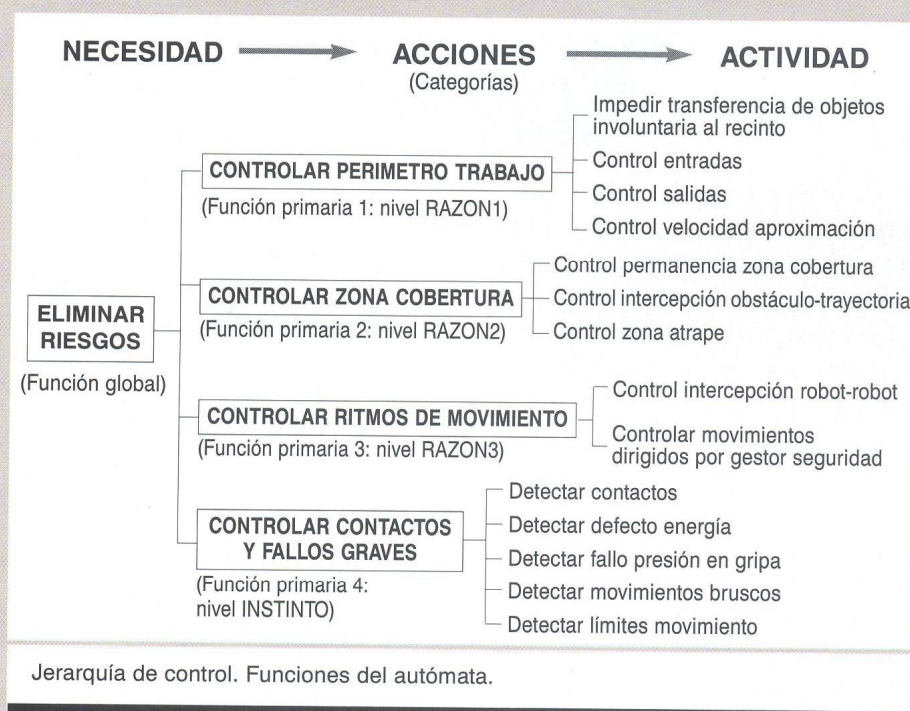


Controlador basado en redes neuronales

# Gestión inteligente de la seguridad en robótica

Aún en fase experimental, esta aplicación de las redes neuronales permite disponer de un sistema de procesamiento inteligente basado en la conceptualización de situaciones de riesgo en el caso de células de fabricación donde intervienen robots en movimiento.



## Estudio de necesidades

En esta fase de desarrollo deben analizarse cuáles son las situaciones en las que se dan los riesgos principales y cómo afectan al proceso de elaboración del producto. Con esta información podrán determinarse las especificaciones funcionales del automatismo propuesto.

En escenarios comunes de fabricación flexible pueden deducirse las causas típicas de accidentes a partir del conocido *árbol de fallos*. Con un análisis exhaustivo de este esquema concluimos que el objetivo fundamental (o función global a satisfacer) del automatismo de control será eliminar riesgos, y las funciones (subfunciones) primarias, encaminadas a cumplir con este objetivo, se orientarán al control de las situaciones resumidas en la figura. Estos niveles jerárquicos representan las categorías genéricas de comportamiento en que pueden englobarse todas las acciones que cubren las necesidades iniciales. Obsérvese que se propone el muestreo y control de unas acciones desvinculadas del entorno concreto de operación y suficientemente genéricas, puesto que se trata de aquellos *conceptos de comportamiento* que normalmente preceden a los accidentes. Esta es la base de la flexibilidad del automatismo en cuestión.

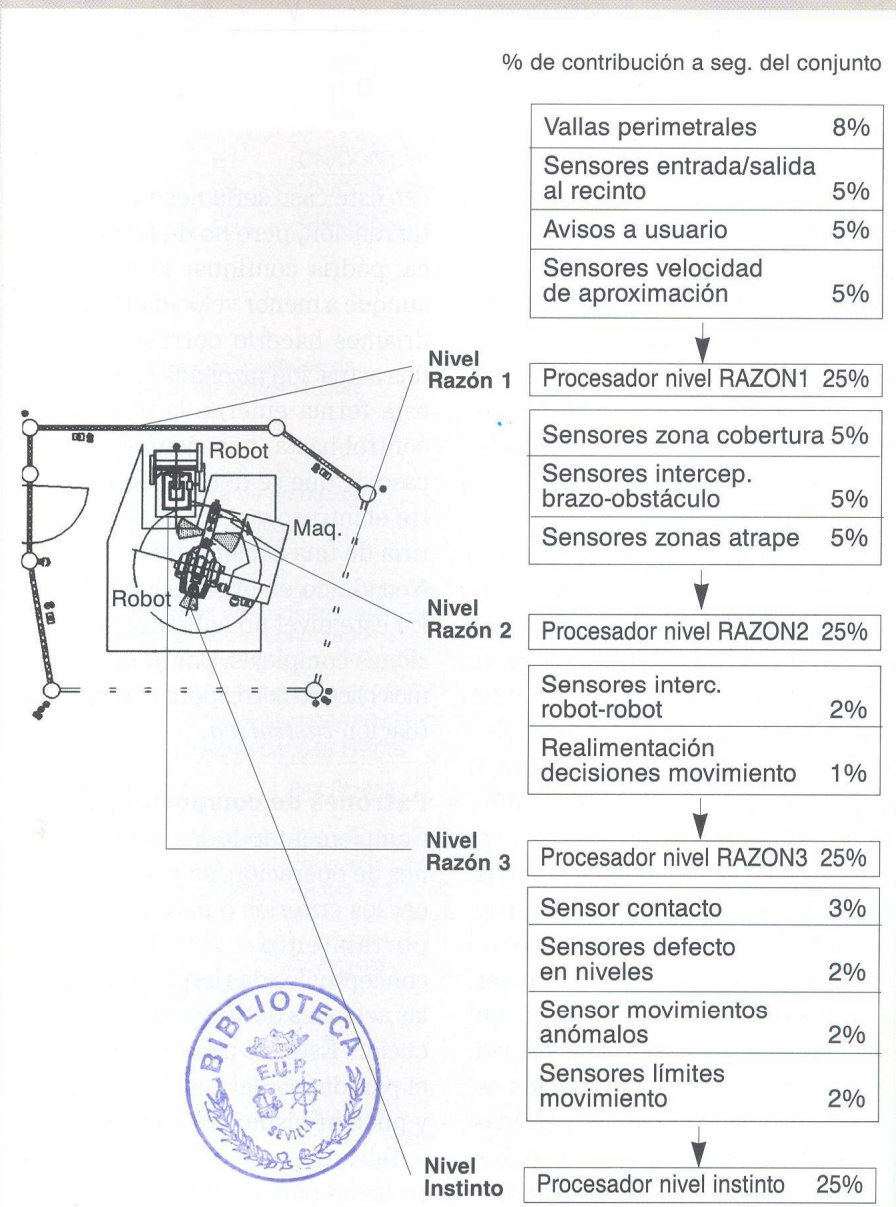
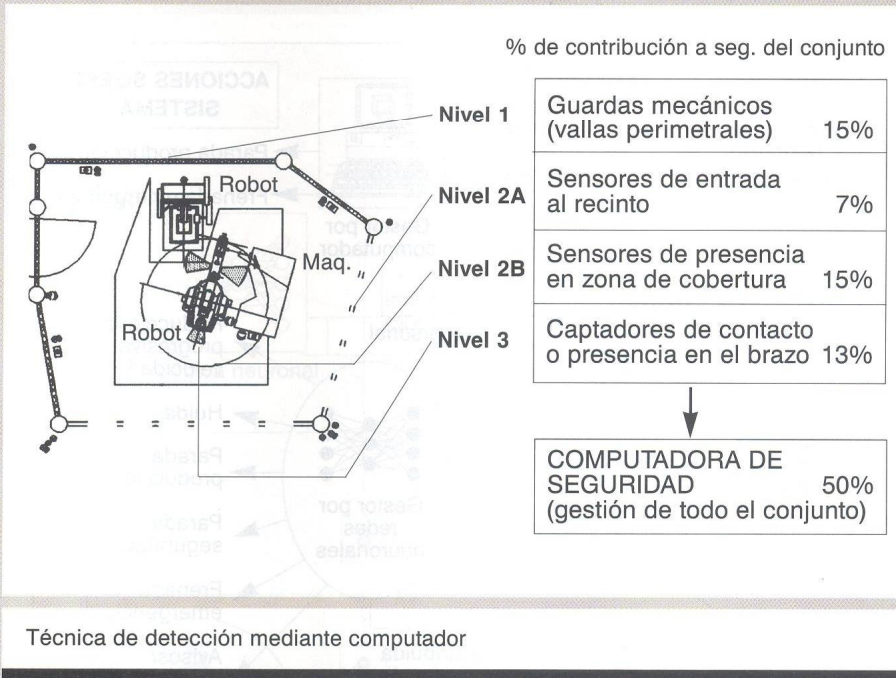
## La solución convencional

Valorando las distintas alternativas tecnológicas de que se puede disponer, definiríamos las especificaciones tecnológicas del autómeta. Buscando

«Sólo cuando los robots sean capaces de detectar ellos mismos la presencia de humanos y realizar acciones apropiadas para evitar accidentes, estará garantizada la seguridad en el lugar de trabajo humano-robot.» (Sugimoto y Kawaguchi; *Robot Safety*, pág. 83, 238).

**E**n todo proceso de fabricación, el producto en desarrollo y su entorno se ven inmersos en una serie de riesgos que, de no controlarse convenientemente, sin duda afectarán negativamente a los objetivos fundamentales de la producción: bajos costes y alto rendimiento, calidad total y seguridad.

Por tanto, es preciso concebir un sistema capaz de gestionar la seguridad en cualquier ambiente automatizado que cuente con una estructura de análisis y actuación de nivel superior a la empleada en el propio proceso a controlar, de forma que pueda procesar todas las situaciones de riesgo susceptibles de plantearse, independientemente del sistema físico o proceso de fabricación en que intervenga.



la capacidad de simular un comportamiento inteligente, pueden plantearse básicamente dos posibilidades: un ordenador convencional o la aplicación de redes neuronales.

Tomando como base de análisis una célula de trabajo elemental, de entre las que conforman una factoría robotizada, es posible el uso de un ordenador como elemento gestor de seguridad en el sistema. En algunos casos, se implementa un criterio de monitorización separado en niveles como el representado en la figura. La información de cada nivel se aglutina de forma cíclica y secuencial. Con esto hacemos depender la seguridad en todos los niveles de un solo órgano procesador, por lo que si falla el ordenador falla todo el sistema de seguridad.

Aparte de este hecho, el uso del ordenador presenta las siguientes desventajas:

- El chequeo de las situaciones del entorno se realiza de forma cíclica y secuencial. El control, por tanto, no es en tiempo real.
- Cuando se maneja gran volumen de datos en el entorno es preciso disponer de librerías extensas y emplear mucho tiempo en programación. Además, exigen equipos de un coste y complejidad considerables.
- Cuando se presentan situaciones de comportamiento nuevas que no han sido contempladas en la programación inicial, no existe posibilidad alguna de actuación. Presenta, por tanto, escasa o nula adaptabilidad.

**Nueva técnica de procesamiento**

En virtud de las necesidades planteadas, se impone la creación de un sistema que gestione el entorno de forma jerárquica compuesto por:

- Procesador de Nivel 1 (Razón 1), que gestiona: vallas perimetrales, sensores de entrada/salida a recinto, avisos a usuarios y sensores de velocidad de aproximación de intrusos.
- Procesador de Nivel 2 (Razón 2), que gestiona: sensores de la zona de cobertura, sensores intercepción brazo-obstáculo y sensores zona de atrape.



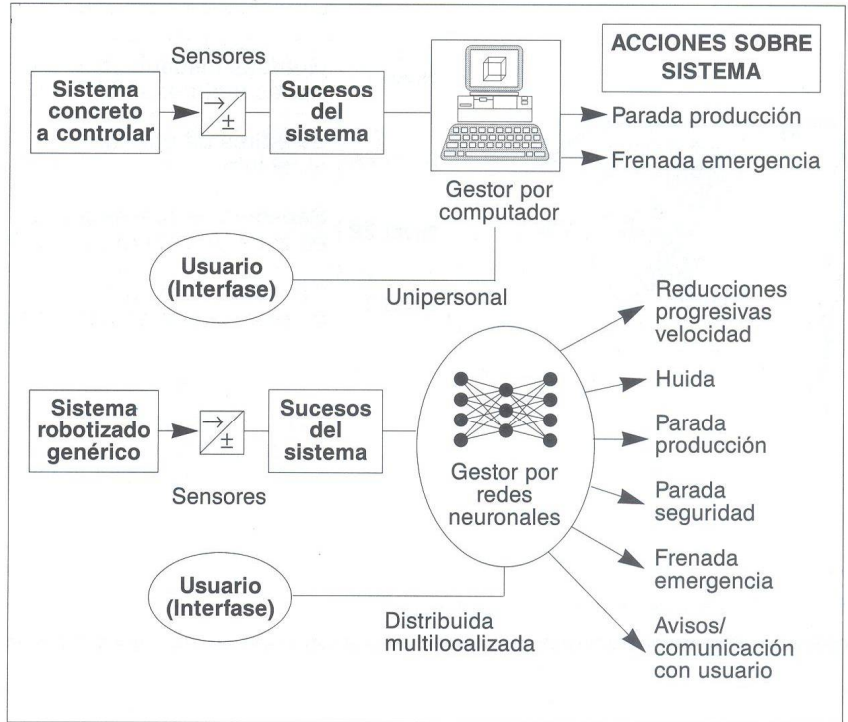
### Método convencional versus gestor por redes neuronales

Las ventajas principales que presentan las redes de neuronas artificiales son las siguientes:

- Gran velocidad de computación.
- Estructura masivamente en paralelo.
- Adaptación a cambios o insuficiencias en los datos.
- Capacidad de procesar información incompleta.
- Funcionamiento asíncrono: ausencia de reloj central.

Por contra, los principales inconvenientes que nos encontramos con el empleo de redes neuronales son:

- Dificultad para encontrar un método que asegure convergencia total.
- Existe compromiso entre rapidez y estabilidad de convergencia.



Comparativa de métodos.

80

- Procesador de Nivel 3 (Razón 3), que gestiona: sensores de intercepción robot-robot y realimentación de decisiones.
- Procesador de Nivel 4 (Instinto), que gestiona: sensores de contacto, sensores de defecto de nivel, sensores de movimientos anómalos y sensores de límite de movimiento.

En este caso, existe un control realmente distribuido de forma coordinada entre niveles. De este modo, se introducen dos características esenciales para un sistema de control: modularidad y robustez.

La contribución a la seguridad del conjunto gestor se ve repartida en los distintos niveles. Asimismo, la velocidad de análisis y respuesta es más elevada que en el caso tradicional (independientemente del elemento físico de procesado que se emplee), ya que se tiene una estructura en la que se están analizando los sucesos de forma *paralela* en todos los niveles. Debido a la capacidad de procesar la realidad del entorno en paralelo y de forma distribuida, las redes neuronales permiten dar respuestas adaptativas con mayor variedad que las que son capaces de proporcionar

otros automatismos. Además, con el autómata de control distribuido analizado que procesa *conceptos* de situaciones de riesgo se permite, en principio, la integración con cualquier sistema, mientras que en el caso de los ordenadores habría que desarrollar un programa para cada necesidad.

#### Especificaciones operativas

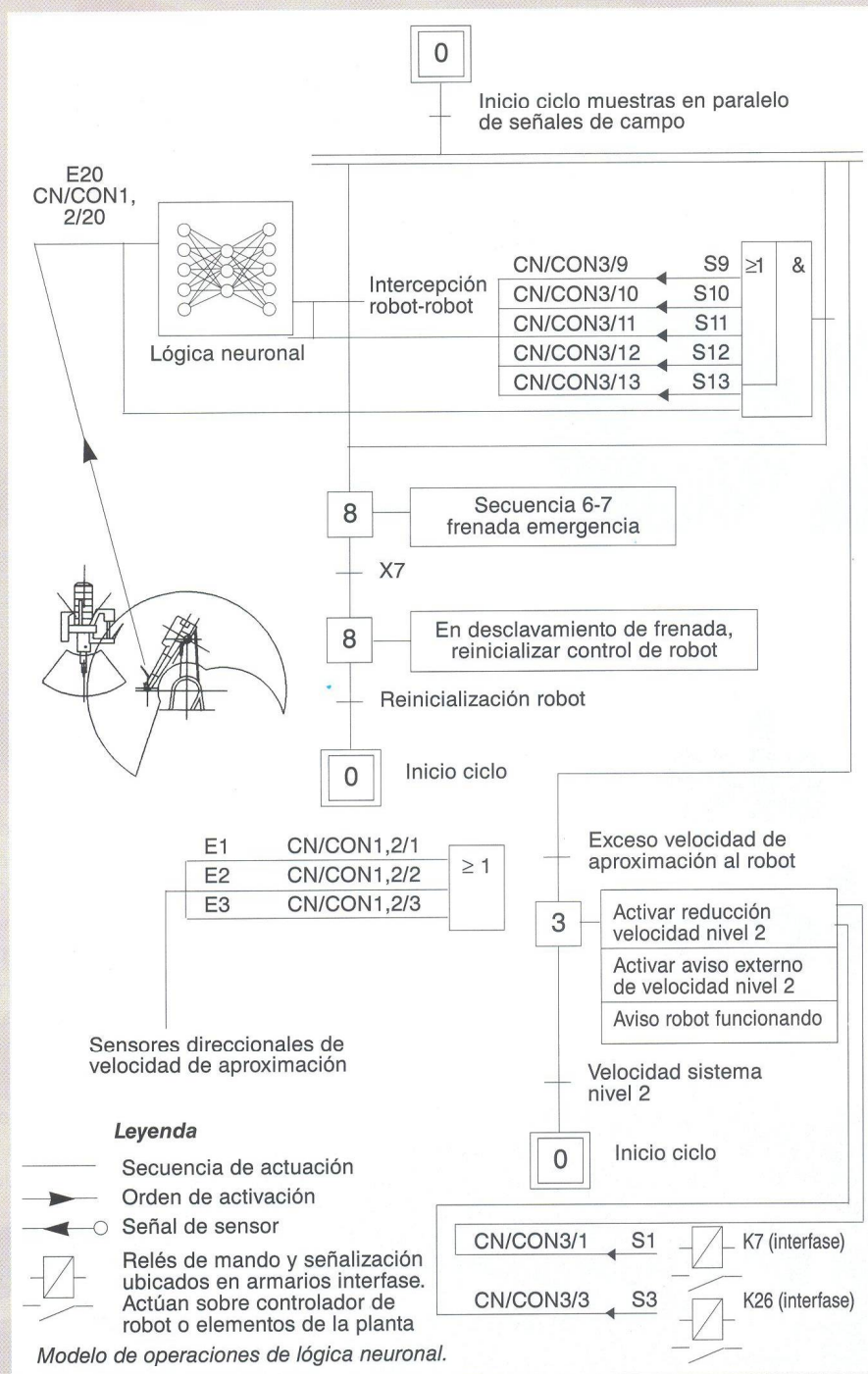
Para la ejecución del automatismo, cuya estructura funcional se ha propuesto anteriormente, planteamos la solución de llevarlo a cabo mediante cuatro RN, una para cada nivel. Estos niveles de procesado se pueden englobar a su vez dentro de dos sub-niveles: de *razón* y de *instinto*, en orden al tipo de funcionamiento. Las situaciones en las que un individuo de comportamiento inteligente debe tomar una decisión pueden tener lugar de forma *razonada* o *instintiva*, en función de la gravedad y necesidad de intervención. Este paradigma es el que aplicamos a nuestro autómata. En efecto, para detectar colisión entre un operario y un robot antes deberíamos detectar que se ha producido una invasión al recinto de trabajo

(en este caso sería necesaria una intervención, pero no de forma drástica: podría continuar la producción aunque a menor velocidad). Esto podríamos hacerlo corresponder con una actuación razonada en nivel 1. De esta forma emerge la jerarquía de control hasta, por ejemplo, darse el caso de que se detecta contacto entre el intruso y el robot. Esto requeriría de una acción rápida y precisa: frenada de emergencia del sistema. En este nivel no habría lugar a decisiones complejas, por lo que podríamos hacerlo corresponder con una actuación *instintiva*.

#### Patrones de comportamiento

Complementando las especificaciones de operación, se han de establecer los criterios o patrones de comportamiento (situaciones conceptuales de riesgo), que regirán las acciones del automatismo en ejecución. Éstas se plantean basadas en el paradigma del control distribuido y pueden resumirse como sigue:

Tales operaciones han sido desarrolladas para un entorno robotizado genérico, llevadas a cabo por redes neuronales y modeladas mediante



**Bibliografía**

- Bonney, Mc.- *Robot Safety. International Trends in Manufacturing Technology.*
- Coiffet Philip.- *Robot Technology: Vol.2 Interaction with the environment.*
- Klafter, R.- *Robotic Engineering.*
- Kozgrew, Yn.- *Robot work cells.*
- Miller, R.- *Industrial Robot Handbook.*

Grafset. Se ha usado esta técnica en lugar de, por ejemplo las Redes de Petri u otros métodos, por ser de amplia difusión en el ámbito de los autómatas industriales. En la figura se muestra un modelo de funcionamiento del autómata global.

**Conclusiones**

La metodología para la ejecución del sistema descrito podría constar de las etapas siguientes:

- Modelado de situaciones de riesgo;
- Simulación; Implementación hardware

Los resultados en el entrenamiento de las redes empleando el algoritmo genérico de contrapropagación (Widrow-Hoff), resultan satisfactorios, comportándose finalmente como memorias asociativas. Respecto a las fases de ejecución, pueden considerarse básicamente dos métodos: diseñando las redes neuronales a medida, mediante métodos ópticos u electrónicos, o bien empleando chips comerciales de redes neuronales.

Se considera también la posibilidad de realizar las redes neuronales mediante software, apoyándose fundamentalmente en la idea de usar el microprocesador como juez, el cual determina qué algoritmo debe actuar y qué otro debe enlazar sus resultados, simulando éstos las neuronas.

**Francisco Aguayo González**  
 Depto. Ing. del diseño EUP Sevilla.

**Narciso Moreno Alfonso**  
 Depto. Ingeniería Eléctrica.  
 EUP Sevilla.