



ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA | LATIN AMERICAN ENERGY ORGANIZATION | ORGANIZAÇÃO LATINO-AMERICANA DE ENERGIA | ORGANISATION LATINO-AMERICAINE D'ENERGIE

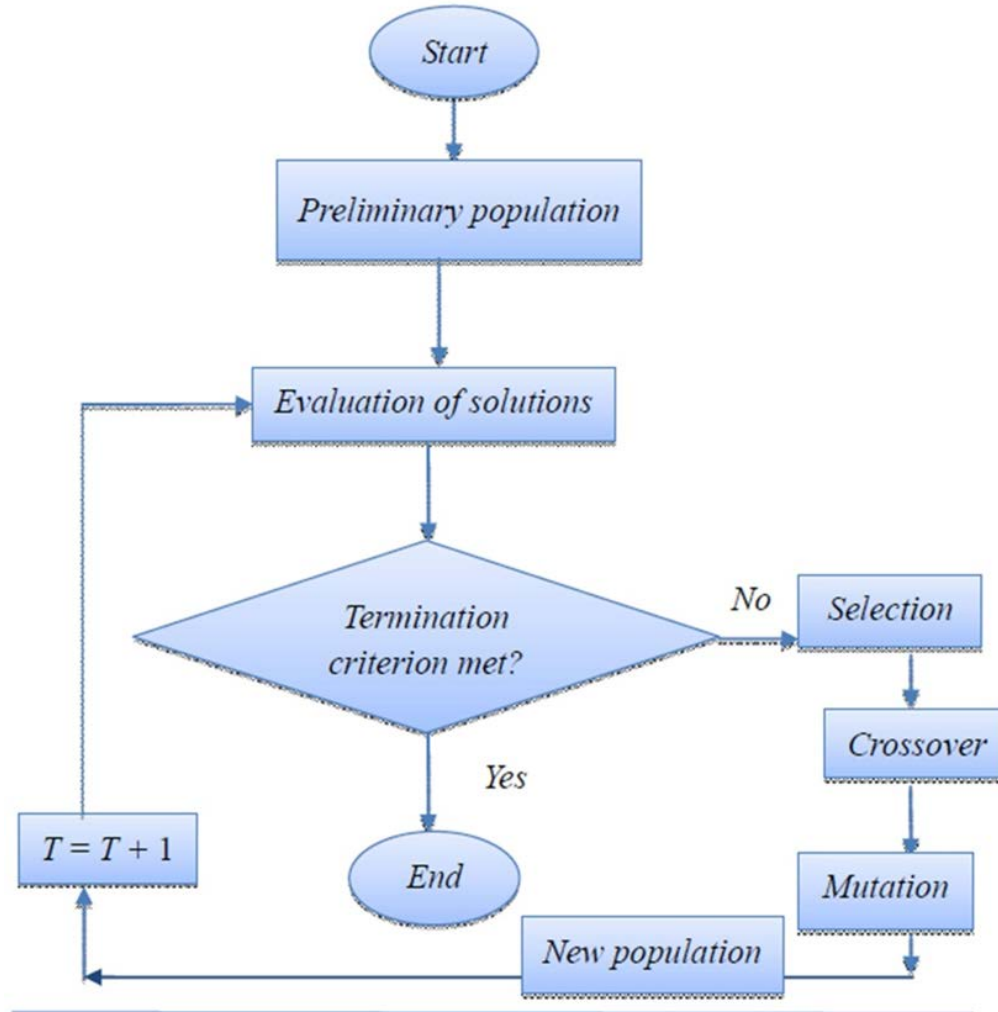
Aplicaciones de *Soft computing*

PhD. Ing. Juan Pablo Fossati (MCT-ESCO)



Nos une la **energía**
Energy joins us

Aplicaciones de algoritmos genéticos



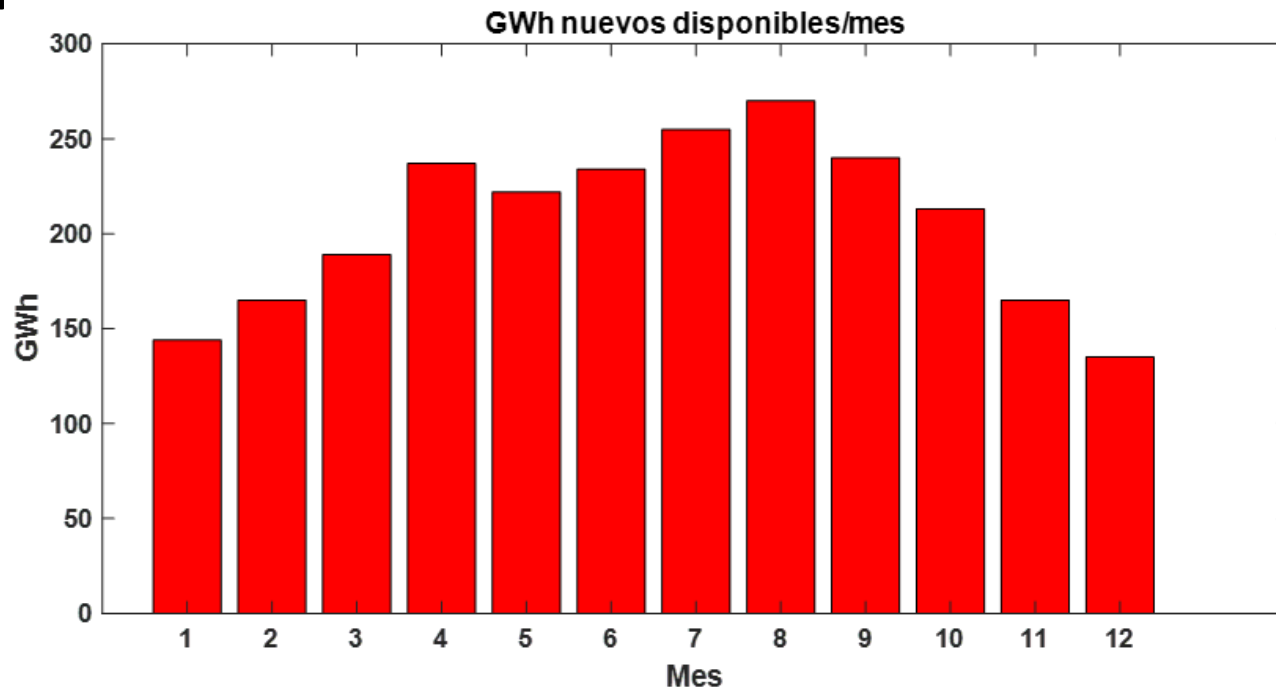
Aplicaciones de algoritmos genéticos

Problema: Se tiene una represa que con capacidad de venta de energía eléctrica a los países vecinos. El objetivo del problema es maximizar las ganancias producto de dichas ventas realizando una adecuada gestión de los recursos. A continuación se mencionan los supuestos empleados en el planteamiento del problema:

- Los modelos empleados se basan en simplificaciones con el fin de entender la aplicabilidad de los algoritmos genéticos
- El ejemplo es aplicable a la gestión de cualquier otro recurso energético que se pueda almacenar

Aplicaciones de algoritmos genéticos

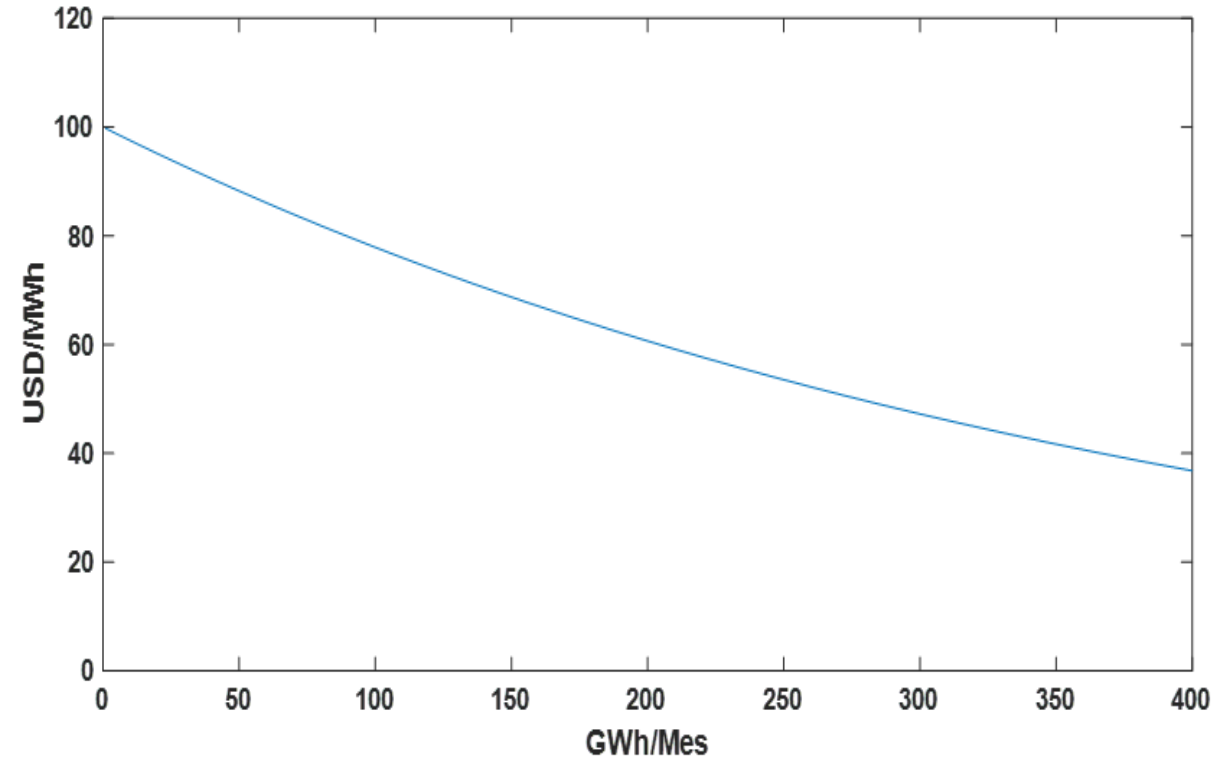
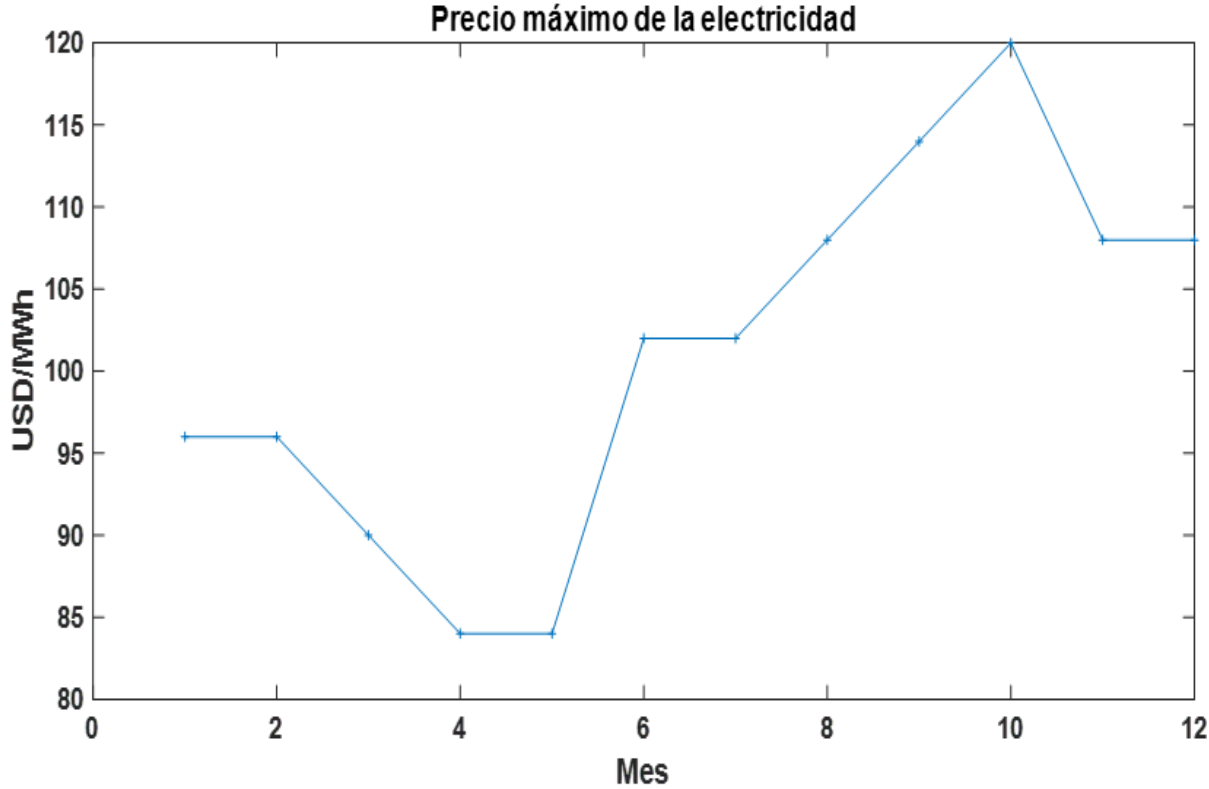
- No existe limite superior para la cantidad de energía almacenada disponible para la venta (GWh)
- Todo los meses la energía almacenada disponible para la venta aumenta una cantidad conocida (Por ejemplo: saldo entre las lluvias y el consumo interno) ejemplo. Dicha energía no tiene un costo asociado. Se considera solo la venta como variable del problema



Aplicaciones de algoritmos genéticos

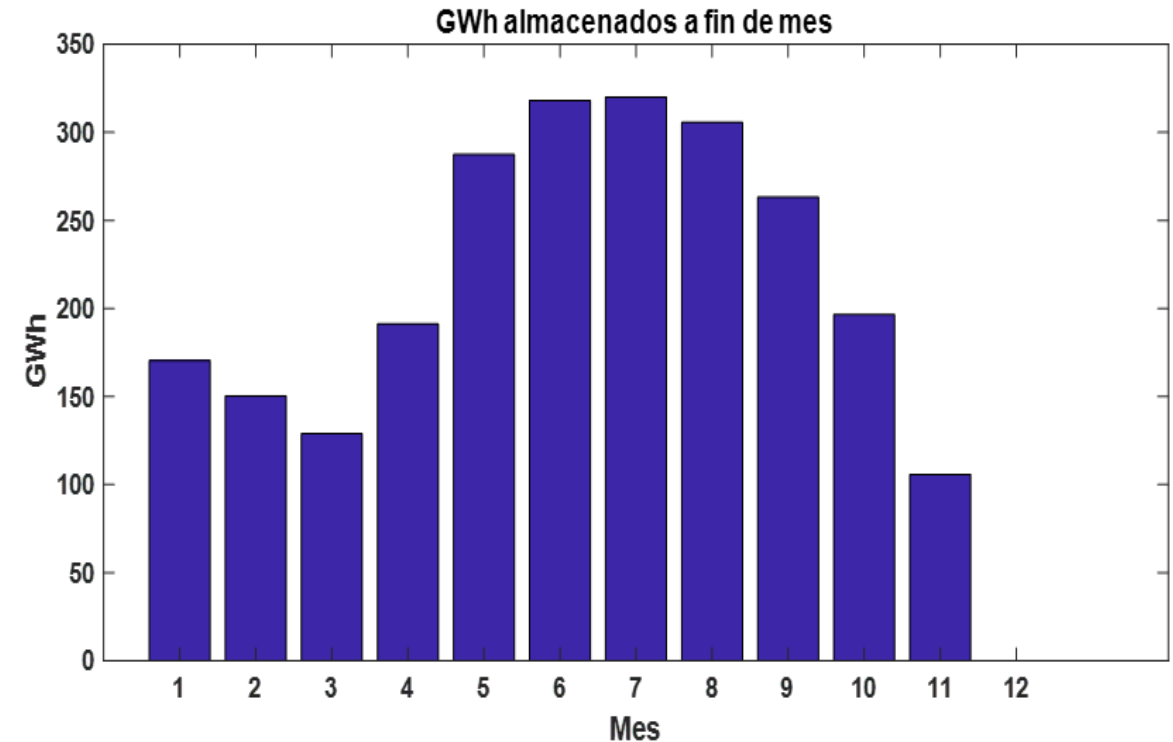
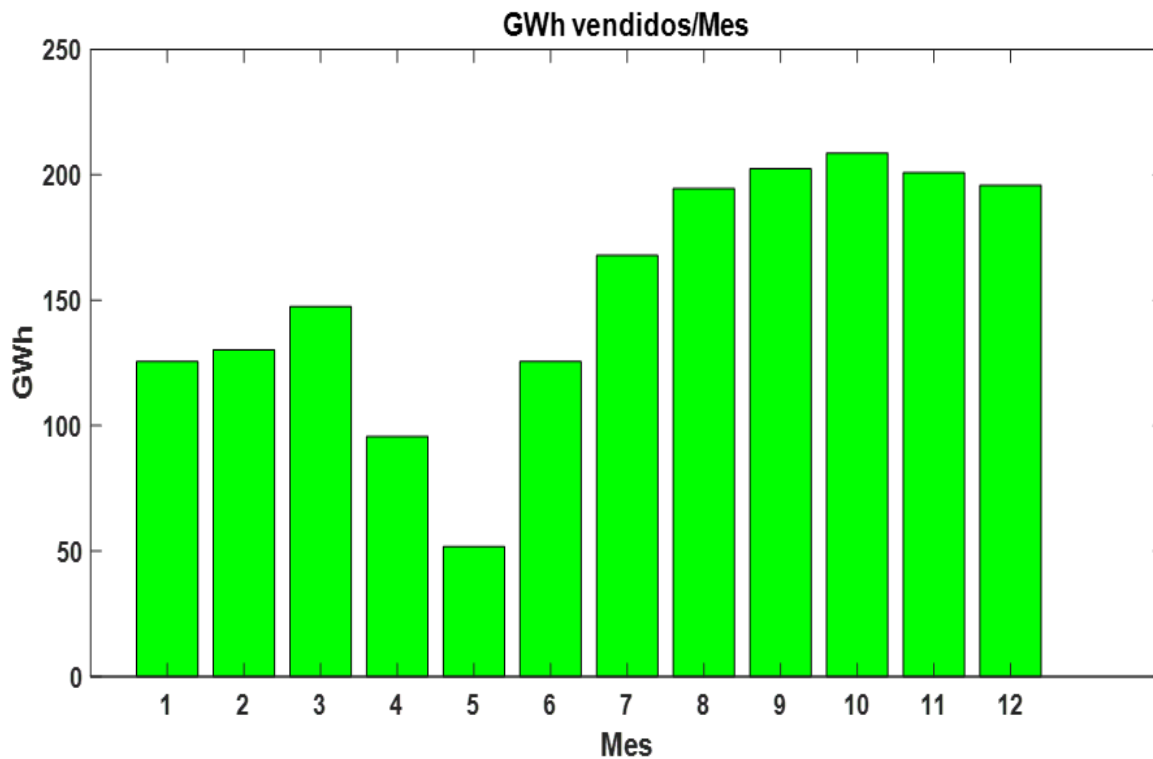
- No existe limite superior para la cantidad de energía almacenada disponible para la venta (GWh)
- La energía almacenada disponible para la venta tiene un mínimo de cero GWh
- Inicialmente se tiene una cantidad de energía almacenada (200 GWh por ejemplo)
- Existe un limite para la venta de energía por mes (400 GWh por ejemplo)
- Se conoce el precio de venta en función de la cantidad de energía para cada mes del año
- La solución buscada se basa en un modelo determinístico, es decir no se tienen en cuenta las variables aleatorias involucradas

Aplicaciones de algoritmos genéticos



Aplicaciones de algoritmos genéticos

- Objetivo: determinar cuanta energía vender mensualmente por un período de una año de manera tal que se maximice la ganancia



Aplicaciones de algoritmos genéticos

- Codificación: cada solución se codifica con un vector binario de 12×8 elementos
- Es decir, se emplean 8 bits para especificar la energía vendida mensualmente

[1011 0010 0111 1010.....

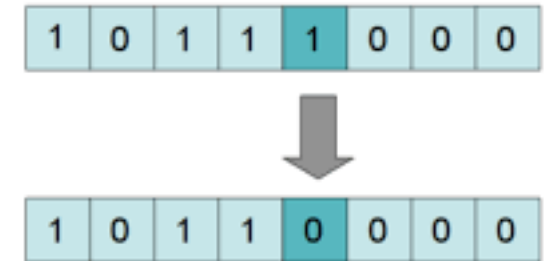
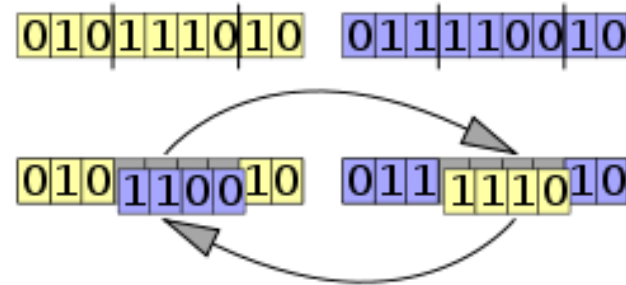
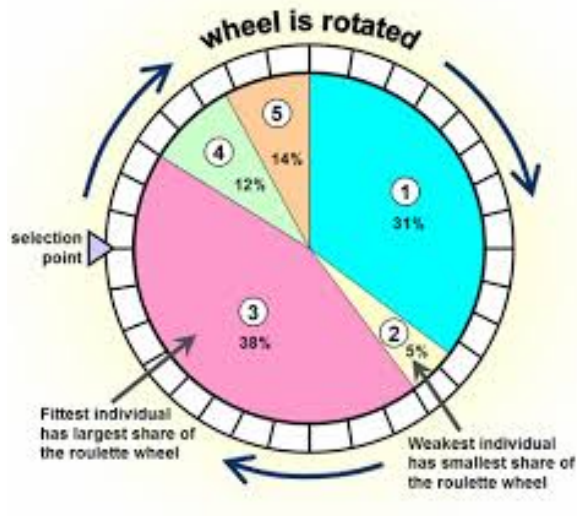


Energía vendida mensualmente

- Para obtener la energía vendida $E = E_{max} * N_{bin}/255$
- $1011\ 0010 = 178 \longrightarrow E = 400 * \frac{178}{255} = 279,2\ GWh$

Aplicaciones de algoritmos genéticos

- La función aptitud es la ganancia anual obtenida por la venta de energía
- La selección se realiza por el método de la ruleta
- Se aplica el operador cruce en 2 puntos y la mutación *bit-flip*

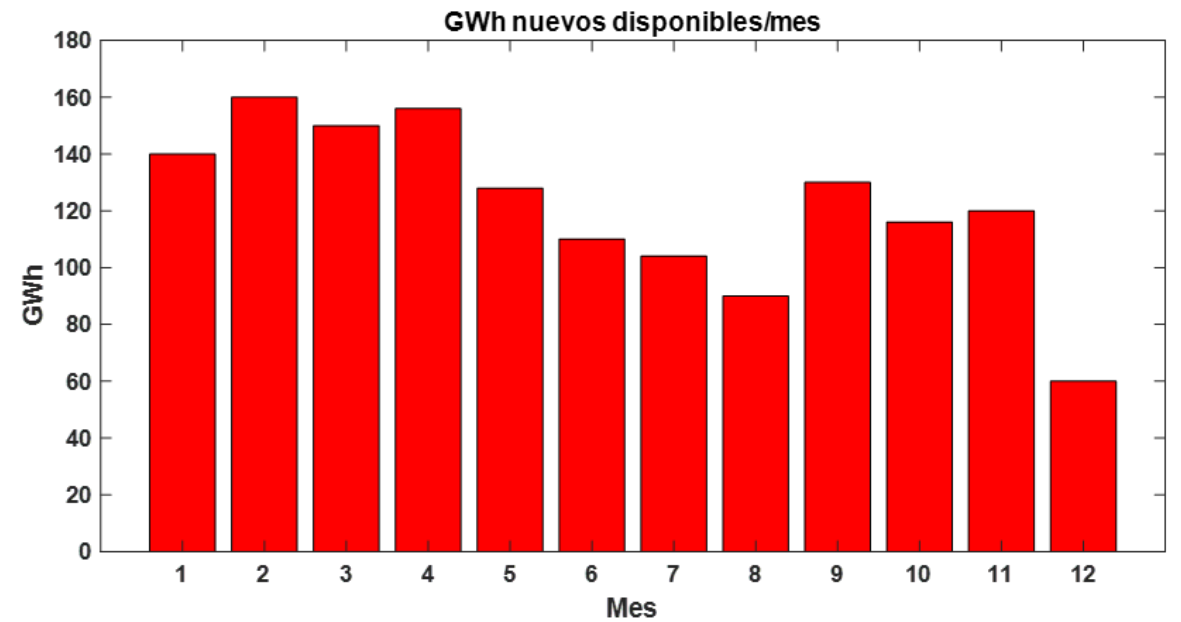
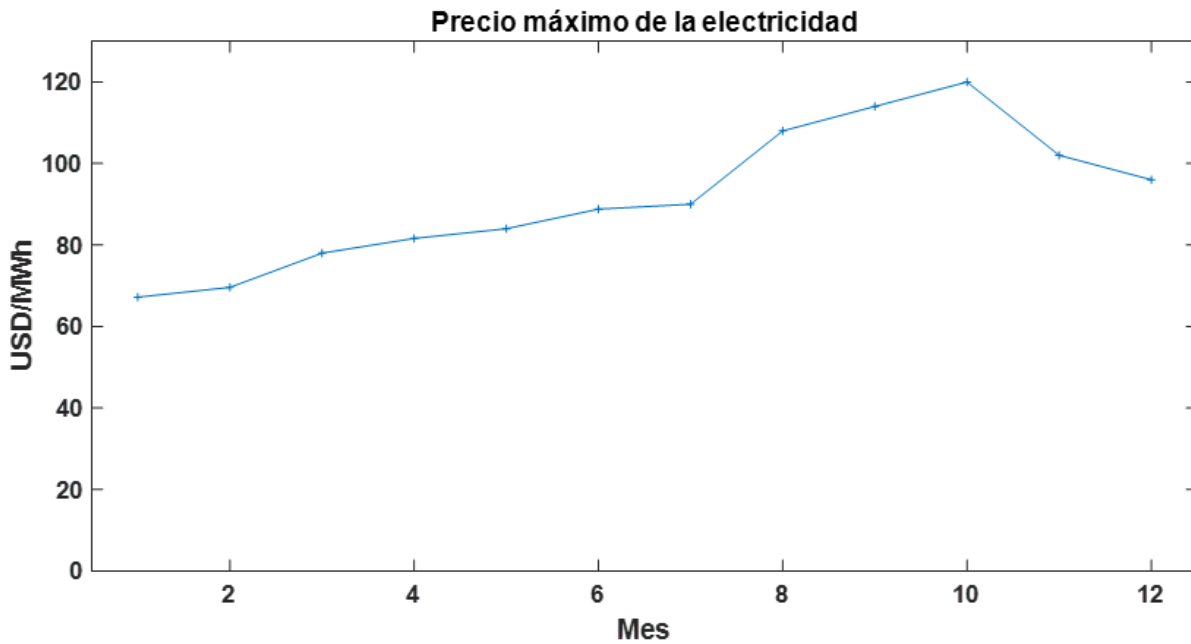


Aplicaciones de algoritmos genéticos

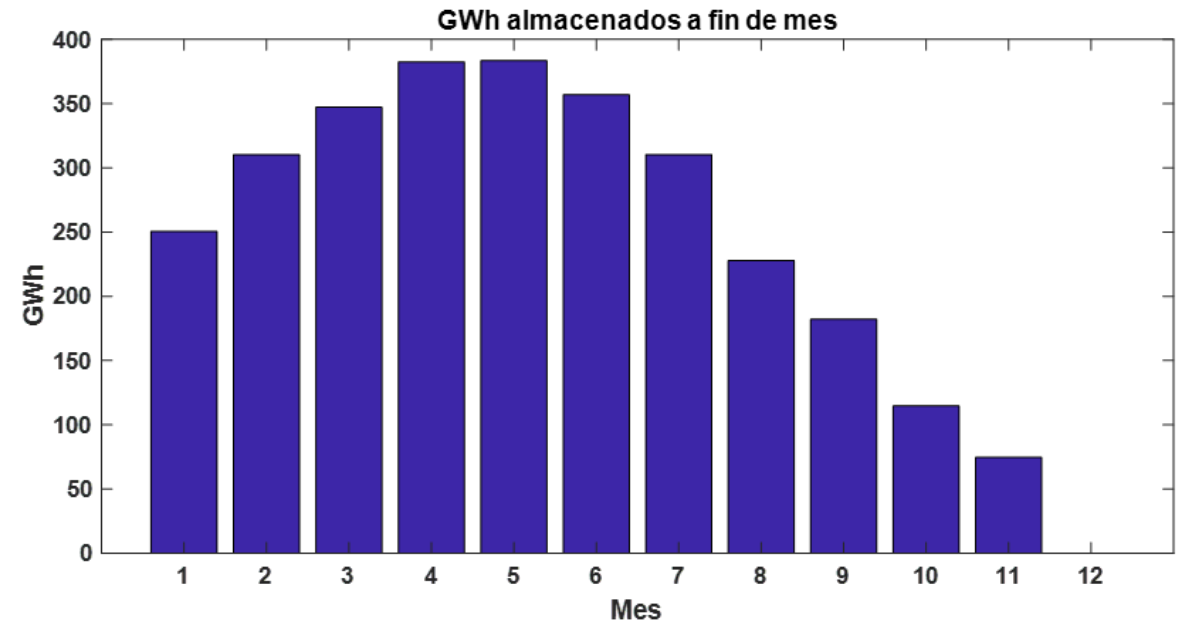
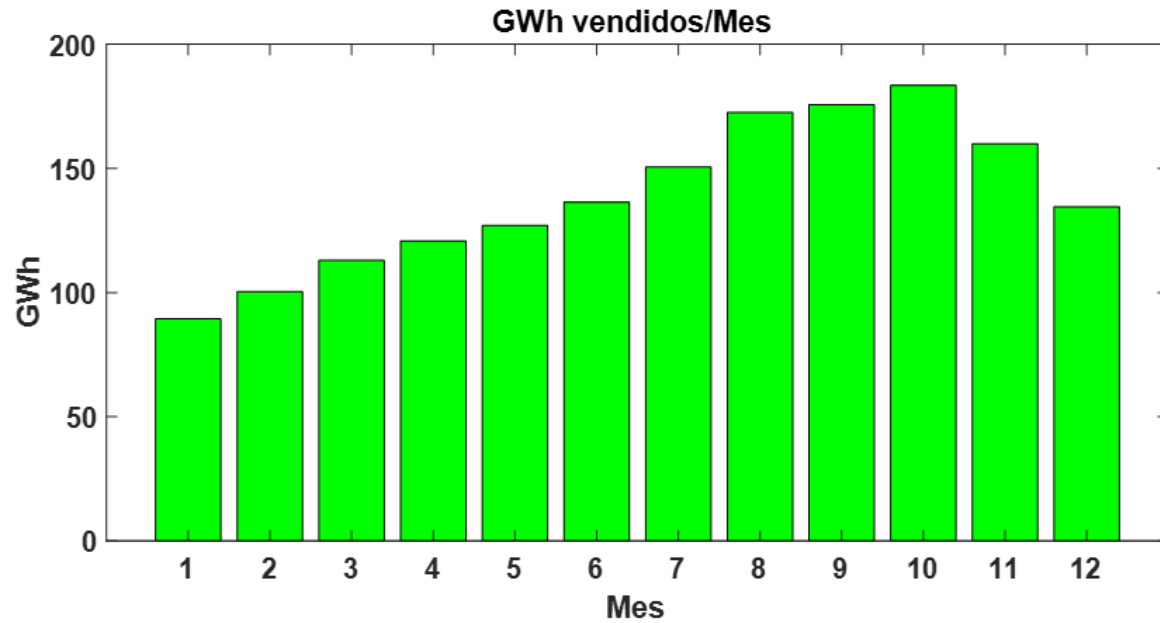
Algunos datos extra sobre el algoritmo desarrollado

- Tamaño de la población: 60-300 individuos
- Tasa de cruce: 65 %- 85 %
- Tasa de mutación: 1-2 %
- Criterio de finalización: número de generaciones
- Número de generaciones: 100-5.000
- La mejor solución de una generación pasa a la siguiente en caso que no se mejore la solución
- En el caso que la venta codificada supere la energía almacenada la venta se modifica para que la energía almacenada quede en cero

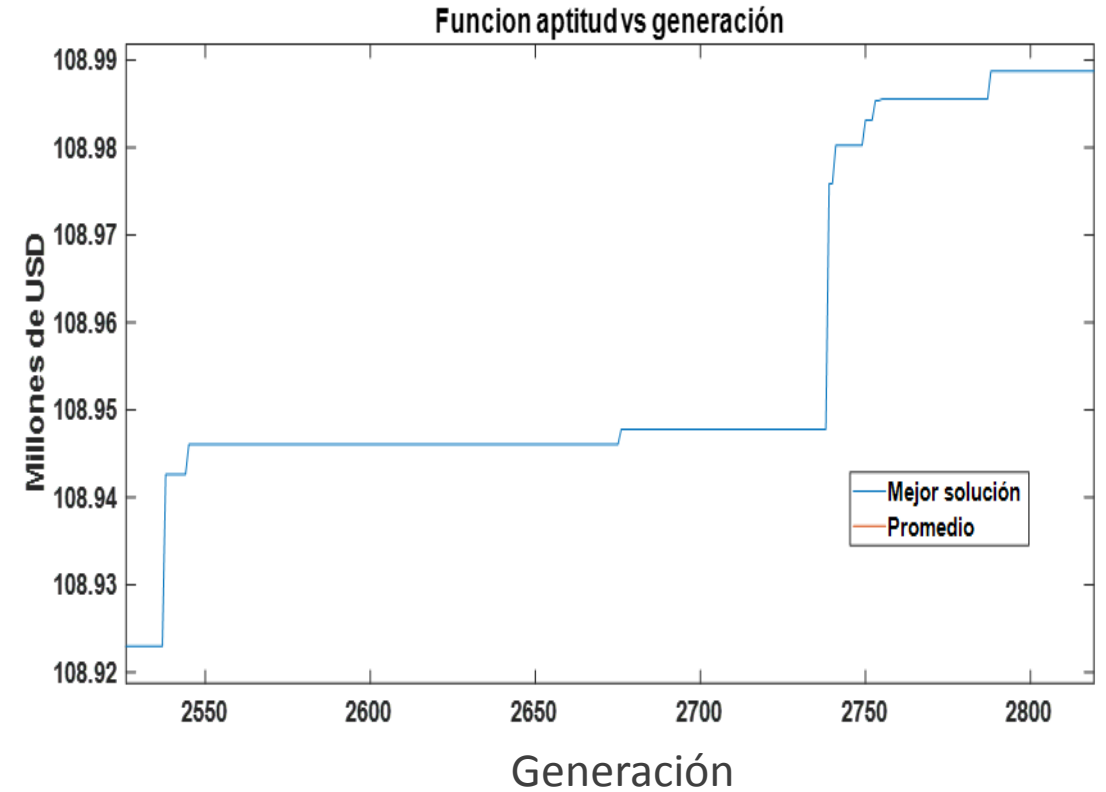
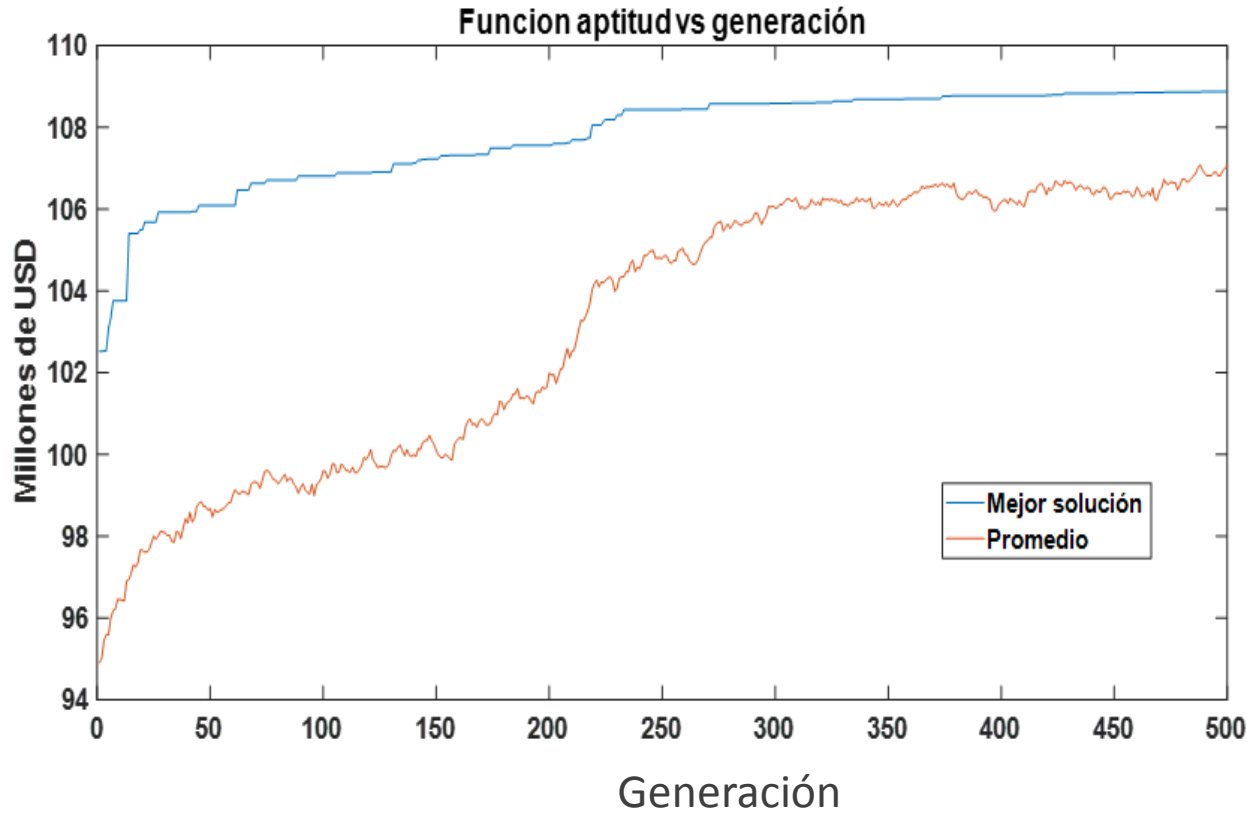
Ejemplo1: Energía inicial 200 GWh



Aplicaciones de algoritmos genéticos

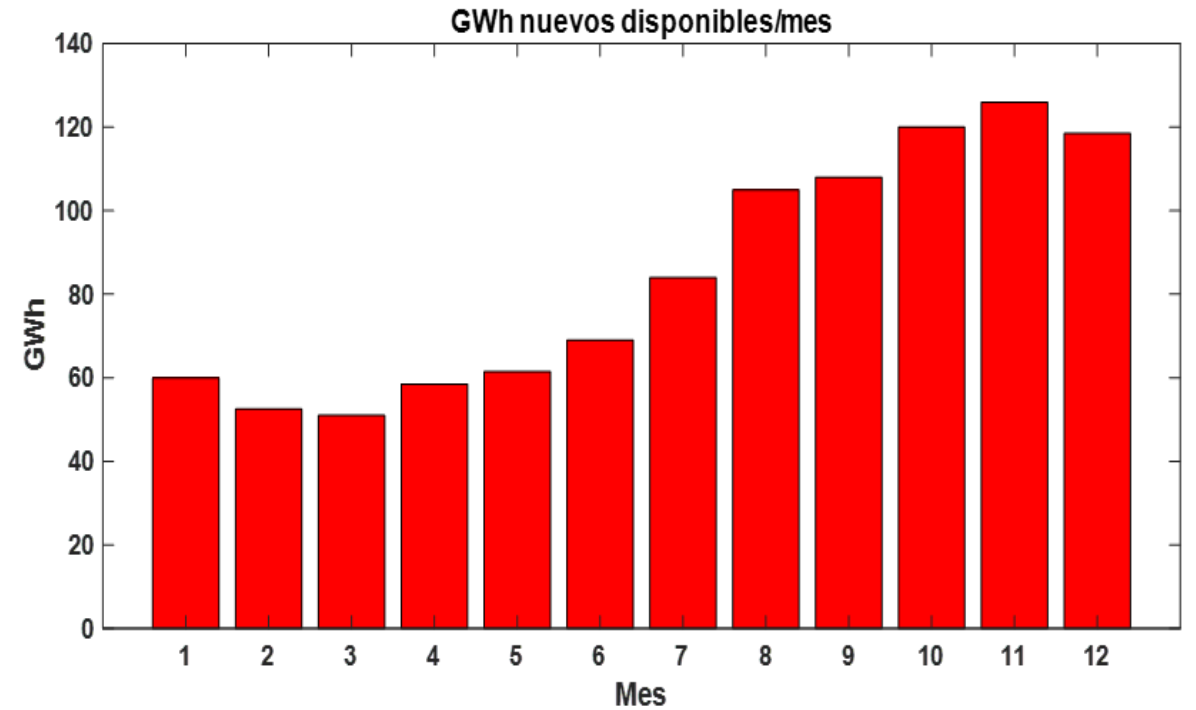
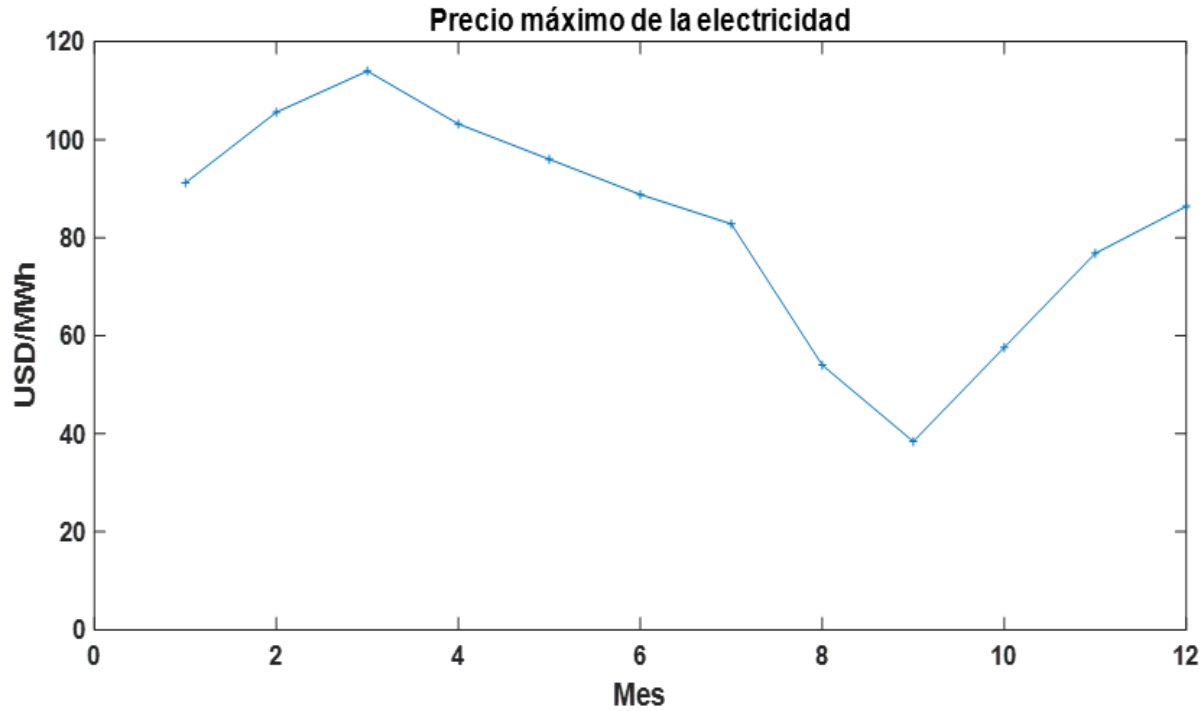


Aplicaciones de algoritmos genéticos



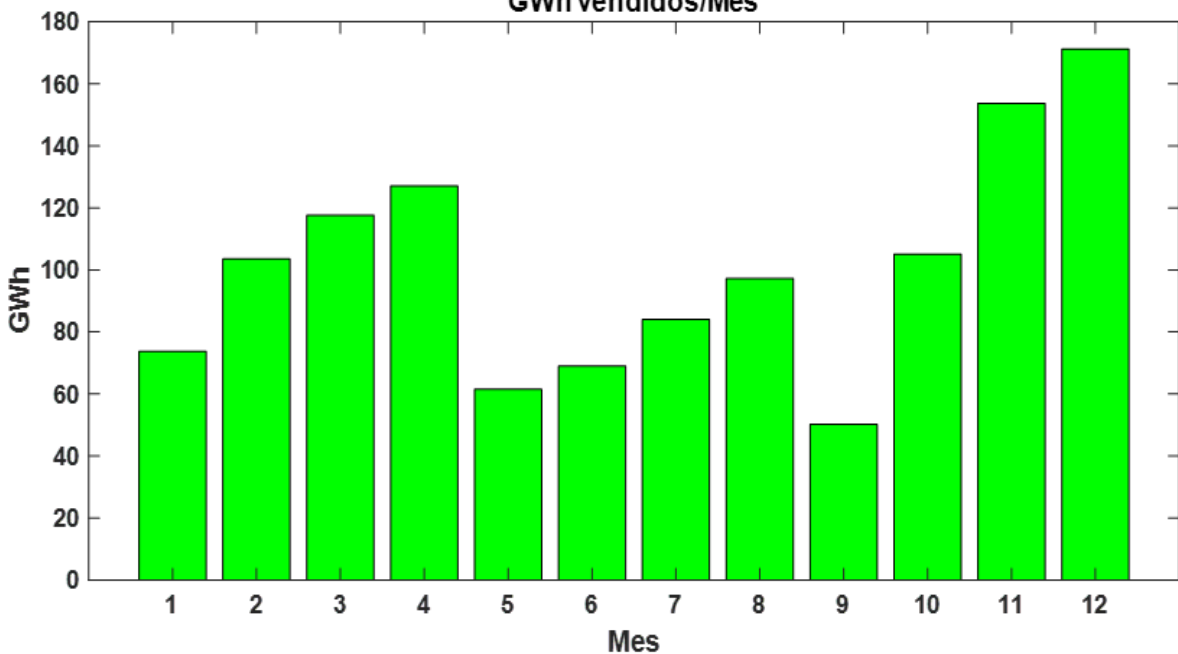
Función aptitud: 108.990.000 USD

Ejemplo 2: Energía inicial 200 GWh

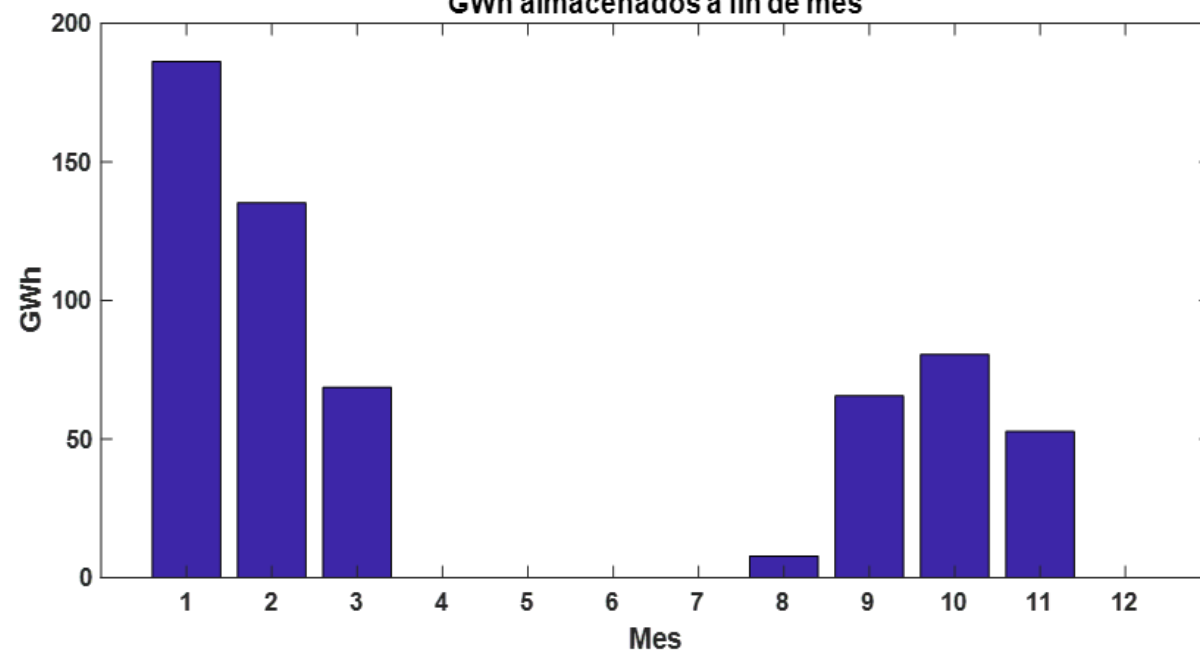


Aplicaciones de algoritmos genéticos

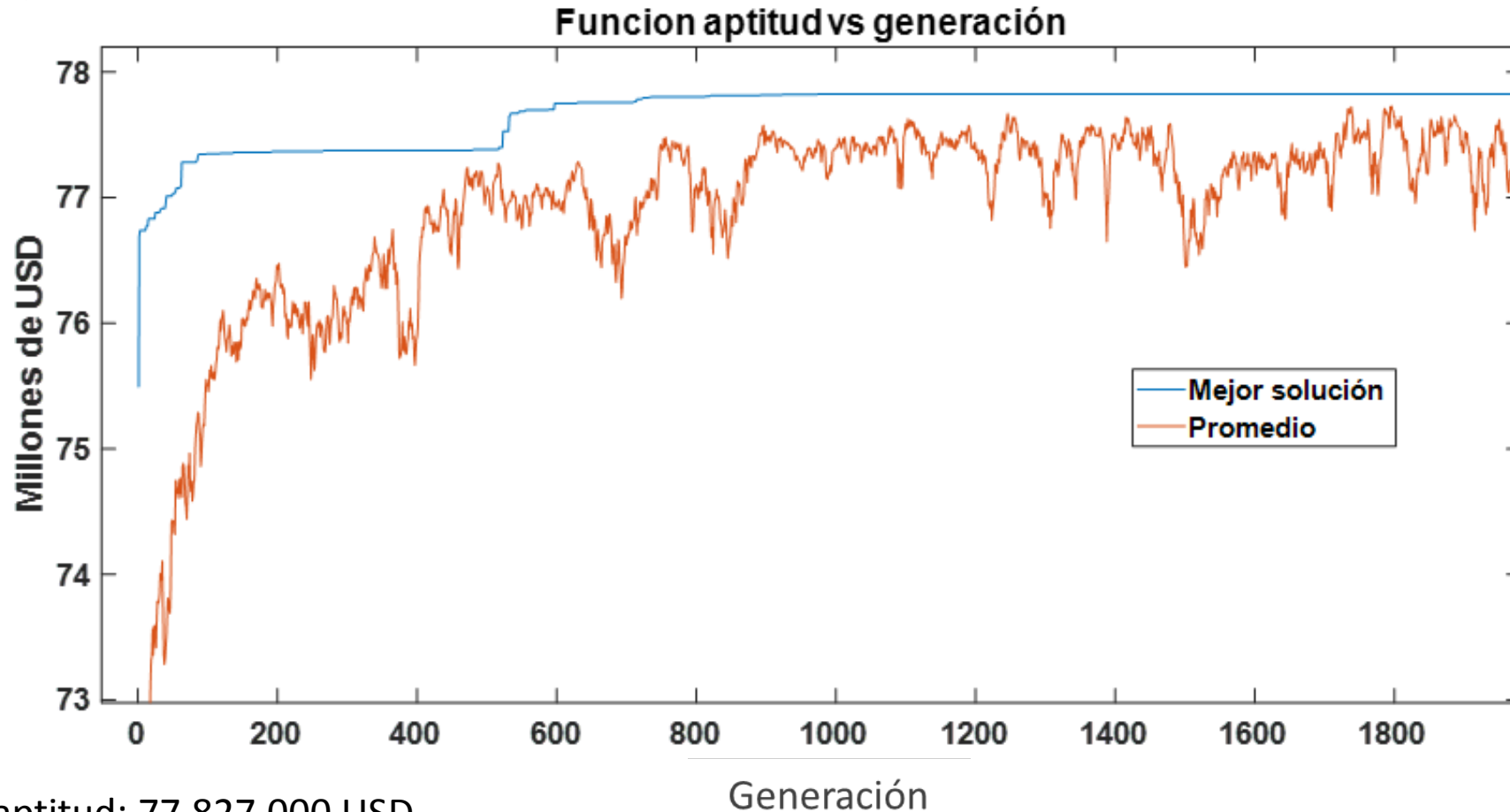
GWh vendidos/Mes



GWh almacenados a fin de mes



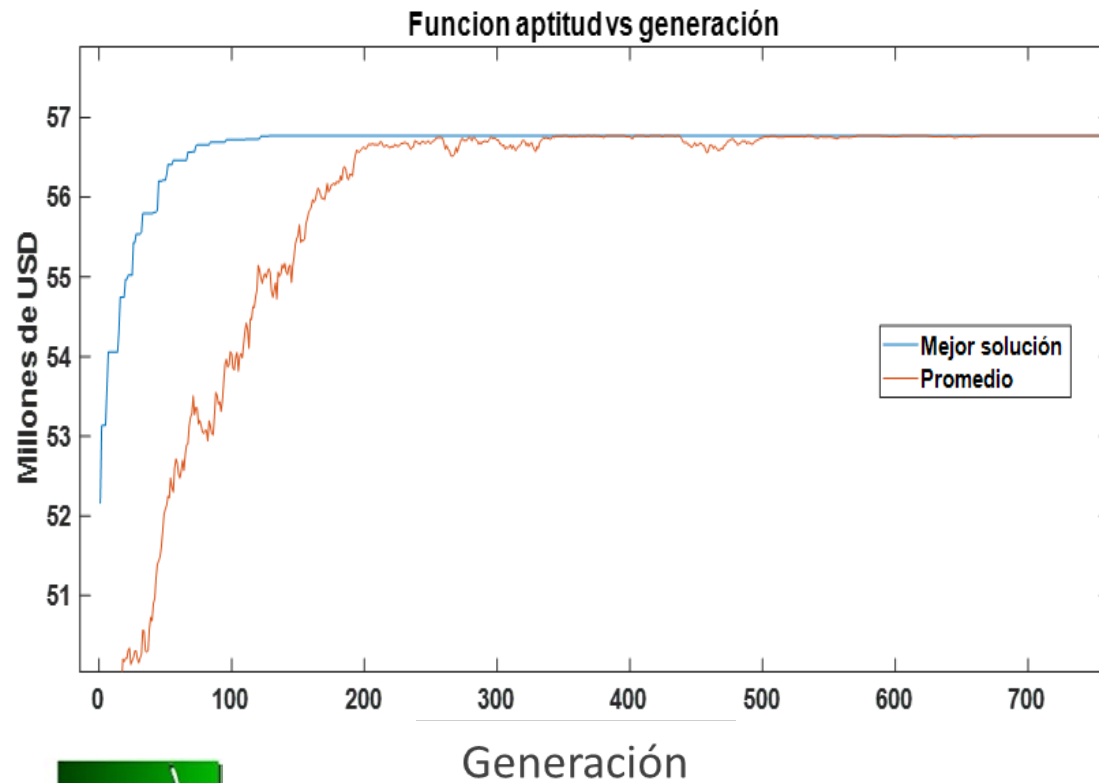
Aplicaciones de algoritmos genéticos



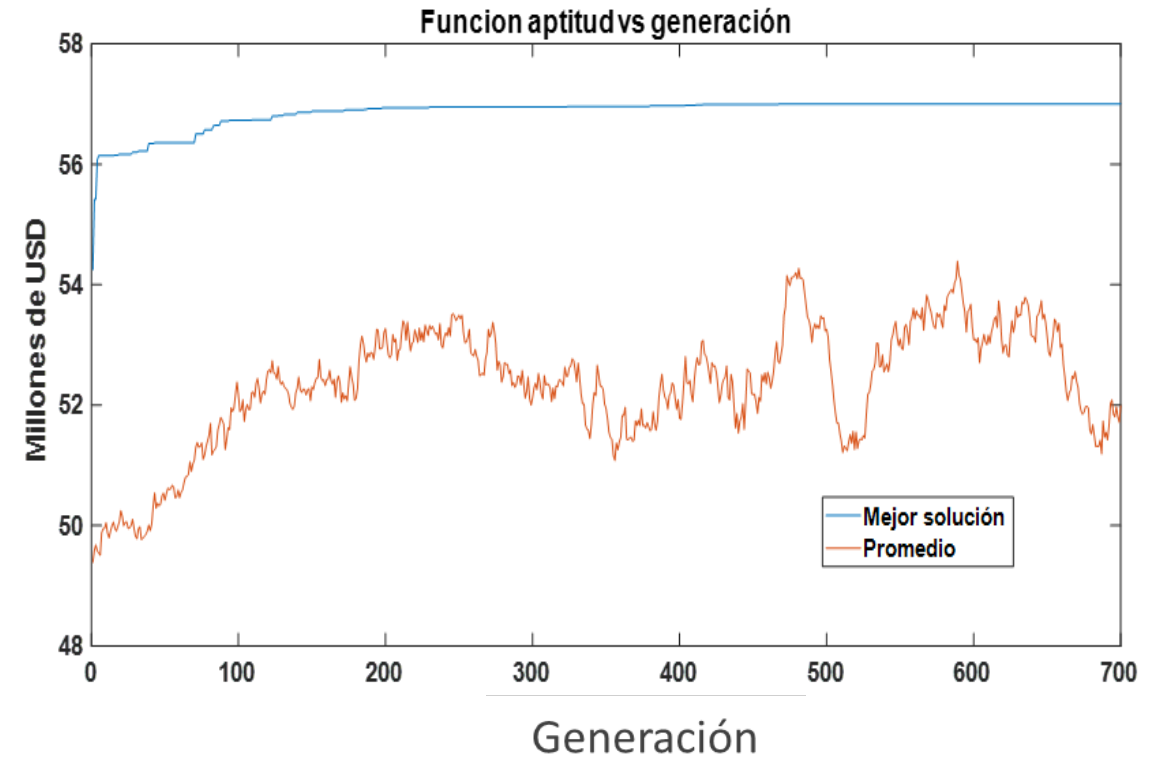
Función aptitud: 77.827.000 USD

Efecto de la mutación en la convergencia

Baja tasa de mutación

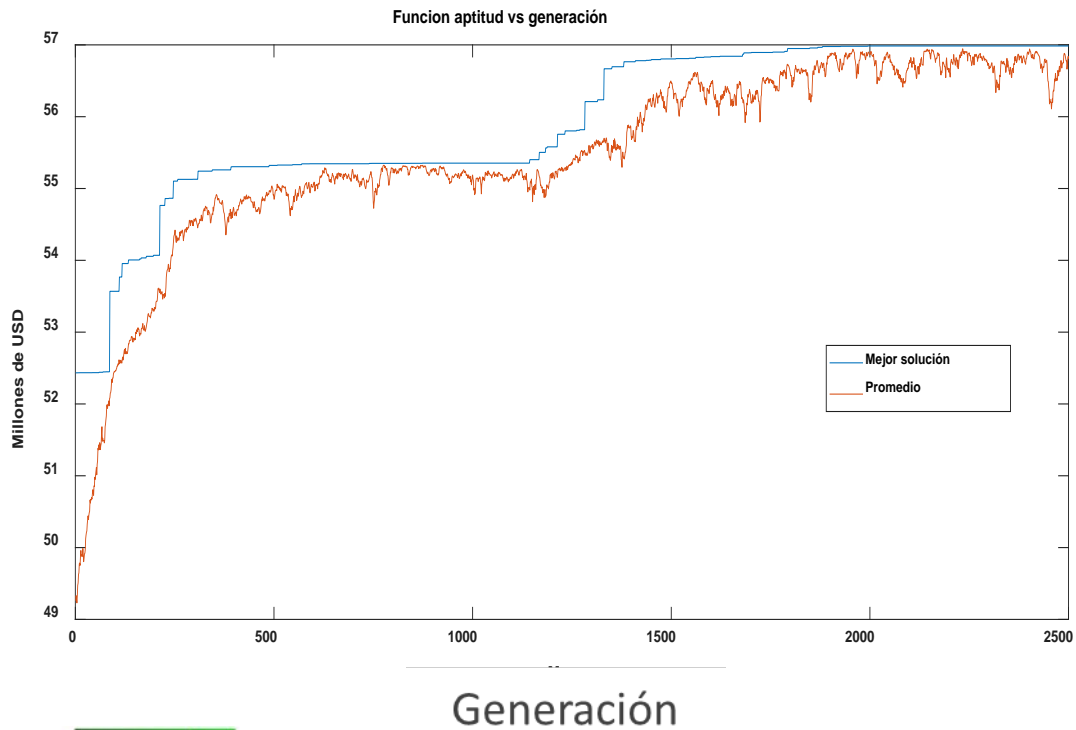


Elevada tasa de mutación

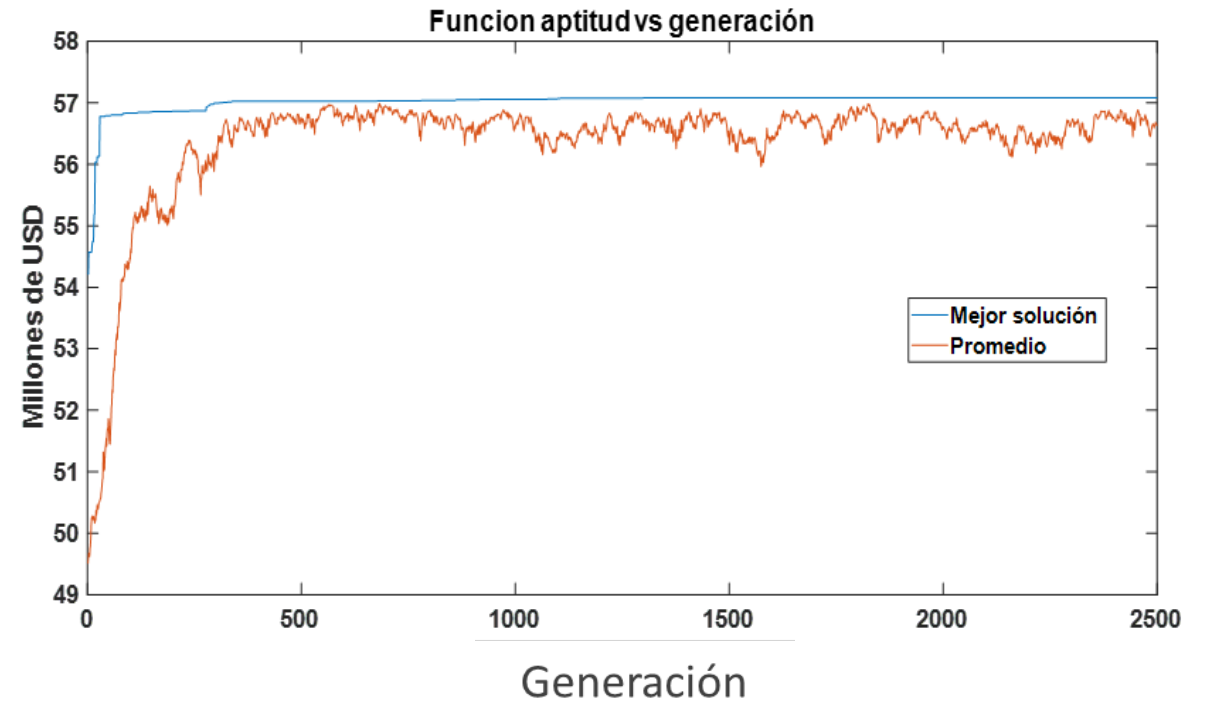


Efecto de la tasa de cruce en la convergencia

Baja tasa de cruce



Elevada tasa de cruce



Algunas consideraciones extras:

- Debido a su sencillez el tiempo de ejecución del algoritmo no es una variable a tener en cuenta
- Si bien se realizó un análisis determinístico no es complicado hacer un análisis de sensibilidad con el fin de tener en cuenta la variabilidad de las variables involucradas
- Es posible “relajar” las restricciones con el fin de alcanzar mejores óptimos (siempre y cuando no sea una restricción técnica)
- En un problema mas complicado se podrían agregar operadores especiales para “reparar” las soluciones que no cumplan con determinada restricción. Otra opción es penalizarlas en la función aptitud.

Aplicaciones de algoritmos genéticos

FIN



ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA | LATIN AMERICAN ENERGY ORGANIZATION | ORGANIZAÇÃO LATINO-AMERICANA DE ENERGIA | ORGANISATION LATINO-AMERICAINE D'ENERGIE

Soft computing y sus aplicaciones en la eficiencia energética

PhD. Ing. Juan Pablo Fossati (MCT-ESCO)



Nos une la **energía**
Energy joins us

Definición de *soft computing*

Enfoque tradicional (*hard computing*)

- Requiere un modelo analítico preciso
- Las entradas y las salidas deben ser precisas
- Basado en lógica binaria
- Determinística
- Ideal para sistemas críticos
- Los programas deben ser escritos

Soft computing

- No requiere un modelo analítico preciso. Ideales para encontrar soluciones a problemas de la vida real para los que no se dispone de un modelo o este es sumamente complicado
- Tolerante a la imprecisión, incertidumbre y verdades parciales.
- Estocástica
- Los programas pueden evolucionar
- Se busca emular el razonamiento humano

Definición de *soft computing*

Principales técnicas que abarca la *soft computing*

- Lógica difusa
- Algoritmos metaheurísticos
 - Algoritmos genéticos
 - Optimización por enjambre de partículas
 - Algoritmos recosido simulado
- Redes neuronales
- Razonamiento probabilístico

Definición de *soft computing*

Aplicaciones de la *soft computing*

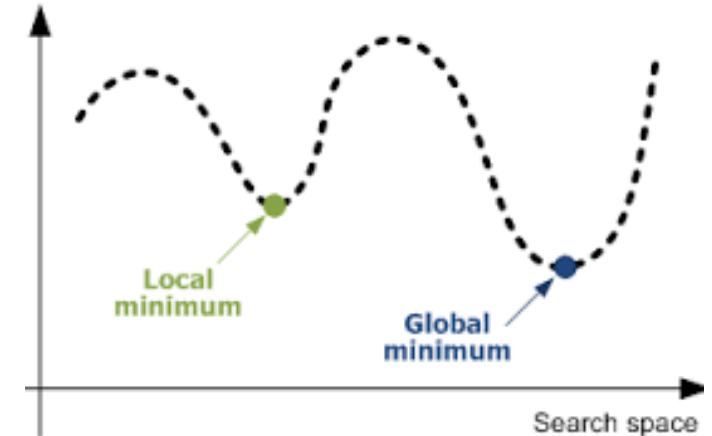
- Reconocimiento de imágenes, clasificación
- Automatización y control (trenes, aire acondicionado, lavarropas, etc)
- Control de calidad de procesos, mantenimiento
- Optimización: energía, redes eléctricas, logística, diseño, problemas multiobjetivo
- Diagnostico medico
- Toma de decisiones, valoración de riesgo

Aplicaciones

- Los principios básicos de los algoritmos genéticos fueron establecidos por Holland en los años 70
- Son métodos adaptativos que pueden usarse para resolver problemas de búsqueda y optimización. Están basados en el proceso genético de los organismos vivos

¿Cuándo usar algoritmos genéticos?

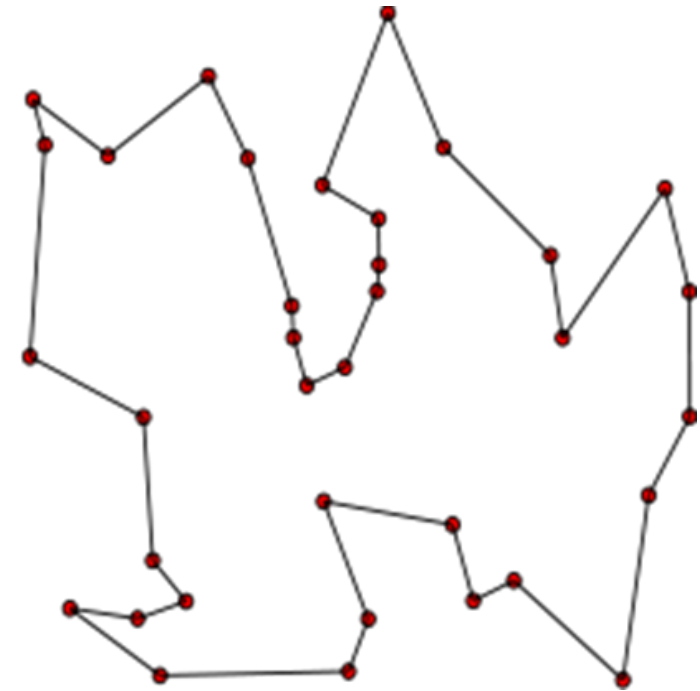
- Funciones no derivables, espacios de búsqueda de gran tamaño, variables discretas y continuas
- Existen muchos máximos/mínimos locales



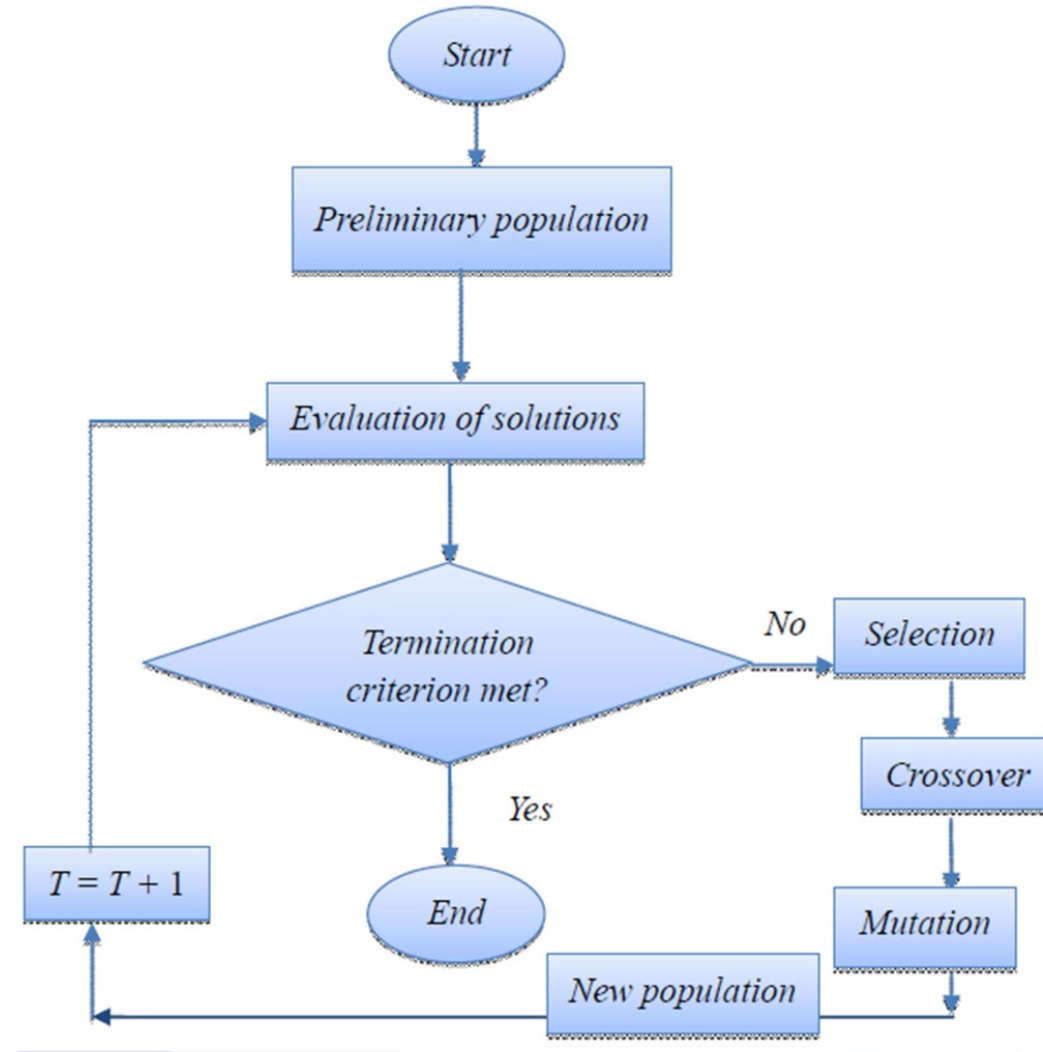
Algoritmos genéticos

Problema del vendedor viajante

- Objetivo: determinar la ruta mas corta posible visitando todas la ciudades una única vez y volviendo al origen al final del recorrido
- Existen en total $(N-1)!/2$ soluciones posibles
 - Para 10 ciudades hay 181440 opciones
 - Para 30 ciudades hay $4 * 10^{30}$ opciones. Si se evaluaran un millón de soluciones por segundo se tardaría 10^{18} años para resolver el problema



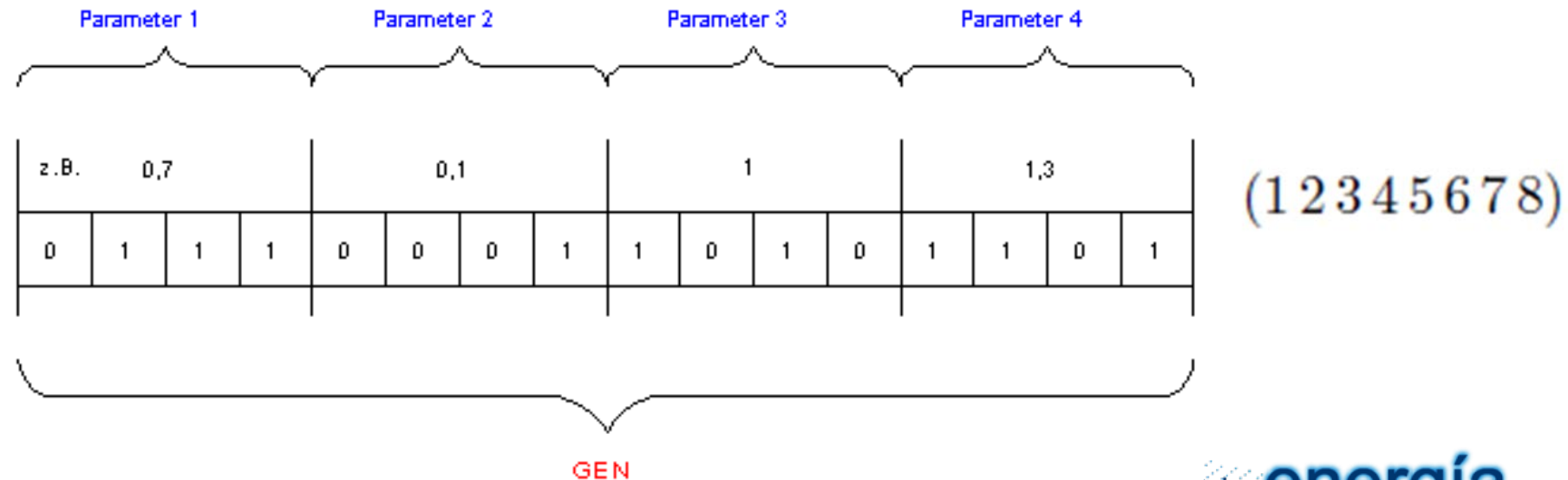
- Codificación
- Población inicial
- Evaluación
- Selección
- Cruce
- Mutación
- Otros operadores



Codificación

- La codificación consiste en representar una solución al problema planteado mediante un vector o una matriz. Se suele emplear código binario, números naturales o reales. Se denominan cromosomas a cada posible solución

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$



Inicialización

- La población inicial consta de un conjunto de individuos generados al azar o bien siguiendo ciertos parámetros con el fin de generar un mejor conjunto de soluciones
- Trabajar con una población inicial pequeña limita el espacio de búsqueda mientras que trabajar con una población muy grande implica un excesivo costo computacional
- Si las soluciones están compuestas por N elementos una población de entre N y 2N individuos debería ser suficiente

```
v1 = 100110100000001111111010011011111  
v2 = 111000100100110111001010100011010  
v3 = 000010000011001000001010111011101  
v4 = 1000110001011010011111000001110010  
v5 = 000111011001010011010111111000101  
v6 = 000101000010010101001010111111011  
v7 = 001000100000110101111011011111011  
v8 = 100001100001110100010110101100111  
v9 = 010000000101100010110000001111100  
v10 = 000001111000110000011010000111011  
v11 = 011001111110110101100001101111000  
v12 = 110100010111101101000101010000000  
v13 = 111011111010001000110000001000110  
v14 = 0100100110000010101001111100101001  
v15 = 111011101101110000100011111011110  
v16 = 110011110000011111100001101001011  
v17 = 011010111111001111010001101111101  
v18 = 011101000000001110100111110101101  
v19 = 000101010011111111110000110001100  
v20 = 101110010110011110011000101111110
```

Evaluación

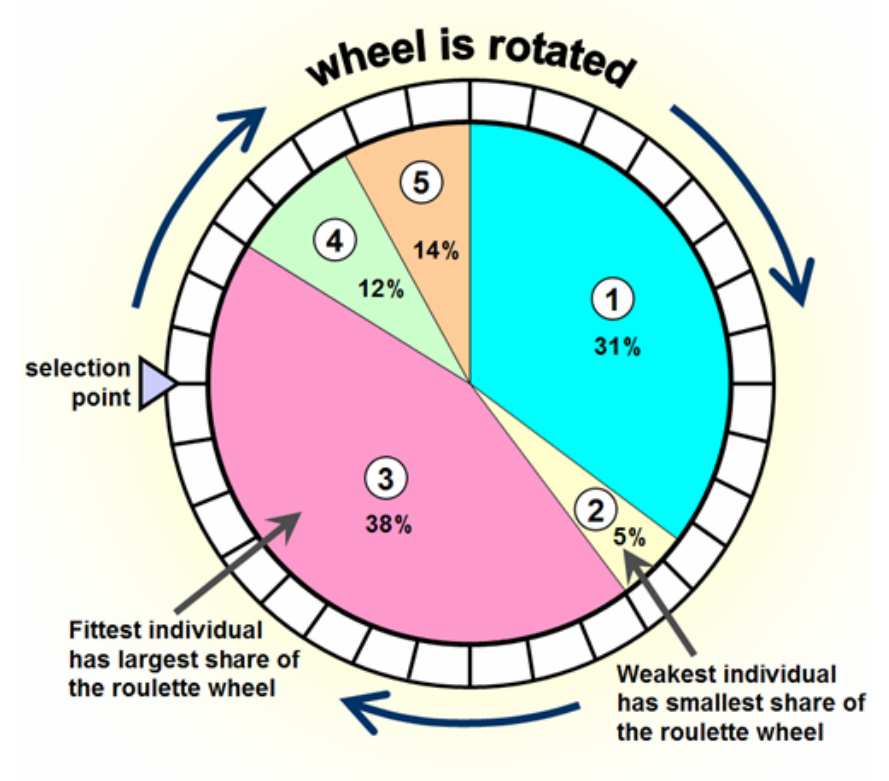
- A cada individuo se le asigna un valor que indica que tan buena es la solución. Para esto se emplea una función objetivo.
- La función objetivo debe representar de forma real la calidad de una solución.
- Una función objetivo que “castigue” demasiado a las soluciones malas podría hacer que el algoritmo converja prematuramente a un óptimo local
- Una función objetivo que “premie” a las malas soluciones hará que el algoritmo tenga dificultad en converger

Evaluación: ejemplos de funciones objetivo

- $f = \text{Energía ahorrada}$
- $f = \text{Energía ahorrada}^2 + K$
- $f = 1/(K + \text{Energía consumida})$
- $f = 1/(K + \text{Pérdidas eléctricas/térmicas})$
- $f = 1/\text{Emisiones}^2$
- $f = A/(C + B * \text{Costo}) - \text{penalización}$

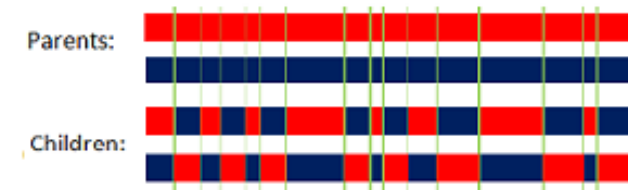
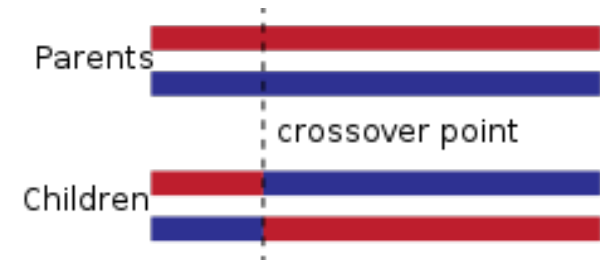
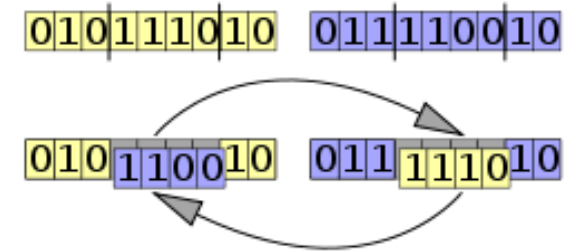
Selección

- En el proceso de selección se escogen los individuos que van a dar lugar a una nueva generación
- Los individuos mas aptos deben de tener mayor probabilidad de ser seleccionados
- Existen diversos métodos de selección, uno de los mas comunes es el método de la ruleta



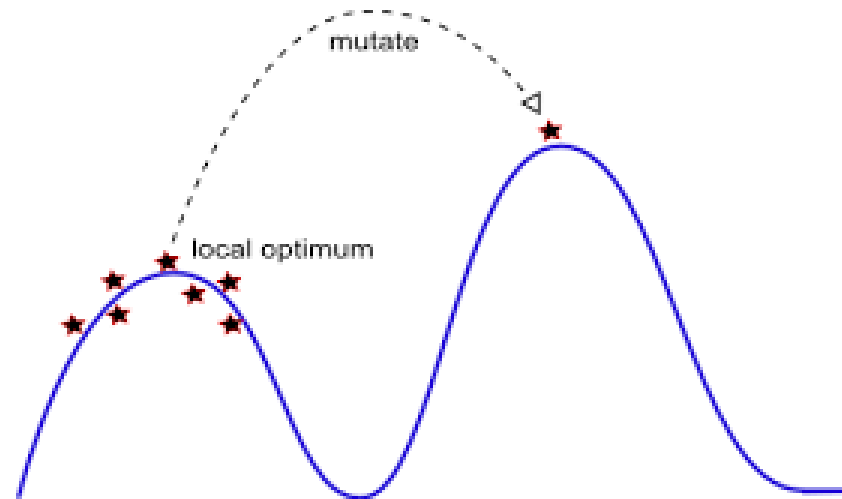
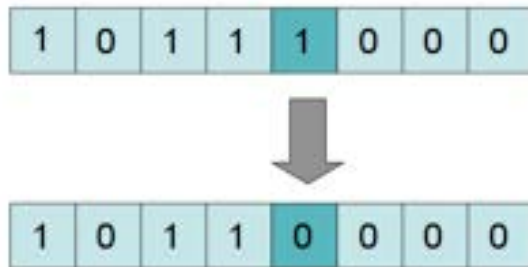
Cruce

- La probabilidad que un individuo sea seleccionado para un cruce suele ser del orden del 70 %.
- Existen varios tipos de operadores cruce
 - Un punto
 - Dos puntos
 - Varios puntos



Mutación

- La mutación consiste en cambiar un “bit” a un pequeño porcentaje de los individuos (0,5-2%) de una población con el fin de generar diversidad en las soluciones y evitar quedarse estancado en óptimos locales.



Operadores especiales

- En muchos problemas tras aplicar el operador cruce o mutación se generan soluciones que no satisfacen alguna de las restricciones del problema. Una alternativa es emplear operadores especiales para reparar las soluciones transformándolas en validas.

Criterios de finalización

- Como criterio de finalización se puede emplear un numero determinado de generación o un valor de la función aptitud

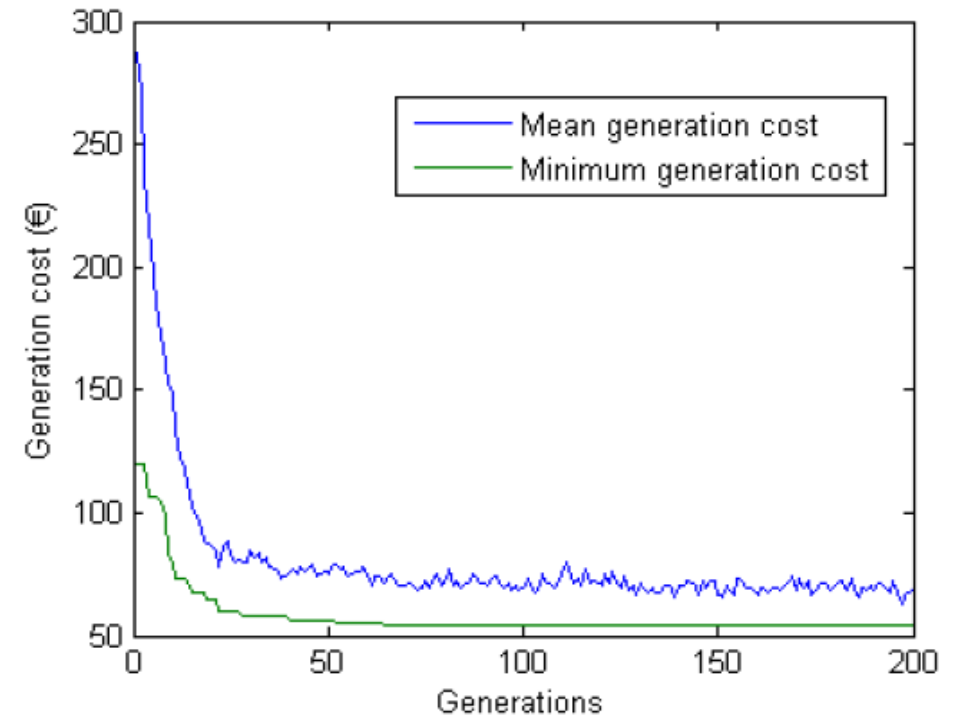
Otras consideraciones

- Se requieren varias pruebas para ajustar los parámetros del algoritmo

Convergencia

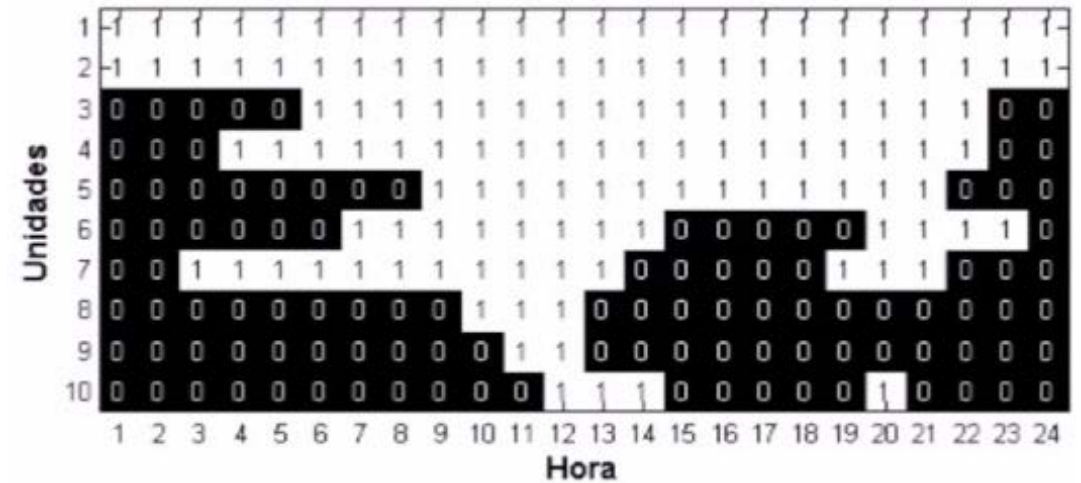


Convergencia del algoritmo genético



Algunas aplicaciones en la optimización de la energía

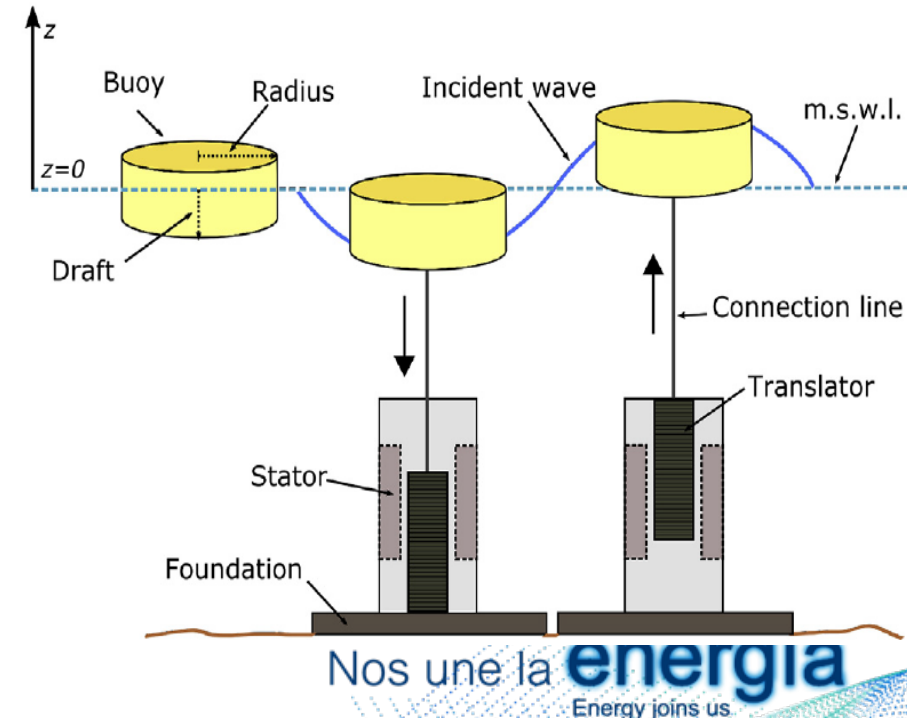
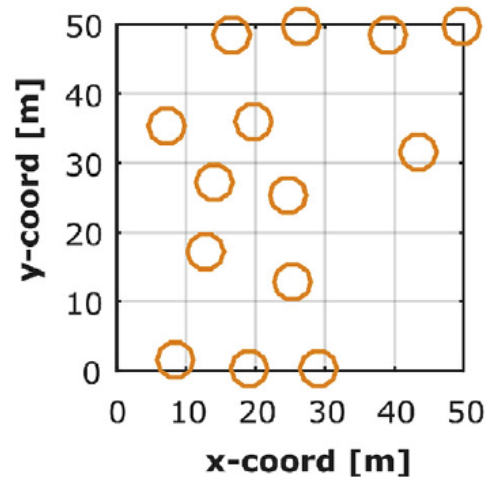
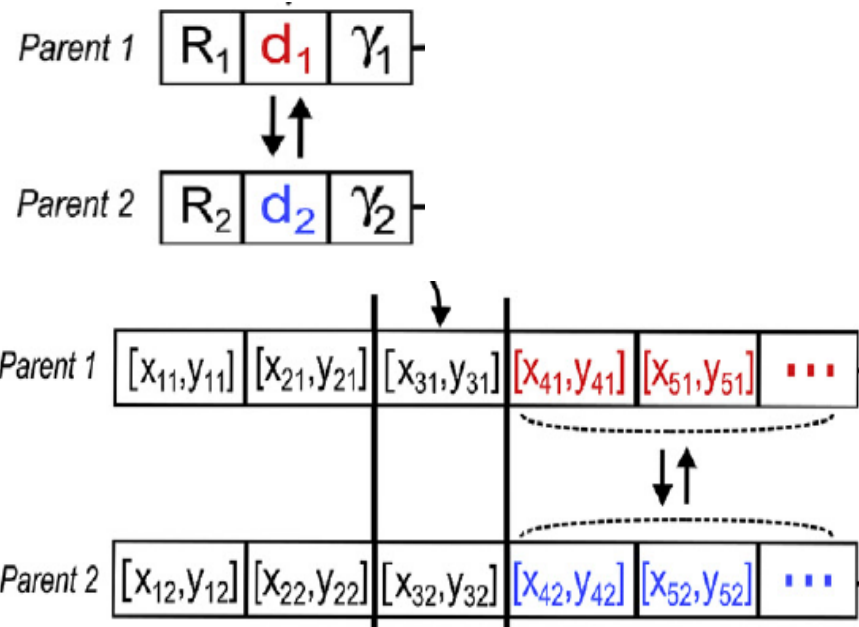
- Problema de asignación de unidades: consiste en determinar el calendario de generación óptimo desde el punto de vista económico, debiendo de satisfacerse al mismo tiempo una serie de restricciones.
 - Función a optimizar: costo de operación
 - Restricciones: cumplimiento de la demanda, reserva rodante, límites técnicos asociados a cada unidad, etc.
 - Codificación:
- Problemas de organización de la producción



Algunas aplicaciones en la optimización de la energía

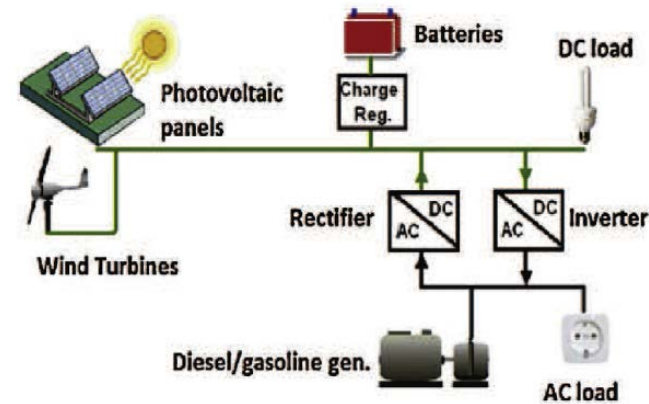
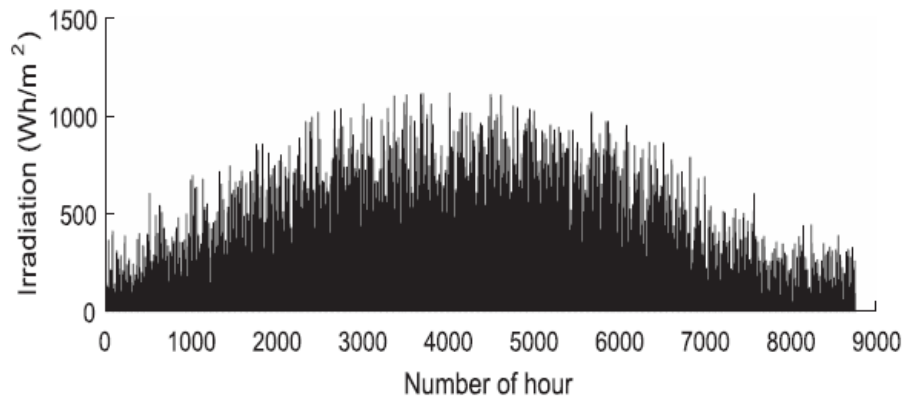
Diseño en general:

- *Layout design of wave energy parks by a genetic algorithm:* Se busca optimizar el diseño de los generadores y la disposición de los mismos par maximizar la generación y minimizar los costos



Algunas aplicaciones en la optimización de la energía

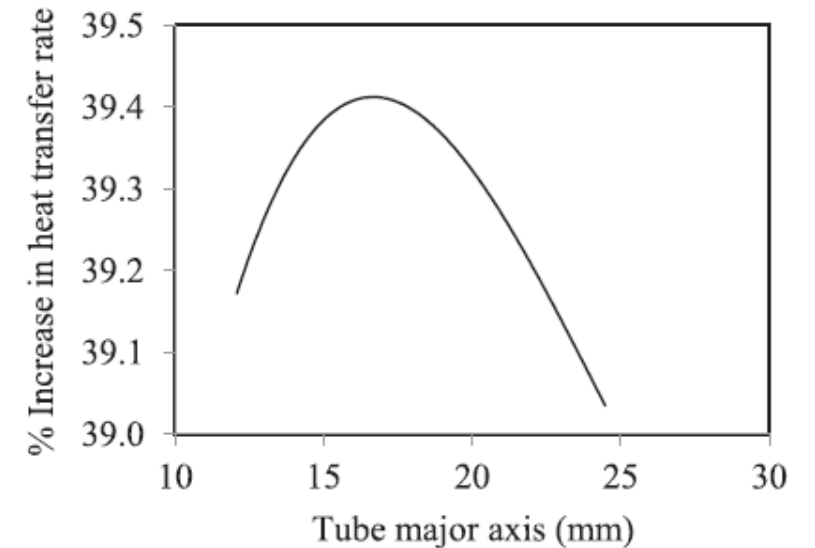
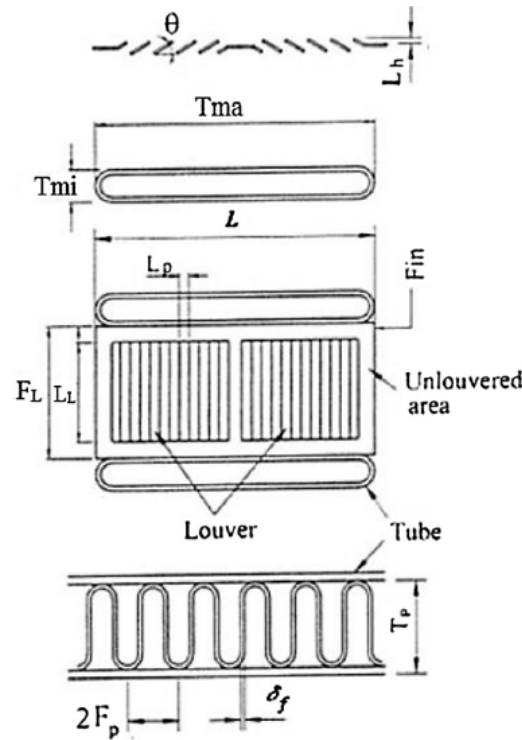
- *An efficient multi-objective model and algorithm for sizing a standalone hybrid renewable energy system:* Se busca minimizar de forma simultánea el costo de operación, las emisiones y la pérdida de suministro. Con este fin se determina el tipo y el número de paneles solares, baterías, molinos de viento, generador diesel, ángulo de los paneles solares y altura de los molinos.



Case	N_{pv}	α	i_{pv}	N_{wg}	H	i_{wg}	N_{bat}	i_{bat}	N_{dg}	i_{dg}	F_{GHE}	F_{LSLP}	F_{ASC}
1	20	66.9°	95 th	10	14.9	100 th	20	100 th	10	90 th	5000	20	2512.3
2	5	34.8°	23 th	3	10.7	2 th	6	91 th	4	96 th	1480	42	392.5
3	20	68.7°	95 th	10	14.9	100 th	20	96 th	7	75 th	6520	5	2774.3

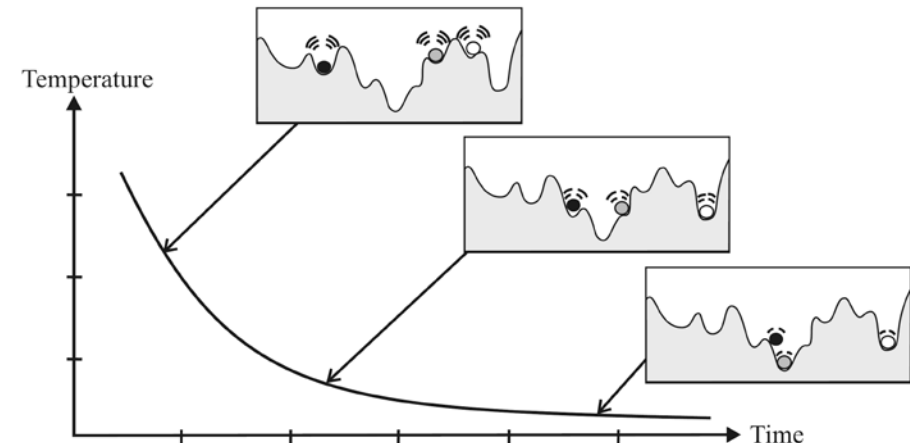
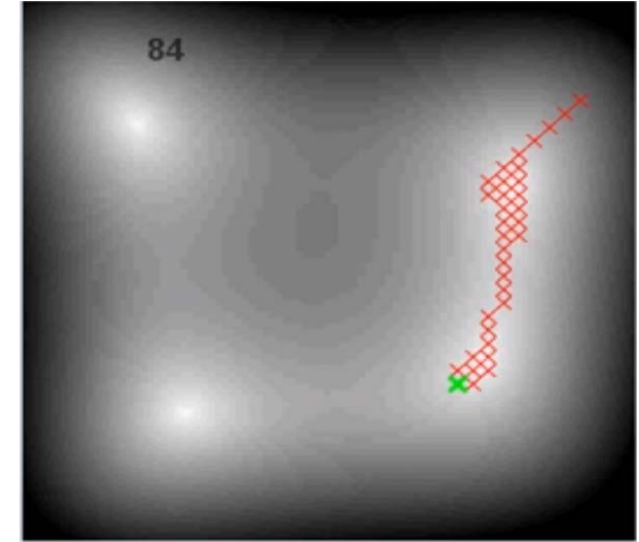
Algunas aplicaciones en la optimización de la energía

- *Sizing analysis of louvered fin flat tube compact heat exchanger by genetic algorithm:* Se desea maximizar la transferencia de calor en un intercambiador. Para este fin se definen un total de 12 parámetros geométricos. Se efectúa un análisis de sensibilidad.



Otros metaheurísticos

- Búsqueda tabú: no es un algoritmo poblacional. Se busca la mejor solución en la vecindad y se avanza. El algoritmo tiene memoria a corto plazo evitando buscar lugares ya explorados (tabú)
- Recocido simulado: emula el recocido del acero. Al comienzo de la búsqueda la probabilidad de permitir una solución peor es elevada pero va disminuyendo a medida que pasa el tiempo (disminuye la temperatura)



Otros metaheurísticos

- Algoritmos de enjambre:
 - Optimización de colonia de hormigas
 - Optimización por enjambre de partículas

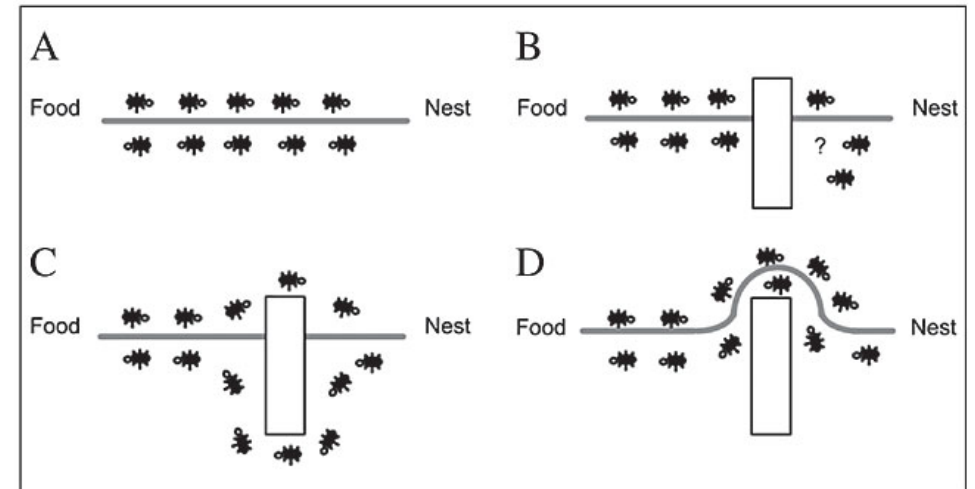


Figure 2. A. Ants in a pheromone trail between nest and food; B. an obstacle interrupts the trail; C. ants find two paths to go around the obstacle; D. a new pheromone trail is formed along the shorter path.

- Existen una gran cantidad de variantes de metaheurísticos muchos de ellos adaptados para problemas específicos. Es un campo muy activo y con un gran numero de aplicaciones
- Suelen hibridarse con otras técnicas de optimización

Lógica difusa (*Fuzzy logic*)

- Es conceptualmente fácil de comprender
- Busca emular los procedimientos de razonamiento humano
- En lugar de emplear la lógica binaria (0/1) maneja conceptos propios del lenguaje humano como “muy caliente” “poco húmedo” “bastante rápido”
- Proporciona un marco en el que se puede incluir fácilmente el conocimiento humano
- Es tolerante a la imprecisión
- Ideal para cuando no existe un modelo matemático. Se puede usar lógica difusa para modelar funciones no lineales de gran complejidad
- Se puede combinar con otros algoritmos o técnicas de control

Lógica difusa (*Fuzzy logic*)

- Si el problema requiere una solución exacta o es posible elaborar un modelo matemático es mejor no usar lógica difusa
- Fue formulada en 1965 por el ingeniero y matemático Lofti A. Zadeh
- Duramente criticada en sus inicios
- 1978 primera aplicación industrial para controlar un horno de cemento
- Durante la década de los ochenta los avances teóricos y las aplicaciones prácticas crecieron exponencialmente en Japón. Actualmente la lógica difusa está totalmente extendida abarcando un gran número de aplicaciones

Lógica difusa (*Fuzzy logic*)

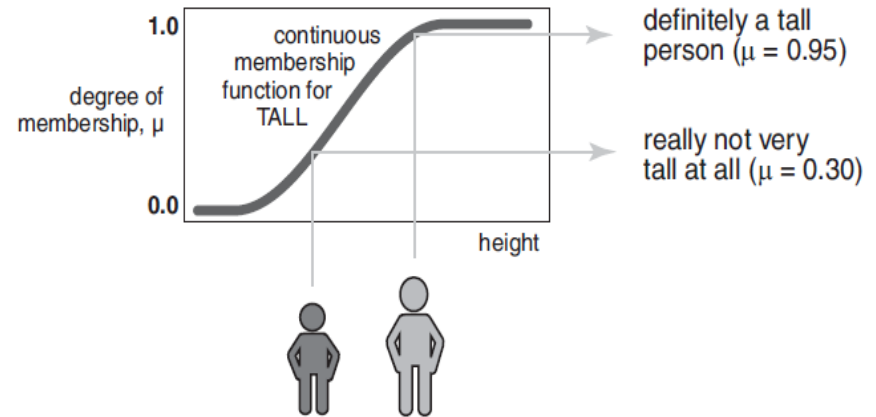
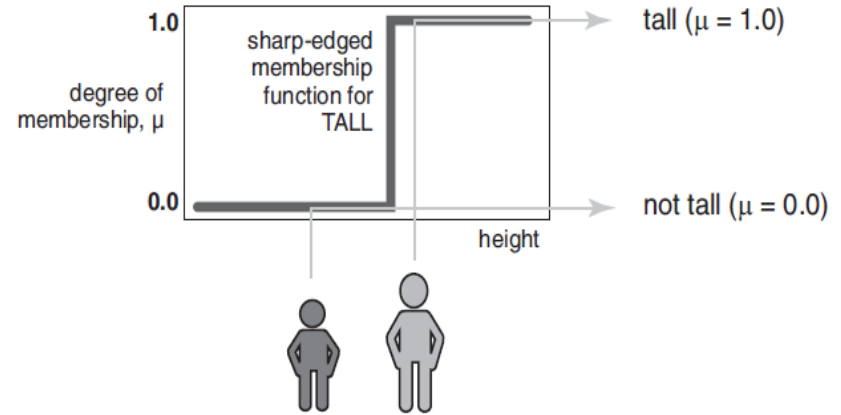
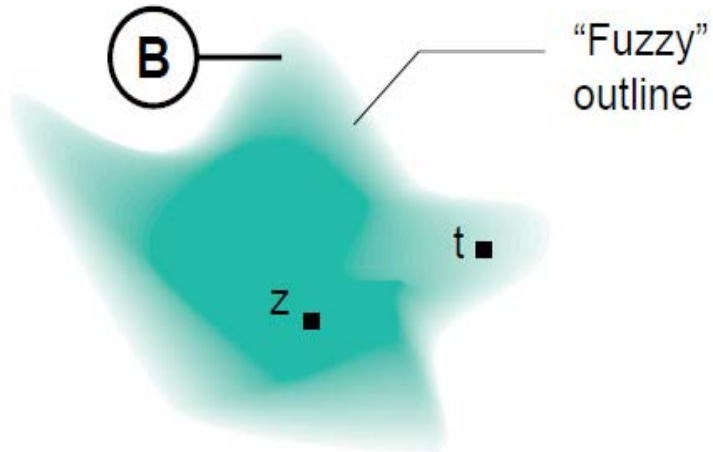
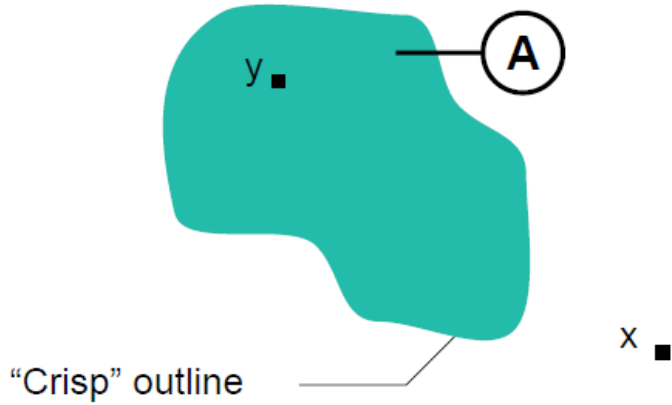
Aplicaciones

- Cámaras fotográficas, lavarropas, aire acondicionados
- Gestión de energía
- Control de sistemas industriales de todo tipo: industria química, transporte aeroespacial, robótica, etc.
- Diagnostico médico
- Finanzas
- Reconocimiento de imágenes
- Toma de decisiones
- 50.000 patentes en la actualidad de productos basados en lógica difusa



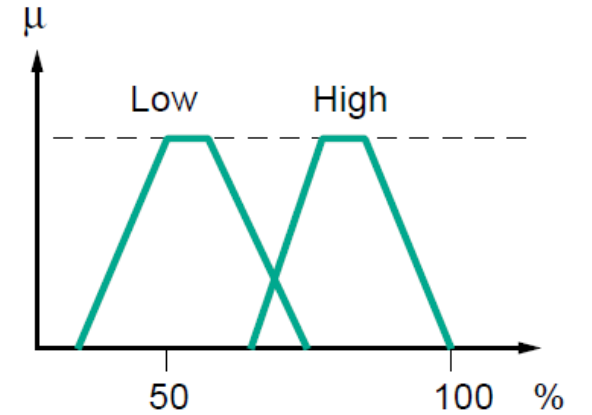
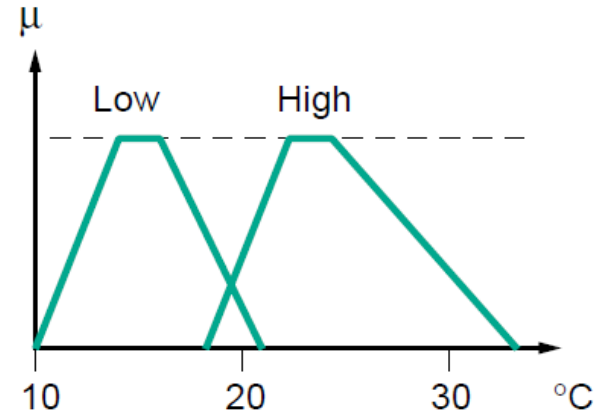
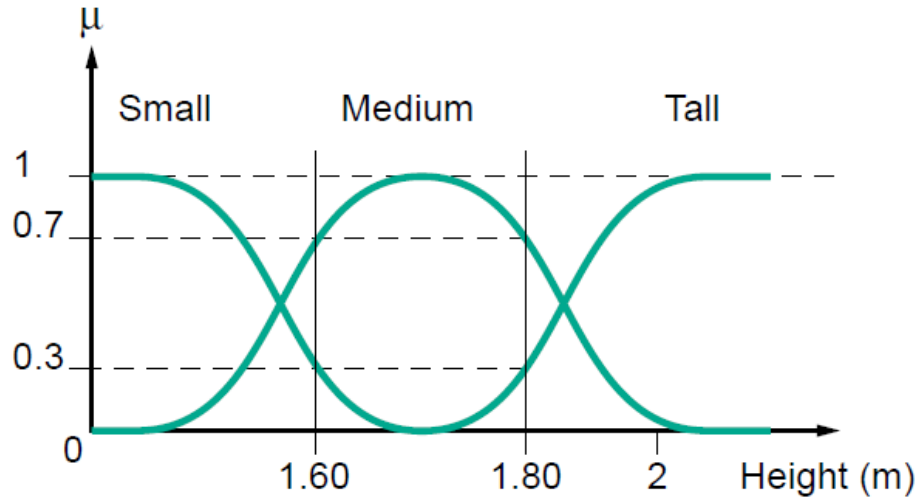
Lógica difusa (*Fuzzy logic*)

Conjuntos difusos



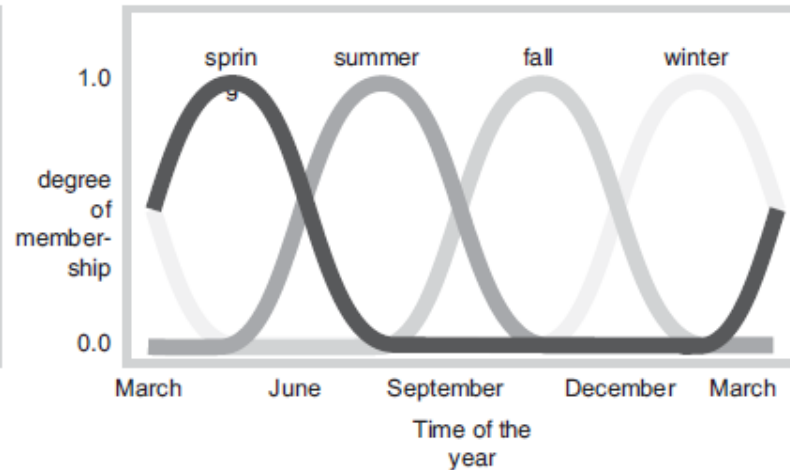
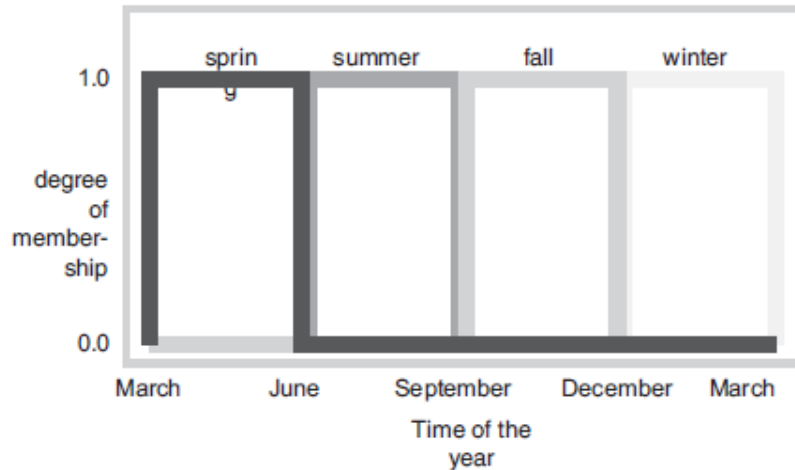
Lógica difusa (*Fuzzy logic*)

Funciones de pertenencia y etiquetas lingüística



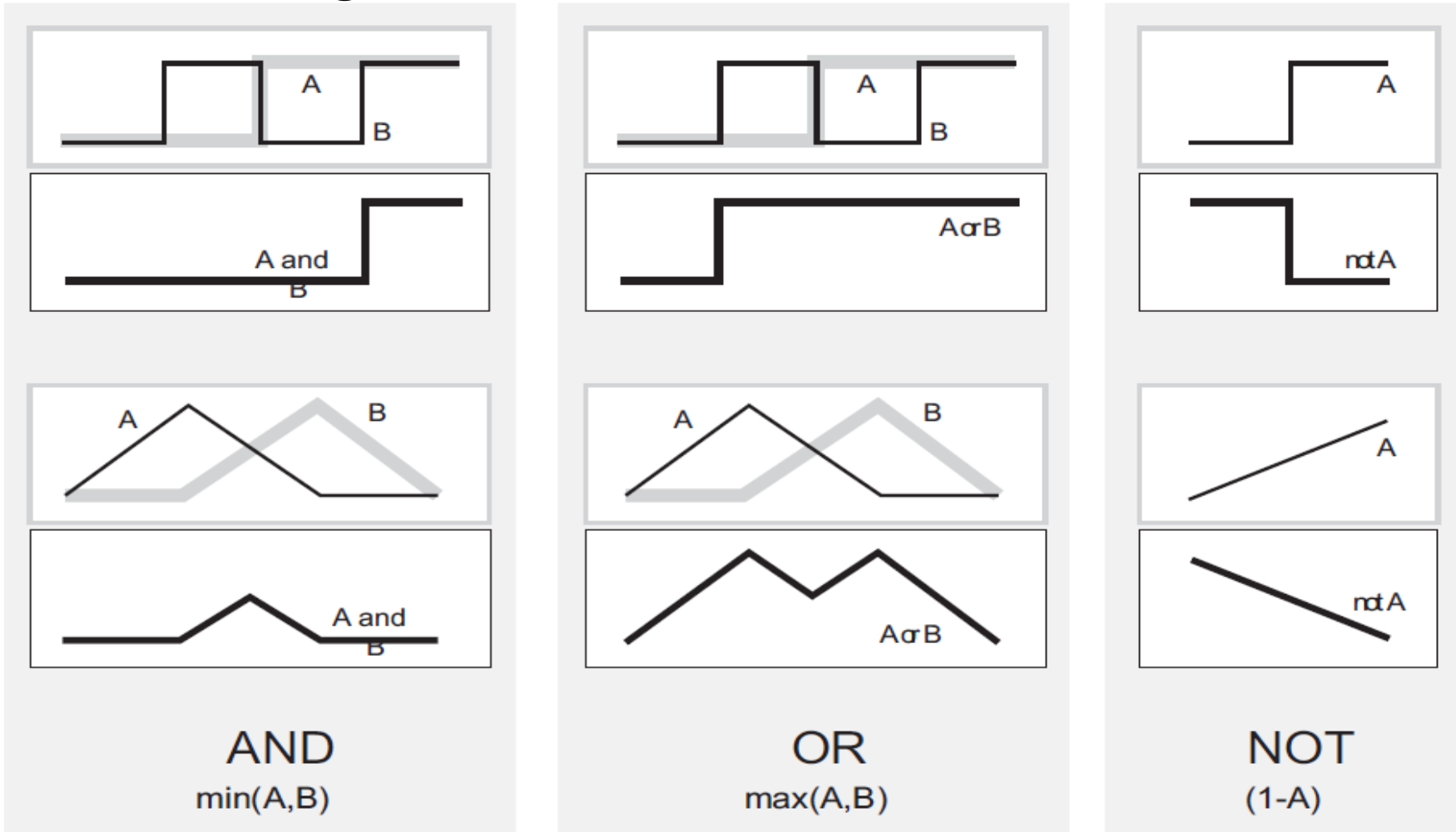
Temperature

Humidity



Lógica difusa (*Fuzzy logic*)

Lógica Booleana vs lógica tradicional



Lógica difusa (*Fuzzy logic*)

Se desea encontrar una función que fije en porcentaje de propina en función de la calidad del servicio y la comida. Ambas variables valoradas entre 1 y 10. Se establecen las siguientes reglas para:

- 1) Si el servicio es “*malo*” y la comida “*fea*” entonces la propina es “*baja*”
- 2) Si el servicio es “*bueno*” entonces la propina es “*media*”
- 3) Si el servicio es “*excelente*” o la comida “*deliciosa*” entonces la propina es “*alta*”

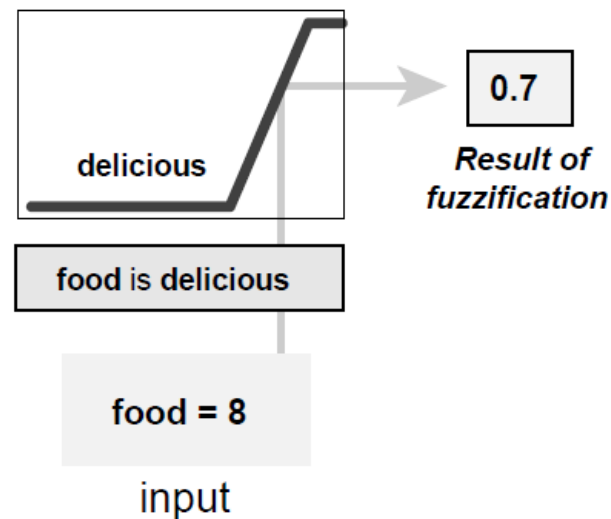
Se pueden usar métodos complementarios para generar o ajustar las reglas

Lógica difusa (*Fuzzy logic*)

Paso 1: Fusificación

La fusificación consiste en evaluar las entradas de acuerdo a las funciones de pertenencia que aparecen en las reglas. Se obtienen así variables difusas.

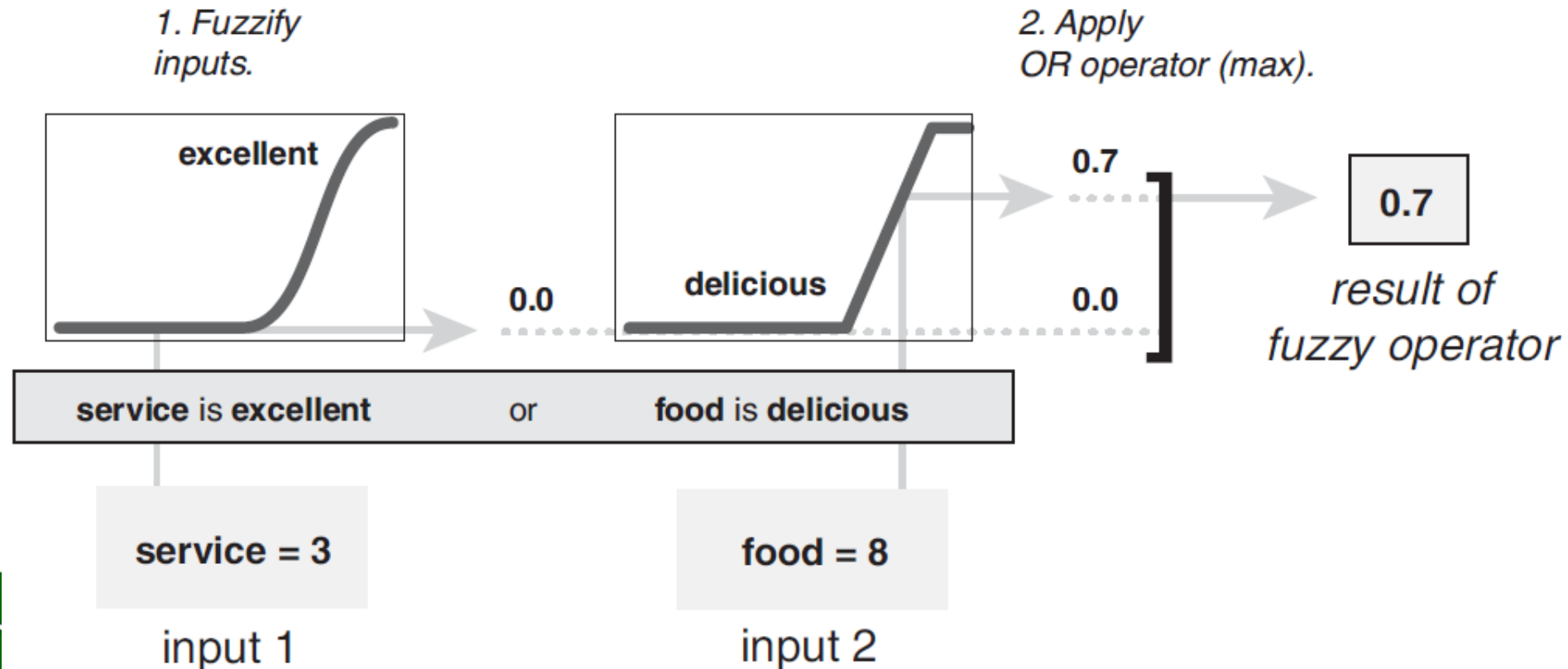
Si el servicio es “*excelente*” o la comida “*deliciosa*” entonces la propina es “*alta*”



Lógica difusa (*Fuzzy logic*)

Paso 2: Aplicar el operador lógico

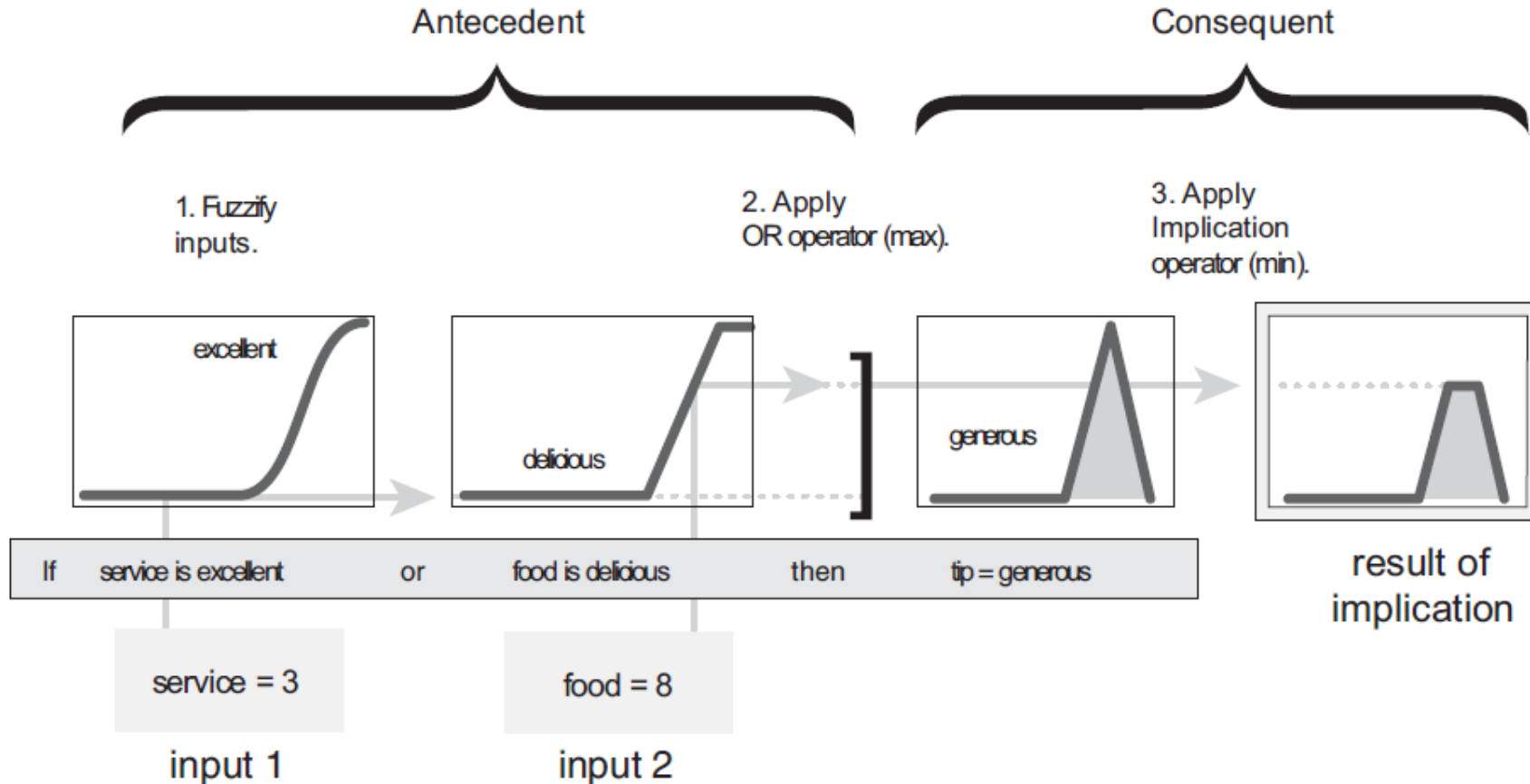
Si el servicio es “*excelente*” o la comida “*deliciosa*” entonces la propina es “*alta*”



Lógica difusa (*Fuzzy logic*)

Paso 3: Aplicar método de implicación

Si el servicio es “*excelente*” o la comida “*deliciosa*” entonces la propina es “*alta*”

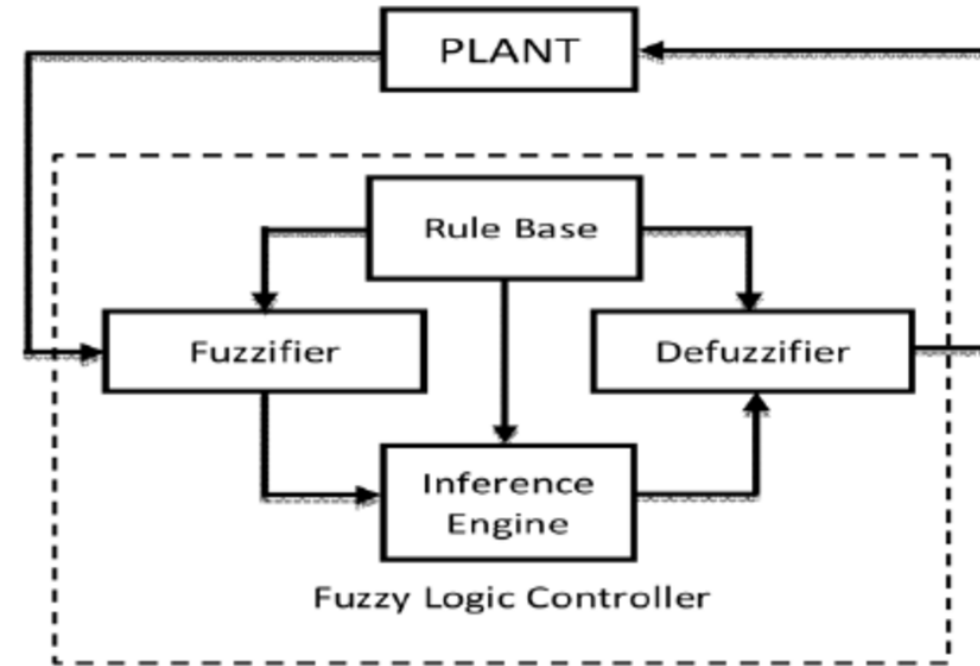
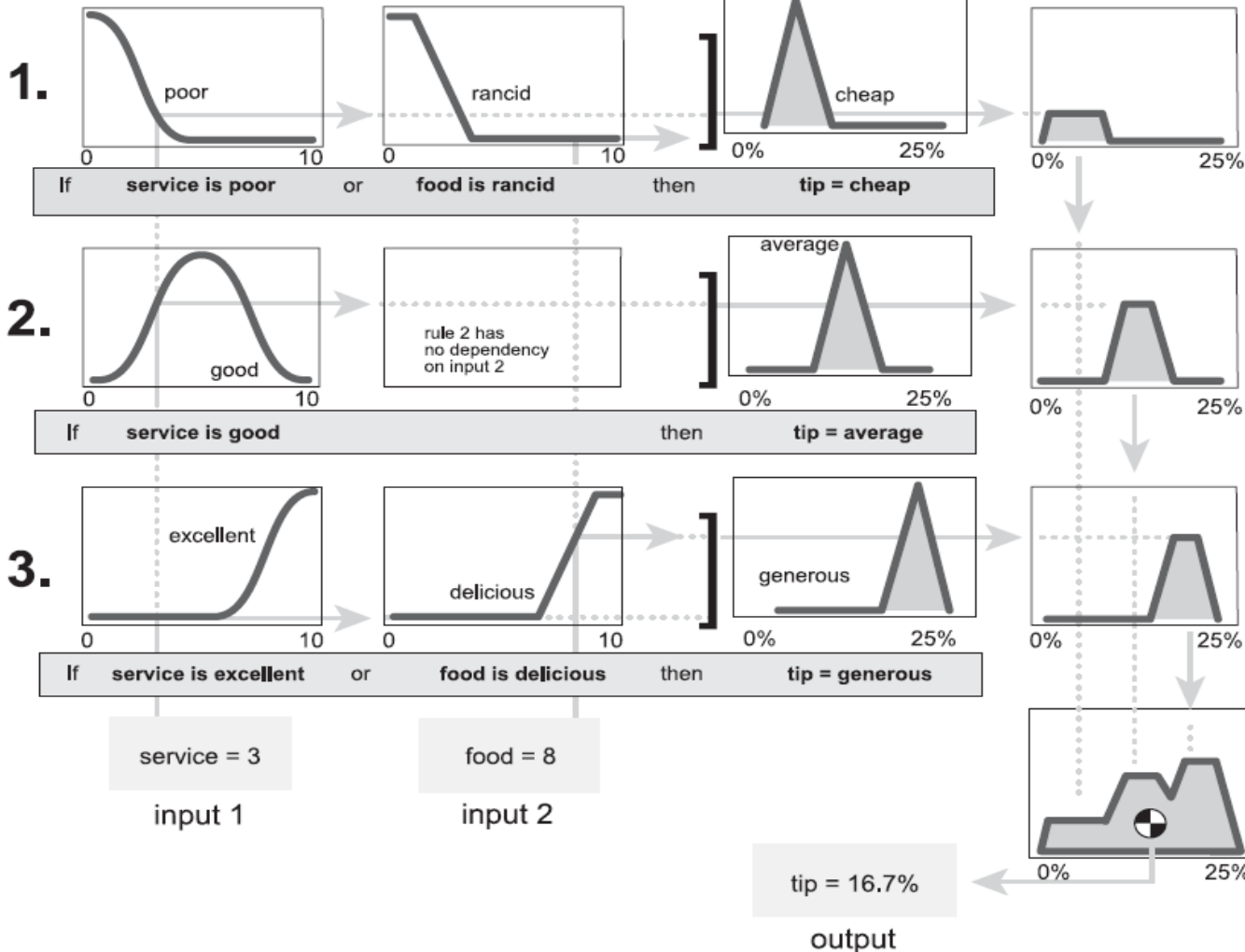


Pasos 4 y 5: Agregación y defusificación

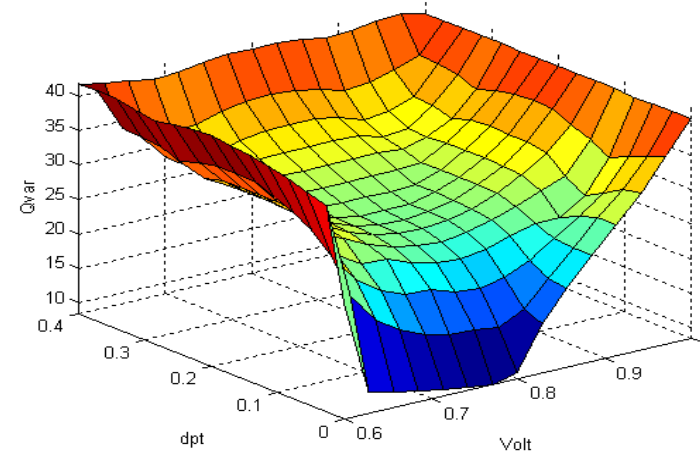
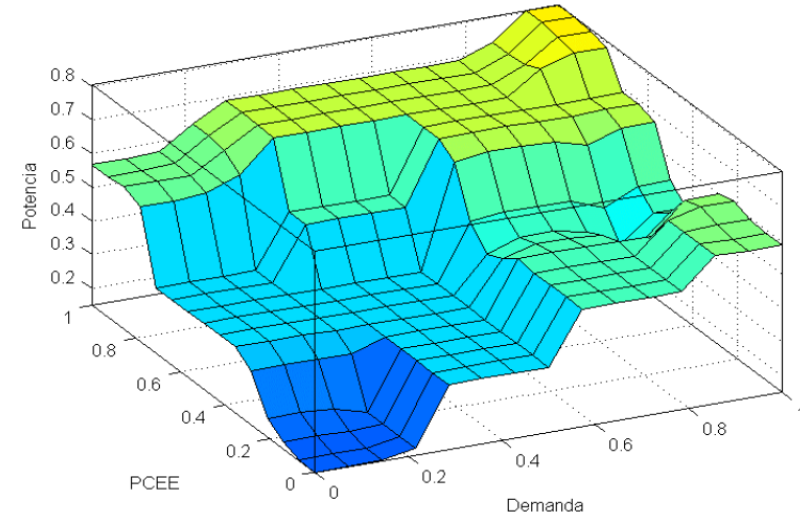
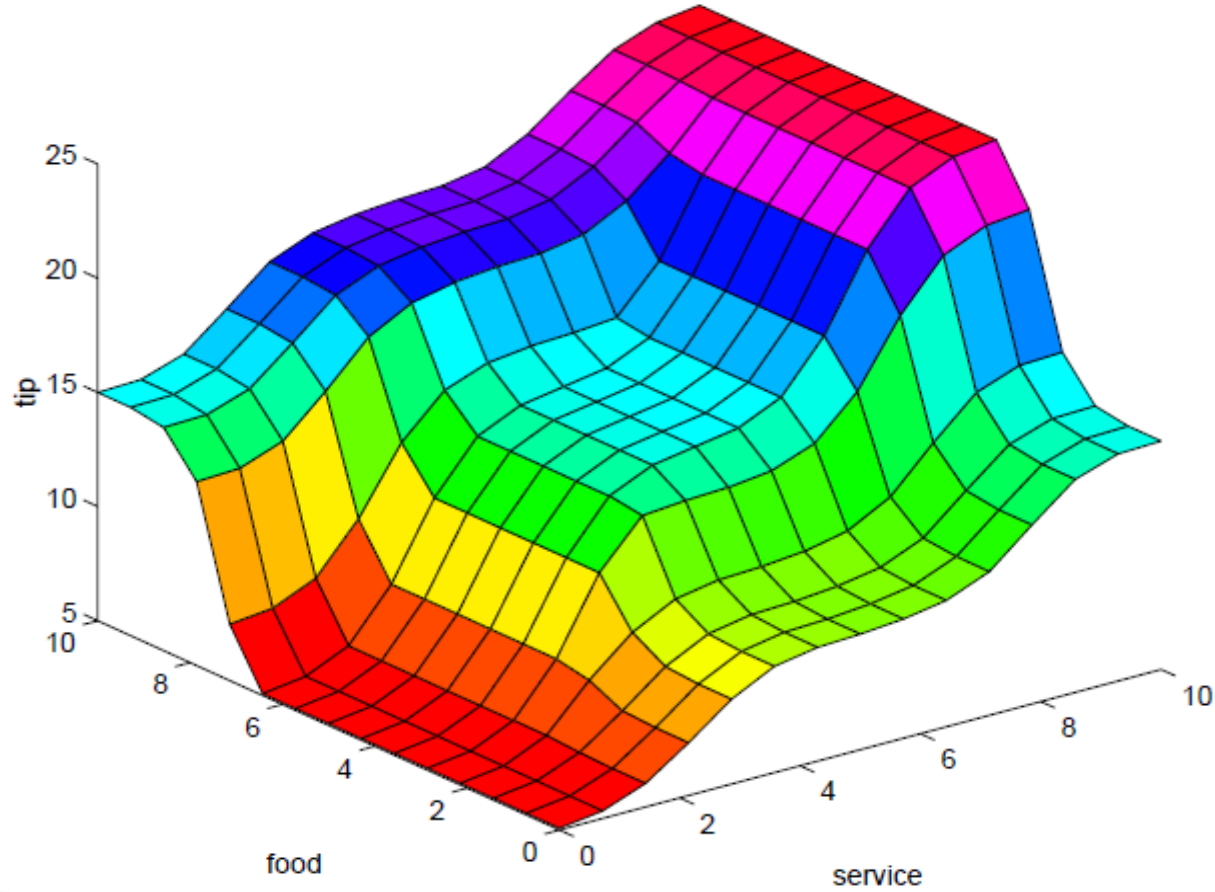
1. Fuzzify inputs.

2. Apply fuzzy operation (OR = max).

3. Apply implication method (min).

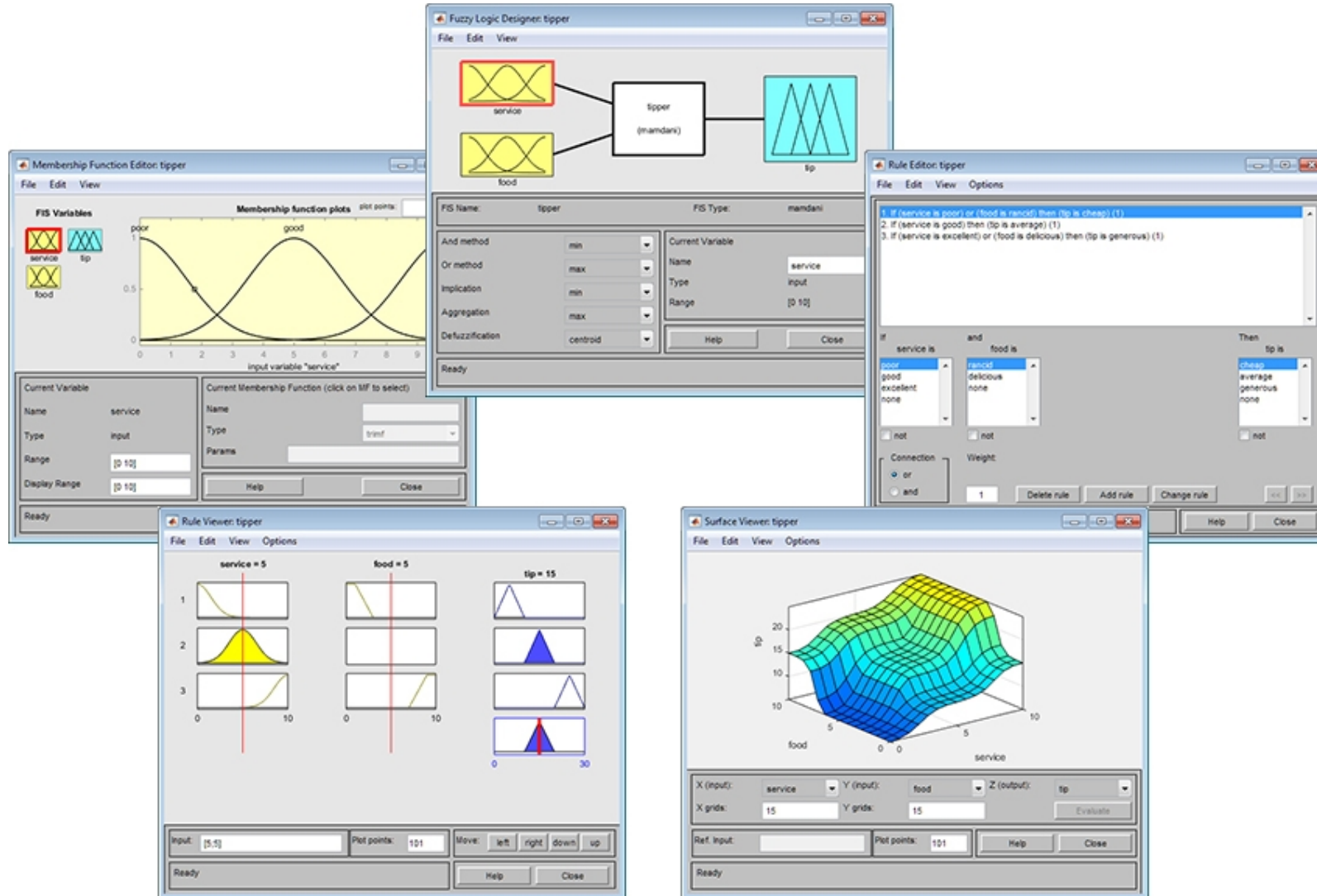


Salida del sistema de control



Lógica difusa (*Fuzzy logic*)

Herramienta de Matlab



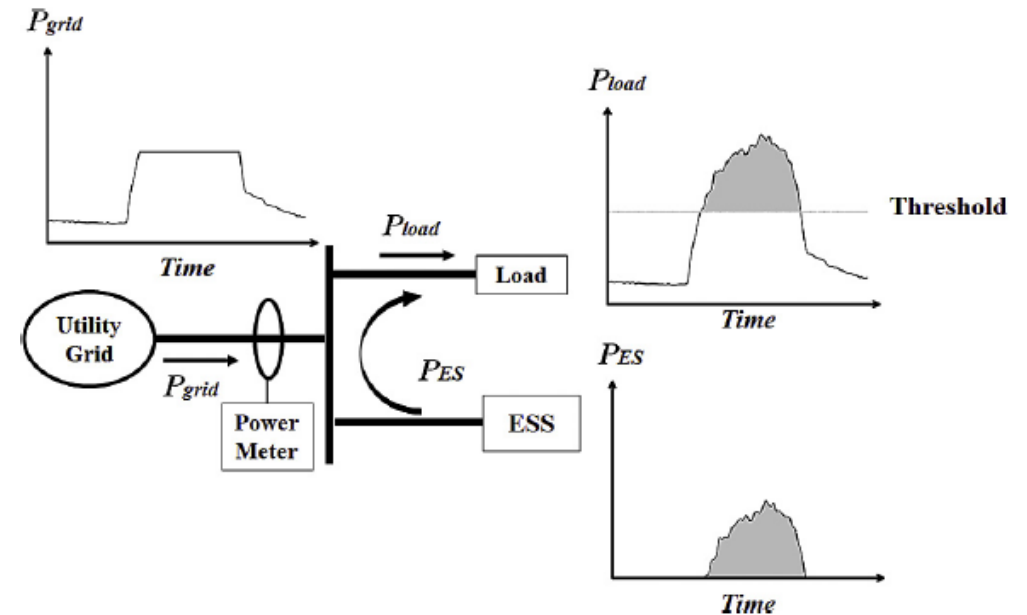
The image displays several windows from the Fuzzy Logic Designer tool:

- Fuzzy Logic Designer: tipper**: Shows a high-level diagram with input variables 'service' and 'food' leading to a fuzzy inference process 'tipper (mandani)', which produces the output variable 'tip'.
- Membership Function Editor: tipper**: Shows the membership functions for 'service' (poor, good) and 'tip' (cheap, average, generous, none). The x-axis is labeled 'Input variable "service"'. The 'poor' function is a decreasing curve, and the 'good' function is a bell-shaped curve.
- Rule Editor: tipper**: Lists three rules:
 - If (service is poor) or (food is rancid) then (tip is cheap) (1)
 - If (service is good) then (tip is average) (1)
 - If (service is excellent) or (food is delicious) then (tip is generous) (1)
- Rule Viewer: tipper**: Shows the inference process for specific inputs: service = 5, food = 5, and tip = 15. It displays membership values for each rule and the resulting fuzzy output.
- Surface Viewer: tipper**: Shows a 3D surface plot of the fuzzy output 'tip' as a function of 'service' and 'food'.

Lógica difusa (*Fuzzy logic*)

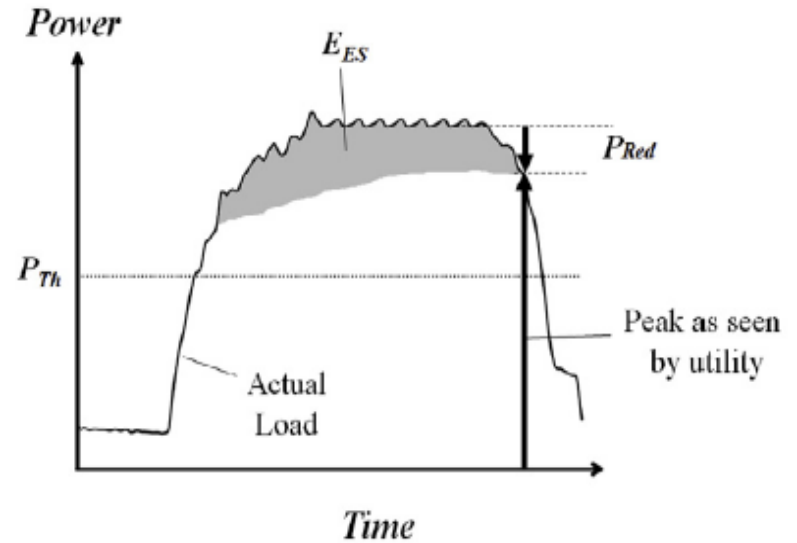
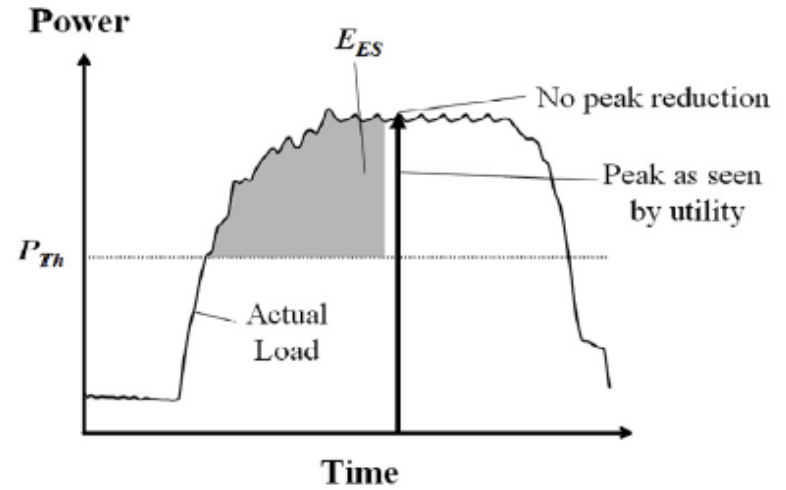
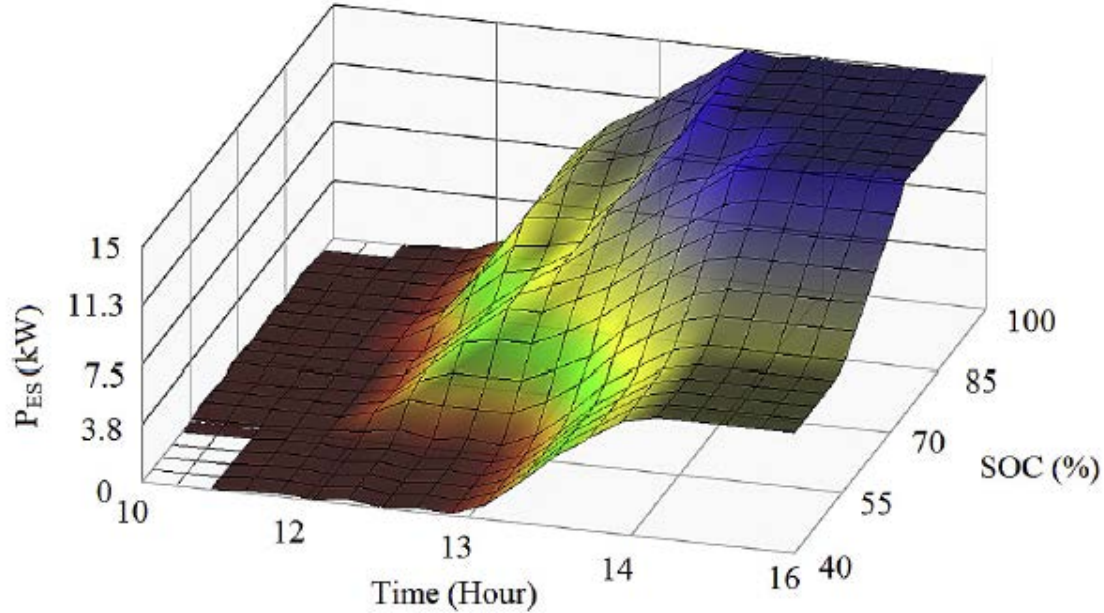
Algunas aplicaciones en la optimización de la energía

- *A novel fuzzy control algorithm for reducing the peak demands using energy storage system.* Se tiene un edificio que posee baterías con el fin de reducir el consumo de energía durante las horas pico. Se implementa un control basado en lógica difusa para determinar la potencia optima que debe inyectar la batería en función de su estado de carga y la hora del día.



Lógica difusa (*Fuzzy logic*)

Algunas aplicaciones en la optimización de la energía



Algunas aplicaciones en la optimización de la energía

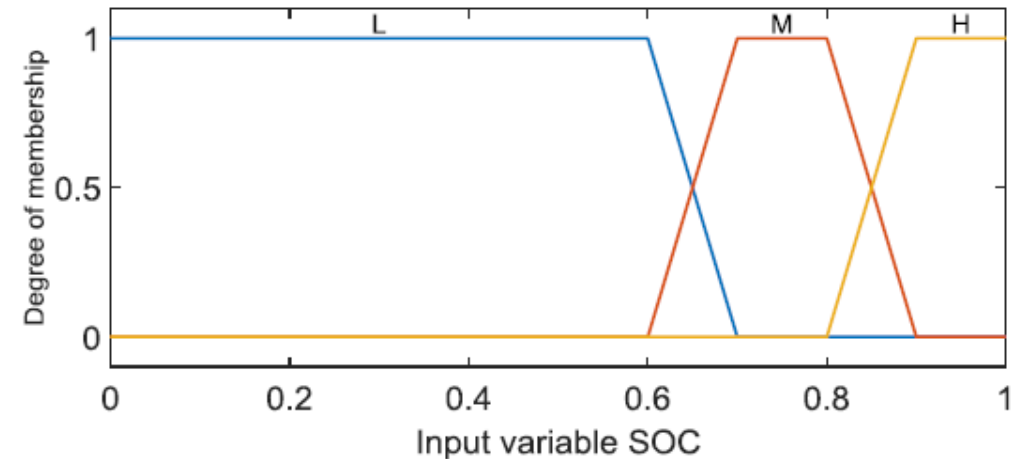
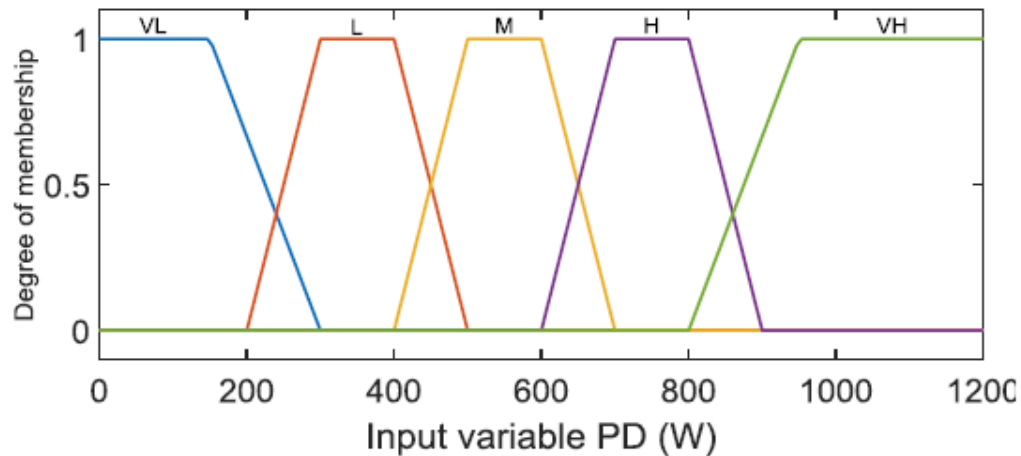
- *Energy saving in wastewater treatment plants: A plant-generic cooperative decision support system.*

Se propone un sistema experto basado en lógica difusa para evaluar la eficiencia energética en plantas de tratamiento de agua residuales. Si bien dichas plantas recaban mucha información de distintos tipos de sensores el procesamiento de la misma no es sencillo. El sistema experto permite tomar decisiones con el fin de mejorar la eficiencia energética: limpieza, mantenimientos específicos, cambio en las consignas de distintos parámetros, re-diseño de elementos específicos, instalación de nuevos equipos, etc.

Lógica difusa (*Fuzzy logic*)

Algunas aplicaciones en la optimización de la energía

- *Experimental investigation on the online fuzzy energy management of hybrid fuel cell/battery power system for UAVs.* Se propone un sistema de gestión de energía basado en lógica difusa para controlar la potencia entregada por una pila de combustible en un avión no tripulado. Las entradas del sistema de control son el estado de carga de la batería y la demanda.



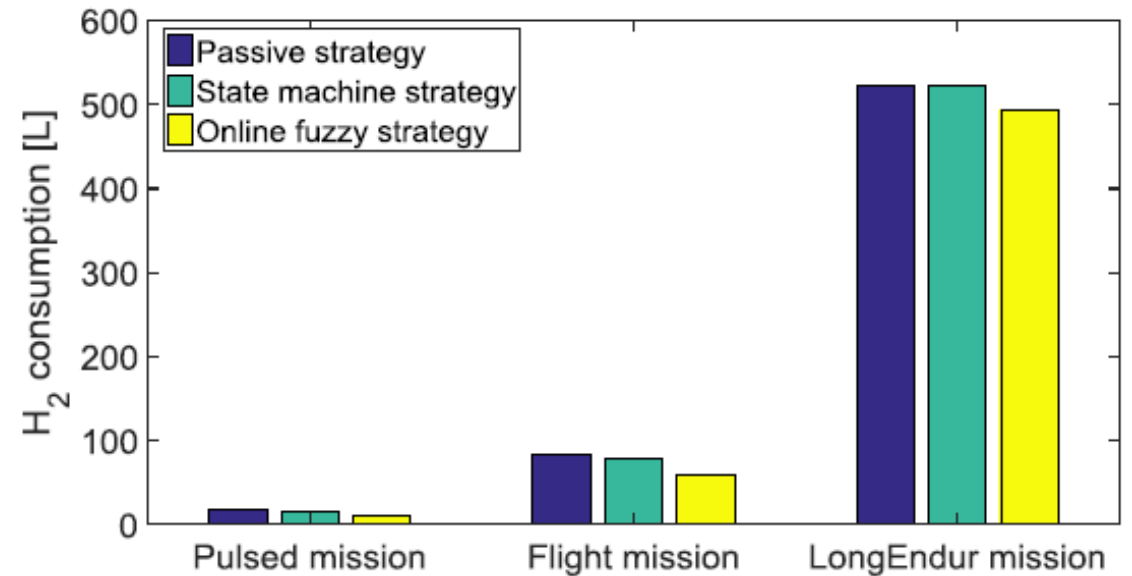
Algunas aplicaciones en la optimización de la energía

Table 2 – Rules of state machine strategy.

State	Condition	decision
1	SOC High & $P_D < P_{fcmin}$	$P_{fc} = P_{fcmin}$
2	SOC High & $P_D \in [P_{fcmin}, P_{fcmax}]$	$P_{fc} = P_D$
3	SOC High & $P \geq P_{fcmax}$	$P_{fc} = P_{fcmax}$
4	SOC Normal & $P_D < P_{fcopt}$	$P_{fc} = P_{fcopt}$
5	SOC Normal & $P_D \in [P_{fcopt}, P_{fcmax}]$	$P_{fc} = P_D$
6	SOC Normal & $P_D \geq P_{fcmax}$	$P_{fc} = P_{fcmax}$
7	SOC Low & $P_D < P_{fcmax}$	$P_{fc} = P_D + P_{chrg}$
8	SOC Low & $P_D \geq P_{fcmax}$	$P_{fc} = P_{fcmax}$

Table 1 – Rule base of fuzzy logical control.

P_{fc}		P_D				
		VH	H	M	L	VL
SOC	L	VH	VH	H	M	L
	M	VH	H	M	L	L
	H	H	M	L	VL	VL



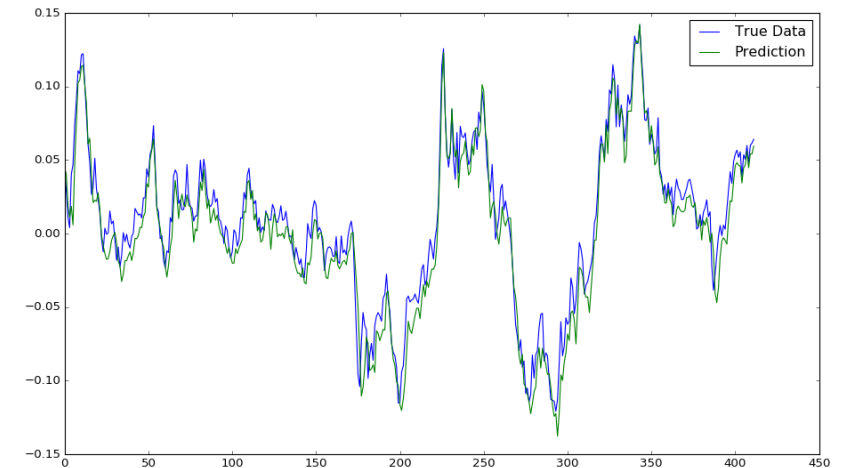
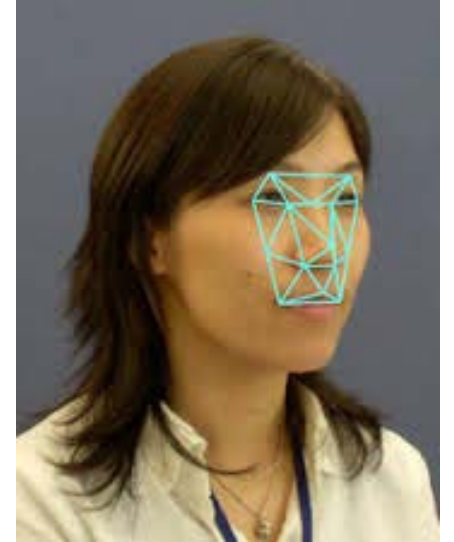
Redes neuronales artificiales

- Las redes neuronales artificiales son un modelo computacional que busca emular el comportamiento de las neuronas en el sistema nervioso.
- El primer modelo de red neuronal fue propuesto en 1943 por McCulloch y Pitts
- A partir de 1985 hay un resurgimiento de las redes neuronales tanto en el ámbito teórico como práctico
- Algunas ventajas:
 - Son capaces de aprender de la experiencia mediante ejemplos
 - Tienen la capacidad de generalizar desechando la información del ruido y la información irrelevante
 - Son tolerantes a fallos. Si dentro de la red neuronal existiera un pequeño fallo el funcionamiento de la misma no se vería significativamente afectado
 - Pueden operar en tiempo real
 - Se adaptan fácilmente a la tecnología existente

Redes neuronales artificiales

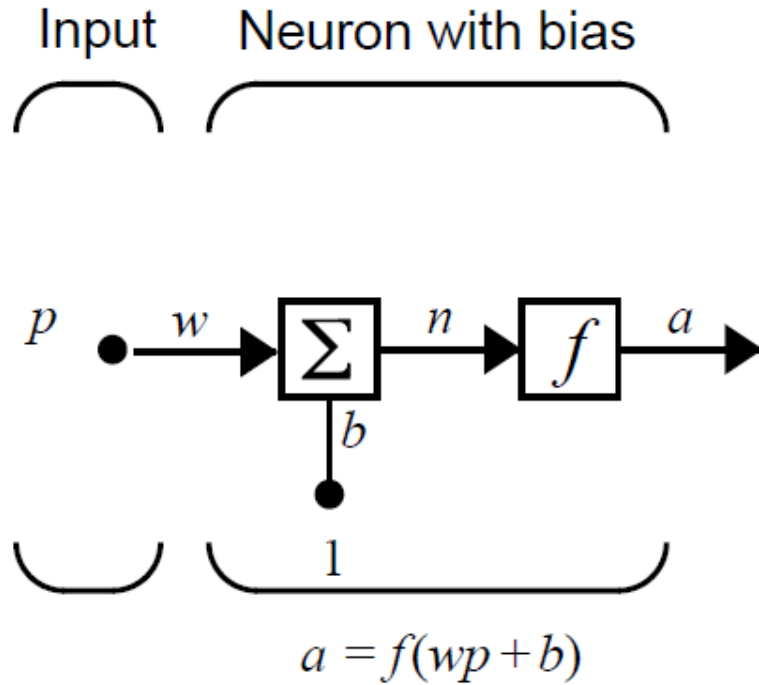
Aplicaciones

- Predicciones: meteorológicas, finanzas
- Reconocimiento de patrones e imágenes: reconocimiento facial, reconocimiento de caracteres
- Diagnóstico médico
- Gestión de energía
- Detección de fraudes financieros, evaluación de riesgos
- Modelados de sistemas complejos, ajuste de funciones
- Optimización
- Control industrial
- Mantenimiento predictivo, detección de fallas, control de calidad
- Toma de decisiones

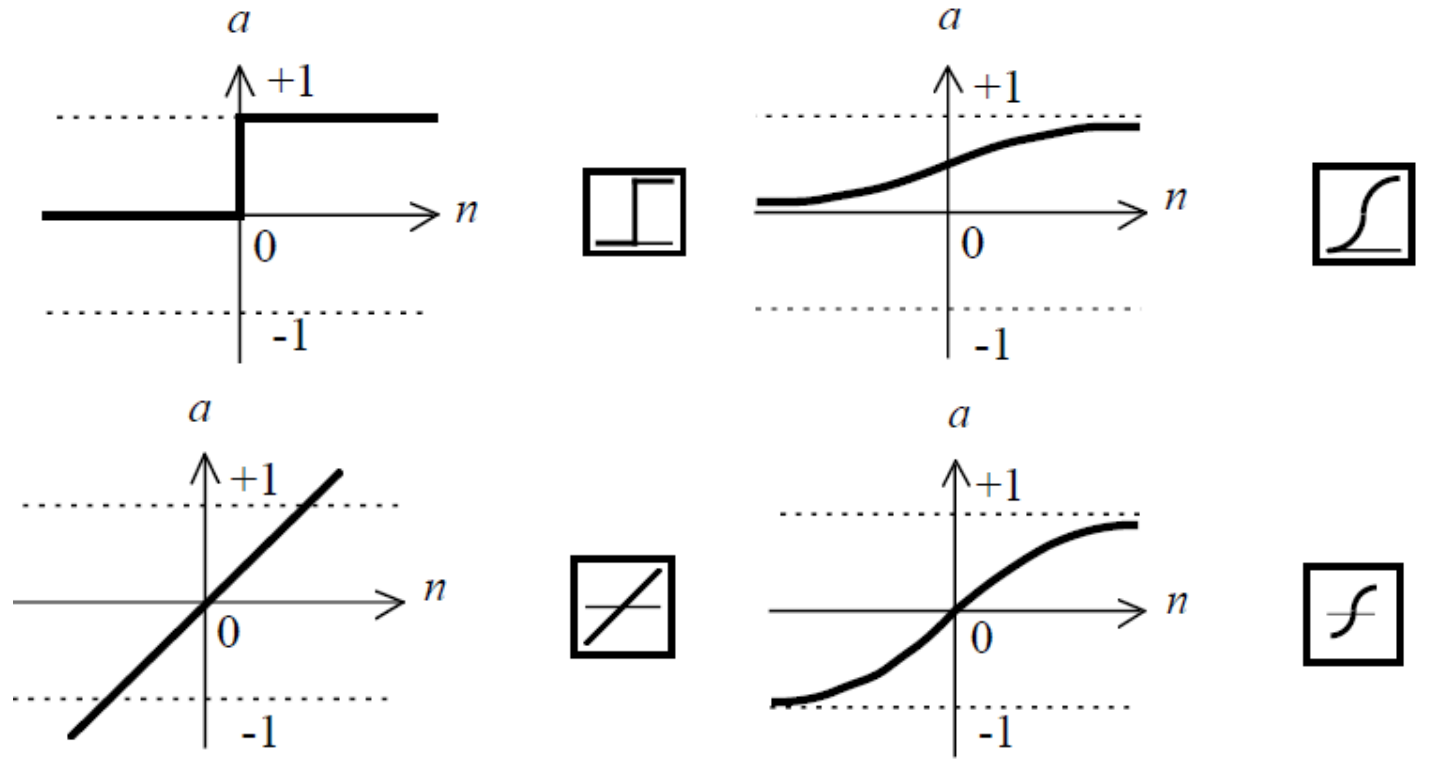


Redes neuronales artificiales

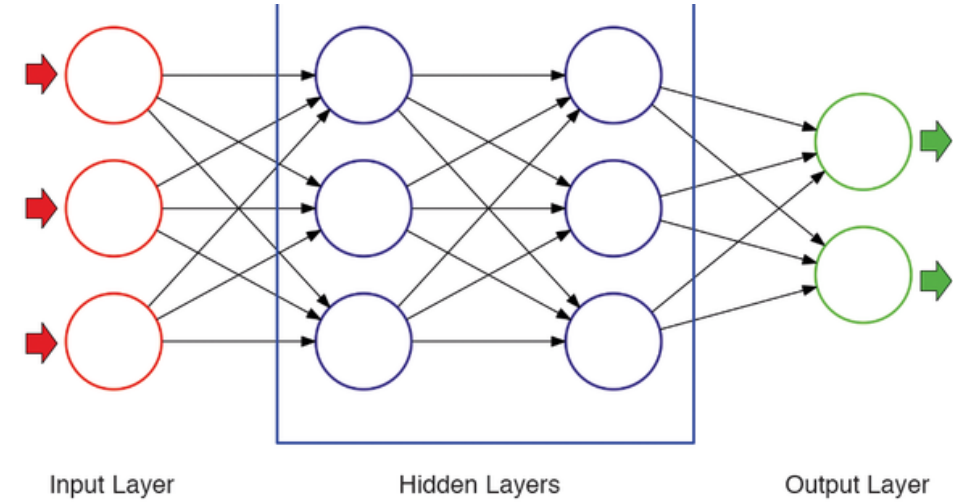
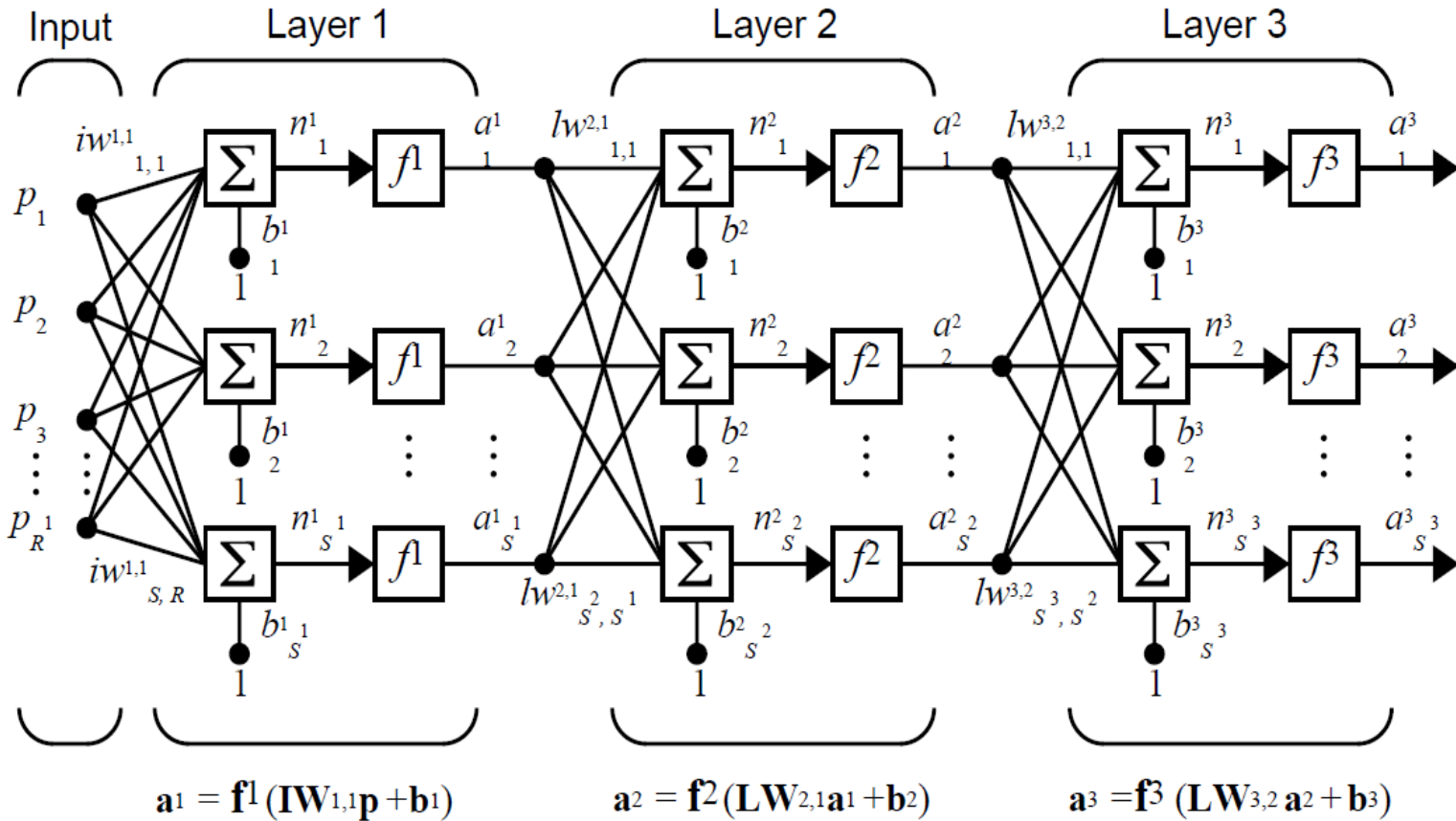
Modelo de neurona simple



Funciones de transferencia



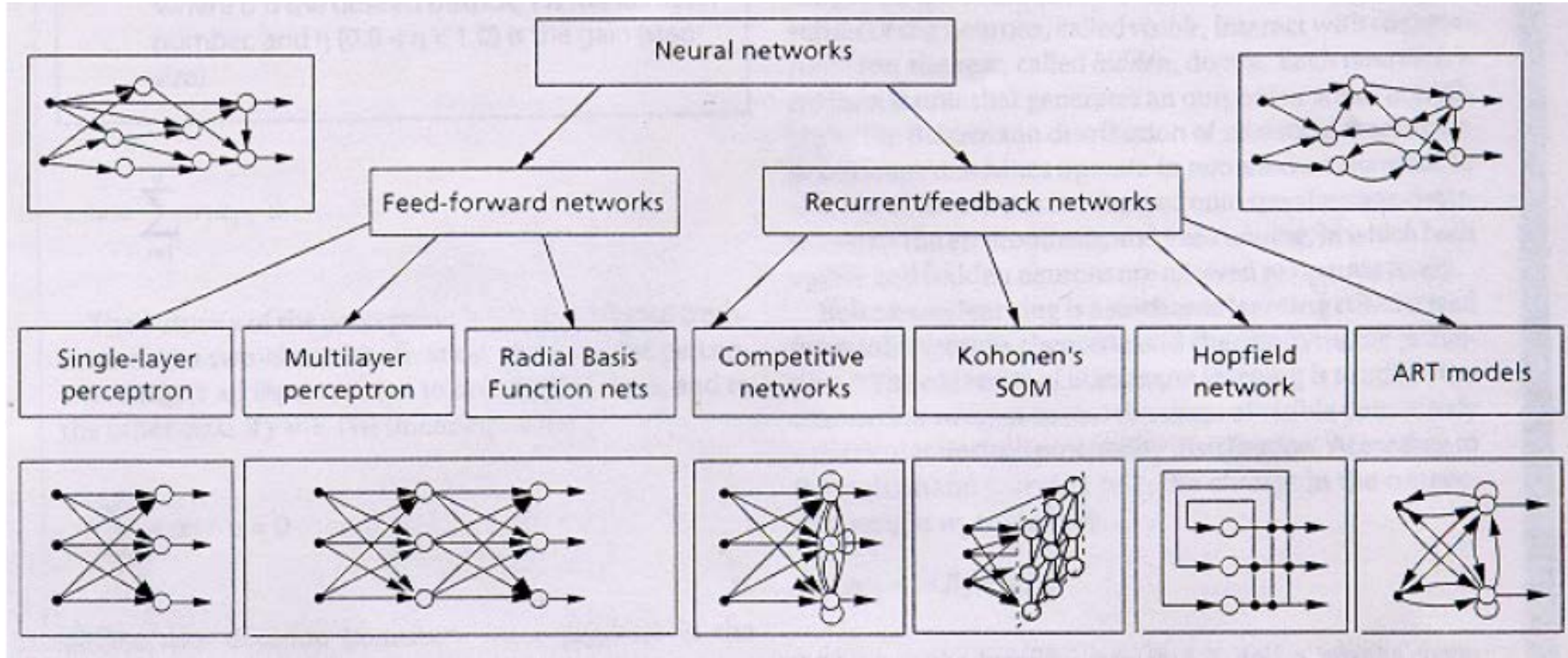
Redes neuronales artificiales



- Capa de entrada
- Capas ocultas
- Capa de salida

Redes neuronales artificiales

Topologías



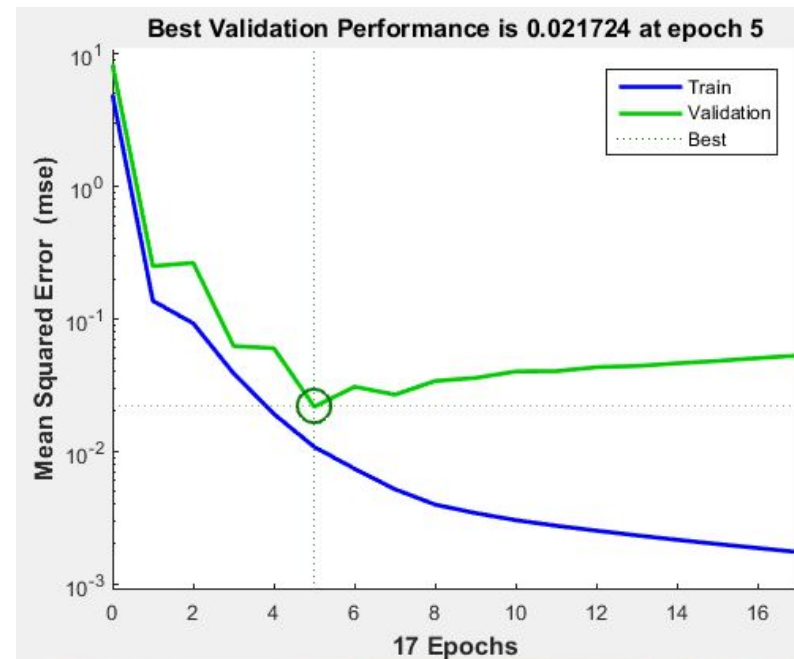
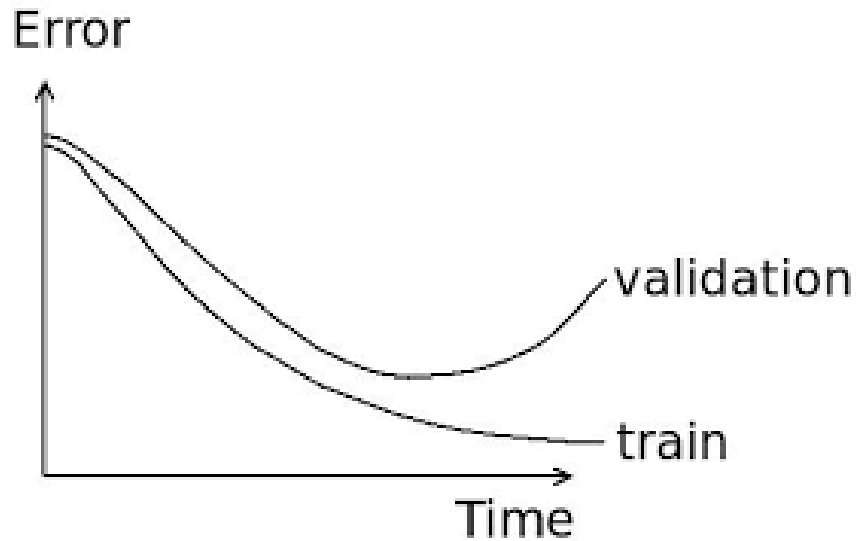
Entrenamiento:

- El entrenamiento o aprendizaje es el proceso por el cual una red neuronal modifica sus pesos en base a la respuesta generada por la entrada. El aprendizaje puede ser:
 - Supervisado: La salida de la red neuronal se contrasta con la salida deseada que es conocida. Los pesos de las conexiones se modifican con el fin de que la salida obtenida se aproxime lo mas posible a la salida real.
 - No supervisado: La red no recibe ninguna información que le indique si la salida generada es correcta o no. Es la propia red que determina las características comunes.
- Uno de los métodos mas populares de entrenamiento es el algoritmo de propagación hacia atrás de errores mejor conocido como “*backpropagation*”. Se busca minimizar el error cuadrático medio generado entre la salida obtenida. Se basa en el método del gradiente.

Redes neuronales artificiales

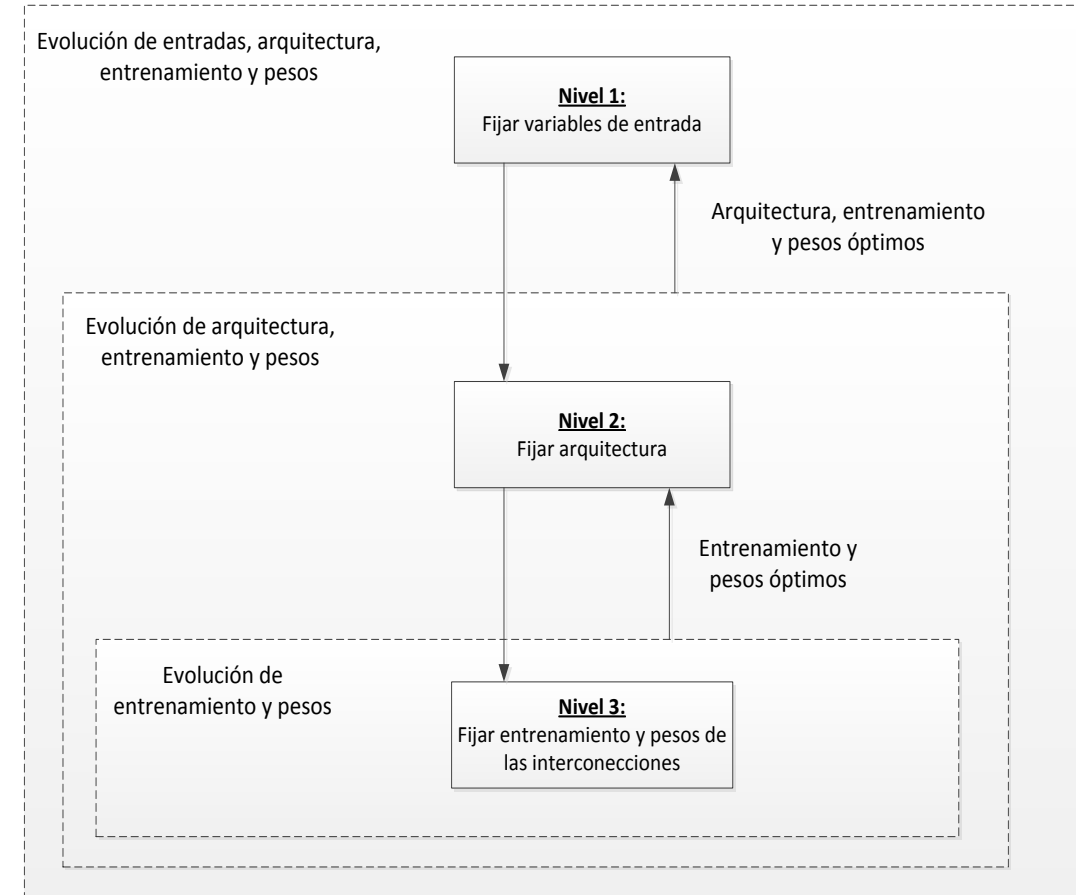
Entrenamiento:

- Set de entrenamiento: Son los datos empleados para ajustar los pesos de las interconexiones de las redes neuronales. *70%-90% de los datos.*
- Datos de validación: Es empleado para detener el entrenamiento y evitar el sobreajuste. Llegado un punto la red se ajusta a los datos y no al modelo.
- Datos de prueba: Es empleado para evaluar el desempeño de la red neuronal



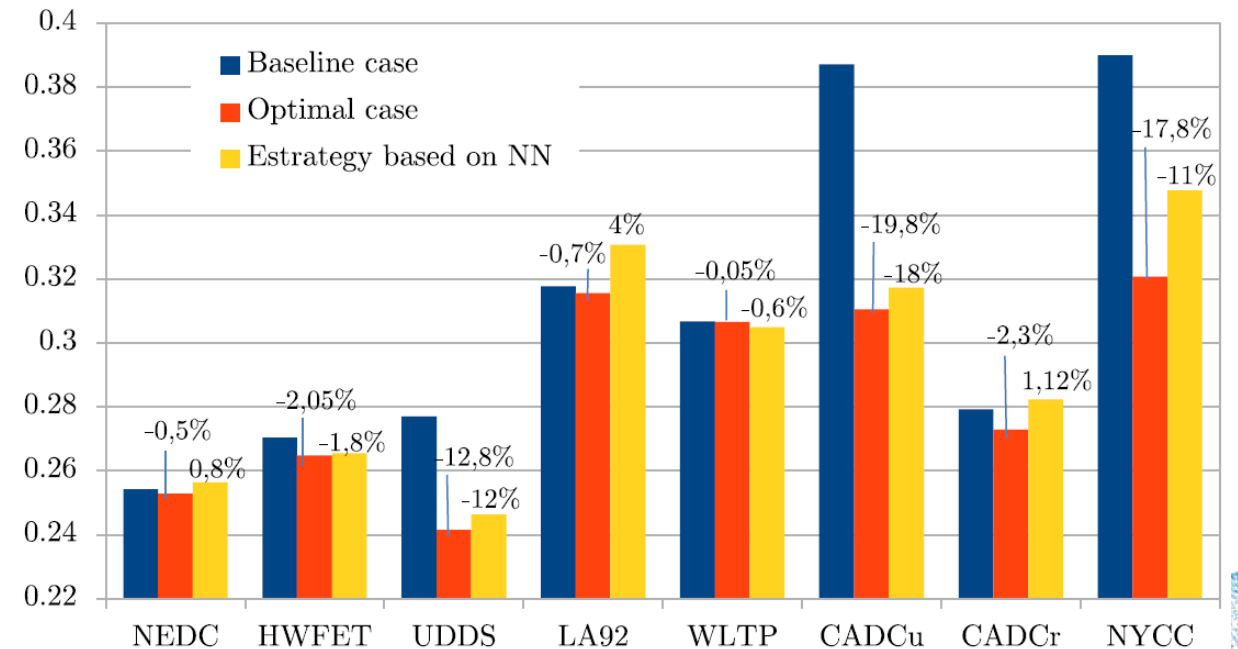
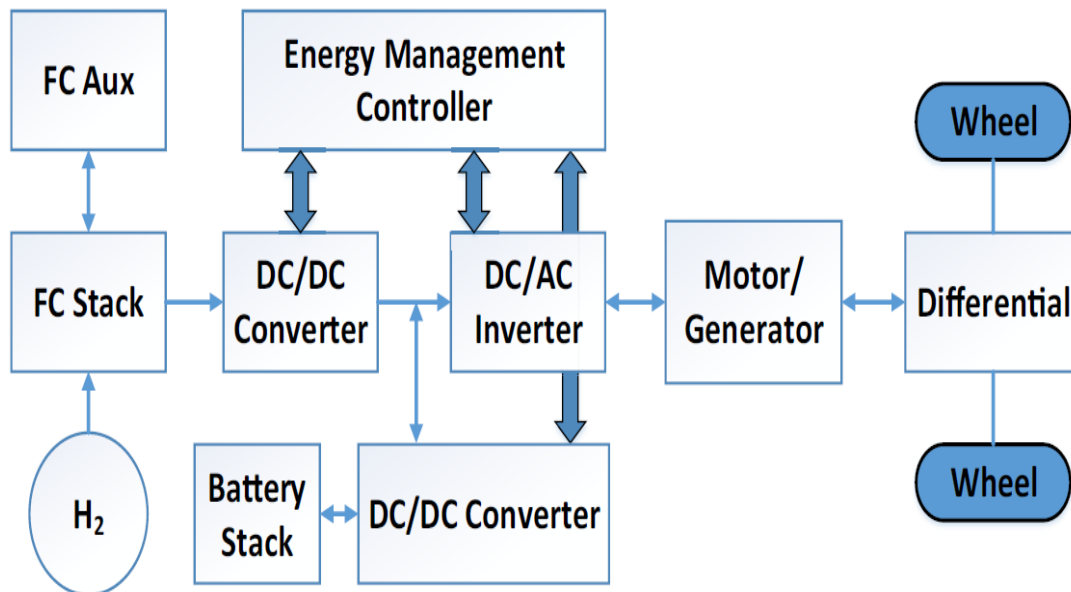
Redes neuronales artificiales

- Algunos pasos a la hora de diseñar un red neuronal
 - Definir datos de entrada y salida. Codificación de los mismos.
 - Definir topología de la red
 - Número de capas
 - Número de neuronas por capa
 - Funciones de transferencia
 - Método de entrenamiento
- Existen métodos empíricos para fijar algunos de los parámetros de las redes neuronales
- Es importante que la red neuronal tenga la capacidad de generalizar



Algunas aplicaciones en la optimización de la energía

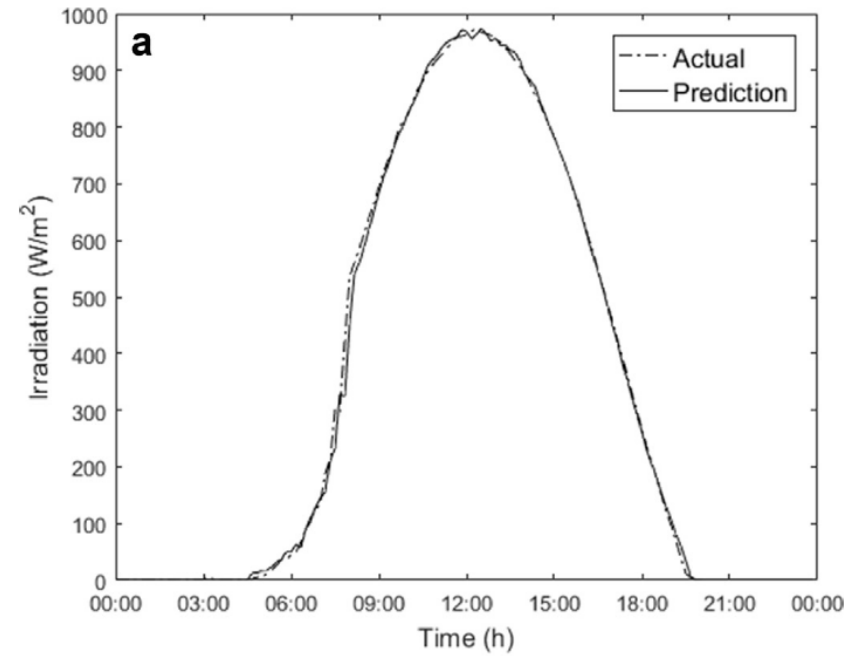
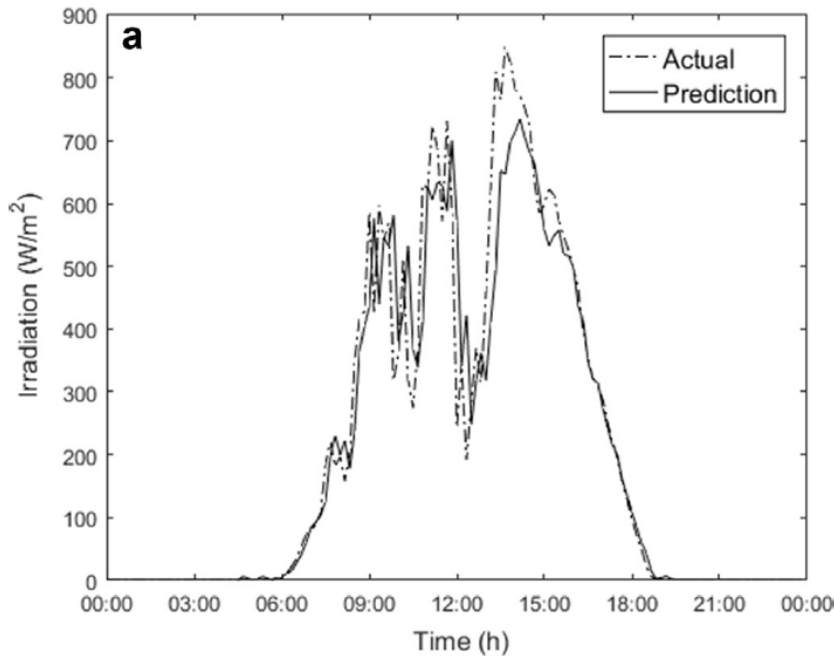
- *Energy management control design for fuel cell hybrid electric vehicles using neural networks:* Se diseñaron diversas redes neuronales con el fin de optimizar la gestión de energía en vehículos eléctricos híbridos (baterías y pilas de combustible). Para distintos ciclos de manejo y en base a modelos del vehículo eléctrico se optimiza la gestión de la energía mediante el método del gradiente. Luego el modelo optimizado es empleado para entrenar una red neuronal.



Redes neuronales artificiales

Algunas aplicaciones en la optimización de la energía

- *Predicting solar energy generation through artificial neural networks using weather forecasts for microgrid control.* Se diseña una red neuronal para predecir la irradiación solar en los próximos 10 minutos. El pronóstico es empleado para gestionar la energía en una microrred. Se emplean 146 entradas: la estación del año, la hora del día, y los últimos 144 valores de la irradiación tomados en intervalos de 10 minutos.



Redes neuronales artificiales

Algunas aplicaciones en la optimización de la energía

➤ *A zone-Level, building energy optimization combining an artificial neural network, a genetic algorithm, and a model predictive control.* Primeramente se crea un modelo de un edificio de oficinas mediante un software de simulación energética. Dicho software se emplea con el fin de entrenar una red neuronal con las siguientes entradas y salidas:

Entradas:

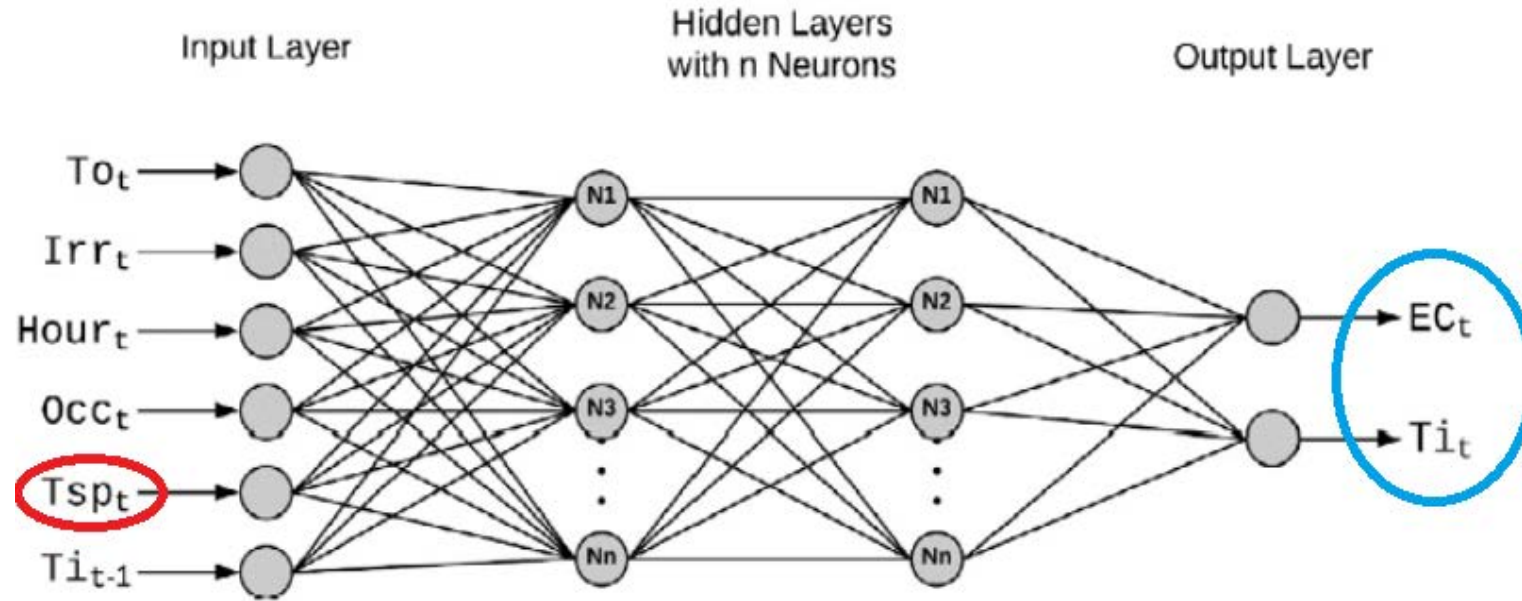
- Temperatura externa en el tiempo t
- Irradiación en el tiempo t
- Hora t
- Ocupación en el tiempo t
- *Setpoint* en el tiempo t
- Temperatura interna en el tiempo $t-1$

Salidas:

- Consumo de energía en el tiempo t
- Temperatura interior en el tiempo t

Redes neuronales artificiales

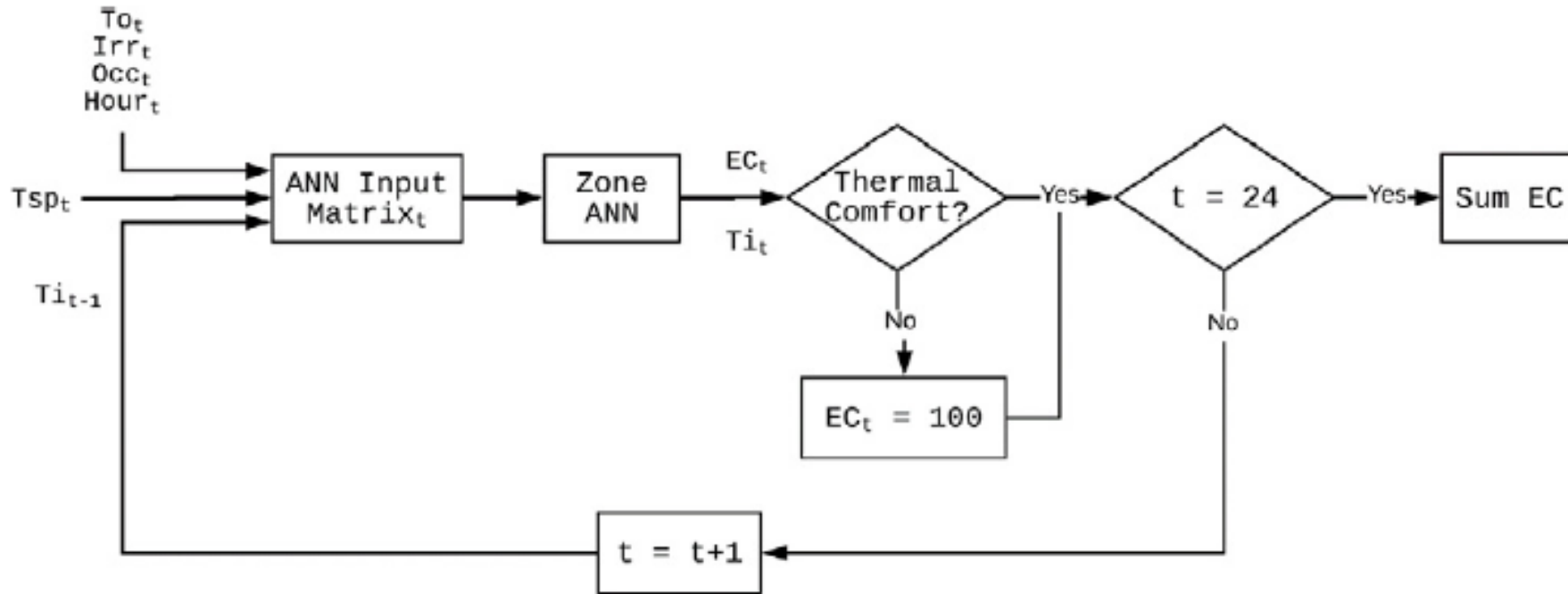
Algunas aplicaciones en la optimización de la energía



Se emplea un algoritmo genético con el fin de fijar el *setpoint* de temperatura para las 24 hs del día.

Redes neuronales artificiales

Algunas aplicaciones en la optimización de la energía



Se llegan a ahorros del 25 %

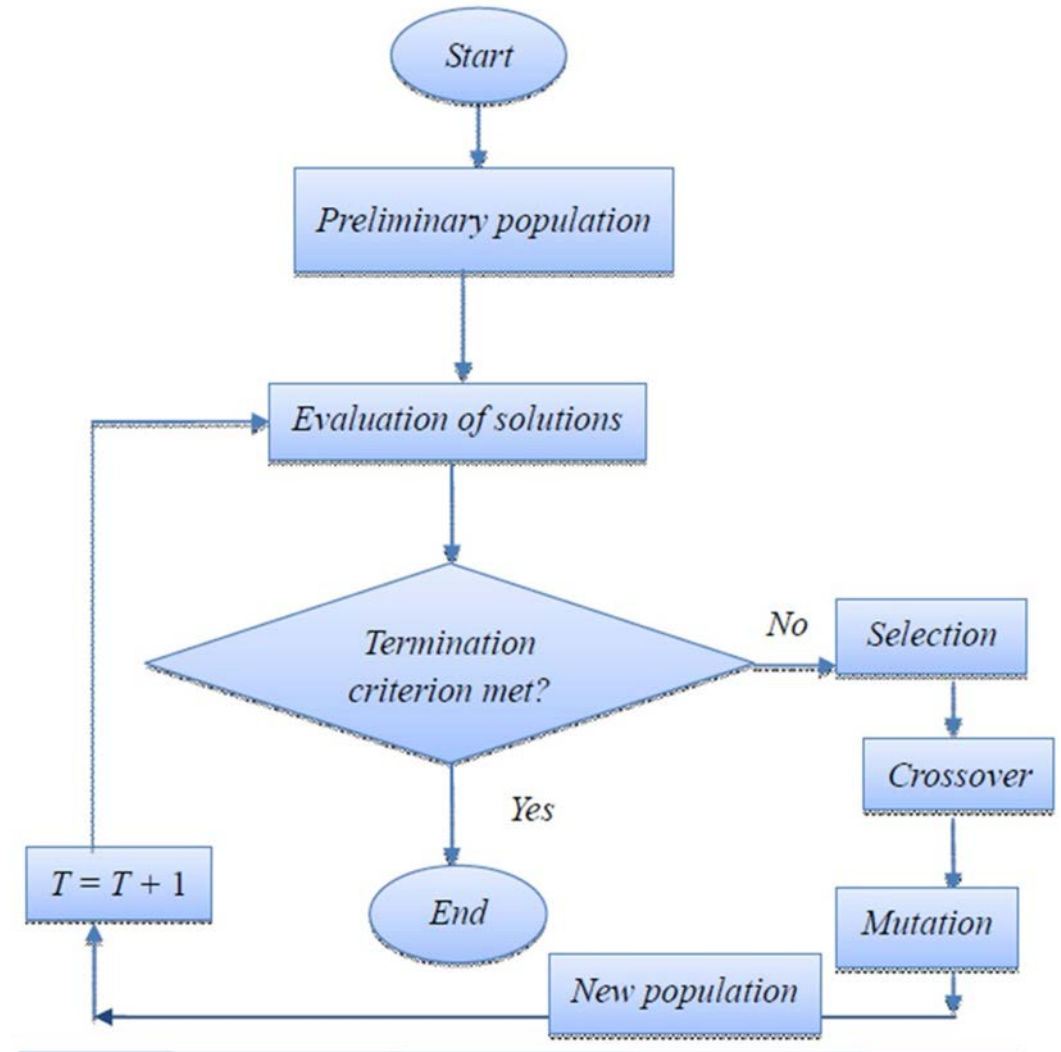
olade

ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA | LATIN AMERICAN ENERGY ORGANIZATION | ORGANIZAÇÃO LATINO-AMERICANA DE ENERGIA | ORGANISATION LATINO-AMERICAINE D'ENERGIE



Nos une la **energía**
Energy joins us.

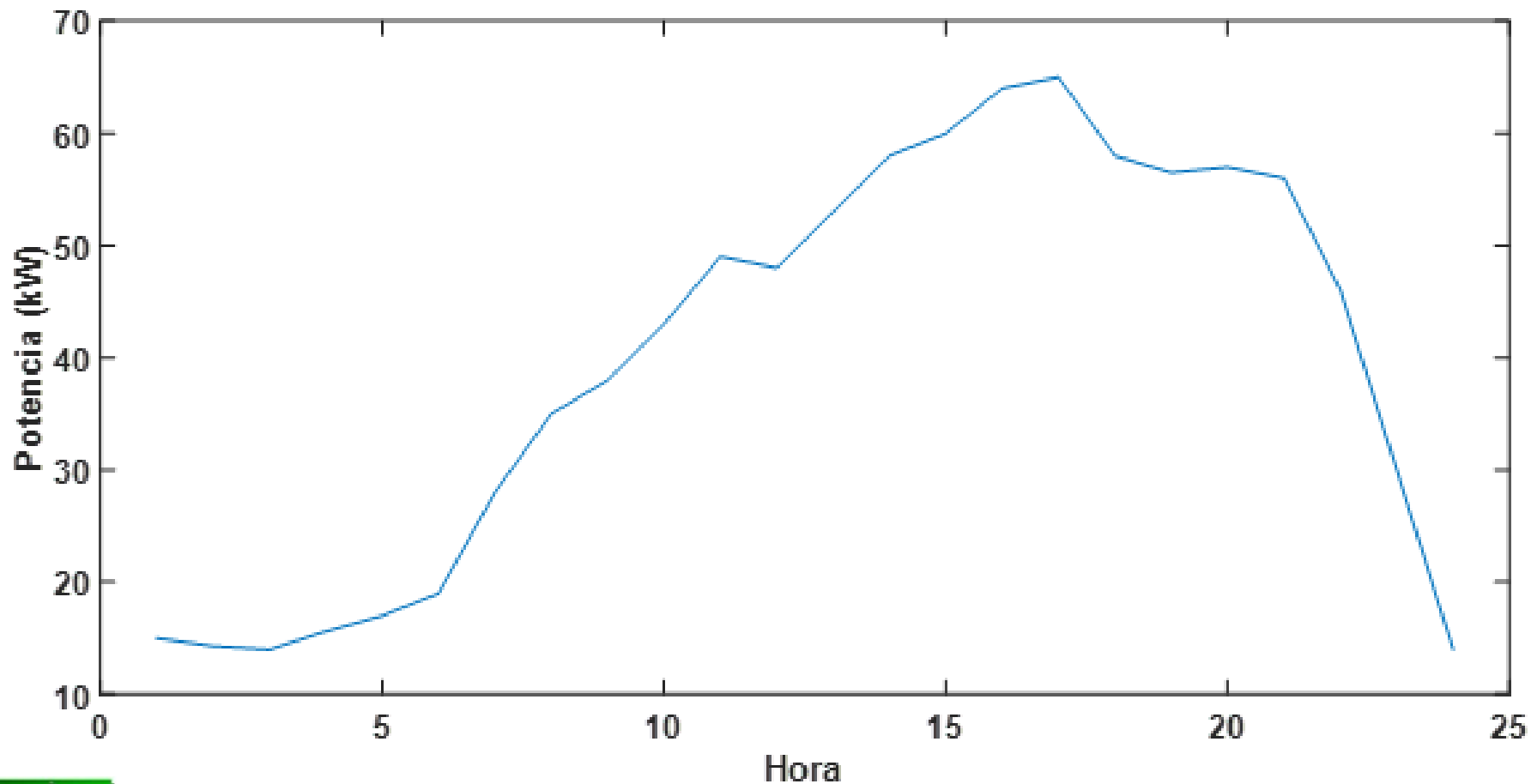
- Ha aplicado alguna técnica de optimización para abordar un problema relacionado con la eficiencia energética (Software específico, metaheurística, programación lineal, programación no lineal, programación dinámica, etc.)
- Proponer un problema práctico relacionado con la eficiencia energética el cual pueda abordarse desde el punto de vista de los algoritmos metaheurísticos.



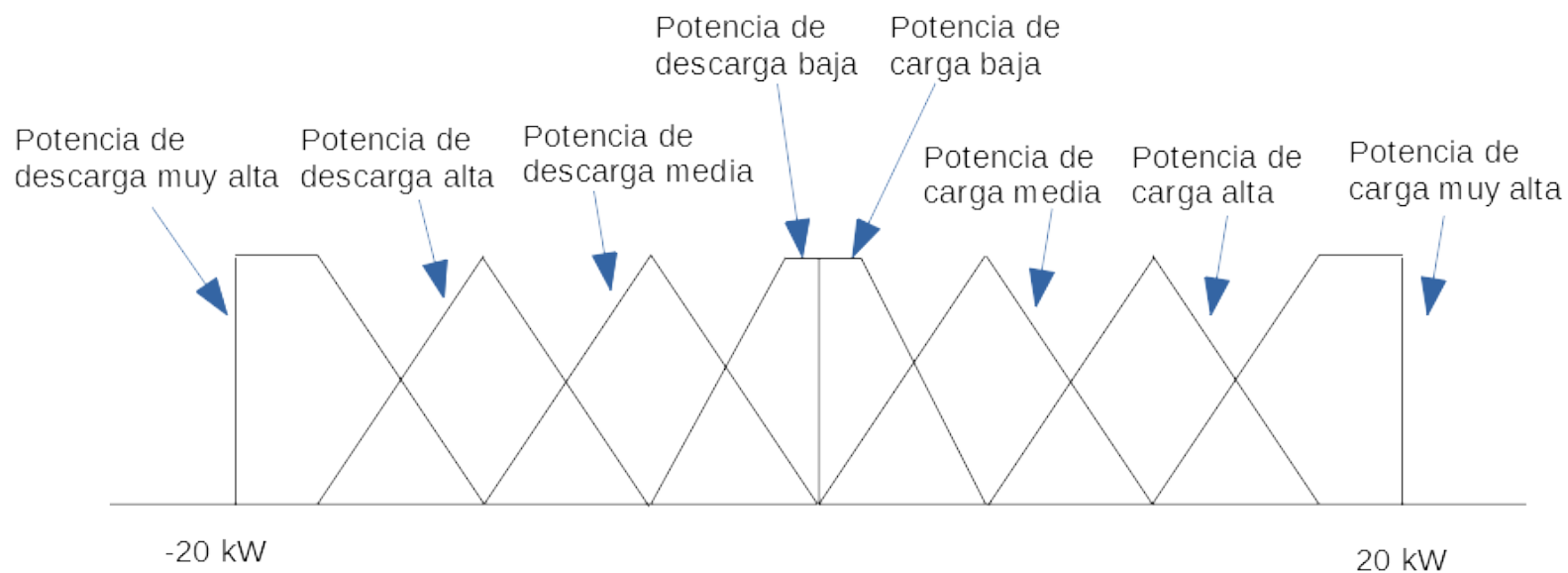
Problema lógica difusa

Se desea controlar la potencia con que se carga/descarga una batería (20 kW) que se emplea como sistema de almacenamiento en una microrred. La microrred tiene fuentes de energía renovables (25 kW) y una microturbina de gas (30 kW). A su vez, en el caso que la potencia generada por los elementos que componen la microrred no sea suficiente es posible comprar energía eléctrica a la red principal a un precio que varía según la hora entre 0.10 y 0.26 USD/kWh.





Funciones de pertenencia y etiquetas lingüísticas asociadas a la carga/descarga



- Determinar que variables se podrían emplear para controlar la potencia de carga descarga de la batería
- Proponer reglas para el control de la carga/descarga

Si “SOC” es “bajo” y “potencia renovables” es “muy alta” ENTONCES “potencia de la batería” es “potencia de carga muy alta”

Referencias bibliográficas

- Fuzzy logic Toolbox User's Guide-Matlab
- Neural Network Toolbox User's Guide-Matlab
- <http://www.sc.ehu.es/ccwbayes/docencia/mmcc/docs/temageneticos.pdf>
- D.E. Goldberg, Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison Wesley, 1989
- [Neural Network Fundamentals with Graphs, Algorithms, and Applications \(McGraw-Hill Series in Electrical Computer Engineering\)](#)
- [Neural network design](#) HB Demuth, MH Beale, O De Jess, MT Hagan - 2014 - dl.acm.org
- [Handbook of neural computing applications](#)AJ Maren, CT Harston, RM Pap – 2014
- [Solar PV and wind energy conversion systems: an introduction to theory, modeling with MATLAB/SIMULINK, and the role of soft computing techniques](#)
- [Fuzzy logic with engineering applications](#)

[TJ Ross - 2009](#)





ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA | LATIN AMERICAN ENERGY ORGANIZATION | ORGANIZAÇÃO LATINO-AMERICANA DE ENERGIA | ORGANISATION LATINO-AMERICAINE D'ENERGIE

Microrredes eléctricas

PhD. Ing. Juan Pablo Fossati (MCT-ESCO)



Nos une la **energía**
Energy joins us

Contexto en el que se desarrollan las microrredes eléctricas

- De acuerdo al DOE el consumo de energía a nivel mundial se incrementará un 56% para el 2040
- El aumento de energía eléctrica será del 93%
- Aumento de la consciencia ambiental: protocolo de Kioto, objetivos 2020 de la UE
- Liberalización de los mercados eléctricos, generación distribuida
- Importantes avances tecnológicos: tecnologías de la información y comunicación, paneles solares, molinos de viento, microturbinas de gas, pilas de combustible, etc.

Definición de microrredes eléctricas

Si bien no existe un consenso a la hora de definir una microrred eléctrica una posible definición podría ser la siguiente (DOE):

Una microrred es un conjunto de cargas y generadores distribuidos dentro de límites claramente establecidos que respecto a la red principal actúan como una única entidad controlable. La microrred puede trabajar conectada a la red principal o en modo isla.

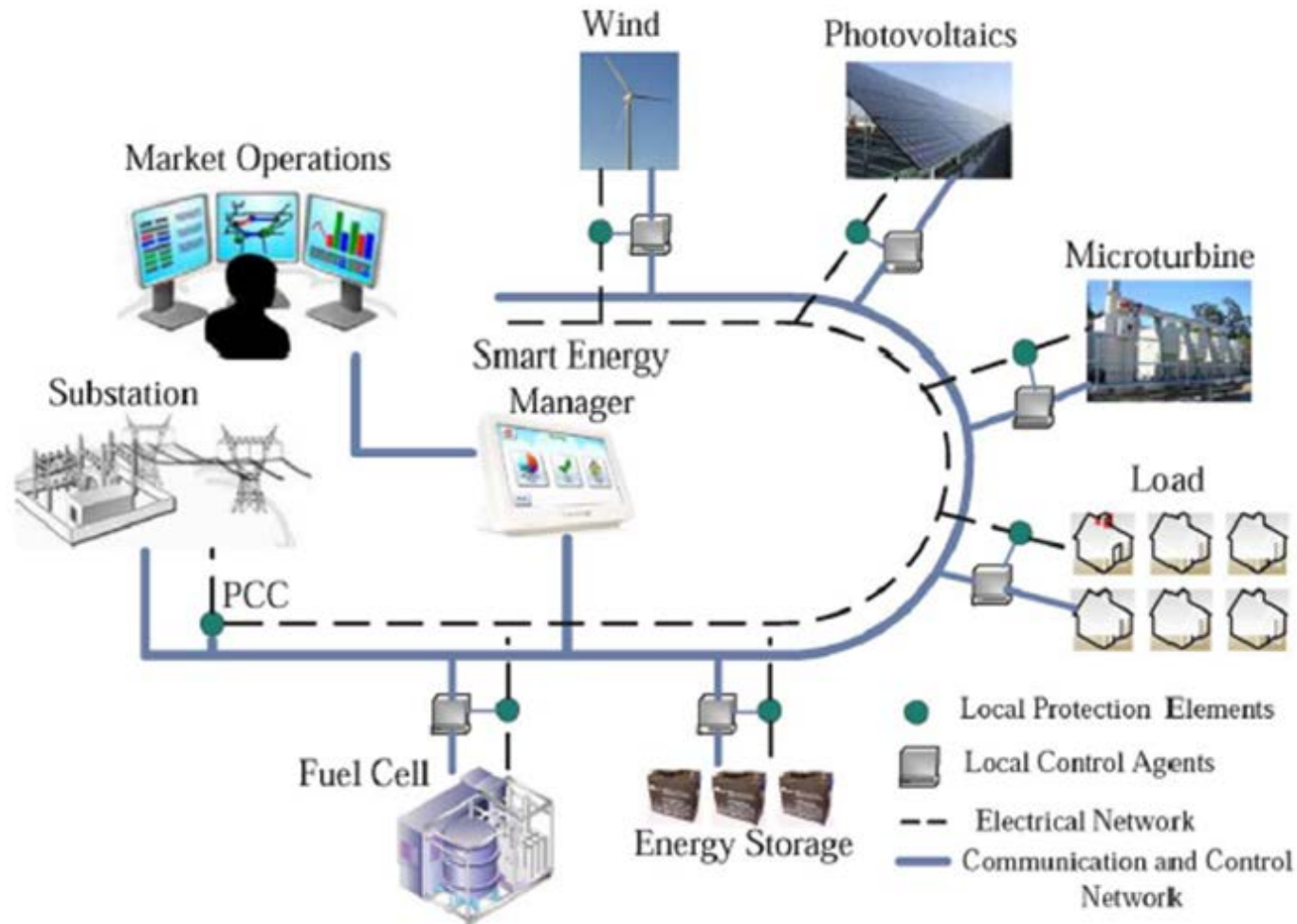
Definición de microrredes eléctricas

A continuación se mencionan algunas características comunes de las microrredes:

- Abastecimiento de la demanda tiene lugar de forma local
- Son por lo general de baja tensión con potencias inferiores al MW
- Las microrredes deben ser capaces de operar tanto interconectadas a la red principal como en isla. Salvo en emplazamientos aislados, las microrredes están diseñadas para, en condiciones normales, operar conectadas a la red principal.
- A diferencia de una red pasiva una microrred debe ser capaz de manejar intereses contrapuestos encontrando un óptimo global

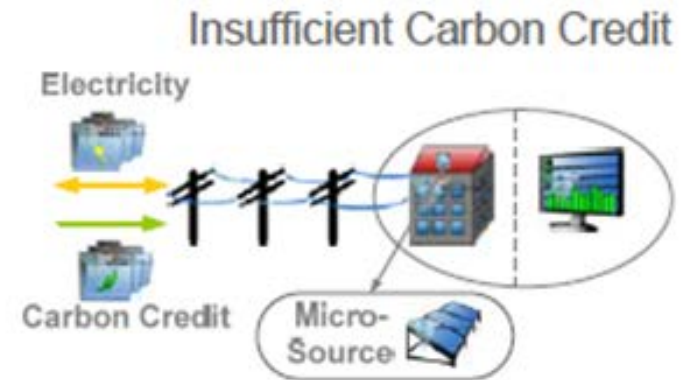
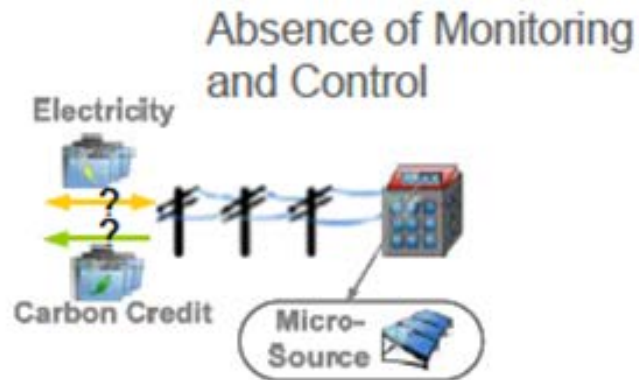
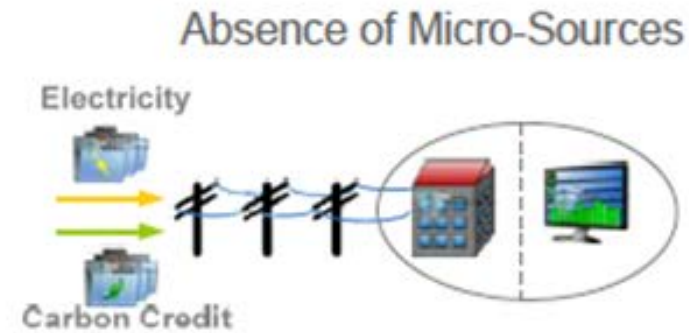
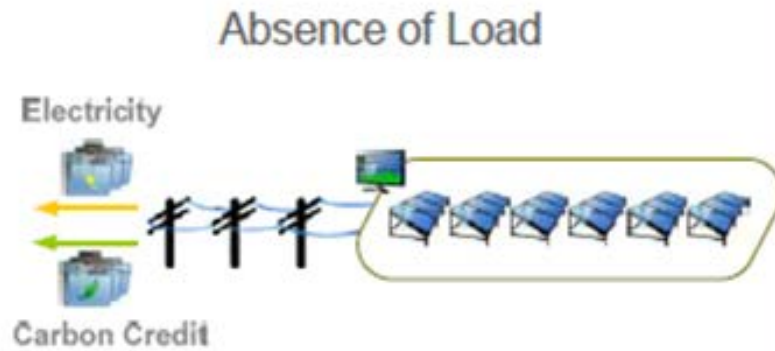
Definición de microrredes eléctricas

Estructura de una microrred



Definición de microrredes eléctricas

Ejemplos de redes que no cumplen los requisitos para ser una microrred



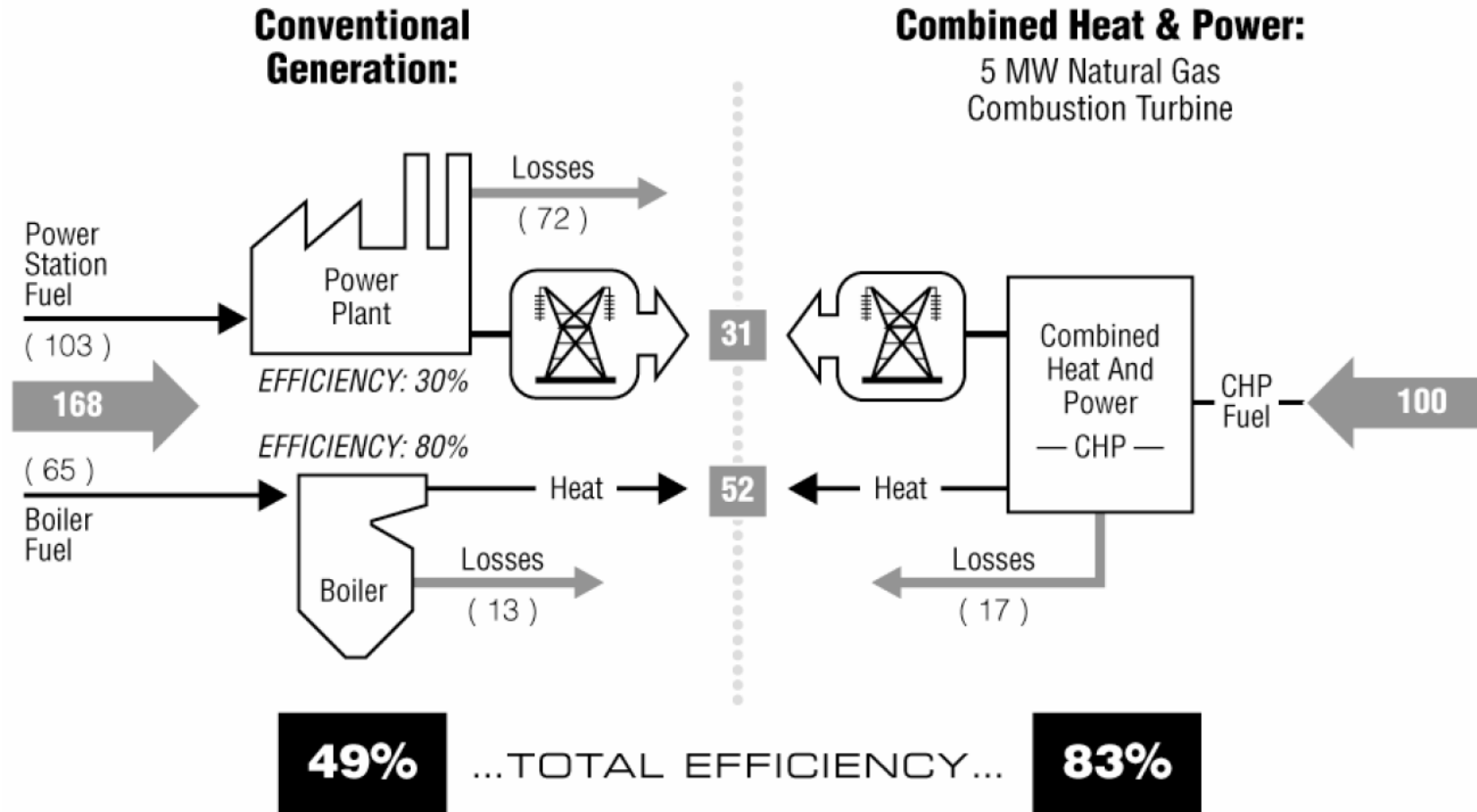
Beneficio del uso de microrredes

Beneficios técnicos:

- El consumo local de energía y el control de la energía reactiva que suministra cada generador conllevan a una reducción en las pérdidas eléctricas
- Las microrredes pueden contribuir al aplazamiento de inversiones mediante la reducción de la demanda de pico en ciertas zonas de la red
- El hecho que la energía generada se consuma de forma local también permite aprovechar el calor residual de los sistemas de generación por lo que la eficiencia global del sistema aumenta de forma notable

Beneficio del uso de microrredes

Beneficios técnicos:



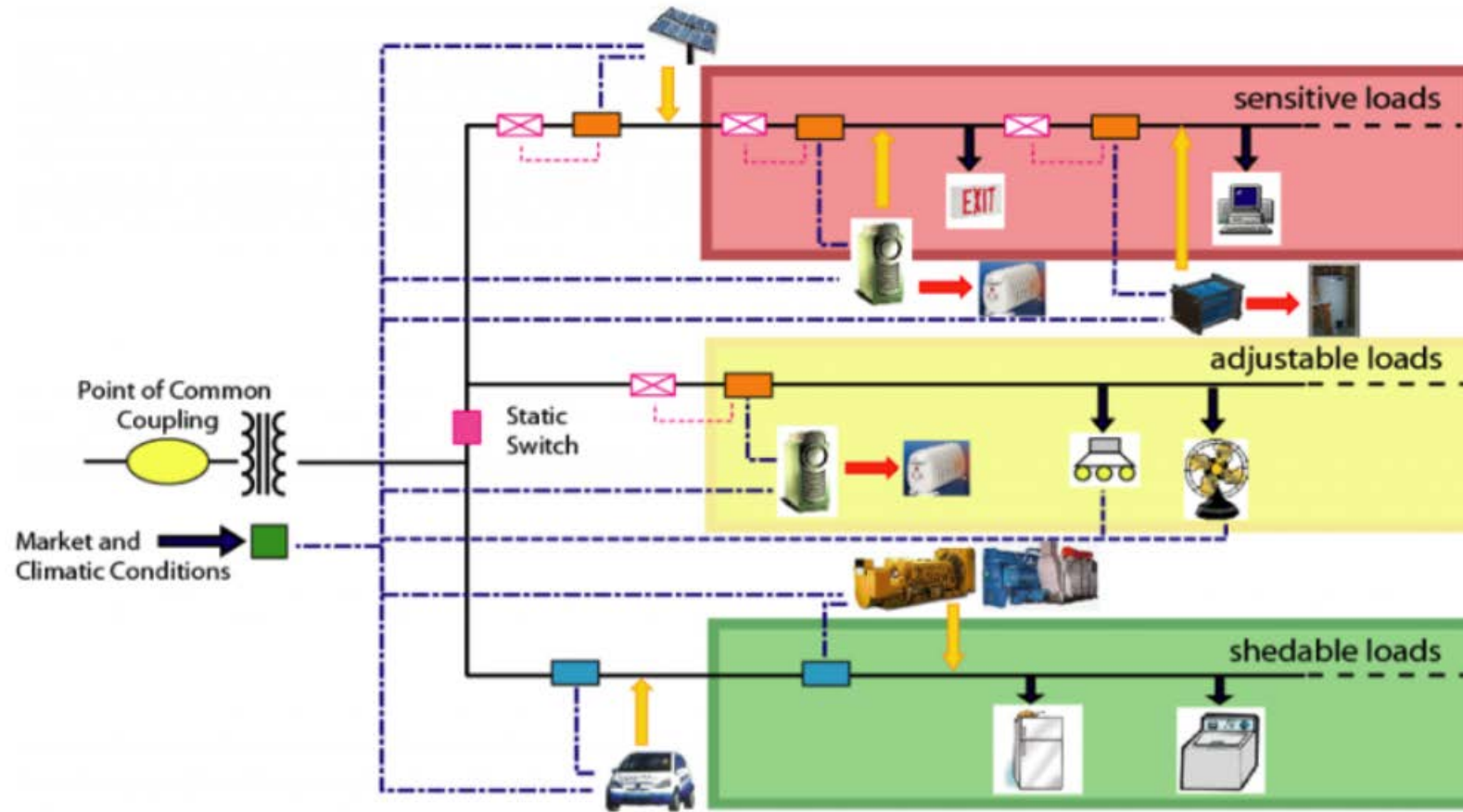
Beneficio del uso de microrredes

Beneficios técnicos:

- Las microrredes tienen la capacidad de brindar servicios complementarios tales como regulación del voltaje, reserva rodante, arranque de cero (*black start*), deslastre de cargas (*load shedding*), etc.
- Frente a una baja en la calidad de suministro (variaciones en la frecuencia o voltaje, armónicos, desequilibrios etc.) las microrredes pueden desconectarse de la red principal
- Las microrredes tienen la capacidad de proveer distintos niveles de calidad de suministro

Beneficio del uso de microrredes

Beneficios técnicos:



Beneficio del uso de microrredes

Beneficios económicos:

- En las microrredes la optimización de la operación se lleva a cabo desde el punto de vista global. Es decir, se consideran elementos tanto internos como externos a las microrredes (la red de distribución, otras microrredes, etc.)
- El consumo local de energía permite reducir los costos de transporte y distribución
- La integración de energías renovables y la cogeneración reducen los costos de generación

Beneficio del uso de microrredes

Beneficios económicos:

- Las microrredes pueden obtener un rédito económico al proveer servicios complementarios a la red principal
- Aplazan o evitan las inversiones en redes de distribución y transporte
- Dependiendo del precio de la energía eléctrica las microrredes pueden comprar o vender energía a la red principal.
- Los sistemas de almacenamiento son un componente esencial de las microrredes. Esto hace que sea posible gestionar la energía de forma mas eficiente desde el punto de vista económico

Beneficio del uso de microrredes

Beneficios ambientales:

- Las microrredes reducen directa o indirectamente las la generación de emisiones de CO₂, CO, NO_x, SO₂ y de partículas en suspensión
- De forma directa: integración tecnologías de tecnologías con baja o ninguna emisión
- De forma indirecta: por el aumento de la eficiencia global del sistema: reducción de perdidas, mejora en la gestión de la energía, posibilidad de cogenerar, etc.

Elementos que componen una microrred

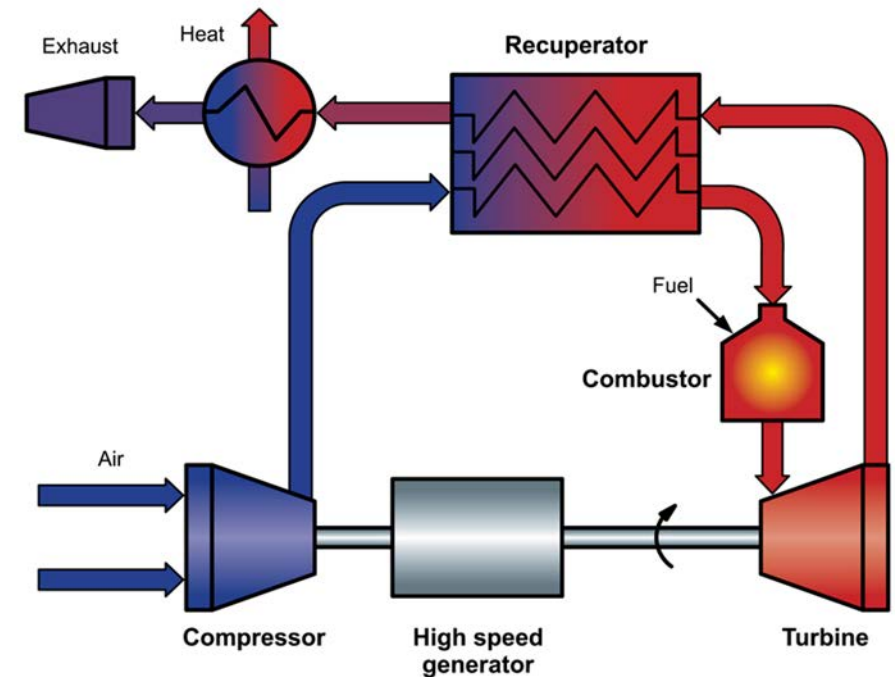
Microturbina de gas

- Pequeñas turbinas de gas que operan con un ciclo Rankine
- Recién en el año 2000 los primeros modelos se vendieron a nivel comercial
- Las potencias disponibles varían entre los 30 kW y los 250 kW
- La eficiencia eléctrica esta se sitúa entre el 20% y 30%
- Pueden funcionar con una amplia variedad de combustibles tanto gaseosos (gas natural, biogás, etc.) como líquidos (diésel, keroseno, gasolina, etc.)
- La temperatura de los gases de salida oscila entre los 200 y 315 °C

Elementos que componen una microrred

Microturbina de gas

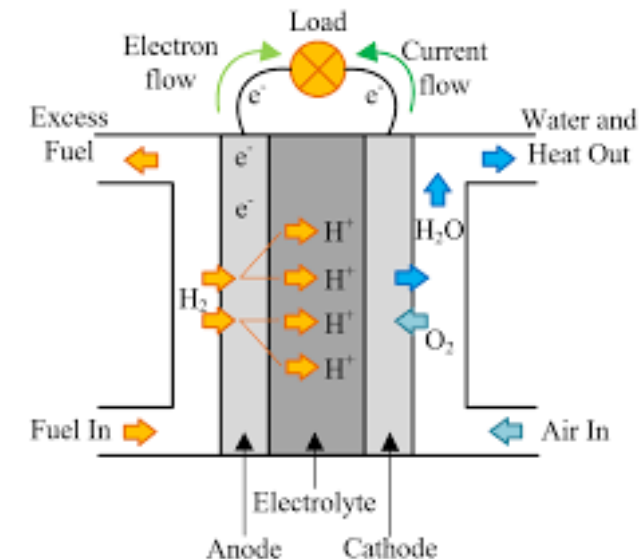
- Principales ventajas: bajo nivel de emisiones y ruido así como su reducido peso y dimensiones
- La principal desventaja: costo inicial



Elementos que componen una microrred

Pilas de combustible

- Son similares a las baterías tradicionales dado que ambas generan una corriente continua a través de un proceso electroquímico
- Están diseñadas para permitir el reabastecimiento continuo de los reactivos, lo que hace que puedan operar de forma continua siempre y cuando no se les interrumpa el suministro de combustible
- La generación de electricidad tiene lugar a partir de la reacción química entre el hidrogeno y el oxígeno. Mientras que el oxígeno se obtiene directamente del aire, el hidrogeno proviene de algún hidrocarburo como puede ser el gas natural o el GLP



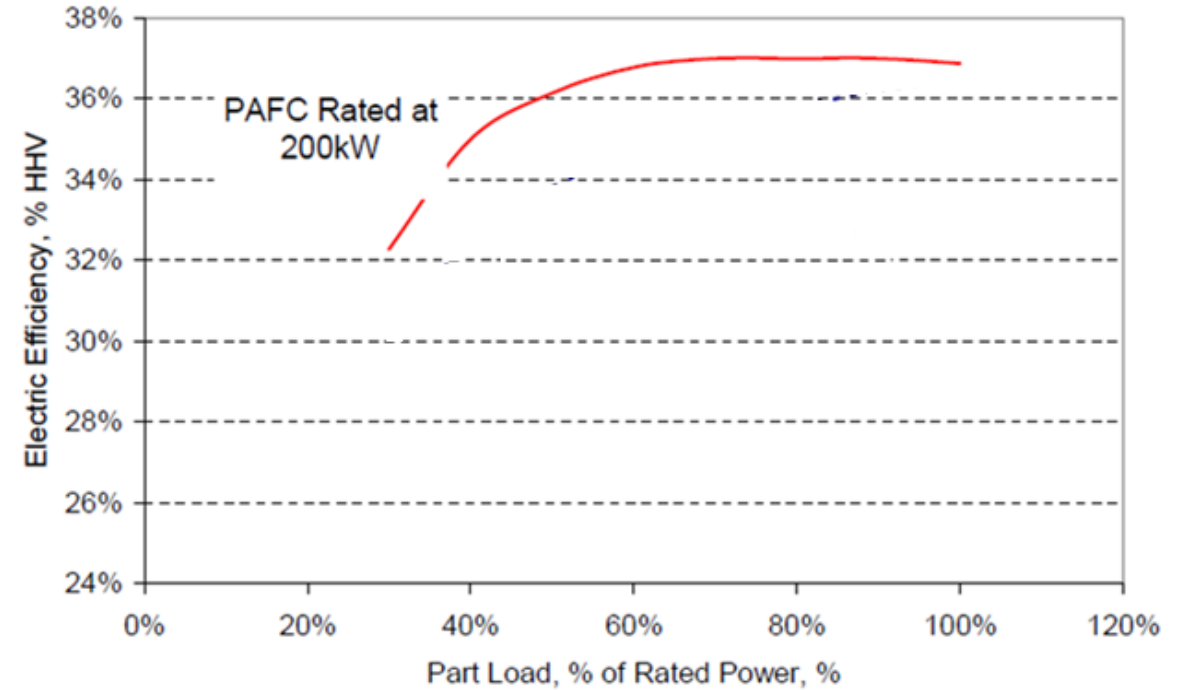
Elementos que componen una microrred

Pilas de combustible

- Dado que la energía en estos dispositivos no se genera mediante una combustión no existen emisiones gaseosas contaminantes asociadas
- Los rangos de potencia para aplicaciones de generación distribuida van desde los 5 kW a los 2 MW
- Las eficiencias eléctricas varían entre el 35% y el 55%
- Mantienen eficiencia a cargas bajas
- Producción de energía limpia, eficiente y silenciosa
- Desventajas: alto costo inicial y falta de soporte técnico

Elementos que componen una microrred

Pilas de combustible



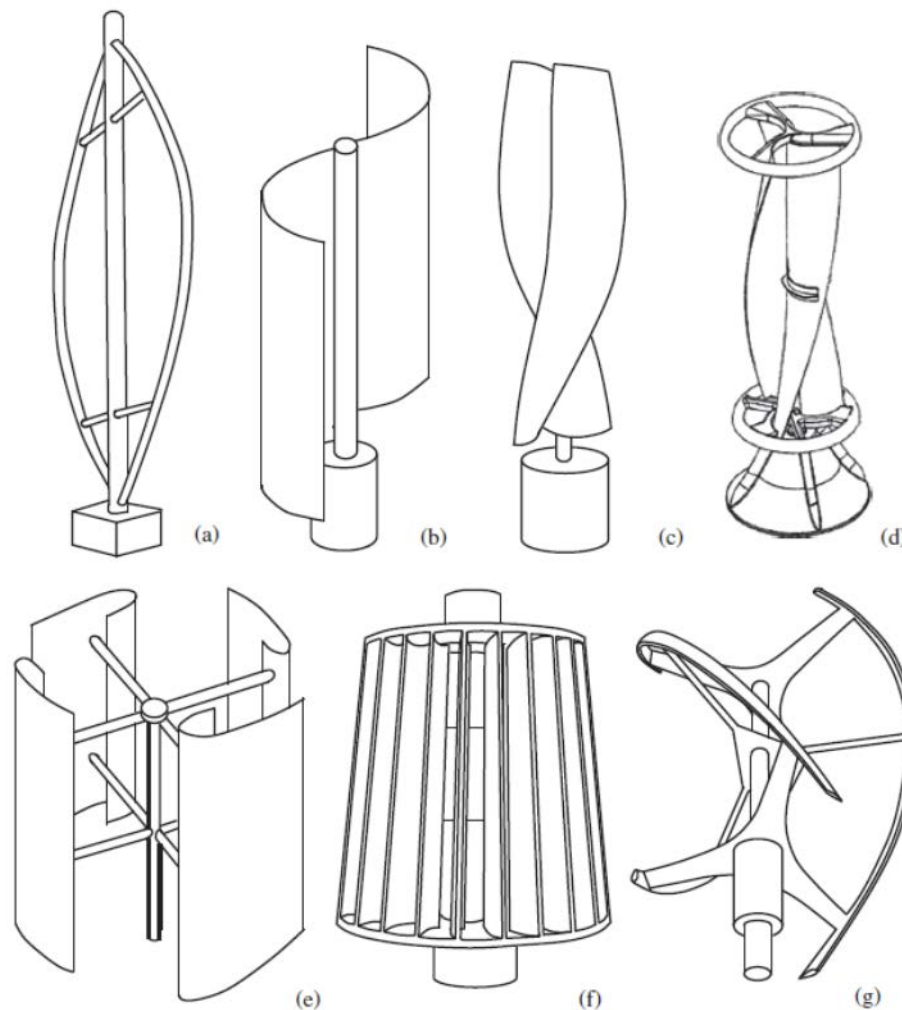
Elementos que componen una microrred

Motores de combustión interna

- Es una tecnología fiable y madura
- Elevada eficiencia eléctrica que varia entre un 30% y 40%
- Buen desempeño a cargas bajas y amplio rango de potencias disponibles
- Rápido encendido, alta fiabilidad y baja inversión inicial
- Desventajas: elevado costo de mantenimiento, elevado nivel de contaminación tanto sonoro como de emisiones

Elementos que componen una microrred

Aerogeneradores



Elementos que componen una microrred

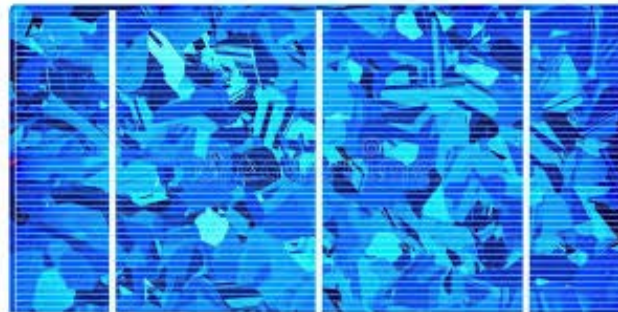
Aerogeneradores

- Pueden clasificarse como de eje horizontal o vertical
- Los aerogeneradores de eje horizontal poseen una elevada eficiencia, es una tecnología ampliamente probada, son económicos y existe una gran variedad de productos. Requieren un sistema de algún sistema para controlar la orientación, son sensibles a la turbulencia y pueden producir vibraciones considerables
- Los aerogeneradores de eje vertical son menos sensibles a las turbulencias, generan menos vibraciones y no necesitan sistema de orientación. En contrapartida son menos eficientes

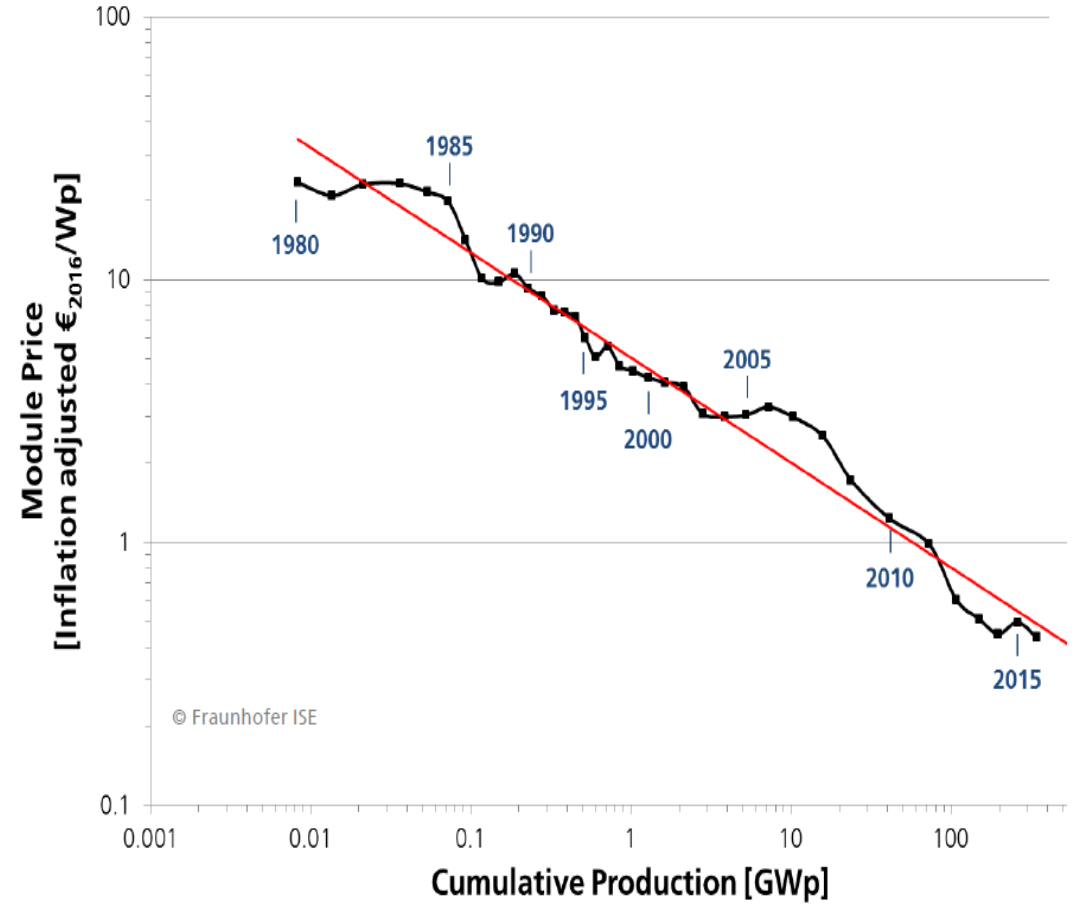
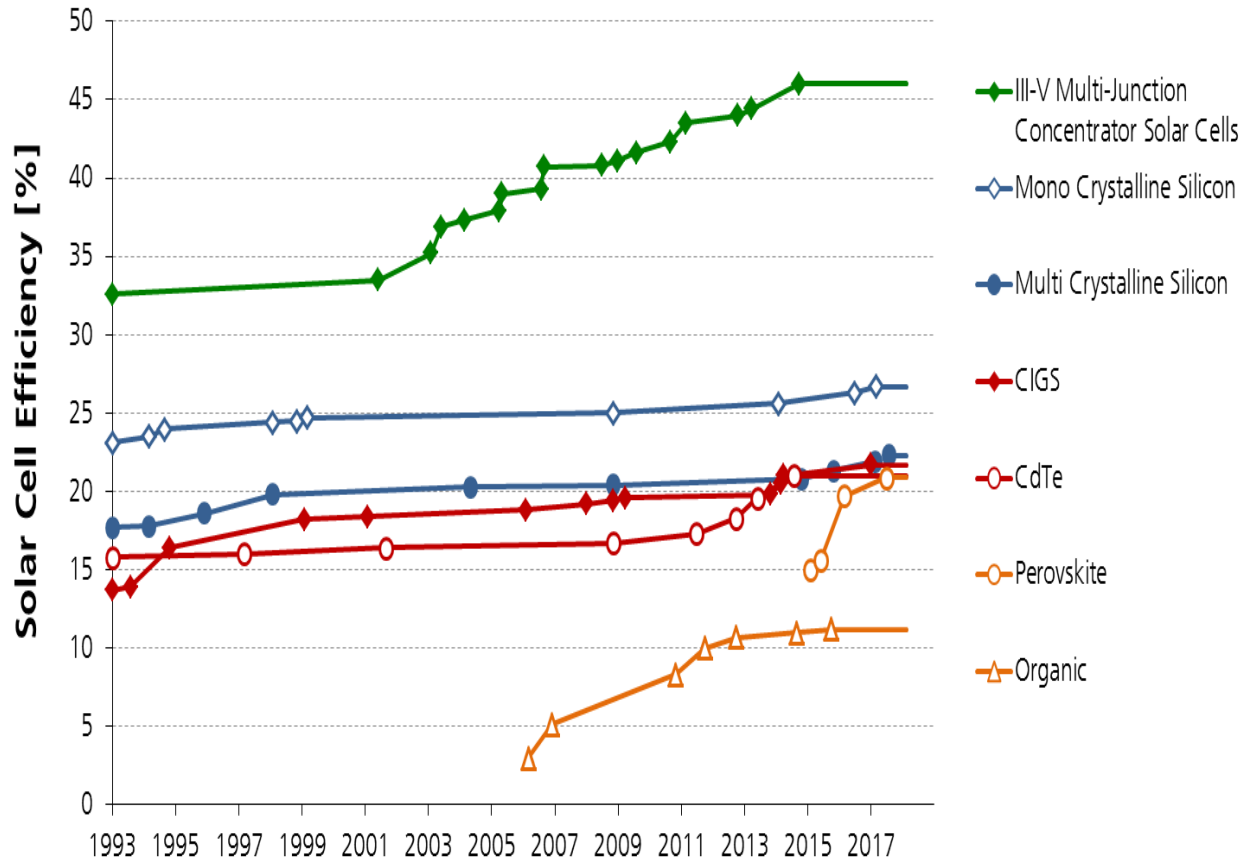
Elementos que componen una microrred

Paneles fotovoltaicos:

Existen tres principales tipos: mono-cristalinos, poli-cristalinos, película delgada



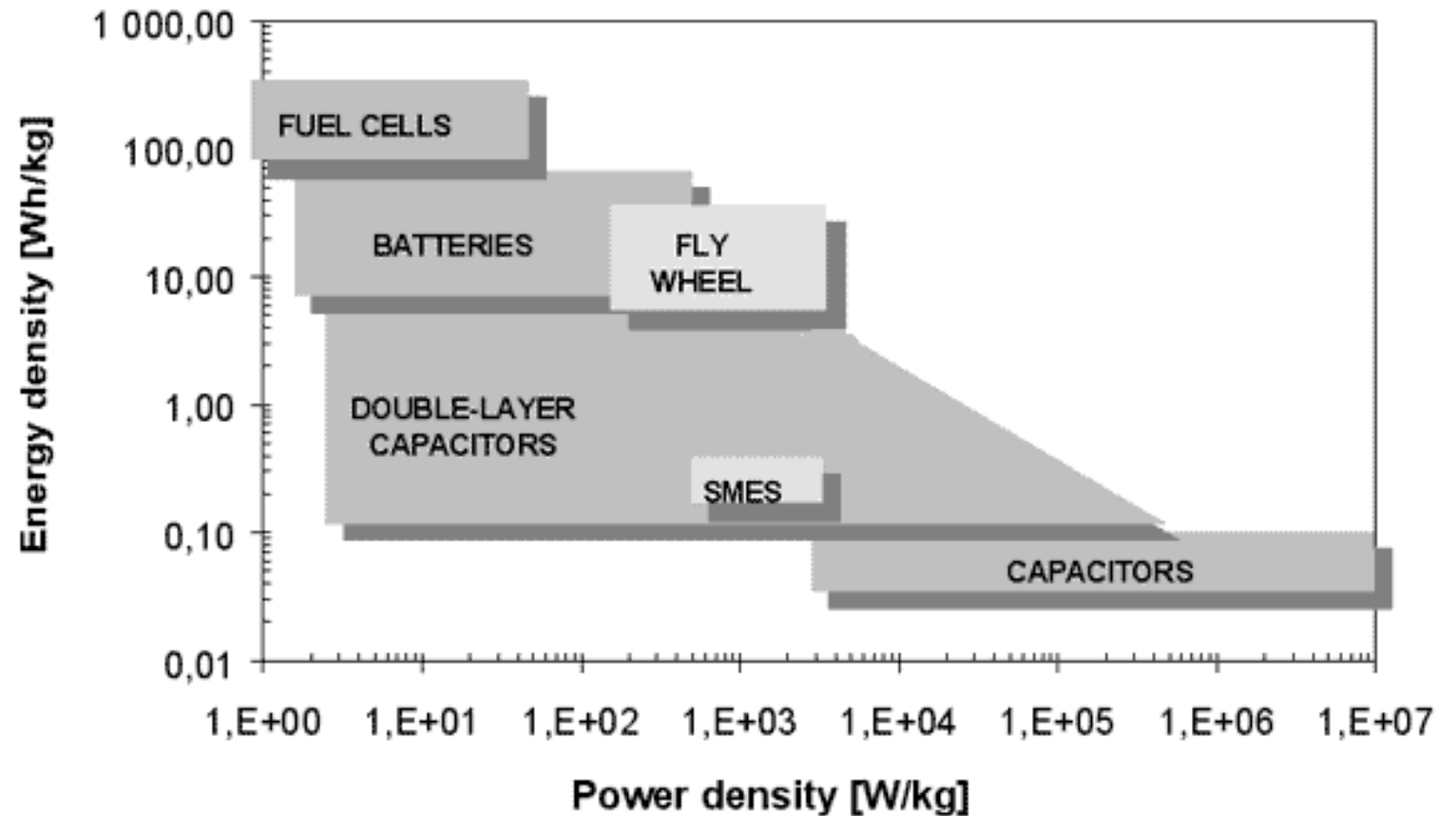
Paneles fotovoltaicos



Elementos que componen una microrred

Sistemas de almacenamiento

- Baterías
- Volantes de inercia
- Super capacitores
- Almacenamiento de energía por superconducción



Elementos que componen una microrred

Baterías

- Las potencias van desde menos de 100 W a varios MW
- Dependiendo de la tecnología y los ciclos de operación las eficiencias varían entre 60% y 80%
- los principales tipos de baterías utilizados en microrredes:
 - **De plomo:** bajo costo, tecnología madura. Baja Wh/Kg, W/Kg
 - **De níquel-hierro (NiFe):** robustas, baja W/Kg y retención de carga, costo elevado
 - **De níquel-cadmio (NiCd):** ciclos de vida largo, bajo mantenimiento, costo elevado
 - **De níquel-metal hidruro (NiMh):** no presentan problemas ambientales
 - **De Ion-litio (Ion-Li):** elevada Wh/Kg, elevado coste
 - **De sodio-sulfuro (NaS):** tecnología mas prometedora elevadas Wh/Kg y W/Kg. Elevada temperatura de funcionamiento. Redes eléctricas.

Elementos que componen una microrred

Volantes de inercia

- Almacenan energía en forma de energía cinética
- Se emplean cojinetes magnéticos y una cámara de vacío para evitar la fricción
- Tienen elevadas potencias específicas pero baja energía específicas.
- Pueden proporcionar elevadas potencias durante 20s-30s.



Elementos que componen una microrred

Súper capacitores

- Almacenan grandes cantidades de energía en comparación con los capacitores electrolíticos (Faradios vs miles de Faradios)
- Se basan en un aumento del área de las placas
- En relación con las baterías tienen baja energía específica pero una potencia específica mucho mayor
- Son más eficientes que las baterías y tienen una vida útil muy superior
- Poseen bajos voltajes por lo que deben conectarse en serie



Elementos que componen una microrred

SMES (Almacenamiento Magnético por Super conducción)

- La energía se almacena en forma de campo magnético
- El campo es generado por una corriente que circula por un anillo superconductor el cual es refrigerado por debajo de la temperatura de superconductividad
- Se alcanzan eficiencias superiores al 95 %
- Tiempos de respuestas muy cortos (<5 ms) ya que no hay ningún proceso electroquímico
- Elevados costos debido a la refrigeración y al empleo de superconductores

Elementos que componen una microrred

Aplicaciones de los sistemas de almacenamiento en las microrredes

- Como respaldo en caso que interrumpa el suministro
- Como forma de mitigar la intermitencia de las energías renovables
- Pueden almacenar energía en los momentos que el costo sea bajo y suministrarla cuando el costo es elevado
- Debido a la rápida capacidad de respuesta y a la electrónica de potencia empleada los supercapacitores y los volantes de inercia pueden ser empleados para mejorar la calidad de suministro (FP, armónicos, transitorios, etc.)
- Permiten que la microrred provea de reserva rodante y de otros servicios auxiliares a la red principal

Elementos que componen una microrred

Otros elementos asociados al desarrollo de las microrredes

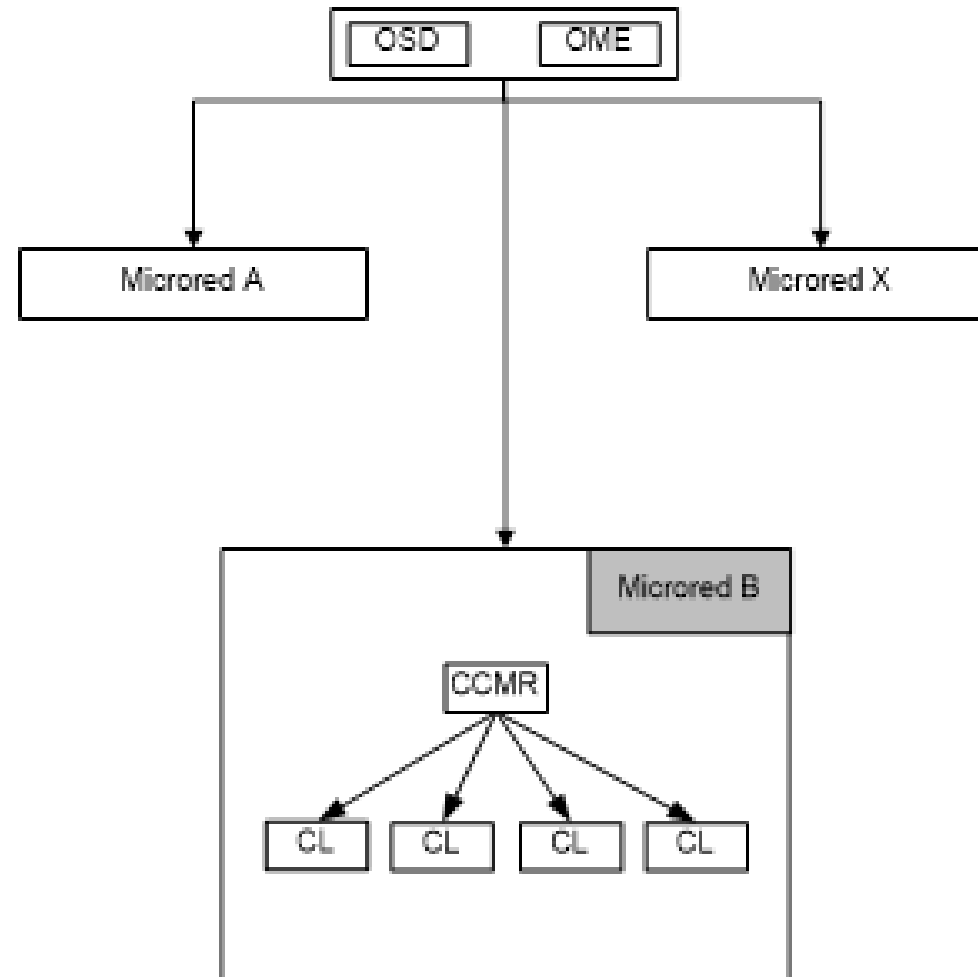
- Vehículos eléctricos: pueden cargarse cuando el precio sea mas conveniente e inyectar energía en caso de que la microrred lo requiera. Pueden ser eléctricos puros o híbridos.
- Contadores inteligentes: establecen una comunicación bidireccional entre el control central y los usuarios. Miden en tiempo real el consumo e informan del precio de la electricidad
- Red de sensores: tensiones, frecuencia, temperatura, consumos, etc.
- Electrónica de potencia

Control en las microrredes

- El sistema de control en las microrredes cumple diversas funciones tales como el abastecimiento de las cargas eléctricas y térmicas, la participación en el mercado eléctrico, la gestión de los servicios auxiliares, el control de la calidad de suministro, etc.
- Está dividido en tres niveles
 - En el nivel más alto se encuentra el operador del sistema de distribución (OSD) y el operador del mercado eléctrico (OME). Son los representantes de la red principal
 - En el nivel medio se tiene al Control Central de la Microrred (CCMR) que interactúa con el OME el OSD y los controles locales
 - Controles locales reciben ordenes del CCMR pero tienen cierta autonomía

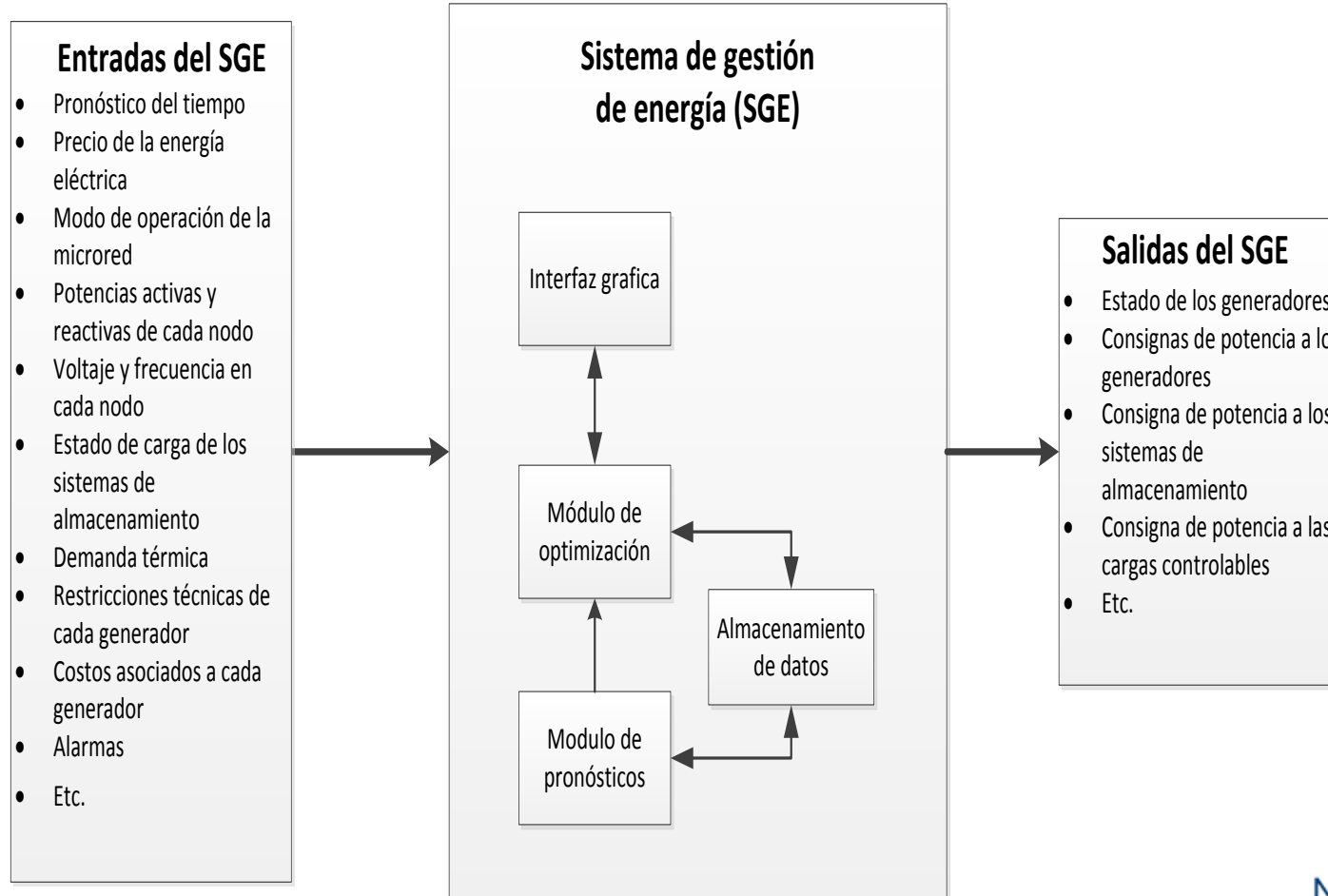
Control en las microrredes

Niveles de control



Control en las microrredes

Sistema de gestión de energía (SGE)

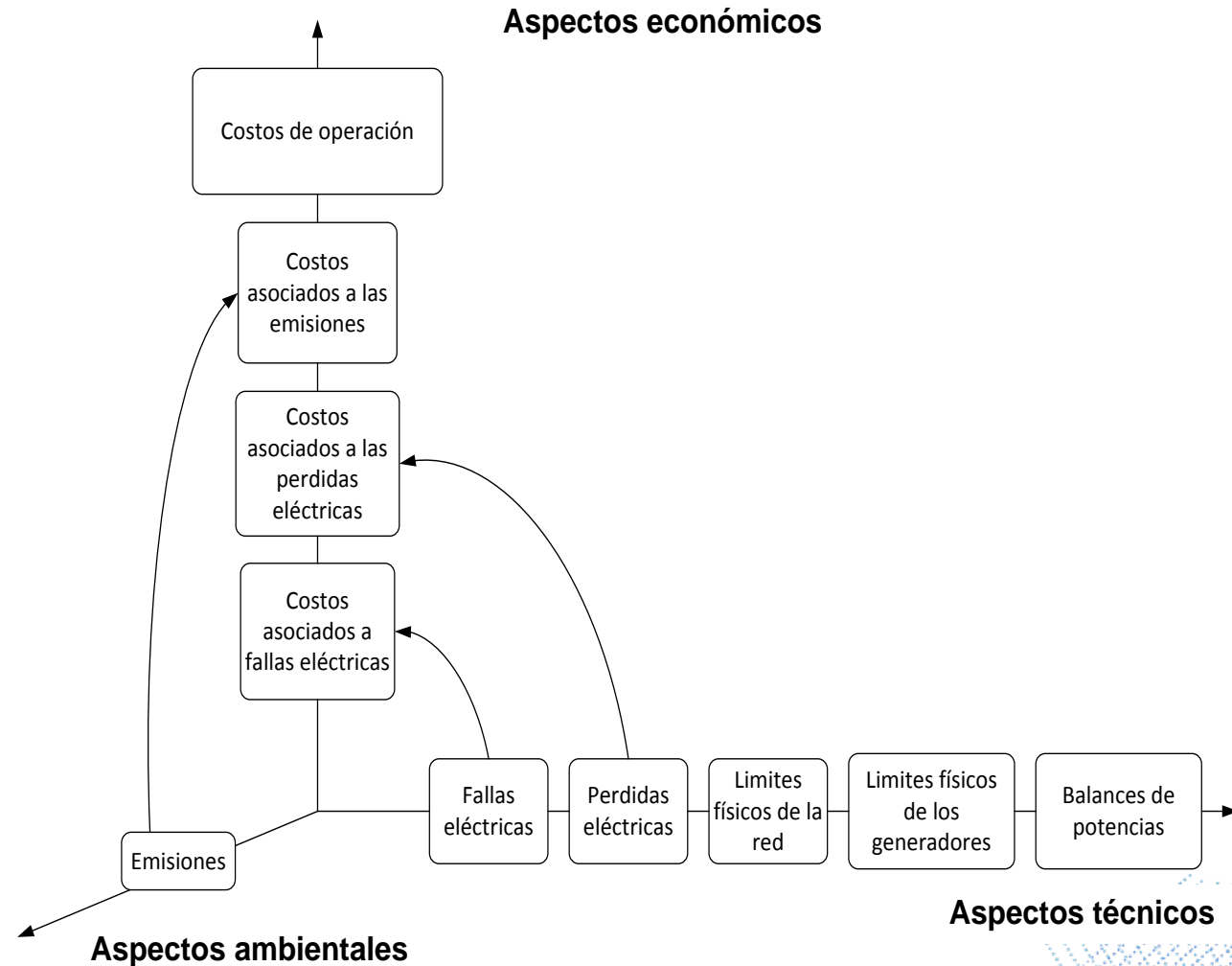


Control en las microrredes

Sistema de gestión de energía (SGE)

Modos de operación:

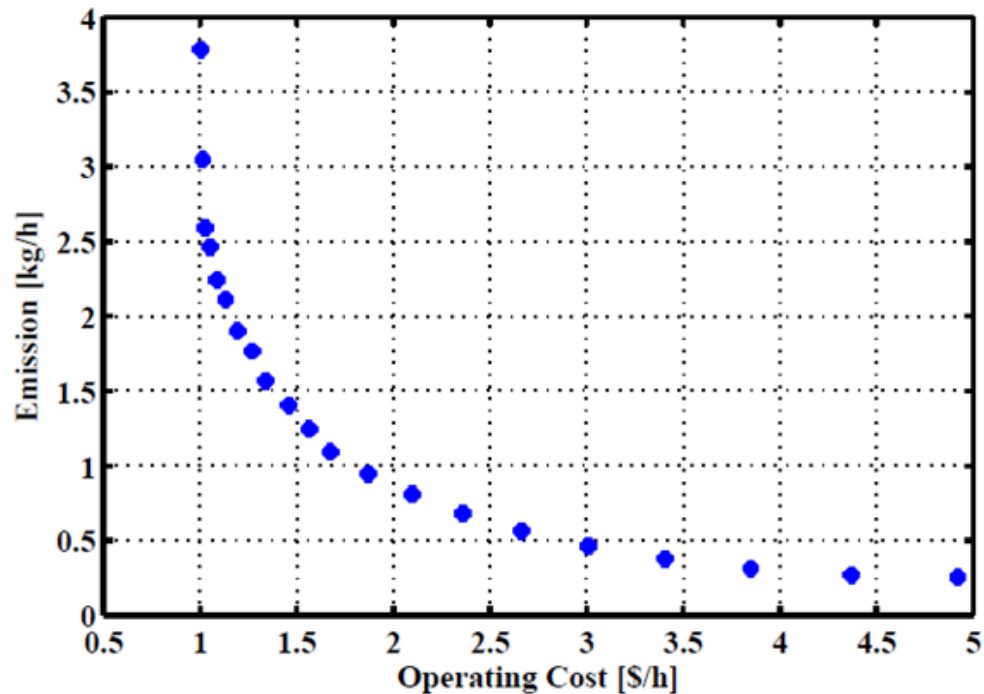
- Económico
- Técnico
- Ambiental
- Multiobjetivo



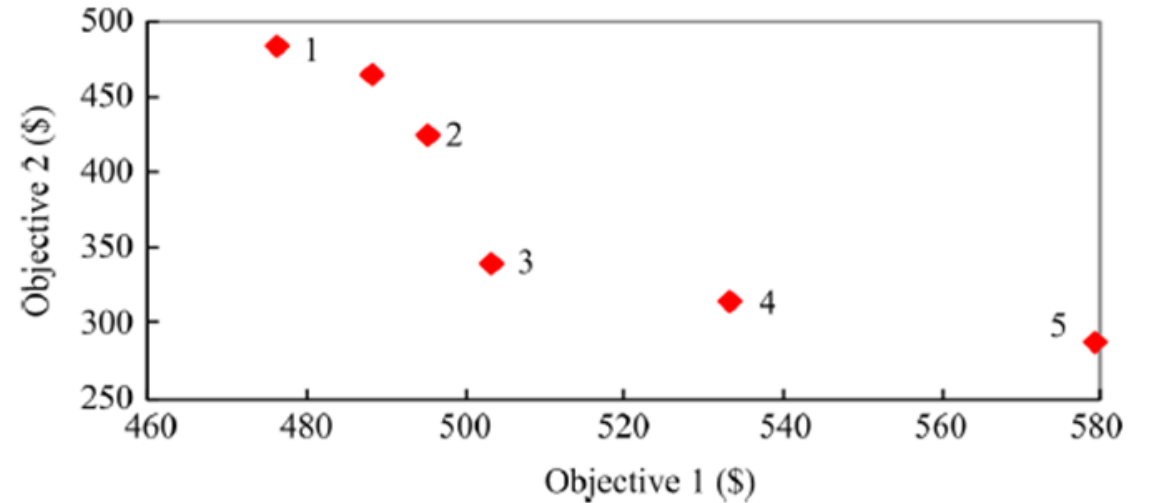
Control en las microrredes

Sistema de gestión de energía (SGE)

Ejemplo 1: emisiones vs costo de operación

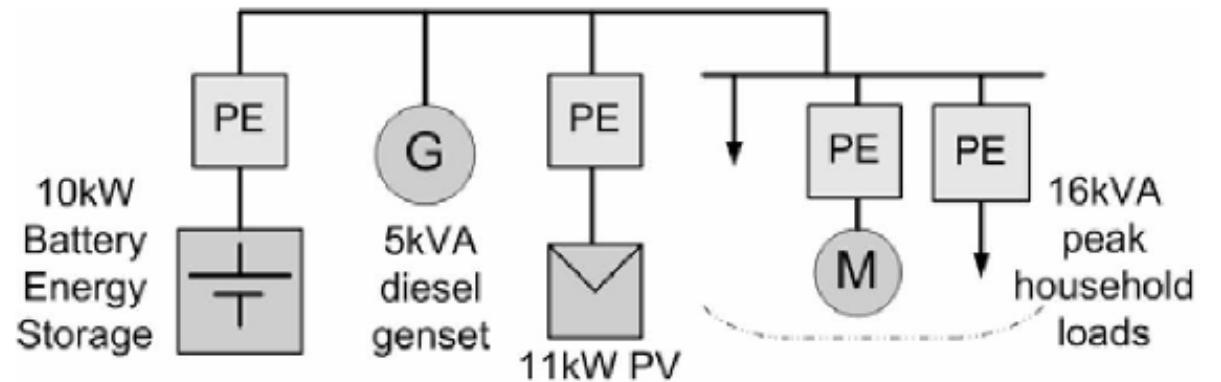
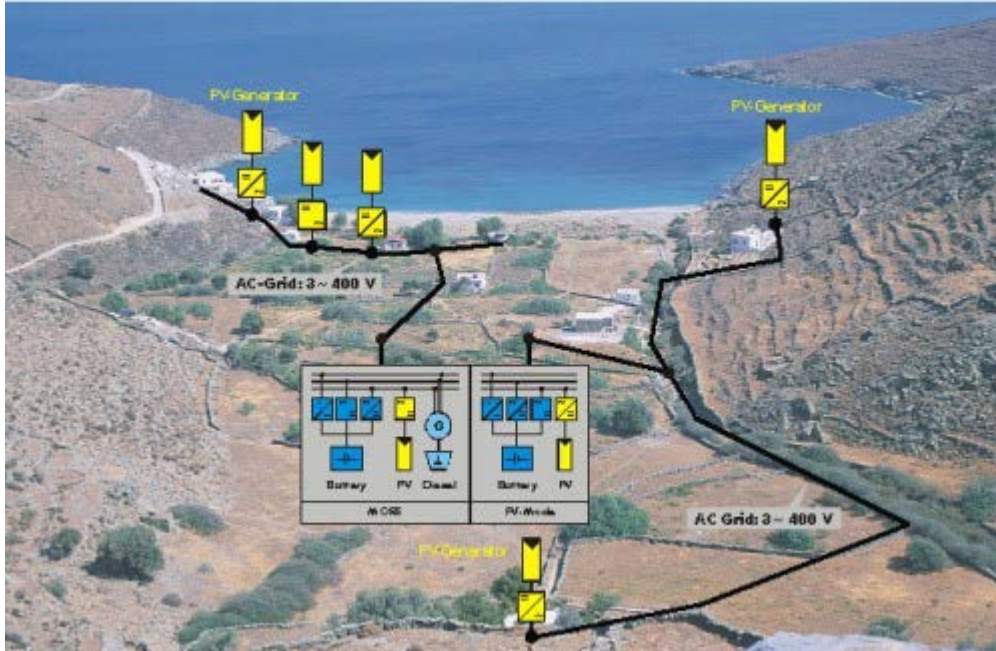


Ejemplo 2: vida de la batería vs costo de operación



Ejemplo de microrredes en el mundo

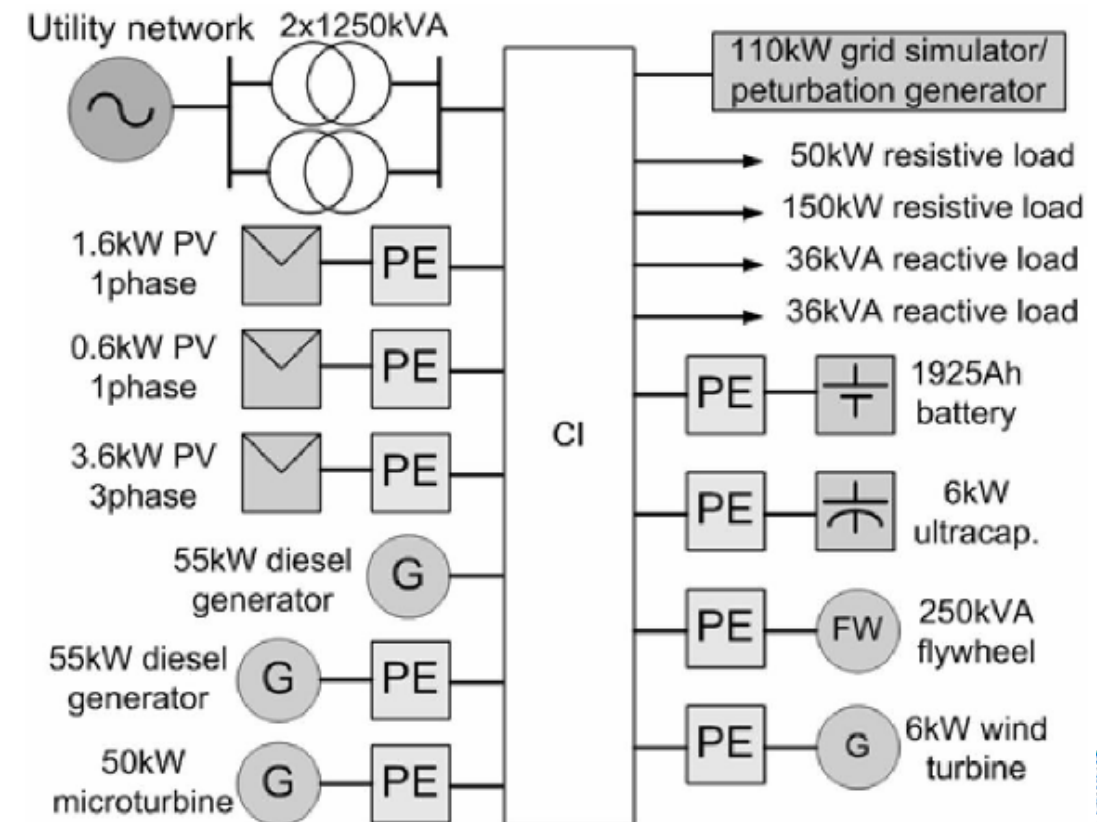
- El primer proyecto financiado por la Unión Europea fue *Microgrids* (2003-2005) liderado por la Universidad de Atenas. Se construyó una microrred en la isla Griega de Kythnos. Uno de los objetivos principales es el estudio del control de la potencia activa y reactiva por medio de la frecuencia y el voltaje.



Ejemplo de microrredes en el mundo

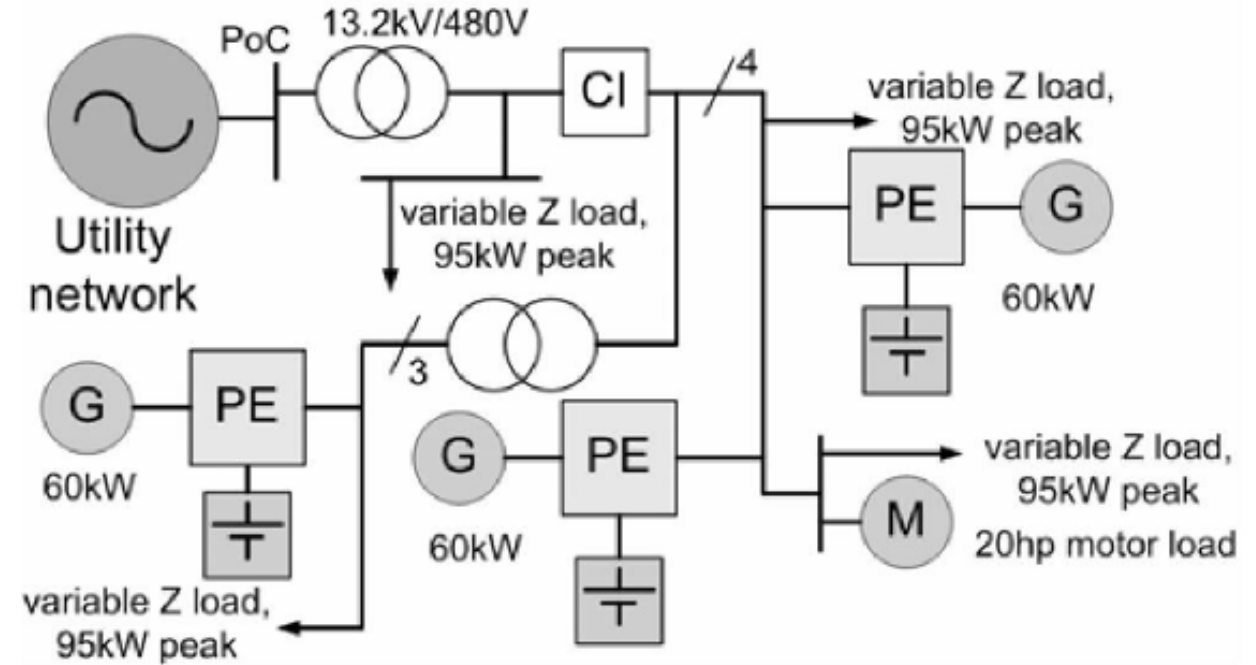
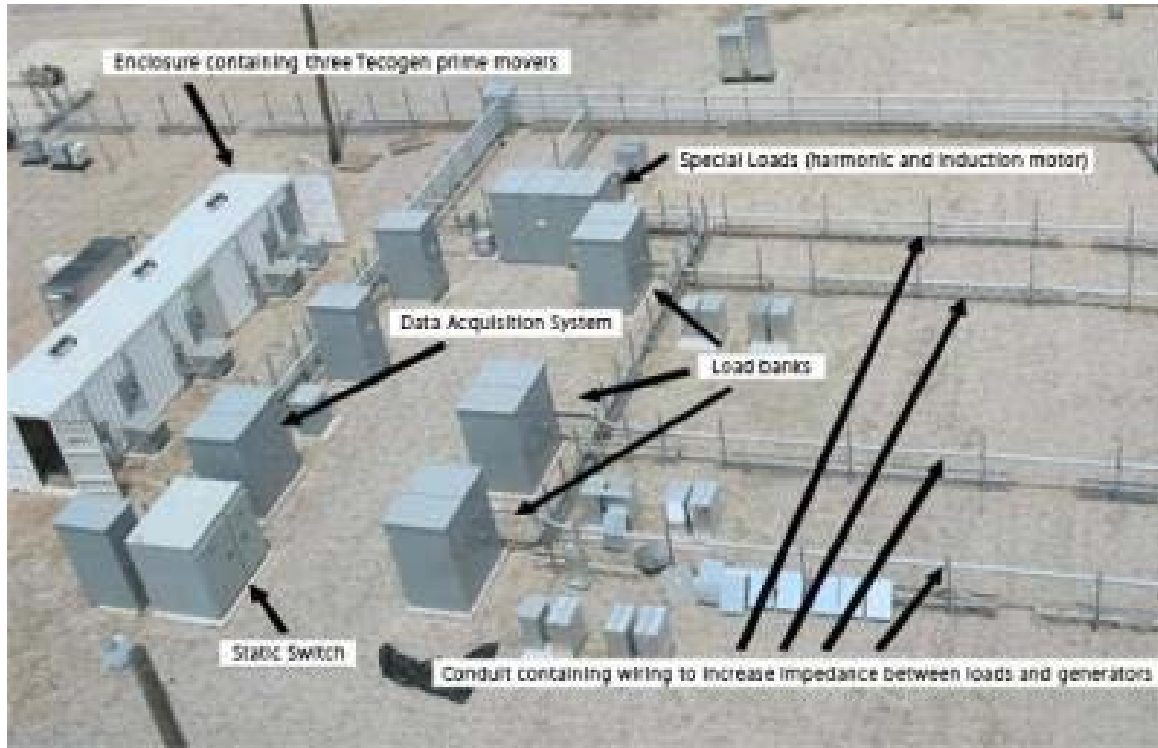
- En el proyecto *More Microgrids* se construyeron 8 microrredes en distintos países: 3 urbanas/comerciales, 1 rural, 2 islas, 2 laboratorios. Algunos de los objetivos fueron el estudio de: nuevas tecnologías de generación/almacenamiento, estrategia centralizada vs descentralizada, estandarización y protocolos, etc.

Microrred España-Teknalia



Ejemplo de microrredes en el mundo

- CERTS (*Consortium for Electric Reliability Technology Solutions*) está formado por varias empresas y la Universidad de Winsconsin. El objetivo de CERTS es analizar las microrredes desde el punto de vista tecnológico, económico, ambiental y regulatorio. Desarrollaron el concepto de microrred CERTS.



Ejemplo de microrredes en el mundo

Algunos puntos del concepto de microrred CERTS

- Las microrredes deben tener una potencia inferior a los 2 MW
- Ningún dispositivo es indispensable para el funcionamiento de la microrred lo que la hace robusta
- La operación de los generadores se controla localmente a través de la electrónica de potencia, que incorpora un control tipo *droop*
- Existe un solo punto de interconexión con la red (PCC).
- La microrred debe ser capaz de proporcionar distintas calidades de suministro por lo que las cargas se dividen en tres grupos: sensibles, controlables y no sensibles
- Los distintos equipos pueden integrarse fácilmente a la microrred (*plug and play*)
- Existe un control superior más lento que se encarga de la gestión de la energía

Vehículo eléctrico

Clasificación de vehículos:

- **Vehículos convencionales:**

- Emplean combustible fósil para alimentar un motor de combustión interna
- Tienen una eficiencia de entre el 18%-25%
- Son ruidosos y producen emisiones

- **Vehículo eléctrico a batería:**

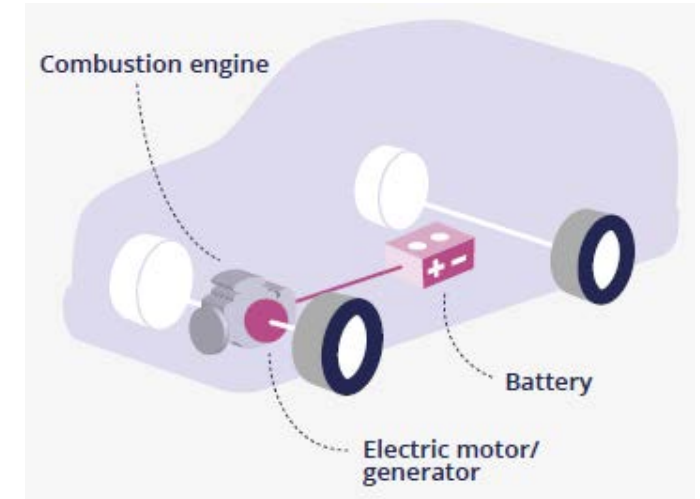
- Son impulsados por un motor eléctrico alimentado por un batería
- Poseen frenado regenerativo y una eficiencia que puede superar el 80%
- Si bien no generan emisiones la huella ambiental depende de la fuente con que se generó la energía con la que fue cargado el vehículo
- Tienen una autonomía que oscila entre 80-400 km
- A medida que avanza la tecnología la autonomía tiende a aumentar

Vehículo eléctrico

Clasificación de vehículos:

- **Vehículos híbridos:**

- Poseen un motor de combustión interna, un motor eléctrico y baterías
- El motor eléctrico asiste al de combustión cuando es necesario
- No se pueden enchufar
- Las baterías se cargan durante el frenado o cuando el vehículo esté en punto muerto
- Contaminan menos que los vehículos de combustión
- Dependiendo del tipo de vehículo pueden o no funcionar 100% con el motor eléctrico
- Autonomía eléctrica: 0-10 km
- El ahorro de conducir un Honda Civic híbrido con respecto a uno convencional es del 38% en ciudad y del 20% en autopista



Vehículo eléctrico

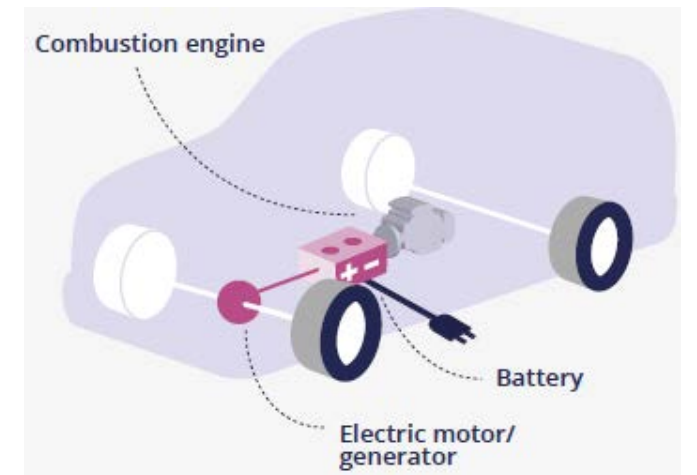
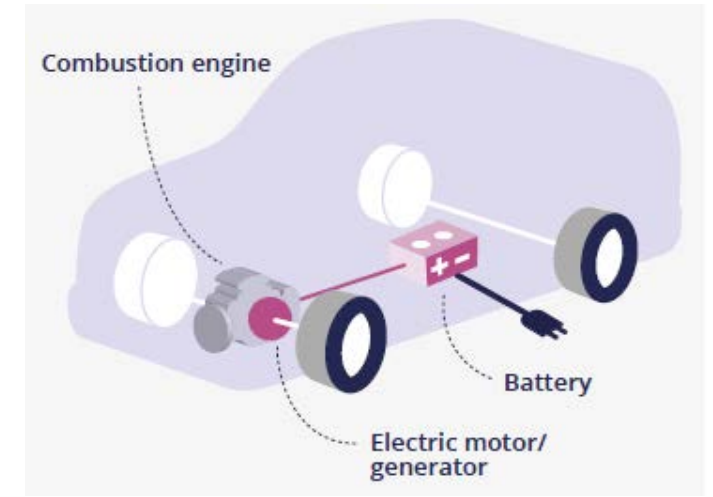
Clasificación de vehículos:

- **Vehículos híbrido enchufables:**

- Las baterías pueden cargarse mediante la red eléctrica
- Tienen menos autonomía que un vehículo eléctrico a baterías: 20-85 km

- **Vehículo eléctrico de rango extendido**

- El motor de combustión no está conectado al eje sino que actúa como generador eléctrico para alimentar las baterías o el motor eléctrico
- Pueden cargarse a partir de la red
- El motor de combustión es menor que el de los vehículos híbridos enchufables convencionales
- Autonomía eléctrica: 70-145 km

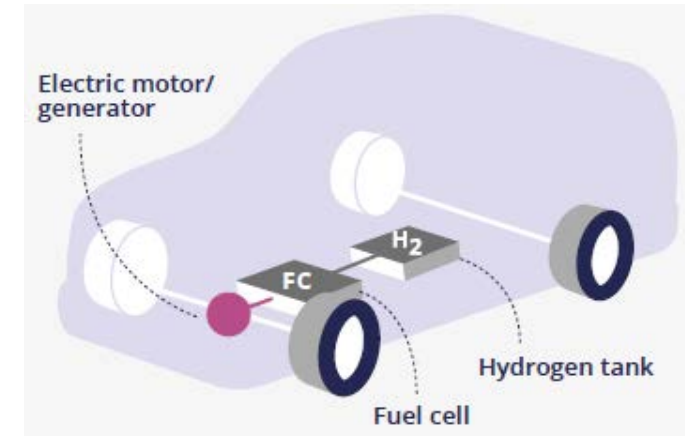


Vehículo eléctrico

Clasificación de vehículos:

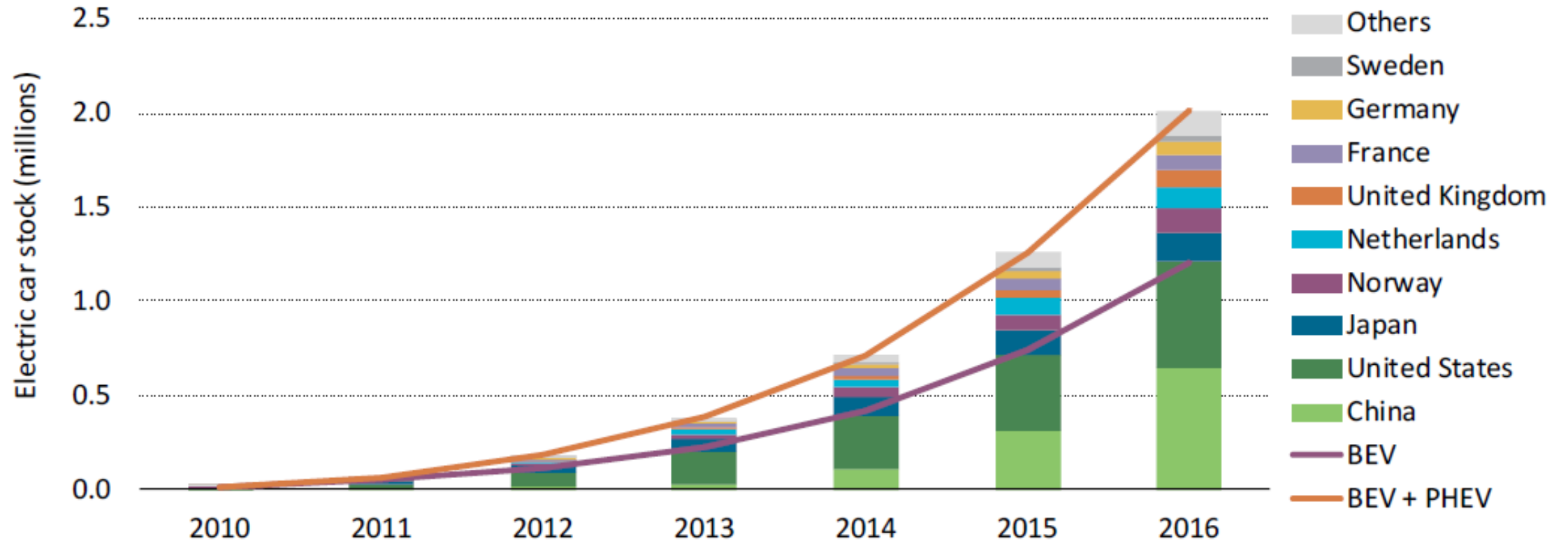
- **Vehículos eléctricos con pila de combustible**

- La propulsión es 100% eléctrica
- La pila de combustible se alimenta de un reservorio de hidrogeno y del oxigeno del aire
- La principal ventaja es el rápido llenado del reservorio de hidrogeno
- Poseen una autonomía superior a la de los vehículos eléctricos a batería: 160-500 km
- Debido al tamaño de las pilas de combustible esta tecnología se emplea en la actualidad para autos de mediano-gran porte
- La tecnología está en sus inicios. Existen tan solo unos pocos modelos de vehículos basados en pila de combustible comercializables
- Los costos son elevados y los puntos de reabastecimiento de hidrogeno son escasos



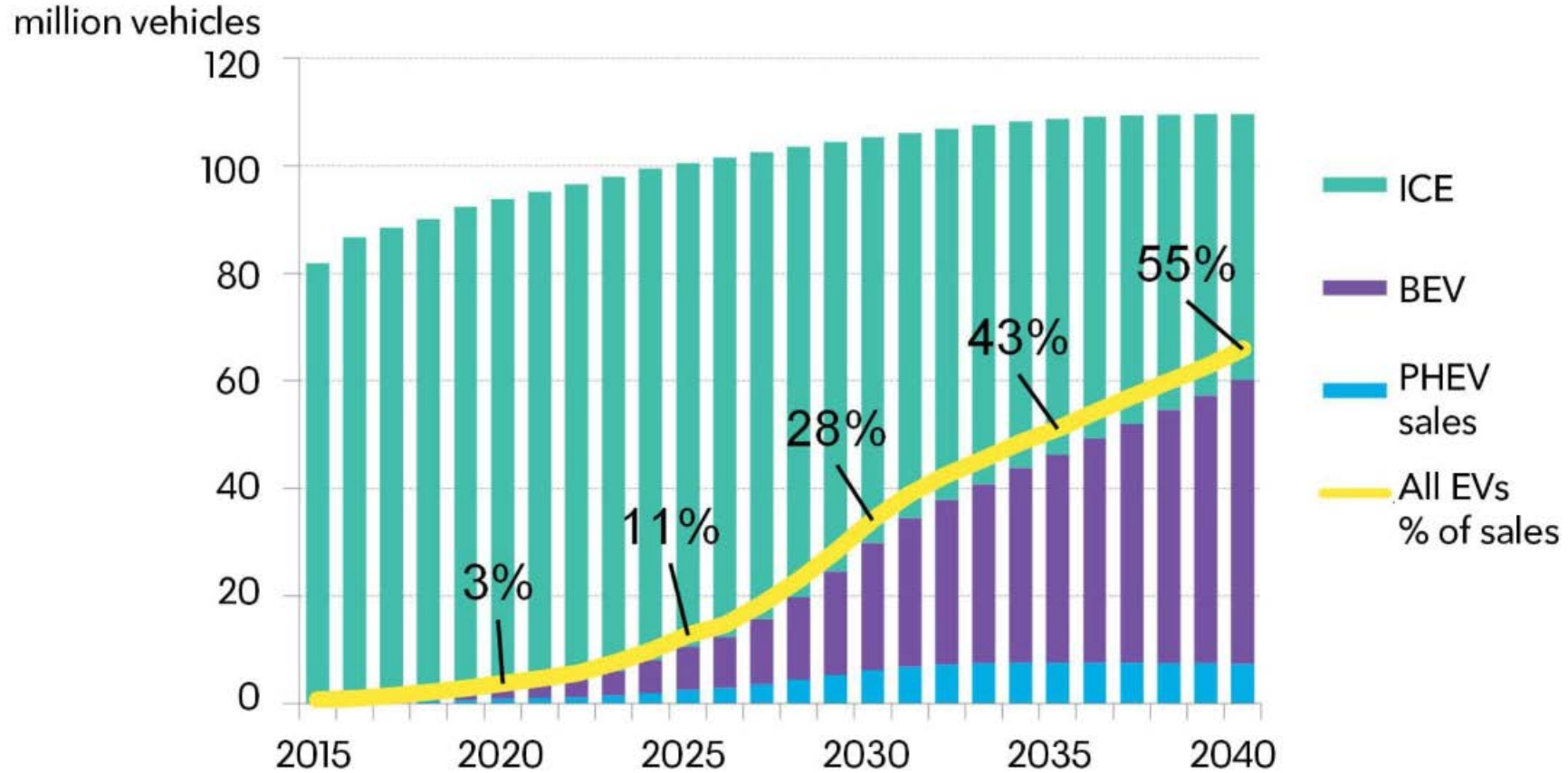
Vehículo eléctrico

Evolución del stock de vehículos eléctricos



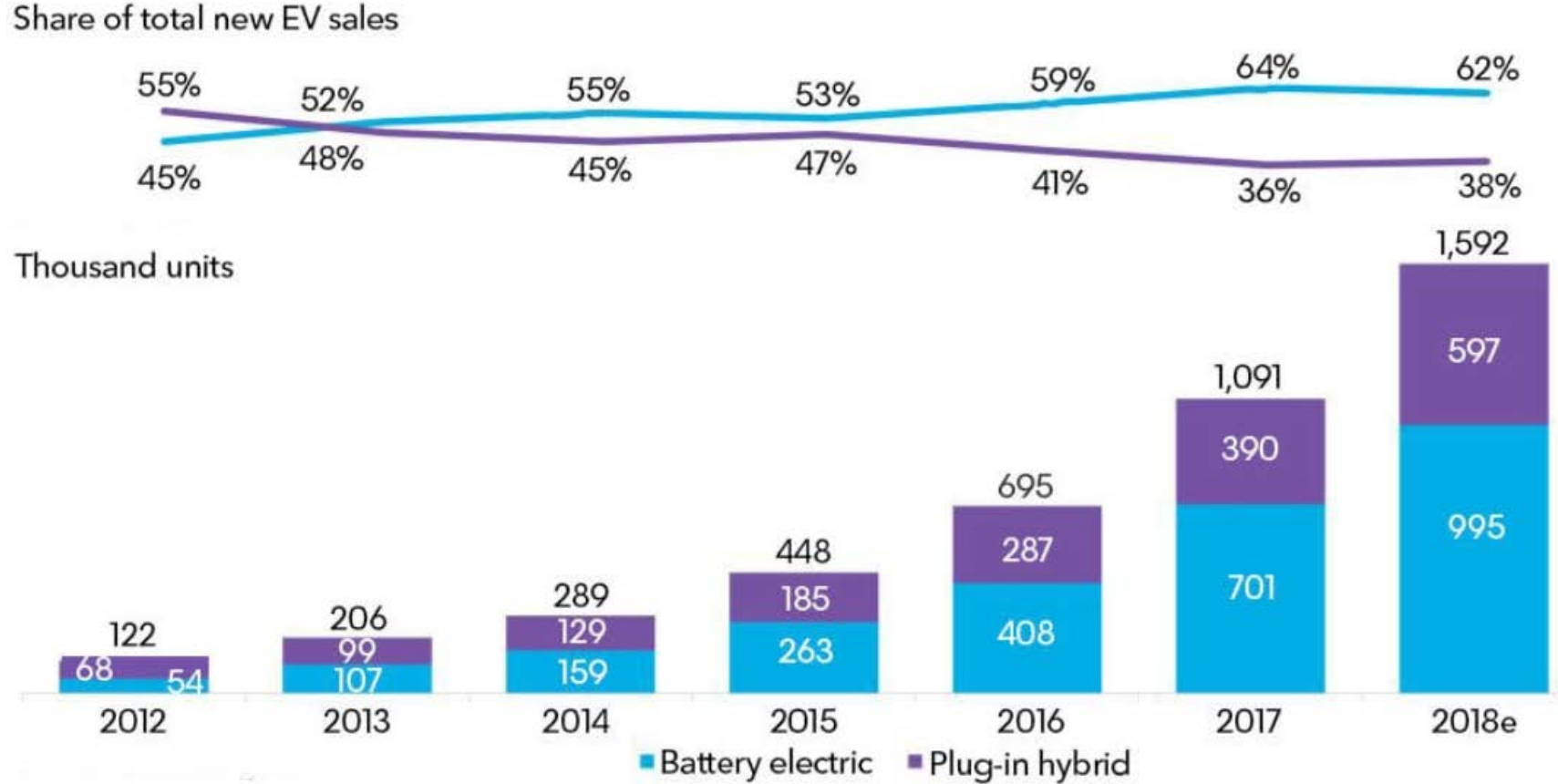
Vehículo eléctrico

Pronóstico de ventas de vehículos eléctricos



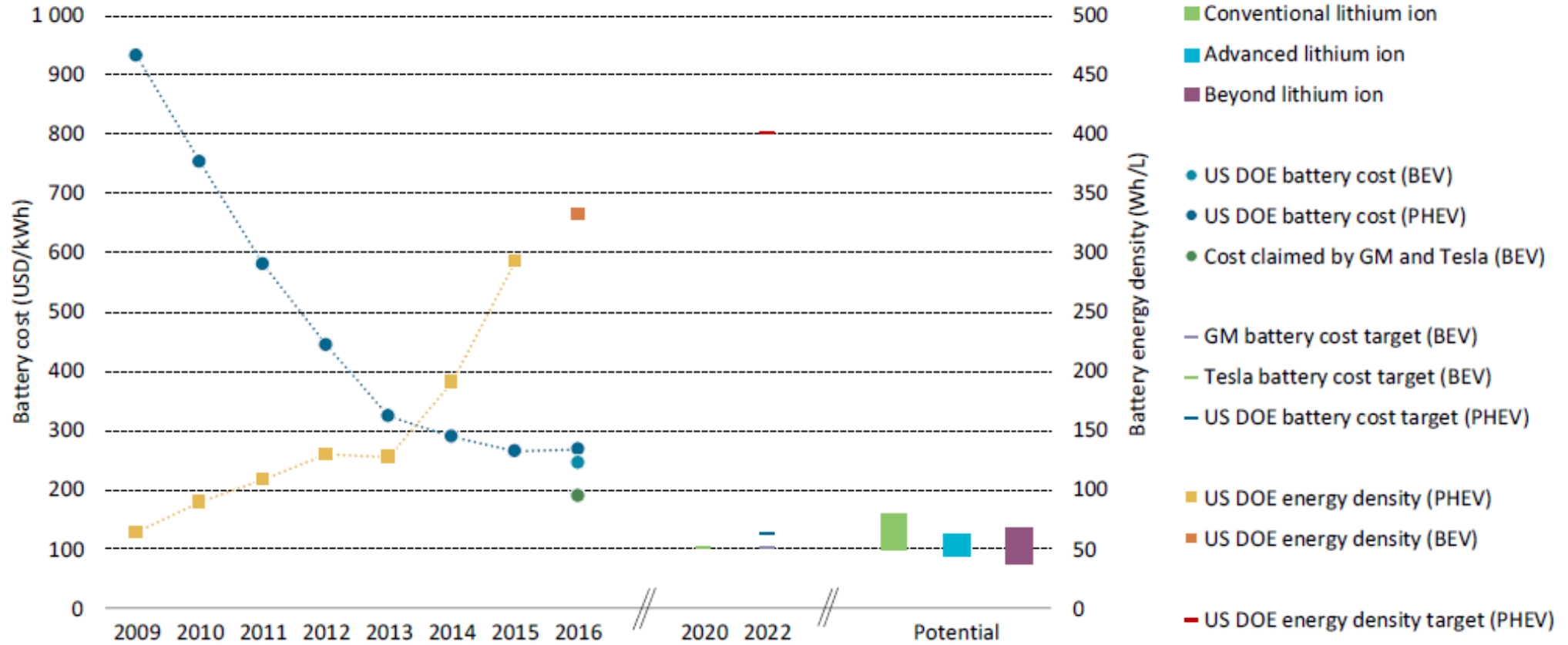
Vehículo eléctrico

Vehículos eléctricos híbridos enchufables vs vehículos eléctricos a batería



Vehículo eléctrico

Evolución de costos y densidad de energía de las baterías



Carga del vehículo eléctrico

- Carga lenta:

- La soportan todos los vehículos del mercado
- La carga se realiza con corriente alterna monofásica a 230 V y 3,6 kW (máximo)
- Dependiendo del tipo de batería la carga puede durar entre 5 y 8 horas
- Este tipo de carga se reserva para el hogar, lugar de trabajo, estaciones de trenes aeropuertos etc
- Existe una variante trifásica a 400 V que puede llegar a los 11 kW de potencia y 2-3 horas de carga

- Carga semi-rápida:

- Puede ser por corriente monofásica 230 V, 8-14 kW o por corriente trifásica a 400 V y hasta 43 kW
- En monofásica el tiempo de carga varía entre 1,5 y 3 horas mientras que en alterna es de 30 minutos
- La carga se realiza en puntos especialmente diseñados (publico/privados)

Vehículo eléctrico

Carga del vehículo eléctrico

- Carga rápida:
 - Está pensada para estaciones que ofrecen este tipo de carga
 - Requieren una instalación compleja
 - El convertido AC/DC se encuentra en la propia estación en lugar de en el vehículo como en los otros tipos de carga
 - La carga se realiza en corriente continua de entre 300-500 V pudiendo entregar una potencia de 120 kW
 - La carga dura 10 minutos aproximadamente
 - Las altas corrientes altas aumentan las pérdidas
 - Las cargas rápidas afectan negativamente la vida útil de la baterías

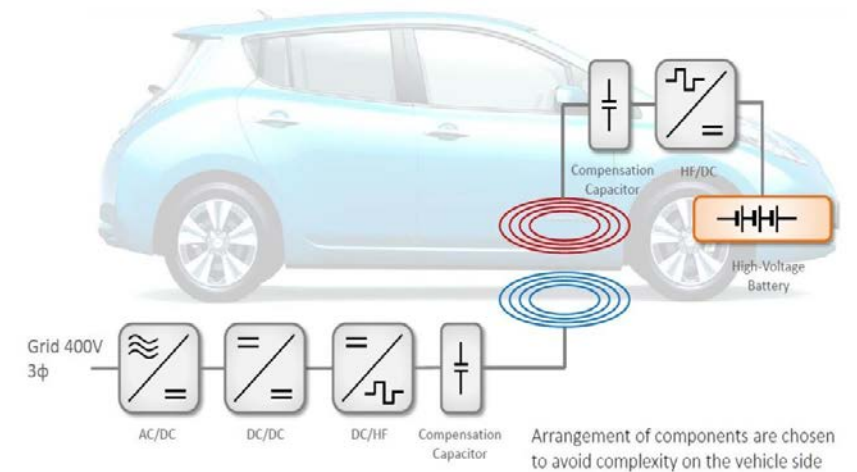
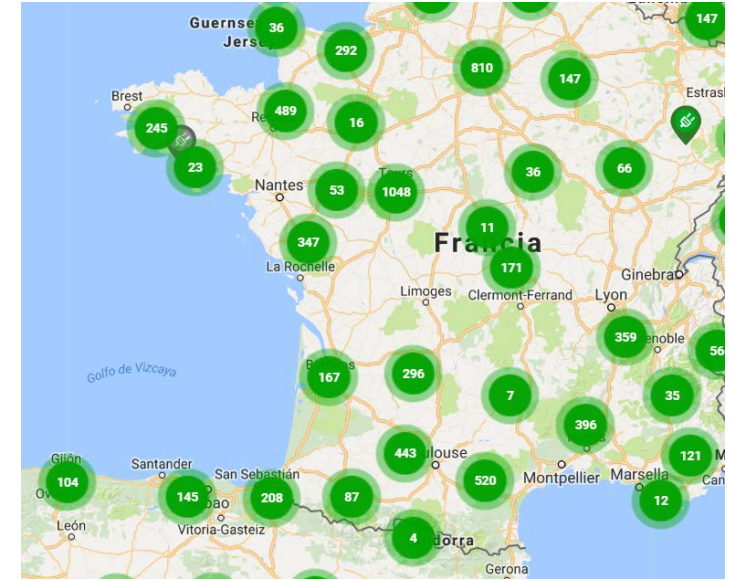


Vehículo eléctrico

Carga del vehículo eléctrico

- Intercambio de batería:
 - Consiste en cambiar las baterías por otras ya cargadas
 - La principal ventaja es la rapidez
 - Actualmente hay muchas barreras frente a este tipo de carga: falta de estándares, falta de vehículos que permitan este tipo de cambio, costos elevados

- Carga por inducción:
 - No hay contacto físico entre el vehículo y el cargador
 - Este tipo de carga se lleva a cabo en el contexto de planes piloto. No se aplica comercialmente.



Arrangement of components are chosen to avoid complexity on the vehicle side
Nos une la **energía**
Energy joins us.

Vehículo eléctrico

Autobuses eléctricos

- Son fundamentales para bajar las emisiones en las ciudades siempre y cuando la carga se realice a partir de fuentes renovables
- Los autobuses a batería tienen menores costos de operación
- Los autobuses a batería tienen un alcance superior a los 200 km
- El costo de los autobuses a batería es un 100 % superior al de los diesel
- El costo de los autobuses híbridos es un 50% superior al de los diesel
- El costo de los autobuses propulsados por pilas de combustible es un 200% superior al de los autobuses diesel
- El elevado peso de los autobuses a batería construye otro obstáculo a vencer
- Muchos modelos incluyen super-capacitores para almacenar la energía. Existen modelos que se cargan en cada parada

Vehículo eléctrico

Políticas para el desarrollo del vehículo eléctrico

- **China**

- El gobierno da incentivos a las fabricas de vehículos eléctricos
- 7.800 USD para vehículos con autonomía superior a los 400 km
- Los subsidios se dan hasta que se llegue a una determinada cantidad de unidades producidas
- Los subsidios han ido en aumento así como los requerimientos para optar por este tipo de beneficios
- El principal problema en China es que energía eléctrica se produce principalmente a partir del carbón







- **Japón**

- Hay subsidios y bonificaciones impositivas para los compradores de vehículos eléctricos

- **Europa**

- Subsidios a la investigación y a la compra de vehículos eléctricos. Bonificaciones impositivas

Vehículo eléctrico

	Purchase grant <i>one time</i>	Ownership tax <i>annual</i>	Company car tax <i>annual</i>
	€4.000 grant	No tax at all	120% deductible
	< €10.000 grant	50% or 100% discount	No tax at all
	£4,500 grant	No tax at all	9% instead of 17%
	€4,000 grant	No tax at all	< €8.000 discount
	No VAT on purchase	NOK 455 instead of NOK 2.820	50% discount
	No purchase tax	No tax at all	4% instead of 22%

2017

electric car incentives in western europe

EVBOX
 2017 Incentives for fully-electric vehicles.
 Check out more details at
blog.ev-box.com/electric-car-incentives

Vehículo eléctrico

Políticas para el desarrollo del vehículo eléctrico

• Estados Unidos

- El gobierno de estados unidos otorgó subsidios a la investigación y desarrollo de tecnologías vinculadas al vehículo eléctrico: baterías, motor eléctrico, etc.
- Existen beneficios fiscales para quienes compren vehículos eléctricos. Dichos beneficios pueden llegar a los 7.500 USD dependiendo del tipo de vehículo
- Los beneficios fiscales se reducen a la mitad una vez la compañía que fabrica los vehículos llega a las 200.000 unidades
- Cada estado tiene su propia legislación siendo California uno de los mas avanzados
- Existen tarifas especiales para la carga del vehículo eléctrico
- Tasas de circulación preferenciales
- Descuentos en parking
- Prestamos para compra de equipos relacionados con la carga del vehículo eléctrico
- Descuentos en los seguros

olade

ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA | LATIN AMERICAN ENERGY ORGANIZATION | ORGANIZAÇÃO LATINO-AMERICANA DE ENERGIA | ORGANISATION LATINO-AMERICAINE D'ENERGIE



Nos une la **energía**
Energy joins us.

- ¿Existe alguna microrred o proyecto relacionado? En caso afirmativo describa con el mayor detalle posible el proyecto.
- ¿En qué contexto cree que las microrredes tienen mayor potencial de expansión? Ejemplo: lugar, aplicación, tecnologías, tipo de microrred (urbana/rural/laboratorio), etc.
- ¿Cuáles piensa que son las principales trabas para el desarrollo de las microrredes? ¿Qué condiciones considera que no están dadas aún?
- El desarrollo de los vehículos eléctricos y las microrredes han demostrado ser complementarios. ¿Qué tan desarrollado se encuentra el uso de vehículos eléctricos? ¿Qué beneficios aportaría? ¿Dónde cree que los vehículos eléctricos tendrían mayor potencial de desarrollo?



Referencias bibliográficas/paginas de interés

- C. Schwaegerl, L. Tao, J. P. Lopes, A. Madureira, P. Mancarella, A. Anastasiadis, N. Hatziaargyriou and A. Krkoleva, "Report on the technical, social, economic, and environmental benefits provided by Microgrids on power system operation,"
- S. Chen, H. B. Gooi and M. Wang, "Sizing of energy storage for microgrids," *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 3, pp. 142-151, 2012
- <https://building-microgrid.lbl.gov/about-microgrids-0>
- Real-World MicroGrids- An Overview
- <http://www.microgrids.eu/default.php>
- <https://certs.lbl.gov/initiatives/certs-microgrid-concept>
- J. C. Vasquez, J. M. Guerrero, J. Miret, M. Castilla and L. G. De Vicuna, "Hierarchical control of intelligent microgrids," *Industrial Electronics Magazine, IEEE*, vol. 4, pp. 23-29, 2010
- C. Colson and M. Nehrir, "A review of challenges to real-time power management of microgrids," in *Power & Energy Society General Meeting, 2009. PES'09. IEEE*, 2009, pp. 1-8.
- K. Divya and J. Østergaard, "Battery energy storage technology for power systems—An overview," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 79, pp. 511-520, 2009.



- J. M. Guerrero, P. C. Loh, M. Chandorkar and T. Lee, "Advanced Control Architectures for Intelligent MicroGrids, Part I: Decentralized and Hierarchical ControlAdvanced Control Architectures for Intelligent Microgrids," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 60, pp. 1254-1262, 2013
- C. Schwaegerl and L. Tao, "Definition of Future Microgrid Scenarios and Performance Indices," *Advanced Architectures and Control Concepts for More Microgrids, WPG DG1*, 2008.
- <https://www.capstoneturbine.com/>
- M. Hyams, "Microgrids: an assessment of the value, opportunities and barriers to deployment in New York State," 2011
- (2013, May 10). U. S. Environmental Protection Agency. Available: <http://www.epa.gov/chp/technologies.html>
- IFORNIA ENERGY COMMISSION, "Integration of distributed energy ResourcesThe CERTS MicroGrid concept,".
- <http://mrcagney.com/case-studies/research/electric-bus-technology-transport-research-report/>
- <https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-in-europe>

