esta relación lo cierto es que principalmente se trataba de una relación unilateral por parte de Estados Unidos ya que consideraban que el país caribeño no contaba con intereses legítimos ni con aspiraciones concretas., sumado a que los Estados Unidos tenían una visión simplista y estereotipada de toda la región centroamericana y del Caribe, de la cual destacaban la falta de motivación y acción de su población al igual que su susceptibilidad a verse afectados por fuerzas internas y externas. Esto les llevaba a tomar decisiones rutinarias en la región fundamentándose en indicadores simplistas²⁵⁵.

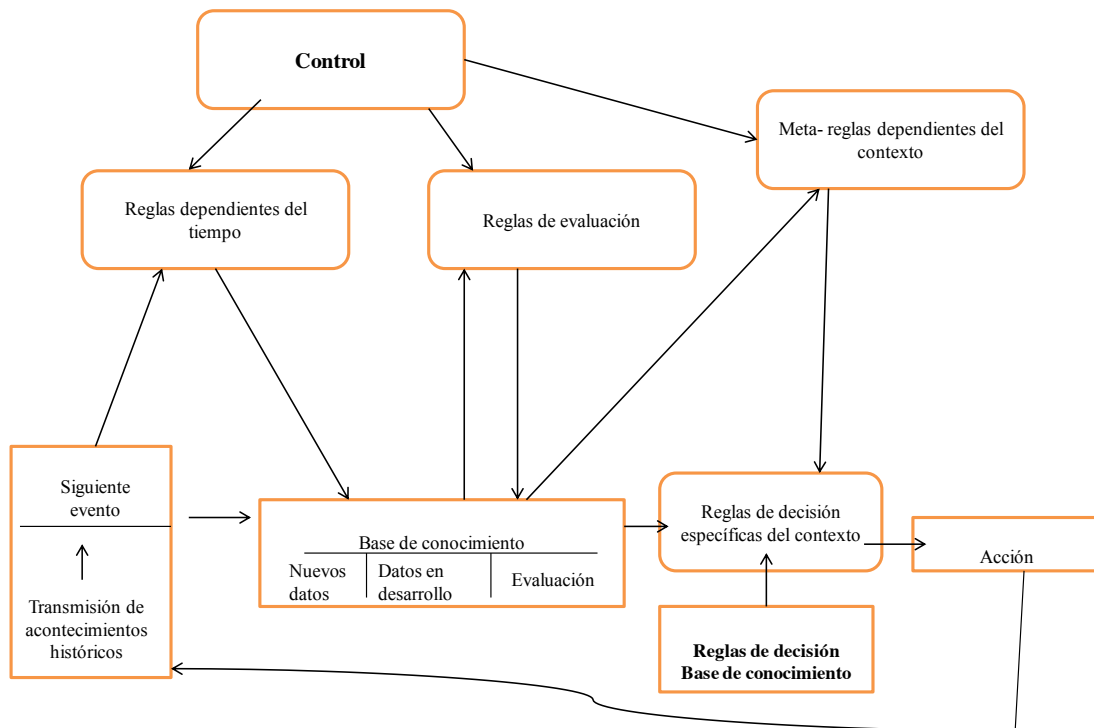
²⁵² TRAPPL, Robert: “Introduction”, en TRAPPL, Robert (ed.): *Programming for Peace: Computer-Aided Methods for International Conflict Resolution and Prevention*, Springer, Dondrecht, 2006, p. 2.

²⁵³ JOB, Brian L. y JOHNSON, Douglas: “UNCLESAM: The Application of a Rule-Based Model of U.S. Foreign Policy Making” en HUDSON, Valerie M. (ed): *Artificial Intelligence and International Politics*, *op. cit.* p. 221.

²⁵⁴ *Ibidem*, p. 226.

²⁵⁵ *Ibidem*, p. 223.

Figura 10: ESTRUCTURA DE UNCLESAM



Como podemos observar en el modelo anterior este SE hace uso de cuatro tipos de reglas: reglas temporales, reglas de evaluación, meta-reglas y reglas de decisión. La primera de estas forman parte de UNCLESAM en su nivel de programación, es decir, las reglas temporales existen aunque no se ponga en marcha el SE para deducir una decisión o acción concreta. Los restantes tres tipos de reglas sí se ponen en marcha con el funcionamiento práctico del programa de ordenador.

Las reglas de evaluación son aquellas en las que “calculan si los sucesos o condiciones se han alterado lo suficiente como para que se hayan generado nuevos valores respecto a los indicadores fundamentales para los tomadores de decisiones”²⁵⁶.

²⁵⁶ *Ibidem*, p. 227

Para que el programa UNCLESAM sea capaz de generar unas predicciones respecto a la política exterior de EEUU hace falta que se cumplan las siguientes condiciones²⁵⁷:

1. Se tiene que tener una información detallada sobre el hecho que se va a introducir y deducir a través del SE. Además en este punto se están aplicando de forma automatizada, sin tener en cuenta el caso concreto, las reglas temporales de UNCLESAM.
2. En el siguiente paso es necesario traducir esta información a un lenguaje que pueda comprender y ejecutar el programa informático. Una vez que se produzca un suceso este se representará en el SE como un sistema semántico que cuenta con un lenguaje especializado. En este caso se trata del Lenguaje de Acción Política (LAP) desarrollado explícitamente para este software y que forma parte de la base de conocimiento del mismo.
3. El próximo paso en el proceso llevado a cabo por UNCLESAM será emplear las tres reglas que se aplican a estas alturas del proceso informático a la base de conocimiento del programa. Para ello se tendrán en cuenta las reglas de evaluación, las meta-reglas y por último las reglas de decisión.

Hay que destacar que un cambio en las reglas de evaluación conllevará una alteración en las reglas de decisión. La aplicación de qué tipo de reglas de decisión depende de las meta-reglas las cuales determinan qué acciones y decisiones se van a aplicar en cada caso concreto.

4. En el caso de que los antecedentes de una regla de decisión coincidan realidades contenidas en la base de conocimiento del SE dicha regla se disparará y con ello se deduce qué tipo de decisión o de acción en materia de política exterior se va a llevar a cabo por EEUU respecto a RD.

²⁵⁷ *Ibidem*, pp 227-228.

5. Por último el SE guardará su deducción en la base de conocimiento y desde ese momento formará parte de la misma y dicho conocimiento podrá ser utilizado en próximas ejecuciones del programa.

Los datos que los autores utilizaron para elaborar la base de conocimiento del SE fueron alrededor de 460 artículos publicados en el periódico estadounidense *The New York Times*. Como hemos destacado anteriormente, hacía falta traducir los conceptos utilizados en las diversas publicaciones del periódico a un lenguaje entendible para UNCLESAM, el LAP²⁵⁸.

Este tipo de lenguaje informático se fundamentaba en cinco elementos semánticos: sucesos, actores, acciones, relaciones y atributos²⁵⁹. A través de la descripción y clasificación de cada uno de estos componentes y de su relación entre sí, el SE creado por Job y Johnson será capaz de entender cada uno de los sucesos que se describen en los 300 artículos publicados en el periódico estadounidense y por consiguiente de generar la base de conocimiento del mismo y de aplicar las diferentes reglas del software.

Pasaremos a continuación a describir, a través de diferentes ejemplos, el funcionamiento de este SE.

Comenzaremos por explicar el funcionamiento de las reglas de evaluación. En UNCLESAM se trabaja con trece reglas de este tipo, las cuales se aplicarán en cada caso concreto de estudio.

Para poder cuantificar un cambio en cuanto a la actitud de Estados Unidos respecto a República Dominicana en la aplicación de las reglas de evaluación, los autores manejaron un valor numérico para describir las diferentes posturas. Así, una puntuación de 1 equivale a una actitud favorable de EEUU hacia RD, mientras

²⁵⁸ HERGOVICH, Andreas y OLBRICH, Andreas: "What can Artificial Intelligence do for Peace Psychology", *op. cit.*, p. 5.

²⁵⁹ JOB, Brian L. y JOHNSON, Douglas: "UNCLESAM: The Application of a Rule-Based Model of U.S. Foreign Policy Making" en HUDSON, Valerie M. (ed.): *Artificial Intelligence and International Politics*, *op. cit.*, p. 235.

que coincidió en un 90% con las acciones llevadas a cabo por EEUU en la isla caribeña²⁶³.

Según los resultados presentados por los artífices del software, el programa de ordenador reprodujo con acierto las crisis de 1961 y 1965 y otras dos situaciones en las que EEUU hizo uso de la fuerza, mientras que dedujo solo un falso positivo en otro acontecimiento en este lapso de tiempo.

²⁶³ JOB, Brian L. y JOHNSON, Douglas: "UNCLESAM: The Application of a Rule-Based Model of U.S. Foreign Policy Making" en HUDSON, Valerie M. (ed.): *Artificial Intelligence and International Politics*, *op. cit.* pp. 238 y 242.

III.2.7. Taber y Timpone: Predicción de la política exterior estadounidense en Asia a partir de 1950

En 1992 Taber creó el *SE Policy Arguer* (POLI) que dos años más tarde se desarrollaría conjuntamente con Timpone. Este SE fue desarrollado para predecir, a través del encadenamiento de reglas de producción, las acciones de EEUU en materia de política exterior, a partir de los años 50 del siglo pasado, en Asia.

Uno de los elementos en los que más hincapié hicieron estos autores fue en la utilidad de los programas de ordenador para explicar “la política exterior como un proceso que convierte las creencias en argumentos y en acciones políticas”²⁶⁴.

La construcción básica del sistema experto de Taber consta de cuatro partes claramente diferenciadas:

1. Base de conocimiento
2. Motor de inferencia
3. Base de hechos²⁶⁵
4. Interfaz de usuario

En el caso de POLI I, el cual desarrolló Taber en solitario, la base de conocimiento corresponde a la representación de las creencias por parte de Estados Unidos en la política con Asia. La base de conocimiento estará compuesta por una serie de paradigmas y de sistemas de creencias que se han mantenido a lo largo del tiempo²⁶⁶.

El motor de inferencia por su parte, como en cualquier SE, será el encargado de procesar los datos obtenidos de la base de conocimiento. En caso específico de

²⁶⁴ TABER, Charles S. y TIMPONE, Richard: “The Policy Arguer: The Architecture of an Expert System”, *op. cit.*, p. 1.

²⁶⁵ El autor se refiere a esta parte del sistema como “Memoria de trabajo” pero debido a que hemos utilizado el concepto de “Base de Hechos” para referirnos a este elemento a lo largo de todo el trabajo mantendremos este concepto para ser congruentes con el mismo.

²⁶⁶ TABER, Charles S.: “POLI: An Expert System Model of the U.S. Belief Systems”, *op. cit.*, p. 890.

POLI, este usará el encadenamiento hacia adelante, es decir, se parte de unos hechos concretos para alcanzar unos resultados a la problemática planteada.

Recordemos que la base de hechos es “el espacio en el que el motor de inferencia compara el input con la base de conocimiento, selecciona y utiliza partes del conocimiento para operar sobre el input y realiza el output”²⁶⁷.

Por último, el interfaz de usuario es el medio que permite una comunicación entre el modelo y el usuario.

Taber reunió los datos que iban a construir los paradigmas de la base de conocimiento a través de las transcripciones diarias que se realizaban de los discursos y debates del Congreso de los Estados Unidos (Congressional Record) entre 1940 y 1960 a través de cinco dinámicas diferentes, aunque vinculadas entre ellas²⁶⁸:

1. Identificando una serie de potenciales paradigmas que habían sido descritos en diversos textos que versaban sobre la política exterior de Estados Unidos durante las décadas de los años 40, 50 y 60 del siglo pasado.
2. Diferenciando entre una serie de creencias fundamentales para cada uno de los paradigmas del SE, utilizando los mismos textos a los que se ha aludido en el Punto 1.
3. Llevando a cabo un estudio piloto de dos años de duración fundamentado en el Congressional Record.
4. Aplicando los cambios necesarios en la serie de paradigmas y en las creencias fundamentales (seleccionadas en el Punto 2) teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el estudio piloto (Punto 3).

²⁶⁷ *Ibidem*, p. 890.

²⁶⁸ TABER, Charles S. y TIMPONE, Richard: *Computational Modeling*, Sage Publications, California, 1996, p. 49.

5. Empleando los paradigmas modificados (Punto 4) para realizar un análisis de contenido completo que abarque toda la década.

A través de las tres primeras dinámicas Taber llegó a diferenciar tres importantes paradigmas, entendidos como sistemas de creencias compartidos: militancia anti-comunista, anti-comunismo pragmático y aislacionismo²⁶⁹.

A continuación explicaremos, según palabras del propio creador de esta clasificación, el significado de estos tres paradigmas:

1. Militancia anti-comunista (MAC): Para Taber, los actores que se encuentran englobados bajo el MAC mantienen que “el comunismo es el enemigo unitario e implacable de la paz y occidente. Todos los grandes males del mundo son atribuibles al comunismo internacional bajo el liderazgo de la Unión Soviética”²⁷⁰.
2. Anti-comunismo pragmático (ACP): Aquellos que defienden este punto de vista consideran al totalitarismo, no al comunismo en bloque, como la principal amenaza. Por ello consideran que “la inestabilidad social, económica y política en el mundo hace que los países sean más vulnerables”²⁷¹.
3. Aislacionismo (ISO): Los aislacionistas mantienen que Estados Unidos debería de rebajar, por no hablar de eliminar, su hegemonía en la sociedad internacional. Para Taber existen dos componentes a tener en cuenta en esta cuestión: uno práctico y otro moral. Respecto al aspecto práctico argumentan que “Estados Unidos no cuentan con los recursos necesarios

²⁶⁹ TABER, Charles S.: “The Interpretation of Foreign Policy Events: A Cognitive Process Theory” en SYLVAN, Donald A. y VOSS, James F.: *Problem Representation in Foreign Policy Decision-Making*, Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, 1998, p. 37.

²⁷⁰ TABER, Charles S.: “POLI: An Expert System Model of the U.S. Belief Systems”, *op. cit.*, p. 892.

²⁷¹ TABER, Charles S.: “The Interpretation of Foreign Policy Events: A Cognitive Process Theory”, en SYLVAN, Donald A. y VOSS, James F.: *Problem Representation in Foreign Policy Decision-Making*, *op. cit.*, p. 49.

para mantener la hegemonía mundial sin que por ello se degrade la calidad de vida en el estado”²⁷² .

Respecto al factor moral se hace referencia a que “Estados Unidos solo puede mantener su postura ética si rechaza entrometerse en aventuras internacionales. Cualquier signo de complicidad con el colonialismo, en particular, dañaría la integridad estadounidense”²⁷³.

Una vez que nos hemos familiarizado con los tres paradigmas con los que opera POLI en su base de conocimiento pasaremos a explicar qué tipo de conocimiento alberga cada uno de estos paradigmas.

Por un lado contamos con el conocimiento declarativo, el cual nos describe una serie de conceptos y su vinculación: “India denuncia a Pakistán”²⁷⁴. Lo que tiene que hacer POLI con esta afirmación es explicar cada uno de los tres conceptos que configuran esta afirmación: India, denuncia y Pakistán. Para lograrlo el sistema mapea los diferentes actores, objetivos y verbos que conforman los eventos que se describen para más adelante convertirlos en lo que anteriormente hemos llamado conocimiento declarativo. Este conocimiento se almacena en los llamados marcos de conocimiento (*knowledge frames*).

A continuación vamos a incluir un ejemplo para mayor comprensión en cuanto al funcionamiento de POLI²⁷⁵:

1. Partiremos de la existencia de los siguientes actores: afganistán, albania, bangladesh, bhutan, brunei, burma, cambodia, ceylan, china, alemania oriental,..., timor, eeuu, alemania occidental, occidente de irán, occidente de pakistán²⁷⁶, [50 actores en total]
2. Combinados con la existencia de estos verbos: atacar, amenazar físicamente, amenazar verbalmente, amenazar, asaltar, agredir, amenazar

²⁷² TABER, Charles S.: “POLI: An Expert System Model of the U.S. Belief Systems”, *op.cit.*, p. 892.

²⁷³ *Ibidem*, p. 892.

²⁷⁴ TABER, Charles S. y TIMPONE, Richard: “The Policy Arguer: The Architecture of an Expert System”, *Social Science Computer Review*, 12:1, Spring 1994, p. 2.

²⁷⁵ *Ibidem*, p. 4.

²⁷⁶ Los países figuran en minúscula porque en el texto original vienen escritos de esta manera.

económicamente, acusar de violación de acuerdo, acusar de romper tregua, romper tregua, violar tratado, violar acuerdo [90 verbos en total].

3. Y llegamos a posibles objetivos: empeoramiento del problema, mejora del problema, guerra regional, guerra regional que nos afecta, opinión pública mundial enfrentada a nosotros.

Cabe destacar la gran complejidad de esta construcción, ya que contamos con un sistema de marcos, entendido como una descripción que contiene tanto información cuantitativa como cualitativa, para cada uno de los paradigmas que forman parte de POLI²⁷⁷.

Por otro lado cada uno de los tres paradigmas (MAC, ACP e ISO) además contará con la información adquirida a través del conocimiento procedimental representado a través de las reglas de producción SI → ENTONCES.

A través de la aplicación de este tipo de correlaciones se nos explica una acción que será llevada a cabo como reacción. Así, por ejemplo: “SI comunistas invaden Corea del Sur ENTONCES envío de fuerzas militares”²⁷⁸.

El primero de estos conocimientos, el declarativo, será utilizado para interpretar los *inputs* de los acontecimientos (*event inputs*), mientras que el conocimiento procedimental se utiliza para realizar un razonamiento, basándose en los acontecimientos interpretados, para llegar a unas conclusiones²⁷⁹.

Como hemos destacado anteriormente, otro de los elementos fundamentales para el correcto funcionamiento de POLI es el motor de inferencia. Este “aplica las creencias de la base de conocimiento cuando POLI se enfrenta con un acontecimiento”²⁸⁰.

²⁷⁷ *Ibidem*, p. 3.

²⁷⁸ TABER, Charles S.: “POLI: An Expert System Model of the U.S. Belief Systems”, *op. cit.*, p. 892.

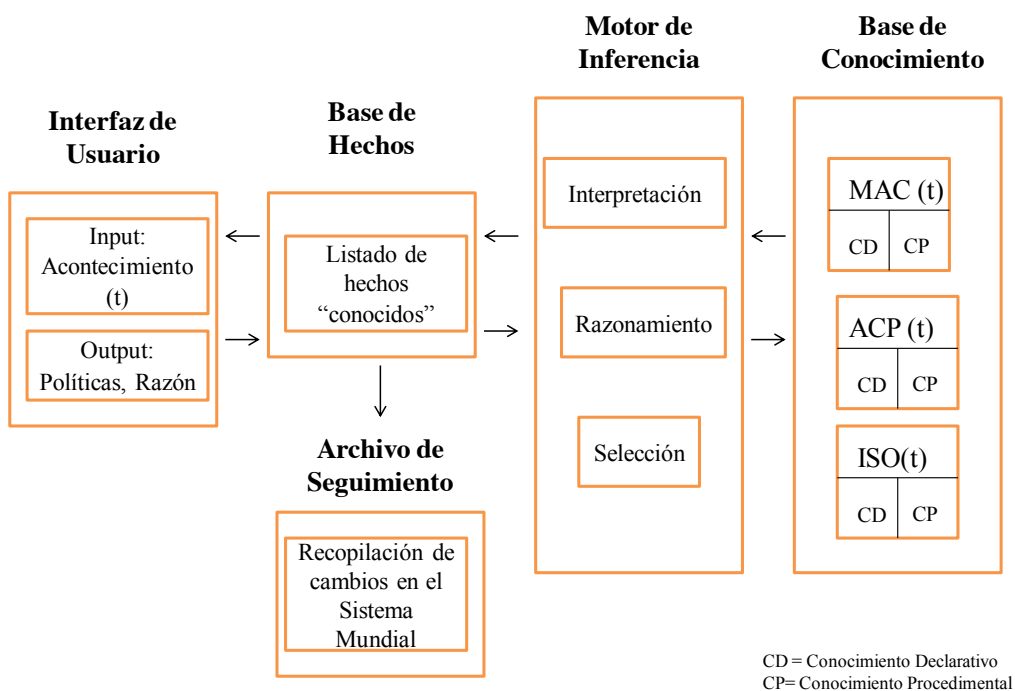
²⁷⁹ TABER, Charles S.: “The Interpretation of Foreign Policy Events: A Cognitive Process Theory”, en SYLVAN, Donald A. y VOSS, James F.: *Problem Representation in Foreign Policy Decision-Making*, *op.cit.* p.37.

²⁸⁰ TABER, Charles S.: “POLI: An Expert System Model of the U.S. Belief Systems”, *op. cit.*, p. 893.

El funcionamiento del SE realmente comienza cuando un acontecimiento (t) es introducido en la base de hechos a través del interfaz de usuario. Entonces entra en juego el motor de inferencia el cual

utiliza las creencias declarativas para interpretar el acontecimiento, creencias procedimentales para argumentar (a través del encadenamiento) hacia adelante basándose en las interpretaciones para llegar a una serie de posibles políticas como respuesta al acontecimiento, elige un subconjunto de las mismas para su puesta en práctica²⁸¹.

Figura 11: ESTRUCTURA BÁSICA DE POLI



Debido a la gran cantidad de reglas basadas en producción que se generan en este proceso y a la necesidad de ordenar y jerarquizar estas reglas y sus resultados,

²⁸¹ *Ibidem*, p. 893.

POLI resolverá este tipo de conflictos entre reglas a través del uso del Factor de Certeza (FC) y de la lógica difusa²⁸².

Para explicar cómo se aplica el FC en POLI citaremos un ejemplo de Taber y Timpone partiendo de la siguiente regla: “SI una nación cuenta con grandes reservas de petróleo ENTONCES esa nación es rica”, regla que cuenta con un FC = .3²⁸³.

Esta regla significa que el programa tiene FC = .3 en la conclusión “esa nación es rica” cuando la afirmación “esa nación cuenta con grandes reservas de petróleo”, cuando el FC de esta hipótesis es 1. Cuando el sistema recibe la información “Indonesia tiene grandes reservas de petróleo” con un FC = .6 podemos deducir que “Indonesia es rica” con un grado de confianza calculable. A través de una regla de inferencia compararemos el nuevo FC = .6 con el FC = .3 de la relación ya conocida, seleccionando el más bajo. POLI comunicará al motor de inferencia que Indonesia es rica con un FC = .3. Si introducimos la información que “Tíbet cuenta con grandes reservas de petróleo” con un FC = .001, el sistema experto solo tendría una certeza de .001 de que Tíbet es rica.²⁸⁴

Para poder constatar la validez o no de POLI como sistema de predicción de las actuaciones de EEUU respecto a Asia, pasaremos a reflejar los resultados que se han obtenido a raíz de su aplicación.

En primer lugar, hay que decir que la validez de los resultados de POLI fue probada de dos maneras diferentes: en una primera comprobación se recopilaron los sucesos acaecidos en Asia en la década de los años 50 del siglo pasado, siendo el test data set (N=161). Cada uno de estos sucesos se describía con tres elementos: actor, verbo y objetivo, incluyendo además el rol de los Estados Unidos. Entonces se introducían los datos en POLI para ver cuál sería el resultado propuesto por el sistema experto.

²⁸² Recordemos que, como se ha comentado anteriormente en este trabajo, el “padre” de todos los sistemas expertos, MYCIN, fue el primer SE en utilizar esta técnica, distanciándose de la técnica probabilística.

²⁸³ TABER, Charles S.: “POLI: An Expert System Model of the U.S. Belief Systems”, *op. cit.*, p. 895.

²⁸⁴ TABER, Charles S. y TIMPONE, Richard: “The Policy Arguer: The Architecture of an Expert System”, *op. cit.*, p. 5.

Una vez obtenidos los resultados de POLI se comparaban las acciones reales llevadas a cabo por EEUU en cada uno de los acontecimientos. En el caso de que el resultado de POLI se situara dentro de las cinco respuestas con los FC más elevados dentro de la serie de respuestas, se contabilizaba como exitoso.

El propio desarrollador de POLI nos da los siguientes niveles de acierto y validez del SE.

POLI realizó un trabajo realmente bueno en la década de los 50, siendo exitoso en 138 de los 161 acontecimientos. En el 86% de los acontecimientos POLI sugirió como muy recomendables todas las acciones llevadas a cabo por Estados Unidos²⁸⁵.

Para Taber existe una clara problemática en cuanto al método de recopilación de información, ya que al fundamentarse en los discursos y debates del Congreso de los Estados Unidos los datos y las creencias que usa POLI en su base de conocimiento coinciden en el tiempo con los acontecimientos ocurridos.

Por ello, “la lógica y los argumentos utilizados por el sistema experto son, en parte, las decisiones tomadas por el Congreso. Debido a que estos acontecimientos aparecen en el data set, puede darse un fenómeno cíclico”²⁸⁶.

Para evitar este problema, el autor realizó otra serie de comprobaciones, utilizando datos anteriores en la base de conocimiento para analizar hechos y toma de decisiones posteriores.

Para ver si este problema era serio, usé datos de épocas anteriores para acontecimientos posteriores. Así, utilicé la base de conocimiento de 1949-52 para eventos ocurridos entre 1953-56, conocimientos de 1953-56 para los acontecimientos de 1957-60 y conocimientos de 1957-1960 para los eventos ocurridos entre 1961-63²⁸⁷.

²⁸⁵ TABER, Charles S.: “POLI: An Expert System Model of the U.S. Belief Systems”, *op. cit.*, p. 896.

²⁸⁶ *Ibidem*, p. 896.

²⁸⁷ *Ibidem*, p. 896.

Los resultados obtenidos por POLI utilizando este tipo de técnica siguieron siendo buenos, alcanzando un 75% de coincidencia con las acciones llevadas a cabo por Estados Unidos en su política exterior respecto al continente asiático²⁸⁸.

A continuación simularemos el funcionamiento real del SE. Tenemos que tener en cuenta que las palabras en **negrita** son las introducidas por el usuario, los conceptos de POLI irán en tipografía normal, mientras que los comentarios de Taber Timpone, resumidos por la autora, irán en *cursiva*:²⁸⁹

Para arrancar el programa el usuario tendrá que entrar en la unidad C del ordenador

C:\ poli > **poli**

Año del suceso (entre 1950 y 1970)

¿Cuál es el año? **1954**

¿Ha ocurrido un suceso? (S/N) **S**

Introduce el actor: **Birmania**

Introduce el objetivo: **Reino Unido**

Introduce el verbo: **condenar**

Introduce FC del suceso ($0 \leq FC \leq 1$): **1.0**

POLI reconocerá la mayoría de los potenciales actores y verbos referidos a Asia. Pedirá más información al usuario en el caso de que no entienda uno o varios componentes del suceso introducido en el sistema.

¿Quiere introducir información contextual? (S/N) **N**

²⁸⁸ TABER, Charles S. Y TIMPONE, Richard: "The Policy Arguer: The Architecture of an Expert System", *op. cit.*, p. 7.

²⁸⁹ *Ibidem*, pp. 20-22.

Esta opción permite al usuario introducir cualquier tipo de información que él considere importante para el suceso que se está tratando.

¿Quiere introducir los valores dominantes del paradigma? (S/N)

(en el caso de seleccionar N se aplicarán los valores obtenidos empíricamente) **N**

Existen diferentes maneras por las cuales la dominancia de un paradigma sobre los demás afecte la confianza que POLI tiene en la deducción de los tres paradigmas. Una opción es tratar la dominancia en aspectos probabilísticos, valorando todas las deducciones bajo esa probabilidad (multiplicación). Otra opción es tratar la dominancia como un valor difuso y usar la regla de “mínimos”.

(P)robabilidad

(D)ifusa

Selecciona una de ellas: **D**

Según la regla de mínimos, los mínimos de los paradigmas del FC y la dominancia de los paradigmas está asignada de la misma manera que el FC de POLI para la deducción.

Una vez se hayan introducido todas las posibles acciones políticas, POLI preguntará cuántas quiere tener en cuenta el usuario.

¿De las 43 políticas que componen la serie, cuántos quiere seleccionar? **5**

POLI permite la selección de las políticas en base a dos reglas: la primera regla obtiene una distribución probabilística de las políticas en la serie de políticas teniendo en cuenta los niveles de certeza y selecciona las políticas acorde a esta distribución. La segunda regla simplemente selecciona las políticas con los factores de certeza más elevados.

(P)robabilidad

(C)erteza

Selecciona una de las opciones: **P**

En nuestro ejemplo seleccionaremos las políticas de forma probabilística más que de forma determinista. Cuando existen lazos entre las pocas principales políticas, la selección de las políticas de forma determinista, de acuerdo con sus FFCC, puede generar más políticas de las solicitadas.

Política: Perturbar actores comunistas en Asia

Política: Apoyar la represión de movimientos comunistas

Política: Defender la seguridad colectiva en la región

Política: Analizar intereses comunes entre los actores y el objetivo

Política: Consultar a líderes asiáticos antes de entrar en acción

Finalmente cabe destacar que POLI es uno de los más importantes SSEE basados en reglas, ya que logra una descripción muy cercana a la realidad a través del uso de un sistema operativo complejo.

III.2.8. Hergovich y Olbrich: predicciones de guerra respecto a EEUU, URSS y Gran Bretaña

En 1996 Hergovich y Olbrich desarrollaron otro SE basado en reglas de producción simples para “predecir y evaluar crisis a través de teorías psicológicas (teoría del poder y teoría de la identidad social) y la teoría de la posibilidad”²⁹⁰.

Fundamentalmente los autores buscaban predecir aquellas situaciones de conflicto en los que se llegara a una guerra. El espacio de tiempo elegido por estos dos investigadores austriacos fue el periodo comprendido entre 1946 y 1990 y los Estados sobre los que se aplicaba dicha predicción informatizada fueron EEUU, la URSS (después Rusia) y Gran Bretaña²⁹¹.

Para generar la clasificación de dichos conflictos se contó con el conocimiento y trabajo práctico de cuatro historiadores que delimitaron las siguientes cinco categorías de guerra civil, guerra religiosa, guerra, conflicto internacional y paz²⁹² para que después se realizara un análisis de medios por otros doce expertos.

En total se analizaron 189 artículos publicados en periódicos o revistas una semana antes del estallido del conflicto. Los medios escritos analizados para este propósito fueron: *The Economist*, *The Guardian*, *The Times*, *The Daily Telegraph*, *Newsweek*, *Time*, *The New York Times*, *Pravda* e *Isvestija*²⁹³.

Respecto a las diferentes teorías utilizadas por Hergovich y Olbrich a la hora de plantear su modelo teórico para la predicción de conflictos hay que destacar la importancia de la teoría de poder desarrollada por David G. Winter.

²⁹⁰ HERGOVICH, Andreas y OLBRICH, Andreas: “The expert system for peacefare: A new approach for peace and conflict research”, *Review of Psychology*, Vol. 3, N° 1-2, 11-22, 1996, p. 11.

²⁹¹ *Ibidem*, p. 11.

²⁹² HERGOVICH, Andreas y OLBRICH, Andreas: “What can Artificial Intelligence do for Peace Psychology?”, *Review of Psychology*, Vol. 9, N. 1-2, 3-11, 2002, p. 4.

²⁹³ HERGOVICH, Andreas y OLBRICH, Andreas: “The expert system for peacefare: A new approach for peace and conflict research”, *op. cit.*, p. 11.

Según este autor

un Estado que posee un alto índice del motivo de poder²⁹⁴ y un bajo índice en el motivo de afiliación²⁹⁵ comenzará una guerra en un espacio de tiempo breve. Si los índices de motivo de poder y de afiliación son bajos, la probabilidad de que un Estado resuelva un desacuerdo es muy elevada. Si el índice del motivo de afiliación es elevado y el índice de motivo de poder es bajo existe una alta posibilidad de que se desarrolle una guerra civil o religiosa²⁹⁶.

Para la configuración de la base de datos de su SE, los autores se basaron en 49 conflictos, los cuales fueron tipificados por cuatro historiadores²⁹⁷.

A continuación podemos observar la clasificación que de los conflictos hicieron estos expertos en relación a los tres estados seleccionados para este caso:

Tabla 5: TIPICIDAD DE LOS 49 CONFLICTOS²⁹⁸

Tipo de Conflicto	Bolognese	Feldbauer	Sieder	Anónimo
País				
Guerra Civil				
Gran Bretaña	4	4	4	3
Estados Unidos	3	2	3	1
URSS	0	2	0	2
Conflicto internacional				
Gran Bretaña	6	5	7	6
Estados Unidos	10	11	10	11
URSS	9	10	7	4
Guerra				

²⁹⁴ Winter y Stewart definen este aspecto psicológico como “un motivo que supone la tendencia estable de tener impacto, control e influencia sobre los demás”, en LÓPEZ VEGA, Daniel Jesús: *Relaciones humanas y psicoterapia*, CESJE Proyecto Hombre, Cádiz, 2004, p. 31

²⁹⁵ Por motivo de afiliación Winter y Stewart entienden “una preferencia generalizada en el ser humano a formar parte de un grupo, sentirse miembro de éste y a relacionarse con los demás”. *Ibidem*, p. 31.

²⁹⁶ HERGOVICH, Andreas y OLBRICH, Andreas: “What can Artificial Intelligence do for Peace Psychology?”, *op. cit.*, p. 4.

²⁹⁷ Los expertos eran: Bolognese, Feldbauer, Sieder y un historiador anónimo, todos ellos de la Universidad de Viena.

²⁹⁸ HERGOVICH, Andreas y OLBRICH, Andreas: “What can Artificial Intelligence do for Peace Psychology?”, *op. cit.*, p. 13.

Gran Bretaña	5	2	1	5
Estados Unidos	6	3	3	6
URSS	4	4	0	3
Guerra Religiosa				
Gran Bretaña	3	0	3	3
Estados Unidos	1	0	2	0
URSS	0	2	0	0
Paz				
Gran Bretaña	1	8	0	5
Estados Unidos	6	6	2	4
URSS	3	5	5	0

Como podemos observar en la tabla anterior los historiadores también podían clasificar los diferentes conflictos en cada uno de los tres países con un número > 5.

Una vez obtenidos estos datos, se pasó a analizar los 189 artículos de medios escritos. Para ello se hizo uso de una herramienta desarrollada por Winter llamada *Running Text Scoring System for Motive Imagery* (RTSS). A través del RTSS se pueden medir los motivos de poder, de afiliación y también los de logro²⁹⁹. La fiabilidad que se le otorga a este sistema de análisis de textos es de $f = .61$ ³⁰⁰ sobre 1.

Para poder analizar los artículos de los diferentes medios impresos, los autores decidieron fundamentar dicho análisis en buscar la respuesta a las siguientes cinco preguntas³⁰¹:

1. ¿Se menciona la afiliación a algún grupo?
2. ¿Cómo de positiva/negativa es la valoración del propio grupo?
3. ¿Cómo de positiva/negativa es la valoración del propio líder?
4. ¿Cómo de positiva/negativa es la valoración del otro grupo?

²⁹⁹ Se entiende por motivo de logro "cualquier señal que indique una situación exitosa", en HERGOVICH, Andreas y OLBRICH, Andreas: "What can Artificial Intelligence do for Peace Psychology?", op. cit., p. 14.

³⁰⁰ *Ibidem*, p. 14.

³⁰¹ *Ibidem*, p. 14.

5. ¿Cómo de positiva/negativa es la valoración del otro líder?

Los resultados obtenidos a través de este análisis podían comprender una puntuación de entre 0 y 50. Para saber qué puntuación otorgarle a cada uno de los artículos, los encargados de este análisis traducían el espacio que ocupaba la noticia (medido en milímetros) a puntos³⁰².

A continuación reflejaremos, a modo de ejemplo, los resultados obtenidos respecto a Gran Bretaña, ya que este país es el que mayor fiabilidad, $f = .61$, ha mostrado en el modelo.

**Tabla 6: PODER DE IDENTIDAD SOCIAL EN LOS MEDIOS IMPRESOS
BRITÁNICOS**

Tipo de evaluación	Valor sobre 1
Propio grupo	.6360
Propio líder	.5469
Grupo ajeno	.1588
Líder ajeno	.1813
Importancia	.4756

El motor de inferencia de este modelo trabaja con lógica difusa, ya que de esta manera, según los autores, se puede representar el comportamiento humano de forma más acertada. El valor que se le asigna a cada uno de los elementos oscila entre 0 y 1, cuanto mayor sea el valor mayor será la tipicidad de ese elemento. Para poder otorgar un valor al elemento se usarán los datos del análisis de medios RTSS conjuntamente con los resultados obtenidos de la evaluación anterior de los cuatro historiadores.

³⁰² *Ibidem*, p. 14.

Finalmente, los resultados obtenidos a través del motor de inferencia mostrarán al usuario cuál de los cinco estados de conflicto cuenta con más posibilidades de suceder³⁰³.

Por último, pasaremos a comprobar la efectividad de este SE. En un principio los autores introdujeron la información de 30 artículos en el sistema llegando al siguiente resultado:

los resultados respecto a la tipicidad de Estados Unidos son realmente buenos (una media del 87.5 % de los artículos se clasificaron correctamente) [...] Respecto a la URSS también se llegaron a resultados satisfactorios (de media un 70 % de acierto en los artículos). [...] Para Gran Bretaña los resultados son modestos, de media sólo un 37.5 % de los artículos se clasificaron de forma correcta³⁰⁴.

³⁰³ *Ibidem*, pp. 14-15.

³⁰⁴ *Ibidem*, p. 18.

III.2.9. Calduch: predicción de las relaciones bilaterales entre dos países en situación de crisis o conflicto

En el año 2005, el catedrático en Relaciones Internacionales de la Universidad Complutense de Madrid, Rafael Calduch Cervera, desarrolló un SE llamado GESCRIS. A través de este SE basado en reglas se podrán predecir “las decisiones que con mayor probabilidad adoptarán los dirigentes políticos”³⁰⁵ partiendo de una situación de conflicto o crisis entre dos países.

Para el buen funcionamiento de este programa de software Calduch utiliza un modelo teórico basado en seis atributos fundamentales: situaciones, objetivos, medios disponibles, experiencia basada en precedentes, expectativas de evolución futura, estrategia de relaciones y conductas³⁰⁶.

Cada uno de estos seis atributos, cuya relación se genera a través de reglas de producción, contará con diferentes opciones que describan la modalidad de cada uno de los atributos.

Hay que destacar que el sistema desarrollado por Calduch está estructurado en dos fases metodológicamente diferentes. Así, en el caso de los cuatro primeros atributos se aplica un método descriptivo, ya que el usuario introduce en el programa la información sobre la relación entre los países A y B para que después, a través de los últimos tres atributos el propio SE sea capaz de realizar una deducción en base a la información adquirida a través de los primeros cuatro atributos.

Por este motivo vamos a realizar una clara distinción entre los primeros cuatro atributos descriptivos y los tres atributos deductivos de GESCRIS.

A continuación enumeraremos las opciones de selección relativas a las modalidades que puede manejar el usuario respecto al atributo Situaciones:

³⁰⁵ CALDUCH CERVERA: Rafael: “Sistema Experto en gestión de crisis internacionales: GESCRIS”, Documento original, p. 2.

³⁰⁶ *Ibidem*, p. 3.

Teniendo en cuenta que el atributo situaciones hace referencia al punto de partida del modelo, Calduch trabajó con cinco posibles situaciones iniciales entre dos países³⁰⁷:

1. *Normalizada*: hace referencia a una situación en la que entre los países A y B destaca la cooperación y en la que se respetan las normas jurídicas de ámbito internacional.
2. *Conflicto*: este atributo describe una realidad en la que la situación entre los países A y B es de conflicto “sin que exista una amenaza expresa de violencia o empleo de la fuerza”³⁰⁸.
3. *Agravamiento del conflicto*: se entiende por este atributo aquella situación de conflicto en la que, bien uno u ambos países “recurren a medidas militares de presión o con carácter disuasorio, pero sin que exista amenaza expresa de violencia o recurso a la fuerza”³⁰⁹.
4. *Crisis*: hace referencia a “aquella situación de conflicto en las relaciones entre los dos países (A y B) en las que uno o ambos recurren a la amenaza de empleo de la fuerza o hacen un uso limitado de la misma”³¹⁰.
5. *Conflicto armado*: este atributo describe la situación entre los países A y B en la que existen “un uso generalizado de la fuerza como principal instrumento en las relaciones entre los dos países”³¹¹.

Una vez que se haya delimitado por parte del usuario de GESCRIS cuál es la situación inicial entre los países A y B, tendrá que seleccionar entre las modalidades que el SE ofrece para los tres atributos que describen la situación actual entre los dos países.

³⁰⁷ *Ibidem*, pp. 4-5.

³⁰⁸ *Ibidem*, p. 5.

³⁰⁹ *Ibidem*, p. 5.

³¹⁰ *Ibidem*, p.5

³¹¹ *Ibidem*, p. 5.

Los tres atributos serían:³¹²

1. Objetivos
2. Medios disponibles
3. Experiencia basada en precedentes

El atributo de *objetivos*, entendido como “aquellos intereses o finalidades que se pretenden alcanzar por cada uno de los Estados, de acuerdo con las capacidades y medios disponibles”³¹³ cuenta con las siguientes cuatro modalidades: compatibles, percepción de compatibilidad, incompatibles y percepción de incompatibilidad.

Por su parte, el atributo *medios disponibles* que podemos describir como “las capacidades que cualquier tipo de país está dispuesto a emplear en las relaciones con otro país para garantizarse la consecución de sus objetivos”³¹⁴ engloba las siguientes modalidades: equivalencia, superioridad e inferioridad.

A la hora de seleccionar una de las modalidades del atributo *experiencia basada en precedentes* la cual está “constituida por la evolución de las relaciones políticas entre dos Estados (A y B), durante el periodo en que una generación ejerce el liderazgo de ambos países (25–30 años), tal y como es percibida por sus dirigentes”³¹⁵ tenemos que hablar de dos modalidades básicas: certeza e incertidumbre. Dentro de la modalidad de certeza contamos con dos opciones: confianza y desconfianza.

Una vez que el usuario haya seleccionado la modalidad que se ajusta más a la situación entre los países A y B en referencia a los cuatro atributos anteriormente descritos, el SE deducirá cuáles son las modalidades de los tres atributos “de predicción” que se vayan a dar.

El atributo que va a darnos una primera predicción respecto a la situación futura de los países A y B es el de expectativas de evolución futura. Entendemos por este atributo utilizado en GESCRIS aquel que nos indique “las evoluciones esperadas

³¹² *Ibídem*, pp. 6-8

³¹³ *Ibídem*, p. 6.

³¹⁴ *Ibídem*, p. 7.

³¹⁵ *Ibídem*, p. 8.

por los dirigentes de cada uno de los Estados de la situación en la que se encuentran sus relaciones con el otro Estado”³¹⁶.

Para Calduch, se pueden dar cuatro posibilidades respecto a este atributo: continuidad en la situación, escalada de conflictividad, desescalada en la conflictividad e imprevisibilidad.

En una segunda fase, GESCRIS deducirá cuáles son las estrategias que los dirigentes políticos de los países elegirán con mayor probabilidad respecto al otro país. En el caso de este atributo nos encontramos con cuatro posibilidades de estrategia: cooperativa, negociadora, competidora, disuasoria y agresiva³¹⁷.

La estrategia aplicada por cada uno de los países condicionará fundamentalmente las conductas de los países, considerándose estas como atributo final de GESCRIS. Calduch entiende por conductas “las actuaciones dominantes que caracterizan las relaciones de uno de los Estados hacia el otro, en una situación determinada”³¹⁸, pudiendo darse una de las siguientes seis opciones³¹⁹:

1. Mantener la cooperación
2. Intensificar la diplomacia
3. Diplomacia con medidas no militares con presión
4. Diplomacia con medidas militares disuasorias
5. Despliegue militar con uso limitado de la fuerza
6. Empleo generalizado de la fuerza

Una vez que el usuario haya completado estas siete fases del SE llegará a una situación final que a su vez será la situación inicial para volver a ser analizada y deducida por el SE.

A continuación representaremos, a modo de ejemplo, el funcionamiento de GESCRIS a través del uso de tres reglas.

³¹⁶ *Ibidem*, p. 9.

³¹⁷ *Ibidem*, p.11.

³¹⁸ *Ibidem*, p.11.

³¹⁹ *Ibidem*, p.11.

Partimos de una situación normalizada entre los países A y B, por lo que el atributo de situación será: normal.

Por consiguiente, la Regla 1 (R1) se representaría de la siguiente manera³²⁰:

R1. SI	Situación inicial	NORMALIZADA
y	Objetivos A y B	COMPATIBLES
y	Medios A y B	EQUIVALENTES
y	Experiencias A y B	CERTEZA DE CONFIANZA
ENTONCES	Expectativas futuras A y B	CONTINUIDAD SITUACIÓN
ENTONCES	Estrategia de Relaciones A y B	COOPERATIVA
ENTONCES	Conductas A y B	MANTENER COOPERACIÓN
LUEGO	Situación final	NORMALIZADA

Como podemos observar en el ejemplo anterior la situación, el desarrollo y la situación final entre los países A y B sería fundamentalmente de cooperación.

Actualmente no existen datos verificables respecto a los resultados obtenidos en GESCRIS y su acierto en cuanto a la predicción del desarrollo de las relaciones entre dos Estados. Aun así, la autora de esta tesis ha podido ejecutar el programa informático y ha comprobado su acierto planteando situaciones del pasado y obteniendo respuestas que coinciden con la realidad.

Únicamente se debe matizar que existen situaciones o realidades impredecibles que pueden cambiar las relaciones entre dos Estados de forma muy notoria. Calduch a estas realidades y en referencia al Índice de seguridad nacional que desarrolló en 2005, las denomina aceleradores de situación y las define como

³²⁰ *Ibidem*, p.14

determinados sucesos o circunstancias que por su excepcionalidad y sus efectos provocan una alteración brusca e imprevista del orden de convivencia política de un país, obligando a sus autoridades y a la propia sociedad a adoptar medidas extraordinarias de respuesta en períodos de tiempo muy breves³²¹.

³²¹ CALDUCH CERVERA, Rafael: "Aplicación de Indicadores en las Relaciones Internacionales: Índice de seguridad nacional", *Relaciones Internacionales*, n^o 94, enero-abril 2006, p. 69.

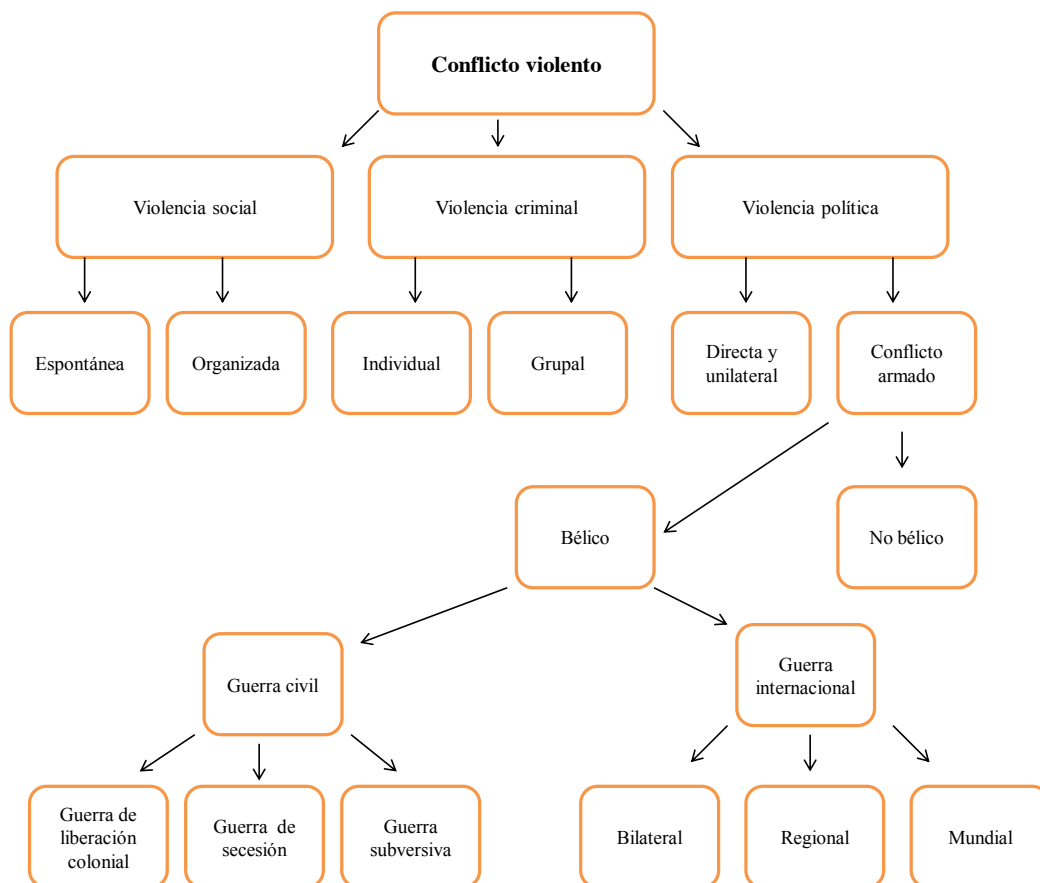
IV. DESARROLLO TEÓRICO DE UN SE PARA LA CATEGORIZACIÓN DE CONFLICTOS VIOLENTOS (TYR)

Este capítulo está íntegramente dedicado a la herramienta de trabajo que la autora de esta tesis ha desarrollado con la intención de poder clasificar conflictos violentos a través de un SE. Será en las siguientes páginas en las que describiremos y analizaremos el modelo teórico del SE para la categorización de conflictos violentos (TYR), sentando las bases teóricas que nos permitirán elaborar un modelo teórico para desarrollar un programa informático con aplicación práctica.

IV. 1. ESTRUCTURA DE TYR Y DESARROLLO DE LA BASE DE CONOCIMIENTO

Nuestro modelo teórico de TYR se sustenta en la relación y dependencia de seis atributos: 1. Conflicto violento; 2. Tipo de violencia; 3. Autoría de la violencia; 4. Ámbito temporal y espacial; 5. Ámbito de desarrollo; y 6. Tipo de armamento.

Figura 12: ESTRUCTURA DE TYR



Leyenda: En este modelo no se incluye la división de las diferentes guerras según el tipo de armamento (convencional, mixto o nuclear). En el modelo teórico real sí se aplica.

Una vez mostrada la estructura básica del modelo pasaremos a explicar cómo se ha llegado a desarrollar este modelo teórico, prestando especial atención al desarrollo de la base de conocimiento, ya que esta constituye la pieza clave para un óptimo funcionamiento del SE en esta fase de teorización.

A la hora de elaborar la base de conocimiento con la que se trabaja en TYR la autora se ha fundamentado en diferentes y nutridas teorías y definiciones de múltiples fuentes, aunque principalmente de los textos académicos del profesor Calduch, ya que consideramos que estos cuentan con una gran labor de síntesis y de exactitud científica, dos elementos de gran utilidad para el fin que buscamos. Será esta base de conocimiento la que nos permita desarrollar las diferentes reglas que construirán nuestro SE.

Los dos términos fundamentales e imprescindibles para poder poner en marcha nuestro MBRR son “conflicto” y “violento”.

Entendemos por conflicto

una relación social por la que dos o más colectividades aspiran a satisfacer intereses o demandas incompatibles, utilizando sus desigualdades de poder para poder mantener actuaciones antagónicas o contrapuestas, recurriendo, en último extremo, a la violencia³²².

Hay que destacar que no todos los conflictos tienen que ser violentos, de hecho, el Heidelberger Institut für Internationale Konfliktforschung (HIK), realiza una clara distinción entre aquellos conflictos que no son violentos y aquellos en los que sí aparece la violencia. Para el HIK, los conflictos no violentos se dividen en dos tipos de conflictos, los latentes y los manifiestos.

Se considera que un conflicto no violento es latente cuando “una parte articula exigencias que son percibidas por la otra parte en un contexto de posiciones enfrentadas respecto a valores definidos de interés nacional”³²³, mientras que los

³²² CALDUCH CERVERA, Rafael: *Dinámica de la sociedad internacional, op., cit.*, cap. 4, p. 3.

³²³ HEIDELBERGER INSTITUT FÜR INTERNATIONALE KONFLIKTFORSCHUNG: [en línea] http://www.hiik.de/de/methodik/methodik_ab_2003.html

conflictos manifiestos se dan cuando “se hace uso de medios que se ubican en las avanzadas a acciones violentas. Esto incluye por ejemplo la presión verbal, amenazas públicas de uso de la violencia o la implantación de medidas de sanción económicas”³²⁴.

Una vez aclarado este aspecto explicaremos el significado de violencia. Existen numerosas definiciones de este concepto, pero consideramos que para el tipo de trabajo que se está realizando debemos delimitar el mismo. Para ello es de gran utilidad la diferenciación que realiza Galtung respecto a tres tipos de violencia: violencia directa, violencia estructural y violencia cultural³²⁵.

Pasaremos a continuación a explicar en qué se diferencian estos tres tipos de violencia y qué tipo de violencia es la que vamos a tener en cuenta a la hora de desarrollar el SE.

De forma muy escueta podemos definir la violencia directa como la forma más evidente de ejecutar un acto violento, es decir que se traduce en su forma manifiesta; es visible. Según Galtung “la violencia directa se suele medir por el número de muertos”³²⁶.

Por otro lado, para el autor de esta teoría, “la violencia estructural es sinónimo de injusticia social”³²⁷ es decir, se refiere a aquel tipo de violencia que se origina por las injusticias y desigualdades sociales, intrínsecas al propio sistema.

Por último, el investigador noruego distingue la violencia cultural de las dos anteriores, destacando que cuando hablamos de la violencia cultural

nos referimos a aquellos aspectos de la cultura, el ámbito simbólico de nuestra existencia (ejemplificados en religión e ideología, lengua y arte, ciencias empíricas y ciencias formales – lógica, matemáticas-), que puede utilizarse para justificar o legitimar violencia directa o estructural³²⁸.

³²⁴ *Ibidem*.

³²⁵ GALTUNG, Johan y FISCHER, Dietrich: *Johan Galtung: Pioneer of Peace research*, Springer, 2013, p.46.

³²⁶ GALTUNG, Johan y HÖIVIK, Tord: “Structural and direct violence: a note on operationalization”, *Journal of Peace Research*, Vol. 8, Nº. 1, 1971, p. 73.

³²⁷ GALTUNG, Johan: “Violence, Peace and Peace Research”, *Journal of Peace Research*, Vol. 6, Nº. 3, 1969, p. 171.

³²⁸ GALTUNG, Johan: “Cultural Violence”, *Journal of Peace Research*, Vol. 27, Nº 3, 1990, p. 291.

Para la elaboración de TYR consideramos que lo que Galtung llama violencia directa es la forma de violencia que nos sirve a la hora de establecer las diferentes reglas, ya que de los tres tipos de violencia a los que refiere es la única que es medible y objetivamente visible.

En palabras del propio autor “la violencia directa es un acontecimiento, la violencia estructural un proceso con picos y bajadas y la violencia cultural es invariable, una constante³²⁹”, por lo que para nuestro SE sólo tendremos en cuenta aquellas realidades que se puedan englobar dentro de lo que Galtung llama violencia directa.

Otra definición sobre este concepto útil y rigurosa para la temática concreta de esta tesis es la que nos aporta la Organización Mundial de la Salud (OMS), organismo para el cual la violencia es:

el uso deliberado de la fuerza física o el poder, ya sea en grado de amenaza o efectivo, contra uno mismo, otra persona o un grupo o comunidad, que cause o tenga muchas probabilidades de causar lesiones, muerte, daños psicológicos, trastornos del desarrollo o privaciones³³⁰.

La OMS diferencia entre tres tipos de violencia

1. Violencia interpersonal
2. Violencia autoinfligida
3. Violencia colectiva

Para esta tesis tiene especial relevancia el fenómeno de la violencia colectiva, entendida como el

uso instrumental de la violencia por personas que se identifiquen a sí mismas como miembros de un grupo frente a un grupo o conjunto de individuos, con el propósito de lograr objetivos políticos, económicos o sociales³³¹.

³²⁹ *Ibidem*. p. 294

³³⁰ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD: “Informe mundial de la violencia y la salud” [en línea] http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/67411/1/a77102_spa.pdf p.3, 2002

³³¹ *Ibidem*, p. 6

Aunque también debemos tener en cuenta, en algunos casos, el tipo de violencia interpersonal, definida como “los actos violentos de un individuo o un pequeño grupo de individuos”³³².

La principal diferencia entre estos dos tipos de violencia es la autoría de la violencia: si parte de una colectividad o si es individual, diferencia importante a la hora de diagnosticar el tipo de conflicto violento dentro de nuestro SE.

La OMS, al referirse a violencia colectiva, nos anticipa que “puede adoptar diversas formas: conflicto armado entre Estados, genocidio, represión y otras violaciones de los derechos humanos, terrorismo y crimen organizado violento”³³³.

Si bien esta enumeración no es incorrecta, a través de TYR lograremos un diagnóstico preciso y científicamente comprobable de la gran diversidad de conflictos violentos.

Por otro lado, gracias a las diferentes cuestiones que TYR planteará al usuario seremos capaces de realizar una importante diferenciación conceptual entre lo que se considera una guerra y un conflicto bélico.

Contrariamente a la clara distinción entre conflicto armado y guerra/conflicto bélico en el desarrollo de TYR, en otros ámbitos, tales como el Derecho Internacional Humanitario (DIH) no se realiza dicha diferenciación, es más, el DIH “no ofrece definición alguna de conflicto armado”³³⁴.

Lo que sí hace es una distinción entre dos formas de conflicto armado: “conflictos armados internacionales, en que se enfrentan dos o más Estados, y conflictos

³³² *Ibidem*, p. 6

³³³ CHAN, Margaret: “Alocución sobre el Informe mundial sobre la violencia y la salud”, Puerto Ordaz, Venezuela, 16 de marzo de 2004, [en línea] http://www.who.int/dg/lee/speeches/2004/puerto_ordaz_violencereport/es/

³³⁴ SEGURA SERRANO, Antonio: *El Derecho Internacional Humanitario y las operaciones de mantenimiento de la paz de Naciones Unidas*, Plaza y Valdés Ediciones, Madrid, 2007, p. 109.

armados no internacionales, entre fuerzas gubernamentales y grupos armados no gubernamentales, o entre esos grupos únicamente”³³⁵ .

Por su parte, para el Instituto Internacional de Estudios para la Paz de Estocolmo (SIPRI), un centro de referencia en el ámbito de los estudios internacionales, sí que existe una diferenciación entre un conflicto armado y una guerra, siendo necesario que un conflicto armado cuente con las dos siguientes características para poder ser considerado una guerra³³⁶ :

1. Enfrentar al menos una fuerza militar, ya sea contra otro u otros ejércitos o contra una fuerza insurgente, y
2. Haber muerto mil o más personas a lo largo de un año.

A través de TYR realizaremos otro tipo de diferenciación entre estos dos tipos de conflictos utilizando características esenciales de cada uno de ellos para ser aplicadas en el enunciado de las reglas del SE.

³³⁵ COMITÉ INTERNACIONAL DE LA CRUZ ROJA: “¿Cuál es la definición de “conflicto armado” según el Derecho Internacional Humanitario?” [en línea]

<https://www.icrc.org/spa/assets/files/other/opinion-paper-armed-conflict-es.pdf>, p. 1.

³³⁶ GUPTA, Sanjeev: “Fiscal consequences of armed conflict and terrorism in Low- and Middle-income countries” IMF Working Paper, [en línea]

<http://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2002/wp02142.pdf>, p.7.

IV.2. FUNCIONAMIENTO DE TYR

Partiendo del hecho de que únicamente los conflictos violentos tienen cabida en nuestro SE la primera pregunta a la que tendrá que contestar el usuario, teniendo en cuenta las definiciones de “conflicto” y “violento” que hemos plasmado anteriormente en este capítulo, será si la situación que quiere diagnosticar es o no un conflicto violento.

Por ello, formularemos la primera consulta de la siguiente manera:

Pregunta (P) 1.: ¿Es la situación un conflicto violento?

Respuesta (R) 1.1. Sí

R1.2. No

En el caso de que la respuesta sea afirmativa el usuario se enfrentará a una nueva pregunta, en caso de que la respuesta sea negativa, TYR indicará al usuario que la situación a la que se refiere el usuario no entra dentro de las opciones del programa.

El programa contestará al usuario con un mensaje de ERROR, y a continuación explicará por qué la realidad a la que se refiere el usuario no entra dentro de la base de conocimiento con la que trabaja el programa informático.

Una vez que hayamos obtenido una respuesta afirmativa respecto al primer atributo *conflicto violento*, deberemos delimitar de qué tipo de conflicto violento estamos hablando.

Las tres modalidades básicas con las que trabaja este SE basado en reglas de producción son:

1. Violencia política
2. Violencia social
3. Violencia criminal común

Para poder aplicar de forma correcta estos conceptos relativos al atributo de conflicto violento a la hora de usar TYR, hace falta conocer el significado de cada uno de ellos, prestando especial atención a los rasgos diferenciadores. Serán estas diferencias las que nos permitirán delimitar con mayor grado de acierto la tipología de conflicto que estamos tratando.

Debido a la temática de la investigación, el tipo de violencia que más nos interesa investigar en esta tesis es la violencia política. Según Nieburg podemos definir violencia política como:

Aquellos actos de disturbios, destrucción y daños, cuya finalidad, [...] es política, lo que significa que busca un cambio en el comportamiento de otros en una situación de negociación y que conlleva consecuencias en el sistema social³³⁷.

Es importante destacar que el concepto de violencia política no solo hace referencia a aquellos actos llevados a cabo por individuos o grupos en contra de un Estado o actor político, sino que también forman parte de este tipo de violencia los actos violentos que se generan desde el Estado en contra de sus ciudadanos.

Por su parte, y fundamentándonos en la definición de Calduch, entendemos por violencia social

aquella forma de conflictividad violenta surgida por motivos culturales y/ económicos y protagonizados por colectividades que de un modo organizado o espontáneo, actúan contra individuos o grupos que participen de la misma sociedad³³⁸.

Respecto al concepto de violencia criminal entenderemos por criminalidad el “conjunto de infracciones cometidas en contra de la ley penal, por individuos o una colectividad en un momento determinado y en una zona determinada”.³³⁹ Es decir que solo se van a tener en cuenta aquellos actos criminales en los que se haga uso de la violencia.

³³⁷ NIEBURG, H.L.: *Political violence: the behavioral process*, St. Martin's Press, New York, 1969 en ZIMMERMANN, Ekkart: *Political violence, crisis and revolutions*, Schenkman Publishing Company, New York, 1983, p.8.

³³⁸ CALDUCH, Rafael: *Dinámica de la Sociedad Internacional*, op. cit., cap. 4. p. 3.

³³⁹ SCHÄFFERS, Bernhard y ZAPF, Wolfgang (Hrsg.): *Handwörterbuch zur Gesellschaft Deutschlands*, Leske + Budrich, Opladen, 2001, p. 393.

Teniendo claras las diferencias entre estos tres tipos de violencia, el usuario de TYR será capaz de dar respuesta a la segunda cuestión que se le plantea a través del software.

Esta cuestión se solventará enunciando la segunda pregunta de TYR:

P.2: La violencia llevada a cabo en el conflicto violento es de tipo:

R.2.1. Político

R.2.2. Social

R.2.3. Criminal

En el caso de que la respuesta del usuario sea la R.2.1. se pasará a la pregunta 5 del SE, si por el contrario se responde a la cuestión con R.2.2. el software planteará al usuario la pregunta 4 y si por el contrario el usuario considera que se trata de violencia criminal, seleccionando la respuesta R.2.3, pasará a responder la pregunta 3.

La pregunta 3 servirá para conocer la autoría de este tipo de violencia. Se diferenciará entre un acto criminal llevado a cabo por una sola persona o por un grupo, por lo que la tercera pregunta de TYR sería:

P.3.: La violencia criminal es:

R.3.1.: Individual

R.3.2.: Grupal

Si el usuario contesta R.3.1. Individual, TYR llegará a la conclusión de que en este caso se trata de delincuencia criminal común, mientras que si considera que se trata de violencia criminal grupal el resultado deducido por el programa informático es que se trata de un acto de delincuencia criminal organizada.

Es cierto que estos dos conceptos, el de delincuencia criminal común y delincuencia criminal organizada permiten más ramificaciones para llegar a unos

conceptos más concretos, pero debido a que en este SE nos centramos principalmente en los conflictos de violencia política y no tanto en los que sean sociales o criminales, consideramos que estas tres preguntas son suficientes para diagnosticar un tipo de violencia concreto como es el criminal.

La cuarta pregunta solo se le planteará al usuario si en la P. 2 se contestó con la opción R.2.2. que equivale a violencia social.

Así, la P.4. de este SE planteará al usuario la siguiente elección:

P.4.: El uso de la violencia social es:

R.4.1.: Espontánea

R.4.2.: Organizada

En el caso de que el usuario considere que la realidad a la que hace referencia y que está diagnosticando con TYR responde a R.4.1., el SE deducirá que se trata de un acto englobado dentro de la violencia social espontánea, mientras que si la respuesta es R.4.2. TYR entregará al usuario la conclusión de que se trata de un tipo de violencia social organizada.

Al igual que ya destacamos en los casos de violencia criminal, las realidades que se encuentran dentro de lo que llamamos violencia social, ya sea espontánea u organizada, pueden ramificarse más allá de los criterios fundamentales que hemos utilizado para TYR, pero en este software nuestro foco se centra principalmente en los conflictos violentos políticos y por ello no se han desarrollado más reglas para los dos tipos de violencia anteriormente mencionados.

Se debe destacar que la autora de esta tesis se plantea generar nuevas reglas para poder delimitar mejor las diferentes posibilidades de violencia criminal y social en un futuro, ampliando el campo de estudio del SE que aquí se presenta.

Llegados a este punto, TYR solo diagnosticará diferentes tipos de conflictos violentos de tipo político. La primera cuestión a la que hará referencia el SE en este ámbito concreto será respecto a la autoridad de la violencia ejercida.

Así, la quinta pregunta a la que tendrá que dar respuesta el usuario será:

P.5. ¿El uso de la violencia política solo se aplica por parte de unos de los actores del conflicto?

R.5.1.: Sí

R.5.2.: No

Si la respuesta es afirmativa y el usuario contesta R.5.1. TYR deducirá, aplicando las reglas que anteriormente se han programado para el funcionamiento del programa, que se trata de un tipo de violencia política directa y unilateral.

Algunos ejemplos de este tipo de violencia política directa y unilateral serían el genocidio o el terrorismo de Estado. En el caso del genocidio se podría implementar el SE especificando de qué tipo de genocidio se trata, pero en esta fase del desarrollo de TYR consideramos que esta primera división es suficiente, ya que nuestro ímpetu reside en la clasificación de grandes tipos de conflictos violentos más que en generar subdivisiones de tipos de conflictos de gran importancia.

Si por el contrario la respuesta elegida es la R.5.2., ya que se considera que no existe un uso de la violencia política exclusivo por parte de uno de los actores, TYR necesitará plantear más preguntas para llegar a una conclusión definitiva.

En este caso se llegaría a la sexta pregunta. Es en este momento cuando el programa de software se centra en la estructura y la organización de los actores inmersos en el conflicto violento político a través de la siguiente cuestión:

P.6.: ¿Cada uno de los actores del conflicto está organizado política y militarmente?

R.6.1.: Sí

R.6.2.: No

Es importante destacar que en esta pregunta hay que contemplar la organización política y militar como una condición inseparable. En el caso de que solo se dé un tipo de organización, militar o política, el usuario deberá contestar No.

En el caso de que la respuesta del usuario sea R.6.2., es decir, que no existe una organización política y militar de cada uno de los actores implicados en el conflicto violento de tipo político, TYR llegará a la conclusión de que se trata de un conflicto armado no bélico.

Mientras que si la respuesta es afirmativa, R.6.2 y sí se da esta condición en todos los actores implicados en el conflicto, se pasará a la P.7.

La séptima pregunta enuncia la siguiente cuestión:

P.7: ¿El uso de la violencia armada es generalizada y continuada?

R.7.1.: Sí

R.7.2.: No

En este caso volvemos a contar con dos condicionantes interdependientes que hacen referencia al ámbito espacial y temporal de la violencia armada. Nos referimos a que la violencia armada tiene que ser generalizada en el espacio y continuada en el tiempo, es decir, lo opuesto a acciones aisladas en el espacio y esporádicas en el tiempo.

Si la respuesta del usuario es R.7.2., ya que la realidad que está diagnosticando el SE no cuenta con una violencia armada generalizada y continuada, TYR deducirá que se trata de un conflicto armado no bélico, realidad que puede traducirse en por ejemplo acciones terroristas o violencia armada de una guerrilla.

Hay que destacar que tanto la P.6 como la P.7 engloban un total de cuatro variables que tienen que satisfacerse de forma unánime para que se pueda hablar de un conflicto bélico. Por el contrario, una respuesta negativa en la P.6 o P.7 llevará al

programa a deducir que se trata de un conflicto no bélico³⁴⁰, pudiendo ser pre bélico o post bélico en algunos casos, dependiendo de si estas acciones se llevan a cabo antes o después de un conflicto armado bélico.

Debido a que se formulan dos preguntas en las que una respuesta negativa a las mismas da como resultado la identificación del conflicto como conflicto armado no bélico en la Tabla 7 veremos que TYR llega en dos ocasiones a la misma clasificación: conflicto armado no bélico.

Por el contrario, si la respuesta es afirmativa, TYR formulará la siguiente pregunta para delimitar con mayor exactitud de qué tipo de conflicto violento político se trata, siendo todos ellos ya un conflicto armado bélico, usado como sinónimo de guerra.

En este caso el usuario llegaría a la pregunta número ocho la cual plantea la siguiente cuestión:

P.8.: ¿El conflicto armado bélico/guerra³⁴¹ se desarrolla en el ámbito de soberanía de un Estado?

R.8.1.: Sí

R.8.2.: No

Si en este caso el usuario contesta con una afirmación, R.8.1., TYR habrá deducido como primer paso en esta pregunta que se trata de una guerra civil. Para delimitar de qué tipo de guerra civil se trata con exactitud se planteará una sub-pregunta en esta categoría que sería:

³⁴⁰ Algunos ejemplos para este tipo de conflicto armado serían: rebeliones, revoluciones, golpes de Estado, insurrecciones.

³⁴¹ Tenemos que destacar que las propias preguntas planteadas por el programa ya nos dan indicios sobre la tipicidad del conflicto violento político que estamos tratando. Así, en esta P.8. ya se nos especifica que nos encontramos ante un conflicto bélico/guerra, realidad conflictiva que solo se da a partir de esta pregunta debido a las respuestas que se han ido dando en las anteriores preguntas.

P.8.a.: ¿Se desarrolla por poblaciones y en territorios colonizados?

R.8.a.1: Sí

R.8.a.2: No

Si la elección del usuario recae sobre la respuesta afirmativa R.a.1. TYR deducirá que se trata de una guerra civil de liberación colonial y se pasará a la pregunta 10 para delimitar otros aspectos de este conflicto bélico.

Si por el contrario la respuesta es negativa, R.8.a.2, entonces el software formulará otra sub-pregunta:

P.8.b.: ¿Se busca la independencia?

R.8.b.1: Sí

R.8.b.2: No

Si la respuesta es R.8.b.1, el SE llegará a la conclusión de que el caso tratado es una guerra de secesión; mientras que si la respuesta seleccionada por el usuario es la R.8.b.2 TYR diagnosticará el conflicto como una guerra subversiva.

En ambos casos, tanto si se deduce que se trata de una guerra de secesión o de una guerra subversiva, el usuario tendrá que contestar a la pregunta diez para delimitar aspectos armamentísticos de la guerra.

Retomemos ahora la pregunta ocho en la cual planteábamos si “¿El conflicto bélico/guerra se desarrolla en el ámbito de soberanía de un Estado?”. Si en este caso el usuario decide responder con una negación, R.8.2. el sistema planteará la pregunta nueve:

P.9.: ¿El ámbito de desarrollo del conflicto armado bélico es entre dos actores?

R.9.1: Sí

R.9.2.: No

En caso de que la respuesta seleccionada sea la R.9.1. TYR informará al usuario de que se trata de una guerra bilateral y la siguiente pregunta que se planteará será la número diez.

Por el contrario, si la respuesta es R.9.2. el SE formulará una sub-pregunta:

P.9.a.: ¿Se desarrolla entre más de dos actores de una misma área geopolítica?

R.9.a.1: Sí

R.9.a.2: No

Si el usuario considera que la respuesta correcta para el caso concreto que está diagnosticando TYR es R.9.a.1., entonces el software le informará de que se trata de una guerra regional.

Por el contrario, si la respuesta seleccionada es R.9.a.2, entonces TYR deducirá que se trata de una guerra mundial.

En ambos casos el usuario pasará a responder la pregunta diez para delimitar de qué tipo de guerra regional o mundial se trata teniendo en cuenta el tipo de armamento que se utiliza.

De esta manera, y llegados a este punto podemos esquematizar las respuestas de TYR en un total de dos tipos de violencia criminal (común y organizada), dos tipos de violencia social (espontánea y organizada) y once tipos de violencia política (directa y unilateral, conflicto armado, conflicto armado prebélico, guerra civil, guerra de liberación colonial, guerra de secesión, guerra subversiva, guerra bilateral, guerra regional y guerra mundial).

En la siguiente tabla se esquematizan los resultados obtenidos hasta este momento por el SE, ayudando de esta manera a identificar visualmente cómo se llega a estas respuestas concretas en base a las diferentes preguntas elaboradas por el sistema.

Tabla 7: Tipología de violencia y conflictos

Pregunta (P)	Respuesta (R)	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
P 1															
P2															
P3		Común	Organizada												
P4				Espontánea	Organizada										
P5															
P6															
P 7															
P8															
P 8a															
P 8b															
P 9															
P 9a															
Resultado		Violencia criminal común	Violencia criminal organizada	Violencia social espontánea	Violencia social organizada	Violencia política directa y unilateral	Conflicto armado no bélico	Conflicto armado no bélico	Guerra civil (GC)	Guerra de liberación colonial (GC)	Guerra de secesión (GC)	Guerra subversiva (GC)	Guerra bilateral	Guerra regional	Guerra Mundial

Legenda:  No;  Sí;  Criminal;  Social;  Política.

A partir de la décima pregunta se concretará qué tipo de armamento se está utilizando y por ende de qué tipo de conflicto se trata en base a esta variable.

La décima pregunta que formulará TYR se refiere al armamento utilizado en los diferentes conflictos bélicos/guerra.

Así, la cuestión a la que tendrá que responder el usuario será:

P.10: ¿El tipo de armamento utilizado es exclusivamente convencional?

R.10.1: Sí

R.10.2: No

En caso de que la respuesta seleccionada sea la R.10.1. el SE deducirá que se trata de una guerra convencional.

Si la respuesta seleccionada es la R.10.2. TYR formulará la sub-pregunta P.10.a. que plantea al usuario la siguiente pregunta:

P.10.a.: ¿Hay uso de armamento nuclear?

R.10.a.1: Sí

R.10.a.2: No

Si el usuario selecciona la respuesta R.10.a.1, el software diagnosticará el conflicto bélico/guerra como nuclear. Si por el contrario la respuesta fuera negativa, R.10.a.2, el SE planteará una segunda sub-pregunta P.10.b:

P.10.b.: ¿Hay uso de armamento químico o bacteriológico?

R.10.b.1: Sí

R.10.b.2.: No

En el caso de que la respuesta del usuario sea R.10.b.1. TYR llegará a la conclusión de que se trata de un conflicto bélico/guerra mixta.

Si el usuario seleccionara la respuesta R.10.b.2 el SE informaría de que se trata de un ERROR, ya que no existe ninguna guerra en la que no se use o bien armamento convencional, químico o bacteriológico o nuclear.

Visualmente, los resultados obtenidos concretamente en aquellos tipos de conflictos bélicos en los que hemos tenido en cuenta la especificidad armamentística se reflejarán de la siguiente manera.

Tabla 8: Tipología de conflictos bélicos según armamento

Pregunta (P)	Guerra de liberación colonial			Guerra de secesión			Guerra subversiva			Guerra bilateral			Guerra regional			Guerra Mundial		
P10	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
P10a	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
P10b	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Resultado	C	N	M	C	N	M	C	N	M	C	N	M	C	N	M	C	N	M

Leyenda: C= Convencional; N= Nuclear; M=Mixta.

Hay que señalar que para la elaboración de esta estructura de funcionamiento se ha llevado a cabo un encadenamiento de reglas hacia atrás, ya que conocemos el resultado al que queremos llegar y tenemos que ver si los hechos que el usuario contempla coinciden con ese resultado.

En el caso de TYR no hemos trabajado con el Factor de Certeza ya que la estructura de las reglas, teniendo en cuenta la manera que hemos utilizado a la hora de plantear las preguntas, a excepción de la P. 2, P. 3 y P. 4, solo dejan elegir entre dos respuestas excluyentes, SI o NO.

Esta limitación facilita tanto la programación del SE como el desarrollo del árbol de problemas ya que trabajamos con valores absolutos: 0 y 1. El valor que se le asigna a la respuesta será de 0 o 1; siendo el 0 el valor de la respuesta negativa y el 1 el valor asignado a la respuesta afirmativa.

IV. 3. Aplicabilidad del Modelo teórico de TYR

En este epígrafe se van a exponer tanto cómo se aplican las reglas de TYR, visualizado el recorrido que se realizará a través de la estructura del SE en base a las respuestas que se vayan dando a las diferentes preguntas planteadas, así como la metodología del propio SE que nos mostrará el funcionamiento de las 32 reglas que el programa informático podrá ejecutar dependiendo de las respuestas que el usuario introduzca, especificando a qué resultado específico se llegará a través de la aplicación de cada una de estas reglas.

IV. 3.1 Aplicación de las reglas de TYR

A continuación presentamos el esquema básico del funcionamiento de TYR teniendo en cuenta la aplicación de las reglas y cuál es el recorrido que se realiza a través del SE dependiendo de las respuestas que se vayan dando.

Pregunta 1: ¿Se trata de una situación de conflicto violento?

1. Sí (pasa a pregunta 2)
2. No= Vuelta al principio con explicación → FIN

Pregunta 2: La violencia llevada a cabo en esta realidad es de tipo:

1. Político (pasa a pregunta 5)
2. Social (pasa a pregunta 4)
3. Criminal (pasa a pregunta 3)

Pregunta 3: La violencia criminal es:

1. Individual = DELICUENCIA CRIMINAL COMÚN → FIN
2. Grupal = DELINCUENCIA CRIMINAL ORGANIZADA → FIN

Pregunta 4: El uso de la violencia social es:

1. Espontánea = VIOLENCIA SOCIAL ESPONTÁNEA → FIN
2. Organizada = VIOLENCIA SOCIAL ORGANIZADA → FIN

Pregunta 5: ¿El uso de la violencia política solo se aplica por parte de unos de los actores del conflicto?

1. Sí = VIOLENCIA POLÍTICA DIRECTA Y UNILATERAL → FIN
2. No (pasa a pregunta 6)

Pregunta 6: ¿Cada uno de los actores del conflicto está organizado política y militarmente?

1. Sí (pasa a pregunta 7)
2. No = CONFLICTO ARMADO NO BÉLICO → FIN

Pregunta 7: ¿El uso de la violencia armada es generalizada y continuada?

1. Sí (pasa a pregunta 8)
2. No = CONFLICTO ARMADO NO BÉLICO → FIN

Pregunta 8: ¿El conflicto bélico/guerra se desarrolla en el ámbito de soberanía de un Estado?

1. Sí → GUERRA CIVIL (pasa a pregunta 8.a.)

P. 8.a. ¿Se desarrolla por poblaciones y en territorios colonizados?

1. Sí = Guerra de liberación colonial (pasa a pregunta 10)

2. No (pasa a pregunta 8.b)

P.8.b. ¿Se busca la independencia?

1. Sí = Guerra de secesión (pasa a pregunta 10)

2. No = Guerra subversiva (pasa a pregunta 10)

2. No → (pasa a pregunta 9)

Pregunta 9: ¿El ámbito de desarrollo del conflicto bélico es entre dos actores?

1. Sí → Guerra bilateral (pasa a pregunta 10)

2. No (pasa a pregunta 9.a)

P. 9. a. ¿Se desarrolla entre más de dos actores de una misma área geopolítica?

1. Sí → Guerra regional (pasa a pregunta 10)

2. No → Guerra mundial (pasa a pregunta 10)

Pregunta 10: ¿El tipo de armamento utilizado es exclusivamente convencional?

1. Sí = CONVENCIONAL → FIN

2. No (pasa a pregunta 10.a.)

P.10.a. ¿Hay uso de armamento nuclear?

1. Sí = NUCLEAR → FIN

2. No (pasa a pregunta 10.b.)

P.10.b. ¿Hay uso de armamento químico o bacteriológico?

1. Sí = MIXTA → FIN

2. No = ERROR RESPUESTA → FIN

IV. 3. 2. METODOLOGÍA DE TYR

R1:

Si P1 = NO

Entonces **vuelta al inicio de la aplicación y explicación**

R2:

Si P1 = SI

y P2 = De otro tipo

y P3= Individual

Entonces **DELICUENCIA CRIMINAL COMÚN**

R3:

Si P1 = SI

y P2= De otro tipo

y P3= Grupal

Entonces **DELINCUENCIA CRIMINAL ORGANIZADA**

R4:

Si P1 = SI

y P2= Social

y P4= Espontánea

Entonces **VIOLENCIA SOCIAL ESPONTÁNEA**

R5:

Si P1 = SI

y P2= Social

y P4= Organizada

Entonces **VIOLENCIA SOCIAL ORGANIZADA**

R6:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= SI

Entonces **VIOLENCIA POLÍTICA DIRECTA Y UNILATERAL (genocidio, terrorismo de Estado, asesinato político, represión indiscriminada)**

R7:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= NO

Entonces **CONFLICTO ARMADO NO BÉLICO (terrorismo, golpes militares, revoluciones, rebeliones, motines e insurrecciones, intervenciones militares de carácter punitivo preventivo)**

R8:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= NO

Entonces **CONFLICTO ARMADO NO BÉLICO (terrorismo, golpes militares, revoluciones, rebeliones, motines e insurrecciones, intervenciones militares de carácter punitivo preventivo)**

R9:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= SI

Entonces **Guerra civil**

Y P8.a= SI

Entonces **Guerra de liberación colonial**

y P10= SI

Entonces **Convencional**

R10

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= SI

Entonces **Guerra civil**

y P8.a= SI

Entonces **Guerra de liberación colonial**

y P10= NO

y P10.a= SI

Entonces **Nuclear**

R11:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= SI

Entonces **Guerra civil**

y P8.a= SI

Entonces **Guerra de liberación colonial**

y P10= NO

y P10.a= NO

y P10.b= SI

Entonces **Mixta**

R12:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= SI

Entonces **Guerra civil**

y P8.a= SI

Entonces **Guerra de liberación colonial**

y P10= NO

y P10.a= NO

y P10.b= NO

Entonces **ERROR EN RESPUESTA**

R13:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= SI

Entonces **Guerra civil**

y P8.a= NO

y P8.b= SI

Entonces **Guerra de secesión**

y P10= SI

Entonces **Convencional**

R14:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= SI

Entonces **Guerra civil**

y P8.a= NO

y P8.b= SI

Entonces **Guerra de secesión**

y P10= NO

y P10.a= SI

Entonces **Nuclear**

R15:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= SI

Entonces **Guerra civil**

y P8.a= NO

y P8.b= SI

Entonces **Guerra de secesión**

y P10= NO

y P10.a= NO

y P10.b= SI

Entonces **Mixta**

R16:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= SI

Entonces **Guerra civil**

y P8.a= NO

y P8.b= SI

Entonces **Guerra de secesión**

y P10= NO

y P10.a.= NO

y P10.b.= NO

Entonces **ERROR EN RESPUESTA**

R17:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= SI

Entonces **Guerra civil**

y P8.a= NO

y P8.b= NO

Entonces **Guerra subversiva**

y P10= SI

Entonces **Convencional**

R18:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= SI

Entonces **Guerra civil**

y P8.a= NO

y P8.b= NO

Entonces **Guerra subversiva**

y P10= NO

y P10.a= SI

Entonces **Nuclear**

R19:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= SI

Entonces **Guerra civil**

y P8.a= NO

y P8.b= NO

Entonces **Guerra subversiva**

y P10= NO

y P10.a= NO

y P10.b= SI

Entonces **Mixta**

R20:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= SI

Entonces **Guerra civil**

y P8.a= NO

y P8.b= NO

Entonces **Guerra subversiva**

y P10= NO

y P10.a= NO

y P10.b= NO

Entonces **ERROR EN RESPUESTA**

R21:

Si P1= SI
y P2= Política
y P5= NO
y P6= SI
y P7= SI
y P8= NO
y P9= SI
Entonces **Guerra bilateral**
y P10= SI
Entonces **Convencional**

R22:

Si P1= SI
y P2= Política
y P5= NO
y P6= SI
y P7= SI

y P8= NO

y P9= SI

Entonces **Guerra bilateral**

y P10= NO

y P10.a= SI

Entonces **Nuclear**

R23:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= NO

y P9= SI

Entonces **Guerra bilateral**

y P10= NO

y P10.a= NO

y P10.b= SI

Entonces **Mixta**

R24:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= NO

y P9= SI

Entonces **Guerra bilateral**

y P10= NO

y P10.a= NO

y P10.b= NO

Entonces **ERROR EN LA RESPUESTA**

R25:

Si P1= SI
y P2= Política
y P5= NO
y P6= SI
y P7= SI
y P8= NO
y P9= NO
y P9.a= SI
Entonces **Guerra regional**
y P10= SI
Entonces **Convencional**

R. 26

Si P1= SI
y P2= Política
y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= NO

y P9= NO

y P9.a= SI

Entonces **Guerra regional**

y P10= NO

y P10.a= SI

Entonces **Nuclear**

R27:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= NO

y P9= NO

y P9.a= SI
Entonces **Guerra regional**

y P10= NO

y P10.a= NO

y P10.b= SI

Entonces **Mixta**

R28:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= NO

y P9= NO

y P9.a= SI

Entonces **Guerra regional**

y P10= NO

y P10.a= NO

y P10.b= NO

Entonces **ERROR EN RESPUESTA**

R29:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= NO

y P9= NO

y P9.a= NO

Entonces **Guerra mundial**

y P10= SI

Entonces **Convencional**

R30:

Si P1= SI
y P2= Política
y P5= NO
y P6= SI
y P7= SI
y P8= NO
y P9= NO
y P9.a= NO

Entonces **Guerra mundial**

y P10= NO
y P10.a= SI

Entonces **Nuclear**

R31:

Si P1= SI
y P2= Política
y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= NO

y P9= NO

y P9.a= NO

Entonces **Guerra mundial**

y P10= NO

y P10.a= NO

y P10.b= SI

Entonces **Mixta**

R32:

Si P1= SI

y P2= Política

y P5= NO

y P6= SI

y P7= SI

y P8= NO

y P9= NO

y P9.a= NO

Entonces **Guerra mundial**

y P10= NO

y P10.a= NO

y P10.b= NO

Entonces **ERROR EN RESPUESTA**

CONCLUSIONES

I propose to consider the question, "Can machines think?" This should begin with definitions of the meaning of the terms "machine" and "think." The definitions might be framed so as to reflect so far as possible the normal use of the words, but this attitude is dangerous.

Alan M. Turing,
Computing machinery and intelligence, 1950.

Durante los cuatro capítulos de los que consta esta tesis nos hemos sumergido en el mundo de la IA como fenómeno del siglo XX y XXI, hemos descrito y analizado qué es, cómo funciona y cuáles son sus campos de actuación. Hemos ido un paso más allá y hemos conocido el desarrollo y funcionamiento de los SSEE como parte de la técnica de la simulación aplicada al campo de estudio de las RRII, para finalmente diseñar una herramienta propia para la clasificación de conflictos violentos a través de un MBRR.

Bien es cierto que, al contrario de lo que pronosticaba Turing a mediados del siglo pasado, aún no hemos alcanzado la cúspide en cuanto al potencial de la IA, pero sí hemos logrado trazar el camino que los MMCC, y en concreto los SSEE, han recorrido en el ámbito de las RRII.

Recordemos que al principio de esta tesis planteábamos la siguiente hipótesis principal a este respecto:

“Los Sistemas Expertos (SSEE) son un campo específico de la Inteligencia Artificial (IA) cuya aplicación científica a las ciencias sociales, como por ejemplo en el ámbito de la Economía y de la Sociología, ha sido ya demostrada y por tanto debe también ser aplicable al ámbito de las Relaciones Internacionales (RRII)”.

Después de finalizar nuestra investigación sobre la materia a lo largo de esta tesis podemos concluir que esta hipótesis se verifica. A lo largo de los anteriores capítulos hemos descrito y analizado múltiples SSEE que se han aplicado como herramienta de investigación en el amplio campo de las RRII, si bien, viendo el número de modelos desarrollados por los diferentes investigadores, debemos destacar que su penetración en este ámbito científico está todavía en las fases iniciales.

La técnica de la simulación, y por consiguiente los SSEE, muestran una gran utilidad en el campo de estudio que nos ocupa, así lo demuestran los excelentes resultados obtenidos con la aplicación de esta técnica ya que el porcentaje de acierto en cuanto a la realidad que configuraba el objeto de estudio y la problemática planteada eran muy elevados. Por ende, podemos afirmar que los SSEE son una técnica de gran utilidad y de mayor potencial en el estudio de las RRII.

Queda especificar que, si bien en la hipótesis hacíamos referencia a los SSEE de forma genérica sin especificar a qué tipo de SE en concreto nos referíamos, a lo largo de la elaboración de esta tesis nos hemos percatado de que los MMBRR son la herramienta más aplicada en este campo de la investigación y los que mejores resultados han obtenido en detrimento de otro tipo de modelos como el MP.

El hecho de haber diseñado un SE propio, en este caso TYR, aplicando los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos a lo largo de este trabajo de investigación, demuestra la aplicabilidad de la técnica de la simulación al campo de investigación de las RRII.

El uso de un MBRR para la clasificación de conflictos violentos cuenta con múltiples ventajas respecto a métodos tradicionales de categorización:

1. Facilita la obtención de información a través de los resultados emitidos por TYR.
2. Genera un glosario accesible para todos los investigadores y profesionales interesados en la materia.

3. Disminuye los errores conceptuales respecto a los diferentes tipos de conflictos violentos.
4. Puede actualizarse de forma constante incluyendo nuevos tipos de conflictos violentos.

Todo lo anteriormente expuesto justifica que el mundo de la investigación que se ocupa de las Ciencias Políticas en general, y de las RRII en concreto, deberían hacer uso de este tipo de técnicas con mayor asiduidad. Sin embargo, consideramos que existe un problema fundamental para que los investigadores de nuestro campo no hayan apostado por esta técnica de investigación de forma notoria: la falta generalizada de enfoques multidisciplinares en el ámbito de la Ciencia Política. Esto se traduce en que desde este ámbito de la ciencia no se cuenta suficientemente con los logros y aciertos de otras ramas o especialidades científicas a la hora de elaborar investigaciones sobre esta materia, realidad que repercute de forma negativa en el desarrollo de técnicas novedosas de estudio.

En pleno siglo XXI, denominado el siglo de la globalización y de las nuevas tecnologías, la investigación de una materia no se debería realizar sin tener en cuenta la realidad, la experiencia y los resultados obtenidos en otras disciplinas; se debería apostar por el enfoque multidisciplinar.

Hoy en día contamos con la facilidad de acceder a una amplia, por no decir que ilimitada, cantidad de información no solo respecto a nuestra especialidad de estudio, sino sobre todas las especialidades. Esta ventaja significativa no se está aprovechando de forma suficiente en el campo de las ciencias sociales, especialmente cuando se llevan a cabo estudios que incluyan o se fundamenten en el campo de las llamadas ciencias naturales.

Esto no significa que tengamos que dar por bueno todo lo que nos llegue desde una ciencia diferente a la nuestra, sino que debemos ser capaces de identificar qué elementos de las ciencias naturales nos pueden ser útiles a la hora de desarrollar nuestras investigaciones y ser capaces de adaptarlas a nuestra circunstancia. Para ello, se hace imprescindible no solo aceptar la posibilidad que otras disciplinas puedan contribuir a la nuestra, sino buscar de manera activa en qué manera esto puede hacerse.

Consideramos que la división tan estática que se hace de los diversos tipos de ciencias, separando las ciencias sociales de las naturales, tiene su fundamento en una diferenciación temática o de contenido pero no metodológica; es decir, existen diferencias obvias respecto al qué pero no respecto al cómo.

Lo que define un estudio como científico no es su temática, sino la metodología utilizada. Es por ello que la elección de un método, de una técnica o de una herramienta concreta condicionará de forma notable el desarrollo de dicho trabajo y especialmente los resultados que se vayan a obtener. Consideramos que la apuesta por el enfoque multidisciplinar que estamos sugiriendo se encuentra precisamente en la metodología que se aplique en una investigación aplicada al ámbito de las RRII.

En el caso concreto que nos ocupa en esta tesis hemos comprobado que la técnica de la simulación y en concreto los SSEE como herramientas metodológicas tienen origen en el campo de la medicina, concretamente a través del MBRR conocido como MYCIN. Teniendo en cuenta la validez de este tipo de herramienta para el diagnóstico médico hay que estudiar su aplicabilidad a un campo diferente, en este caso al de las RRII.

La labor del investigador es delimitar hasta dónde y cómo se puede utilizar esta herramienta, en este caso concreto un SE, en un campo de investigación que temáticamente es completamente ajeno, pero que metodológicamente puede nutrirse de las experiencias positivas aplicadas a una realidad de otro ámbito científico.

Por ello, debemos ser capaces de aplicar un criterio racional para incorporar este tipo de elementos metodológicos, desarrollados en un principio para otras disciplinas, para dotar de mayor validez científica nuestra área de conocimiento. Hay que estar dispuesto a que los aciertos metodológicos de otras ciencias permeen nuestras investigaciones.

Esta disposición ha sido demostrada por diversos investigadores en el campo de las RRII desde comienzos de los años setenta del siglo pasado hasta el día de hoy. La mayoría de ellos y de ellas se centraban en encontrar una respuesta a una

problemática concreta en su ámbito de estudio, llegando de esta manera a una solución específica para el caso tratado.

Así, el MBRR desarrollado por Bonham y Shapiro a través del cual se sistematizaba y predecía la toma de decisiones por parte de EEUU en la región de Oriente Medio, o el modelo elaborado por Thorson y Sylvan a través del cual se analizaba la toma de decisiones del presidente de los EEUU, John F. Kennedy, en la conocida crisis de los misiles del año 1962.

Otros ejemplos de análisis y predicción respecto a una realidad concreta en el tiempo y en el espacio son el CHINA_WATCHER desarrollado por Tanaka para predecir las actuaciones de China en diferentes situaciones de crisis, o CREON, un SE elaborado por Stewart, Hermann y Hermann que se centra en explicar el comportamiento de la entonces URSS respecto a la no venta de armamento de última generación a Egipto en 1972.

También contamos con JESSE, un modelo lanzado por Sylvan, Goel y Chandrasekaran que se centraba en predecir la toma de decisiones en materia de seguridad energética de Japón y con UNCLESAM, un MBRR que analizaba la toma de decisiones de Estados Unidos respecto a República Dominicana entre 1961 y 1965.

POLI es otro SE que dirige su atención a unos hechos históricos concretos, en este caso para predecir la actuación en materia de política exterior de EEUU respecto a Asia a partir de 1950, además de un SE creado por los investigadores Hergovich y Olbrich que predecía la implicación de EEUU, la URSS y Gran Bretaña en una guerra entre 1946 y 1990.

Si bien todos los SSEE a los que hemos hecho mención anteriormente se basan en una realidad concreta dentro un marco espacial y temporal delimitado, ha habido investigadores que han ido más allá y han creado MBRR en los que se plantea un problema de alcance general y cuyas conclusiones a modo de solución a la problemática inicial pueden ser consideradas absolutamente válidas, ya que su acierto se ha comprobado empíricamente.

Los dos ejemplos más claros son los modelos desarrollados por Alker y Christensen y por Calduch. El primero de ellos se centra en predecir la toma de decisiones de las Naciones Unidas en un conflicto para el mantenimiento de la paz, llegando a siete resultados posibles.

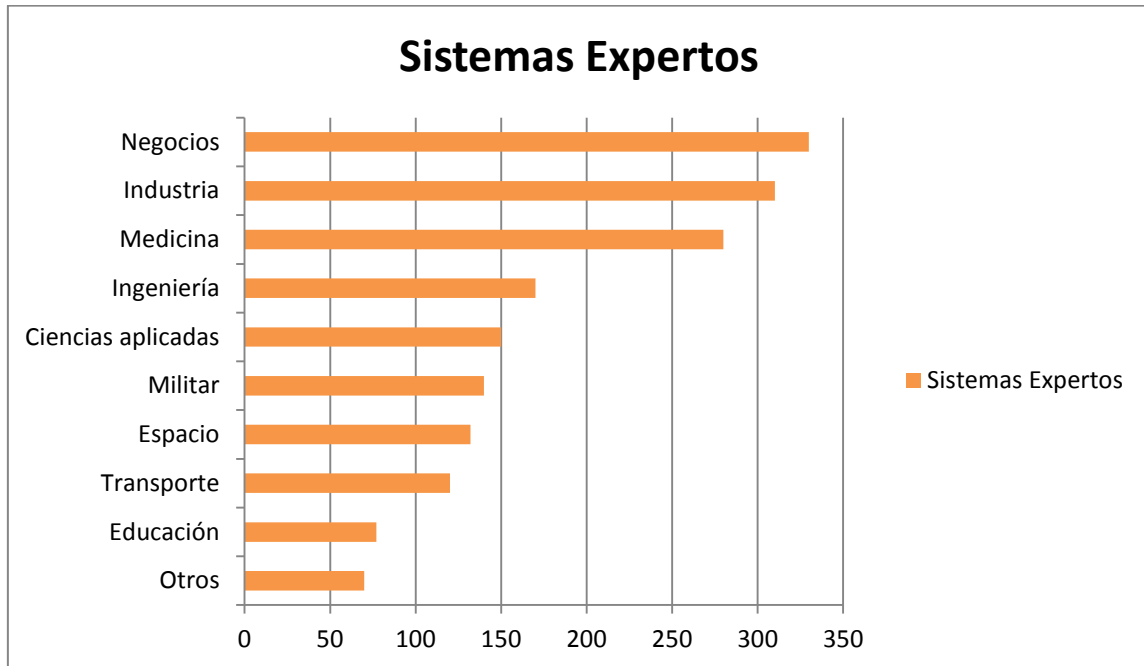
En el caso del SE elaborado por Calduch con el nombre de GESCRIS, se trata de un modelo capaz de predecir la relación bilateral futura entre dos Estados partiendo de una situación de crisis o conflicto entre los actores fundamentándose en las decisiones que adoptarán los dirigentes políticos de cada uno de los países con mayor probabilidad.

El hecho de que se hayan podido desarrollar SSEE en el ámbito de las RRII cuyos resultados son comprobables gracias a la aplicación de la técnica de la simulación se debe considerar como una apuesta por integrar elementos más comunes a otras ciencias en este campo.

El acierto y la fiabilidad demostrados en cuanto a los resultados obtenidos a través de este tipo de herramientas han calado de forma notoria en otros campos ajenos en un principio al mundo académico y de la investigación.

Desde los años noventa del siglo pasado, tanto el mundo empresarial como el de los negocios han integrado la técnica de la simulación, en concreto a través del uso de SSEE, como herramientas de trabajo y de predicción en su ámbito. Este hecho ya lo anticipaba Jackson en los años ochenta al afirmar que los SSEE cada vez se iban a aplicar más en el ámbito comercial.

Campos de aplicación de los SSEE³⁴²



La clara apuesta por incorporar nuevas herramientas con el objetivo de generar un mayor beneficio en las empresas privadas nos indica hasta qué punto el sector privado ha hecho el esfuerzo de aplicar un enfoque multidisciplinar a su campo de trabajo.

El riesgo que han corrido las empresas privadas a la hora de apostar por unas técnicas y herramientas muy ancladas en el mundo académico, y en el caso de la IA a las ciencias naturales, se ha traducido en un beneficio para ellos.

Consideramos que si la empresa privada ha sido capaz de ver la rentabilidad que conlleva un enfoque multidisciplinar, la dimensión académica no debe quedarse atrás. De hecho, una de las mayores ventajas con las que juega el ámbito académico es que los resultados inmediatos no tienen la misma importancia que en la empresa privada. Los investigadores científicos, en la mayoría de los casos, cuentan con un margen más amplio en cuanto a la obtención de resultados que aquellos que trabajen en el sector empresarial.

³⁴² CASTILLO, Enrique, GUTIÉRREZ, José Manuel y HADI, Ali S.: *Sistemas Expertos y Modelos de Redes probabilísticas*, op. cit., p. 3.

Bien es cierto que hace falta realizar una inversión tanto de tiempo como de conocimiento para poder incorporar este tipo de técnicas a nuestro campo de estudio, pero vistos los resultados obtenidos por otros investigadores y por la empresa privada consideramos que hay que apostar por el enfoque multidisciplinar en el estudio de las RRII.

La hipótesis secundaria que enunciábamos al comienzo de esta tesis planteaba la siguiente afirmación:

“Una de las aplicaciones de los Sistemas Expertos (SSEE) en Relaciones Internacionales (RRII) es la de establecer y aplicar, tanto en la investigación, como en la enseñanza, o en la información periodística generada sobre conflictos violentos, criterios de clasificación de los distintos casos reales de conflictos violentos a partir de la determinación de unas características esenciales de cada una de las categorías de la definición de las reglas de aplicación establecidas en el propio Sistema Experto (SE)”.

Después del desarrollo teórico del modelo de SE que hemos presentado en el capítulo IV podemos afirmar que igualmente se verifica.

El diseño teórico y práctico de un SE para la clasificación de conflictos violentos que la autora de esta tesis ha desarrollado, y que figura en este trabajo en el capítulo IV, demuestra que la técnica de la simulación es plenamente aplicable al campo de las RRII y que, en segundo lugar, el método utilizado y los resultados obtenidos son de gran utilidad tanto en la investigación científica como en la enseñanza como en la información periodística sobre diferentes tipos de violencia política.

El proceso de desarrollo constó de dos partes: en primer lugar se desarrolló el modelo teórico y en una segunda fase se elaboró un MBRR ejecutable para la clasificación de conflictos violentos. El modelo desarrollado al que se ha denominado TYR es capaz de diferenciar entre 25 tipos de conflictos violentos gracias al uso de un SE basado en reglas de producción, el cual parte de que todo tipo de violencia tiene que ser o bien de origen político, social o criminal.

Tal y como se señala en el capítulo IV, el MBRR presentado en esta tesis está limitado a un campo de aplicación concreto, el de los conflictos violentos, sin embargo su estructura flexible y el uso de reglas de producción permite su aplicación a campos de estudio más amplios, lo cual conllevará un aumento considerable en el número de reglas y por consiguiente en el conjunto de resultados obtenidos a través de él para obtener una herramienta más completa para este ámbito de estudio.

Una de las ampliaciones inmediatas del modelo TYR es su aplicabilidad a los diferentes tipos de violencia social y criminal, de la misma manera que en esta tesis se ha desarrollado en profundidad la clasificación de conflictos violentos de tipo político.

Respecto a los resultados obtenidos en los casos de violencia social TYR diferencia entre dos grandes campos: el de la violencia social espontánea y la violencia social organizada, mientras que en aquellas realidades en las que se trate la violencia criminal la distinción fundamental que realiza el MBRR es si esta es individual u organizada. La ampliación de este tipo de modelos permitirá llegar a unos resultados más concretos en cuanto a estos dos tipos de violencia.

Para la clasificación de conflictos violentos de tipo político, TYR realiza una clasificación extensa, teniendo en cuenta las características esenciales de cada una de las categorías que se aplican en la elección de las reglas.

Las reglas utilizadas para esta clasificación parten primeramente de tener en cuenta quién genera esa violencia: si el uso de la violencia es unilateral TYR clasificará este tipo de violencia como violencia política directa y unilateral (Resultado 1; R1), en caso contrario el programa necesitará otra pregunta más para clasificar este tipo de violencia.

Seguidamente el MBRR se centrará en si los actores implicados en este tipo de violencia política recíproca cuentan con una organización política y militar; si no es el caso, TYR clasificará este tipo de violencia política como R2: conflicto armado no bélico (insurrecciones, revoluciones, golpe de Estado, por dar algunos ejemplos), en caso contrario, necesitará más información para poder clasificarlo.

La siguiente distinción que realizará el SE se centra en si la violencia es continuada y generalizada en espacio y tiempo. En el caso de que la situación de violencia política que está analizando el SE no cuente con estos dos criterios indivisibles TYR llegará a su R3, coincidiendo con el mismo resultado obtenido en el R2: conflicto armado no bélico, mientras que si la violencia sí cumple con estos dos criterios espaciales y temporales el MBRR necesitará aplicar más reglas para llegar a su clasificación.

A partir de esta diferenciación, TYR considerará que la violencia política ejercida es en todos los casos un conflicto bélico al que denominaremos de igual manera como guerra. Lo que hará aplicando las siguientes reglas es ver qué especificidades tiene cada una de estas guerras.

La siguiente característica que toma en cuenta TYR es la del ámbito territorial en el que se desarrolla la violencia política, si se lleva a cabo dentro de “la soberanía de un Estado” TYR concluirá que el tipo de conflicto bélico que se está clasificando es R4: guerra civil. En el caso de que se trate de una guerra civil que se lleva a cabo por poblaciones y en territorios colonizados alcanzaremos el R5: guerra de liberación colonial, en caso contrario, el SE necesitará aplicar más reglas para clasificar este conflicto bélico.

El siguiente elemento clasificatorio que tendrá en cuenta TYR es el objetivo que se persigue con este tipo de guerra civil, en caso de buscar la independencia se clasificará como R6: guerra de secesión, por el contrario, si no se busca la independencia llegaremos al R7: guerra subversiva.

Llegados a este punto entrarán en juego otras variables como el número de actores implicados. En el caso de que fueran dos, TYR clasificaría este conflicto armado como R8: guerra bilateral, mientras que si los actores partícipes pertenecieran a una misma región geográfica alcanzaríamos el R9: guerra regional y en el caso de que los actores no se ubicaran solo en una región geográfica TYR clasificaría el conflicto como guerra mundial, siendo el R10.

Para finalizar, el SE clasificará los diversos tipos de conflictos bélicos a los que hemos hecho referencia durante los últimos párrafos según el armamento

utilizado. Diferenciará entre uso de armamento convencional, nuclear y químico o bacteriológico, llegando a la conclusión de que se trata de un conflicto armado convencional, nuclear o mixto³⁴³.

Como podemos observar, TYR es capaz de clasificar diversos tipos de violencia política usando un número limitado de reglas de producción, hecho que facilita de forma notoria la denominación concreta de dichos conflictos violentos.

Consideramos que los resultados que se obtienen a través de este SE son de gran valor tanto a nivel académico como educacional y periodístico, ya que aportan características diferenciables entre los diversos tipos de conflictos violentos, especialmente en los de carácter político, que a día de hoy no se habían puesto en conocimiento de forma concreta.

Para explicar mejor este avance en cuanto al campo de las RRII, y en concreto de los conflictos violentos de carácter político, queremos centrarnos en tres conceptos clave dentro del campo que nos ocupa: de conflicto armado no bélico, guerra y conflicto armado bélico.

Es preciso señalar que, según la clasificación elaborada de TYR, no podemos usar estos tres conceptos como sinónimos, ya que, tal y como se ha destacado con anterioridad, un conflicto armado puede ser no bélico, mientras que sí consideramos como sinónimos los conceptos de guerra y conflicto armado bélico.

Como hemos destacado en el apartado IV. 1 existen diversos organismos e instituciones que no generan este tipo de diferenciación y que a nuestro entender deberían encontrar indicadores válidos para poder delimitar estos conceptos de forma clara.

Así, por ejemplo, como destacábamos anteriormente, para el DIH, conflicto armado, guerra y conflicto armado bélico son sinónimos, y consideramos que su clasificación no es acorde con la realidad que estamos viviendo. Un aspecto clave es que el DIH solo admite como beligerantes en conflictos armados internacionales

³⁴³ Indicamos que la categorización según el armamento utilizado debe aplicarse a cada uno de los resultados obtenidos a partir de la denominación común de “conflicto armado”, no aplicándose por ello a la “violencia política unilateral” ni tampoco al “conflicto armado prebélico”.

a los Estados, cuando la historia reciente nos demuestra que existen actores globales que están política y militarmente organizados, que han sido y son partes beligerantes en guerras. Así, por ejemplo, la actualidad nos remite a la existencia del llamado Estado Islámico (ISIS) y su implicación en un conflicto armado bélico internacional.

Respecto a la diferenciación a la que nos referíamos igualmente en el Capítulo IV.1 y que hace referencia a la clasificación que el SIPRI hace entre conflicto armado y guerra queremos centrarnos en la segunda característica, aquella que utiliza un número de fallecidos en un espacio temporal concreto, un año, para determinar si se trata de un conflicto armado o una guerra.

Consideramos que el hecho de utilizar datos cuantitativos, como en este caso los mil muertos y el de un año, para establecer los parámetros clasificatorios de una guerra abre la puerta a discutir la validez de esta característica. El uso de datos numéricos plantea una serie de preguntas que ponen en duda la validez de esta característica. Así, nos podemos plantear ¿por qué se ha optado por ese número y no otro?, ¿por qué no utilizar un porcentaje de muertos sobre el número total de la población para fundamentar la definición?, ¿qué porcentaje consideraríamos correcto?, ¿por qué hemos elegido una franja temporal de un año?, etc.

Este tipo interrogantes no cuentan con una respuesta consensuada, y mucho menos heurísticamente comprobable, hecho que va a poner en duda la validez del parámetro numérico utilizado en la clasificación de SIPRI y que, por consiguiente, no va a contar con una aceptación generalizada.

Ser consciente de las consecuencias que conllevan usar datos numéricos a la hora de elaborar una clasificación nos ha llevado a prescindir de datos cuantitativos a la hora de elaborar las reglas de producción de TYR. Consideramos que la mejor forma de demostrar la validez de la definición y posterior clasificación de conflictos violentos es contar con características aceptadas, si no de forma unánime por lo menos sí mayoritariamente, que sean lo más asépticas posibles y que no den lugar a objeciones en cuanto a su validez como indicadores.

El esfuerzo por usar elementos clasificatorios específicos de cada uno de los tipos de conflictos violentos, logrando diferenciar los diversos tipos de conflictos armados y bélicos ha supuesto la no inclusión dentro del MBRR de un tipo de conflicto que desde comienzos de este siglo XXI cuenta con mayor presencia en publicaciones sobre RRII. Se trata de los denominados conflictos híbridos.

A día de hoy, no disponemos de una definición que cuente con elementos suficientemente específicos y diferenciadores de otros tipos de violencia política como para poder ubicar el conflicto híbrido dentro de la clasificación de TYR, aun así, el hecho de que el MBRR cuente con la facilidad de incorporar nuevas aportaciones con facilidad nos brinda la oportunidad de incluir este tipo de conflicto dentro del Modelo TYR en un futuro.

Otro aspecto al que hacíamos referencia al plantear nuestra hipótesis secundaria era la de la utilidad de un SE en cuanto a su aplicabilidad en el ámbito de la investigación, de la enseñanza y de la generación de información sobre diferentes tipos de conflictos políticos. Respecto al primero de estos campos, el de la investigación, consideramos que ha quedado patente la utilidad de este tipo de herramienta en este ámbito con lo que hemos planteado durante las últimas páginas.

En cuanto a la aplicabilidad de SSEE para realizar una clasificación de conflictos violentos en el ámbito de la educación, consideramos que el estudiante se verá beneficiado del uso de este tipo de programas informáticos por diferentes motivos:

1. Facilidad de acceso a la información contenida en TYR
2. Posibilidad de aportar conocimiento para la mejora del SE
3. Acceso a las definiciones de cada uno de los 25 conflictos catalogados
4. Posibilidad de visualizar el proceso deductivo del SE

Además de estos dos ámbitos profesionales, el de la investigación y el de la educación, queremos hacer hincapié en el uso que desde el periodismo se puede hacer de TYR cuando se informe de diferentes tipos de conflictos violentos.

El periodismo internacional, especialmente aquel que se centra en dar información sobre conflictos internacionales, puede sacar gran provecho con la aplicación de TYR. Los resultados obtenidos por este MBRR servirán al periodista para identificar de forma sencilla, de qué tipo de conflicto se trata. De esta manera podrá utilizar el concepto adecuado a cada una de las realidades conflictivas que esté tratando.

Un ejemplo del uso poco apropiado de ciertos conceptos vinculados con los conflictos que se realiza desde los medios de comunicación son las expresiones manidas de “guerra contra el narcotráfico” o “guerra contra el terrorismo”.

Si tenemos en cuenta las características que tienen que cumplir los actores que combaten en un conflicto bélico, estar militar y políticamente organizados, deducimos que el narcotráfico, entendido como denominador de una forma de violencia criminal organizada, no puede cumplir con estos dos requisitos al no tratarse de un sujeto; la misma explicación es completamente válida para el concepto de terrorismo.

Puede darse una guerra contra un grupo concreto que se dedique al narcotráfico, o contra una organización terrorista en particular, siempre y cuando cumplan con los dos requisitos a los que hemos hecho referencia con anterioridad, pero no puede hablarse de una guerra contra un tipo de violencia criminal organizada o contra un conflicto prebélico como es el terrorismo de forma abstracta.

Queremos concluir esta tesis destacando que la labor de investigación que se ha desarrollado durante la misma es solo un primer paso en lo que esperamos que sea un largo y próspero camino, no solo encauzado por la autora de este trabajo sino por otros investigadores en el ámbito de las RRII que sientan interés, y por supuesto curiosidad, por integrar la IA en nuestro campo de estudio, porque tal y como destaca el filósofo danés Kierkegaard “la mayoría de lo que hoy en día florece con más fuerza como ciencia (especialmente en las ciencias naturales) no es ciencia, sino curiosidad.”

BIBLIOGRAFÍA

Libros

ADELI, Hojjat: *Expert Systems in construction and structural engineering*, Chapman and Hall, Londres, 1988.

ÁLVAREZ MUNÁRRIZ, Luis: *Fundamentos de Inteligencia Artificial*, Secretariado de Publicaciones, Murcia, 1994.

BASAL, Bindu: *Symbolic Logic and Logic Processing*, Laxmi Publications, Nueva Delhi, 2013.

BENNETT, Andrew: *Condemned to Repetition? The Rise, Fall, and Reprise of Soviet-Russian Military Interventionism, 1973-1990*, Belfer Center for Science and International Affairs, Cambridge, 1999.

BLANK, Grant, MCCARTNEY, James L. y BRENT, Edward: *New Technology in Sociology*, Transaction Publishers, New Jersey, 1989.

BRENT J. R., Edward E. y ANDERSON, Ronald E.: *Computer Application in the Social Sciences*, Temple University Press, Philadelphia, 1990.

BURT, Gordon: *Conflict, Complexity and Mathematical Social Science*, Emerald Group Publishing, Bingley, 2010.

CALDUCH CERVERA, Rafael: *Métodos y técnicas de investigación internacional*, [en línea] http://pendientedemigracion.ucm.es/info/sdrelint/ficheros_aula/aula0404.pdf

CALDUCH CERVERA, Rafael: *Dinámica de la Sociedad Internacional*, Editorial CEURA, Madrid, 1993.

CASTILLO, Enrique y ÁLVAREZ, Elena: *Sistemas expertos aprendizaje e incertidumbres*, Paraninfo, Madrid, 1989.

CASTILLO, Enrique, GUTIÉRREZ, José Manuel y HADI, Ali S.: *Sistemas Expertos y Modelos de Redes probabilísticas*, Academia de Ingeniería, Madrid, 1996.

CHEN, Wai-Kai: *The electrical engineering handbook*, Elsevier Academic Press, Londres, 2005.

COPELAND, Brian Jack: *Alan Turing: El pionero de la era de la Información*, Turner Publicaciones, Madrid, 2012.

CROTTY, William (Ed.): *Political Science: Looking to the Future Volume Two Political Science: Comparative politics, policy and international relations*, Northwestern University Press, Illinois, 1991.

DAWTY, Alan: *Middle East Crisis: U.S. Decision-making in 1958, 1970 and 1973*, University of California Press, California, 1984.

DÍEZ, F. J.: *Introducción al Razonamiento Aproximado* [en línea]
<http://www.cisiad.uned.es/books/razaprox.pdf>

DUSSAUCHOY, Alain y CHATAIN, Jean Noël: *Sistemas Expertos Métodos y Herramientas*, Paraninfo, Madrid, 1988.

ENSING, Margee M.: *Images and Behavior of Private Bank Lending to developing Countries*, Gordon and Breech Science Publishers, Monteaux, 1988.

ERTEL, Wolfgang: *Grundkurs künstliche Intelligenz: eine praxisorientierte Einführung*, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2013.

FRIEDENBERG, Jay: *Artificial psychology: the quest of what it means to be human*, Taylor & Francis Group, Nueva York, 2010.

FORCZYK, Robert: *The Caucasus 1942-1943*, Osprey Publishing, Oxford, 2015.

GABUCIO CERESO, Fernando (coord.): *Psicología del pensamiento*, Editorial UOC, Barcelona, 2005.

GALTUNG, Johan y FISCHER, Dietrich: *Johan Galtung: Pioneer of Peace research*, Springer, 2013

GÁMEZ MARTÍN, José Antonio y PUERTA CALLEJÓN, José Miguel (coordinadores): *Sistemas Expertos Probabilísticos*, Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, 1998.

GARY, Goertz: *International Norms and Decision Making: A Punctuated Equilibrium Model*, Rowman and Littlefield Publishing Group, Oxford, 2003.

GONZÁLEZ ARIZA, Ángel León: *Manual Práctico de Investigación de Operaciones*, Ediciones Uninorte, Barranquilla, 2003.

GRZYMALA-BUSSE, Jerzy W.: *Managing uncertainty in expert systems*, Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, 1990.

GUTIÉRREZ, Claudio y CASTRO, Marlene: *Informática y Sociedad*, EUNED, San José de Costa Rica, 1996.

HARMON, Paul y KING, David: *Sistemas Expertos Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial*, Editorial Díaz de Santos, S. A., Madrid, 1988.

HARTMANN, Karsten: *Einführung in die Expertensystem- Technologie*, [en línea]
http://www.hartmann.hs-merseburg.net/uploads/tx_twppublication/XPS-Technologie.pdf

HAUN, Matthias: *Cognitive computing: Steigerung des systemischen Intelligenzprofils*, Springer Vieweg, Berlín, 2014.

HEINEMANN, Elisabeth: *Sprachlogische Aspekte rekonstruirtes Denkens, Redens und Handelns*, Gabler Edition Wissenschaft, Wiesbaden, 2006.

HUDON, Valerie M. (ed): *Artificial Intelligence and International Politics*, Westview Press, Colorado, 1991.

HUDON, Valerie M.: *Foreign Policy Analysis: Classic and Contemporary Theory*, Rowman & Littlefield, Maryland, 2014.

JACKON, Peter: *Introduction to Expert Systems*, Addison-Wesley Publishing Company, Edinburgh, 1986.

- JOHNSON, L. y KERAVALOU, E.T.: *Expert System Technologies A guide*, Abacus Press, Cambridge, 1985.
- JONES, M. Tim: *Artificial Intelligence: A Systems Approach*, Jones and Barlett Publishers, Londres, 2009.
- KARAGIANNIS, Dimitris y TELESKO, Rainer: *Wissensmanagement: Konzepte der künstlichen Intelligenz und Softcomputing*, Wissenschaftsverlag GmbH, München, 2001.
- KONAR, Amit: *Artificial intelligence and softcomputing: behavioral and cognitive modeling of human brain*, CRC Press, Florida, 2000.
- KRISHNAMOORTHY, C. S. y RAJEEV, S.: *Artificial intelligence and experts systems for engineers*, CRC Press, Florida, 1996
- KUMAR, Ela: *Artificial Inteligence*, I.K. International Publishing House, Nueva Delhi, 2008.
- KUREL, Karl: *Entwicklung und Einsatz von Expertensystemen: eine anwendungsorientierte Einführung in wissenbasierte Systeme*, Springer Verlag, Heidelberg, 1992.
- LÓPEZ VEGA, Daniel Jesús: *Relaciones humanas y psicoterapia*, CESJE, Proyecto Hombre, Cádiz, 2004.
- LUNZE, Jan: *Künstliche Intelligenz für Ingenieure*, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München, 2010.

MC DERMOTT, Rose: *Political Psychology in International Relations*, University of Michigan Press, Michigan, 2004.

MC FARLAND, Thomas D. y PARKER, Reese: *Expert System in Education and Training*, Educational Technology Publication, New Jersey, 1990.

MICHIE, Donald (ed.): *Introductory Readings in Expert Systems*, Gordon and Breech. Science Publishers, Nueva York, 1982.

NATH, Rajakishore: *Philosophy of Artificial Intelligence: A critique of the Mechanistic Theory of Mind*, Universal-Publishers, Florida, 2009.

NEBENDAHL, Dieter: *Sistemas expertos; parte 2: experiencia de la práctica*, Marcombo, Barcelona, 1991.

NEWELL, Allen, SHAW, Joseph Carl y SIMON, Herbert: *Report on a general problem-solving program*, http://129.69.211.95/pdf/rand/ipl/P-1584_Report_On_A_General_Problem-Solving_Program_Feb59.pdf

NIEBURG, H.L.: *Political violence: the behavioral process*, St. Martin's Press, Nueva York, 1969.

O'REGAN, Gerard: *A Brief History of Computing*, Springer-Verlag, Londres, 2008.

PARTRIDGE, Derek: *Engineering Artificial Intelligence Software*, Intellect Books, Oxford, 1992.

PINO DÍEZ, Raúl, GÓMEZ GÓMEZ, Alberto y DE ABAJO MARTÍNEZ, Nicolás: *Introducción a la Inteligencia Artificial: Sistemas Expertos, Redes Neuronales Artificiales y Computación Evolutiva*, Universidad de Oviedo, Servicio de Publicaciones, Oviedo, 2001.

RAUCH-HINDIN: Wendy B.: *Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial, la ciencia y la industria*, Ediciones Díaz de Santos S. A., Madrid, 1989.

RUSSELL, Stuart y NORVIG, Peter: *Artificial Intelligence: A modern approach*, Pearson Education, New Jersey, 2010.

RODRÍGUEZ-BACHILLER, Agustín y GLASSON, John: *Expert systems and GIS for impact assessment*, Taylor & Francis, London, 2004.

SCHRODT, Philip A.: *Patterns, Rules and Learning: Computational Models of International Behavior* (Second edition) [en línea]

<http://eventdata.psu.edu/papers.dir/Schrodt.PRL.2.0.pdf>

SKONIECZNY, Amy Marie: *Trading stories: narrative, event and social theory in International economical relations*, BiblioLabsII Textbooks, Minnesota, 2008.

STERNBERG, Robert J (ed.): *Handbook of intelligence*, Cambridge University Press, Cambridge, 2000.

SUN, Run (ed.): *The Cambridge Handbook of Computational Psychology*, Cambridge University Press, Nueva York, 2008.

SYLVAN, Donald A. y VOSS, James F.: *Problem Representation in Foreign Policy Decision-Making*, Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, 1998.

TABER, Charles S. y TIMPONE, Richard: *Computational Modeling*, Sage Publications, California, 1996.

TANAKA, Yakihiro: *China, China watching and CHINA_ WATCHER*, [en línea] <http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/83105/20348215.pdf?sequence=1>.

TRAPPL, Robert: *Programming for Peace: Computer- Aided Methods for International Conflict Resolution and Prevention*, Springer, Dordrecht, 2006.

TASSO, Carlo y GUIDA, Giovanni (ed.): *Topics in Expert System Design: Methodology and Design*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1989.

WEBER, Klaus: *Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen*, Springer, Heidelberg, 2006.

ZIMMERMANN, Ekkart: *Political violence, crisis and revolutions*, Schenkman Publishing Company, Nueva York, 1983.

Artículos

AAMODT, Agnar y PLAZA, Enric: "Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations and System Approaches, *AI Communications*, Vol. 7, Nº 1, March 1994, [en línea]

http://www.idi.ntnu.no/emner/ttd4173/papers/Aamodt_1994_Case.pdf

ADARRAGA, Pablo y ZACCAGNINI, José L.: "Sistemas expertos y psicología cognitiva: una visión general" [en línea]

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=66026>

ANDRESON, Richard D., HERMANN, Margaret G. y HERMANN, Charles: "Explaining Self-Defeating Foreign Policy Decisions: Interpreting Soviet Arms for Egypt in 1973 through Process or Domestic Bargaining Models?", *The American Political Science Review*, Vol. 86, Nº. 3, (Sep. 1992).

AXELROD, Robert: "Advancing the Art of Simulation in the Social Sciences", [en línea]

<http://www-personal.umich.edu/~axe/research/AdvancingArtSim2005.pdf>

CALDUCH CERVERA, Rafael: "Sistema Experto en gestión de crisis internacionales: GESCRIS", Documento original.

CALDUCH CERVERA, Rafael: "Aplicación de Indicadores en las Relaciones Internacionales: Índice de seguridad nacional", *Relaciones Internacionales*, nº 94, enero-abril 2006.

CHOUCRI, Nazli: "An assesstment of documentations standarts for ten computer models of political problems", *New Trends in Mathematical Modelling*, 1978, [en línea] http://web.mit.edu/polisci/nchoucri/publications/articles/D-6_Choucri_Assessment_Documentation_Standards_Ten_Computer_Models_Polt_Problems.pdf

GALTUNG, Johan: "Cultural Violence", *Journal of Peace Reserch*, Vol. 27, Nº 3, 1990.

GALTUNG, Johan: "Violence, Peace and Peace Reserch", *Journal of Peace Research*, Vol. 6, Nº. 3, 1969.

GALTUNG, Johan y HÖIVIK, Tord: "Structural and direct violence: a note on operationalization", *Journal of Peace Research*, Vol. 8, Nº. 1, 1971.

GOEL, Ashok (ed.): "Basic Artificial Intelligence Research at the Georgia Institute of Technology", [en línea]

<http://aaaipress.org/ojs/index.php/aimagazine/article/viewFile/897/815>

HERGOVICH, Andreas y OLBRICH, Andreas: "Artificial Intelligence and Peace Psychology", *Review of Psychology*, Vol. 9, Nº 1-2, 3-11, 2002.

HERGOVICH, Andreas y OLBRICH, Andreas: "The expert system for peacefare: A new approach for peace and conflict research", *Review of Psychology*, Vol. 3, Nº 1-2, 11-22, 1996.

HERGOVICH, Andreas y OLBRICH, Andreas: "What can Artificial Intelligence do for Peace Psychology?", *Review of Psychology*, Vol. 9, Nº 1-2, 3-11, 2002.

HILL, Linda L., CROSIER, Scott J., SMITH, Terence R. y GOODCHILD, Michael: "A constant standard for Computational Models", *D-Lib Magazine*, Volume 7, Number 6, June 2001, [en línea]

<http://www.dlib.org/dlib/june01/hill/06hill.html>

MAJESKI, Stephen y SYLVAN, David: "How foreign policy recommendations are put together: A computational model with empirical applications", *International Interactions*, Vol. 25, Nº 4, 1999.

MANHART, Klaus: "Wissenbasierte Modellierung; Eine kurze Einführung in Prolog", [en línea]

<http://www.klaus-manhart.de/mediapool/28/284587/data/prolog.pdf>

MONTEALEGRE, Rosalía: "La solución de problemas cognitivos. Una reflexión cognitiva sociocultural", *Avances en Psicología Latinoamericana*, julio-diciembre, Vol. 25, 2007.

NEWELL, Allen y SIMON, Herbert: "Simulación del pensamiento humano", *Teorema*, Vol. IV/3 (1974).

NEWELL, Allen: "Foreword Rule Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project by Bruce G. Buchanan and Edward H. Shortliffe" [en línea]

<http://digitalcollections.library.cmu.edu/awweb/awarchive?type=file&item=36057>

1

NIJMAN, Jan: "The limits of super power: The United States and the Soviet Union since World War II", *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 82, Nº. 4 (Dec., 1992).

ROOT-BERNSTEIN, Robert: "How Scientists really think", *Perspective in Biology and Medicine*, Vol. 32, N^o. 4, summer 1989.

STEWART, Philip D. HERMANN, Margaret G. y HERMANN, Charles F.: "Modeling the 1973 Soviet Decision to Support Egypt", *The American Political Science Review*, Vol. 83 , N^o 1, Mar. 1998.

SYLVAN, Donald, GOEL, Ashok y CHANDRASEKARAN, B.: "Analyzing Political Decision Making from an Information- Processing Perspective: *JESSE*", *American Journal of Political Science*, Vol. 34, N^o 1, Feb. 1990.

TABER, Charles S. y TIMPONE, Richard: "The Policy Arguer: The Architecture of an Expert System", *Social Science Computer Review*, Vol. 12, N^o 1, April 1994.

TABER, Charles S.: "POLI: An Expert System Model of the U.S. Foreign Policy Belief System", *The American Political Science Review*, Vol. 86, N^o 4, Dec. 1994.

THORSON, Stuart J. y SYLVAN, Donald A.: "Counterfactuals and the Cuban Missile Crisis", *International Studies Quarterly*, Vol. 26, No. 4 (Dec., 1982).

YU, Victor L.: "Antimicrobial selection of a computer A blinded Evaluation by Infectious Diseases Experts", *Journal of the American Medical Association*, Vol. 242, September 21, 1979. [en línea]

http://171.67.213.129/file_asset/index.php/885/BMIR-1979-0032.pdf