



# UNIVERSIDAD DE GRANADA

**Facultad de Ciencias**

**Trabajo Fin de Grado**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial

Tutores: Juan Antonio López Villanueva y Salvador Rodríguez Bolívar

**Dimensionado óptimo de un sistema híbrido supercondensador/batería basado en  
condicionantes tecnoeconómicos**

Rodríguez Iturriaga, Pablo

Curso académico 2018 | 2019

Convocatoria ordinaria (junio)



UNIVERSIDAD DE GRANADA

INGENIERIA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

**NOMBRE DEL TRABAJO:** Dimensionado óptimo de un sistema híbrido supercondensador/batería basado en condicionantes tecnoeconómicos

**Autor:** Pablo Rodríguez Iturriaga

**Directores:** Juan Antonio López Villanueva

Salvador Rodríguez Bolívar

**Departamento:** Electrónica y Tecnología de Computadores

**Palabras clave:** Sistema híbrido de almacenamiento de energía, batería, supercondensador, modelado de batería, envejecimiento, degradación, dimensionamiento, vehículo eléctrico

**Key words:** Hybrid energy storage systems, battery, supercapacitor, battery modeling, battery aging, degradation, dimensioning, electric vehicle

**Resumen:** Los sistemas híbridos de almacenamiento de energía presentan un interés creciente debido a unas necesidades energéticas cada vez más exigentes. Los sistemas formados por baterías y supercondensadores combinan las ventajas de densidad de energía de las primeras y densidad de potencia de los últimos, contribuyendo a alargar la vida útil de la batería y a reducir sus residuos. Para determinar en qué medida es cierta esta afirmación, es preciso poder computar la degradación de la batería. Para ello se ha realizado un modelado completo en MATLAB de una celda de batería en los aspectos de degradación, respuesta térmica y comportamiento eléctrico. Una vez validado el modelo, se han llevado a cabo una serie de estudios preliminares para determinar las condiciones de operación más adecuadas en cuanto a temperatura, estado de carga y corriente de carga y descarga. A continuación, se ha realizado el dimensionamiento óptimo de un sistema híbrido batería-supercondensador, tanto para perfiles pulsados como para aplicaciones de vehículo eléctrico. Por último, se han simulado los efectos de degradación no uniforme de un pack de baterías con el fin de determinar las diferencias de comportamiento entre celdas.

**Abstract:** Recently, there has been a rising interest in hybrid energy storage systems due to increasingly challenging energy requirements. Hybrid systems made up of batteries and supercapacitors combine the former's high energy density with the latter's high power density, contributing to extending battery life and reducing battery waste. In order to ascertain the truth behind this statement, a method of computing battery degradation is required. A complete process of battery modeling has been implemented in MATLAB for this purpose, including aging, thermal and electrical considerations. Once this model has been validated through experimental data, several preliminary studies have been conducted so as to define the most appropriate operating conditions, regarding temperature, state of charge and current rate. Next, optimal dimensioning of a battery-supercapacitor system has been carried out, both for pulsed current profiles and standard electric vehicle profiles. Finally, battery pack operation has been simulated in order to determine the differences between cell behaviour and the effects of non-uniform degradation.