ECUACIONES DEL CONTROLADOR ÓPTIMO GENERAL

Modelo del sistema:

$$x_{k+1} = f^k(x_k, u_k)$$

($f^k \in \mathbb{R}^n$ es una función, en general, no lineal)

Función de coste:

$$J = \phi(N, x_N) + \sum_{k=0}^{N-1} L^k(x_k, u_k)$$

Hamiltoniano:

$$H^k(x_k, u_k) = L^k(x_k, u_k) + \lambda_{k+1}^T f^k(x_k, u_k)$$

Ecuaciones del controlador óptimo:

- **Ecuación de estado:**

$$x_{k+1} = \frac{\partial H^k}{\partial \lambda_{k+1}} = f^k(x_k, u_k)$$

- **Ecuación de co-estado:**

$$\lambda_k = \frac{\partial H^k}{\partial x_k} = \left(\frac{\partial f^k}{\partial x_k}\right)^T \lambda_{k+1} + \frac{\partial L^k}{\partial x_k}$$

- **Condición estacionaria:**

$$0 = \frac{\partial H^k}{\partial u_k} = \left(\frac{\partial f^k}{\partial u_k}\right)^T \lambda_{k+1} + \frac{\partial L^k}{\partial u_k}$$

- **Condiciones frontera:**

$$\left(\frac{\partial L^0}{\partial u_0} + \left(\frac{\partial f^0}{\partial x_0}\right)^T \lambda_1\right)^T dx_0 = 0$$

$$\left(\frac{\partial \phi}{\partial x_N} - \lambda_N\right)^T dx_N = 0$$