



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador

Sede  
Esmeraldas



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**SEDE ESMERALDAS**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD**

---

**MENCIÓN ENERGÍA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Energías Renovables Y Eficiencia Energética.

**MODALIDAD:**

Artículos Profesionales De Alto Nivel

**TÍTULO:**

SISTEMA DE PROPULSIÓN PARA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO HÍBRIDO CON  
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE FRENADO REGENERATIVO.

**PREVIO AL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN  
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**AUTOR:**

Ing. Salazar Najera Marco Julio

**ASESOR:**

Mgt. Samprieto Saquicela José Luis

**Esmeraldas 15 de Septiembre del 2022**

# Sistema de propulsión para un vehículo eléctrico híbrido con almacenamiento de energía mediante frenado regenerativo.

---

*Propulsion system for a hybrid electric vehicle with energy storage by regenerative braking.*

Marco J. Salazar Najera.<sup>1</sup>, José L. Samprieto Saquicela.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas

<sup>2</sup> Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas  
mjsalazarna@pucese.edu.ec; jose.samprieto@pucese.edu.ec

## Resumen.

Los sistemas de control predictivos son ampliamente usados en la industria en la actualidad. El sistema de control predictivo económico permite incluir en la función de coste los datos de cada uno de los subsistemas de control. En el presente trabajo, usando la metodología del control predictivo económico EMPC, se toman dos fuentes de almacenamiento de energía como lo son los supercapacitores y las baterías, mismas que complementan el sistema de propulsión de hidrógeno mediante un motor eléctrico. Usando el frenado regenerativo se puede absorber la energía que se convertiría en calor, y mediante el cumplimiento de la ecuación de potencia y energía se cumplen los perfiles de conducción. Se toma en cuenta varios escenarios y el perfil escogido para el vehículo de masa ligera es el NEDC (nuevo ciclo de conducción europea). En los escenarios con distintos pesos de control, se cumplen los perfiles con cada una de las fuentes y los porcentajes de absorción de energía quedan representados mediante el balance de fuerzas.

**Palabras claves:** Pila de combustible, baterías, supercapacitores, almacenamiento, motor eléctrico.

## Abstract.

Predictive control systems are widely used in industry today. The economic predictive control system allows to include in the cost function the data of each of the

---

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Maestría en Tecnología de la Información, Esmeraldas, Ecuador, hector.sacon@pucese.edu.ec

<sup>2</sup> Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas. susana.patino@pucese.edu.ec

control subsystems. In the present work, using the economic predictive control methodology EMPC, two sources of energy storage such as supercapacitors and batteries are taken, which complement the hydrogen propulsion system by means of an electric motor. By using regenerative braking, the energy that would be converted into heat can be absorbed, and by fulfilling the power and energy equation, the driving profiles are met. Several scenarios are taken into account and the chosen profile for the light mass vehicle is the NEDC (new European driving cycle). In the scenarios with different control weights, the profiles are fulfilled with each of the sources and the percentages of energy absorption are represented by the balance of forces.

**Keywords:** Fuel cell, batteries, supercapacitors, storage, electric motor.

**AUTOR DE CORRESPONDENCIA:** Marco J. Salazar Najera.

- **Nombre de la revista científica:** MASKAY
- **Enlace (URL) de la revista:** <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/maskay/index>
- **ISSN de la revista:** 1390-6712
- **Medio(s) de indexación:**
  - ScIELO-Ecuador
  - LatAmPlus
  - Latindex
  - RootIndexing
  - DOAJ
  - MIAR
  - Directory of Research Journals Indexing
  - Dialnet
  - REDIB
- **Nombre del editor de la revista:** Dr. Diego Arcos-Aviles, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador
- **Correo electrónico del editor de la revista:** [dgarcos@espe.edu.ec](mailto:dgarcos@espe.edu.ec)
- **Fecha de envío del artículo a la revista:** 12/09/2022
- **Enlace del artículo en repositorio privado de la PUCESE (se almacena solo como evidencia hasta que el artículo se publique. Bajo ningún concepto el repositorio será público). Dentro del directorio “año/programa-maestría” se debe crear un**

directorio que siga el siguiente patrón: “Apellido1Apellido2Nombre-TitulodelEstudio”

### Evidencias de envío a medio científico.

- Certificado de Aprobación por el asesor



ESMERALDAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN  
ELECTRICIDAD

### ANEXO 8: CERTIFICADO DE APROBACIÓN

#### CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Yo, JOSE LUIS SAMPIETRO SAQUICELA certifico que MARCO SALAZAR NAJERA maestrante de la Maestría en Electricidad, Mención Eficiencia Energética y Energías Renovables, ha finalizado satisfactoriamente el TRABAJO DE FIN DE MAESTRÍA, y por tanto se encuentra apto/apta para su presentación.

El porcentaje de plagio obtenido en el informe es del 8%



Firmado digitalmente por:  
JOSE LUIS  
SAMPIETRO  
SAQUICELA

JOSE LUIS SAMPIETRO SAQUICELA

# SISTEMA DE PROPULSION PARA UN VEHICULO ELECTRICO HIBRIDO CON ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE FRENADO REGENERATIVO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[www.ehu.eus](http://www.ehu.eus)  
Fuente de Internet

8%

Excluir citas

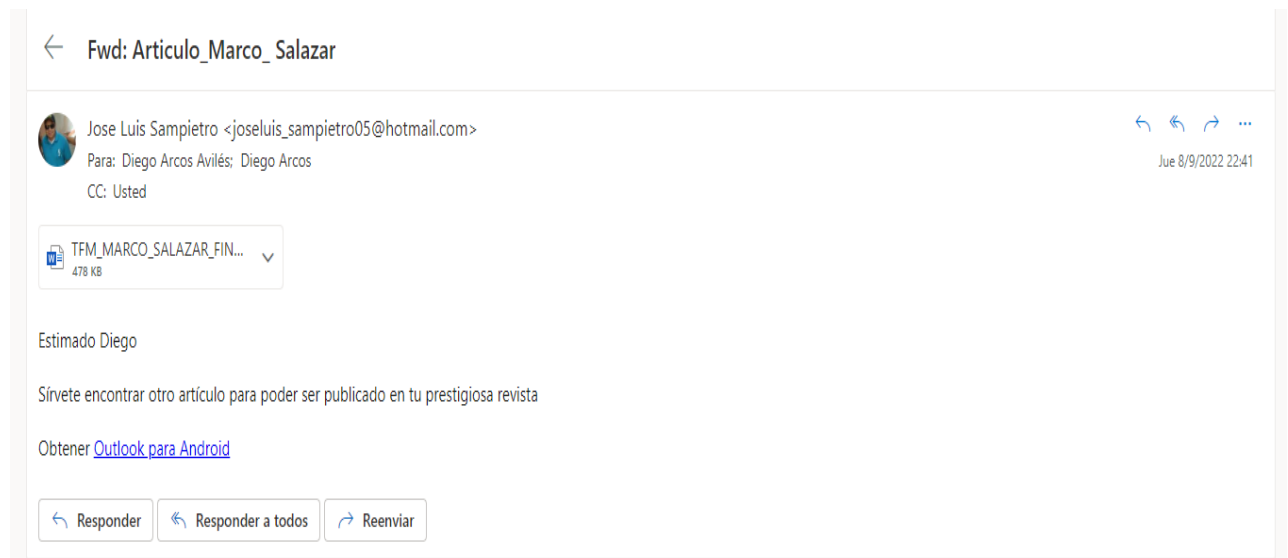
Activo

Excluir coincidencias < 5%

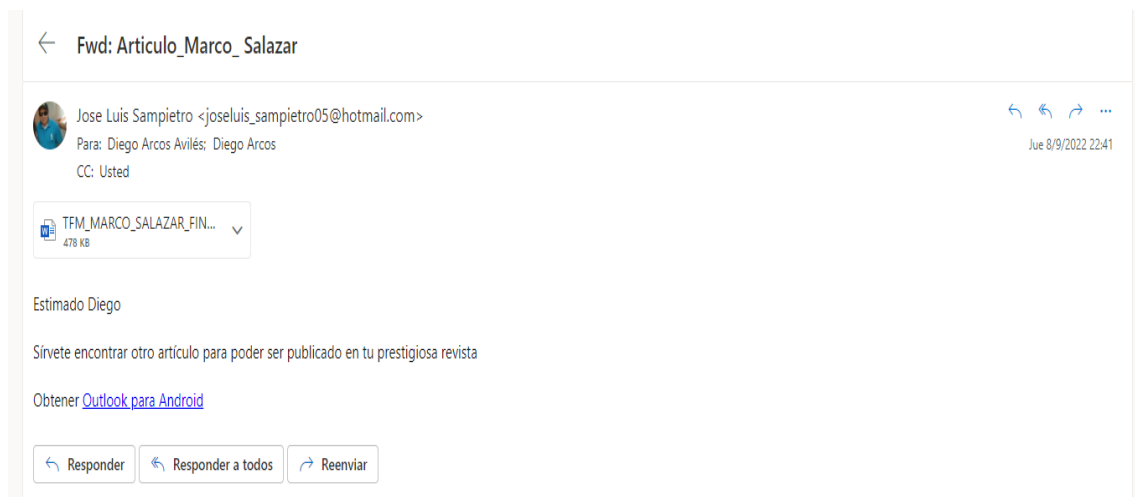
Excluir bibliografía

Activo

- Carta al editor por medio del asesor



- Capturas del envío



- Captura del recibido

 [MASKAY] Envío recibido



Diego Arcos Avilés <dgarcos@espe.edu.ec>

Para: Usted



Lun 12/9/2022 21:01

Marco Salazar:

Gracias por enviarnos su manuscrito "Sistema de propulsión para un vehículo eléctrico híbrido con almacenamiento de energía mediante frenado regenerativo" a MASKAY. Gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos podrá seguir su progreso a través del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

URL del manuscrito: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/maskay/authorDashboard/submission/2877>

Nombre de usuario/o: msalazar

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as. Gracias por tener en cuenta esta revista para difundir su trabajo.

Diego Arcos Avilés

Diego Arcos Avilés, PhD. Editor General Revista MASKAY (ISSN: 1390-6712) <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/maskay/index>

Antes de imprimir este mensaje, piense en su responsabilidad con la naturaleza. Quizás no puedes salvar el planeta, pero sí puedes dejar de destruirlo.

---

***Importante:** La información contenida en este mensaje y sus anexos tiene carácter confidencial, y está dirigida únicamente al destinatario de la misma y sólo podrá ser usada por éste. Si el lector de este mensaje no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de éste se encuentra totalmente prohibida. Si usted ha recibido este mensaje por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y borre el mensaje. Las opiniones que contenga este mensaje son exclusivas de su autor y no necesariamente representan la opinión oficial de la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE."*

 Responder

 Reenviar