

# ¿Qué es la Inteligencia Artificial?



UNIVERSIDAD  
CENTRAL

Maestría en Analítica de Datos

Hugo Franco, PhD  
14 de Agosto de 2021



# Contenido de la sesión

1. Motivación
2. Definiciones de inteligencia artificial
3. Evolución histórica de los modelos de IA
4. Tendencias en Inteligencia Artificial
5. La Inteligencia Artificial en la Analítica de Datos
6. Cuestiones éticas y prácticas de la Inteligencia Artificial

Motivación

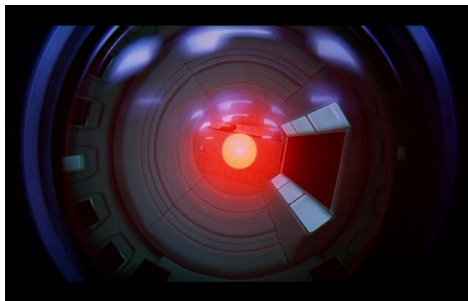
# ¿Por qué “Inteligencia Artificial”?

- Comprensión de la naturaleza de la inteligencia humana como fenómeno emergente a la evolución del sistema nervioso (aproximación materialista de la mente, la conciencia, la propiocepción, etc.)
- Reproducción de las capacidades de la inteligencia humana para la solución de problemas complejos
- Extensión de las capacidades ofrecidas por la inteligencia humana a tareas de mayor dificultad (tiempo, memoria, hostilidad del entorno, etc.)

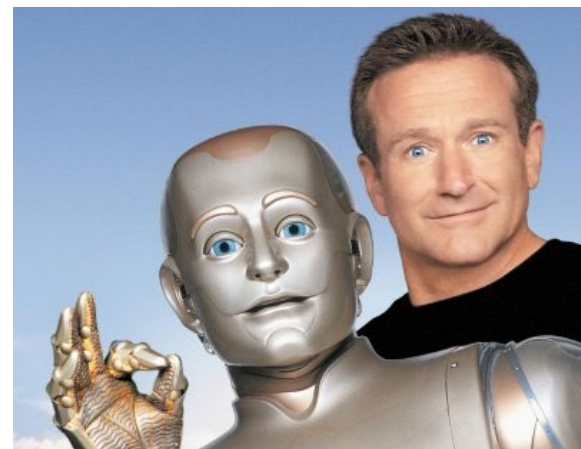
# La IA en la cultura popular

Problemas morales/éticos,  
prácticos

2001, A space odyssey



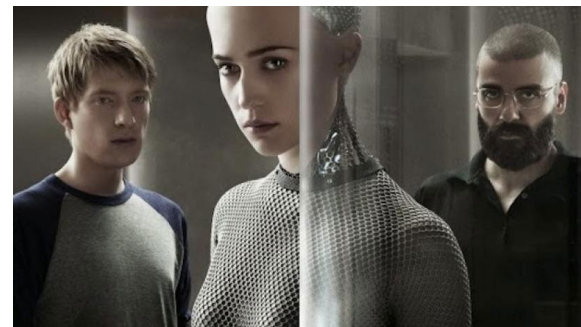
Bicentennial man



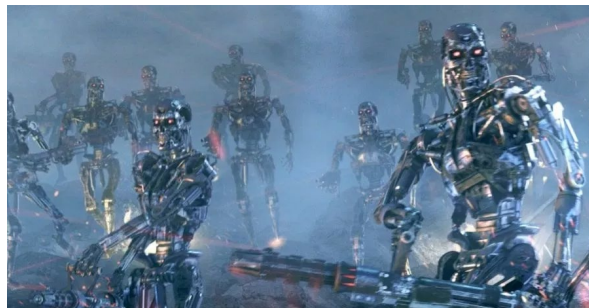
I, robot



Ex machina



Terminator



# Definiciones

# Definiciones generales (Merriam-Webster)

1. La rama de las ciencias de la computación que trata con la simulación del comportamiento inteligente en Computadores
2. La capacidad de una máquina de imitar el comportamiento inteligente humano

# Definiciones específicas del campo

- Construir sistemas que piensen exactamente como los humanos
  - “*Strong AI*”
- Crear sistemas que trabajen sin tener en cuenta cómo funciona el razonamiento humano
  - “*Weak AI*”
- Usar el razonamiento humano como modelo pero no necesariamente como objeto de estudio
  - Ramas aplicadas: machine learning, pattern recognition, computer vision, natural language processing, big data analytics.



# Evolución de los modelos de inteligencia artificial (I)

Según Hintze (2016), la evolución de la investigación en IA plantea al menos cuatro etapas:

**Tipo I - Máquinas reactivas:** emulan la respuesta de la mente humana ante estímulos externos específicos, sin funcionalidad basada en memoria (no refuerzan su comportamiento con la experiencia, luego no “aprenden”). *Ejemplo:* Deep Blue de IBM (jugador automático de ajedrez)

**Tipo II - Máquinas de memoria limitada:** agregan a las habilidades reactivas algún mecanismo de aprendizaje basado en conocimiento experto u obtenido del propio desempeño del sistema en escenarios previos. *Ejemplo:* vehículos autónomos, sistemas de soporte al diagnóstico médico.

# Evolución de los modelos de inteligencia artificial (II)

**Tipo III: Máquinas basadas en la Teoría de la Mente:** parte de los problemas abiertos en inteligencia artificial, estos modelos persiguen reproducir la capacidad de identificar necesidades, emociones creencias y procesos de pensamiento

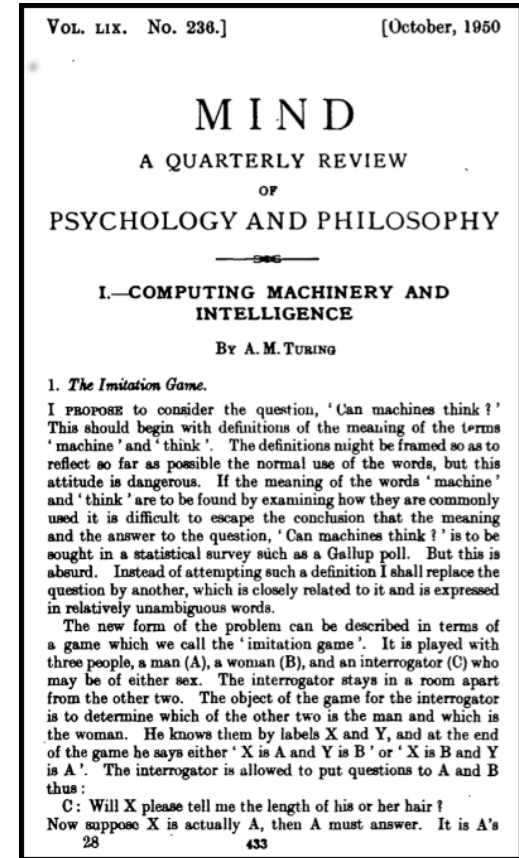
**Tipo IV: Máquinas conscientes de sí mismas:** apenas una perspectiva en el desarrollo de la inteligencia artificial, tales sistemas lograrían tomar consciencia autónoma de su propia existencia y se podrían diferenciar de su entorno

# Evolución histórica de los modelos de la IA

Línea temporal según Russell y Norvig (2016)

# Periodo de Gestación

- Estudio del sistema nervioso y del cerebro desde una perspectiva sistémica (fisiología neuronal - lógica proposicional - computación de Turing). McCulloch & Pitts (1943)
- Formulación del "aprendizaje Hebbiano" (refuerzo de unas conexiones frente a otras en una red de neuronas). Hebb (1949)
- Primera computadora "neuronal". Minsky & Edmonds (1950)
- Formulación del Test de Turing.



Primera página del artículo de Alan Turing "Computing Machinery and Intelligence" (1950).

# Nacimiento del campo

Taller en Dartmouth College (1956): introducción de los principales problemas en el área:

- Uso del lenguaje natural en máquinas
- Capacidad de abstracción y conceptualización .  
Creatividad
- Solución automática de problemas (prueba de teoremas)
- Evolución autónoma

**Hipótesis:** todo aspecto del aprendizaje (y cualquier otro rasgo de la inteligencia humana) puede ser descrita de forma precisa de forma que una máquina pueda reproducirlo



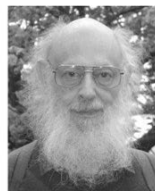
John McCarthy



Marvin Minsky



Claude Shannon



Ray Solomonoff



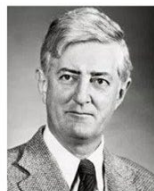
Alan Newell



Herbert Simon



Arthur Samuel



Oliver Selfridge



Nathaniel Rochester



Trenchard More

Participantes del Taller en Dartmouth College del año 1956

Fuente: Villén (2019)

# Formalización de la IA

- General Problem Solver: solución de problemas basada en la generación de heurísticas. Simon & Newell (1959)
- Jugador artificial de "damas" mediante heurísticas -IBM. Samuel (1956)
- Creación del lenguaje funcional LISP. McCarthy (1958)
- Prueba automática de teoremas geométricos -IBM. Gelernter (1959)
- **Formulación del modelo del Perceptrón. Rosenblatt (1968)**
- Proyectos "Micromundos". Dirigidos por Minsky (1962-1974)
- Razonamiento lógico aplicado a la solución de problemas. Sistemas de respuesta a preguntas y de planeación. Green (1969)
- Integración del razonamiento lógico a la robótica, proyecto Shakey (1966-1972)



John McCarthy en 1966. Fuente: BBC

# Inicios del Procesamiento de lenguaje natural (PNL): ELIZA (1966)

- Entre 1964 y 1966, Weizembaum (MIT) desarrolló un sistema de procesamiento de lenguaje natural que emulaba la conversación de un psicoterapeuta “centrado en el paciente”.
- El sistema reconocía palabras clave (keywords) en las frases introducidas por el usuario y seleccionaba una respuesta desde una base de plantillas, buscando evitar la repetición.
- Carecía de cualquier comprensión del contenido del mensaje introducido (semántica).
- El propio Weizembaum se mostró escéptico de sus perspectivas (superficialidad de las conversaciones, responsabilidad del intérprete).

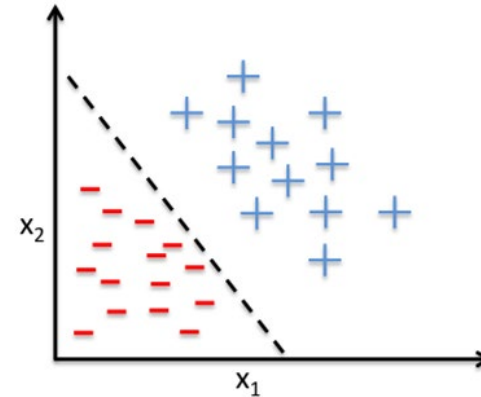
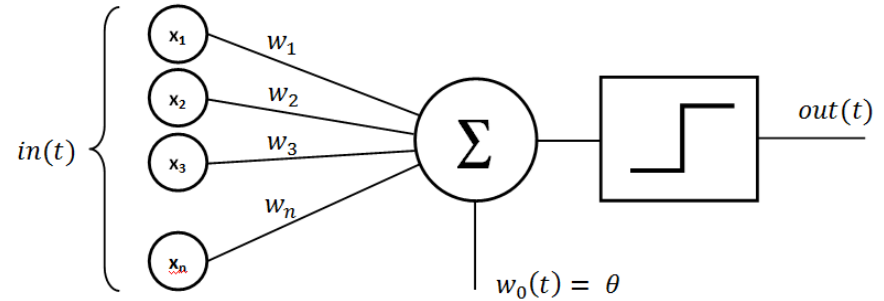
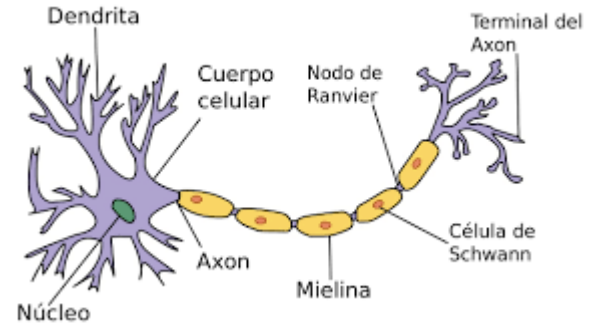
```
=====
EEEEEEEE L      IIIIII ZZZZZZZ      AAA
E        L      I      Z      A  A
E        L      I      Z      A  A
EEEEEE   L      I      Z      AAAAAA
E        L      I      Z      A  A
EEEEEEEE LLLLLLLL IIIIII ZZZZZZZ      A  A
=====
ELIZA > (PLEASE TYPE IN ALL CAPS) WHAT'S YOUR NAME DEAR ?
AMIT
ELIZA > HI, I'M ELIZA. WHAT DO YOU WANT TO TALK ABOUT ?
AMIT > CAN I TALK ABOUT MY PROBLEM ?
ELIZA > SURE...!
AMIT > DUE TO ON GOING EXAMS IN COLLEGE, I HAVE A LOT OF STRESS.
ELIZA > PLEASE RELAX A LITTLE. SLEEP WELL.
AMIT > THANKS FOR YOUR ADVICE.
ELIZA > NO MENTION.
AMIT > BYE
ELIZA > BYE AND KEEP IN TOUCH...
=====
```

Una versión simplificada (humorística) se encuentra en:

<https://www.masswerk.at/elizobot/>

# El perceptrón de Rosenblatt

- Uno de los primeros modelos formales de la fisiología de la neurona biológica
- Representa la capacidad de generar una salida correspondiente a un nivel de activación de acuerdo con unos parámetros de entrada y una ponderación asignada (importancia) a cada entrada
- Permite hacer tareas básicas de clasificación, pues implica la partición del espacio n-dimensional (según número de entradas) en dos subdominios separados por un hiperplano (combinación lineal)





# Crisis

- Reveses en las predicciones sobre la evolución del campo (paso de problemas simples o "académicos" a problemas complejos - predicciones de Simon)
- Modelos de traducción automática (análisis de lenguaje natural). Resultados magros o adversos en sistemas de traducción de textos científicos Ruso-Inglés. Corte de fondos a la investigación en el área (1966)
- Críticas a la capacidad de generalización de los modelos de IA (aplicación en el mundo real)
- Modelos bioinspirados (p.ej. algoritmos genéticos, perceptrones). Resultados mixtos. Limitaciones del poder de cómputo y la capacidad de representación.



*La puesta en órbita del satélite Sputnik I y el espionaje introdujeron en EE.UU. el interés en la traducción automática de textos*

# Sistemas basados en Conocimiento

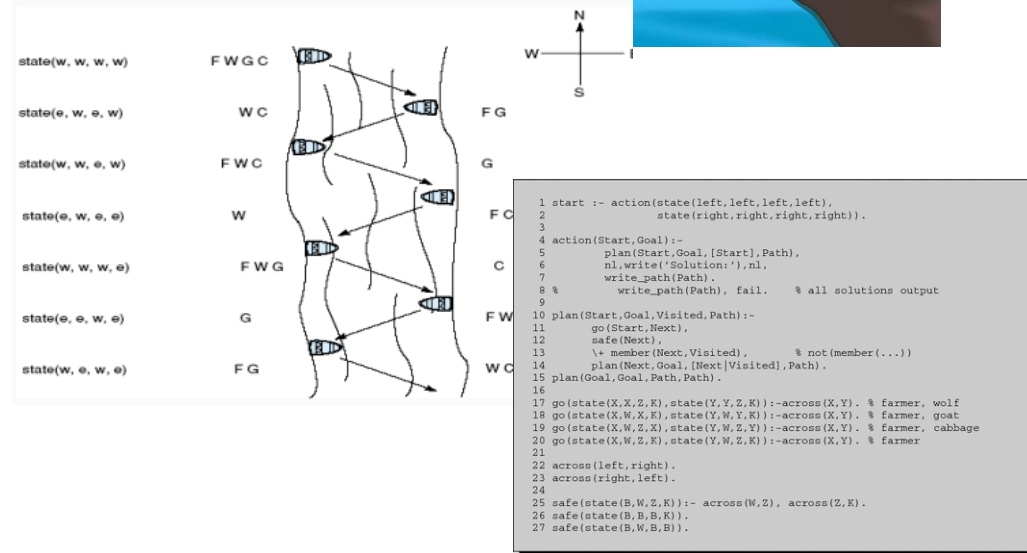
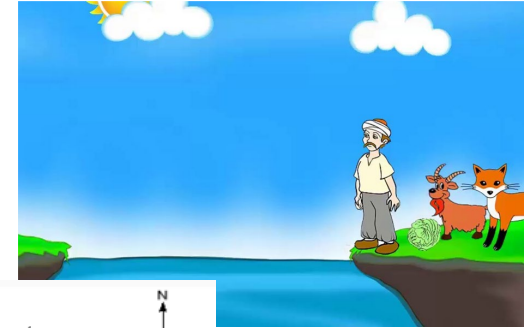
- Cambio del abordaje a la solución de problemas desde las aproximaciones "débiles" hacia el uso de modelos específicos basados en conocimiento previo sobre el problema (razonamiento vs. optimización)
- Proyecto Dendral: determinación de estructura molecular a partir de la fórmula química e información de espectrografía (1969-1971).
- Auge de los Sistemas Expertos (sistemas basados en reglas). Modelos de lógica difusa. Aplicaciones industriales en Sistemas de Control (década de 1970)
- Lenguaje de programación lógica Prolog, Solución de problemas basados en representaciones sobre cláusulas lógicas en su contexto.



Arquitectura de un sistema basado en conocimiento.  
Bello et al. (2002)

# Programación no declarativa (lógica y funcional)

- Proviene de la formulación Lambda de la computación (Alonzo Church), por contraposición a la aproximación de la Máquina de estados con cinta infinita (Alan Turing).
- La tesis de Church-Turing implica que las dos aproximaciones son equivalentes (resuelven el mismo tipo de problemas).
- Los problemas se resuelven mediante cláusulas lógicas (Prolog) o Funciones (LISP)



# Introducción a la industria

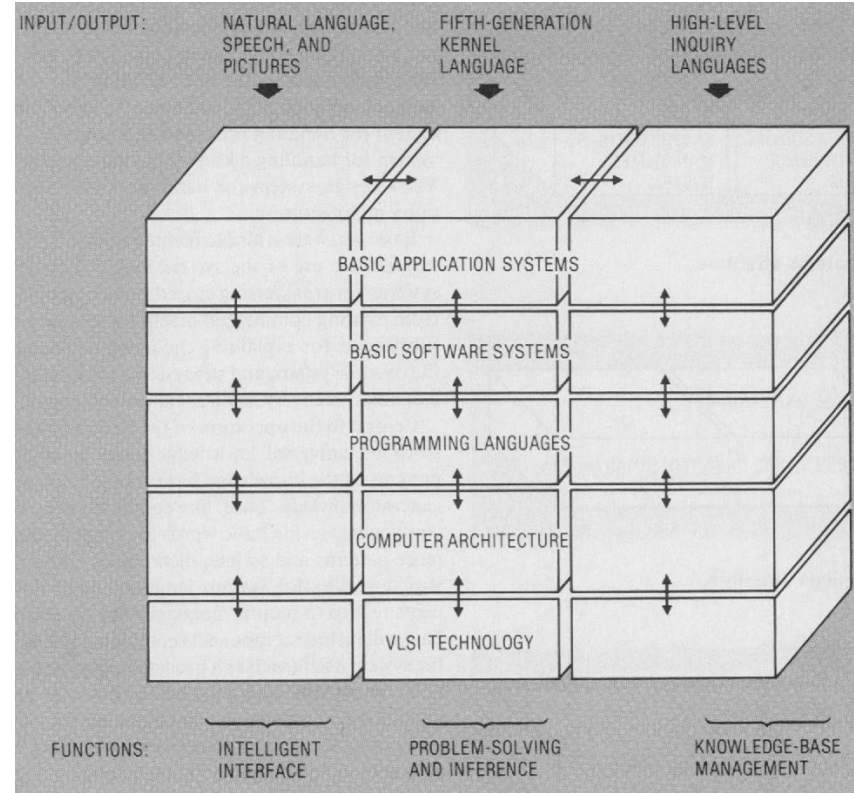
Sistemas de cómputo basados en Prolog y Sistemas Expertos para la industria, con poca duración (1981-1982):

- Fifth Generation (Japón)
- MCC (Estados Unidos)

Sistema experto R1 ed la Digital Equipment Corporation (1982) para la asistencia a la compra de equipos VAX según las necesidades de los clientes

Sistemas expertos en control de plantas eléctricas, reactores químicos y sistemas de distribución

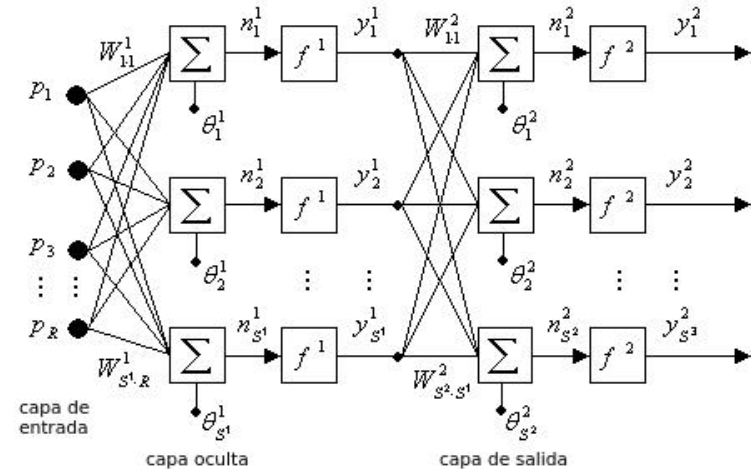
"Invierno de la IA" (declive del negocio, hacia 1988)



Arquitectura del computador lógico "Fifth Generation" de Japón.  
Fuente: Treleven, P.C. y Lima, I.G. (1982)

# Introducción de las redes neuronales

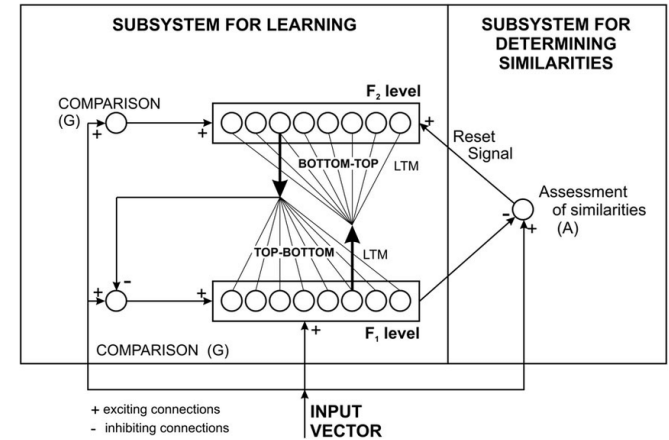
- Reformulación del método "backpropagation" (mediados de la década de los 80). Originalmente por Byrson & Ho (1969)
- Colección "Parallel Distributed Processing" (Rumelhart & McClelland, 1986). Auge de modelos ANN (Artificial Neural Network).
- Presentación como alternativa al cálculo simbólico (Simon, Newell) y lógico (McCarthy)
- Múltiples aplicaciones en ámbitos académicos y de investigación, pocas llegan a la industria (reconocimiento de caracteres, algunos sistemas de control "neurodifuso", etc.)
- Declive progresivo hacia inicios de la década de 1990, en favor de otros modelos



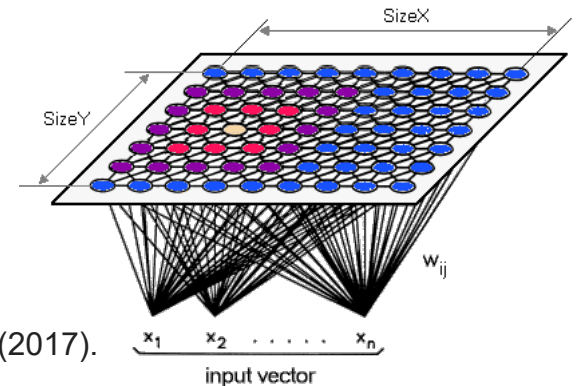
Esquema de una red neuronal "feedforward" completamente conectada. Fuente: adaptado de Demuth et al. (2014).

# Redes Neuronales (primera generación)

- Perceptrones multicapa (redes feedforward)
- Redes Adaline-Madaline
- Modelos de resonancia adaptativa (ART)
- Redes autorregresivas
- Mapas autoorganizados, redes de Kohonen



Modelo de resonancia adaptativa. Fuente: Babic (2011)



Red de Kohonen (Mapa autoorganizado)

Fuente: Ciaburro, G., & Venkateswaran, B. (2017).

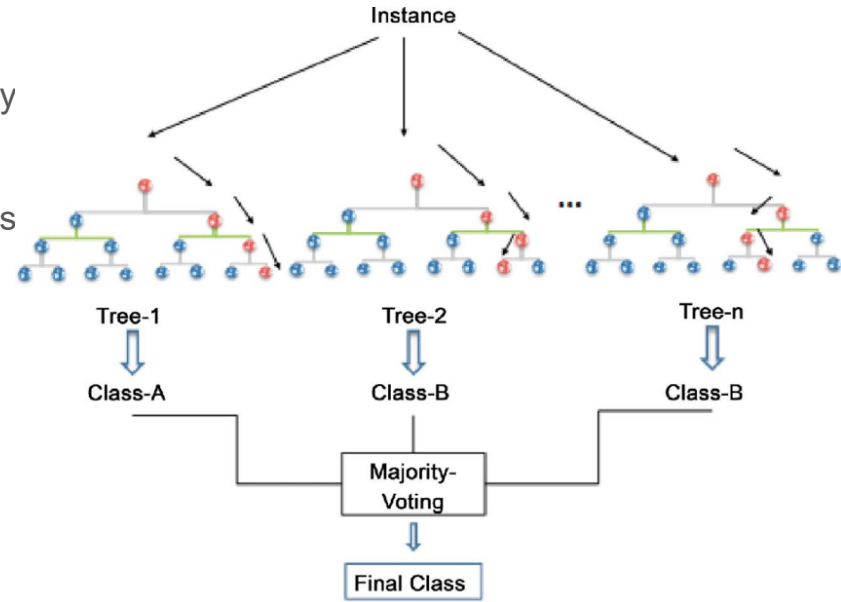
# DeepBlue (IBM): heurísticas en búsquedas complejas sobre sistemas de cómputo de alto desempeño

- Supercomputador masivamente paralelo de IBM basado en RS/6000 con 30 nodos, cada uno con 30 microprocesadores a 120 MHz adaptado al ajedrez
- Entre 1996 y 1997, enfrentó en partidas reglamentarias al campeón mundial de la época, Garry Kasparov.
- El sistema solo podía ser intervenido entre partidas, durante la partida debía jugar de manera no-asistida (autónoma). Fue actualizado después de las 3 primeras partidas, sumando 480 procesadores y nuevo software, para alcanzar 200 movidas evaluadas por segundo.
- La aproximación se basó en el uso de heurísticas complejas adaptadas a los objetivos del ajedrez, reforzadas con conocimiento de partidas históricas y alta capacidad de procesamiento
- El sistema ganó con un puntaje de  $3\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}$



# Era del *Machine Learning*

- Aplicación de metodologías rigurosas desde lo matemático y formulación de modelos alternativos a las ANN
- Uso de modelos estadísticos: cadenas de Markov y Modelos Ocultos de Markov. Naïve Bayes y Redes bayesianas
- Máquinas de soporte vectorial. Uso intensivo de representaciones algebraicas multidimensionales, formas complejas de representación de datos y sus relaciones (métricas, analogías geométricas)
- Árboles de decisión y modelos de representación del conocimiento. Bosques aleatorios (ra
- En la industria, introducción de la Minería de Datos y el Descubrimiento de Conocimiento en Bases de Datos. Business Intelligence, Data Warehouses, Modelos OLAP
- Aproximaciones no supervisadas: Clustering (KNN, Mapas autoorganizados, etc.)



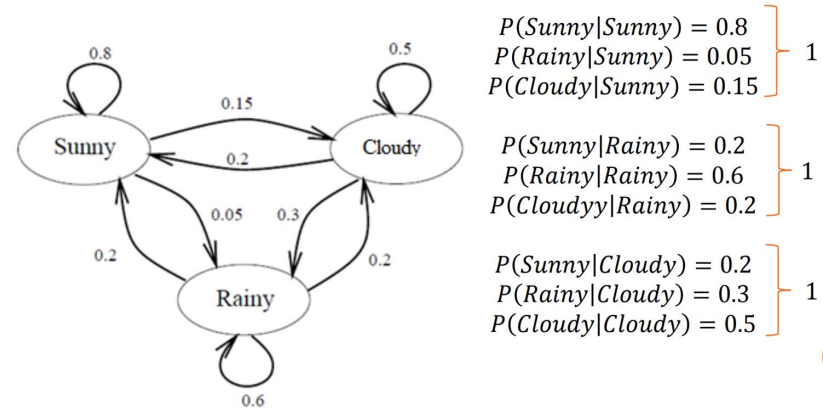
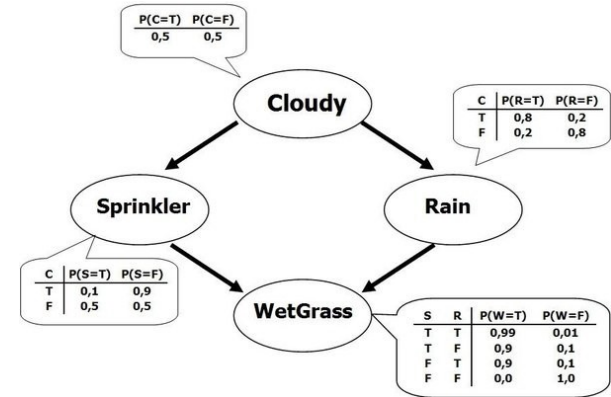
Esquema general de un bosque aleatorio (random forest).  
Fuente: Koehrsen, W. (2017)



# Modelos probabilísticos

Hacen uso de representaciones probabilísticas del conocimiento sobre un problema específico, usualmente como probabilidades condicionales y modelos de distribución de datos orientados a la inferencia

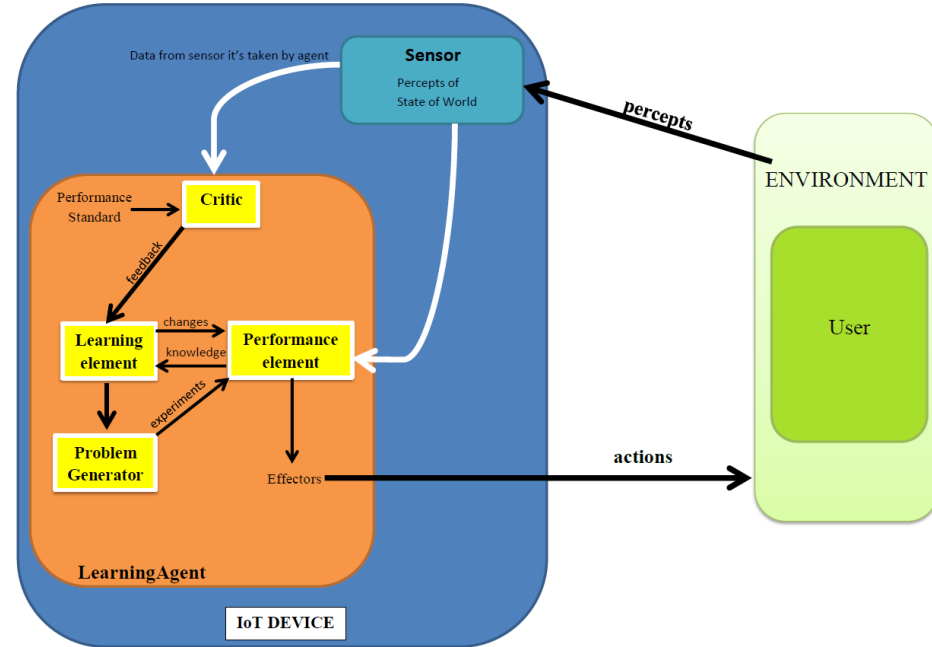
- Modelos ocultos de Markov
- Clasificador Naïve Bayes
- Redes bayesianas
- Modelos de aprendizaje bayesiano
- Aprendizaje estadístico (Statistical Learning)



Modelo oculto de Markov. Fuente: Godayal y Malotra (2018)

# Agentes inteligentes: robótica, IOT y modelado de la inteligencia

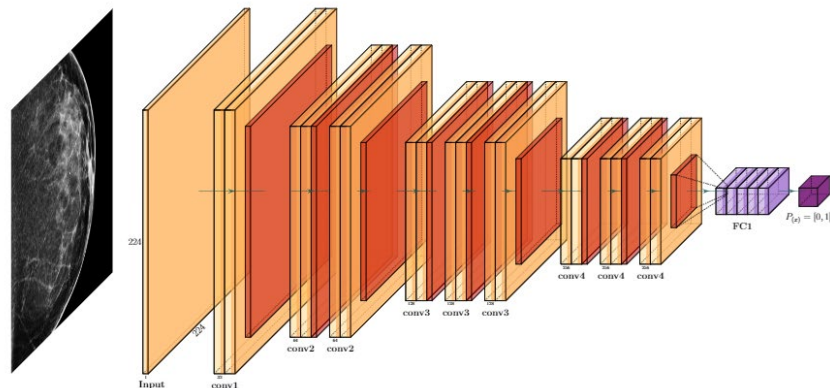
- Definición del modelo de Agente (autónomo), de inspiración biológica. Integran componentes de :
  - Adquisición (sensado autónomo)
  - Exploración (percepción del entorno)
  - Cambio de estados (base de conocimiento, motor de inferencias u otros modelos)
  - Toma de decisiones
  - Acción
- Pueden corresponder a piezas de software solamente (bots en la web) o software y hardware (robots físicos), en ocasiones como sistemas embebidos (conducción autónoma de vehículos)
- Debates sobre la orientación de la IA por encima del Machine Learning. Vuelta al interés por la Inteligencia Artificial a nivel humano (Human-Level)*



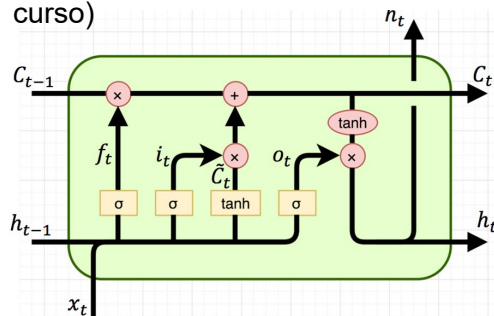
Esquema de un modelo basado en agentes inteligentes para la implementación de un dispositivo de "internet de las cosas" (IoT).  
Fuente: Boldea, R. (2017)

# Modelos de Redes Neuronales Profundas (actualidad)

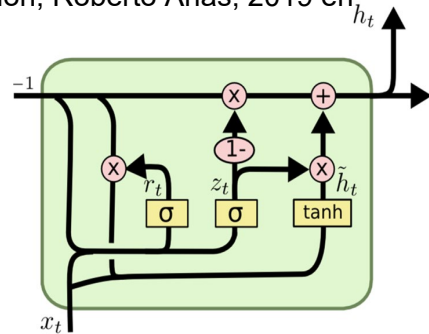
- Redes feedforward profundas (“fully connected”)
- Redes Convolucionales
  - VGG (16, 19)
  - ResNET
  - AlexNET
  - etc.
- Redes recurrentes
  - Long-Short Term Memory (LSTM)
  - Gated Recurrent Unit (GRU)
  - Deep Boltzmann Machines (implementan un grafo tipo *campo aleatorio oculto de Markov*)
  - etc.
- Redes neuronales generativas
  - Generative adversarial networks
- Deep Belief Networks
- etc...



Red convolucional basada en el modelo VGG16 Fuente: elaboración propia (Tesis de Maestría en Modelado y Simulación, Roberto Arias, 2019 en curso)



(a) Long Short-Term Memory



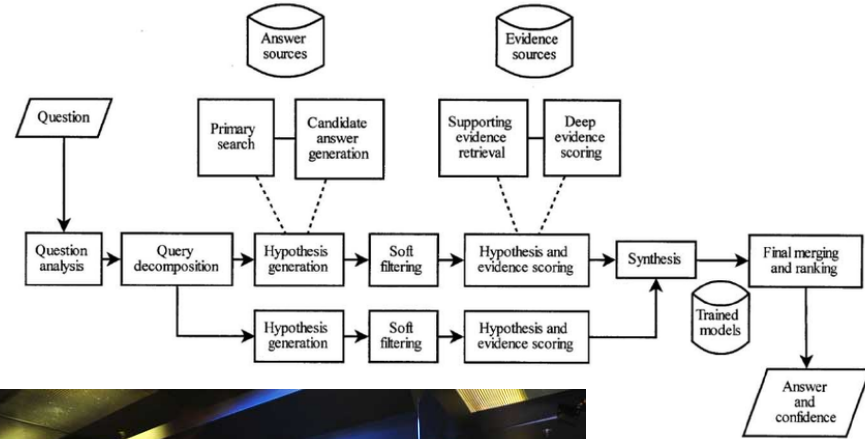
(b) Gated Recurrent Unit

Dos tipos de red recurrente. Fuente: Liu y Song (2018)

# Tendencias en Inteligencia Artificial

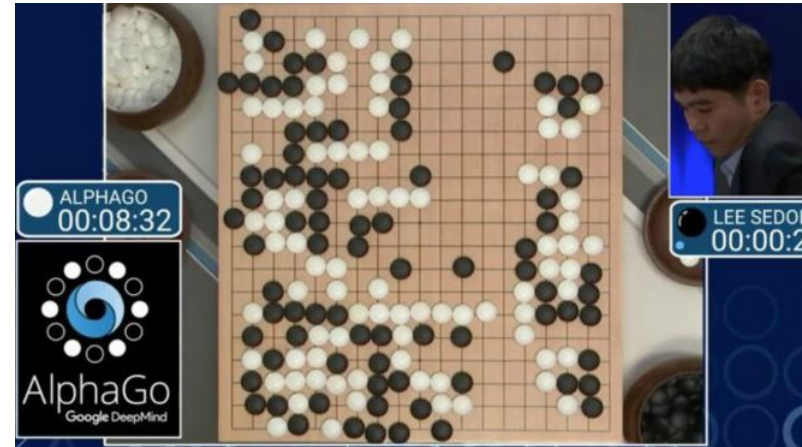
# Watson: PLN con análisis semántico

- En 2011, IBM puso a prueba su sistema de cómputo “Watson” retando a dos ganadores del juego de preguntas y respuestas de cultura general conocido como “Jeopardy!” (Estados Unidos)
- Este concurso hace preguntas con una estructura sintáctica y semántica compleja (juegos de palabras, frases subordinadas, menciones indirectas, ironías) que hacen inviable una búsqueda indexada
- De lo anterior, se requiere un análisis semántico detallado para *entender* la pregunta y poder ofrecer una respuesta.
- Consiste en dos racks de servidores IBM Power7 con un total de 2.500 núcleos. Su arquitectura, DeepQA, usa múltiples técnicas de PLN



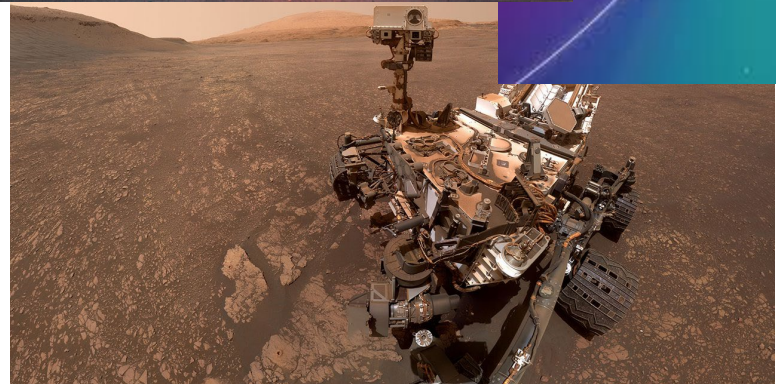
# AlphaGo: problemas de búsqueda y Deep learning

- El juego tradicional chino del Go (tablero de 19x19, solo un tipo de piezas) tiene un número de posibles jugadas mucho mayor que las que pueden darse en ajedrez
  - Go:  $10^{(10^{48})}$  a  $10^{(5.3 \times 10^{170})}$
  - Ajedrez:  $10^{43}$  to  $10^{50}$
- El Go plantea una mayor dificultad en la implementación, por el enorme tamaño del espacio de búsqueda.
- El proyecto DeepMind, subsidiario de Google y encargado de AlphaGo, desarrolló un modelo híbrido que combina métodos de búsqueda en árboles con técnicas de aprendizaje por refuerzo (redes neuronales) y reconocimiento de patrones.
- En 2016, AlphaGo, corriendo sobre un cluster de 1,920 CPUs y 280 GPUs, derrotó en una serie de partidas al mejor jugador de Go del momento, Lee Sedol



# Tendencias recientes y futuras

- Robótica de uso doméstico y de asistencia – Internet de las cosas
- Vehículos Autónomos (visión por computador en tiempo real, geoposicionamiento, sistema de toma de decisiones). Ej: Waymo (Google SD Car)
- Robótica en exploración de ambientes extremos (espacial, abisal, volcánica, ambientes tóxicos en accidentes industriales, combate -lamentablemente). Ej: Mars Rover (NASA)
- Procesamiento de lenguaje natural (voz y texto), traducción automática, interfaces avanzadas inteligentes. Ej: Siri (Apple)
- Planeación estratégica y soporte a la toma de decisiones
- Seguridad informática



# La Inteligencia Artificial en la Analítica de Datos



# Campos y técnicas relacionados con la Analítica de Grandes Volúmenes de Datos

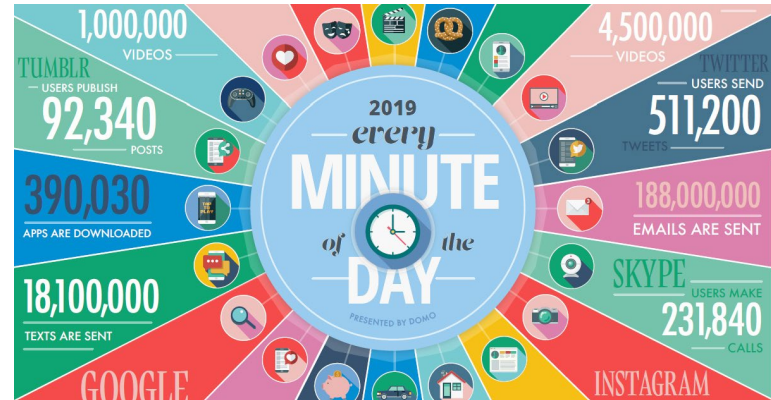
- Categorización informal de los campos relacionados con los procesos de Analítica de datos
- Se observa que el *Machine Learning* (ML, dentro del cual se ubica el *Deep Learning*) adquiere un peso creciente al abordar problemas que involucran Grandes Volúmenes de Datos (Big Data)



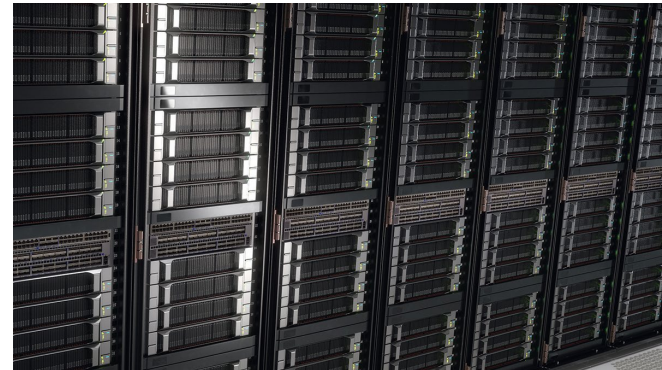
Campos relacionados con la analítica de datos. Fuente: Adaptado de Dean, J. (2014)

# Grandes volúmenes de datos (Big Data)

- Formulación del campo del Big Data Analytics (Mashey 1990)
- Uso intensivo de la paralelización y el cómputo de alto desempeño (p.ej. cómputo distribuido, modelos de balance de cargas, Hadoop, Spark, cómputo por GPU como Cuda)
- Modelos de aprendizaje "en línea" y por lotes, particiones adaptadas a las características del problema
- Nueva generación de redes neuronales: redes neuronales profundas - Deep Learning.



Fuente: Big Data just keeps on getting bigger. Adaptado de <https://3fs.net.au/privacy/big-data-just-keeps-on-getting-bigger/>



Cluster basado en GPUs en la Universidad de Oxford. Fuente: <https://www.nvidia.com/en-au/deep-learning-ai/solutions/data-science/>

# Cuestiones éticas y prácticas de la Inteligencia Artificial

# Algunos debates éticos y prácticos I

- Asimov (“Los robots”, 1989) abordó el problema de la seguridad (¿primacía?) de la especie humana mediante la programación de reglas “inviolables” para los “robots” (sus IAs):
  - Un robot no hará daño a un ser humano ni, por inacción, permitirá que un ser humano sufra daño.
  - Un robot debe cumplir las órdenes dadas por los seres humanos, a excepción de aquellas que entren en conflicto con la primera ley.
  - Un robot debe proteger su propia existencia en la medida en que esta protección no entre en conflicto con la primera o con la segunda ley.
- “Singularidad Tecnológica” (Vinge, 1993): ¿Que sucederá cuando la inteligencia artificial supere la inteligencia humana?
  - ¿Cómo sería tal era post humana?
  - ¿Es posible que suceda? (“*strong AI*”)
  - <https://edoras.sdsu.edu/~vinge/misc/singularity.html>
- ¿Cuál es la relación entre inteligencia, autoconsciencia y moral? ¿Cómo debe ser tratada una inteligencia artificial consciente de sí misma? ¿Tiene responsabilidad?

# Algunos debates éticos y prácticos II

- Países industrializados se han visto sus economías sometidos a fenómenos superpuestos:
  - Parte del empleo en el sector manufacturero es tercerizado y derivado a países con mano de obra más económica.
  - Parte de la manufactura que se lleva a cabo en el propio país se lleva a cabo mediante automatización.
  - ¿Es posible mantener los niveles de empleo y garantizar el ingreso de los trabajadores en escenarios de transición a la automatización
- Sistemas de IA han sido empleados en
  - “Escuchas” y vigilancia de tipo político a gran escala en conversaciones a través de medios digitales (chats, redes sociales), a diferentes escalas (nacional, internacional).
  - Identificación de rostros en protestas y manifestaciones antigubernamentales. Perfilamiento de contradictores políticos de los gobiernos.
  - Identificación de preferencias, tendencias y necesidades de forma no autorizada para la el soporte a campañas políticas mediante propaganda negra, noticias falsas y manipulación.
  - ¿Es posible normativizar o controlar su uso?

# Referencias

1. Babić, B. R., Nešić, N., & Miljković, Z. (2011). Automatic feature recognition using artificial neural networks to integrate design and manufacturing: Review of automatic feature recognition systems. *AI EDAM*, 25(3), 289-304.
2. Bello, R., García, Z., García, M. y Reynoso, A. (2002). Aplicaciones de la Inteligencia Artificial. México, Universidad de Guadalajara.
3. Boldea, R. (2017). The Usage of Intelligent Agents in IoT devices. *Today Software Magazine*. Recuperado de: <https://www.todaysoftmag.com/article/2581/the-usage-of-intelligent-agents-in-iot-devices>
4. Ciaburro, G., y Venkateswaran, B. (2017). *Neural Networks with R: Smart models using CNN, RNN, deep learning, and artificial intelligence principles*. Packt Publishing Ltd.
5. Dean, J. (2014). *Big Data, Data Mining, and Machine Learning. Value Creation for Business Leaders and Practitioners. Editorial Wiley. SAS Institute Inc.*
6. Demuth, H. B., Beale, M. H., De Jess, O., y Hagan, M. T. (2014). *Neural network design*. Martin Hagan.
7. Hintze, A. (2016). From Reactive Robots to Sentient Machines: The 4 Types of AI. Recuperado de <https://www.livescience.com/56858-4-types-artificial-intelligence.html>
8. Koehrsen W. (2017) Random Forest Simple Explanation. Recuperado de: <https://medium.com/@williamkoehrsen/random-forest-simple-explanation-377895a60d2d>
9. Liu N. y Song Q. (2018). Notas del curso “Natural Language Processing”: Explaining RNN Predictions for Sentiment Classification. *Texas A&M University*.
10. Malhotra, S. y Godayal D. (2018). An introduction to part-of-speech tagging and the Hidden Markov Model. Recuperado de: <https://www.freecodecamp.org/news/an-introduction-to-part-of-speech-tagging-and-the-hidden-markov-model-953d45338f24/>
11. McColm, A. (2019). Big Data just keeps on getting bigger. Recuperado de: <https://3fs.net.au/privacy/big-data-just-keeps-on-getting-bigger/>
12. NVidia Corporation (2018). GPU-Accelerate Your Data Science Workflows. Recuperado de: <https://www.nvidia.com/en-au/deep-learning-ai/solutions/data-science/>
13. Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). *Artificial intelligence: a modern approach*. Malaysia; *Pearson Education Limited*.
14. Treleaven, P.C. y Lima, I.G. (1982). Japan's Fifth Generation Computer System: *Computer*, 11, 79-88.
15. Villén, M. (2019). *Universidad Politécnica de Madrid, Escuela de Caminos, Canales y Puertos*. Big Data Analytics y la inteligencia Artificial. Recuperado de <https://www.caminosmadrid.es/9938-2>.