

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMÁTICA Y MECÁNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS

**COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS CONTROLADORES
PI Y DIFUSO EN LA REGULACIÓN DE VELOCIDAD ESCALAR
V/F DE UN MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN**

PRESENTADO POR:

**Br. ALFONSO ALEJANDRO SEVILLA
HIDALGO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO**

ASESOR:

**Dr. Ing. ROGER JESUS COAQUIRA
CASTILLO**

CUSCO - PERU

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: *Comparación del desempeño de los controladores PI y difuso en la regulación de velocidad escalera V/f de un motor trifásico de inducción*

Presentado por: *Alfonso Alejandro Sevilla Hidalgo* DNI N° *72716691*

presentado por: DNI N°:

Para optar el título profesional/grado académico de *Ingeniero Electrónico*

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por *02* veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de *9*%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, *26* de *Mayo* de 20*25*



Firma

Post firma *Dr. Roger Jesús Loaguera Castillo*

Nro. de DNI *01333608*

ORCID del Asesor *0000-0003-3791-110x*

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: *27259:462210291*

Alfonso Alejandro Sevilla Hidalgo

TesisFinal_SEVILLA.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:462210291

Fecha de entrega

25 may 2025, 8:37 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

25 may 2025, 8:48 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

TesisFinal_SEVILLA.pdf

Tamaño de archivo

25.5 MB

135 Páginas

39.671 Palabras

195.295 Caracteres

9% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text
- ▶ Cited Text
- ▶ Small Matches (less than 9 words)

Top Sources

- 7%  Internet sources
- 1%  Publications
- 7%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

1 Integrity Flag for Review

-  **Replaced Characters**
57 suspect characters on 20 pages
Letters are swapped with similar characters from another alphabet.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Resumen

La presente tesis tiene como objetivo determinar el mejor controlador PI o difuso de un motor trifásico de inducción (MTI) en la regulación de la velocidad en el control escalar V/f a bajas frecuencias mediante la comparación del desempeño de los controladores. Para ello, se lleva a cabo la comparación del desempeño de los controladores proporcional-integral (PI) y difuso. El MTI es ampliamente utilizado en la industria debido a su robustez, bajo mantenimiento, etc. Sin embargo, el control de estos motores presenta desafíos, especialmente a bajas frecuencias, debido a que no se asegura que la máquina arranque o trabaje a velocidades menores del 20 % de la velocidad nominal. En el control moderno, es común el uso del regulador PI, aunque no resuelve completamente las limitaciones inherentes al control escalar V/f .

Por otro lado, herramientas de inteligencia artificial, como los controladores lógicos difusos, han mostrado resultados favorables en diversas aplicaciones de control. Sin embargo, su estudio y aplicación en el control escalar V/f de un MTI a bajas frecuencias, con carga y en entornos reales es limitado.

Por consiguiente, surge la interrogante: ¿Es posible que un controlador difuso pueda superar al controlador PI en la regulación de la velocidad escalar V/f de un MTI a bajas frecuencias? Para la respuesta, se diseñó, implementó y comparó ambos tipos de controladores mediante pruebas experimentales en los equipos de Lucas Nülle en el Laboratorio de Electrónica de Potencia de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la UNSAAC. El controlador PI fue sintonizado utilizando optimización por enjambre de partículas, el controlador difuso utiliza el mismo criterio pero combinado con lógica difusa.

Los resultados obtenidos demuestran que el controlador difuso supera al controlador PI, al lograr una regulación estable de la velocidad del MTI en 6.06 % respecto a su velocidad nominal y un tiempo de establecimiento de 0.445 s. En contraste, el controlador PI presenta oscilaciones de ± 12 rpm y una sobreelongación del 44 % bajo una carga de 0.41 Nm. Estos resultados evidencian una mayor capacidad del controlador difuso para mantener la velocidad del motor a bajas frecuencias dentro del esquema de control escalar V/f , proporcionando mayor estabilidad y mejorando los parámetros transitorios de manera integral en el rango de control 6.06 % a 48.48 % de la velocidad nominal, especialmente en condiciones de carga, donde el controlador PI presenta mayores limitaciones.

Este estudio aporta una base sólida en el uso de controladores difusos en aplicaciones que requieren una regulación de velocidad rápida, sencilla y más precisa, minimizando las corrientes de arranque en motores trifásicos de inducción bajo el control escalar V/f . De esta manera, se propone una alternativa viable y óptima frente a métodos tradicionales de control.

Palabras clave: motor trifásico de inducción, control escalar voltaje-frecuencia (V/f), control proporcional e integral, optimización por enjambre de partículas, control difuso