

Aplicaciones de la IA en Energía

Jose Aguilar

Octubre 2024

AI Horizons: Navegando los desafíos en Inteligencia Artificial

Contenido

- **Conceptos claves la IA**
- **IA en Smart Grid**
- **Futuros retos**

Universo de la IA

Razonamiento:

Resolución de problemas mediante **inferencia**: deductiva, abductiva o inductiva



Aprendizaje Automático:

técnicas que permitan que las computadoras *aprendan* a partir de los **datos** o **experiencia**.

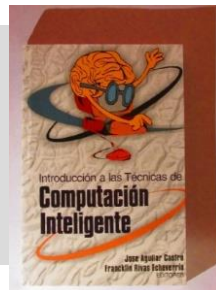


Procesamiento del lenguaje natural:

procesar información expresada en **lenguaje humano**



Computación Inteligente: Abarca las tres técnicas mas importantes de la IA: **Redes neuronales artificiales, Lógica difusa, Computación Evolutiva**



Visión Artificial:

Comprender y analizar **imágenes y videos**



Planificación:

Generar **secuencias de acciones** para alcanzar un objetivo



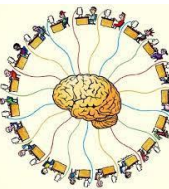
Búsqueda:

Resolución de problemas mediante el **recorrido** de un espacio de **posibles soluciones** (meta-heurísticas, etc.).



Inteligencia colectiva

describen los procesos de **aprendizaje grupales**. Muchos bioinspirados como las colonias de insectos: PSO, ACO.

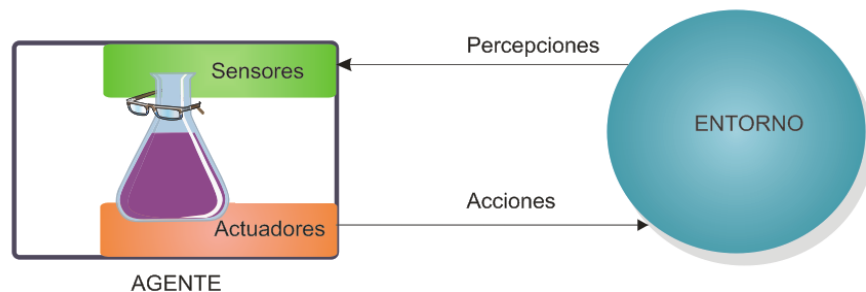


Sistemas auto-organizados y autónomos

Sistemas que se **auto-regulan** con capacidades que **emergen**



Es un sistema (quizas computacional) que está situado en un entorno, que es capaz de realizar acciones autónomas flexibles en ese entorno para alcanzar sus objetivos



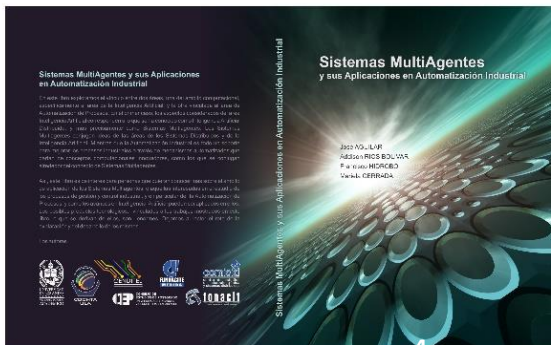
Mecanismos para/de

- **resolver un problema**
- **planificar sus actividades /tareas**
- **representar el conocimiento**
- **razonamiento**
- **aprendizaje**
- **percepción**
- **comunicarse**

Caracterizado por:

- SU ESTRUCTURA (ARQUITECTURA)
- SUS ACCIONES (COMPORTAMIENTO)

Arquitectura+programa



Agentes

Avatar



<https://www.alamy.es/avatar-chica-con-pelo-largo-y-oscuro-avatar-y-rostro-unico-icono-en-el-estilo-de-dibujos-animados-de-simbolos-vectoriales-ilustracion-web-de-stock-image213116418.html>



claves de la IA

Robots Sociales

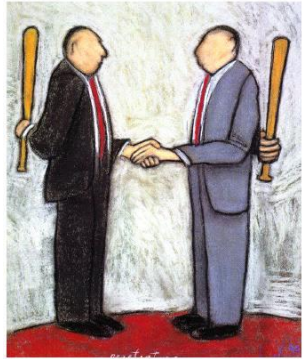


Vehículo Autónomo



Conceptos claves de la IA

Sistemas Multiagentes



Es un sistema informático formado por un **grupo de agentes que interactúan** entre sí utilizando protocolos y lenguajes de comunicación de alto nivel, para **resolver problemas** que pueden estar más allá de las capacidades o del conocimiento de cada uno.

Negociar

Resolver conflictos

Colaborar ...

Enjambre de Robots



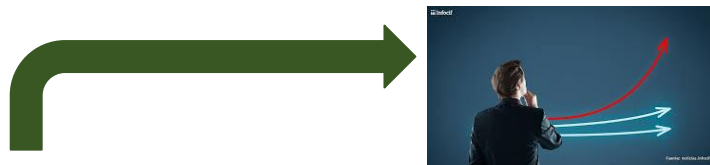
Vehículos Autónomos en una ciudad



Las Tecnologías de Información, Comunicación y Automatización (TICAs) se están desplegando por todos lados

Es el conjunto de sistemas que hacen posible la adecuación de un ambiente (salón de clases, museos, casas, etc.)

- Integra todos los dispositivos con capacidad **inteligente y autónoma**, en la dinámica de actividades del entorno
- Dispositivos y software se **auto-organizan**



Monitoreo:

identifica, captura, pre-proces las variables del proceso bajo estudio,



Analizar:
Interpreta las situaciones que acontecen en el proceso que se está estudiando: detecta, comprende, diagnostica, etc.



Base de Conocimiento (Modelos)

PROCESO

Toma de decisiones:

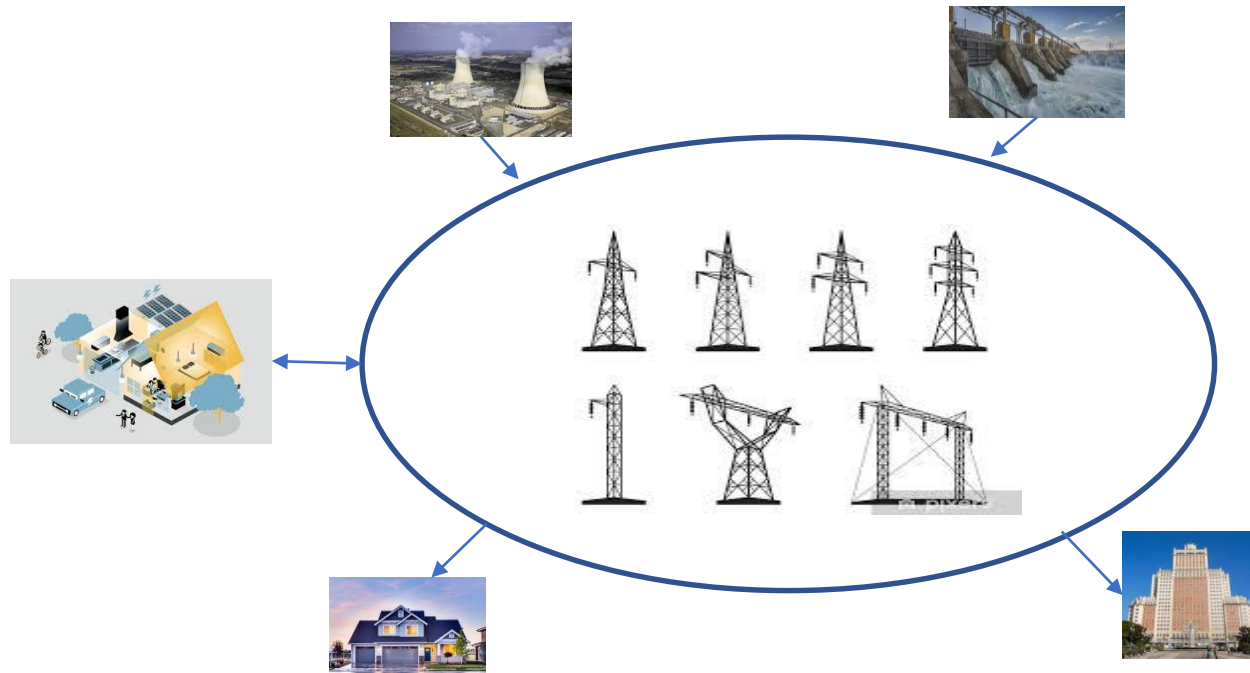
Define **acciones a tomar** sobre el proceso, con el fin de alcanzar el objetivo definido para el ciclo.



ACODAT

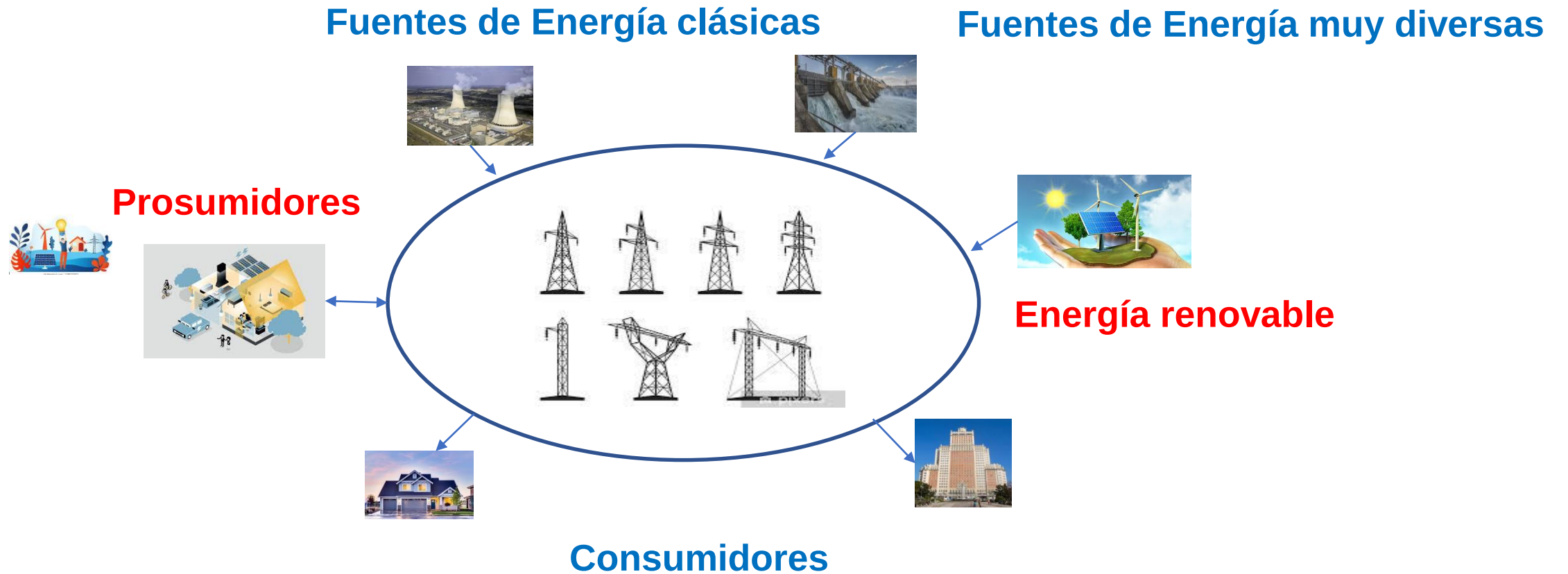
Contexto

Fuentes de Energía clásicas

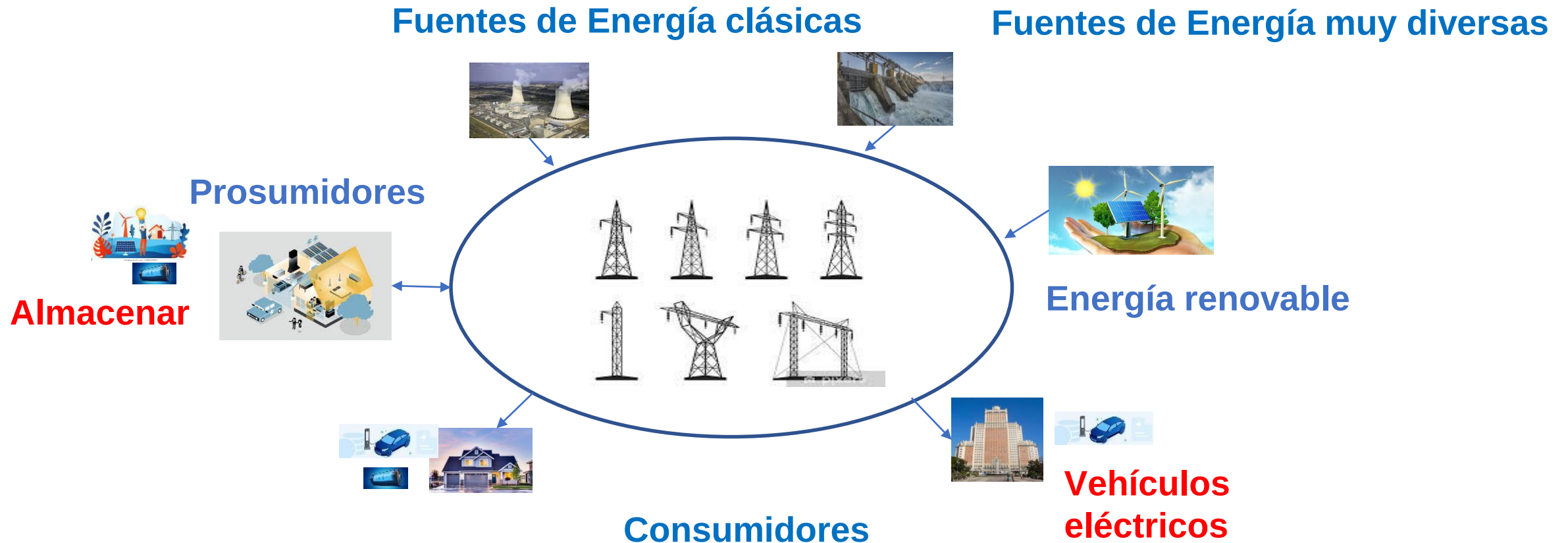


Consumidores

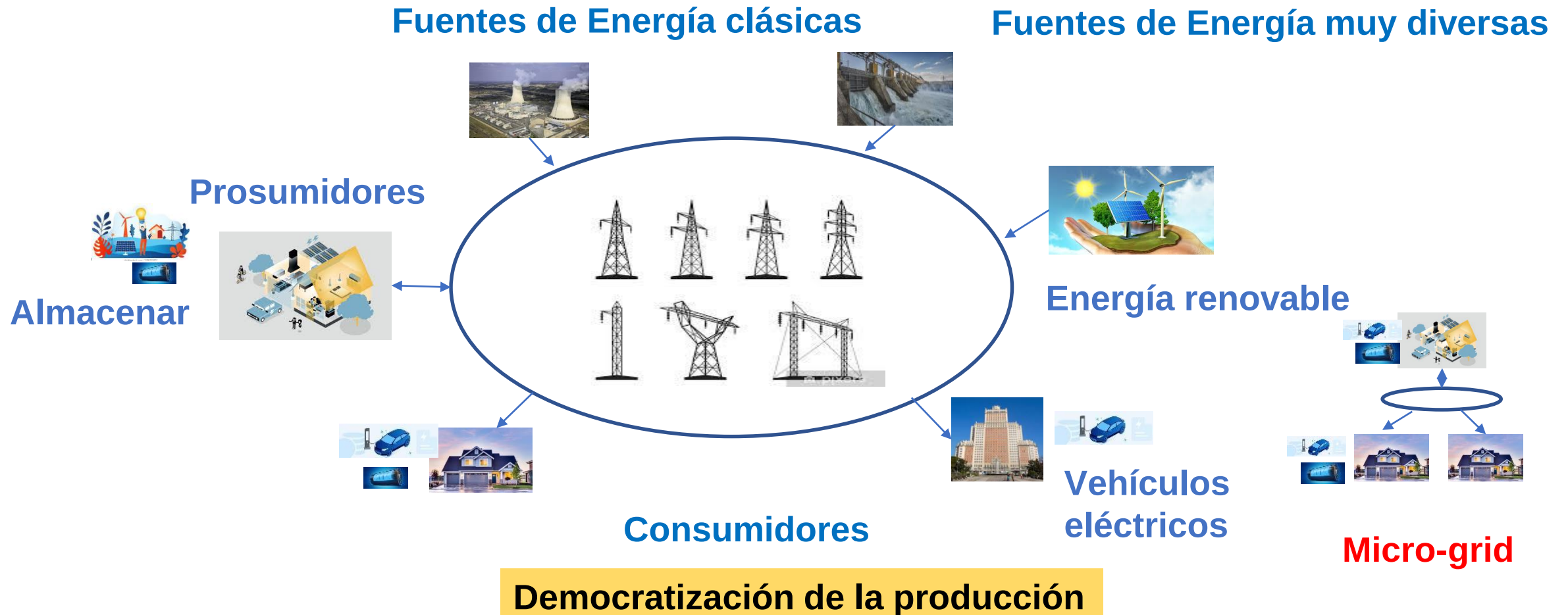
Contexto



Contexto

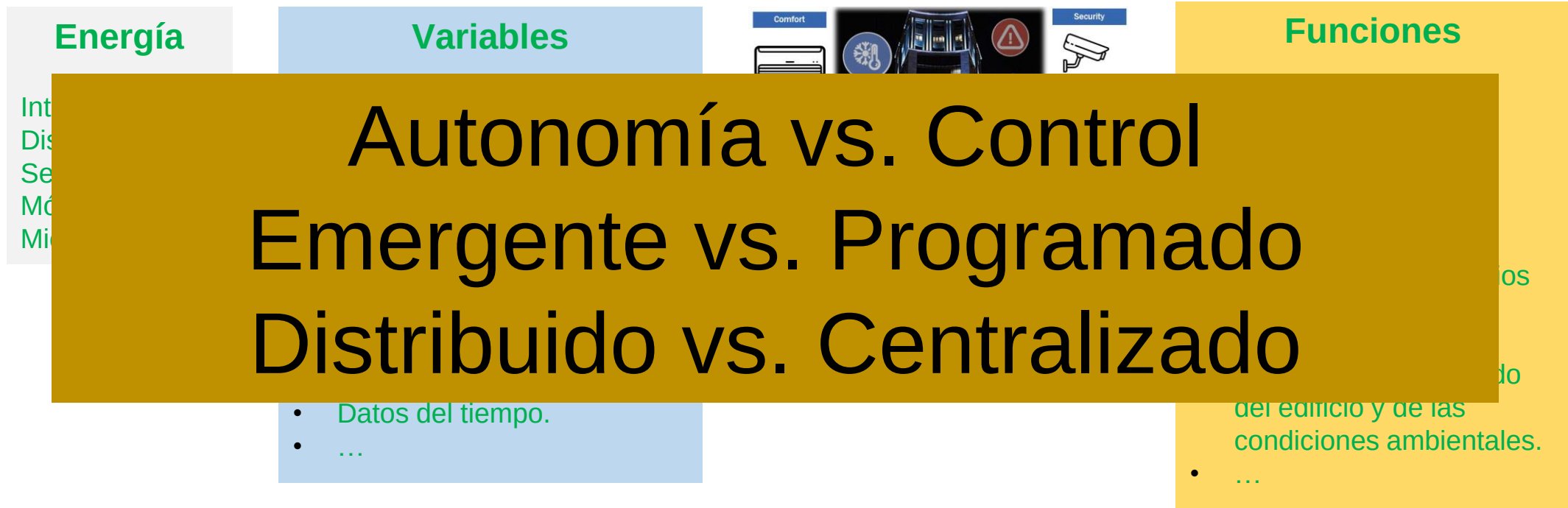


Contexto



Una **red inteligente** energética integra el **comportamiento de sus usuarios** para asegurar un sistema energético **eficiente, sostenible**, de alta calidad y **fiabilidad** de suministro.

Energy Management Systems (EMS)





Gestión Inteligente Dispositivos

Dispositivos

- Perfilamiento de consumo/producción energética
- Control y Supervisión de consumo energético
- Manejo de arranque de equipos
- Optimización Configuración de Sistemas de Climatización



Planificación de Cargas Controlables

Hogares Edificios

- Planificación del uso de la carga controlable
- Optimización de despliegue de sensores ambientales
- Estimación de ocupación de espacios/demanda energética



Control Emergente de Micro-redes

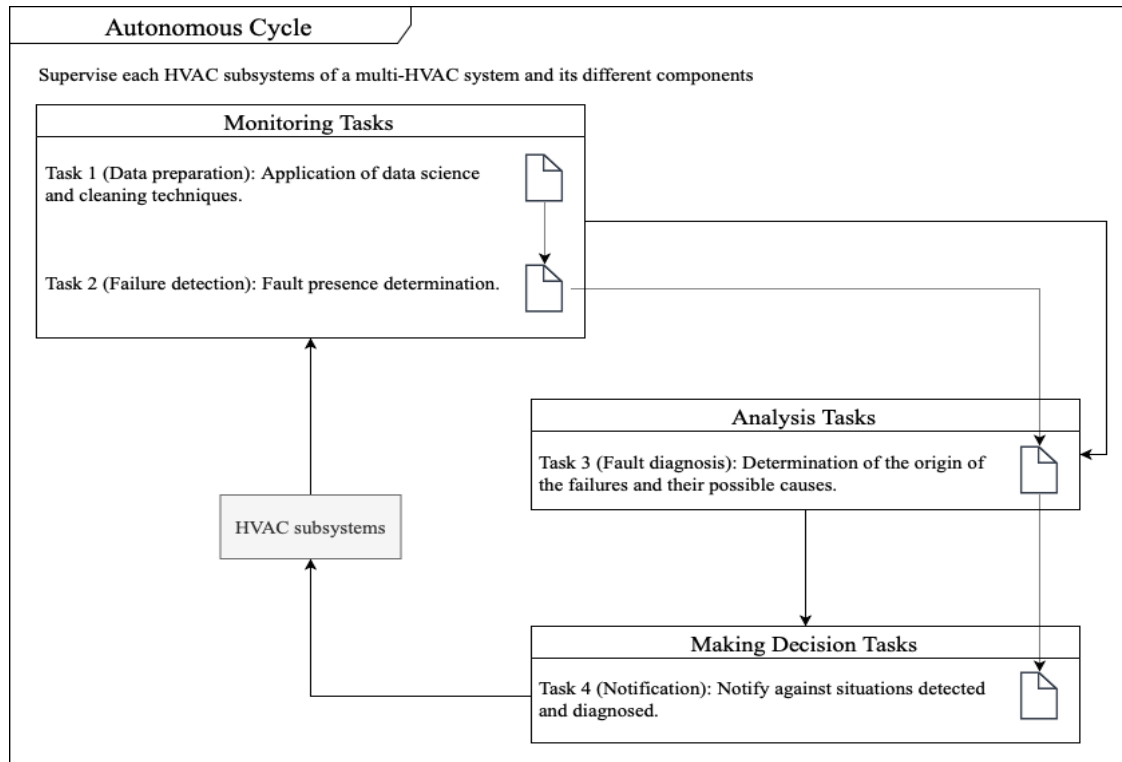
Redes de Energía

- Sistemas de Gestión de Micro-redes
- Sistemas de Control Distribuidos para entornos energéticos
- Estrategias de negociación para redes Peer to Peer de Trading energético

Entornos Computacionales

- Desarrollo de Componentes para *Energy System Description Language* (ESDL)
- Uso de ESDL para simular Micro-redes energéticas
- Modelos de optimización de flotas de vehículos eléctricos
- Gemelo digital de una planta de generación de Hidrógeno Verde

Supervisión de un sistema multi-HVAC



ACODAT

Task 2	Fault Detection
Description:	Failure identification
Data source:	HVAC system Environment
Data analytics type:	Classification
Data analytics technique:	K-neighbors, MLP, ...
Knowledge model type:	Classification model
Related data analytics task:	Failure diagnosis
Autonomic cycle type:	Monitoring

Task 3	Fault Diagnosis
Description:	Failure's origin identification Possible causes
Data source:	Previous task
Data analytics type:	Clustering
Data analytics technique:	Kmeans, etc.
Knowledge model type:	Diagnosis model
Related data analytics task:	Failure detection
Autonomic cycle type:	analysis

Supervisión de un sistema multi-HVAC

Detección

Variable	Data Model	Accuracy	MSE
COP cold group 1	MLP regressor	70.6%	0.254
	K-neighbors regressor	84.2%	0.138
	gradient boosting regressor		
COP Charles heat pump	MLP regressor		
	K-neighbors regressor		
	gradient boosting regressor		

Supervisión inteligente



Diagnóstico

No. Clusters	Silhouette Coefficient
2	0.48
3	0.51
4	0.49
5	0.41

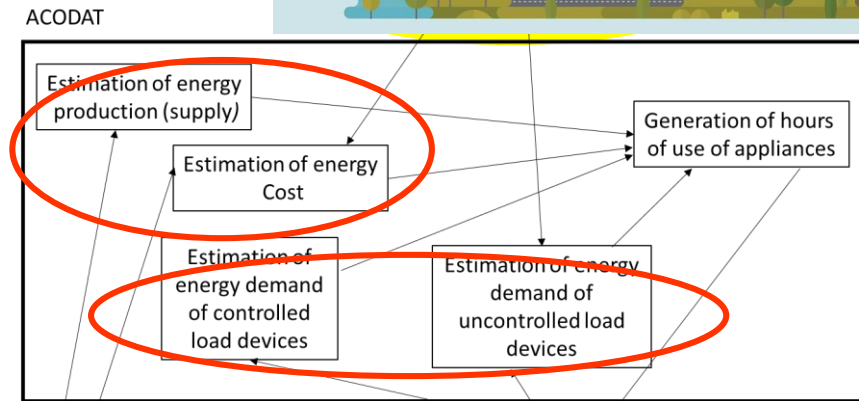
NOTIFICATIONS

Machine GRUPO FRÍO 1 off or starting.

Check the anomaly derived from the value of POTENCIA GRUPO FRÍO 1.

Check the anomaly derived from the value of POTENCIA TERMICA GRUPO FRÍO 1.

Gestión energética del consumo de energía para dispositivos de carga controlable datos



Redes inteligentes

Hogar



Uncontrolled load devices

HVAC systems (12000 kWh/yr)

DHW (3000 kWh/yr)

Refrigerator (1200 kWh/yr),

home lighting system (1200 kWh/yr).

Tarea de estimación de oferta de energía

Predicción de la energía solar producida

Technique	Number of layers	Number of epoch	SME	MAPE	R ²
RF			0.07	0.07	0.90
BNN	3	50	0.09	0.10	0.74
	4	50	0.08	0.06	0.88
	5	100	0.08	0.04	0.89

Variables

- distance-to-solar-noon (in radians),
- temperature (daily average temperature, in degrees Celsius),
- wind-direction (daily average wind direction, in degrees, 0-360),
- wind-speed (daily average wind speed, in meters per second),
- sky-cover (in a five-step scale, from 0 to 4, being 0 totally clear and 4 completely covered, visibility (in kilometers),
- ...

Predicción de la energía eólica producida ...

Tarea de estimación de demanda de energía

Electrodomésticos asociados a cada actividad

Activity	Associated Appliances
Cook	Dishwasher, electric pressure cooker
Eat	Dishwasher
Party	Vacuum cleaner
Enter home, Personal hygiene	Washing machine, tumble dryer,

Predicción de la demanda de energía del lavavajillas

Technique	Number of layers	Number of epoch	SME	MAPE	R ²
RF			0.04	0.03	0.92
BNN	3	50	0.1	0.13	0.83
	4	50	0.1	0.06	0.90
	5	100	0.08	0.04	0.91

Predicción de la demanda de energía de la lavadora ...

Tarea para programar el uso de dispositivos de
carga controlable

Planificación
Inteligente para
un hogar

$\min(R + \alpha F)$

A_{ij} es una variable de estado que indica si el electrodoméstico i está encendido, P_{rj} es la energía renovable disponible en el tiempo j , C_j es el costo de la energía no renovable o disponible en el tiempo j .

Uso energía
renovable

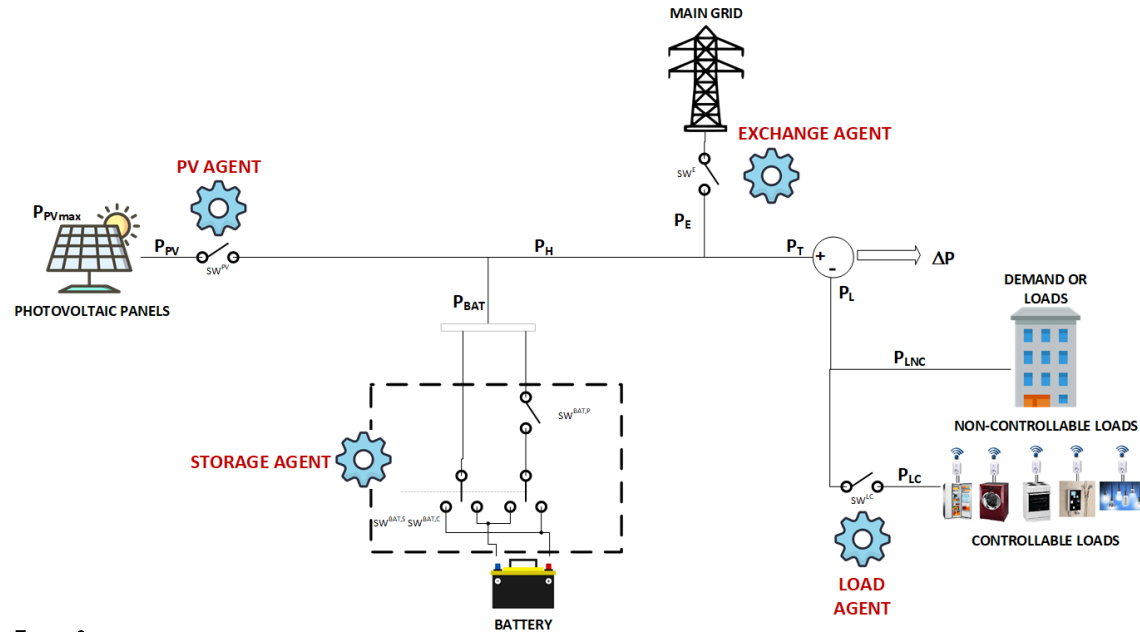
Asignación
Carga requerida

Casos de carga controlable

Case	Appliances
1	Washing machine, Dishwasher
2	Washing machine, Dishwasher, Vacuum cleaner
3	Washing machine, Dishwasher, Tumble dryer, Electric pressure cooker, Vacuum cleaner,

Days vs Case	3		7		15	
	Value	Gener.	value	Gener.	Value	Gene r.
1	0	26	0	31	0.2	41
2	0	28	0.4	41	0.5	53
3	3.2	52	3.5	57	5.1	82

Control Emergente basado en el Modelo de Umbral de Respuesta para una Micro-red



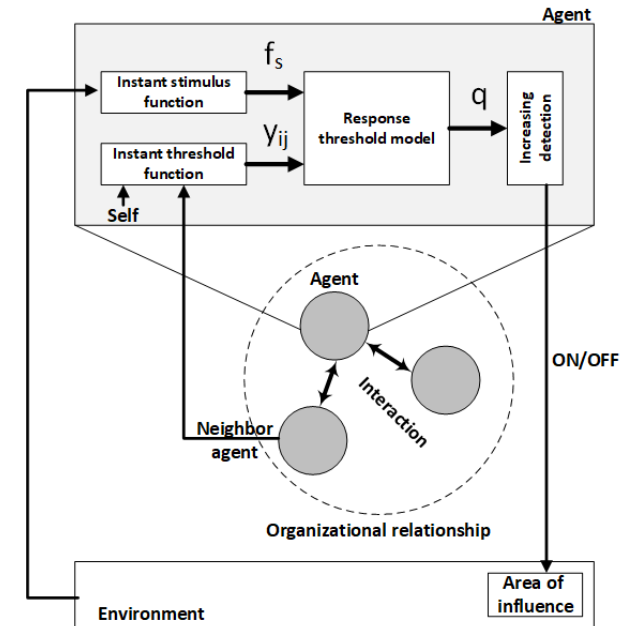
Photovoltaic agent

$$q_{PV}(t) = \frac{s_{PV}(t)^2}{s_{PV}(t)^2 + \theta_{PV}(t)^2},$$

Modelo de
Umbral de Respuesta

$$s_{PV}(t+1) = s_{PV}(t) + w_{PV}(P_{PVmax}(P_L + (1 - Soc)Q_{CAP}))$$

$$\theta_{PV}(t+1) = \theta_{PV}(t) - \beta_{PV} \frac{P_{PV}}{P_L} \Delta t + \gamma_{PV} \left(1 - \frac{P_{PV}}{P_L}\right) \Delta$$



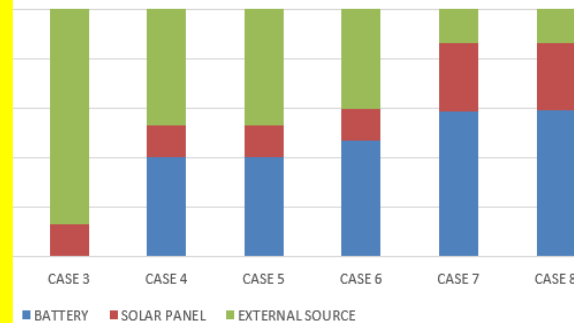
P_{PV} es la potencia de salida del agente fotovoltaico que varía según la radiación solar, w_{PV} es un factor de atenuación, P_{PVmax} es la potencia máxima de salida, P_L es la demanda y $((1 - Soc)Q_{CAP})$ es la capacidad de guardar energía.

Control Emergente basado en el Modelo de Umbral de Respuesta para una Micro-red

Normal operation of the microgrid with constant demand



**Control
emergente en
una microgrid**



Preocupaciones y Retos



Ética de la IA en el sector energético

Un **comportamiento ético de una red inteligente** consideraría:

- **Beneficios ambientales** (mejorar la eficiencia energética y facilitar la integración de energías renovables)
- **Beneficios sociales** (garantizar el bienestar de las personas, reducir las emisiones de carbono, minimizar el impacto ambiental y buscar el desarrollo sostenible).



Más específicos, un **EMS ético** debería:

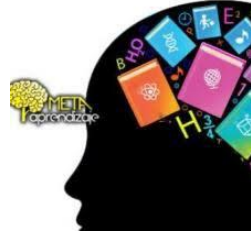
- **Tratar de equilibrar** la oferta y la demanda en base a energías renovables
- **Optimizar el uso energético** minimizando la dependencia de fuentes energéticas contaminantes (reducir las emisiones de carbono)
- **Gestionar eficientemente la red energética**, identificando fallos o sobrecargas, entre otras cosas.
- Tener algoritmos de predicción, gestión energética, etc., **transparentes y explicables**
- **Asegurar que todas las comunidades**, incluidas las de bajos ingresos, tengan un **acceso justo** a los beneficios de una energía más eficiente y limpia.
- Sus algoritmos **ser computacionalmente sostenibles**

Eso implica que la **autoorganización de los dispositivos en la red inteligente** (fuentes de energía renovables, baterías, casas, etc.) debe abordar **retos globales** como el cambio climático, **respetando principios éticos** como la equidad, la transparencia y la sostenibilidad energética.



Conclusiones

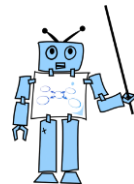
- Meta-Aprendizaje



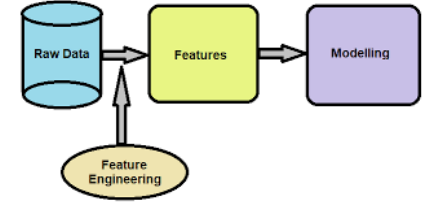
- Automatizar transferencia de Aprendizaje



- Aprendiendo razonando



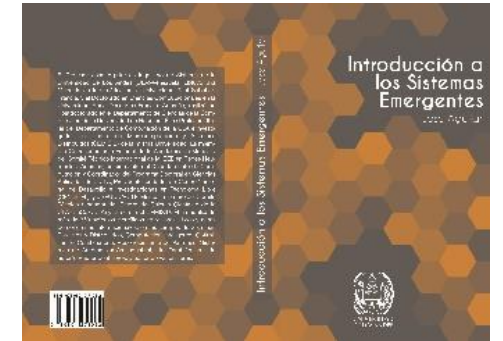
- Automatizar Ingeniería de Descriptores



- Aprendizaje federado



- Control Emergente



<http://bit.do/fSivD>

- Aprendizaje Incremental



- ML explicativo

Conclusiones

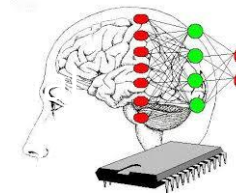
En todos los dispositivos habrá algo con IA

- Smartphone
- Vehículos
- Neveras



Nuevos descubrimientos impactarán la IA

- Conocemos solo alrededor del 10% del cerebro
- Cerebro humano está cambiando



En todas las actividades humanas se usará la IA

- Economía
- Salud (Internet Táctil)
- Hogar
- Educación
- Transporte



1s



100ms



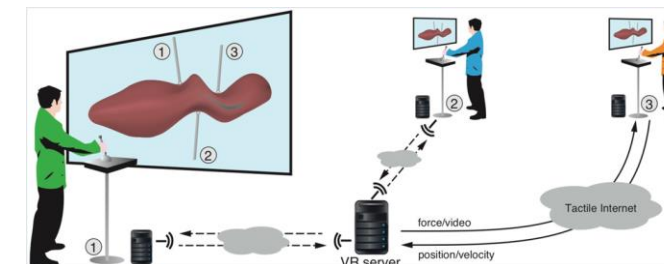
10ms



1ms

Habrá cambios sociales significativos

- Vehículos Autónomos
- Costo y eficiencia energética
- Operaciones Remotas



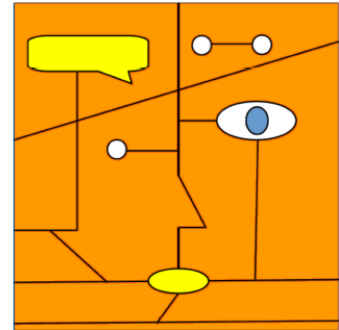


www.ing.ula.ve/~aguilar

<http://www.ing.ula.ve/~aguilar/distinciones/conferencias/>



INTRODUCCIÓN A LA COMPUTACIÓN AFECTIVA



Jose Aguilar, Jhon Edgar Amaya & Ángel Gil
Editores

“Si buscas resultados distintos,
entonces no hagas siempre lo mismo”

A. Einstein

Algunos últimos artículos

- “A reinforcement learning based energy optimization approach for household fridges” Coautores: J. Giraldo, R. Mejia, *Sustainable Energy, Grids and Networks*, Vol. 36, 2023 (<https://shorturl.at/cEHKV>)
- "A Bio-inspired Emergent Control Approach for Distributed Processes", Coautor: M. García, *Applied Soft Computing*, vol. 141, 2023 (<https://shorturl.at/vFY39>).
- “Deep Reinforcement Learning Approaches for the Hydro-thermal Economic Dispatch Problem considering the uncertainties of the context”, Coautores: A. Ramirez, M. R-Moreno, *Sustainable Energy, Grids and Networks*, vol. 35, 2023 (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352467723001170>).
- "A Bioinspired Emergent Control for Smart Grids," Coautores: M. Garcia, M. Rodríguez-Moreno, *IEEE Access*, vol. 11, pp. 7503-7520, 2023 (<http://bit.do/fVXAU>).
- “Deep Reinforcement Learning Approaches for the Hydro-thermal Economic Dispatch Problem considering the uncertainties of the context”, Coautores: A. Ramirez, M. R-Moreno, *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 2023 (<https://shorturl.at/ejnzL>).
- "Approaches based on LAMDA control applied to regulate HVAC systems for Buildings" Coautores: L Morales, D. Pozo, M. R-Moreno. *Journal of Process Control*, vol 1162022
- "Analysis of the Behavior Pattern of Energy Consumption through Online Clustering Techniques ", Coautores: J. Viera, M. R-Moreno, C. Quintero, *Energies*, vol. 16, no. 4, 2023 (<https://www.mdpi.com/1996-1073/16/4/1649>).“
- M. Garcia, J. Aguilar, "Emergent Control in the context of Industry 4.0" *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 35, no. 3, pp. 247-262, 2022 (<http://bit.do/fSx7H>).
- G. Santiago, J. Aguilar, "Ontological Model for the Acoustic Management in a Smart Environment", *Applied Computing and Informatics*, 2022 (<http://bit.do/fTqJ3>).
- "Emergent Control in the context of Industry 4.0" Coautor: M. Garcia, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 35, no. 3, pp. 247-262, 2022 (<http://bit.do/fSx7H>).
-
- L. Morales, J. Aguilar, O. Camacho, A. Rosales, “An Intelligent Sliding Mode Control based on LAMDA for a class of SISO uncertain systems” *Information Sciences*, Vol 567, pp 75-99, 2021 (<http://bit.do/fPFai>).
- J. Aguilar, A. Garces-Jimenez, N. Gallego-Salvador, J. Gutiérrez de Mesa, J. Gómez-Pulido, A. García-Tejedor, "A multi-HVAC system autonomic management architecture for smart buildings", *IEEE Access*, Vol, 7, pp. 123402 – 123415, 2019.