



# ANTOLOGIA

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL

## *INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES* *9° CUATRIMESTRE*

---

## Marco Estratégico de Referencia

---

### ANTECEDENTES HISTORICOS

Nuestra Universidad tiene sus antecedentes de formación en el año de 1979 con el inicio de actividades de la normal de educadoras “Edgar Robledo Santiago”, que en su momento marcó un nuevo rumbo para la educación de Comitán y del estado de Chiapas. Nuestra escuela fue fundada por el Profesor de Primaria Manuel Albores Salazar con la idea de traer Educación a Comitán, ya que esto representaba una forma de apoyar a muchas familias de la región para que siguieran estudiando.

En el año 1984 inicia actividades el CBTiS Moctezuma Ilhuicamina, que fue el primer bachillerato tecnológico particular del estado de Chiapas, manteniendo con esto la visión en grande de traer Educación a nuestro municipio, esta institución fue creada para que la gente que trabajaba por la mañana tuviera la opción de estudiar por las tarde.

La Maestra Martha Ruth Alcázar Mellanes es la madre de los tres integrantes de la familia Albores Alcázar que se fueron integrando poco a poco a la escuela formada por su padre, el Profesor Manuel Albores Salazar; Víctor Manuel Albores Alcázar en septiembre de 1996 como chofer de transporte escolar, Karla Fabiola Albores Alcázar se integró como Profesora en 1998, Martha Patricia Albores Alcázar en el departamento de finanzas en 1999.

En el año 2002, Víctor Manuel Albores Alcázar formó el Grupo Educativo Albores Alcázar S.C. para darle un nuevo rumbo y sentido empresarial al negocio familiar y en el año 2004 funda la Universidad Del Sureste.

La formación de nuestra Universidad se da principalmente porque en Comitán y en toda la región no existía una verdadera oferta Educativa, por lo que se veía urgente la creación de una institución de Educación superior, pero que estuviera a la altura de las exigencias de los jóvenes que tenían intención de seguir estudiando o de los profesionistas para seguir preparándose a través de estudios de posgrado.

Nuestra Universidad inició sus actividades el 18 de agosto del 2004 en las instalaciones de la 4ª avenida oriente sur no. 24, con la licenciatura en Puericultura, contando con dos grupos de

cuarenta alumnos cada uno. En el año 2005 nos trasladamos a nuestras propias instalaciones en la carretera Comitán – Tzimol km. 57 donde actualmente se encuentra el campus Comitán y el Corporativo UDS, este último, es el encargado de estandarizar y controlar todos los procesos operativos y Educativos de los diferentes Campus, Sedes y Centros de Enlace Educativo, así como de crear los diferentes planes estratégicos de expansión de la marca a nivel nacional e internacional.

Nuestra Universidad inició sus actividades el 18 de agosto del 2004 en las instalaciones de la 4ª avenida oriente sur no. 24, con la licenciatura en Puericultura, contando con dos grupos de cuarenta alumnos cada uno. En el año 2005 nos trasladamos a nuestras propias instalaciones en la carretera Comitán – Tzimol km. 57 donde actualmente se encuentra el campus Comitán y el corporativo UDS, este último, es el encargado de estandarizar y controlar todos los procesos operativos y educativos de los diferentes campus, así como de crear los diferentes planes estratégicos de expansión de la marca.

## **MISIÓN**

Satisfacer la necesidad de Educación que promueva el espíritu emprendedor, aplicando altos estándares de calidad Académica, que propicien el desarrollo de nuestros alumnos, Profesores, colaboradores y la sociedad, a través de la incorporación de tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## **VISIÓN**

Ser la mejor oferta académica en cada región de influencia, y a través de nuestra Plataforma Virtual tener una cobertura Global, con un crecimiento sostenible y las ofertas académicas innovadoras con pertinencia para la sociedad.

## **VALORES**

- Disciplina
- Honestidad
- Equidad
- Libertad

## ESCUDO



El escudo de la UDS, está constituido por tres líneas curvas que nacen de izquierda a derecha formando los escalones al éxito. En la parte superior está situado un cuadro motivo de la abstracción de la forma de un libro abierto.

## ESLOGAN

“Mi Universidad”

## ALBORES



Es nuestra mascota, un Jaguar. Su piel es negra y se distingue por ser líder, trabaja en equipo y obtiene lo que desea. El ímpetu, extremo valor y fortaleza son los rasgos que distinguen.

---

## INTELIGENCIA ARTIFICIAL

---

### Objetivo de la materia:

Definir, diseñar, construir y programar las fases del analizador léxico y sintáctico de un traductor o compilador y el análisis del uso de sistemas inteligentes y expertos que sirvan de apoyo para la toma de decisiones en las organizaciones.

## UNIDAD I INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

- I.1 Introducción a la Inteligencia Artificial.
- I.2 Historia de la Inteligencia Artificial.
- I.3 Las habilidades cognoscitivas según la psicología. Teorías de la inteligencia.
- I.4 El proceso de razonamiento según la lógica (Axiomas, Teoremas, demostración).
- I.5 El modelo de adquisición del conocimiento según la filosofía.
- I.6 El modelo cognoscitivo.
- I.7 El modelo del agente inteligente, Sistemas Multi Agentes, Sistemas Ubicuos.
- I.8 El papel de la heurística.
- I.9 Algoritmos de exploración de alternativas.
- I.10 Métodos inteligentes
- I.11 Redes semánticas, frames y scripts.
- I.12 Inteligencia distribuida.

## UNIDAD II PRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

- 2.1 Principios y Metodología de la Inteligencia Artificial
- 2.2 Paradigmas de la Inteligencia Artificial.
- 2.3 Mapas conceptuales.
- 2.4 Redes semánticas.
- 2.5 Razonamiento monótono.
- 2.6 Conocimiento no-monótono y otras lógicas.

- 2.7 Razonamiento probabilístico
- 2.8 Teorema de Bayes.
- 2.9 Unificación
- 2.10 Formas estándar
- 2.11 Cláusulas de Hom

## **UNIDAD III REGLAS, BÚSQUEDA Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

- 3.1 Representación de conocimiento mediante reglas
- 3.2 Métodos de Inferencia en reglas
- 3.3 Reglas de producción.
- 3.4 Sintaxis de las reglas de producción.
- 3.5 Semántica de las reglas de producción
- 3.6 Arquitectura de un sistema de Producción (SP) o sistemas basados en reglas, (SBR).
- 3.7 Hechos.
- 3.8 Base de conocimientos.
- 3.9 Mecanismo de control.
- 3.10 Espacios de estados determinísticos y espacios no determinísticos.
- 3.11 Búsqueda sistemática.
- 3.12 Búsqueda de metas a profundidad.
- 3.13 Búsqueda de metas en anchura.
- 3.14 Representación de problemas como sistemas de producción, Mecanismos de inferencia, Resolución de conflictos
- 3.15 Representación de problemas como sistemas de producción, Resolución de conflictos

## **UNIDAD IV APLICACIONES CON TÉCNICAS DE IA E INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN LÓGICA**

- 4.1 Robótica
- 4.2 Redes Neuronales (RN).

- 4.3 Visión artificial.
- 4.4 Lógica difusa (Fuzzy Logic).
- 4.5 Procesamiento de Lenguaje Natural
- 4.6 Sistemas Expertos (SE).
- 4.7 Introducción a la programación lógica.
- 4.8 Mecanismos básicos.
- 4.9 Estructura de un programa
- 4.10 Objetos compuestos
- 4.11 Recursividad.

## Índice

<b>UNIDAD I INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....</b>	<b>11</b>
1.1 Introducción a la Inteligencia Artificial.....	11
1.2 Historia de la Inteligencia Artificial.....	13
1.3 Las habilidades cognoscitivas según la psicología. Teorías de la inteligencia.....	18
1.4 El proceso de razonamiento según la lógica (Axiomas, Teoremas, demostración).....	21
1.5 El modelo de adquisición del conocimiento según la filosofía.....	23
1.6 El modelo cognoscitivo.....	28
1.7 El modelo del agente inteligente, Sistemas Multi Agentes, Sistemas Ubicuos.....	31
1.8 El papel de la heurística.....	34
1.9 Algoritmos de exploración de alternativas.....	34
1.10 Métodos inteligentes.....	37
1.11 Redes semánticas, frames y scripts.....	41
1.12 Inteligencia distribuida.....	44
<b>UNIDAD II PRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO.....</b>	<b>45</b>
2.1 Principios y Metodología de la Inteligencia Artificial.....	45
2.2 Paradigmas de la Inteligencia Artificial.....	48
2.3 Mapas conceptuales.....	55
2.4 Redes semánticas.....	58
2.5 Razonamiento monótono.....	62
2.6 Conocimiento no-monótono y otras lógicas.....	65
2.7 Razonamiento probabilístico.....	67
2.8 Teorema de Bayes.....	69
2.9 Unificación.....	71
2.10 Formas estándar.....	73
2.11 Cláusulas de Horn.....	75
<b>UNIDAD III REGLAS, BÚSQUEDA Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.....</b>	<b>78</b>
3.1 Representación de conocimiento mediante reglas.....	78
3.2 Métodos de Inferencia en reglas.....	80
3.3 Reglas de producción.....	83
3.4 Sintaxis de las reglas de producción.....	85

3.5 Semántica de las reglas de producción.....	86
3.6 Arquitectura de un sistema de Producción (SP) o sistemas basados en reglas, (SBR). .....	88
3.7 Hechos. ....	91
3.8 Base de conocimientos. ....	91
3.9 Mecanismo de control.....	92
3.10 Espacios de estados determinísticos y espacios no determinísticos.....	93
3.11 Búsqueda sistemática.....	99
3.12 Búsqueda de metas a profundidad. ....	101
3.13 Búsqueda de metas en anchura.....	102
3.14 Representación de problemas como sistemas de producción, Mecanismos de inferencia, Resolución de conflictos.....	103
3.15 Representación de problemas como sistemas de producción, Resolución de conflictos .....	107

<b>UNIDAD IV APLICACIONES CON TÉCNICAS DE IA E INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN LÓGICA.....</b>	<b>109</b>
4.1 Robótica.....	109
4.2 Redes Neuronales (RN).....	114
4.3 Visión artificial. ....	116
4.4 Lógica difusa (Fuzzy Logic). ....	118
4.5 Procesamiento de Lenguaje Natural .....	119
4.6 Sistemas Expertos (SE).....	125
4.7 Introducción a la programación lógica. ....	131
4.8 Mecanismos básicos. ....	132
4.9 Estructura de un programa .....	134
4.10 Objetos compuestos .....	135
4.11 Recursividad. ....	136

# UNIDAD I INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

## 1.1 Introducción a la Inteligencia Artificial.

Muchas de las actividades mentales humanas, tales como escribir programas de cómputo, demostrar teoremas, razonar con sentido común y aún conducir un vehículo, normalmente se dice que requieren “inteligencia”. Durante las décadas pasadas se ha logrado construir programas que pueden realizar tareas como esas. Existen programas que pueden diagnosticar enfermedades, resolver ecuaciones diferenciales en forma simbólica, analizar circuitos electrónicos, entender en forma limitada frases habladas y escritas o escribir programas de cómputo cumpliendo especificaciones. Se puede decir que tales sistemas poseen cierto grado de Inteligencia Artificial (IA).

En sus orígenes, la construcción de estos sistemas fue, en gran medida, experimental, con una orientación ingenieril. Sin embargo, los objetivos y las expectativas que despertó, tanto en los protagonistas como en la comunidad científica, excedieron largamente los resultados obtenidos. Tal es así que, a mediados del siglo pasado, (solo pocos años después que estuviera en funcionamiento la primera computadora electrónica a válvulas) existían destacados científicos en el área de la IA que hacían afirmaciones temerarias como la siguiente:

Sin afán de sorprenderlos y dejarlos atónitos, debo informarles lisa y llanamente que actualmente en el mundo existen máquinas capaces de pensar, aprender y crear. Además, su capacidad para hacer lo anterior aumentará rápidamente hasta que –en un futuro previsible- la magnitud de problemas que tendrán capacidad de manejar irá a la par con la capacidad de la mente humana para hacer lo mismo. (Herbert Simon, 1957, Premio Nobel de economía, 1978, por sus trabajos en la Teoría de las decisiones).

¿Pero cuáles son tales máquinas maravillosas que son capaces de realizar las funciones más elevadas del cerebro humano?

¿Qué es una computadora? ¿Es sólo una fábrica de números?

- 1 Tiene uno o más dispositivos de Entrada (teclado, ...)
- 2 Tiene uno o más dispositivos de salida (pantalla, ...)
- 3 Dispositivo de memoria (RAM, ...)
- 4 Una unidad aritmética
- 5 Una unidad de control
- 6 Un programa (instrucción de ruptura de secuencia)

Con esta “sencilla” máquina descrita por John V. Neumann (Principio de construcción del ordenador) y con el auxilio de algunos mecanismos conocidos desde la época de la triada Sócrates Platón-Aristóteles (Ética a Nicómaco) 400 años AC tales como los silogismos o el Modus Ponens que permiten garantizar la veracidad de ciertas afirmaciones se pretendía resolver todo tipo de problemas, como lo hace una persona.

Pero, ¿es posible que las computadoras piensen?

- No, si uno define el pensamiento como una peculiar actividad del

Cualquier comportamiento similar en una computadora debería designarse como comportamiento “similar” al pensamiento.

- No, si uno define al pensamiento como algo inescrutable, misterioso o mítico.
- Sí, si uno admite que la pregunta debe ser contestada por experimentación y observación

Los dos NO son dogmáticos, el SI es empírico y práctico y es explorado por Alan Turing

El Test de Turing (Computing Machinery and Intelligence, 1950) para establecer si una máquina es o no inteligente consiste en interrogarla por medio de una teletipo (sin contacto físico). El evaluador no debe poder discernir si el que responde es una máquina o una persona.

Este planteo puede ser descrito en términos del llamado “Juego de la Imitación” que traslada el peso de la respuesta desde la esencia (ser o no ser) a la apariencia (como si).

Se puede decir que la IA nace antes que la primera computadora electrónica como la rama de las ciencias de la computación que se ocupa de construir sistemas que permitan exhibir un comportamiento cada vez más inteligente, o que observado en un ser humano pueda ser calificado como inteligente (Feigenbaum)

Algunas definiciones.

- 1 Hacer que las máquinas hagan cosas que requerirían inteligencia si fueran hechas por el hombre. M. Minsky
- 2 Intentar hacer las computadoras más útiles y entender los principios que hacen posible la inteligencia. Winston
- 3 Entender y estudiar científicamente los procesos comunes que subyacen en el pensar y el percibir ya sea en el hombre como en la máquina. N. Nilsson
- 4 Es la parte de la ciencia de la computación que investiga los procesos de razonamiento simbólicos y no algorítmicos y la representación de conocimiento simbólica para su uso en máquinas inteligentes. Buchanan – Feigenbaum

## **1.2 Historia de la Inteligencia Artificial.**

El origen de la inteligencia artificial es muy antiguo. Se remonta al 300 a.C. y aunque, por aquel entonces era impensable pensar en un concepto de tal magnitud, los siguientes hechos de la historia tuvieron un peso importante en su desarrollo.

Aristóteles fue el primero en descubrir de manera estructurada un conjunto de reglas, los llamados silogismos, que describen una parte del funcionamiento de la mente humana y que, al seguirlas paso a paso, producen conclusiones racionales a partir de las premisas.

En el 250 a.C., Ctesibio de Alejandría construyó la primera máquina autocontrolada. Se trataba de un regulador del agua que modificaba su propio funcionamiento, pero sin un razonamiento previo.

En 1637, uno de los filósofos más influyentes del siglo XVII predijo la posibilidad de crear máquinas que pensasen por sí mismas. Esta figura se trataba de René Descartes.

Después de años de parón en este sentido, en 1847, el matemático George Boole puso un componente más a esta historia, estableciendo que el razonamiento lógico podría sistematizarse, de igual forma que se resuelve una ecuación matemática.

30 años más tarde, Gottlob Frege a partir de los estudios de Boole obtiene la Lógica de Primer Orden, la cual contaba con mayor énfasis y una mejor expresión. Actualmente se sigue tomando como referencia.

### **Alan Turing, un factor clave en el proceso**

La inteligencia artificial no sería lo que es sin la tecnología y, no hay nada más futurista que los robots. La primera vez que se acuñó la esta disruptora palabra fue en el año 1921 por Karel Čapek en su obra de teatro R.U.R.

Siguiendo este hilo, en 1936 entra en juego el que hoy en día se considera como uno de los padres de la tecnología de la información, Allan Turing. Este matemático introdujo el concepto de algoritmo a través de su artículo “Computing machinery and intelligence” mediante el cual sentó las bases de la informática moderna.

A través del cual, surge el conocido Test de Turing, una prueba de comunicación verbal hombre máquina que evalúa la capacidad de la tecnología de hacerse pasar por los seres humanos.

5 años más tarde (1941), se crea el primer ordenador de la historia moderna, un dispositivo programable y automático, el cual fue bautizado como Z3. El mérito de este invento se le atribuye a Konrad Zuse.

Ese mismo año, con una mayor innovación, eficiencia y cada vez más cerca de la inteligencia artificial, Isaac Asimov, en su escrito de ciencia ficción “Círculo Vicioso” argumenta las leyes de la robótica, aquellas que todo robot debe cumplir. Estas son:

- Los robots no podrán dañar al ser humano.

- Los robots cumplirán las órdenes designadas.
- Los robots protegerán su propia existencia siempre y cuando ésta no entre en conflicto con la primera o segunda ley antes propuestas.

En 1943, Warren McCulloch y Walter Pitts presentaron su modelo de neuronas artificiales, el cual se considera el primer trabajo del campo de inteligencia artificial, aunque aún no había sido acuñado como tal.

Estos científicos partieron de tres fuentes principales: conocimientos sobre la fisiología básica y funcionamiento de las neuronas en el cerebro, el análisis formal de la lógica proposicional de Russell y Whitehead y la teoría de Allan Turing.

### **Nacimiento y evolución**

En 1956 nace el término inteligencia artificial gracias al informático John McCarthy y a la ayuda de Marvin Minsky y Claude Shannon. Este concepto designado en la conferencia de Dartmouth definía la palabra como la ciencia e ingeniería de “hacer máquinas inteligentes.”

Estos tres científicos plantearon hipótesis para los próximos años que situaban la tecnología y la inteligencia artificial como algo que conviviría con los seres humanos. Lo cierto es que no fue así, el desarrollo de este novedoso concepto se producirá lentamente y no es hasta la década de los 90 hasta que empieza a adoptarse como lo conocemos hoy en día.

Asimismo, a John McCarthy también se le atribuye el diseño y creación de “LISP”, el primer lenguaje que logró un procesamiento simbólico y no numérico.

En esta transición, otro aspecto que contribuiría al desarrollo de la inteligencia artificial fue el diseño de la primera red neuronal artificial en el año 1957. Este hecho se le atribuye a Frank Rosenblatt.

En esta transición, otro aspecto que contribuiría al desarrollo de la IA fue el diseño de la primera red neuronal artificial en el año 1957. Este hecho se le atribuye a Frank Rosenblatt.

ELIZA fue el otro punto de inflexión en el desarrollo de la inteligencia artificial. Este proyecto desarrollado por Joseph Weizenbaum (1966) en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y es considerado el primer chatbot.

Este dispositivo incorporaba el procesamiento del lenguaje natural humano y su objetivo principal era enseñar a los ordenadores a comunicarse con los seres humanos mediante su propio lenguaje y no mediante un lenguaje de programación.

En 1970 se avecina el primer invierno de la inteligencia artificial, que supone una pérdida de financiación para tratar el tema básicamente porque las expectativas que se habían planteado no se cumplieron.

Otro de los hitos que supuso un punto de inflexión se produjo en 1973 cuando se creó “Wave” el primer lenguaje de programación para robots.

### **Los 90, la IA coge impulso.**

Después de unos años de tímido desarrollo, en el año 1990 la inteligencia artificial volvió a coger impulso y comenzaría lo que se conoce como la edad de oro de la IA. Esto se debe, en parte, al repentino desarrollo de la tecnología que afectaba directamente a las industrias.

Aquellas empresas que no se sumasen al movimiento tecnológico quedarían obsoletas y se verían fuera de un sistema que auguraba buenos resultados. Por esto precisamente, se decidió invertir en la optimización de los procesos en la que se focalizaba la IA.

Un hecho realmente importante se produjo en el año 1997, cuando la multinacional IBM dio a conocer a Deep Blue, un ordenador provisto de IA, capaz de ganar en una partida de ajedrez al campeón del mundo Gari Kaspárov.

En esta época también surgen los agentes inteligentes, capaces de percibir su entorno y actuar de manera racional. En términos de computación, esto puede usarse para referirse a un agente de software inteligente.

### **Nuevo siglo, nuevas formas de entender la tecnología**

Ya en el nuevo siglo y con mejoras en los procesos tecnológicos, la inteligencia artificial crece a una velocidad de vértigo y se empiezan a ver los primeros vestigios de lo que será la IA del futuro.

Google, el gigante de internet, siempre ha destacado por sumarse a la innovación y estar siempre a la última. Por ello, en 2008 decidió lanzar la primera aplicación con capacidad para reconocer la voz mediante el uso de IA.

IBM también quiso seguir actualizando sus procesos. Por eso, en 2011 presentó a Watson, ¡un ordenador que seguía la metodología de Deep Blue y que consiguió ganar el concurso de preguntas y respuestas “Jeopardy!” superando con creces a la mente humana.

Sin embargo, uno de los acontecimientos más reseñables del siglo XXI en relación a la IA se produjo en el año 2014, cuando un bot computacional llamado Eugene Gustan consiguió superar el Test de Turing, engañando a 30 de los 150 haciéndoles creer que estaban hablando con un niño ucraniano de 13 años y no con una máquina.

Siguiendo la línea temporal, en 2015, AlphaGo se convirtió en la primera máquina en ganar a un jugador profesional del milenar juego oriental Go. Un verdadero reto para la máquina, puesto que este juego plantea una gran complejidad.

A lo largo de la historia, la IA ha dado muchos palos de ciego. No obstante, todos los hechos anteriormente expuestos han contribuido a cimentar las bases de lo que tenemos hoy en día: identificar imágenes, reconocimiento por voz, reconocimiento facial, respuestas automáticas...

Algunos avances de peso que tienen que ver con la inteligencia artificial son:

- Traducciones.
- Asistentes digitales.
- Respuestas automatizadas.
- Vehículos autónomos.
- Clasificación de imágenes.

- Conversión de texto a diálogo y viceversa.

### **1.3 Las habilidades cognoscitivas según la psicología. Teorías de la inteligencia.**

Hablar de habilidades cognitivas, aunque sea brevemente, nos remite al ámbito de las aptitudes e implica, en primer lugar, introducirnos en el estudio del pensamiento, como proceso o sistemas de procesos complejos que abarcan desde la captación de estímulos, hasta su almacenaje en memoria y su posterior utilización, en su evolución y su relación con el lenguaje; abordar el estudio de la inteligencia y su evolución, como herramienta básica del pensamiento; y profundizar en el estudio del aprendizaje, como cambio relativamente estable del comportamiento producido por la experiencia. Para, en segundo lugar, con mayor profusión y especificidad, pasar al estudio del binomio cognición metacognición y su relación con aquellas variables que más le afectan, como es el caso de las afectivas, tales como: la motivación, el autoconcepto, la autoestima, la autoeficacia, la ansiedad, etc. De manera que los términos “aprender a pensar”, “aprender a aprender” y “pensar para aprender”, cada vez nos sean menos ajenos.

Así pues, aquí nos proponemos hacer una revisión de los principales conceptos y teorías, formas de evaluación e intervención ofrecidos en este ámbito; aunque, como es obvio, de forma sucinta.

#### **Conceptos y teorías**

Actualmente estamos sumergidos en la era de la revolución tecnológica y, por ello, el número de conocimientos culturales y técnicos, de teorías y habilidades, de modelos y estrategias, etc., aumentan de modo exponencial; siendo por lo que la educación se enfrenta al gran reto de transmitirlos relacionando a la vez lo teórico con la vida real, problema cada vez más difícil de solucionar. Además, curiosa y paradójicamente, hallándonos de pleno en la era de la comunicación social, nos encontramos con los niveles más altos, históricamente hablando, de incomunicación personal; lo que agrava sobremanera esta problemática.

La verdad es que, en general, nuestros alumnos dedican muy poco tiempo al trabajo autónomo, especialmente a las consultas, y su actividad se reduce casi exclusivamente, en la mayor parte de los casos, a escuchar (no oír siquiera) al profesor, empleando como única habilidad cognitiva, tomar notas y memorizar los apuntes para los exámenes; lo cual denota interés por las clases de tipo expositivo, una alta orientación en sus actividades de trabajo y un procesamiento pasivo de la información.

Por otra parte, no sólo se trata de una cuestión de índole práctica, sino que es una imposición de la perspectiva cognitiva frente a la conductista, interesada por el procesamiento de la información y su almacenamiento en memoria, destacando cómo los resultados del aprendizaje no dependen exclusivamente del modo en que el profesor presenta la información; sino, además, del modo en que el alumno la procesa, la interioriza y la guarda (Weinstein y Mayer, 1986).

En la investigación especializada sobre habilidades y estrategias pueden recogerse multitud de definiciones al respecto; no obstante, es factible detectar un único núcleo de significado, aunque con algunas diferencias en los niveles denotativos de los términos empleados; en otras palabras, el nivel de generalidad concedido al concepto de habilidad o estrategia varía según el tipo de definición formulada. Por ello, se recogen aquí dos grupos claramente diferenciados y delimitados de definiciones: sintéticas y analíticas

#### **a) Sintéticas.**

En este caso, las habilidades o estrategias se presentan en un sentido general, aunque asignándoles un papel concreto, siendo fácil detectar tanto macro habilidades o macro estrategias, habilidades ejecutivas, etc., como micro habilidades o micro estrategias, habilidades no ejecutivas, etc. Las habilidades cognitivas son entendidas como operaciones y procedimientos que puede usar el estudiante para adquirir, retener y recuperar diferentes tipos de conocimientos y ejecución ... suponen del estudiante capacidades de representación (lectura, imágenes, habla, escritura y dibujo), capacidades de selección (atención e intención) y capacidades de autodirección (auto programación y autocontrol) (Rigney, 1978:165).

O'Neil y Spielberg (1979), a diferencia de Rigney, prefieren utilizar el término estrategias de aprendizaje, pues en él incluyen las estrategias de tipo afectivo y motor, así como las estrategias propiamente cognitivas; aunque de hecho reconocen tres características básicas de este dominio: la gran diversidad terminológica, el limitado acuerdo existente respecto a sus conceptos fundamentales y el estado de “arte” en que se encuentra.

Sin embargo, ello no impide que puedan establecerse algunas distinciones; por ejemplo, respecto a un tema muy próximo conceptualmente, tal como el de los estilos cognitivos. Perkins (1985), comentando el problema de la generalidad o especificidad de las habilidades cognitivas, señala una posible distinción entre estilos cognitivos y estrategias; los primeros están más íntimamente ligados a la conducta general de la persona, a su modo de pensar, de percibir, etc. (dependencia/independencia de campo; reflexividad/impulsividad, etc.), mientras las segundas son conductas más específicas aplicadas en un momento determinado de un proceso (como, repasar un texto que se acaba de leer).

#### **b) Analíticas.**

En este caso, las habilidades no son simples conglomerados de reglas o hábitos, sino que se trata de habilidades de alto orden que controlan y regulan las habilidades más específicamente referidas a las tareas o más prácticas (Nisbet y Shucksmith, 1987:21).

Resnick y Beck (1976) distinguen entre actividades de tipo amplio, utilizadas para razonar y pensar (habilidades generales), y habilidades específicas, dedicadas a realizar una tarea concreta (habilidades mediacionales). En un sentido más preciso, Sternberg (1983) diferencia entre habilidades ejecutivas (útiles para planificar, controlar y revisar las estrategias empleadas en la ejecución de una tarea, como identificar un problema) y habilidades no ejecutivas (utilizadas en la realización concreta de una tarea, como comparar).

En nuestro caso, preferimos hablar de estrategias cognitivas y metacognitivas, que podríamos resumir de la siguiente forma:

## **I. Habilidades cognitivas.**

Son las facilitadoras del conocimiento, aquellas que operan directamente sobre la información: recogiendo, analizando, comprendiendo, procesando y guardando información en la memoria, para, posteriormente, poder recuperarla y utilizarla dónde, cuándo y cómo convenga. En general, son las siguientes:

- Atención: Exploración, fragmentación, selección y contra distractoras.
- Comprensión (técnicas o habilidades de trabajo intelectual): Captación de ideas, subrayado, traducción a lenguaje propio y resumen, gráficos, redes, esquemas y mapas conceptuales. A través del manejo del lenguaje oral y escrito (velocidad, exactitud, comprensión).
- Elaboración: Preguntas, metáforas, analogías, organizadores, apuntes y mnemotecnias.
- Memorización/Recuperación (técnicas o habilidades de estudio): Codificación y generación de respuestas. Como ejemplo clásico y básico, el método 3R: Leer, recitar y revisar (read, recite, review).

## **II. Habilidades metacognitivas.**

Son las facilitadoras de la cantidad y calidad de conocimiento que se tiene (productos), su control, su dirección y su aplicación a la resolución de problemas, tareas, etc. (procesos).

- Conocimiento del conocimiento: de la persona, de la tarea y de la estrategia.
- Control de los procesos cognitivos:
- Planificación: Diseño de los pasos a dar.
- Autorregulación: Seguir cada paso planificado.
- Evaluación: Valorar cada paso individualmente y en conjunto.
- Reorganización (feedback): Modificar pasos erróneos hasta lograr los objetivos.
- Anticipación (forward): Avanzar o adelantarse a nuevos aprendizajes.

### **1.4 El proceso de razonamiento según la lógica (Axiomas, Teoremas, demostración).**

Lógica difusa en inteligencia artificial.

1. Comenzar con las hipótesis.
2. Debe seguir con las tautologías y reglas de inferencias necesarias para...
3. Llegar a la conclusión.

Método de razonamiento de maquina similar al pensamiento humano, que puede procesar información incompleta o incierta, característico de muchos sistemas expertos. Con la lógica difusa se puede gobernar un sistema por medio de reglas de “sentido común” las cuales se refieren a cantidades indefinidas.

Ejemplo Método Deductivo.

- “Todas las mexicanas son bellas”, (Este es el conocimiento general)
- “La maestra Rebeca es mexicana “luego:
- “La maestra Rebeca es bella”.

### **Axioma.**

Proposición tan clara y evidente que se admite sin necesidad de demostración. Cada uno de los principios fundamentales e indemostrables sobre los que se construye una teoría.

Ejemplo:

$$1+1=2$$

A es hermano de B

C es hijo de A

Entonces podemos decir que B es tío de C, o bien C es sobrino de B

### **Teorema**

Proposición demostrable lógicamente partiendo de axiomas o de otros teoremas ya demostrados, mediante reglas de inferencia aceptadas.

Axiomas sobre alumno:

- Estudia
- Realiza tareas
- Participa
- Programa

## **Demostración**

Demostración matemática, argumento utilizado para mostrar la veracidad de una proposición matemática.

En las matemáticas modernas una demostración comienza con una o más declaraciones denominadas premisas, y prueba, utilizando las reglas de la lógica, que si las premisas son verdaderas, entonces una determinada conclusión debe ser también cierta.

Comprobación, por hechos ciertos o experimentos repetidos, de un principio o de una teoría.

Tablas de verdad de la lógica: conjunción, disyunción, implicación, negación y condicional.

### **1.5 El modelo de adquisición del conocimiento según la filosofía.**

En el conocimiento se hallan frente a frente la conciencia y el objeto, el sujeto y el objeto. El conocimiento se presenta como una relación entre estos dos miembros, que permanecen en ella eternamente separados el uno del otro. El dualismo de sujeto y objeto permanece a la esencia del conocimiento... la función del objeto consiste en aprehender el objeto; la del objeto es ser aprehensible y aprehendido por el sujeto... no en el objeto, sino en el sujeto, cambia algo por obra de la función del conocimiento... visto desde el objeto, el conocimiento se presenta como una transferencia de las propiedades del objeto al sujeto

### ***Teoría del conocimiento***

Es el intento intelectual de explicar la forma en la que adquirimos el conocimiento del mundo y los procedimientos por los que es generado ese conocimiento, de tal forma que pueda ser valorado ya como verdadero o como falso.

## **Conocer**

Unos de los grandes temas de la filosofía, es explicar en qué consiste el acto de conocer, cual es la esencia del conocimiento, cual es la relación cognoscitiva entre el hombre y las cosas que lo rodean.

La definición más sencilla nos dice que conocer consiste en obtener una información acerca de un objeto. Conocer es conseguir un dato o una noticia sobre algo.

## **Elementos del conocimiento**

1. En todo conocimiento podemos distinguir cuatro elementos:
2. El sujeto que conoce.
3. El objeto conocido.
4. La operación misma de conocer.
5. El resultado obtenido que es la información recabada acerca del objeto.

## **Los tres niveles del conocimiento**

El ser humano puede captar un objeto en tres diferentes niveles, sensible, conceptual y holístico.

### ***Conocimiento sensible:***

Es aquel que se adquiere a través de la captación de un objeto por medio de los sentidos, que en el caso de los seres humanos los más desarrollados son el oído y la vista, de este modo, somos capaces de almacenar en nuestra memoria las imágenes de todos los objetos que observamos a diario, con sus características particulares.

### ***Conocimiento conceptual***

Se trata de aquel que se forma a partir de un conjunto de representaciones definidas como invisibles, inmateriales, universales y esenciales. La diferencia más significativa entre el conocimiento sensible y el conceptual radica en que el primero es un conocimiento particular de cada persona, en el que cada uno ve y define los conceptos y los objetos con las características propias, mientras que el conceptual hace referencia a la universalidad de los conceptos y objetos, aquellos que todos comprendemos de la misma manera, sin añadirle características propias.

### ***Conocimiento holístico:***

(También llamado intuitivo, con el riesgo de muchas confusiones, dado que la palabra intuición se ha utilizado hasta para hablar de premoniciones y corazonadas). En este nivel tampoco hay colores, dimensiones ni estructuras universales como es el caso del conocimiento conceptual. Intuir un objeto significa captarlo dentro de un amplio contexto, como elemento de una totalidad, sin estructuras ni límites definidos con claridad. La palabra holístico se refiere a esta totalidad percibida en el momento de la intuición (holos significa totalidad en griego).

La principal diferencia entre el conocimiento holístico y conceptual reside en las estructuras. El primero carece de estructuras, o por lo menos, tiende a prescindir de ellas. El concepto, en cambio, es un conocimiento estructurado. Debido a esto, lo percibido a nivel intuitivo no se puede definir, (definir es delimitar), se capta como un elemento de una totalidad, se tiene una vivencia de una presencia, pero sin poder expresarla adecuadamente.

Aquí está también la raíz de la dificultad para dar ejemplos concretos de este conocimiento. Intuir un valor, por ejemplo, es tener la vivencia o presencia de ese valor y apreciarlo como tal, pero con una escasa probabilidad de poder expresarla y comunicarla a los demás.

## **EL ORIGEN DEL CONOCIMIENTO**

---

A continuación, se presentan diversas corrientes filosóficas sobre como el ser humano obtiene conocimientos.

### **Racionalismo**

Se denomina racionalismo a la doctrina epistemológica que sostiene que la causa principal del conocimiento reside en el pensamiento, en la razón. Afirma que un conocimiento solo es realmente tal, cuando posee necesidad lógica y validez universal. El planteamiento más antiguo del racionalismo aparece con Platón. El Racionalismo como corriente filosófica apareció en Francia en el siglo XVII, y fue formulada por René Descartes.

Los rasgos que mejor caracterizan al racionalismo moderno son los siguientes:

1. La tesis de que todos nuestros conocimientos acerca de la realidad proceden no de los sentidos, sino de la razón, del entendimiento mismo.
2. El conocimiento puede ser construido deductivamente a partir de unos primeros principios.
3. Los primeros principios del conocimiento no se pueden extraer de la experiencia empírica, sino que se encuentran ya en el entendimiento: el innatismo de las ideas.
4. Consideración de la deducción y más aún de la intuición intelectual como los métodos más adecuados para el ejercicio del pensamiento.
5. La consideración de la matemática como ciencia ideal.
6. La apreciación optimista del poder de la razón, ésta no tiene límites y puede alcanzar a todo lo real.

### **Empirismo**

Para el empirismo la única causa del conocimiento humano es la experiencia. Según el empirismo, la conciencia cognoscente no obtiene sus conceptos de la razón, sino exclusivamente de la experiencia.

El empirismo, surge en Inglaterra en el siglo XVII y se extiende durante el siglo XVIII sus máximos representantes son J. Locke (1632-1704), J. Berkeley (1685-1753) y D. Hume (1711-1776).

En un sentido bastante general, se denomina empirismo a toda teoría que considere que la experiencia es el origen del conocimiento, pero no su límite. Esta postura ha sido mantenida por numerosos filósofos, como, por ejemplo, Aristóteles (384-322 a.C.), Epicuro (341-272 a.C.), los estoicos (S. IV a. C. – S.II d.C.), Tomás de Aquino (1224-1274) y Ockham (1295-1350).

### Características del Empirismo

***Las características fundamentales del empirismo podrían resumirse en las siguientes:***

#### **1. Subjetivismo del conocimiento.**

En este punto, empiristas y racionalistas coinciden al afirmar que, para conocer el mundo se ha de partir del propio sujeto, no de la realidad en sí. La mente no puede conocer las cosas más que a partir de las ideas que tiene sobre ellas.

#### **2. La experiencia como única fuente del conocimiento.**

El origen del conocimiento es la experiencia, entendiendo por ella la percepción de los objetos sensibles externos (las cosas) y las operaciones internas de la mente (emociones, sensaciones, etc.). Así pues, para los empiristas, el único criterio de verdad es la experiencia sensible.

#### **3. Negación de las ideas innatas de los racionalistas.**

Si todo conocimiento ha de provenir de la experiencia esto supone que habrá de ser adquirido. La mente no posee contenido alguno (ideas innatas), sino que es como una

“tabla rasa”, un receptáculo vacío que debe “llenarse” a partir de la experiencia y el aprendizaje.

#### **4. El conocimiento humano es limitado: la experiencia es su límite.**

Esta postura es radicalmente opuesta a la de los racionalistas, para los que la razón, utilizando un método adecuado, no tiene límites y podría llegar a conocerlo todo. Los empiristas restringen la capacidad de la mente humana: la experiencia es su límite, y más allá de ella no es lícito ir si no queremos caer en el error, atribuyéndole a todo lo que no ha sido “experimentado” una realidad y existencia objetiva.

#### **5. El método experimental y la ciencia empírica.**

El interés por hallar un método adecuado para dirigir el pensamiento fue uno de los intereses principales tanto del racionalismo como del empirismo. La diferencia entre ambos estriba en que, si para los racionalistas el modelo ideal de método era matemático y deductivo, para los empiristas debía ser experimental e inductivo, similar al que utilizó Newton en el campo de la física, y que tan excelentes resultados había dado.

### **1.6 El modelo cognoscitivo.**

Se denomina desarrollo cognoscitivo al proceso evolutivo de las capacidades mentales (percepción, memoria, atención...) del niño, capacidades que intervienen en el aprendizaje de nuevos conocimientos y destrezas.

#### **¿En qué consiste la teoría del desarrollo cognitivo de Piaget?**

La teoría del desarrollo cognitivo se la debemos a Jean Piaget (1896-1980). Tras años de investigación empírica, el psicólogo suizo formuló un modelo explicativo sobre el **aprendizaje basado en el concepto de la “acción”, de la experiencia**. En otras palabras: en cómo el niño va sumando y reestructurando conocimientos y destrezas gracias a la interacción activa con el mundo que le rodea. A través de esta interacción, Piaget explicaba que las estructuras cognitivas se van complejizando hasta que el niño da significado (o sentido) a la realidad y **construyendo su propio conocimiento**.

## Estadios de desarrollo del niño

Durante el proceso evolutivo del niño, Piaget diferenció **cuatro etapas de desarrollo** cognoscitivo:

### Periodo sensoriomotor (de 0 a 2 años)

En esta etapa, el niño interacciona con el medio a través de los **reflejos innatos** que va modificando y perfeccionando por ensayo y error. Según detecta que sus acciones modifican el entorno, se despierta en él una **clara intención exploradora** (por ejemplo: gatea para alcanzar un objeto que le llama la atención) e, incluso, es capaz de anticiparse a los hechos (por ej., tira un juguete de la trona para captar la atención de sus padres).

### Periodo preoperatorio (de 2 a 7 años)

Es en esta etapa cuando el pequeño desarrolla la capacidad de representación. El niño crea imágenes mentales de la realidad, imita las acciones de los adultos y sus iguales, muestra claros signos de **juego simbólico** y sus competencias lingüísticas mejoran notablemente.

### Periodo de las operaciones concretas (de 8 a 12 años)

Lo más característico de esta fase del desarrollo es que el niño utiliza la lógica para hacer sus inferencias sobre los sucesos y realidades. Esto se debe a que **sus conocimientos anteriores se han organizado en estructuras más complejas**, unificadas. Por ejemplo: un niño prepúber deduce por sí mismo que si cambias el agua de un tazón a un vaso alargado, la cantidad de agua es la misma, aunque en el segundo recipiente aparentemente parezca que hay más cantidad. En el estadio anterior habría incurrido al error.

### Periodo de las operaciones formales (de 12 a 16 años)

Es en la adolescencia cuando el niño desarrolla una operación compleja: el **razonamiento hipotético deductivo**. Esto significa que el adolescente, ante un problema, analiza todas las premisas y valora diferentes hipótesis sobre su causalidad o

efecto. En el anterior estadio de desarrollo el niño hacía inferencias sobre la experiencia real. Ahora, los problemas pueden presentarse de manera figurada, sin necesidad de que el adolescente tenga ninguna experiencia sobre el hecho. En esta etapa también es característica la **metacognición**: la capacidad de poder reflexionar sobre nuestro propio razonamiento.

### **Teoría del desarrollo cognitivo: implicaciones en la educación formal**

El modelo piagetiano sobre el desarrollo cognoscitivo tuvo (y tiene) una **notable repercusión en los procesos de enseñanza y aprendizaje** en el contexto escolar. Conocer en qué fase de desarrollo se encuentra el niño, su ritmo madurativo y potenciar sus talentos para compensar sus dificultades son factores clave para el trabajo del educador en el aula ordinaria y, sobre todo, con alumnos de Educación Especial.

#### **¿Qué otros cambios han supuesto para la escuela?**

A nivel de aula, el educador puede organizar el contenido del currículo y **ajustar sus métodos de enseñanza de acuerdo con el nivel de desarrollo cognitivo** del alumno y de sus necesidades educativas. Si las actividades que presenta al niño están ajustadas a sus conocimientos previos, su motivación por realizar la tarea será mucho mayor que si está muy por encima o por debajo de sus competencias.

También se potencia que el alumno tome una actitud activa durante el proceso de aprendizaje. **En la antigua escuela, era un mero receptor de información.** Ahora se pretende despertar la curiosidad del niño por la realidad que le rodea, que investigue, que aprenda a aprender... El profesor se convierte en un guía para el estudiante en este proceso de aprendizaje, proponiéndole nuevos retos y garantizando las estrategias y recursos para que **aprenda a aprender.**

- **Aprendizaje basado en retos: ¡acepta el desafío!**

Sabemos que hay **períodos críticos durante el desarrollo cognitivo** del niño, de ahí la importancia de que reciba una buena estimulación cognitiva en sus primeros años de vida, tanto en el seno de la familia como durante el aprendizaje escolar.

Dentro del ciclo de preescolar se incluyen los objetivos de potenciar capacidades, como la memoria, la percepción, la psicomotricidad o la autonomía. La educación en esta etapa adopta una **función preventiva de futuros problemas** del neurodesarrollo y del aprendizaje.

- **Actividades que debes conocer para mejorar la conducta en el aula**

La teoría piagetiana también ha impulsado la investigación sobre **metodologías didácticas para mejorar el neurodesarrollo** del niño. El juego o las actividades artísticas como el dibujo o la música son excelentes recursos para estimular el desarrollo cognoscitivo del niño.

### **1.7 El modelo del agente inteligente, Sistemas Multi Agentes, Sistemas Ubicuos.**

Las diversas definiciones discutidas anteriormente involucran una serie de propiedades de un agente. Habiendo establecido una definición mucho menos restrictiva de un agente autónomo, estas propiedades pueden ayudarnos a clasificar aún más los agentes de maneras útiles. La siguiente imagen 1 enumera varias de las propiedades mencionadas anteriormente.

Los agentes pueden clasificarse útilmente de acuerdo con el subconjunto de estas propiedades que usan. Cada agente satisface las primeras cuatro propiedades. Agregar otras propiedades produce clases de agentes potencialmente útiles, por ejemplo, agentes de aprendizaje móviles. Existen, por supuesto, otros posibles esquemas de clasificación. Por ejemplo, podríamos clasificar a los agentes de software de acuerdo con las tareas que realizan, por ejemplo, agentes de recopilación de información o agentes de filtrado de correo electrónico. O bien, podríamos clasificarlos de acuerdo con su arquitectura de control.

Un agente es un objeto de software que se comunica entre sí para realizar las tareas asignadas por su administrador. En un espectro más amplio, el agente trabaja en nombre

de su usuario con objetivos y motivaciones similares. Un agente puede clasificarse según las funcionalidades de los siguientes tipos:

- Agente autónomo: capaz de trabajar a través de una interfaz externa.
- Agente adaptativo: responde en cierta medida a otro agente y entorno, y la adaptación permite que un agente modifique su comportamiento en función de su experiencia.
- Agente móvil: capaz de transportar de un entorno a otro.
- Agente interactivo: se comunica con el entorno y otros agentes.
- Agente proxy: puede actuar en nombre de alguien o algo.
- Agente inteligente: el estado se formaliza mediante el conocimiento (es decir, creencias, objetivos, planes y suposiciones) e interactúa con otros agentes utilizando un lenguaje simbólico.
- Agente coordinador: capaz de realizar alguna actividad en un entorno compartido con otros agentes.
- Agente Cooperativo - Coordina con otros agentes para lograr un propósito común.

### **Sistemas multi agentes**

La unidad de construcción básica en Multi Agent System (MAS) es un grupo de agentes. Los agentes inteligentes autónomos se comportan dirigidos por sus intenciones; Además, para alcanzar sus objetivos, pueden interactuar y cooperar con otros agentes. Esta interacción requiere que se les proporcionen capacidades comunicativas. Las claves de este sistema son la coordinación, cooperación y comunicación entre estos agentes (Wooldridge, 2012).

En un entorno distribuido, las aplicaciones y fuentes de administración de agentes deben coordinarse y cooperar entre sí para lograr un objetivo, esto se puede hacer utilizando uno de los métodos de comunicación. Se enfoca la intención a estas características importantes del sistema de múltiples agentes de la siguiente manera:

### **Comunicación**

La comunicación es un concepto básico importante en Inteligencia Artificial Distribuida, porque es el proceso de interacción, a través de algunos tipos de comunicación, que hace posible que varios agentes combinen sus esfuerzos para resolver un problema general. La razón principal para la comunicación es resolver conflictos entre agentes. Dado que los agentes actúan en un entorno que contiene otros agentes y diversos servicios, se necesita arquitectura para estandarizar la comunicación entre agentes y el acceso a servicios comunes. Los agentes pueden comunicarse enviando mensajes. Los mensajes pueden dirigirse a agentes individuales, a grupos de agentes o a todos los agentes de una clase en particular. La arquitectura de comunicación del sistema de agente debe proporcionar soporte para: comunicación de agente a agente, comunicación a través de una red y mecanismos

### **Coordinación**

La coordinación es el proceso de manejar las interdependencias entre actividades. Para esto, varios agentes deben basar las comunicaciones en la detección y respuesta a las relaciones de coordinación existente entre las tareas conjuntas y conocidas. La coordinación entre agentes se realiza solo cuando un agente puede comprender, o al menos predecir, las acciones de los otros agentes. Es decir, un agente debe tener algún modelo de otros agentes dentro de sí mismo. Para que un agente se adapte a la cooperación con otros, debe observar a otros agentes y establecer dinámicamente modelos de otros para planificar sus acciones.

### **Cooperación**

Los agentes pueden ignorar, cooperar o competir entre sí. Lo más común es la cooperación de agentes donde los agentes combinan sus esfuerzos para lograr un objetivo común.

La mayoría de las interacciones entre agentes implican alguna forma de cooperación. En particular, a veces, los objetivos de un agente no se pueden lograr sin la ayuda de otros agentes. Si estos objetivos son comunes a un grupo de agentes (o un agente puede convencer a otros agentes para que lo ayuden), entonces se puede llegar a un acuerdo sobre un plan compartido. Una vez que se ha formado un grupo de agentes cooperantes,

se produce un comportamiento especial relacionado con la necesidad de trabajar juntos hacia el objetivo común.

### **1.8 El papel de la heurística.**

Se denomina heurística a la capacidad de un sistema para realizar de forma inmediata innovaciones positivas para sus fines. La capacidad heurística es un rasgo característico de los humanos, desde cuyo punto de vista puede describirse como el arte y la ciencia del descubrimiento y de la invención o de resolver problemas mediante la creatividad y el pensamiento lateral o pensamiento divergente.

En computación, dos objetivos fundamentales son encontrar algoritmos con buenos tiempos de ejecución y buenas soluciones, usualmente las óptimas. Una heurística es un algoritmo que abandona uno o ambos objetivos; por ejemplo, normalmente encuentran buenas soluciones, aunque no hay pruebas de que la solución no pueda ser arbitrariamente errónea en algunos casos; o se ejecuta razonablemente rápido, aunque no existe tampoco prueba de que siempre será así. Las heurísticas generalmente son usadas cuando no existe una solución óptima bajo las restricciones dadas (tiempo, espacio, etc.), o cuando no existe del todo.

A menudo, pueden encontrarse instancias concretas del problema donde la heurística producirá resultados muy malos o se ejecutará muy lentamente. Aun así, estas instancias concretas pueden ser ignoradas porque no deberían ocurrir nunca en la práctica por ser de origen teórico. Por tanto, el uso de heurísticas es muy común en el mundo real.

### **1.9 Algoritmos de exploración de alternativas.**

Los algoritmos heurísticos tradicionales muestran limitaciones importantes cuando el espacio de búsqueda es demasiado grande o existen factores dinámicos. En la navegación, de los juegos de vídeo en tiempo real, este problema aparece cuando las rutas a determinar son muy largas, el terreno es modificable o existen muchos objetos móviles. Bajo esas condiciones, los algoritmos de búsqueda básicos no pueden responder en el tiempo requerido y resultan inadecuados. De esta forma, surge la necesidad de desarrollar nuevas estrategias de búsqueda, que se adapten a los requerimientos de tiempo real de los juegos de vídeo y resuelvan adecuadamente caminos en condiciones de incertidumbre sobre terrenos de gran extensión.

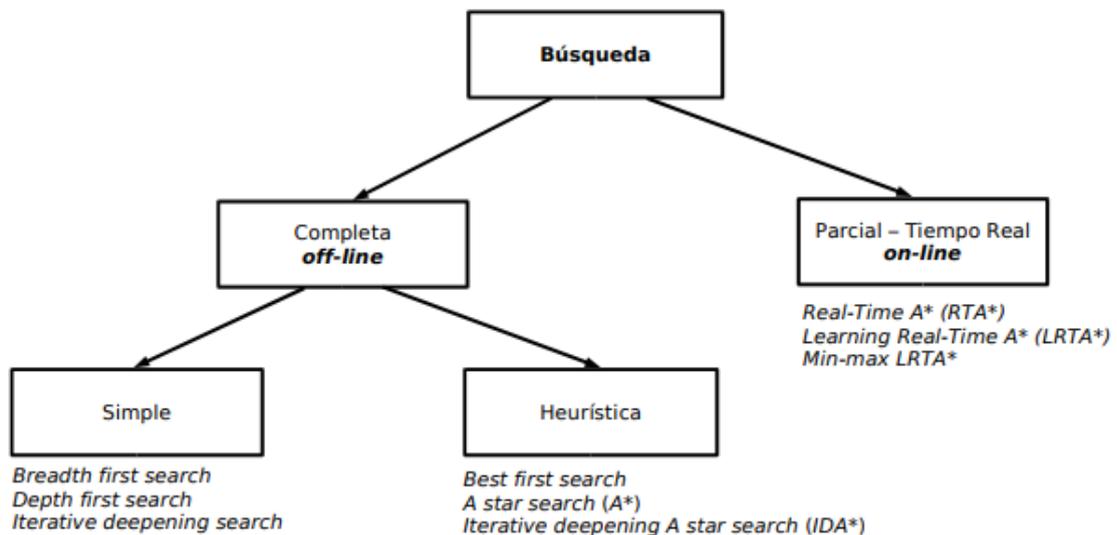
Actualmente existen dos clases de algoritmos de búsqueda que se adecuan a la resolución de problemas con las características mencionadas: los algoritmos de búsqueda heurística incrementales y los algoritmos de búsqueda heurística en tiempo real. Los algoritmos incrementales utilizan información de búsquedas previas para encontrar soluciones a problemas similares posiblemente más rápido que realizando cada búsqueda partiendo de cero. Por otra parte, los algoritmos de búsqueda en tiempo real alternan planificación y ejecución del plan y restringen la planificación a la parte del dominio inmediata al estado actual del agente.

Aunque ambas técnicas se adaptan a los requerimientos de los juegos en tiempo real, la idea de dividir la planificación en etapas de duración limitada parece ser la más difundida. Esto se debe a que los algoritmos de tiempo real se basan en las estrategias de búsqueda de profundidad limitada utilizadas en los problemas de juegos de dos jugadores como el ajedrez, las damas y el Othello.

#### Fundamentos de la búsqueda en tiempo real

La búsqueda es una técnica para resolver problemas cuya solución consiste en una serie de pasos que frecuentemente deben determinarse mediante la prueba sistemática de las alternativas. Desde los inicios de la Inteligencia Artificial, la búsqueda se ha aplicado en diversas clases de problemas como juegos de dos jugadores, problemas de satisfacción de restricciones y problemas de pathfinding de un único agente.

En la figura 1, se presenta una clasificación de los algoritmos de búsqueda, haciendo hincapié en su modo de operación, y se incluyen los algoritmos más representativos de cada clase.



*Figura 1: Clasificación de los algoritmos de búsqueda.*

Los algoritmos de búsqueda completa 2 tradicionales se caracterizan por su modo de operación off- line, que determina que debe encontrarse la solución entera en una única etapa de planificación, antes de comenzar la ejecución de los pasos o acciones que la componen (figura 2 ). Es posible utilizar este esquema de búsqueda si se cuenta con la información suficiente sobre el problema y el tamaño del espacio de búsqueda permite el cálculo de la solución con los recursos computacionales disponibles.



*Figura 2: Modo de operación off- line.*

Hacia fines de los 80' se comenzó a utilizar conceptos de la búsqueda aplicada a juegos de dos jugadores en el desarrollo de estrategias para resolver problemas de pathfinding de un único agente. La idea fundamental que se tomó fue la de intercalar etapas de planificación (donde se realizan búsquedas de profundidad limitada) con etapas de

ejecución (figura 3). Este modo de operación se denomina on- line y da lugar los algoritmos de búsqueda de tiempo real 3. Estos algoritmos de búsqueda general son capaces de responder a los requerimientos de las aplicaciones de tiempo real sobre espacios de búsqueda grandes y en condiciones de incertidumbre. Algunos algoritmos desarrollados con estas características son el Real- Time A\*, el Learning Real- Time A\* y el Min- Max Learning Real- Time A\*.



*Figura 3: Modo de operación on- line.*

## 1.10 Métodos inteligentes

### 1. Machine learning o aprendizaje automático

El Machine Learning es la rama de la ciencia que busca el desarrollo de técnicas de inteligencia artificial que permitan a los ordenadores aprender por sí mismos. Para ello se crean programas que pueden generalizar ciertas respuestas a partir de información sin estructurar, que se suministra como ejemplos. Con ello, se induce al conocimiento por parte del ordenador.

### 2. Fuzzy logic o lógica difusa

Conocida como lógica heurística. Esta técnica incide en lo relativo de un escenario observado como posición diferencial. Es un tipo de lógica que toma dos valores al azar, contextualizados y relacionados entre sí. Por ejemplo, considerar una persona de 2 metros como alta al haber tomado antes el valor de una persona de un metro como baja.

### 3. Vida artificial

Consiste en el estudio de la vida y de los entornos artificiales que muestran cualidades propias de los seres vivos en entornos de simulación. Una de las técnicas de inteligencia artificial con más proyección de futuro en el ámbito de la investigación.

#### **4. Sistemas expertos**

Hace referencia a un sistema de información que se basa en el conocimiento de un área de aplicación de gran complejidad y muy específica. Sirve como asistente consultor y experto para los usuarios de su interfaz.

***Se recurre a la IA cuando se considera útil incorporar a un sistema de ordenadores un conocimiento o comportamiento ante los eventos que serían más propios de un ser humano***

Son entornos que proporcionan respuestas sobre problemáticas muy específicas, pudiendo realizar inferencias muy parecidas a las de un ser humano acerca de los conocimientos concretos consultados.

#### **5. Data Mining o minería de datos**

Esta técnica consiste en la extracción discriminada de información que se encuentra implícita en los datos manejados. Dicha información, desconocida previamente, se destina a ser utilizada en algún otro proceso. La minería de datos sondea, prepara y explora los datos para poder extraer alguna información que se oculte en ellos.

#### **6. Redes Bayesianas**

También conocidas como redes de creencia, estas redes son un modelo probabilístico multivariado, que relaciona un conjunto de variables de tipo aleatorio usando un grafo dirigido para indicar una influencia casual de manera explícita.

Con un motor de actualización de las probabilidades llamado el Teorema de Bayes, estas redes se convierten en una herramienta muy útil a la hora de calcular probabilidades en casos de nuevas evidencias. Es uno de los tipos de red que se denominan de tipo casual.

## **7. Ingeniería del conocimiento**

Consiste en generar un nuevo conocimiento que no existía previamente. Se hace a partir de la información que se contiene en bases de datos de documentos y mediante el cruce de contenido de los archivos.

Es una técnica que se basa en la teoría de «actor-red», poniendo de manifiesto redes y creando nuevas. También implica el ejercicio de la teoría de la «traducción-traslación», acercando y poniendo en relación los actores, con el objetivo de producir una traducción en la que llevar los enunciados o modalidades hacia nuevos estadios evolutivos.

## **8. Redes neuronales artificiales**

Estas redes son un paradigma del aprendizaje y los procesamientos automáticos, inspirado todo ello en el modo en que funciona el sistema nervioso de los animales. Consiste en un sistema de interconexión de neuronas en una red que colaboran entre ellas para crear una respuesta de salida.

## **9. Sistemas reactivos**

Estos son sistemas de aplicación crítica, y un fallo o error puede acarrear consecuencias graves. Al punto de poner en riesgo las vidas humanas o el resultado de importantes inversiones económicas.

Su comportamiento en estos entornos, de tiempo real, se determina tanto por la sucesión de acciones que se ejecutan como por el momento en que cada una de ellas se sucede y son procesadas.

## **10. Sistemas basados en reglas**

Consisten en modelos de representación del conocimiento que se usan de manera amplia. Son apropiados para escenarios en los que el conocimiento que se necesita representar surge de manera natural en una estructura de reglas.

### **11. Razonamiento basado en casos**

Es un proceso para solucionar cuestiones basándose en soluciones de problemáticas anteriores. El razonamiento que se basa en casos se sirve de analogías para los nuevos razonamientos.

Se considera que no solo es una poderosa herramienta de cálculo para ordenadores. Sino que los seres humanos usan el mismo principio para la solución de problemas cotidianos.

### **12. Técnicas de Representación de Conocimiento**

Es un sistema que sirve para analizar el modo de pensar de manera formal. Se usa un entorno de símbolos para la representación de un dominio de discurso, junto a las funciones que puedan inferir sobre los objetos procesados.

### **13. Redes semánticas**

Son maneras de representación del conocimiento lingüístico para las que los conceptos y las interrelaciones entre ellos se representan mediante grafos. Son utilizadas para la representación de mapas conceptuales y mentales, entre otras funciones.

### **14. Lingüística computacional**

Es un campo multidisciplinar de la lingüística aplicada en la informática. Se sirve de los sistemas informáticos para el estudio y el tratamiento del lenguaje. Para ello, se intenta modelar de manera lógica el lenguaje natural desde un punto de vista programable.

## 15. Procesamiento del lenguaje natural

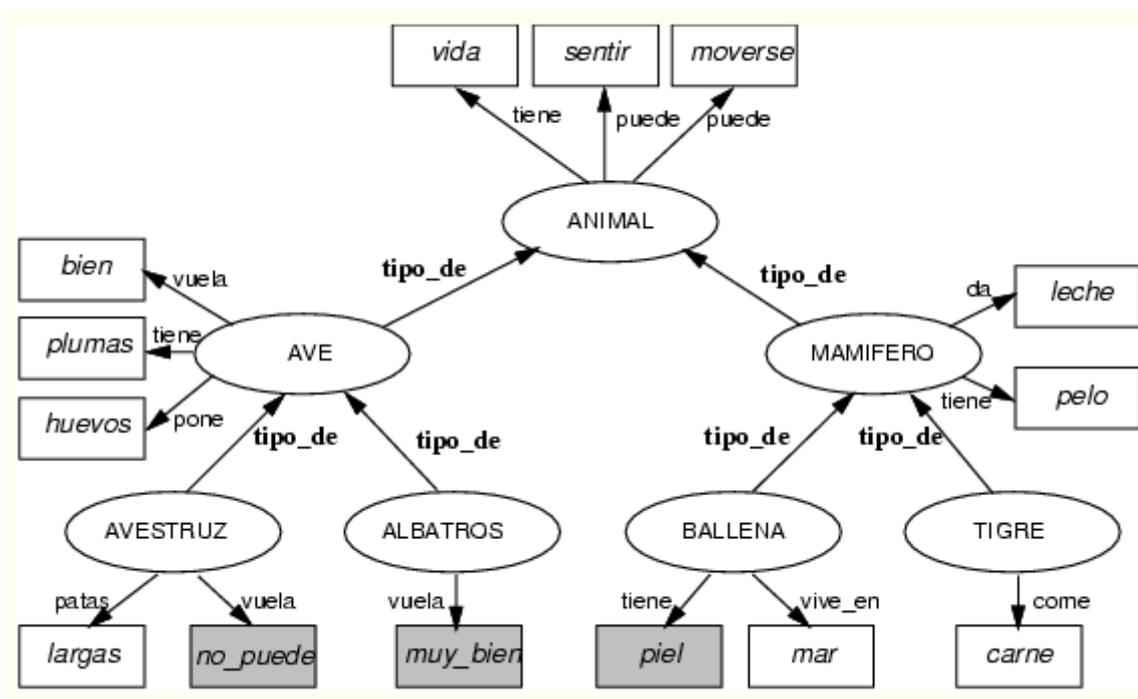
Es una disciplina de la rama de la ingeniería para la lingüística computacional. Se utiliza para la formulación e investigación de mecanismos de eficacia informática para servicios de comunicación entre las personas o entre ellas y las máquinas usando lenguajes naturales.

### 1.1.1 Redes semánticas, frames y scripts.

El lenguaje de las redes semánticas tiene como alfabeto nodos etiquetados y arcos dirigidos etiquetados. La sintaxis y la semántica, si no entramos en su formalización, es sencilla de describir y comprender:

Los nodos son de dos tipos: unos representan objetos, o clases de objetos, y otros representan valores de propiedades (también llamadas «atributos») de esos objetos o clases. Entre estos últimos hay dos subtipos: los normales y los que corresponden a un valor excepcional de la propiedad. Y los arcos también son de dos tipos: unos representan relaciones binarias entre objetos y clases (entre ellas, las que permiten la herencia de propiedades: *es\_un* y *tipo\_de*) y otros representan relaciones también binarias entre objetos o clases y valores de propiedades.

Este lenguaje tiene permite representaciones estructuradas, además del conocimiento taxonómico, del conocimiento *factual* y de ciertos tipos de conocimiento *normativo* y se pueden expresar de manera muy fácil las excepciones en los valores de propiedades heredadas. Por ejemplo, la interpretación pretendida de la red mostrada en la Figura 2.4 es bastante obvia. En este caso sólo hay definida una relación entre clases (*tipo\_de*) y varias relaciones entre clases y valores de propiedades. Los nodos correspondientes a valores excepcionales se han señalado con sombreado. Si añadiésemos individuos concretos (objetos) se relacionarían con sus clases con enlaces *es\_un*: una ballena determinada que viviese en el zoo tendría su nombre propio y un valor excepcional para la propiedad «vive\_en» .

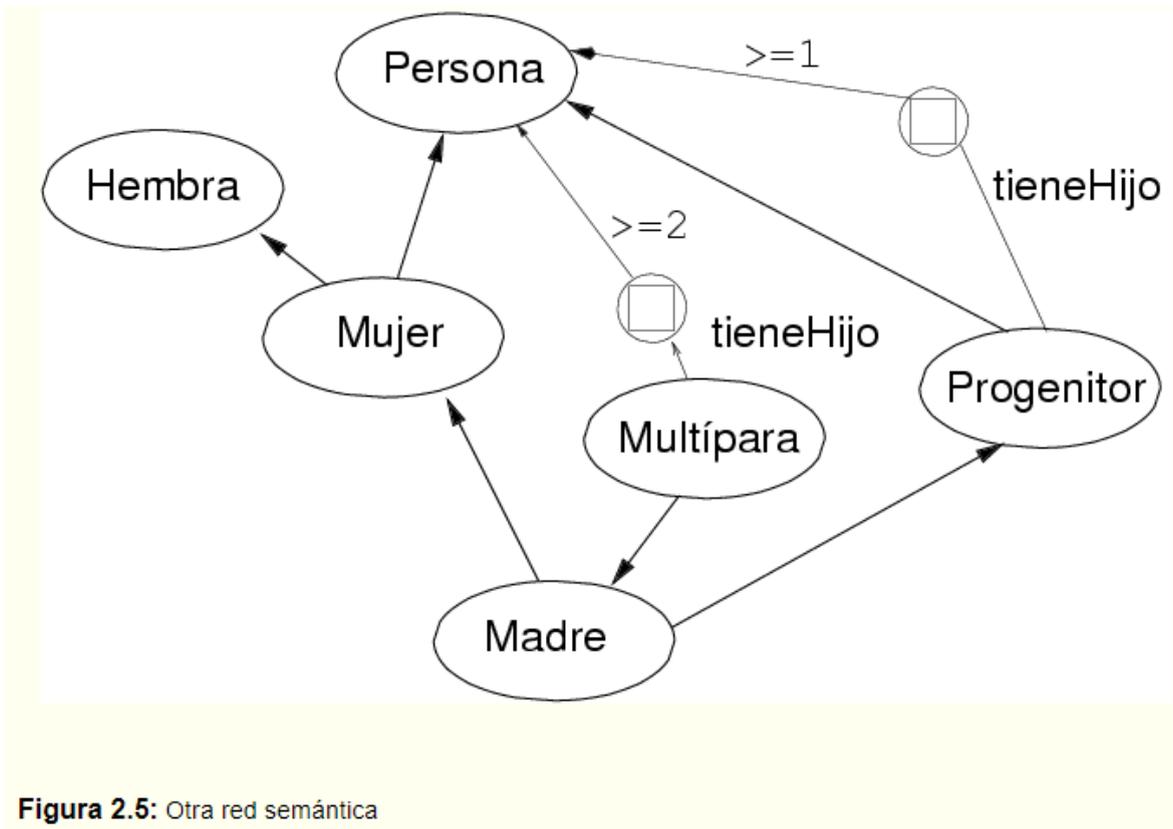


## Una red semántica

También es fácil representar otras relaciones binarias entre dos objetos, entre un objeto y una clase, o entre dos clases. Así, en una representación de relaciones familiares podríamos definir relaciones como «hermano\_de», «primo\_de», etc.

Una clase o un objeto tiene las propiedades indicadas con los valores que figuran en los nodos de atributos, y *hereda* las propiedades y los valores de las clases con las que está relacionada por *tipo\_de* o *es\_un* (aunque en el ejemplo no ocurre, puede haber herencia múltiple: existencia de varios enlaces *es\_un* o *tipo\_de* hacia otras tantas clases). Esta regla de herencia (conocimiento taxonómico), independiente del dominio, está incluida en la semántica del lenguaje, asociada a todas las relaciones *tipo\_de* y *es\_un*.

A partir de esta base se han utilizado numerosas extensiones para enriquecer las posibilidades de representación. Por citar un ejemplo, las *restricciones de valor* que se pueden introducir en las relaciones binarias. La Figura 2.5 muestra cómo pueden definirse algunos conceptos sobre relaciones familiares. Por ejemplo, «progenitor» (entendiendo por tal «padre o madre») es una persona que tiene al menos un hijo que es persona, y «múltipara» como una madre que tiene al menos dos hijos.



**Figura 2.5:** Otra red semántica

### Marcos

Los **marcos** (*frames*), también conocidos como «estructuras» o «unidades», introducidos por Minsky (1974), son una forma de expresar las redes semánticas textualmente, pero además pueden incluir representaciones de conocimiento procedimental. En efecto, cada nodo correspondiente a un objeto o a una clase se convierte en un marco, que consta de una primera línea con el nombre del marco y una sucesión de líneas, llamadas «ranuras» (*slots*) con la sintaxis:

```

<ranura> ::= <nombre de relación>: <objeto relacionado> |
            <nombre de relación>: <clase relacionada> |
            <nombre de propiedad>: <valor de la propiedad> |
            <nombre de propiedad>: (except) <valor de la propiedad> |
            <nombre de propiedad>: if_needed <procedimiento> |
            <nombre de propiedad>: if_added <procedimiento>
<nombre de relación> ::= es_un |
                        tipo_de |
                        <relación específica de la aplicación>
  
```

## 1.12 Inteligencia distribuida.

la inteligencia distribuida como **el conocimiento que los seres humanos somos capaces de desarrollar** y podemos utilizar gracias a los “artefactos” (software, robots , algoritmos...) que nosotros mismos hemos creado. Es decir, la amplificación de nuestras capacidades cognitivas a través de las máquinas, especialmente de las llamadas tecnologías intelectuales.

¿Y qué es esto de las tecnologías intelectuales? En su obra “Superficiales, ¿Qué está haciendo Internet en nuestras mentes?”, Nicholas George Carr nos dice que “**toda tecnología es expresión de la voluntad humana** y puede ser dividida en una de las siguientes categorías según su forma de complementar o ampliar nuestras capacidades innatas”:

- Las que **aumentan nuestra fuerza y resistencia física, nuestras destrezas** o nuestra capacidad de recuperación. Ejemplos: el arado, la aguja de zurcir o el avión de combate.
- Las que **aumentan el alcance o la sensibilidad de nuestros sentidos**. Ejemplos: el microscopio, el amplificador o el contador Geiger.
- Las que **nos permiten rediseñar la naturaleza** para que sirva mejor a nuestras necesidades o deseos. Ejemplos: el embalse hidráulico, la píldora anticonceptiva, los cultivos transgénicos, etc.
- Las que **utilizamos para ampliar o apoyar nuestra capacidad mental**: para encontrar y clasificar la información, para formular y articular ideas, para compartir métodos y conocimientos, para tomar medidas y realizar cálculos para ampliar la capacidad de nuestra memoria. Estas son las llamadas tecnologías intelectuales y van desde un ábaco o un mapa hasta los más complejos algoritmos de la inteligencia artificial.

## UNIDAD II PRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

### 2.1 Principios y Metodología de la Inteligencia Artificial

Los principios de la OCDE para la Inteligencia Artificial se basan en las recomendaciones desarrolladas por un grupo de trabajo integrado por 50 miembros expertos en IA, entre los que hay representantes de gobiernos y líderes de las comunidades empresariales, así como de la sociedad civil, académica y científica. Estas recomendaciones fueron adoptadas el 22 de mayo de 2019 por los países miembros de la OCDE.

Dichas recomendaciones identifican cinco principios complementarios basados en valores para la administración responsable de la Inteligencia Artificial:

1. La IA debe beneficiar a las personas y al planeta impulsando el crecimiento inclusivo, el desarrollo sostenible y el bienestar.
2. Los sistemas de IA deben diseñarse respetando el estado de derecho, los derechos humanos, los valores democráticos y la diversidad, y deben incluir los mecanismos apropiados - como, por ejemplo, permitir la intervención humana cuando sea necesario- para garantizar una sociedad justa y equitativa.
3. Debe existir una transparencia y divulgación responsable en torno a los sistemas de IA, para garantizar que las personas entiendan sus resultados y puedan desafiarlos.
4. Los sistemas de IA deben funcionar de manera sólida y segura a lo largo de su ciclo de vida y los riesgos potenciales deben evaluarse y gestionarse continuamente.
5. Las organizaciones e individuos que desarrollan, despliegan u operan sistemas de IA deben ser responsables de su correcto funcionamiento, en base a los principios anteriormente descritos.

Tomando como referencia estos principios, la OCDE también proporciona cinco recomendaciones a los gobiernos:

1. Facilitar la inversión pública y privada en investigación y desarrollo, con el objetivo de estimular la innovación en Inteligencia Artificial de manera segura y fiable.
2. Fomentar los ecosistemas de IA accesibles con infraestructura y tecnologías digitales, y mecanismos para compartir datos y conocimientos.
3. Asegurar un marco de políticas que abra el camino para el despliegue de sistemas de IA fiable.
4. Capacitar a las personas con habilidades necesarias para la IA y apoyar a los trabajadores para una transición justa.
5. Cooperar a través de las fronteras y los sectores para avanzar en la administración responsable de IA fiable.

En este fragmento se describe en forma muy sintetizada las técnicas de IA más populares en la actualidad debido a su éxito indiscutible en los pasados 50 años. No se pretende dar una explicación exhaustiva de cada técnica ya que ese no es el propósito de este documento, sino más bien, dar una pequeña descripción que explique brevemente en qué consiste cada técnica.

1. **Sistemas Expertos.** - Los Sistemas Expertos (SE), son programas para computadoras contruidos con la asistencia humana, los cuales son capaces de resolver problemas en un área de conocimiento determinada de la misma forma que lo hubiera hecho la persona que modelo el conocimiento para elaborar el programa (generalmente un especialista). Los SE utilizan un razonamiento simbólico, y en la mayoría de casos se valen de reglas de producción para modelar el conocimiento. Estos sistemas aparecieron aproximadamente a finales de los años 50 y se popularizaron en los años 60s y 70s. Actualmente se siguen utilizando como consultores de problemas complejos para reducir el índice de error de los expertos humanos.

2. **Razonamiento Basado En Casos.** - El Razonamiento Basado en Casos (RBC), también denominados Sistemas Expertos de segunda generación, son métodos de razonamiento analógico que suministran dos cosas: una metodología para resolver los problemas y un

modelo cognitivo. RBC significa razonamiento a partir de la experiencia o “historias pasadas de éxito”. Los expertos humanos razonan a partir de todos los casos almacenados en su memoria durante su larga experiencia profesional. Esto es especialmente cierto en dominios de conocimiento como el Derecho y la Medicina, campos en los que se han creado grandes bases de datos con casos representativos, para luego extraer diagnósticos o construir argumentos legales. La gente en general es buena recordando experiencias pasadas y muchos expertos no sólo recuerdan sus experiencias, sino que les encanta presumir los casos complejos que han resuelto a través de su vida. El RBC es una de las metodologías más recientes descubiertas por la IA y está teniendo gran éxito actualmente.

Redes Neuronales Artificiales. - Las Redes Neuronales Artificiales (RNA), no son más que colecciones de elementos de procesamiento simples modelados como neuronas, los cuales están basados en el funcionamiento químico-biológico de las neuronas del cerebro humano. Existen una gran cantidad de topologías e implementaciones de RNA, la mayoría de estas utilizan estilizados modelos que mezclan las acciones biológicas del cerebro con métodos estadísticos y matemáticos avanzados los cuales permiten descifrar un patrón específico en base a un entrenamiento previo y se representan a través de un modelo matemático-informático. Las RNA utilizan un aprendizaje inductivo, es decir que se entrenan y aprenden a través de ejemplos. Existen innumerables publicaciones de éxito de RNA a través de la historia y actualmente es una de metodologías más potentes y utilizadas dentro del aprendizaje automático.

Computación Evolutiva. - Tanto los Algoritmos Genéticos (AG) como la Programación Genética<sup>2</sup> (PG) forman parte de la denominada Computación Evolutiva; estas metodologías han generado un gran aporte al estudio de la IA y han tenido mucho auge en las últimas dos décadas. La Computación Evolutiva está basada en la evolución natural biológica propuesta por Charles Darwing, y esta teoría puede adaptarse a la resolución de múltiples problemas, especialmente a problemas de optimización. Estas técnicas son propicias para resolver situaciones en donde el dominio de la solución del problema puede resultar demasiado grande. Estos algoritmos buscan generar un conjunto de soluciones basadas en un nivel de aptitud (“fitness<sup>3</sup>”), la eficacia del algoritmo será

plenamente dependiente de los criterios que se consideren para la determinación de la aptitud a adaptarse, así como de su representación.

## 2.2 Paradigmas de la Inteligencia Artificial.

A partir de la crisis del paradigma simbolista surge un nuevo paradigma dentro de la inteligencia artificial: el paradigma conexionista que asume que la inteligencia es producto de la asociación, combinación o conexión de entidades independientes más simples (agentes, genes o neuronas), las cuales pueden tener alguna inteligencia o ninguna y producto de su interacción, el sistema presentaría un comportamiento inteligente. La IA no se quedó en el paradigma conexionista o emergente, al cual le han seguido el paradigma enactivo o corpóreo y el paradigma basado en datos o máquinas superinteligentes.

De momento, podemos mencionar los siguientes paradigmas

- Paradigma simbólico (lógico/semántico)
- Paradigma conexionista o emergente
- Paradigma corpóreo o enactivo
- Paradigma basado en datos o máquinas superinteligentes

A su vez, los paradigmas han dado lugar a nuevos modelos y nuevas técnicas de investigación (Las máquinas superando a los humanos) entre las técnicas más importantes tenemos:

- Redes neuronales: Las investigaciones comienzan a concentrarse en el cerebro y sus conexiones en lugar de los algoritmos de la mente.
- Agentes inteligentes: Se concentran en la inteligencia distribuida en diferentes agentes (con conocimientos parciales) que al integrarse logran resolver problemas complejos en lugar de grandes bases de conocimientos cerradas.
- Máquinas superinteligentes: Se cifra la esperanza en el hardware, máquinas cada vez más potentes (ley de Moore), que con el tiempo llegaran a superar la potencia del cerebro, en lugar de aspirar a descifrar la mente por medio del software.

- Algoritmos genéticos: Se aceptan los avances de otras ciencias tales como la biología, en lugar de en lugar de atrincherarse en modelos exclusivamente informáticos.
- Robots reactivos, se desarrollan pequeños robots capaces de interactuar con en el medio y que vayan aprendiendo de los obstáculos, en lugar de los sistemas basados en el conocimiento, que están desligado de la realidad y hay que alimentarlos de forma manual, de ahí que recibieran el mote de sistemas autistas.
- Las ciencias cognitivas y los paradigmas de la Inteligencia Artificial (IA)
- Simbolista (lógica y semántica)
- Conexionista o emergente (redes neuronales y sistemas multiagentes)
- Evolutiva (algoritmos genéticos)

El pensamiento de las ciencias cognitivas se basa en la idea de construir la IA partiendo de la representación en la computadora de la realidad y, para muchos, esa representación basada en símbolos es equivalente a los estados mentales, ya que tanto la máquina como el cerebro manipulan símbolos (ambos son sistemas que procesan información). Actualmente se está hablando de dos nuevos paradigmas: el enactivo o corpóreo y el basado en datos.

## **Paradigmas de la IA**

Los paradigmas de la IA sirven tanto para la IA general como para la IA específica y para la futura super IA. Su aplicación ha sido fundamentalmente en la IA específica, pero se puede aplicar a la IA general y a la hipotética super IA.

Modelos y paradigmas dominantes en la IA

### **1.-PARADIGMA SIMBÓLICO**

Modelo simbólico – Reglas de producción

### **2.-Paradigma conexionista**

Modelo conexionista o neuronal – Redes neuronales

Modelo colectivo – Sistemas multiagentes

Modelo evolutivo – Algoritmo genético

3.-Paradigma enactivo

Modelo corpóreo – Robótica del desarrollo (robótica reactiva)

4.-Paradigma máquinas inteligentes

Modelo basado en datos – Aprendizaje profundo

Los modelos de tipo conexionista (conexionista, evolutivo, colectivo). Se basan en unidades interconectadas.

Las unidades interconectadas pueden ser

- Neuronas
- Genes
- Agentes inteligentes

No se puede olvidar que, hasta la fecha, los modelos de la IA deben poder reproducirse en las computadoras, las cuales son cada vez más potentes, lo cual permite nuevas formas de programación teniendo en cuenta las actuales prestaciones de las máquinas que permiten un aumento cada vez mayor de almacenamiento, procesamiento de la información y conexión.

Todos los modelos son las técnicas que se aplican para desarrollar una IA (de momento específica) que puede alcanzar, en algún momento, una IA avanzada (general). Los modelos tienen su aplicación fundamental dentro del enfoque socioeconómico como IAs específicas que buscan dar solución a los diferentes dominios, aunque su pretensión inicial haya sido la construcción de una IA de carácter general. Sin embargo, sus logros han estado en las aplicaciones a dominios restringidos, Ya existen IA específicas que superan a los humanos en una tarea (ej: ajedrez, GO, etc)

Para mejor comprensión de los modelos veamos la definición dada por López Mantaras para los principales modelos en IA: simbólico, conexionista, evolutivo y corpóreo. Aquí se agregan otros dos modelos: colectivo y basado en datos.

## **Paradigma simbólico**

### MODELO SIMBÓLICO

Es un modelo descendente, que se basa en el razonamiento lógico y la búsqueda heurística como pilares para la resolución de problemas, sin que el sistema inteligente necesite formar parte de un cuerpo (no encarnado) ni está situado en el entorno real. La IA simbólica opera con representación abstracta del mundo real

## **Paradigma conexionista.**

Se mantiene dentro del cognitivismo clásico, de la hipótesis simbolista y la metáfora del computador

### MODELO CONEXIONISTA (NEURONAL)

Los sistemas conexionistas no son incompatibles con la hipótesis simbolista (SSF) pero al contrario del simbólico, se trata de un modelo ascendente, ya que se basa en la hipótesis de que la inteligencia emerge a partir de la actividad distribuida de un gran número de unidades interconectadas que procesan información paralelamente. En la IA conexionista estas unidades son modelos muy aproximados de la actividad eléctrica de las neuronas biológicas.

### MODELO COLECTIVO

El modelo colectivo son sistemas multiagentes y es compatible con la hipótesis simbolista y se puede decir que es no corpórea aunque si tiene en cuenta al entorno, también se trata de un modelo ascendente ya que la inteligencia emerge de una gran número de unidades interconectadas en este caso son los llamados agentes inteligentes, que tienen

como característica la de ser una entidad más o menos autónoma, con conocimientos propios y de su entorno así como la posibilidad de interactuar con dicho entorno y con otros agentes.

## MODELO EVOLUTIVO

También es compatible con la hipótesis simbolista (SSF) y no corpórea. Se trata de imitar la evolución con el fin de que los programas de computadoras mediante un proceso evolutivo mejorasen automáticamente las soluciones a los problemas para los que fueron programados.

### **Paradigma enactivo**

Rompe con la hipótesis simbolista, ya que no es la representación del mundo objetivo y su conversión en símbolos para ser procesados por una computadora sino, la actuación de la máquina en el entorno. Varela incluye el paradigma enactivo en las ciencias cognitivas pero dado que el enactivismo está más cerca de un pensamiento sistémico-cibernético y su complejidad, perfectamente encaja en las ciencias de la complejidad.

## MODELO CORPÓREO

Se basa en que un agente inteligente necesita un cuerpo para tener experiencias directas con su entorno, en lugar de que un programador proporcione descripciones abstractas de dicho entorno, codificado mediante un lenguaje de representación del conocimiento. Sin un cuerpo esta representación abstracta no tiene contenido semántico. El método corpóreo ha dado lugar a la llamada robótica del desarrollo.

### **Paradigma basado en datos o máquinas superinteligentes**

Se acepta que la forma de pensar de los humanos es totalmente diferente a la de las máquinas (IA débil) y que el método es crear programas capaces de desarrollar actividades llamadas inteligentes sin imitar al pensamiento humano (no sigue la medida humana). Por supuesto, esto nos lleva a máquinas carentes de sentimientos (al menos como los humanos), tan inteligentes como los humanos o quizás más, pero dentro de su propio contexto digital.

### **Modelo basado en datos**

El progreso tecnológico y el almacenamiento de grandes bases de datos ha posibilitado, que el procesamiento orientado a los datos del mundo real sea factible, dado el surgimiento de hardware cada vez más potente, barato y confiable, además la capacidad de internet para recopilar grandes cantidades de datos y la disponibilidad de almacenamiento para procesar esos datos. La IA basada en datos (IA BD) son, en general, algoritmos de fuerza bruta que se programan utilizando la velocidad de procesamiento de la máquina, estamos ante programas capaces de desarrollar actividades llamadas inteligentes sin imitar al pensamiento humano.

### **Tendencias en las investigaciones de la IA**

El aprendizaje automático a gran escala se refiere al diseño de algoritmos de aprendizaje, así como escalar algoritmos existentes, para trabajar con conjuntos de datos extremadamente grandes.

El aprendizaje profundo, una clase de procedimientos de aprendizaje, ha facilitado el reconocimiento de objetos en imágenes, etiquetado de video y reconocimiento de actividades, y está haciendo avances significativos en otras áreas de percepción, como el procesamiento de audio, habla y lenguaje natural.

El aprendizaje por refuerzo es un marco que cambia el enfoque de la máquina aprender del reconocimiento de patrones a la toma de decisiones secuenciales impulsada por la

experiencia promete llevar las aplicaciones de IA hacia adelante para tomar medidas en el mundo real. Si bien se ha limitado en gran medida a la academia en las últimas décadas, ahora está viendo algunos éxitos prácticos del mundo real.

La robótica se preocupa por cómo entrenar a un robot para que interactúe con el mundo a su alrededor de manera generalizable y predecible, cómo facilitar la manipulación de objetos en entornos interactivos y cómo interactuar con las personas. Avances en la robótica dependerá de avances proporcionales para mejorar la fiabilidad y la generalidad de la visión por computadora y otras formas de percepción de la máquina.

La visión por computadora es actualmente la forma más prominente de percepción de la máquina. Ha sido la subárea de IA más transformada por el auge del aprendizaje profundo. Por primera vez, las computadoras pueden realizar algunas tareas de visión mejor que las personas. La investigación actual se centra en el subtítulo automático de imágenes y videos.

Procesamiento de lenguaje natural, a menudo junto con reconocimiento automático de voz se está convirtiendo rápidamente en una mercancía para idiomas ampliamente hablados con grandes conjuntos de datos. La investigación ahora está cambiando para desarrollar sistemas refinados y que sean capaces de interactuar con las personas a través del diálogo, no solo reaccionar a las solicitudes estilizadas. Grandes pasos, también se han realizado en traducción automática entre diferentes idiomas, con más intercambios de persona a persona en tiempo real en el horizonte cercano.

Los sistemas colaborativos, investigan modelos y algoritmos para ayudar a desarrollar sistemas autónomos que pueden trabajar en colaboración con otros sistemas y con humanos.

La investigación de crowdsourcing y computación humana investiga métodos para aumentar los sistemas informáticos haciendo llamadas automatizadas a la experiencia humana para resolver problemas que las computadoras solas no pueden resolver bien.

La teoría de juegos algorítmicos y la elección social computacional llaman la atención a las dimensiones de computación económica y social de la IA, como la forma en que los sistemas pueden manejar incentivos potencialmente desalineados, incluidos los

participantes humanos interesados o empresas y los agentes automatizados basados en IA que los representan.

La investigación de Internet de las cosas (IoT) se dedica a la idea de que una amplia gama de dispositivos, incluidos electro domésticos, vehículos, edificios y cámaras, pueden interconectarse para recopilar y compartir su abundante información sensorial para usar con fines inteligentes.

La computación neuromórfica es un conjunto de tecnologías que buscan imitar redes neuronales biológicas para mejorar la eficiencia del hardware y la solidez de sistemas informáticos, a menudo reemplazando el énfasis anterior en módulos separados en entrada /salida, procesamiento de instrucciones y memoria

## **2.3 Mapas conceptuales.**

### **Origen de los mapas conceptuales**

Los mapas conceptuales tienen su origen en los trabajos que Novak y sus colaboradores de la Universidad de Cornell.

Estos autores comparten la idea, de la importancia de la actividad constructiva del alumno en el proceso de aprendizaje, y consideran que los conceptos y las proposiciones que forman los conceptos entre sí son elementos centrales en la estructura del conocimiento y en la construcción del significado.

### **¿Qué son los mapas conceptuales?**

Los mapas conceptuales o mapas de conceptos son un medio para visualizar ideas o conceptos y las relaciones jerárquicas entre los mismos.

#### **Elementos de un Mapa Conceptual**

- Los conceptos: Desde el punto de vista gramatical los conceptos se identifican como nombres, adjetivos y pronombres, los que representan hechos, objetos, ideas, etc.

- Palabras de enlace: Que se utilizan para unir los conceptos y para indicar el tipo de relación que se establece entre ellos.
- Las proposiciones: Dos o más términos conceptuales unidos por palabras para formar una unidad semántica.

### Utilización de los mapas conceptuales

La técnica de elaboración de mapas conceptuales es un medio didáctico poderoso para organizar información, sintetizarla y presentarla gráficamente. También nos permite apreciar el conjunto de la información que contiene un texto y las relaciones entre sus componentes, lo que facilita su comprensión, que es el camino más satisfactorio y efectivo para el aprendizaje.

Otra utilidad es que pueden servir para relatar oralmente o para redactar textos en los que se maneje lógica y ordenadamente cierta información; de ahí que sean considerables como organizadores de contenido de gran valor para diversas actividades académicas y de la vida práctica.

### **Técnica de construcción de los mapas conceptuales**

Es muy sencilla pero compleja a la vez, porque requiere realizar varias operaciones mentales. Se puede utilizar didácticamente para desarrollar ideas y mostrar las relaciones que hay entre ellas.

La técnica consta de los siguientes pasos:

- Leer cuidadosamente el texto y entenderlo claramente. En caso de haber palabras que no se comprendan o no conozcan, habrá que consultarlas y comprobar cómo funcionan en el contexto en que se encuentran.
- Localizar y subrayar las ideas o palabras más importantes (palabras clave) con las que se construirá el mapa; por lo general, son nombres o sustantivos.
- Determinar la jerarquización de dichas ideas o palabras clave.
- Establecer las relaciones entre ellas.

Utilizar correctamente la simbología:

### **Simbología de un Mapa Conceptual**

Ideas o conceptos: Cada una se presenta escribiéndola encerrada en un óvalo o en un rectángulo; es preferible utilizar óvalos.

Conectores: La conexión o relación entre dos ideas se representa por medio de una línea inclinada, vertical u horizontal llamada conector o línea ramal que une ambas ideas.

### **Para conexiones y relaciones**

Flechas: se pueden utilizar en los conectores para mostrar que la relación de significado entre las ideas o conceptos unidos se expresa primordialmente en un solo sentido; también se usan para acentuar la direccionalidad de las relaciones, cuando se considera indispensable.

### **Para indicar la direccionalidad de las relaciones**

Descriptores: son la palabra (s) que describen la conexión; se escriben cerca de los conectores o sobre ellos. Estos descriptores sirven para “etiquetar” las relaciones. Tiene gran importancia elegir la palabra correcta; o sea, la que mejor caracterice la relación de que se trate, de acuerdo con el matiz de significado que debe darse con precisión.

### **Procedimiento general para construir un mapa conceptual**

- Primero: Leer un texto e identificar en él las palabras que expresen las ideas principales o las palabras clave. No se trata de incluir mucha información en el mapa, sino que ésta sea la más relevante o importante que contenga el texto.

- Segundo: Cuando se haya terminado, subrayar las palabras se identificaron; asegurándonos de que, en realidad, se trata de lo más importante y de que nada falte ni sobre.
- Hay que recordar que, por lo general, estas palabras son nombres o sustantivos comunes, términos científicos o técnicos.
- Tercero: Indicar el tema o asunto general y escribirlo en la parte superior del mapa conceptual, encerrado en un óvalo o rectángulo.
- Cuarto: Identificar las ideas que constituyen los subtemas ¿qué dice el texto del tema o asunto principal? Hay que escribirlos en el segundo nivel, también encerrados en óvalos.
- Quinto: Trazar las conexiones correspondientes entre el tema principal y los subtemas.
- Sexto: Seleccionar y escribir el descriptor de cada una de las conexiones que se acaban de trazar.
- Séptimo: En el tercer nivel se deben colocar los aspectos específicos de cada idea o subtema, encerrados en óvalos.
- Octavo: Trazar las conexiones entre los subtemas y sus aspectos.
- Noveno: Escribir los descriptores correspondientes a este tercer nivel.
- Décimo: Considerar si se requieren flechas y, en caso afirmativo, trazar las cabezas de flecha en los conectores correspondientes.

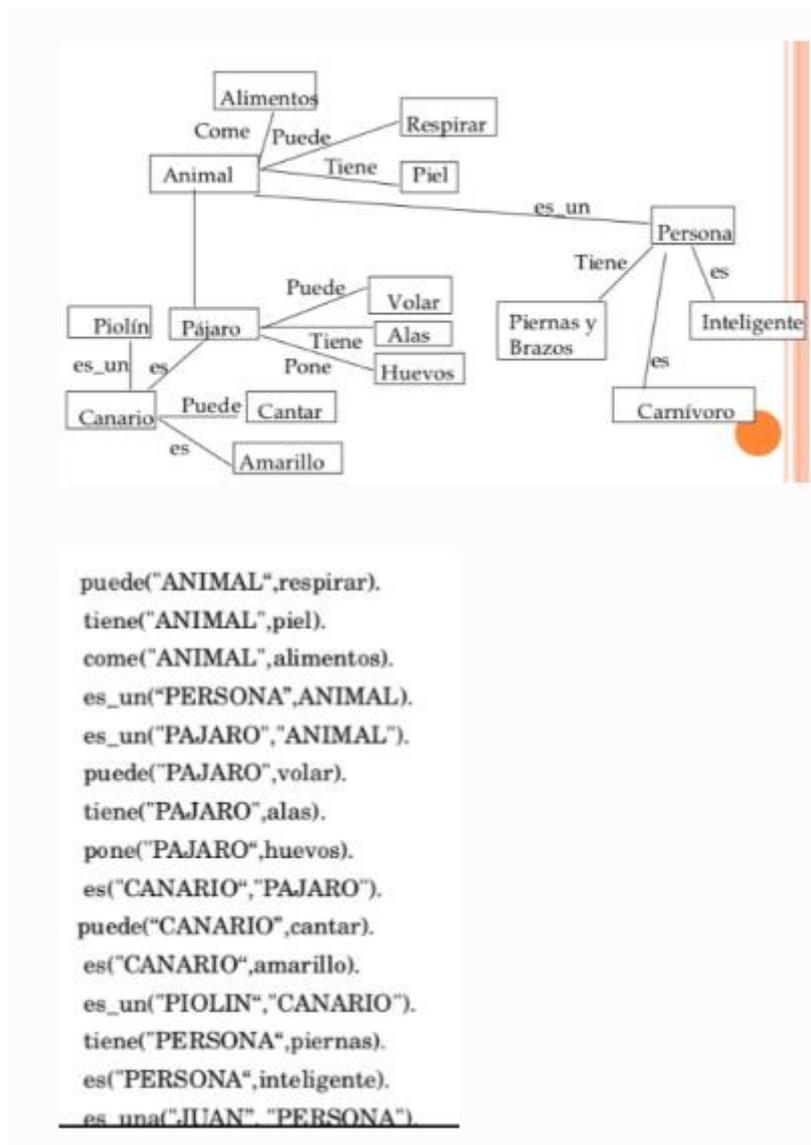
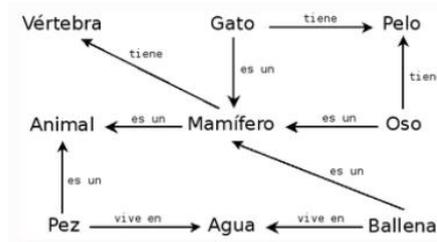
## 2.4 Redes semánticas.

Una red semántica o esquema de representación en Red es una forma de representación de conocimiento lingüístico en la que los conceptos y sus interrelaciones se representan mediante un grafo. En caso de que no existan ciclos, estas redes pueden ser visualizadas como árboles. Las redes semánticas son usadas, entre otras cosas, para representar mapas conceptuales y mentales.

En un grafo o red semántica los elementos semánticos se representan por nodos. Dos elementos semánticos entre los que se admite se da la relación semántica que representa

la red, estarán unidos mediante una línea, flecha o enlace o arista. Cierta tipo de relaciones no simétricas requieren grafos dirigidos que usan flechas en lugar de líneas.

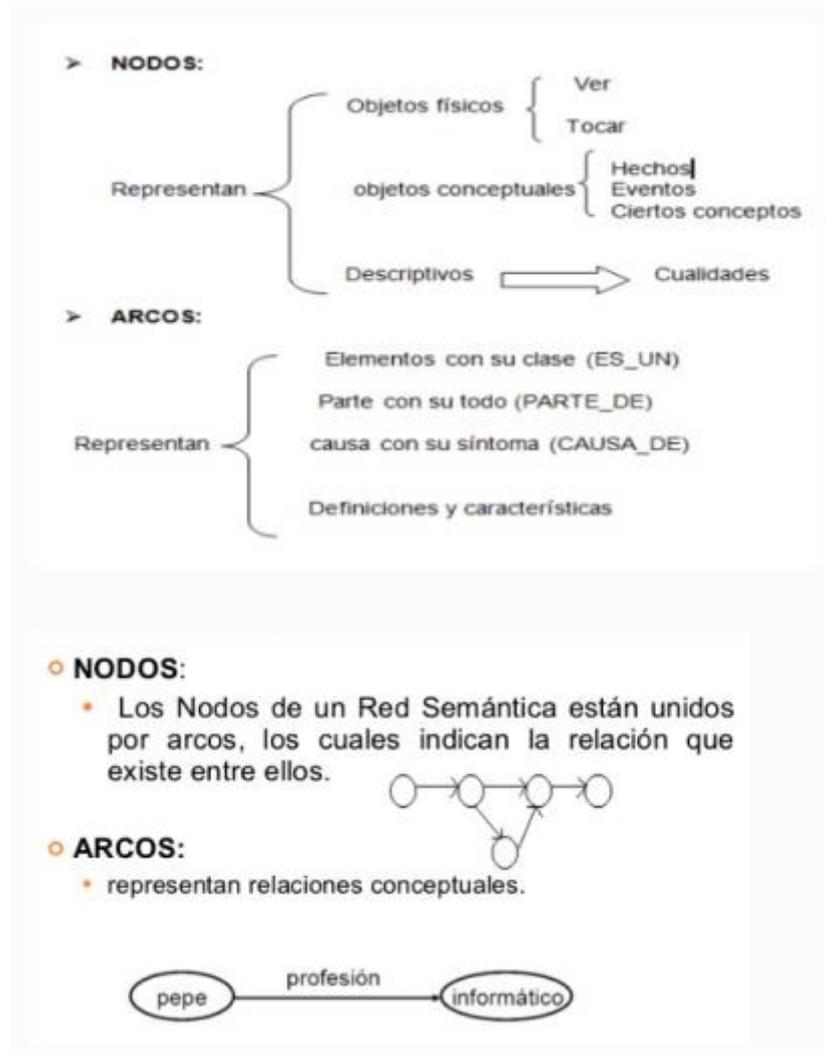
ejemplo de red semántica



## **Objetivo de las redes semánticas**

El objetivo de las redes semánticas es desarrollar una infraestructura para generar datos que las computadoras puedan entender, de tal forma que puedan ser compartidos y procesados no sólo por personas sino también por herramientas automatizadas.

## **Componentes de una red semántica**



## Formas de representar a las redes semánticas

Existen dos formas posibles para representar una red semántica, que se definen a continuación:

- un grafo: este concepto pertenece a las ciencias de la computación (también llamadas ciencias comunicacionales, combinan la computación y la teoría de la información) y las matemáticas, y se trata de un conjunto de elementos denominados nodos o vértices que se conectan a través de enlaces conocidos como arcos o aristas, gracias a los cuales es posible entablar relaciones binarias (se dan entre elementos de dos conjuntos y ofrecen pares ordenados que cumplen una determinada propiedad) entre dichos objetos.

- un árbol: cuando una red semántica no representa un ciclo, entonces es posible utilizar un árbol, que es un grafo en el que cualquier par de vértices debe estar conectado por un solo camino. Este sistema de relación también se conoce como árbol libre y si forma parte de un grupo, entonces se habla de bosque. El grafo presente en el árbol debe cumplir una serie de requisitos, como no tener ciclos y ser conexo (que cualesquiera dos vértices estén unidos por al menos un camino) hasta que se le quite cualquiera de sus aristas.

### **Elementos de la representación de redes semánticas**

- Las instancias se representan por constantes
- Las clases se representan por constantes
- Las relaciones clas–superclase se representan por hechos de la forma es un (<clase>,<super-clase>)
- Las relaciones instancia–clases se representan por hechos de la forma inst(<instancia>,<clase>)
- Cada propiedad se representa por un predicado binario de la forma prop(<instancia o clase>,<propiedad>,<valor>)
- La constante inicio representa la clase inicial de la jerarquía

### **Ventajas y desventajas de las redes semánticas**

- Las ventajas de las redes semánticas son su potencia:
- Las desventajas de las redes semánticas son su poca flexibilidad.

### **2.5 Razonamiento monótono.**

Es el tipo de razonamiento que contrasta con el razonamiento deductivo estándar, este último es el más utilizado en matemáticas, una de las aplicaciones más comunes para este es el juego clásico llamado SODOKU, ya que lleva al razonamiento de manera deductiva,

es decir se utilizan hechos conocidos para llegar a una solución o a una conclusión lógica que es de antemano verdadera.

El razonamiento inductivo es el que generaliza y conjetura las soluciones, se convierten estas en posibles, el cual es basado en la observación y no en la lógica, los seres humanos al momento del razonamiento, utilizamos ambos, el deductivo y el inductivo.

La mayoría de los sistemas lógicos tienen una relación de consecuencia monótona, lo que quiere decir es que el agregar una fórmula a una teoría, nunca se produce una reducción de su conjunto de consecuencias.

Intuitivamente, la monotonidad indica que el agregar nuevos conocimientos no se reduce el conjunto de las cosas conocidas. Por ejemplo: Donde  $A$  es una fórmula cualquiera y  $\tilde{A}$  y  $\ddot{A}$  son conjuntos de fórmulas cualesquiera.

Una lógica monótona no puede manejar varios tipos de razonamiento tales como:

- el razonamiento por defecto, el cual nos dice que los hechos pueden ser conocidos únicamente por la carencia de evidencia de lo contrario,
- el razonamiento abductivo el cual dice que los hechos sólo se deducen en calidad de explicaciones probables,
- el razonamiento acerca del conocimiento, en donde la ignorancia de un hecho debe ser retractada cuando el hecho sea conocido y
- la revisión de creencias en donde el nuevo conocimiento puede contradecir creencias anteriores, obligando a revisarlas.

Estas limitaciones son un inconveniente en gran cantidad de problemas que se presentan en inteligencia artificial, que tienen un carácter no monótono. Un razonamiento se llama monótono cuando a lo largo del proceso el conjunto de «cosas sabidas» es siempre creciente.

Pero en la realidad suele ocurrir que, a medida que avanza el proceso de inferencias, nuevas evidencias o acciones del mismo sistema anulan premisas o conclusiones

anteriores, y para formalizar esto se necesita una lógica no monótona. Un proceso frecuente es el razonamiento por defecto: suponer que algo es verdadero (o falso) mientras no haya evidencia de lo contrario.

El razonamiento monótono es parte de la lógica clásica y abarca los siguientes temas:

Deducción lógica que consiste que a partir de unas premisas, representadas con símbolos y a través de unas reglas obtendremos siempre una conclusión

Los símbolos representan los conectores o conjuntores ( $\neg$ ,  $\&$ ,  $\vee$ ,  $\rightarrow$ ,  $\Leftrightarrow$ ), se encuentran letras enunciativas ( $p$ ,  $r$ ,  $s$ ) y símbolos auxiliares ( $()$ ,  $|$ -).

Ejemplo:

- Si llueve entonces uso paraguas o no salgo de casa,
- Se da el caso de que llueva
- Por lo tanto no salgo de casa.
  - La lógica proposicional se basa en la verdad o la falsedad de las proposiciones y de cómo se transmite la verdad de una proposición (premisas) a otras (conclusión)
- La Proposición son aquellos enunciados afirmativos del cual se sabe que tiene dos valores de verdad mutuamente excluyentes: verdadero o falso.
- Las proposiciones se representan por las letras minúsculas:  $p, q, r, s, t, \dots$ , pero también utiliza la notación :  $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$

Por ejemplo:

§ P1= pasaremos la materia de IA

$\vee$  (P1)= V (Verdadero)

§ P2= hoy es un día soleado....

$\vee$  (P2) = F (Falso)

- Lógica de primer orden o lógica de predicados o cálculo de predicados, es un sistema formal diseñado para estudiar la inferencia de los lenguajes de primer orden. Esta tiene un compromiso donde la realidad implica además, objetos y las relaciones entre ellos.

Por ejemplo:

§ María es madre y Antonio es hijo de María

§ Toda madre ama a sus hijos.

## 2.6 Conocimiento no-monótono y otras lógicas.

El razonamiento no monótono es una forma de razonamiento que contrasta con el razonamiento deductivo estándar. La mayoría de los sistemas lógicos tienen una relación de consecuencia monótona, lo que quiere decir que el agregar una fórmula a una teoría nunca se produce una *reducción* de su conjunto de consecuencias. Intuitivamente, la monotonidad indica que el agregar nuevos conocimientos no se reduce el conjunto de las cosas conocidas.

### **Simbólicamente:**

Donde  $A$  es una fórmula cualquiera y  $\tilde{A}$  y  $\ddot{A}$  son conjuntos de fórmulas cualesquiera.

Una lógica monótona no puede manejar varios tipos de razonamiento tales como el razonamiento por defecto (los hechos pueden ser conocidos únicamente por la carencia de evidencia de lo contrario), el razonamiento abductivo (los hechos sólo se deducen en calidad de explicaciones probables), el razonamiento acerca del conocimiento (la ignorancia de un hecho debe ser retractada cuando el hecho sea conocido), y la revisión de creencias (nuevo conocimiento puede contradecir creencias anteriores, obligando a revisarlas). Estas limitaciones son un inconveniente en gran cantidad de problemas que se presentan en inteligencia artificial, que tienen un carácter no monótono.

Un razonamiento se llama monótono cuando a lo largo del proceso el conjunto de «cosas sabidas» es siempre creciente. Pero en la realidad suele ocurrir que, a medida que avanza el proceso de inferencias, nuevas evidencias o acciones del mismo sistema anulan premisas o conclusiones anteriores, y para formalizar esto se necesita una lógica no monótona. Un proceso frecuente es el razonamiento por defecto: suponer que algo es verdadero (o falso) mientras no haya evidencia de lo contrario. El sistema que razona debe tener en cuenta que la aparición de esa evidencia puede tener un efecto retroactivo sobre las conclusiones obtenidas anteriormente, para lo que debe incluir un sistema de mantenimiento de la verdad.

Dentro de la IA, el estudio del razonamiento no monótono y sus aplicaciones, son sinónimos de estudios y técnicas formales de razonamiento por default, esto quiere decir, que para poder formalizar los procesos de omitir conclusiones que son razonables, al tener ausencia de información o lo contrario, que los hechos conocidos no son estrictamente garantizables como ciertos.

Existen sistemas de razonamiento (Monótono y no Monótono), los cuales son utilizados para inferir conclusiones a partir de una información dada, y son representados por medio de programas lógicos, pero ellos no se servirían, si no existiera algún método que nos permitiera inferir lo que es cierto y lo que es falso, dicho de otra forma, su semántica. Dentro del razonamiento no monótono se encuentra la completitud de Clark.

La inteligencia artificial se interesó desde sus comienzos por desarrollar teorías acerca del comportamiento de agentes que deben extraer conclusiones a partir de información dada. Dicho artefacto debe poseer varias formas de conocimiento y creencias acerca de su mundo, y debe usar esa información ulterior acerca de aquel mundo con el fin de tomar decisiones, planificar y realizar acciones, responder a otros agentes, etc. El problema técnico para la es caracterizar los patrones de razonamientos que requiere semejante artefacto inteligente y realizarlos computacionalmente.

Existen diversos enfoques para analizar estos patrones y entre ellos está el de las lógicas no monótonas, el campo del razonamiento no monótono es la derivación de conclusiones

dignas (pero no infalibles) a partir de una base de conocimiento considerada como un conjunto de fórmulas en una lógica conveniente.

Algunos de los enfoques más importantes son (Brewka, 1991): lógica no monótona modal, lógica autoepistémica, lógicas de condicionales revocables, sistemas basados en reglas. A estos enfoques deben agregarse otras teorías emparentadas con el razonamiento revocable como la argumentación rebatible y la teoría de cambio de creencias.

## 2.7 Razonamiento probabilístico

La teoría de la probabilidad es la rama de las matemáticas que estudia fenómenos aleatorios, es decir aquellos cuyo resultado es, a priori, impredecible. También se ocupa de los llamados procesos estocásticos, es decir, aquellos sobre los que existe una secuencia cambiante de eventos que, en principio, no son deterministas. El lanzamiento de una moneda es un ejemplo del primero y movimiento de un grano de polen en el agua del segundo. Explicar la realidad desde este enfoque supone un esfuerzo pues nuestra intuición y “sentido común” nos dicta siempre que los fenómenos responden a un propósito, que todo lo que sucede es finalista. Así es el Dios que hemos construido para dar sentido a nuestra existencia. Sin embargo, las matemáticas nos enseñan que casi todo lo que existe y evoluciona a nuestro alrededor, aun respondiendo a las leyes de la materia, es accidental y contingente. Abrazar esta certeza es entrar en el terreno hostil de lo impredecible, lo que no podemos controlar. Es una lección de humildad para la arrogancia de los humanos. Fenómenos impredecibles de alto impacto, los “cisnes negros” de Nassim Taleb, se han convertido en el Macguffin de las conversaciones de los analistas. Para abordar dicha complejidad se necesita una mayor flexibilidad que los enfoques de “Aprendizaje Profundo” diseñados para problemas específicos. Pero la flexibilidad en matemáticas tiene siempre el coste de la complejidad computacional (a través de modelos multiparamétricos). Veamos cómo afrontar el reto desde el enfoque probabilístico. Lo que subyace, pues, en dicha teoría, es la aspiración de gestionar y comprender algo tan difícil de delimitar como la incertidumbre. El analista de inteligencia se enfrenta en su quehacer diario a un esfuerzo cognitivo que traducir en decisiones

racionales la inaprensible naturaleza de la incertidumbre. Sin embargo, en este combate mental, que solamente puede apoyarse en la información disponible a partir de fuentes muy diversas, el analista se encuentra en desventaja cuando dicha información es compleja, ambigua o escasa. Es en dichas situaciones donde “la máquina” puede servir de extensión o complemento de la capacidad cognitiva del analista.

El enfoque probabilístico ocupa un lugar importante en los últimos desarrollos en inteligencia artificial, robótica o aprendizaje automático. Aunque en muchos de estos avances la incertidumbre juega un papel primordial hay otros enfoques en los que su representación no es primordial. Algunas aplicaciones, por ejemplo, de reconocimiento de patrones tales como clasificación de imágenes o reconocimiento de voz utilizan redes neuronales que no aplican la teoría de la probabilidad en la determinación de sus parámetros. Sin embargo, dichos problemas están caracterizados por la disponibilidad de grandes cantidades de datos. Algunos problemas, en cambio, a los que se enfrentan los analistas de inteligencia están caracterizados por la escasez de datos o por el hecho de que la decisión a tomar está afectada por un alto grado de incertidumbre. Pensemos, por ejemplo, en la localización de un objetivo relacionado con una célula terrorista del que sólo se conocen algunos datos biográficos y del que no se tienen ninguna huella digital o física. O imaginemos el análisis de una operación de inversión en un sector estratégico español del que sólo se conocen ciertos datos de intermediación legal y financiera, sin conocer el origen de la inversión ni el actor principal detrás de ella.

Las decisiones que los humanos consideramos racionales están basadas en inferencias consistentes con nuestra experiencia o con un conocimiento adquirido. Así, por ejemplo, es racional pensar que si acerco mi mano al fuego experimentaré calor. Y lo es pensar que el agua siempre fluye hacia el punto de menor altura. Ambas inferencias son basadas en la experiencia sobre fenómenos físicos y deterministas donde la incertidumbre no tiene ningún papel. Sin embargo, cuando los fenómenos que observamos cambian de una manera aleatoria y con múltiples estados, como la propagación de un fuego avivado por el viento, nos es mucho más difícil realizar tales inferencias. Entonces no podemos echar mano de la experiencia sino de nuestro conocimiento basado en modelos. Un modelo es una representación de la realidad sobre la que podemos hacer inferencias. En el ejemplo

anterior un modelo puede ser las ecuaciones de combustión-conducción-radiación aplicadas a la materia vegetal del bosque. Pero también, una red neuronal que aprendiera a partir de una base de datos reales para entrenar cómo se propaga un incendio. El problema quizás vendría en que la red neuronal aprendió de un tipo de bosque o vegetación que no es aplicable a nuestro problema real. Pero esa es otra historia. Lo relevante aquí es que un modelo debe permitirnos hacer predicciones sobre datos no observados (cualquier bosque) a partir de unos ciertos datos (un bosque de entrenamiento o el modelo físico de combustión aplicado a un punto de nuestro bosque problema). Un modelo puede ser muy simple o muy complejo. El frente del incendio lo podemos modelizar con una circunferencia o una curva más compleja que dependa de parámetros que nos informen del tipo de vegetación, altitud, el tipo de suelo, inclinación, humedad, dirección y velocidad del viento, etc.

La ventaja del enfoque probabilístico es que esos diferentes tipos de incertidumbre se pueden representar bajo los mismos axiomas y reglas. Cuando este enfoque es utilizado en el Aprendizaje Máquina se habla de Aprendizaje Bayesiano. Dicho aprendizaje consiste en transformar las distribuciones de probabilidad definidas antes de observar los datos en distribuciones condicionadas por dichas observaciones. Además de por su simplicidad conceptual, el aprendizaje bayesiano permite su representación mediante grafos, lo que facilita una comprensión más intuitiva y visual de los modelos. Otra característica es su flexibilidad en la composición de modelos más complejos para muchos datos a partir de modelos simples probabilísticos de pocos datos. Dicha arquitectura es más comprensible a escala humana que el acoplamiento de sistemas no lineares complejos (como las redes neurales recurrentes). Además, un modelo probabilístico siempre permite generar datos a partir del modelo. Dichos datos “imaginados” permiten comprender mejor cómo funciona la “mente” del modelo probabilístico y cómo aprende a partir de los datos (Ghahramani, Z., 2015).

## **2.8 Teorema de Bayes.**

Podemos calcular la probabilidad de un suceso  $A$ , sabiendo además que ese  $A$  cumple cierta característica que condiciona su probabilidad. El teorema de Bayes entiende la

probabilidad de forma inversa al teorema de la probabilidad total. El teorema de la probabilidad total hace inferencia sobre un suceso B, a partir de los resultados de los sucesos A. Por su parte, Bayes calcula la probabilidad de A condicionado a B.

El teorema de Bayes ha sido muy cuestionado. Lo cual se ha debido, principalmente, a su mala aplicación. Ya que, mientras se cumplan los supuestos de sucesos disjuntos y exhaustivos, el teorema es totalmente válido.

### Fórmula del teorema de Bayes

Para calcular la probabilidad tal como la definió Bayes en este tipo de sucesos, necesitamos una fórmula. La fórmula se define matemáticamente como:

$$P[A_n/B] = \frac{P[B/A_n] \cdot P[A_n]}{\sum P[B/A_i] \cdot P[A_i]}$$

Donde B es el suceso sobre el que tenemos información previa y A(n) son los distintos sucesos condicionados. En la parte del numerador tenemos la probabilidad condicionada, y en la parte de abajo la probabilidad total. En cualquier caso, aunque la fórmula parezca un poco abstracta, es muy sencilla. Para demostrarlo, utilizaremos un ejemplo en el que en lugar de A(1), A(2) y A(3), utilizaremos directamente A, B y C.

### Ejemplo del teorema de Bayes

*Una empresa tiene una fábrica en Estados Unidos que dispone de tres máquinas A, B y C, que producen envases para botellas de agua. Se sabe que la máquina A produce un 40% de la cantidad total, la máquina B un 30%, y la máquina C un 30%. También se sabe que cada máquina produce envases defectuosos. De tal manera que la máquina A produce un 2% de envases defectuosos sobre el total de su producción, la máquina B un 3%, y la máquina C un 5%. Dicho esto, se plantean dos cuestiones:*

$$P(A) = 0,40 \quad P(D/A) = 0,02$$

$$P(B) = 0,30 \quad P(D/B) = 0,03$$

$$P(C) = 0,30 \quad P(D/C) = 0,05$$

1. Si un envase ha sido fabricado por la fábrica de esta empresa en Estados Unidos ¿Cuál es la probabilidad de que sea defectuoso?

Se calcula la probabilidad total. Ya que, a partir los diferentes sucesos, calculamos la probabilidad de que sea defectuoso.

$$P(D) = [ P(A) \times P(D/A) ] + [ P(B) \times P(D/B) ] + [ P(C) \times P(D/C) ] = [ 0,4 \times 0,02 ] + [ 0,3 \times 0,03 ] + [ 0,3 \times 0,05 ] = 0,032$$

Expresado en porcentaje, diríamos que la probabilidad de que un envase fabricado por la fábrica de esta empresa en Estados Unidos sea defectuoso es del 3,2%.

2. Siguiendo con la pregunta anterior, si se adquiere un envase y este es defectuoso ¿Cuáles es la probabilidad de que haya sido fabricado por la máquina A? ¿Y por la máquina B? ¿Y por la máquina C?

Aquí se utiliza el teorema de Bayes. Tenemos información previa, es decir, sabemos que el envase es defectuoso. Claro que, sabiendo que es defectuoso, queremos saber cuál es la probabilidad de que se haya producido por una de las máquinas.

$$P(A/D) = [ P(A) \times P(D/A) ] / P(D) = [ 0,40 \times 0,02 ] / 0,032 = 0,25$$

$$P(B/D) = [ P(B) \times P(D/B) ] / P(D) = [ 0,30 \times 0,03 ] / 0,032 = 0,28$$

$$P(C/D) = [ P(C) \times P(D/C) ] / P(D) = [ 0,30 \times 0,05 ] / 0,032 = 0,47$$

Sabiendo que un envase es defectuoso, la probabilidad de que haya sido producido por la máquina A es del 25%, de que haya sido producido por la máquina B es del 28% y de que haya sido producido por la máquina C es del 47%.

## 2.9 Unificación

La *unificación* es un proceso que consiste en encontrar una asignación de variables que haga idénticas a las fórmulas que se desea unificar. Su resultado, el *unificador*, se expresa como un conjunto de pares *substitución/variable* para cada una de las variables asignadas (este conjunto recibe también el nombre de *substitución*). El valor de substitución para una

variable puede ser cualquier término del lenguaje lógico utilizado (exceptuando términos con la misma variable). Por ejemplo, se pueden unificar las fórmulas

$$\text{padre}(X, \text{hermano}(Y))$$

$$\text{padre}(\text{juan}, Z)$$

utilizando el unificador  $\{ \text{juan} / X, \text{hermano}(Y) / Z \}$ .

También se podría utilizar la sustitución  $\{ \text{juan} / X, \text{hermano}(\text{pedro}) / Z, \text{pedro} / Y \}$ , pero aquí se introduce una asignación suplementaria que no es necesaria para unificar. Para evitar introducir sustituciones arbitrarias, se utiliza el *unificador más general*, es decir, el que minimiza las restricciones impuestas a los valores de las variables (en este caso concreto,  $Y$  puede tomar cualquier valor).

### La unificación es una operación sintáctica.

Por ejemplo, no se puede unificar  $\text{padre}(X, \text{hermano}(Y))$  con  $\text{padre}(\text{pedro}, \text{julio})$  porque no hay ninguna sustitución de variables que haga sintácticamente iguales a  $\text{hermano}(Y)$  y  $\text{julio}$ .

### Composición de sustituciones

La aplicación de una sustitución  $s$  a una fórmula  $F$  se escribe  $Fs$  y entrega como resultado una nueva fórmula en que las variables asignadas han sido reemplazadas por sus respectivos valores. Por ejemplo:

$$F = \text{padre}(X, \text{hermano}(Y))$$

$$s = \{ \text{juan} / X, \text{hermano}(Y) / Z \}$$

$$Fs = \text{padre}(\text{pedro}, \text{hermano}(Y))$$

Si  $F = \text{padre}(\text{pedro}, Z)$  se obtiene el mismo resultado (ya que  $s$  es el unificador de ambas fórmulas).

Dos sustituciones  $s_1$  y  $s_2$  se pueden aplicar sucesivamente con el mismo efecto que una sustitución única equivalente  $s$  que corresponde a la *composición* de  $s_1$  y  $s_2$ :

$$(Fs_1) s_2 = F s$$

Si los valores de sustitución de  $s_2$  no hacen referencia a las variables asignadas en  $s_1$ , se puede calcular la composición  $s$  de la siguiente manera:

$$s_1 = \{ a_1 / X_1, a_2 / X_2, \dots, a_n / X_n \}$$

$$s_2 = \{ b_1 / Y_1, b_2 / Y_2, \dots, b_m / Y_m \}$$

Ninguna variable  $X_j$  aparece en algún término  $b_k$ .

$$s = \{ a_1 s_2 / X_1, a_2 s_2 / X_2, \dots, a_n s_2 / X_n, b_1 / Y_1, b_2 / Y_2, \dots, b_m / Y_m \}$$

## 2.10 Formas estándar

- Escalado MinMax:** Es muy habitual que **los valores numéricos que hay en nuestros datos estén en diferentes rangos**. Imaginemos que tenemos un conjunto de datos relacionados con la salud de un grupo de personas. Una de las mediciones que estamos registrando es el número de hematíes en sangre, cuyo valor medio es de unos 4,5 millones. Otra de las mediciones es el ácido úrico, cuyos valores están comprendidos entre 4,2 y 8 mg/dL. Si intentamos entrenar un sistema que tenga en cuenta estos datos, la diferencia que existe entre los valores de los hematíes y los valores del ácido úrico hará que estos últimos sean prácticamente despreciables. El **escalado MinMax**, permite acotar todos los valores entre 0 y 1 manteniendo la forma original de la distribución de los datos.
- Escalado estándar:** En otras ocasiones, el problema con el que nos encontramos es que **el rango de alguna de las variables es mayor que el del resto**. Si seguimos con el ejemplo anterior, los niveles normales de hierro oscilan entre 65-170 mg/dL mientras que los valores habituales de glucosa suelen estar entre 74-106 mg/dL. En este caso, ambos campos tienen una magnitud similar; sin embargo, el rango de posibles valores del hierro es mucho más amplio que el de los valores de glucosa. Esta diferencia puede repercutir en el modelo de aprendizaje automático que tiene que entender que variar un parámetro

relacionado con la variable de glucosa no afecta del mismo modo a variar otro en la misma cantidad, dependiente de la variable hierro. Para facilitar esto y hacer que todos los datos preserven una distribución similar se utiliza el escalado estándar, que transforma los datos originales en otros cuya distribución estadística tiene una media 0 y una desviación estándar igual a 1.

- **Discretización de los datos:** Muchas veces ocurre que alguno de los datos con los que contamos aportan más información de la que realmente necesitamos. Supongamos que estamos en el mismo caso de antes (datos clínicos) y para nuestro problema nos interesa saber si el paciente tiene bien el nivel de colesterol en sangre y nuestros datos son la cantidad de miligramos por decilitro. Puede ser que a nosotros no nos interese saber el número concreto y simplemente queramos saber si los valores son normales o no. Discretizar los datos consiste en convertir una variable continua a un conjunto finito de valores. En este caso se podrían fijar tres categorías: “Sano” cuando el valor es inferior a 200mg/dL, “Alerta” cuando está entre 200 y 239 mg/dL y “Peligro” cuando supera los 240mg/dL. Haciendo esto reducimos la complejidad del problema y podemos conseguir mejores resultados en un tiempo mucho menor.
- **Codificación de los datos:** Como dijimos en el post anterior sobre limpieza de datos, para poder trabajar con modelos de aprendizaje automático como las redes neuronales artificiales es necesario que los datos sean numéricos. Es muy frecuente que tengamos variables en nuestros datos que sean fechas, categorías, textos. Para poder tener estos datos en cuenta es necesario realizar procesos de transformación que nos permitan convertir todos estos tipos de datos a datos numéricos. Existen muchas técnicas para convertir este tipo de datos a números:
  - **Fechas:** Los campos de fecha se pueden convertir fácilmente a número usando el tiempo UNIX, que es la cantidad de segundos transcurridos desde la medianoche UTC del 1 de enero de 1970. Aunque existen otros métodos, como el uso de funciones sigmoideas que representen la fecha de forma cíclica.

- **Textos:** Para codificar textos a números se pueden utilizar técnicas como Bag of Words que cuentan la frecuencia con que se repiten las palabras en el texto. Existe un campo de investigación muy importante relacionado con el tratamiento de textos denominado NLP de las siglas en inglés de “*Procesamiento de Lenguaje Natural*”. De este tema hablaremos en futuras publicaciones del blog.
- **Categorías:** Para codificar categorías como la que hemos creado tras discretizar los datos del colesterol se puede convertir cada categoría a un valor numérico (Sano = 0; Alerta = 1; Peligro = 2). En esta ocasión la categorización tiene sentido ya que las categorías guardan una relación de orden. Estar en “peligro” está más cerca de “alerta” que de “sano”. Sin embargo, hay muchas ocasiones en las que las categorías no tienen ninguna relación lógica de orden. Si tenemos una mascota y la codificamos como (Perro = 0; Gato = 1; Pájaro = 2; Pez = 3) esto indicaría que el pez está más cerca de ser un pájaro que de ser un perro, cosa que no tiene ningún sentido.

Para solucionar esto, se utiliza una técnica denominada **OneHotEncoding**, que convierte cada categoría a una nueva característica booleana del dataset. Por lo tanto, si tenemos un registro con el valor Pájaro en el campo mascota, tras aplicarle el OneHotEncoding nos aparecería el campo pájaro con valor 1 (True) y las otras tres columnas de mascotas con valor 0 (False). Esto puede aumentar considerablemente el número de características de nuestro conjunto de datos, pero nos permite tratar de manera correcta campos categóricos. En caso de que el número de características aumente demasiado se pueden utilizar técnicas de reducción de dimensionalidad que nos permita describir cada registro con tan solo las características más relevantes. De estas técnicas hablaremos en futuras entradas del blog.

## 2.11 Cláusulas de Hom

La forma clausulada es interesante, como hemos visto, para la implementación de sistemas deductivos, pero su interpretación por la mente humana es difícil. Sin embargo, podemos hacer una transformación inversa muy sencilla que ayuda a interpretar las cláusulas. Dada una cláusula cualquiera,  $L_1 \vee L_2 \vee \dots$ , podemos transformarla en una sentencia equivalente con forma de condicional. Para ello, escribimos primero los literales negativos y luego los positivos:

$$\neg p_1 \vee \neg p_2 \vee \dots \vee \neg p_k \vee q_1 \vee q_2 \vee \dots \vee q_m$$

Por una de las leyes de Morgan esta sentencia es equivalente a:

$$\neg(p_1 \wedge p_2 \wedge \dots \wedge p_k) \vee q_1 \vee q_2 \vee \dots \vee q_m$$

y por la equivalencia (9) esta otra sentencia también es equivalente:

$$(p_1 \wedge p_2 \wedge \dots \wedge p_k) \Rightarrow (q_1 \vee q_2 \vee \dots \vee q_m)$$

Se llaman **cláusulas de Horn** aquellas que tienen como máximo un literal positivo. Hay dos tipos:

- Las **cláusulas determinadas** (*definite clauses*), o «cláusulas de Horn con cabeza» son las que sólo tienen un literal positivo:

$$(\neg p_1 \vee \neg p_2 \vee \dots \vee \neg p_k \vee q) \equiv (p_1 \wedge p_2 \wedge \dots \wedge p_k \Rightarrow q)$$

Caso particular son las que no tienen más que ese literal positivo, que representan «hechos», es decir, conocimiento factual.

- Los **objetivos determinados** (*definite goals*), o «cláusulas de Horn sin cabeza» son las que no tienen ningún literal positivo:

$$(\neg p_1 \vee \neg p_2 \vee \dots \vee \neg p_k) \equiv \neg(p_1 \wedge p_2 \wedge \dots \wedge p_k)$$

En este caso, las fórmulas atómicas  $p_1, p_2, \dots, p_k$  son inconsistentes, es decir no es posible que sean todas verdaderas. Proviene de la negación de conclusiones que el sistema deductivo debe obtener mediante resolución y refutación.



Además de permitir la implementación de sistemas deductivos completos, una propiedad interesante de las cláusulas de Horn es que la asunción del mundo cerrado no conduce a una teoría inconsistente, según este teorema:

*«Si  $\Delta_0$  está formada por cláusulas de Horn que no son inconsistentes entonces la teoría que resulta de la asunción del mundo cerrado,  $T_D$ , es consistente»*

El interés de las cláusulas de Horn (como el de los demás conceptos introducidos en este Capítulo) está en su versión de lógica de predicados, donde también es aplicable el teorema anterior, y donde son el fundamento de la programación lógica.

## UNIDAD III REGLAS, BÚSQUEDA Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

### 3.1 Representación de conocimiento mediante reglas

La IA determina que el desarrollo de sistemas inteligentes necesita hacerse acompañar del conocimiento para que se imite la inteligencia en sus aplicaciones. El conocimiento no debe ser confundido por datos o información, incluye y requiere estos datos e información, el conocimiento contiene propiedades como dinámico, con incertidumbre, con una forma de estructurarse para saber cómo se va a utilizar.

En IA el conocimiento busca la generalidad, de tal forma que pueda ser:

- Entendido por las personas que lo provean
- Modificado para corregir errores y reflejar cambios en el mundo
- Utilizarse en muchas situaciones sin ser totalmente exacto o completo
- Caracterizarse las técnicas de la IA con independencia al problema a tratar
- Utilizarse separándose su propio volumen y disminuir el riesgo de probabilidades comúnmente a considerarse,

La IA determina que las bases del conocimiento son las bases de los sistemas expertos.

Existen 3 tipos de representación básica:

- Representación Procedimental

Es compilado, se refiere a la forma de llevar a cabo una tarea, “es el saber hacer”. Por ejemplo el proceso estándar para fabricar una mesa, una computadora o una maquina o bien la realización de la composición química para realizar una pintura, o como llevar a cabo el proceso para resolver una ecuación algebraica o cuadrática.

Expresan las interacciones entre fragmentos de conocimiento pero que son difíciles de modificar.

(Se refiere a autómatas finitos, programas, etc.)

- Representación Declarativo:

Es el proceso pasivo, son sentencias que expresan hechos del mundo que nos rodea, es “el saber que hacer”, por ejemplo la información contenida en una base de datos

Crean fragmentos de conocimientos independientes unos de los otros, son fácilmente modificables.

(Se refiere a reglas de producción, redes semánticas, etc.)

- Representación Mixta o Heurístico:

Es muy especial para resolver problemas complejos, es un criterio, estrategia, método o proceso que simplifica resolver problemas

Emplean los modos de representación precedentes.

(Se refiere a esquemas, marcos, grafos, etc.)

Una base del conocimiento consiste en esquemas y estructuras de representación y organización del conocimiento suficientemente amplio para determinar diversas áreas, con el propósito de resolver problemas.

Representar o estructurar el conocimiento mediante estas reglas, lleva a especificar adecuadas relaciones para reducir la ambigüedad, la vaguedad, la difusidad en un grado para analizar las inferencias disponibles.

El conocimiento involucra esquemas o estructuras que se clasifican en las siguientes categorías:

- Objetos: propiedades físicas de los objetos y conceptos
- Eventos: importante especificar las acciones que pueden llevar a cabo los objetos
- Desempeño: información de cómo se realizan ciertas tareas
- Metaconocimiento: conocimiento del mismo conocimiento.

Los métodos orientados a objetos para representar el conocimiento, proveen una metodología para compartir características con marcos y redes semánticas. El

conocimiento está en términos de un conjunto de objetos, cada uno pose capas o espacios en donde contiene ciertas características, cada objeto se sitúa jerárquicamente en una red y accede a propiedades de otros.

### Técnicas de búsqueda:

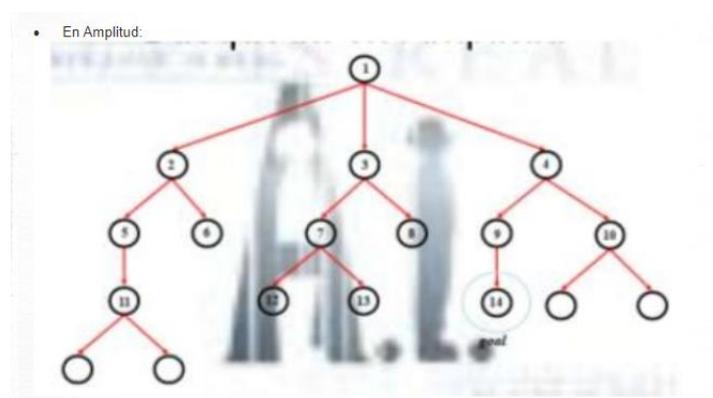
Serie de esquemas de representación del conocimiento, que mediante diversos algoritmos, permiten resolver problemas dentro de la perspectiva del al IA. Contiene los elementos de búsqueda:

- Conjunto de estados: todas las configuraciones posibles del dominio
- Estados iniciales: estados desde los que partimos
- Estados finales: las soluciones al problema
- Operadores: se aplican para pasar de un estado a otro

Las búsquedas ciegas utilizan información acerca de si un estado es o no objetivo para guiar el proceso de la búsqueda en dos atributos:

1.-expandir el nodo.- obtener los posibles hijos de un nodo a partir de la aplicación de los distintos operadores de el

2.- nodo cerrado.- se han aplicados todos los posibles operadores sobre él, obteniendo todos sus posibles hijos



### 3.2 Métodos de Inferencia en reglas

Las reglas de inferencia son esquemas básicos de inferencia deductiva que se suelen escribir poniendo cada premisa en una línea y la conclusión en otra línea al final. Toda regla, como toda inferencia deductiva, tiene que estar basada en la implicación de la conclusión a partir de las premisas. Veamos algunas de las más conocidas:

La regla de modus ponens dice que si una premisa tiene la forma de condicional y la otra afirma el antecedente entonces es válida la inferencia que consiste en afirmar el consecuente:

$$P1: \varphi \Rightarrow \psi$$

$$P2: \varphi$$

$$C: \psi$$

Está basada en la tautología (que en un sistema axiomático completo es también una ley, llamada modus ponens:  $\models ((\varphi \Rightarrow \psi) \wedge \varphi) \Rightarrow \psi$ )

En rigor, una cosa es la tautología, que es una sentencia en el lenguaje de la lógica, y otra la regla de inferencia que de ella se deriva, que es una norma para hacer deducciones y pertenece al metalenguaje («premisas», «conclusión», «regla», etc. se refieren al lenguaje; por tanto son parte de un metalenguaje). No obstante utilizaremos el mismo nombre para ambas. El nombre es una forma abreviada de la expresión «modus ponendo ponens» con la que los lógicos medievales se referían a aquél modo de razonar mediante el cual afirmando (ponendo) el antecedente de un condicional se puede afirmar (ponens) su consecuente.

La regla de modus tollens dice que si se niega el consecuente de un condicional entonces se puede negar su antecedente:

$$P1: \varphi \Rightarrow \psi$$

$$P2: \neg \psi$$

C:  $\neg\varphi$

Está basada en  $\vDash(((\varphi \Rightarrow \psi) \wedge \neg\psi) \Rightarrow \neg\varphi)$

El nombre completo es «modus tollendo tollens» : negando (tollendo) el consecuente se puede negar (tollens) el antecedente.

La reglas de introducción de conjunción y disyunción permiten concluir la conjunción y la disyunción de dos premisas:

P1:  $\varphi$

P2:  $\psi$

C1:  $\varphi \wedge \psi$

C2:  $\varphi \vee \psi$

Están basadas en  $\vDash((\varphi \wedge \psi) \Rightarrow (\varphi \wedge \psi))$  y  $\vDash((\varphi \wedge \psi) \Rightarrow (\varphi \vee \psi))$

La regla de eliminación de conjunción:

P:  $\varphi \wedge \psi$

C1:  $\varphi$

C2:  $\psi$

Está basada en  $\vDash((\varphi \wedge \psi) \Rightarrow \varphi)$  y  $\vDash((\varphi \wedge \psi) \Rightarrow \psi)$

La regla de encadenamiento:

P1:  $\varphi \Rightarrow \psi$

P2:  $\psi \Rightarrow \chi$

C:  $\varphi \Rightarrow \chi$

Está basada en la transitividad del condicional:  $\vDash(((\varphi \Rightarrow \psi) \wedge (\psi \Rightarrow \chi)) \Rightarrow (\varphi \Rightarrow \chi))$

Las reglas anteriores son intuitivamente «razonables» . He aquí otra que no lo es tanto, pero que como veremos nos va a resultar muy útil:

La regla de resolución:

$$P1: \varphi \vee \psi$$

$$P2: \neg\varphi \vee \chi$$

$$C: \psi \vee \chi$$

Está basada en  $\models ((\varphi \vee \psi) \wedge (\neg\varphi \vee \chi)) \Rightarrow (\psi \vee \chi)$

Cualquier implicación lógica, y, por tanto, cualquier equivalencia, da lugar a una inferencia deductiva. Por ejemplo, la equivalencia era:

$$(\varphi \Rightarrow (\psi \Rightarrow \chi)) \equiv (\psi \Rightarrow (\varphi \Rightarrow \chi))$$

De aquí que podamos hacer las inferencias:

$$P: \varphi \Rightarrow (\psi \Rightarrow \chi)$$

$$C: \psi \Rightarrow (\varphi \Rightarrow \chi)$$

y

$$P: \psi \Rightarrow (\varphi \Rightarrow \chi)$$

$$C: \varphi \Rightarrow (\psi \Rightarrow \chi)$$

### 3.3 Reglas de producción.

Normalmente se asocia la inteligencia con “regularidades” y el comportamiento inteligente parece que ejecuta reglas. Newell y Simon 70's proponen los sistemas de producción como un modelo psicológico del comportamiento humano.

En este modelo, parte del conocimiento humano se representa en forma de producciones o reglas de producción. Introducción Se asemeja al proceso de memoria humano: memoria a corto plazo (deducciones intermedias) y memoria a largo plazo (producciones).

Regla se entiende como una proposición lógica que relaciona 2 o más objetos e incluye 2 partes, la premisa y la conclusión. Cada una de estas partes consiste en una expresión

lógica con una o más afirmaciones objeto-valor conectadas mediante los operadores lógicos y, o ó no.

### **Reglas de producción.**

Es un método procedimental de representación del conocimiento, pone énfasis en representar y soportar las relaciones inferenciales del algoritmo, en contraposición a los métodos declarativos (hechos).

La estructura de una regla es:

SI

ENTONCES

Los antecedentes son las condiciones y los consecuentes las conclusiones, acciones o hipótesis.

Cada regla por si misma constituye un gránulo completo de conocimiento.

La inferencia en los Sistemas Basados en Reglas se realiza mediante emparejamiento. Hay dos tipos, según el sentido:

Sistemas de encadenamiento hacia adelante: una regla es activada si los antecedentes emparejan con algunos hechos del sistema.

Sistemas de encadenamiento hacia atrás: una regla es activada si los consecuentes emparejan con algunos hechos del sistema.

Arquitectura de los Sistemas Basados en Reglas:

Base de Conocimientos: reúne todo el conocimiento del sistema (Hechos + Reglas).

Memoria Activa: contiene los hechos que representan el estado actual del problema (iniciales + inferidos a posteriori) y las reglas activadas (en condiciones de ser ejecutadas).

Motor de Inferencias: decide que reglas activadas se ejecutarán.

### 3.4 Sintaxis de las reglas de producción.

Método procedimental de representación del conocimiento

Estructura:

SI

ENTONCES <conclusiones, acciones, hipótesis>

Cada regla SI-ENTONCES establece un granulo completo de conocimiento

Regla\_ Operador valido en un espacio de estados

CONDICIONES (tb. premisas, precondiciones, antecedentes,...)

Formadas por clausulas y conectivas (AND, OR, NOT)

Representación clausula debe corresponderse con conocimiento del dominio

Formato típico: <parámetro/relación/valor>

PARÁMETRO: característica relevante del dominio

RELACIÓN: entre parámetro y valor

VALOR: numérico, simbólico o literal

También en forma de predicados lógicos

CONCLUSIONES, ACCIONES, HIPÓTESIS (tb. consecuentes,...)

Conclusiones, Hipótesis: conocimiento declarativo

Acciones: cq. Acción procedimental (actualiza. conocimiento, interacción con Exterior etc...)

**REGLAS ESPECIALES**

Reglas IF ALL: equivalen a reglas con las cláusulas de las condiciones conectadas con AND

Reglas IF ANY/ IF SOME: equivalen a reglas con las cláusulas de las condiciones conectadas con OR

### EJEMPLO

IF: temperatura = alta

AND sudoración = presente

AND dolor\_muscular = presente

THEN: diagnostico\_preliminar = gripe

IF: diagnostico\_preliminar = gripe

AND descompos\_organos\_internos = presente

THEN: diagnostico\_preliminar = \_abola

### SISTEMAS BASADOS EN REGLAS DE PRODUCCIÓN

Reglas\_ Operadores en búsquedas en espacio de estados

Inferencia similar al MODUS PONENS (con restricciones)

Sintaxis relajada

Se permiten acciones en los consecuentes

Mecanismo de control determina que inferencias se pueden realizar

### 3.5 Semántica de las reglas de producción

Es una representación formal de una relación, una información semántica o una acción condicional. Una regla de producción tiene, generalmente, la siguiente forma: SI Premisa ENTONCES Consecuencia. Ofrecen una gran facilidad para la creación y la modificación de la base de conocimiento. Permite introducir coeficientes de verosimilitud para ponderar el conocimiento (estos coeficientes se van propagando durante el proceso de

razonamiento mediante unas fórmulas de cálculo establecidas) y, en teoría, el método asegura que cuantas más reglas posea más potente es. Sin embargo, aunque es la forma de representación más intuitiva y rápida, cuando el número de reglas es grande aumenta la dificultad de verificación de todas las posibilidades con el consiguiente riesgo de perder la coherencia lógica en la base de conocimiento.

Los hechos y las reglas asociadas de la base de conocimiento normalmente no son exactos; es decir se tiene incertidumbre sobre el grado de certeza de algunos hechos y también sobre el campo de validez de algunas de las reglas. Para el manejo de la incertidumbre en los sistemas de reglas se han utilizado varios sistemas; los tres más conocidos son los Factores de Certeza (utilizados en MYCIN), la lógica de Dempster Shafer, y la Lógica Difusa (Fuzzy Logic). El método de tratar la incertidumbre es una de las características más importantes de las herramientas de desarrollo, y actualmente se encuentra en discusión la validez de estas lógicas para tratar con la incertidumbre. En sustitución se han propuesto las Redes Bayesianas que tienen una base matemática más firme. De todas formas es un campo actual de investigación que permanece abierto.

Conocimiento causal.

Relación que vincula dos ideas a través de una conexión supuestamente necesaria.

Es uno de los tres principios de asociación.

La causalidad no tiene carácter necesario cuando se aplica a las cuestiones de hecho, sino que se funda en la costumbre: la repetición (o conjunción constante) no es más que una creencia; es algo que esperamos que suceda, no algo que deba suceder necesariamente sino algo que debe ser evaluado en términos de posibilidad. En la medida en que el concepto de causalidad no puede aplicarse a hechos que todavía no han sucedido, porque no tenemos evidencia lo todavía no acaecido, la falta de un concepto de causalidad nos conduce necesariamente al escepticismo.

Conocimiento de diagnóstico.

El problema del diagnóstico ha sido, desde los comienzos de la IA, uno de los más estudiados y donde los investigadores han cosechado tanto satisfacciones como fracasos. El diagnóstico en el campo de la medicina es sin duda, una de las áreas de la IA que supone todavía una gran desafío. Una de las características más frecuentes en resolución del problema del diagnóstico en dominios reales es la necesidad de tratar con la dimensión temporal. Así, una vez propuesto un modelo teórico, una tendencia cada vez más habitual a la hora de desarrollar sistemas de diagnóstico temporal es necesario abordar el problema del diagnóstico temporal desde diferentes enfoques, permitiendo seleccionar cual es la aproximación más adecuada para cada problema concreto es simplificar el dominio para que el modelo inicial sea aplicable.

### **3.6 Arquitectura de un sistema de Producción (SP) o sistemas basados en reglas, (SBR).**

Los Sistemas basados en reglas difusas (SBRD) tienen una serie de aplicaciones diversas, pero fundamentalmente son usados para:

#### **Modelado de sistemas**

Usado para representar escenarios de actuación con variables complejas, en los cuáles no basta con usar realidades absolutas como lo sería un cierto o falso.

En aplicaciones de control, ya que suelen estar basadas en el punto descrito anteriormente.

Pueden ser usadas para la categorización de elementos, detectar patrones.

Como agentes de usuario, los cuáles van a proporcionar una serie de ayudas a los expertos en una determinada materia para que tomen las decisiones que ellos consideren oportunas, en este caso estos sistemas van a ofrecer una ayuda, pero la decisión final la va a tomar el experto en cuestión. Como ejemplo cabe destacar el ámbito financiero.

<<Minería de datos y descubrimiento de información, consistente en hallar el conocimiento intrínseco dentro de una base de datos, los cuáles pueden no estar presentes a simple vista, pero aplicando sistemas de este tipo pueden llegar a averiguarse>>.

## **Reglas**

Los sistemas basados en reglas (SBR) se rigen por una serie de reglas que los configuran.

Una regla es definida como un modo de representación estratégica o técnica, la cuál es apropiada cuando el conocimiento con el que deseamos trabajar proviene de la experiencia o de la intuición, y por tanto carece de una demostración física o matemática.

### Tipos de reglas y proposiciones

Las proposiciones se pueden clasificar en los siguientes grupos:

**Proposiciones CUALIFICADAS:** Introducen un atributo para cualificar la proposición que forma una regla. El atributo corresponde al grado que determina la regla. Grado de Suceso:

Probable, poco probable...

**Proposiciones CUANTIFICADAS:** Indican cantidades difusas en las reglas.

Si muchos alumnos suspenden ENTONCES la explicación fue bastante mala

Respecto a esta clasificación, podremos decir que las proposiciones que no poseen cuantificadores ni calificadores son proposiciones categóricas, mientras que las proposiciones no categóricas no tienen por qué ser verdad siempre.

Las reglas pueden tener variantes, entre ellas se encuentran las siguientes:

Con excepciones: Son el tipo: SI la temperatura es alta ENTONCES tendré calor EXCEPTO que tenga aire acondicionado.

Graduales: Cuantos más partidos ganemos, más fácil será ganar la liga.

Reglas conflictivas: Son reglas que dentro de un mismo sistema tienen información contradictoria, lo cual puede acarrear muchos problemas, tales como malos resultados o generar problemas.

Este tipo de reglas son aquellas que para un mismo antecedente, tienen

Consecuentes distintos, por ejemplo:

R1: SI tengo hambre ENTONCES como.

R2: SI tengo hambre ENTONCES no como.

Otro ejemplo de reglas contradictorias es aquellas que estando encadenadas

En ambos sentidos, niegan un consecuente:

R1: SI he metido un gol ENTONCES estoy feliz.

R2: SI estoy feliz ENTONCES no he metido un gol.

### 3.7 Hechos.

Base de hechos, que alberga los datos propios correspondientes a los problemas que se desea tratar con la ayuda del sistema. Asimismo, a pesar de ser la memoria de trabajo, la base de hechos puede desempeñar el papel de memoria auxiliar. La memoria de trabajo memoriza todos los resultados intermedios, permitiendo conservar el rastro de los razonamientos llevados a cabo. Puede, por eso, emplearse para explicar el origen de las informaciones deducidas por el sistema en el transcurso de una sesión de trabajo o para llevar a cabo la descripción del comportamiento del propio sistema experto. Al principio del período de trabajo, la base de hechos dispone únicamente de los datos que le ha introducido el usuario del sistema, pero, a medida que va actuando el motor de inferencias, contiene las cadenas de inducciones y deducciones que el sistema forma al aplicar las reglas para obtener las conclusiones buscadas.

Las reglas de producción son de tipo: SI ENTONCES (SI A ENTONCES B). Donde tanto las premisas como la conclusión, no son más que una cadena de hechos conectados por “Y” o por “O”, de forma general sería: SI Y/O Y/O.....ENTONCES Y/O Los hechos son afirmaciones que sirven para presentar conceptos, datos, objetos, etc. Y el conjunto de hechos que describen el problema es la base de hechos. Ejemplo de hechos: Juan es un estudiante Juan tiene 8 años El perro es blanco A María le gusta el cine Pedro prefiere la película La edad de Luis es de 25 años Pedro tiene un salario de 200 pesos Una regla es una combinante de hechos que permite representar conocimientos y sacar inferencia de los mismos. Ejemplo de reglas R1: si y entonces R2: SI Y ENTONCES R3: SI Y ENTONCES Observe como partiendo de hechos conocidos que describen algún conocimiento se pueden inferir nuevos hechos (nuevos conocimientos).

### 3.8 Base de conocimientos.

A base de conocimiento (o knowledgebase; abreviado KB, es una clase especial de base de datos para gerencia del conocimiento. Proporciona los medios para la colección automatizada, organización, y recuperación de conocimiento. Apenas pues tiene

costumbre convertido de escribir base de datos pues una palabra él es cada vez más común en informática escribir knowledgebase como una palabra (un acercamiento del interino era escribir el término con un guión).

### **Las bases de conocimiento se categorizan en dos tipos importantes:**

Bases de conocimiento legibles por la máquina almacene el conocimiento en una forma legible por computador, generalmente con el fin automatizando razonamiento deductivo aplicado a ellos. Contienen un sistema de datos, a menudo bajo la forma de reglas que describan el conocimiento en a lógicamente constante manera. Operadores lógicos, por ejemplo Y (conjunción), O (separación), implicación material y negación puede ser utilizado construirlo para arriba del conocimiento atómico. Por lo tanto, la deducción clásica se puede utilizar para razonar sobre el conocimiento en la base de conocimiento.

Bases de conocimiento Human-readable se diseñan permitir que la gente recupere y que utilice el conocimiento que ella contiene, sobre todo para los propósitos del entrenamiento. Son de uso general capturar el conocimiento explícito del organización, incluyendo localización de averías, artículos, papeles blancos, manuales de usuario y otros. Una ventaja primaria de tal base de conocimiento es que puede ayudar a un usuario a encontrar una solución existente a su problema actual (así evitando tuvieron que “reinventan la rueda”).

### **3.9 Mecanismo de control.**

El aspecto más importante de una base de conocimiento es la calidad de la información que contiene. Las mejores bases de conocimiento han escrito cuidadosamente los artículos que se guardan actualizado, un sistema excelente de la recuperación de datos (tal como a Search Engine), y un formato contenido cuidadosamente diseñado y clasificación estructura.

Una base de conocimiento puede utilizar ontología especificar su estructura (los tipos y las relaciones de la entidad) y la clasificación proyecte. Un ontología, junto con un sistema de casos de sus clases, constituye una base de conocimiento. La determinación de qué tipo de información se captura, y donde esa información reside en una base de conocimiento, es algo que es determinado por los procesos que apoyan el sistema. Una estructura de proceso robusta es la espina dorsal de cualquier base de conocimiento acertada.

Algunas bases de conocimiento tienen inteligencia artificial componente. Estas clases de bases de conocimiento pueden sugerir soluciones a los problemas basados a veces en la regeneración proporcionada por el usuario, y son capaces de aprender por experiencia (véase sistema experto). La representación del conocimiento, el razonamiento automatizado y la argumentación son campos de investigación activos en la vanguardia de la inteligencia artificial.

### **Ciclo de vida de un sistema de producción.**

El concepto de sistema de producción se basa en la Teoría General de Sistemas que fue desarrollada por el biólogo alemán Von Bertalanffy y que en esencia es una perspectiva integradora y holística (referida al todo). Una de las definiciones de la teoría general de sistemas dice que los sistemas son conjuntos de componentes que interaccionan unos con otros, de tal forma que cada conjunto se comporta como una unidad completa. Otra definición dice que los sistemas se identifican como conjuntos de elementos o entidades que guardan estrechas relaciones entre sí y que mantienen al sistema directo o indirectamente unido de modo más o menos estable y cuyo comportamiento global persigue, normalmente, algún tipo de objetivo. Para describir y en general para entender un sistema, es común el uso de diagramas, los que si bien no dan una visión completa, facilitan la visualización de las interrelaciones, como se indica en la figura siguiente.

### **3.10 Espacios de estados determinísticos y espacios no determinísticos.**

Muchos de los problemas que pueden ser resueltos aplicando técnicas de inteligencia artificial se modelan en forma simbólica y discreta definiendo las configuraciones posibles del universo estudiado. El problema se plantea entonces en términos de encontrar una configuración objetivo a partir de una configuración inicial dada, aplicando transformaciones válidas según el modelo del universo. La respuesta es la secuencia de transformaciones cuya aplicación sucesiva lleva a la configuración deseada.

Los ejemplos más característicos de esta categoría de problemas son los juegos (son universos restringidos fáciles de modelar). En un juego, las configuraciones del universo corresponden directamente a las configuraciones del tablero. Cada configuración es un estado que puede ser esquematizado gráficamente y representado en forma simbólica. Las transformaciones permitidas corresponden a las reglas o movidas del juego, formalizadas como transiciones de estado.

Entonces, para plantear formalmente un problema, se requiere precisar una representación simbólica de los estados y definir reglas del tipo condición acción para cada una de las transiciones válidas dentro del universo modelado. La acción de una regla indica como modificar el estado actual para generar un nuevo estado. La condición impone restricciones sobre la aplicabilidad de la regla según el estado actual, el estado generado o la historia completa del proceso de solución.

El espacio de estados de un juego es un grafo cuyos nodos representan las configuraciones alcanzables (los estados válidos) y cuyos arcos explicitan las movidas posibles (las transiciones de estado). En principio, se puede construir cualquier espacio de estados partiendo del estado inicial, aplicando cada una de las reglas para generar los sucesores inmediatos, y así sucesivamente con cada uno de los nuevos estados generados (en la práctica, los espacios de estados suelen ser demasiado grandes para explicitarlos por completo).

Cuando un problema se puede representar mediante un espacio de estados, la solución computacional corresponde a encontrar un camino desde el estado inicial a un estado objetivo.

## **Determinísticos.**

El espacio de estados determinísticos contienen un único estado inicial y seguir la secuencia de estados para la solución. Los espacios de estados determinísticos son usados por los sistemas expertos.

Se puede describir asu vez, que un sistema es determinístico si, para un estado dado, al menos aplica una regla a él y de solo una manera.

### **No determinísticos.**

El no determinístico contiene un amplio número de estados iniciales y sigue la secuencia de estados perteneciente al estado inicial del espacio. Son usados por sistemas de lógica difusa.

En otras palabras, si más de una regla aplica a cualquier estado particular del sistema, o si una regla aplica a un estado particular del sistema en más de una manera, entonces el sistema es no determinístico.

### **Métodos de búsqueda.**

#### **Primero en anchura (breadthfirst).**

En inglés, *breadth-first search*.

Si el conjunto *open* se maneja como una lista FIFO, es decir, como una cola, siempre se estará visitando primero los primeros estados en ser generados. El recorrido del espacio de estados se hace por niveles de profundidad.

```
procedure Búsqueda_en_amplitud {  
    open ()[estado_inicial]  
  
    closed () {}  
  
    while (open no está vacía) {  
        remove el primer estado X de la lista open
```

```

if ( $X$  es un estado objetivo) return éxito
else {
    generar el conjunto de sucesores del estado  $X$ 
    agregar el estado  $X$  al conjunto closed
    eliminar sucesores que ya están en open o en closed
    agregar el resto de los sucesores al final de open
}
}
return fracaso
}

```

Si el factor de ramificación es  $B$  y la profundidad a la cual se encuentra el estado objetivo más cercano es  $n$ , este algoritmo tiene una complejidad en tiempo y espacio de  $O(B^n)$ . Contrariamente a la búsqueda en profundidad, la búsqueda en amplitud garantiza encontrar el camino más corto.

### **Primero en profundidad (depthfirst).**

En inglés, *depth-first search*.

Si el conjunto *open* se maneja como una lista LIFO, es decir, como un stack, siempre se estará visitando primero los últimos estados en ser generados. Esto significa que si  $A$  genera  $B$  y  $C$ , y  $B$  genera  $D$ , antes de visitar  $C$  se visita  $D$ , que está más alejado de la raíz  $A$ , o sea más profundo en el árbol de búsqueda. El algoritmo tiene en este caso la tendencia de profundizar la búsqueda en una rama antes de explorar ramas alternativas.

```

procedure Búsqueda_en_profundidad {
    open () [estado_inicial]
    closed () {}
}

```

```

while (open no está vacía) {
    remover el primer estado X de la lista open
    if (X es un estado objetivo) return éxito
    else {
        generar el conjunto de sucesores del estado X
        agregar el estado X al conjunto closed
        eliminar sucesores que ya están en open o en closed
        agregar el resto de los sucesores al principio de open
    }
}

return fracaso
}

```

Considerando que la cantidad promedio de sucesores de los nodos visitados es  $B$  (llamado en inglés el *branching factor* y en castellano el *factor de ramificación*), y suponiendo que la profundidad máxima alcanzada es  $n$ , este algoritmo tiene una complejidad en tiempo de  $O(B^n)$  y, si no se considera el conjunto *closed*, una complejidad en espacio de  $O(B \times n)$ . En vez de usar el conjunto *closed*, el control de ciclos se puede hacer descartando aquellos estados que aparecen en el camino generado hasta el momento (basta que cada estado generado tenga un puntero a su padre).

El mayor problema de este algoritmo es que puede "perderser" en una rama sin encontrar la solución. Además, si se encuentra una solución no se puede garantizar que sea el camino más corto.

## Grafos O.

## **Grafos A.**

### **Satisfacción de restricciones.**

Los problemas pueden resolverse buscando en un espacio de estados, estos estados pueden evaluarse por heurísticas específicas para el dominio y probados para verificar si son estados meta.

Los componentes del estado, son equivalentes a un grafo de restricciones, los cuales están compuestos de:

Variables. Dominios (valores posibles para las variables).

Restricciones (binarias) entre las variables.

Objetivo: encontrar un estado (una asignación completa de valores a las variables) Que satisface las restricciones.

En los Problemas de Satisfacción de Restricciones (PSR), los estados y la prueba de meta siguen a una representación estándar, estructurada y muy simple.

Ejemplos:

Crucigramas

Colorear mapas

### **Teoría de juegos.**

Siendo una de las principales capacidades de la inteligencia humana su capacidad para resolver problemas, así como la habilidad para analizar los elementos esenciales de cada problema, abstrayéndolos, el identificar las acciones que son necesarias para resolverlos y el determinar cuál es la estrategia más acertada para atacarlos, son rasgos fundamentales.

Podemos definir la resolución de problemas como el proceso que partiendo de unos datos iniciales y utilizando un conjunto de procedimientos escogidos, es capaz de

determinar el conjunto de pasos o elementos que nos llevan a lo que denominaremos una solución óptima o semi-óptima de un problema de planificación, descubrir una estrategia ganadora de un juego, demostrar un teorema, reconocer.

Una imagen, comprender una oración o un texto son algunas de las tareas que pueden concebirse como de resolución.

Una gran ventaja que nos proporciona la utilización de los juegos es que a través de ellos es muy fácil medir el éxito o el fracaso, por lo que podemos comprobar si las técnicas y algoritmos empleados son los óptimos. En comparación con otras aplicaciones de inteligencia artificial, por ejemplo comprensión del lenguaje, los juegos no necesitan grandes cantidades de algoritmos. Los juegos más utilizados son las damas y el ajedrez.

### **3.11 Búsqueda sistemática.**

Los problemas de búsquedas, que generalmente encontramos en Ciencias Computacionales, son de un estado determinístico. Por ejemplo, en los algoritmos de búsqueda de anchura y de búsqueda de profundidad, uno sabe la secuencia de los nodos visitados en un árbol.

Sin embargo, los problemas de búsqueda, los cuales siempre tendremos que tratar en Inteligencia artificial, son no determinísticos y el orden de elementos visitados en el espacio de búsqueda depende completamente en el conjunto de datos.

Dependiendo de la metodología de expansión de un espacio de estado y consecuentemente el orden de los estados visitados los problemas de búsqueda se nombran diferentes:

- **Búsqueda de Metas a Profundidad.**
- **Búsqueda de Metas en Anchura.**

- **Búsqueda Óptima.**

#### Búsqueda de metas a profundidad

El algoritmo de más utilizado es el de búsqueda de metas por profundidad. Es llamado así porque sigue cada camino hasta su mayor profundidad antes de moverse al siguiente camino.

Asumiendo que iniciamos desde el lado izquierdo y trabajamos hacia la derecha, la búsqueda de metas por profundidad involucra trabajar todos los caminos debajo del camino de árbol más a la izquierda hasta que un nodo hoja es alcanzado. Si esta es una meta de estado, la búsqueda es completada y reportada como exitosa.

Si el nodo hoja no representa la meta de estado, la búsqueda se dirige atrás y arriba al siguiente nodo más alto que tiene un camino no explorado.

La búsqueda de profundidad es un ejemplo de la búsqueda de fuerza bruta, o la búsqueda exhaustiva. La búsqueda de profundidad es usada por computadoras a menudo para los problemas de búsqueda como ubicar archivos en un disco.

#### **Complejidad de espacio**

Se requiere mayor cantidad de memoria en la búsqueda de profundidad, cuando alcanzamos la mayor profundidad a la primera vez.

#### **Complejidad de tiempo**

Si encontramos la meta en la posición más a la izquierda de profundidad ( $D$ ), entonces el número de nodos examinados es  $(d+1)$ . De otra forma, si encontramos la meta en el extremo derecho a una profundidad ( $D$ ), entonces el número de nodos examinados incluyen todos los nodos en el árbol.

### **3.12 Búsqueda de metas a profundidad.**

El algoritmo de más utilizado es el de búsqueda de metas por profundidad. Es llamado así porque sigue cada camino hasta su mayor profundidad antes de moverse al siguiente camino.

Asumiendo que iniciamos desde el lado izquierdo y trabajamos hacia la derecha, la búsqueda de metas por profundidad involucra trabajar todos los caminos debajo del camino de árbol más a la izquierda hasta que un nodo hoja es alcanzado. Si esta es una meta de estado, la búsqueda es completada y reportada como exitosa.

Si el nodo hoja no representa la meta de estado, la búsqueda se dirige atrás y arriba al siguiente nodo más alto que tiene un camino no explorado.

La búsqueda de profundidad es un ejemplo de la búsqueda de fuerza bruta, o la búsqueda exhaustiva. La búsqueda de profundidad es usada por computadoras a menudo para los problemas de búsqueda como ubicar archivos en un disco.

#### **Complejidad de espacio**

Se requiere mayor cantidad de memoria en la búsqueda de profundidad, cuando alcanzamos la mayor profundidad a la primera vez.

#### **Complejidad de tiempo**

Si encontramos la meta en la posición más a la izquierda de profundidad ( $D$ ), entonces el número de nodos examinados es  $(d+1)$ . De otra forma, si encontramos la meta en el extremo derecho a una profundidad ( $D$ ), entonces el número de nodos examinados incluyen todos los nodos en el árbol.

### 3.13 Búsqueda de metas en anchura.

Una alternativa para la búsqueda de profundidad es la búsqueda de metas de anchura (*amplitud*). Como su nombre indica, este enfoque supone atravesar un árbol por anchura más que por profundidad. El algoritmo de anchura empieza examinando todos los nodos de un nivel (*a veces llamado hebra uno*) abajo del nodo raíz.

Si una meta de estado es alcanzada aquí, el éxito es reportado. De otra forma, la búsqueda continúa ampliando caminos de todos los nodos del nivel en curso, para posteriormente bajar al próximo nivel. De este modo, la búsqueda continúa revisando nodos en un nivel especial, e informará sobre el éxito cuando un nodo meta es encontrado, y reportar una falla si todos los nodos han sido revisados y ningún nodo meta ha sido encontrado.

### Comparativa de casos de búsqueda de profundidad y por anchura

#### Búsqueda Óptima

La búsqueda heurística, trata de resolver los problemas mediante una nueva técnica. Podemos expandir nodos por selección juiciosa, seleccionando el nodo más prometedor, donde estos nodos estarán identificados por el valor de su fuerza comparada con sus competidores homólogos con la ayuda de funciones intuitivas especializadas, llamadas funciones heurísticas.

En algunos casos los algoritmos de búsqueda heurística, son también llamados OR-graphs o “Best First Algorithms” (*Algoritmo de búsqueda óptima*).

La mayoría de los problemas de razonamiento pueden ser representados por un OR-graph, donde un nodo en el grafo denota un problema de estado y un arco representa una aplicación o regla para el estado actual para causar transición de estados. Cuando un número de reglas son aplicables a un estado actual, podemos seleccionar un mejor estado entre el nodo hijo y el siguiente estado.

## Ejemplo de algoritmo de búsqueda óptima

Inicio

Identificar los posibles estados iniciales y medir la distancia ( $f$ ) del más cercano con a la meta; ponerlos en una lista ( $L$ )

Mientras  $L$  no esté vacía has

Inicia

Identificar el nodo  $n$  de  $L$  que tenga el mínimo  $f$ ; Si existe más de un nodo con un  $f$  mínimo, seleccionar uno de ellos, (tomar  $n$ , arbitrariamente)

Si  $n$  es la meta

Entonces regresar  $n$  a lo largo del camino desde el nodo inicial; salir con éxito.

Si no remover  $n$  de  $L$  y agregar todos los hijos de  $n$  a  $L$ , junto con su camino etiquetado desde el nodo inicial

Fin del mientras;

FIN.

### 3.14 Representación de problemas como sistemas de producción, Mecanismos de inferencia, Resolución de conflictos

La representación mediante formalismos lógicos es declarativa pero puede representar procedimientos. Se describen cuales son los pasos para resolver un problema como una cadena de deducciones. La representación se basa en dos elementos:

- **hechos:** proposiciones o predicados;
- **reglas:** formulas condicionales donde el consecuente está formado por un único átomo.

Analogía con búsqueda por reducción a sub-problemas:

- **hechos** = problemas primitivos.
- **reglas** = operadores de reducción.

Un problema queda definido por:

- **Base de hechos:** predicados que describen el problema concreto.
- **Base de conocimiento** (o de reglas): reglas que describen los mecanismos de razonamiento que permiten resolver problemas.
- **Motor de inferencia:** interprete que ejecuta las reglas y obtiene la cadena de razonamiento que soluciona el problema.

La solución de un problema depende del proceso seguido por el intérprete. Terminología de los hechos:

- Los hechos constituyen los datos del problema en forma de:

Base de hechos (BH)

Memoria de trabajo

Memoria a corto plazo

Aserciones

Ejemplos:

- x es un gato
- x es un animal doméstico

Terminología de las reglas:



Ordenada: Encadenamiento hacia adelante (guiado por los datos, deductivo), encadenamiento hacia atrás (guiado por los objetivos, inductivo).

La forma en que elige el conocimiento.

La posibilidad de incorporar metaconocimiento.

El tipo de lógica que emplea en el razonamiento:

Booleana, trivalente, multivalente, difusa.

Monotónica o no monotónica.

Atemporal o temporal.

Lógica de orden 0, orden 0+, orden 1.

El método que utiliza para la evaluación del conocimiento incompleto o incierto:

Determinístico.

Probabilístico.

Aproximado.

Difuso.

### **resolución de conflictos**

Las técnicas de solución de problemas en IA, en general, incorporan un proceso de búsqueda. Todo proceso de búsqueda puede ser visualizado como el recorrido por un árbol en el que cada nodo representa un estado y cada rama representa las relaciones entre los estados cuyos nodos conecta.

En general, las reglas contienen en forma implícita el árbol, y se genera en forma explícita sólo aquellas partes que se decide explorar. Las principales diferencias que pueden aparecer en las diferentes técnicas de búsqueda, son:

La dirección en la cual se conduce la búsqueda (hacia adelante o hacia atrás).

La estrategia de control, o forma de seleccionar las reglas que pueden ser aplicables. Los principales requerimientos de una buena estrategia de control son: que cause desplazamiento en el espacio de estado; y, que sea sistemático.

La forma de representar cada nodo del proceso de búsqueda (representación del conocimiento).

Muchas veces, tratar el proceso como búsqueda en un grafo en lugar de una búsqueda en un árbol, puede reducir el esfuerzo que se gasta en explorar senderos, esencialmente iguales, varias veces. Sin embargo, los requisitos asociados, son:

Cada vez que se genere un nodo se debe chequear para ver si ha sido generado antes.

Se deben introducir procedimientos especiales para que la búsqueda no quede atrapada en algún lazo.

### **3.15 Representación de problemas como sistemas de producción, Resolución de conflictos**

- Los métodos de resolución de problemas que hemos visto son de aplicación general
- Se fundamentan en una función heurística para obtener el orden de exploración de soluciones
- La capacidad expresiva de los heurísticos es reducida
- Una única función no puede representar todas las decisiones de exploración en el problema
- El ahorro en coste computacional es limitado
- Con conocimiento más específico se podrían tomar mejores decisiones Sistemas Expertos

- El objetivo es emular la capacidad de resolución de expertos humanos
- Se construyen por procesos de ingeniería del conocimiento
- Basados principalmente en sistemas de reglas de producción
- Sistemas cerrados con poca capacidad de aprendizaje
- Sistemas Basados en el Conocimiento
- El objetivo es usar conocimiento del dominio para solucionar problemas Incluyen procesos automáticos de adquisición del conocimiento al proceso de ingeniería del conocimiento
- Metodologías y arquitecturas heterogéneas (reglas, casos, modelos cualitativos, agentes inteligentes, computación emergente, ...)
- Sistemas adaptables con capacidad de aprendizaje

## UNIDAD IV APLICACIONES CON TÉCNICAS DE IA E INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN LÓGICA

### 4.1 Robótica

La implantación de robots en prácticamente todos los ámbitos de la sociedad está avanzando vertiginosamente. Un selecto grupo de países lideran la instalación de robots a nivel mundial, y son Estados Unidos, China, Japón, Corea del Sur y Alemania.

Su principal objetivo es abaratar los costes de producción, y aunque hasta hace pocos años, únicamente los veíamos en el sector industrial automatizando puestos de trabajo, ahora también disfrutamos de los robots en hoteles, bares, bancos, consultas médicas, ejerciendo de policías o en catástrofes naturales.

#### Introducción a qué es la robótica

Antes de profundizar con la información más técnica, desde Revista de Robots queremos resolver el significado de algunas preguntas que no son tan sencillas para el amplio público, como por ejemplo:

- Definición de qué es la robótica y significado de qué es un robot
- Para qué sirve un robot en la actualidad
- El origen y el idioma del nombre de robot
- La Historia de los primeros robots
- Tecnología que se emplea para su funcionamiento
- Modelos y tipos de robots que existen
- Dónde se utiliza la robótica en la actualidad y ejemplos

#### Definición de robótica

Podemos definir el significado de la robótica como una ciencia que aglutina varias ramas tecnológicas o disciplinas, con el objetivo de diseñar máquinas robotizadas que sean capaces de realizar tareas automatizadas o de simular el comportamiento humano o animal, en función de la capacidad de su software.

## **Historia de los robots y origen de los primeros autómatas**

Si hacemos un resumen del origen y de la Historia de los Robots, los primeros intentos de representar a personas por medio de máquinas los encontramos en la Antigua Grecia. En ese periodo a los primeros robots los denominaban autómatas, siendo uno de ellos el que fabricó Herón de Alejandría en el 85 a.C.

La etimología del término o el concepto de la palabra robot fue acuñado por un escritor checo llamado Karel Capek en 1920. Era parte del nombre de una obra teatral que había creado llamada R. U. R. (Rossum's Universal Robots), y que trataba sobre una empresa que fabricaba humanos artificiales para evitar el exceso de trabajo de los operarios en las fábricas. La palabra Robot procede de Robbota, que en checo significa trabajo forzado o servidumbre.

Entre los robots antiguos del siglo pasado tenemos que recordar al robot Elektro presentado en 1937, al que también se le conoce como “*el primer robot de la historia*”. Se trataba de un robot humanoide de 2 m de altura y 120 kg que era capaz de andar y de decir 700 palabras

### **¿Quién inventó la robótica industrial?**

La persona que creó el primer robot industrial fue George Charles Devol, y por ello se le señala como el inventor de la robótica y el creador de los primeros robots. Nacido en Kentucky en 1912, George Devol fue un inventor de Estados Unidos que destacó desde pequeño por su inteligencia.

Junto con Joseph F. Engelberger, Devol creó Unimation, empresa dedicada íntegramente a desarrollar los primeros robots industriales.

George Devol desarrolló en 1948 la primera máquina programable de la historia y se caracterizaba porque era fácil de usar y de adaptar a las necesidades. Sería la base para desarrollar robots programables que posteriormente fabricaría junto con Joseph Engelberger en su empresa de

### **Las Tres Leyes de la Robótica**

Posteriormente sería Isaac Asimov el que definió como robótica a la ciencia que se encarga de estudiar y diseñar a los robots. Él mismo fue quien acuñó las “Tres Leyes de la Robótica” para sus novelas de ciencia ficción, las cuales se resumían en:

1. Un robot no puede hacer daño a un ser humano.
2. Un robot debe de cumplir las órdenes dadas por un ser humano mientras no haga daño a ningún otro humano.
3. Un robot debe de velar por su existencia siempre que no sea contradictoria con la primera y la segunda ley.

### **Tipos de robots que existen y cómo se clasifican en la actualidad**

Existen diferentes familias de robots, así como las formas de clasificarlos, y en este caso los vamos a dividir por su funcionalidad:

- Robot industrial. Poseen brazos mecánicos o poliarticulados con diferentes ejes, los cuales pueden ser móviles o fijos.
- Robot de servicios. Son los robots sociales y pueden ser del tipo humanoide, zoomorfos o zoomórficos y móviles. Están destinados a sectores como la salud, el ocio o la defensa militar entre otros.
- Nanorobótica. Son los robots que, por sus reducidas dimensiones, han sido creados para realizar funciones científicas.

Un poco más adelante profundizamos con la información de los diferentes Tipos de Robots que existen, como es el caso de los robots mayordomos, robots educativos, robots agrícolas, robots colaborativos o cobots destinados a la automatización de la industria, los robots cocineros, etc...

### **Características de los robots inteligentes**

También podemos hacer una clasificación de los robots por sus características y por sus capacidades técnicas. Y no sólo hablamos de su capacidad de movimiento, sino por el tipo de programación y nivel de inteligencia que poseen. Aquí debemos de diferenciarlos de los chatbots, ya que un bot para hablar es un robot virtual que se encuentra en un software.

El desarrollo de los Algoritmos de Redes Neuronales de la Inteligencia Artificial está revolucionando el mundo de la robótica, por medio del procesamiento de datos a gran escala. Ello ha proporcionado un sinfín de posibilidades en la evolución de la robótica. Basta recordar los nombres de robots humanoides como Sophia, Thespian e Ibuki que destacan por su capacidad de interacción y el nivel de inteligencia que poseen.

Uno de los mayores esfuerzos en robótica está centrado en investigar cómo mejorar la interacción entre personas y androides. Vemos como día a día empresas privadas y universidades, como por ejemplo la UPV/EHU, buscan que los movimientos de los robots se asemejen cada vez más al de los humanos.

### **Ventajas y desventajas de la robótica**

Los últimos avances en ingeniería robótica han logrado que se puedan implementar en cualquier puesto de trabajo. Son especialmente interesantes para abaratar los costes de producción, pero además también permiten ser empleados en lugares de riesgo o que generen sobrecargas musculares a los operarios, lo que reduce las bajas laborales y la siniestrabilidad.

Otra característica de los robots es que trabajan con una precisión que no se ve alterada por el cansancio, el sueño, turnos de trabajo o enfermedades, pero es que además no necesitan vacaciones ni “de momento” hay que pagar impuestos por ellos.

Si bien es cierto que los robots industriales pueden trabajar 24/7, al igual que sucede con un operario, los robots necesitan que se les haga un mantenimiento preventivo y paliativo.

El mayor inconveniente de la implantación de dispositivos robotizados a los puestos de trabajo es que va seguir causando en la próxima década una destrucción de empleo masiva, principalmente en el sector industrial y servicios. Sin duda es una realidad difícil de ocultar, aunque es igual de evidente que se van a generar millones de nuevos puestos de trabajo en torno a la robótica.

### **¿Para qué sirve la robótica y dónde se utiliza un robot?**

El progreso de la robótica es imparable, lo que permite que se emplee en prácticamente todos los ámbitos laborales, desde el sector industrial, servicios y quirúrgico hasta el aeroespacial entre muchos otros. Al ofrecer un gran abanico de soluciones, cada una de esas áreas requiere de sus correspondientes particularidades robotizadas. Basta recordar que la tecnología de un mayordomo inteligente es distinta al del diseño de robots de combate.

Si quieres conocer para qué sirve la robótica y cómo funcionan los robots de investigación, a continuación enumeramos y posteriormente detallamos algunos de los sectores en los que los robots están adquiriendo mayor protagonismo:

### **¿Qué es la automatización y la robótica Industrial?**

La robótica industrial hace referencia a los robots destinados a la automatización de los procesos de fabricación dentro del sector industrial. Estos dispositivos robotizados llevan implantados en las cadenas de montaje desde hace más de cuatro décadas. Sin embargo ha sido en los últimos años en los que han experimentado un gran avance en sus prestaciones. Ha sido gracias a las innovaciones que se han producido en tecnologías paralelas y a la vez asociadas a la robótica, como son la Inteligencia Artificial y la Visión Artificial.

Están diseñados para realizar trabajos de todo tipo de complejidad y son especialmente atractivos a la hora de realizar actividades repetitivas y de esfuerzo, así como tareas que son peligrosas para los humanos. Todo el trabajo que desarrollan lo realizan sin verse resentidos por falta de sueño, enfermedades o fatiga.

Una de sus particularidades es que poseen múltiples brazos y ejes sobre los que pueden rotar, lo que les permite ser muy versátiles. Son capaces de realizar soldaduras, montajes, ensamblajes, ajustes, colocar piezas, realizar mapas tridimensionales de las piezas, radiografiar soldaduras, transportar y apilar material, y así hasta un sinfín de funcionalidades.

A principios de siglo era Japón el país que más robots industriales tenía instalados. Sin embargo en 2019, es China el país que lidera ese ranking, con un total de 148.000 robots

industriales instalados en 2018. Son unas cifras asombrosas dadas por el Instituto Chino de Electrónica, las cuales representan el 38% de los robots instalados en el mundo.

Si la economía global no se estanca como consecuencia de la guerra comercial que en la actualidad mantienen EE.UU y China, la Federación Internacional de Robótica prevé que, para el 2021, en China haya 130 robots por cada 100.000 habitantes.

## 4.2 Redes Neuronales (RN).

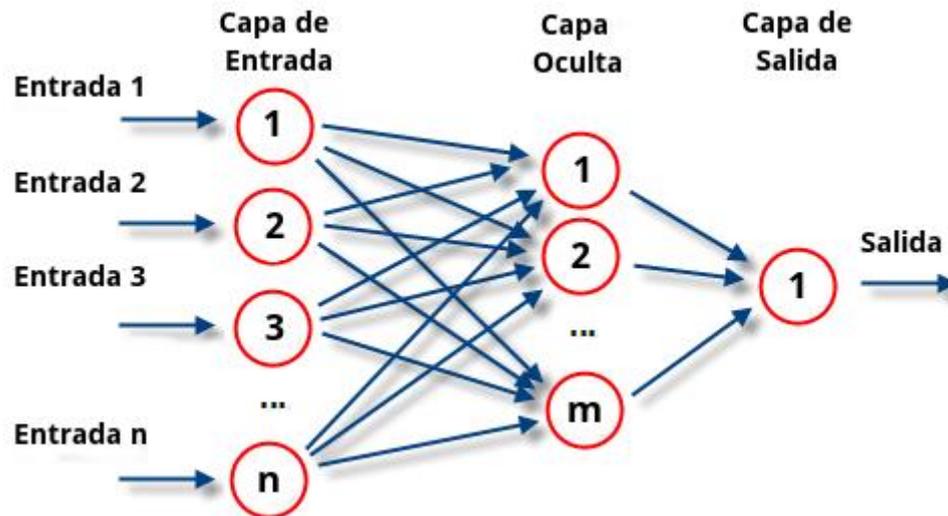
Las redes neuronales artificiales son un modelo inspirado en el funcionamiento del cerebro humano. Está formado por un conjunto de nodos conocidos como neuronas artificiales que están conectadas y transmiten señales entre sí. Estas señales se transmiten desde la entrada hasta generar una salida.

### ¿Cuál es su objetivo?

El objetivo principal de este modelo es **aprender modificándose automáticamente a si mismo** de forma que puede llegar a realizar tareas complejas que no podrían ser realizadas mediante la clásica programación basada en reglas. De esta forma se pueden automatizar funciones que en un principio solo podrían ser realizadas por personas.

### ¿Cómo funcionan?

Como se ha mencionado el funcionamiento de las redes se asemeja al del cerebro humano. Las redes reciben una serie de valores de entrada y cada una de estas entradas llega a un nodo llamado neurona. Las neuronas de la red están a su vez agrupadas en capas que forman la red neuronal. Cada una de las neuronas de la red posee a su vez un peso, un valor numérico, con el que modifica la entrada recibida. Los nuevos valores obtenidos salen de las neuronas y continúan su camino por la red. Este funcionamiento puede observarse de forma esquemática en la siguiente imagen.



Una vez que se ha alcanzado el final de la red se obtiene una salida que será la predicción calculada por la red. Cuantas más capas posea la red y más compleja sea, también serán más **complejas las funciones** que pueda realizar.

Entrenamiento de las redes neuronales. Backpropagation o propagación hacia atrás

Para conseguir que una red neuronal realice las funciones deseadas, **es necesario entrenarla**. El entrenamiento de una red neuronal se realiza modificando los pesos de sus neuronas para que consiga extraer los resultados deseados. Para ello lo que se hace es introducir datos de entrenamiento en la red, en función del resultado que se obtenga, se modifican los pesos de las neuronas según el error obtenido y en función de cuanto haya contribuido cada neurona a dicho resultado. Este método es conocido como Backpropagation o propagación hacia atrás. Con este método se consigue que la red aprenda, consiguiendo un modelo capaz de obtener resultados muy acertados incluso con datos muy diferentes a los que han sido utilizados durante su entrenamiento.

Pese a que en la actualidad se ha popularizado su uso, las redes neuronales existen desde la década de 1950. Sin embargo, la poca potencia de los equipos de aquella época y la inexistencia de algoritmos que permitiesen a las redes aprender de forma eficiente

provoco que estas dejasen de usarse. Ha sido posteriormente, gracias a la creación del algoritmo de Backpropagation, al uso de GPUs que permiten realizar grandes optimizaciones para este tipo de cálculos y al mayor número de datos disponibles para entrenamiento, cuando las redes neuronales han vuelto a resurgir y a ganar protagonismo en diversos campos. Gracias a estas mejoras ha sido posible la aparición del Deep Learning, el cual se basa en el uso de redes neuronales profundas, es decir, redes formadas por un gran número de capas para tareas complejas.

### **Funciones de las redes neuronales**

El alcance de las funciones de las redes neuronales es muy amplio, debido a su funcionamiento, son capaces de aproximar cualquier función existente con el suficiente entrenamiento. Principalmente las redes neuronales son utilizadas para tareas de predicción y clasificación. Su rango de actuación es amplio y de gran utilidad hoy en día, no solo se utilizan para aplicaciones de Industria 4.0 (reconocimiento de piezas y defectos que no han sido introducidos previamente por ejemplo), sino que son utilizados en otras áreas como la economía, en la que pueden ayudar a predecir cuanto van a variar los precios a lo largo de los años, o incluso en medicina donde son de gran ayuda para diagnosticar diversos problemas de salud.

### **4.3 Visión artificial.**

La visión artificial permite tener un control total de la producción, identificando si hay algún defecto en el producto. Su precisión supera a la del ojo humano, llegando a descubrir desperfectos en tamaños menores a 0,05mm. Es aplicable a cualquier tipo de industria o producto: se pueden identificar fisuras en metal; una impresión defectuosa; tamaño inadecuado; etcétera.

Cuando se trata de productos compuestos más complejos, la visión artificial permite comprobar que cada pieza esté en su lugar y verificar que el montaje final sea correcto.

## La visión artificial aplicada a un robot paletizador

La visión artificial emula a la visión humana, pero con una gran diferencia. La visión humana tiene características que tienden a lo cualitativo, mientras que la artificial se centra más en observaciones cuantitativas. Por eso se convierte en una herramienta extraordinaria a la hora de hacer mediciones exactas: tamaños, paralelismos, rectitud.

Este sistema, aplicado a un robot paletizador -de tableros, por ejemplo- permite comprobar que el grosor de la plancha sea el correcto, verificar los ángulos de corte, o que no haya ningún desperfecto en la superficie. Si el robot detectase que algo no cumple con los criterios establecidos, desecharía la plancha de madera a una dársena de descarte.

## La visión artificial es clave para los robots “pick and place”

Un sistema “pick and place” es una solución industrial que consiste en coger un producto y posicionarlo en otro lugar. Cuando el producto avanza desordenado por la línea de picking, el robot debe ser capaz de calcular la trayectoria, la velocidad, la posición del producto... o incluso el tipo de producto (diferenciación por color) para entender cuál es la mejor forma de coger la pieza y reubicarla en la posición correcta. Y esta información llega a través del sistema de visión artificial.

## Tipos de sistema de visión artificial

Hay diferentes sistemas de visión artificial que se pueden integrar en un proyecto de automatización. Algunos son sencillos sensores y otros usan una tecnología bastante compleja. La utilización de un tipo u otro dependerá de las necesidades del proyecto.

- **Sensores de visión:** son sistemas sencillos de instalar, pero también más básicos. Su tarea se limita a detectar el paso -de un objeto- o el fallo.
- **Cámaras inteligentes y sistemas de visión integrados:** ofrecen mejores prestaciones que los sensores de visión y tienen una gran potencia de cálculo. Esto les permite dar solución a la mayoría de aplicaciones de visión industrial.

- **Sistemas de visión avanzados:** guardan muchas similitudes con lo anteriores, pero cuentan con un hardware mucho más potente. Esto permite al sistema analizar una gran cantidad de datos simultáneamente y trabajar con algoritmos de análisis más avanzados.

#### 4.4 Lógica difusa (Fuzzy Logic).

La lógica difusa en relación a la inteligencia artificial es un sistema lógico computacional para procesar datos obtenidos del mundo real, con el objetivo de categorizar cierta información en un rango de dos polos opuestos, generalmente se indica como aquellos valores entre lo verdadero y falso.

La complejidad en utilizar ciertas características del lenguaje humano en sistemas computacionales, radica en la **falta de precisión**. Términos típicos como *pequeño* o *grande*, no pueden ser medibles con exactitud debido a la variabilidad que existe en un rango que cada individuo le asigna a dichos términos. Además, el contexto en el que se expresa estas palabras son altamente importantes para tener una referencia de la magnitud de cada término.

Actualmente, es posible combinar la lógica difusa y la inteligencia artificial para desarrollar **nuevos sistemas tecnológicos** en diversas áreas de estudio.

#### Aplicaciones de la lógica difusa en la inteligencia artificial

Existen diversas aplicaciones de la lógica difusa en combinación con la inteligencia artificial:

**Sistemas de vigilancias:** Debido a que los sistemas de vigilancia manejan diversos parámetros que no son fijos en su medición, como la humedad del aire, la temperatura, las inundaciones y los movimientos en general, la lógica difusa tiene un papel importante en la aplicación de estos sistemas de protocolos.

**Sistemas de aires acondicionados:** Las diferentes formas de categorizar la temperatura en un ambiente determinado, hace que la lógica difusa desempeñe un papel racional utilizando las clasificaciones que ofrecemos desde una perspectiva humana. Los términos utilizados son: demasiado frío, frío, templado, caluroso, y muy caluroso. Al ser mediciones relativas, la forma apropiada de proceder es asignar un rango de valores a cada resultado. Esto significa que se

pueden elaborar sistemas avanzados para ofrecer un **preciso ambiente de confort** en un espacio dado.

**La meteorología:** La lógica difusa en la inteligencia es también aplicable a los fenómenos meteorológicos. Debido a la naturaleza de los datos que se producen en la meteorología, se pueden extraer situaciones donde se apliquen categorizaciones de los diferentes datos atmosféricos, tal como: poco viento, mucho viento, mucha lluvia, lluvia lejana, poca lluvia y mucha humedad.

**Procesos industriales:** Dentro de los procesos industriales existen aspectos que involucran la comprobación y certificación de los productos que van resultando durante la fabricación. En este caso, la lógica difusa se emplea para identificar elementos con **ciertos defectos**, cuyas imperfecciones se han preestablecidos para su correcta identificación.

**Sistemas de reconocimiento de escritura:** Un reto importante de la inteligencia artificial es la posibilidad de reconocer patrones de escritura. El objetivo es poder realizar actividades que son únicamente posible por los humanos. La lógica difusa se emplea para reconocer ciertos patrones previamente establecidos y encontrar similitudes en los mensajes que son escritos de manera diferentes, pero que expresan el **mismo significado**. Además, se busca procesar los caracteres de la escritura manual, cuyos datos pueden ser altamente difíciles de asimilar por las máquinas.

**Sistemas de reconocimiento facial:** Existen sistemas de reconocimiento facial basados en la lógica difusa. Concretamente, en los sistemas de reconocimiento de expresiones faciales, pueden ser utilizados de la siguiente manera: Mecanismo que, mediante la transformación de datos que se obtienen del espacio exterior, son convertidos a **valores difusos**, y luego procesados para generar una **salida difusa**, cuyo procedimiento es denominado *proceso de inferencia*. Posteriormente, se almacenan los valores para permitir una solución de los problemas por la cual fue diseñado el sistema. Por último, se procede a invertir los valores difusos a **valores exactos**.

**Bases de datos difusas:** La gran cantidad de información de carácter difuso disponible en diferentes áreas de trabajo o estudio, permite que la combinación entre la lógica difusa y la base de datos tradicional, formen un concepto de alta utilidad en el ámbito tecnológico. El objetivo consta en **almacenar** información difusa y no difusa, **operar** con dichos datos, y **consultar** la información cuando se es requerido.

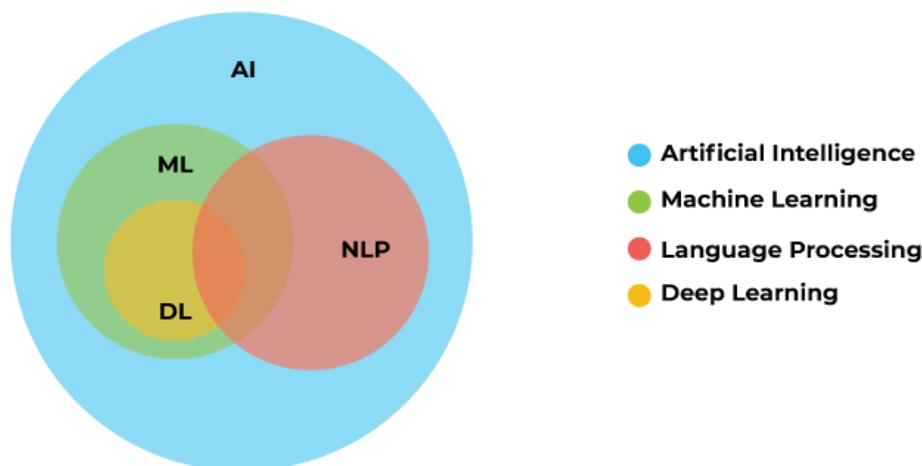
## 4.5 Procesamiento de Lenguaje Natural

Aunque el Procesamiento del lenguaje natural, el Aprendizaje automático y la Inteligencia artificial se utilizan a veces indistintamente, tienen definiciones diferentes. La IA es un término general para las máquinas que pueden simular la inteligencia humana, mientras que el PLN y el aprendizaje automático son subconjuntos de la IA.

**La Inteligencia artificial** es una parte del campo más amplio de la Informática que permite a los computadores resolver problemas que antes resolvían los sistemas biológicos. La IA tiene muchas aplicaciones en la sociedad actual. El PLN y el aprendizaje automático forman parte de la IA.

**El Procesamiento del lenguaje natural** es una forma de IA que da a las máquinas la capacidad no solo de leer, sino de entender e interpretar el lenguaje humano. Con el PLN, las máquinas pueden dar sentido al texto escrito o hablado y realizar tareas como el reconocimiento del habla, el análisis de sentimientos y el resumen automático de textos.

**El aprendizaje automático** es una aplicación de la IA que proporciona a los sistemas la capacidad de aprender automáticamente y mejorar a partir de la experiencia sin ser programados explícitamente. El aprendizaje automático puede utilizarse para ayudar a resolver los problemas de la IA y para mejorar el PLN automatizando los procesos y ofreciendo respuestas precisas.



Como podemos ver en la Figura 1, el PLN y el aprendizaje automático forman parte de la IA y ambos subconjuntos comparten técnicas, algoritmos y conocimientos.

### Cómo se puede aplicar el Procesamiento del lenguaje natural

Algunas soluciones basadas en el PLN son la traducción, el reconocimiento de voz, el análisis de sentimientos, los sistemas de preguntas/respuestas, los chatbots, el resumen automático de textos, la inteligencia de mercado, la clasificación automática de textos y la revisión automática de la gramática. Estas tecnologías ayudan a las organizaciones a analizar los datos, a descubrir perspectivas, a automatizar procesos que consumen mucho tiempo y/o a obtener ventajas competitivas.

## **Traducción**

La traducción de idiomas es más compleja que un simple método de sustitución de palabras. Dado que cada idioma tiene sus propias reglas gramaticales, el reto de traducir un texto es hacerlo sin cambiar su significado y estilo. Como los computadores no entienden la gramática, necesitan un proceso en el que puedan deconstruir una frase y luego reconstruirla en otro idioma de forma que tenga sentido.

Google Translate es una de las herramientas de traducción en línea más conocidas. En su día, Google Translate utilizó la traducción automática basada en frases (PBMT), que busca frases similares entre distintos idiomas. En la actualidad, Google utiliza en su lugar la Traducción Automática Neural de Google (GNMT), que utiliza el aprendizaje automático con el PLN para buscar patrones en los idiomas.

## **Reconocimiento de voz**

El reconocimiento de voz es la capacidad de una máquina para identificar e interpretar frases y palabras del lenguaje hablado y convertirlas en un formato legible por la máquina. Utiliza el PLN para permitir que los computadores simulen la interacción humana, y el aprendizaje automático para responder de forma que imite las respuestas humanas.

Google Now, Alexa y Siri son algunos de los ejemplos más populares de reconocimiento de voz. Simplemente diciendo “llamar a Jane”, un dispositivo móvil reconoce lo que significa ese comando y ahora hará una llamada al contacto guardado como Jane.

## **Análisis de sentimientos**

El análisis de sentimientos utiliza el PLN y el aprendizaje automático para interpretar y analizar las emociones en datos subjetivos como artículos de noticias y tweets. Se pueden identificar las opiniones positivas, negativas y neutras para determinar el sentimiento de un cliente hacia una marca, producto o servicio. El análisis de sentimientos se utiliza para medir la opinión pública, controlar la reputación de la marca y comprender mejor las experiencias de los clientes.

El mercado de valores es un campo sensible que puede estar muy influenciado por las emociones humanas. El sentimiento negativo puede hacer que los precios de las acciones caigan, mientras que el sentimiento positivo puede hacer que la gente compre más acciones de la empresa, haciendo que los precios de las acciones aumenten.

## **Chatbots**

Los chatbots son programas que se utilizan para dar respuestas automáticas a las consultas más habituales de los clientes. Tienen sistemas de reconocimiento de patrones con respuestas heurísticas, que se utilizan para mantener conversaciones con los humanos. Al principio, los chatbots se utilizaban para responder a preguntas básicas con el fin de aliviar los centros de llamadas de gran volumen y ofrecer servicios rápidos de atención al cliente.

Pero los chatbots potenciados por la IA están diseñados para gestionar solicitudes más complicadas, haciendo que las experiencias conversacionales sean cada vez más intuitivas. Los chatbots en la salud, por ejemplo, pueden recolectar datos de entrada, ayudar a los pacientes a evaluar sus síntomas y determinar los siguientes pasos. Estos chatbots pueden concertar citas con el médico adecuado e incluso recomendar tratamientos.

## **Sistemas de preguntas y respuestas**

Los sistemas de preguntas y respuestas son sistemas inteligentes que se utilizan para dar respuesta a las consultas de los clientes. Aparte de los chatbots, los sistemas de preguntas y respuestas tienen una gran variedad de conocimientos y una buena comprensión del lenguaje en lugar de respuestas enlatadas. Pueden responder a preguntas como “¿Cuándo fue asesinado Abraham Lincoln?” o “¿Cómo llego al aeropuerto?” y pueden crearse para tratar datos textuales, audio, imágenes y videos.

Los sistemas de preguntas y respuestas se encuentran en los chats de las redes sociales y en herramientas como Siri y Watson de IBM. En 2011, el computador Watson de IBM compitió en Jeopardy, un programa de juegos en el que primero se dan las respuestas y los concursantes proporcionan las preguntas. El computador compitió contra los dos mayores campeones de todos los tiempos y asombró a la industria tecnológica cuando ganó el primer puesto.

### **Resumen automático de textos**

El resumen automático de textos es la tarea de condensar un texto en una versión más corta, extrayendo sus ideas principales y preservando el significado del contenido. Esta aplicación del PLN se utiliza en los titulares de las noticias, los fragmentos de resultados en la búsqueda web y los boletines de informes de mercado.

### **Inteligencia de mercado**

La inteligencia de mercado es la recopilación de una perspectiva valiosa sobre las tendencias, los consumidores, los productos y los competidores para extraer información procesable que pueda utilizarse para la toma de decisiones estratégicas. La inteligencia de mercado puede analizar los temas, el sentimiento, las palabras clave y la intención en los datos no estructurados y requiere menos tiempo que la investigación documental tradicional.

Gracias a la inteligencia de mercado, las organizaciones pueden captar las consultas de búsqueda y añadir sinónimos contextualmente relevantes a los resultados de búsqueda. También puede ayudar a las organizaciones a decidir qué productos o servicios deben dejar de fabricarse o a qué clientes dirigirse.

### **Clasificación automática de textos**

La clasificación automática de textos es otra solución fundamental del PLN. Es el proceso de asignar etiquetas al texto según su contenido y semántica, lo que permite una recuperación rápida y fácil de la información en la fase de búsqueda. Esta aplicación de PLN puede diferenciar el spam del que no lo es basándose en su contenido.

### **Revisión automática de la gramática**

La revisión automática de la gramática, la tarea de detectar y corregir los errores gramaticales y ortográficos del texto en función del contexto, es otra parte importante del PLN. La revisión automática de la gramática le avisará de un posible error subrayando la palabra en rojo.

### **Ventajas y desventajas del procesamiento del lenguaje natural**

Al igual que muchas otras formas de Inteligencia artificial, el uso del Procesamiento del lenguaje natural tiene ventajas y desventajas.

### **Las ventajas del PLN incluyen:**

Una vez implementado, el uso del PLN es **menos costoso** y más eficiente en términos de tiempo que la contratación de una persona.

El PLN también puede ayudar a las empresas a ofrecer **tiempos de respuesta más rápidos de atención al cliente**. No importa la hora del día o el día de la semana, los clientes reciben respuestas inmediatas a sus preguntas.

Los modelos de aprendizaje automático preentrenados están ampliamente disponibles para que los desarrolladores faciliten las diferentes aplicaciones del PLN, lo que hace que **sea fácil de implementar**.

Los avances del PLN son prometedores, pero también hay algunas desventajas del PLN.

**Las desventajas del PLN son:**

**La formación puede llevar mucho tiempo.** Si hay que desarrollar un nuevo modelo sin utilizar un modelo preentrenado, pueden pasar semanas antes de alcanzar un alto nivel de rendimiento.

Otra desventaja del PLN es que **no es 100 % fiable**. Siempre existe la posibilidad de que se produzcan errores en las predicciones y en los resultados que hay que tener en cuenta.

#### **4.6 Sistemas Expertos (SE).**

Los sistemas expertos reproducen artificialmente la actuación de una persona experta en un determinado dominio del conocimiento o campo de actividad (por eso se encuadran en la rama de la IA – Inteligencia Artificial).

Un sistema experto es capaz de aplicar de forma autónoma procedimientos de inferencia, es decir, lógica: se utiliza un proceso inductivo o deductivo para llegar a una conclusión tras el análisis de una serie de hechos o circunstancias. Problemas que, de ser resueltos por un ser humano, requerirían la intervención de un experto con conocimientos específicos en la materia o disciplina de la que surge el problema.

Un sistema experto es, de hecho, un programa informático que, tras haber sido debidamente entrenado, es capaz de deducir información (output) a partir de un conjunto de datos y fuentes de información (input).

Por decirlo de forma más sencilla, un sistema experto ayuda a encontrar la solución óptima a un problema concreto sin tener que recurrir a un experto en la materia. Un procedimiento que el sistema experto puede llevar a cabo incluso con datos incompletos, trabajando con datos cualitativos más que cuantitativos, utilizando la llamada lógica difusa, es decir, un razonamiento “aproximado” que conduce a resultados altamente probables.

## **Inteligencia artificial y sistemas expertos**

Por tanto, es fácil ver por qué los sistemas expertos entran en el amplio mundo de la inteligencia artificial en lugar de ser clasificados como programas informáticos “normales”: dado un conjunto de hechos, los sistemas expertos son capaces de deducir nuevos hechos.

Una peculiaridad de los sistemas expertos tiene que ver con la “explicación” de las decisiones a las que llega el sistema: un sistema experto siempre es capaz de mostrar los pasos lógicos que subyacen a las decisiones tomadas, lo que se llama Glass Box, un aspecto muy importante si se comparan estos sistemas con las redes neuronales y el Deep Learning más modernos, para los que se habla de Black Box, sistemas con los que no es posible trazar el proceso inductivo y deductivo que lleva a una salida, ya sea una acción o una decisión.

## **Clasificación de los sistemas expertos**

En la actualidad, los sistemas expertos pueden dividirse en dos categorías principales:

1) Sistemas expertos basados en reglas: se trata de sistemas basados en reglas clásicas bien conocidas por el mundo de la informática en la forma IF (condición) y THEN (acción). Dado un conjunto de hechos, los sistemas expertos son capaces de deducir nuevos hechos gracias a sus reglas.

Pongamos un ejemplo muy claro que explique bien cómo funcionan las reglas: tenemos un problema de salud y para llegar a la respuesta a la pregunta “¿cuál es mi problema de salud?” proporcionamos al sistema experto una serie de informaciones (me duele la

cabeza, estoy resfriado, tengo fiebre). El sistema experto llegará a la conclusión de esta manera:

SI DOLOR DE CABEZA + SI FRÍO + SI TEMPERATURA CORPORAL A 38 grados centígrados... ENTONCES GRIPE.

En la práctica, el sistema analiza si se dan todas las condiciones (dolor de cabeza, y resfrío y fiebre) para deducir con alta probabilidad que la conclusión, la respuesta al problema, es la gripe.

2) Sistemas expertos basados en árboles: En este caso, dado un conjunto de datos y algunas deducciones, el sistema experto crea un árbol (de posibles alternativas) que clasifica los distintos datos. Ante un problema, se analizan nuevos datos del árbol y el nodo final representa la solución.

Un sistema experto basado en un árbol es, en esencia, un software experto capaz de reconocer un problema a partir de una secuencia de hechos, decisiones o acciones. Partiendo de una situación inicial, todas las opciones posibles (las condiciones SI, es decir, las posibles alternativas Y/O) se ramifican en situaciones y acciones hasta llegar a una conclusión.

## **Cómo funcionan los sistemas expertos**

Los sistemas expertos se estructuran en tres niveles tecnológicos diferentes:

1) Base de conocimiento: podríamos identificarla como la base de datos de información que el sistema necesita para dar respuesta a un determinado problema, como lo haría el ser humano experto que tiene el conocimiento específico de la materia que se va a aplicar a la resolución del problema. Es el repositorio donde se almacena la información y las reglas que permiten al sistema aplicar el razonamiento;

2) Motor inferencial: la base de conocimientos subyacente a un sistema experto también contiene la información específica de un conjunto de reglas If-Then o Si-Entonces: si se da

una determinada condición -por ejemplo, se hace una determinada pregunta- se aplica una regla específica -por ejemplo, se hace una segunda pregunta o se da una respuesta específica o se inicia una acción específica, etc.

Este “motor de reglas” es, de hecho, el componente de software que, analizando y procesando la información contenida en la base de conocimientos, entiende el problema y propone una solución.

3) Interfaz de usuario: es la parte del software que permite al usuario explotar el motor de inferencia; suele ser una interfaz web, a veces muy simplificada (una página en la que el usuario introduce una pregunta de forma escrita y recibe la respuesta elaborada por el sistema experto en la pantalla) a veces más estructurada (hoy en día también puede integrarse con otros sistemas basados en la inteligencia artificial como el reconocimiento y la comprensión del lenguaje natural).

### **EXTRA >> Cómo funciona la lógica difusa (sistemas de ayuda a la decisión)**

En lugar de basarse en una estructura de toma de decisiones predefinida, los sistemas expertos son capaces de proponer al usuario la mejor alternativa posible encontrando la solución óptima al problema entre todas las disponibles (utilizando la lógica difusa).

La lógica difusa es una teoría matemática que se ocupa de modelar la incertidumbre y es una extensión de la lógica clásica. En la lógica clásica, un concepto es verdadero o falso, no se aceptan “matices” (si lo analizamos en el contexto de la teoría de conjuntos, si algo no pertenece al conjunto A, debe pertenecer al conjunto B). En la realidad humana, las cosas no funcionan de forma binaria, dado que nuestra propia mente no funciona definiendo todo sobre la base de verdadero/falso, blanco/negro, sí/no, etc., y un concepto puede ser parcialmente verdadero o parcialmente falso. Y aquí es donde entra en juego la lógica difusa.

La lógica difusa es especialmente útil para tratar la incertidumbre y la aproximación presentes en la realidad y así es fundamental en los sistemas expertos. La lógica difusa es capaz de representar las situaciones típicas en las que actuaría un ser humano y, por

tanto, puede utilizarse en aplicaciones informáticas como los sistemas expertos que son capaces de responder como lo haría un experto humano.

La lógica difusa es lo que realmente caracteriza a la tercera generación de sistemas expertos.

Los sistemas expertos de la primera generación, nacidos entre finales de los años 60 y principios de los 70, explotaban la lógica booleana (verdadero/falso) y el razonamiento lógico en condiciones de certeza mediante un modelo determinista (causa-efecto). Estos sistemas pronto mostraron su mayor limitación: el razonamiento artificial chocaba con la lógica, de modo que el experto humano era muy superior al sistema experto artificial.

Los sistemas expertos de segunda generación son los que introdujeron el modelo probabilístico, superando así las limitaciones de la lógica que interrumpieron la evolución de los sistemas expertos de primera generación. El modelo probabilístico, a diferencia del determinista, razona sobre la “causa-posible-efecto”. Siguiendo este modelo, los sistemas expertos dieron un gran paso adelante, pero se enfrentaron al hecho de que la respuesta más probable no siempre es la más útil. Un problema importante a la hora de resolver problemas complejos.

Por ello, la lógica difusa se introdujo en los procesos inferenciales en los años 80 y 90, dando lugar a la tercera generación de sistemas expertos. Y es precisamente a partir de esta generación de sistemas expertos cuando se empezó a hablar de sistemas de apoyo a la decisión (DSS). A diferencia de los sistemas expertos clásicos, que eran capaces de dar respuestas a preguntas concretas, gracias a la introducción y uso de las redes bayesianas y las redes de decisión, estos sistemas han evolucionado, dejando de ofrecer respuestas “simples”, pero sí información útil para un proceso de toma de decisiones.

### **Para qué se utilizan los sistemas expertos: ejemplos y ámbitos de aplicación**

Como hemos explicado en los párrafos anteriores, los sistemas expertos se utilizan para encontrar respuestas a problemas complejos que, si se delegaran en el ser humano, requerirían la intervención de expertos en una materia o dominio determinado.

Precisamente por estas características, los sistemas expertos se utilizan en todos los procesos de resolución de problemas. Por ejemplo, realizando tareas/acciones como:

- interpretación: los sistemas expertos analizan datos complejos y potencialmente “ruidosos” para determinar su significado (el sistema experto puede aplicarse en los casos en que es necesario disponer de descripciones de situaciones a partir de datos procedentes de diversas fuentes, por ejemplo, en el ámbito del IoT con datos procedentes de sensores);
- diagnóstico: en algunos casos, los sistemas expertos analizan los datos para determinar una enfermedad y, por tanto, “sugieren” un diagnóstico; en otros, el sistema experto deduce las anomalías o el mal funcionamiento mediante la observación (útil, por ejemplo, en el ámbito del mantenimiento predictivo);
- supervisión: los sistemas expertos analizan los datos para definir si existen condiciones de alarma y, por tanto, si es necesario crear alertas en tiempo real en situaciones críticas (lo que hace el sistema experto es comparar las observaciones en tiempo real para identificar las situaciones de alarma);
- planificación y programación: los sistemas expertos se utilizan aquí porque determinan una secuencia inteligente de acciones para lograr un objetivo determinado;
- predicción: en este caso, el sistema experto se convierte en el elemento a través del cual, aplicando un modelo adecuado del pasado y el presente, se pueden predecir patrones futuros (por ejemplo, en el ámbito económico o político);
- diseño y configuración: en este caso, los sistemas son capaces de diseñar y configurar soluciones/respuestas sobre la base de determinadas especificaciones (el sistema experto configura “objetos”, propuestas, soluciones de acuerdo con las restricciones).

#### 4.7 Introducción a la programación lógica.

La Programación Lógica estudia el uso de la lógica para el planteamiento de problemas y el control sobre las reglas de inferencia para alcanzar la solución automática.

La Programación Lógica, junto con la funcional, forma parte de lo que se conoce como Programación Declarativa, es decir la programación consiste en indicar como resolver un problema mediante sentencias, en la Programación Lógica, se trabaja en una forma descriptiva, estableciendo relaciones entre entidades, indicando no como, sino que hacer, entonces se dice que la idea esencial de la Programación Lógica es

Programa= lógica + control

Lógica (programador): hechos y reglas para representar conocimiento

Control (interprete): deducción lógica para dar respuestas (soluciones)

#### La programación lógica intenta resolver lo siguiente:

Dado un problema S, saber si la afirmación A es solución o no del problema o en qué casos lo es. Además queremos que los métodos sean implantados en máquinas de forma que la resolución del problema se haga de forma automática.

La programación lógica: construye base de conocimientos mediante reglas y hechos

- Regla: implicación o inferencia lógica que deduce nuevo conocimiento, la regla permite definir nuevas relaciones a partir de otras ya existentes

Ej.:

Mortal (x): – humano(x)

x es mortal si x es humano

- Hecho: declaración, cláusula o proposición cierta o falsa, el hecho establece una relación entre objetos y es la forma más sencilla de sentencia

Ej.:

Humano (Sócrates); Sócrates es humano

Ama (Juan, María) ; ama Juan a María

- Consulta: se especifica el problema, la proposición a demostrar o el objetivo  
Partiendo de que los humanos son mortales y de que Sócrates es humano, deducimos que

Sócrates es mortal

Mortal (x): – humano(x);- los humanos son mortales; regla

Humano (Sócrates); Sócrates es humano; hecho

Sócrates es mortal ; consulta

#### 4.8 Mecanismos básicos.

Son predicados predefinidos en PROLOG para las operaciones matemáticas básicas. Su sintaxis depende de la posición que ocupen, pudiendo ser infijos o prefijos. Por ejemplo el operador suma («+»), podemos encontrarlo en forma prefija '+ (2,5)' o bien infija, '2 + 5'.

También dispone de predicados de igualdad y desigualdad.

$X = Y$  igual

$X \neq Y$  distinto

$X < Y$  menor

$X > Y$  mayor

$X \leq Y$  menor o igual

$X \geq Y$  mayor o igual

Al igual que en otros lenguajes de programación es necesario tener en cuenta la precedencia y la asociatividad de los operadores antes de trabajar con ellos. En cuanto a precedencia, es la típica. Por ejemplo,  $3+2*6$  se evalúa como  $3+(2*6)$ . En lo referente a la asociatividad, PROLOG es asociativo por la izquierda. Así,  $8/4/4$  se interpreta como  $(8/4)/4$ . De igual forma,  $5+8/2/2$  significa  $5+((8/2)/2)$ .

El operador 'is'. Es un operador infijo, que en su parte derecha lleva un término que se interpreta como una expresión aritmética, contrastándose con el término de su izquierda.

Por ejemplo, la expresión '6 is 4+3.' es falsa. Por otra parte, si la expresión es 'X is 4+3.', el resultado será la instanciación de X:

$X = 7$

Una regla PROLOG puede ser esta:

Densidad(X,Y) :- población(X,P), área(X,A), Y is P/A.

Algunos comandos básicos

consult.

El predicado `_consult_` está pensado para leer y compilar un programa PROLOG o bien para las situaciones en las que se precise añadir las cláusulas existentes en un determinado fichero a las que ya están almacenadas y compiladas en la base de datos. Su sintaxis puede ser una de las siguientes:

`consult(fichero).`

`consult('fichero.ext').`

`consult('c:\ia\prolog\fichero').`

recon.

El predicado recon es muy parecido a consult, con la salvedad de que las cláusulas existentes en el fichero consultado, reemplazan a las existentes en la base de hechos. Puede ser útil para sustituir una única cláusula sin consultar todas las demás, situando esa cláusula en un fichero. Su sintaxis es la misma que la de consult.

forget.

Tiene como fin eliminar de la base de datos actual aquellos hechos consultados de un fichero determinado. Su sintaxis es:

forget(fichero).

exitsys.

Este predicado nos devuelve al sistema operativo.

#### 4.9 Estructura de un programa

Un programa Prolog está formado por una secuencia de enunciados: hechos, reglas y comentarios.

Una relación puede estar especificada por hechos, simplemente estableciendo objetos que satisfacen la relación o por reglas establecidas acerca de la relación. Cada regla está formada por un primer miembro (o la cabeza de la regla), un segundo miembro (o cola de la regla) ligados por « :- » y termina con el carácter « . ».

código del programa

**\*\* Hechos \*\***

mujer(maria).

hombre(pedro).

hombre(manuel).

hombre(arturo).

### **\*\* Relaciones \*\***

padre(pedro,manuel).

padre(pedro,arturo).

padre(pedro,maria).

### **\*\* Reglas \*\***

nino(X,Y):- padre(Y,X)

hijo(X,Y):-nino(X,Y),hombre(X).

hija(X,Y):-nino(X,Y),mujer(X).

hermano\_o\_hermana(X,Y):-padre(Z,X),padre(Z,Y).

hermano(X,Y):-hermano\_o\_hermana(X,Y),hombre(X).

hermana(X,Y):-hermano\_o\_hermana(X,Y),mujer(X).

## **4.10 Objetos compuestos**

Un programa en Visual Prolog está compuesto de varias secciones que se describen a continuación

- Directivas de compilación: que se dan al comienzo del programa.
- Sección de constantes: puede contener cero, una o varias constantes.
- Sección de dominios: puede contener cero, uno o varios dominios.

- Sección de la base de datos: puede contener cero, uno o varios predicados de la base de datos.
- Sección de predicados: puede contener cero, una o varias declaraciones de predicados.
- Sección de cláusulas: puede contener cero, una o varias cláusulas.
- Sección de meta: para que el programa se ejecute de forma independiente debe existir una meta construida dentro del propio programa.

#### 4.11 Recursividad.

La recursividad es un mecanismo que da bastante potencia a cualquier lenguaje de programación. Veamos un ejemplo de programación recursiva que nos permitirá determinar si un tomo es miembro de una lista dada:

(1) miembro(X,[X|\_]).

(2) miembro(X,[\_|Y]) :- miembro(X,Y).

La regla (1) es el caso base de la recursión. Se evaluar como cierta siempre que coincida la variable X con la cabeza de la lista que se pasa como argumento. En la regla (2) est la definición recursiva. X es miembro de una lista si lo es de la cola de esa lista (la cabeza se comprueba en la regla (1)).

La regla (1) es una simplificación de la regla:

miembro(X,[Y|\_]) :- X = Y.

La traza para el caso de 'miembro(b,[a,b,c]).' es la siguiente:

(1) miembro(b,[a,b,c]) :- b = a. —> no.

(2) miembro(b,[a,b,c]) :- miembro(b,[b,c]).

(1) miembro(b,[b,c]) :- b = b. —> yes.

Si necesitamos conocer la longitud de una lista, emplearemos una función recursiva como la siguiente:

`longitud([],0).`

`longitud([_|Y],L1) :- longitud(Y,L2), L1 is L2 + 1.`

## Bibliografía

Inteligencia artificial

Winston, patrick henry, (1992).

Addison wesley

Inteligencia artificial e ingeniería del Conocimiento

p.m, Gonzalo & p.m, santos. (2006).

Alfaomega.

Sistemas expertos, principios y programación

Giarratano j. & riley g. (1996)

International Thompson.

TITULO	LINK	AUTOR
¿De qué es capaz la inteligencia artificial?	<a href="https://youtu.be/34Kz-PP_X7c">https://youtu.be/34Kz-PP_X7c</a>	DW Documental
Límites éticos para la inteligencia artificial	<a href="https://youtu.be/34Kz-PP_X7c">https://youtu.be/34Kz-PP_X7c</a>	DW Documental
Pasado, presente y futuro de la Inteligencia Artificial	<a href="https://youtu.be/wRDCJkWNGXU?list=TLPQMTgwMzlwMjL1oo_57IKA_g">https://youtu.be/wRDCJkWNGXU?list=TLPQMTgwMzlwMjL1oo_57IKA_g</a>	Paradigma Digital