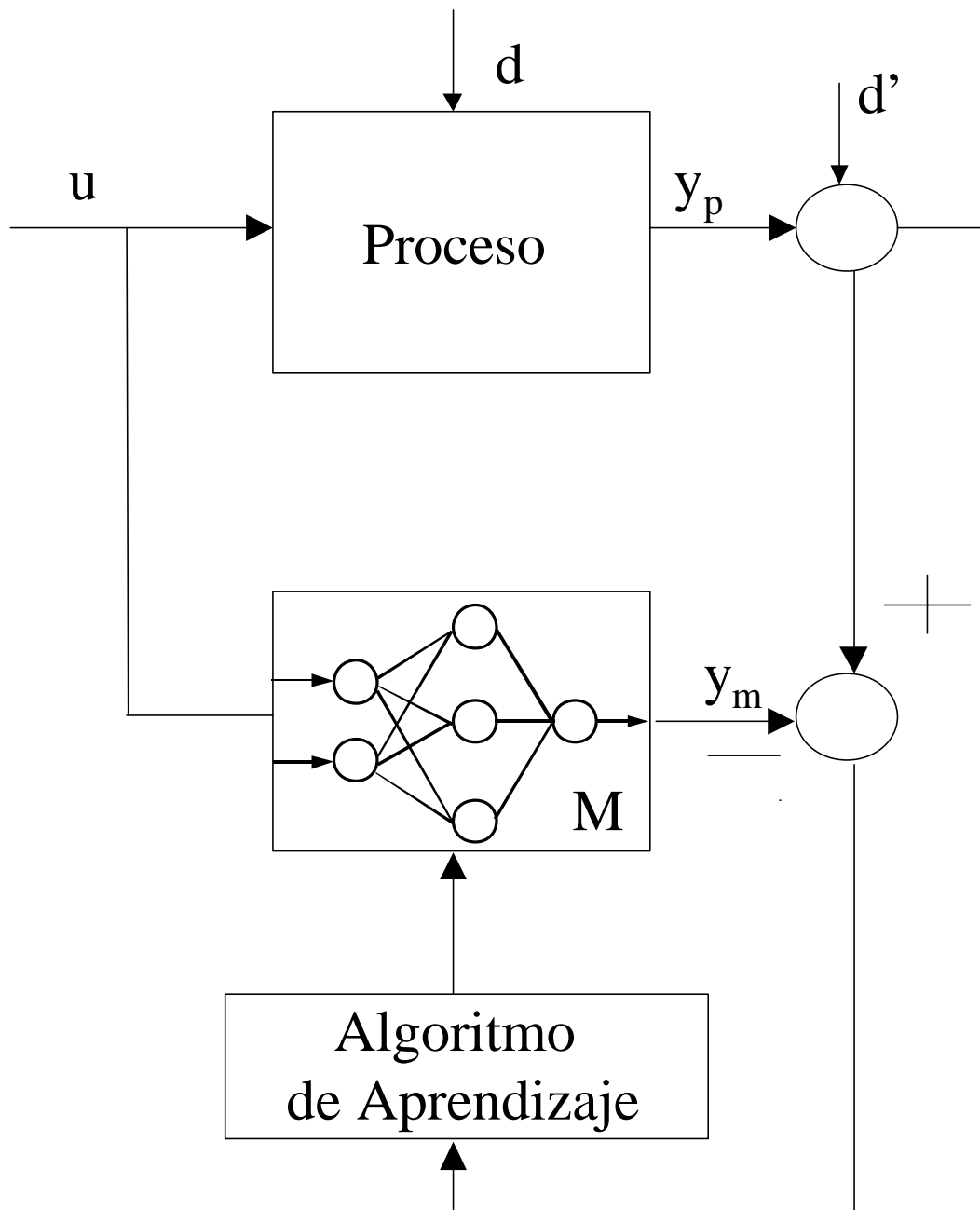


# IDENTIFICACION CON REDES NEURONALES

## Modelación directa



En este caso, se entrena una red neuronal de manera de obtener la dinámica directa de la planta.

La red es colocada en paralela a la planta y el error entre el sistema y las salidas de la red son usados como entrada al entrenamiento (“Backpropagation”).

### Ecuación del sistema no lineal (Proceso)

$$y_p(t+1) = f(y_p(t), \dots, y_p(t-n+1), u(t), \dots, u(t-n+1))$$

### Red neuronal (Modelo)

$$y_m(t+1) = \hat{f}(y_p(t), \dots, y_p(t-n+1), u(t), \dots, u(t-n+1))$$

donde  $\hat{f}$  es la relación de entrada – salida dada por la red neuronal.

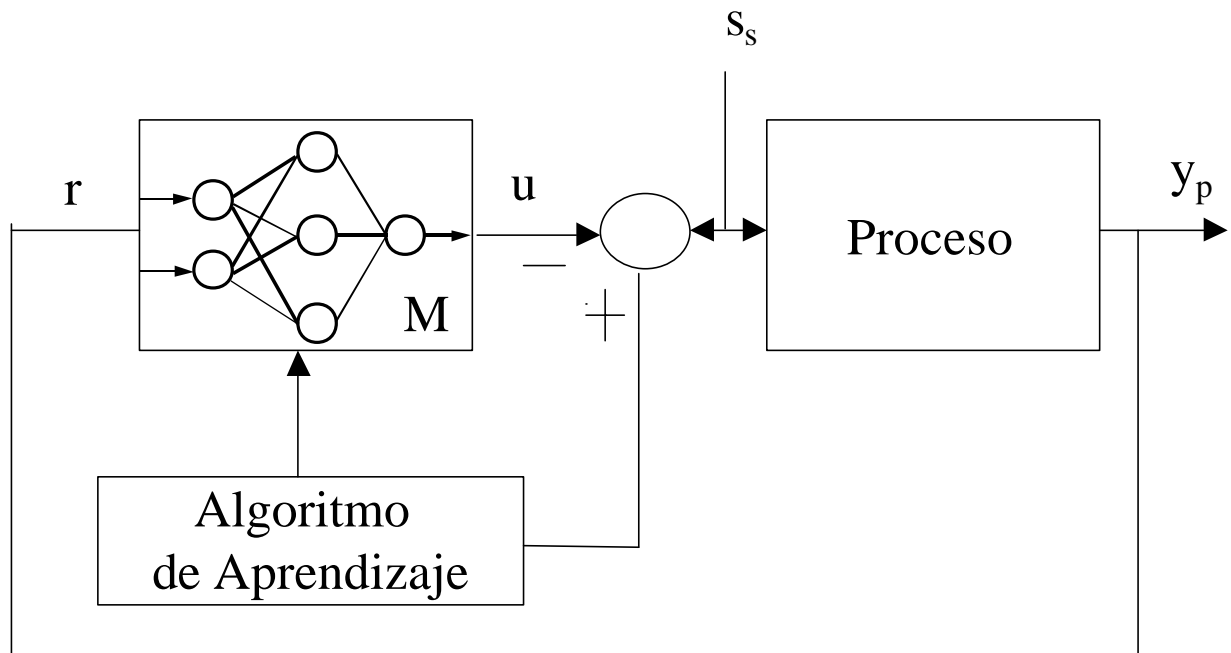
Luego de un tiempo adecuado de entrenamiento, se tiene:

$$y_m \approx y_p$$

De esta manera, la red se independiza de la planta, es decir:

$$y_m(t+1) = \hat{f}(y_m(t), \dots, y_m(t-n+1), u(t), \dots, u(t-n+1))$$

## Modelación inversa



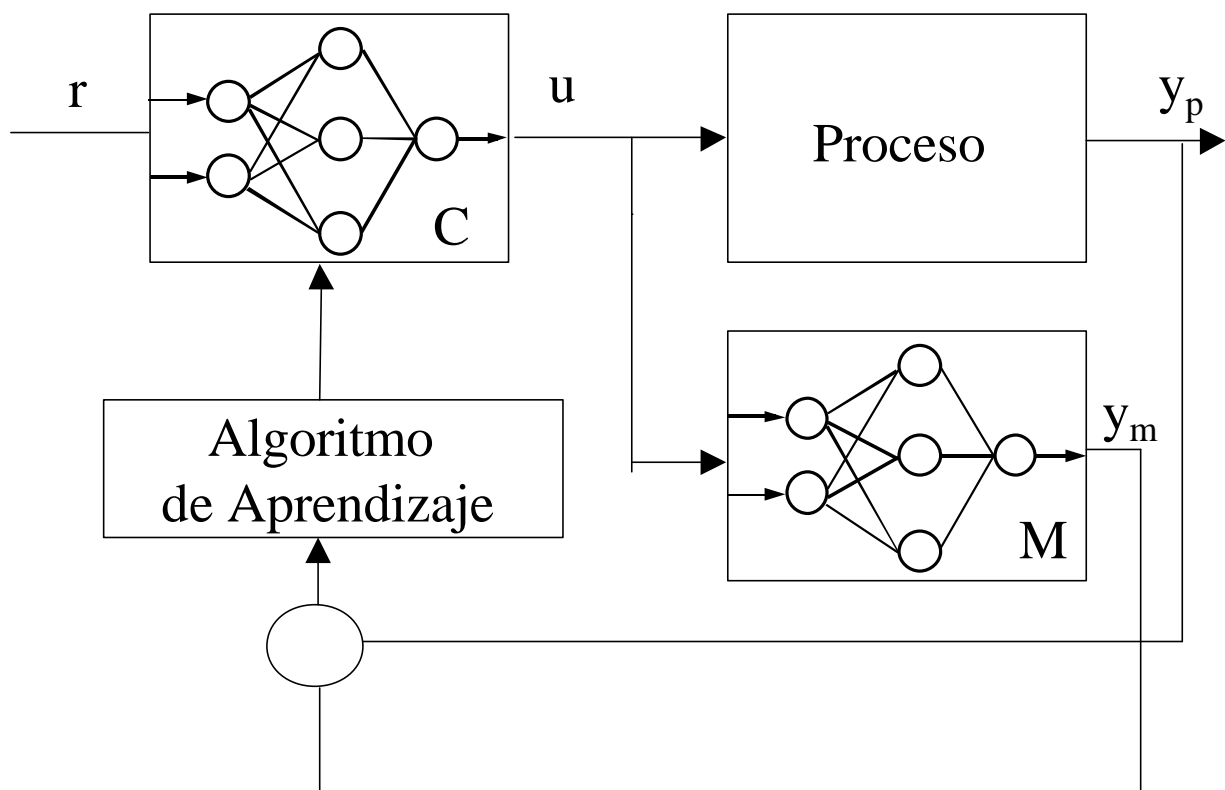
$s_s$  es la señal de entrada para el entrenamiento.

Los modelos inversos de la dinámica de la planta juegan un rol importante en el diseño de control.

La salida  $y_p$  es usada como entrada a la red neuronal. La salida de la red  $u$  es comparada con la entrada del sistema  $s_s$  (señal de entrenamiento) y este error es usado para entrenar la red.

Esta estructura claramente tiende a forzar a la red neuronal a representar la dinámica inversa de la planta.

### Modelación inversa especializada



En este caso, el modelo red neuronal inverso precede al sistema y recibe como entrada la referencia deseada de la salida.

Esta estructura de aprendizaje contiene además un modelo red neuronal directo (M).

La señal de error para el algoritmo de entrenamiento, en este caso, es la diferencia entre la señal entrenada  $y_m$  y la señal entrenada  $y_p$ .

Alternativamente, la señal de error puede ser la diferencia entre  $r$  y  $y_p$ .

La estructura entrada salida de la modelación del sistema inverso está dada por:

$$u(t) = f^{-1}(y_p(t), \dots, y_p(t+n-1), r(t+1), u(t-1), \dots, u(t-n+1))$$

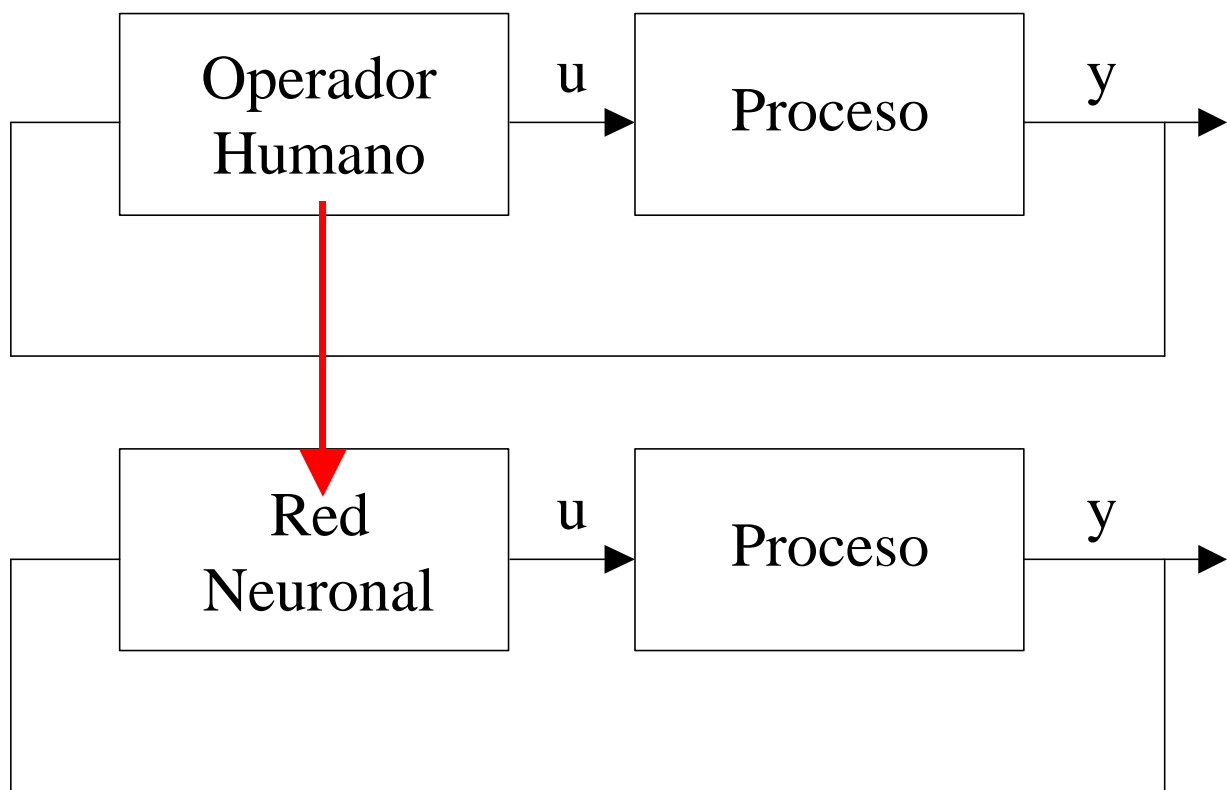
Si no se dispone de  $y_p$ ,

$$u(t) = f^{-1}(y_m(t), \dots, y_m(t+n-1), r(t+1), u(t-1), \dots, u(t-n+1))$$

## ESTRUCTURAS DE CONTROL CON REDES NEURONALES

Existen diversas estructuras de control bien establecidas para sistemas no lineales (Hunt, 1992).

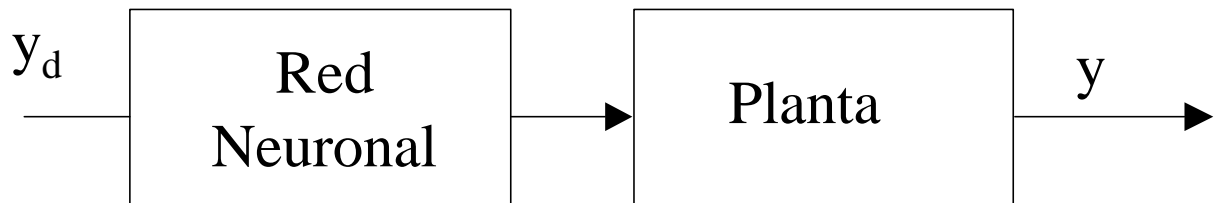
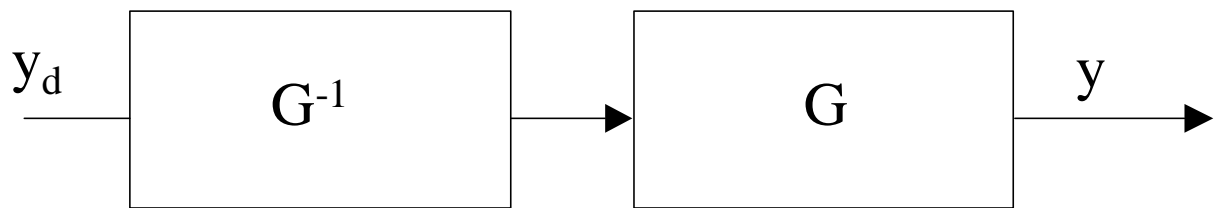
### Control supervisor o por operador



En este caso, se diseña un controlador que imite las acciones de control del operador humano.

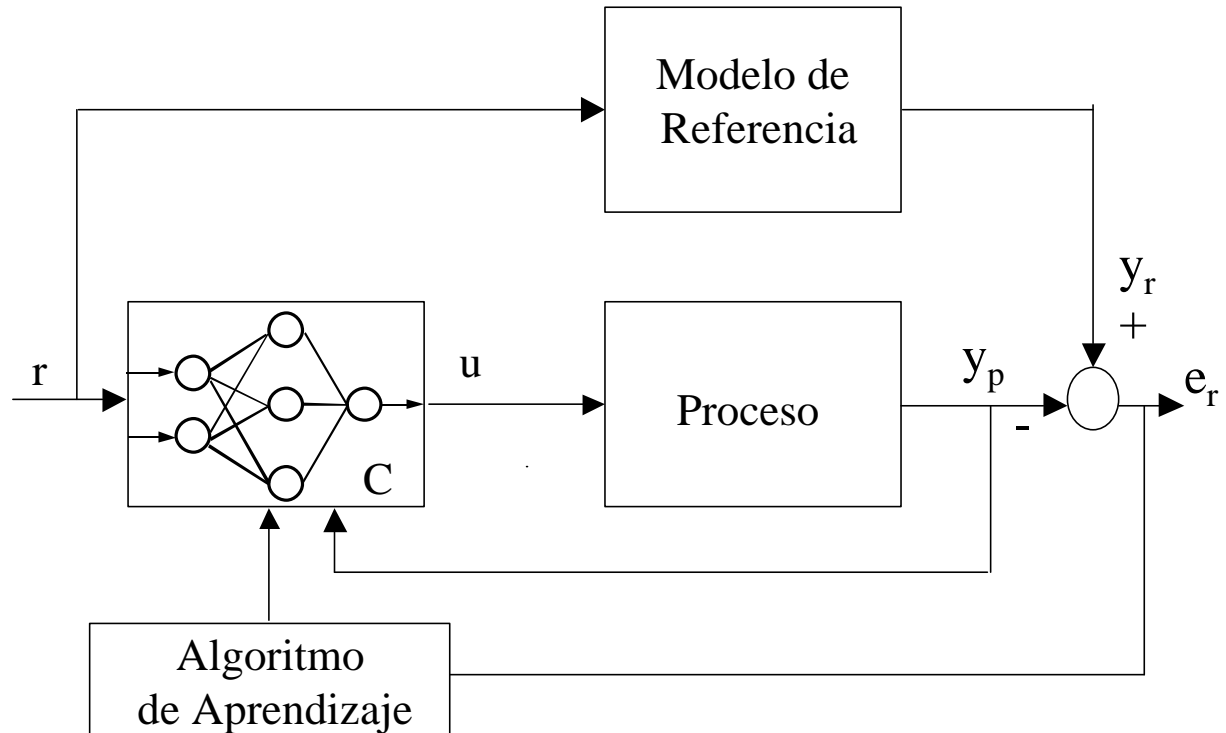
El controlador corresponde a una red neuronal que es entrenada con la información sensorial recibida por el operador y la salida del proceso.

### Control inverso directo



En este caso, se utiliza un modelo inverso de la planta talque el sistema compuesto resulte la identidad entre la salida del proceso y la salida deseada.

## Control por modelo de referencia



El funcionamiento deseado del sistema en lazo cerrado es especificado a través de un modelo de referencia estable, que se define por el par entrada-salida  $\{r(t), y_r(t)\}$ .

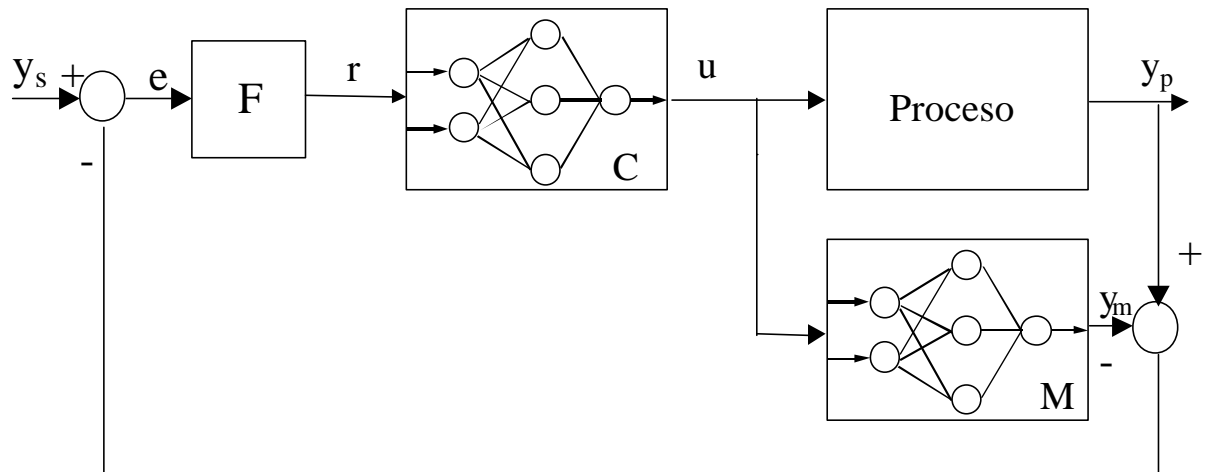
El sistema de control pretende llevar a la salida de la planta  $y_p(t)$  a la salida del modelo de referencia  $y_r(t)$  asintóticamente, es decir:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \|y_r(t) - y_p(t)\| \leq \varepsilon \quad \varepsilon \geq 0$$

En esta estructura, el error entre  $y_r$  e  $y_p$  es usado para entrenar al controlador neuronal.



## Control por modelo interno



En este caso, los modelos directo e inverso son utilizados directamente como elementos dentro del lazo de retroalimentación.

La diferencia entre la salida del sistema  $y_p$  y la salida del modelo  $y_m$  es utilizada en la retroalimentación.

La retroalimentación es usada por el subsistema controlador que utiliza un controlador relacionado con el inverso del sistema.

El subsistema  $F$  es usualmente un filtro lineal que introduce robustez al sistema.