



Comportamiento transitorio de motores de inducción trifásicos frente a distintos métodos de arranque mediante simulaciones

*Transient behavior of three-phase induction motors under different starting methods using
simulations*

Autores:



Pedro Josué Tejena López¹

| ptejena4834@utm.edu.ec



Elvis Damian Tigua Piguabe¹

| etigua7711@utm.edu.ec



Gabriel Enrique Pico Mera¹

| gabriel.pico@utm.edu.ec

¹Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Carrera de
Ingeniería Eléctrica, Manabí, Ecuador

Recepción: 12 de agosto de 2026 | **Aceptación:** 15 de sept. de 2026 | **Publicación:** 21 de septiembre de 2026

Resumen

Los motores de inducción son piezas clave en las industrias, pero su comportamiento transitorio durante el arranque suele reducir drásticamente su vida útil debido a los picos de corriente. Este trabajo evaluará un motor de 3 HP mediante MATLAB/Simulink para comparar la respuesta transitoria del arranque directo, arranque estrella-triángulo y suave. Los datos muestran que el arranque directo dispara la corriente hasta un pico crítico, causando un impacto brusco tanto en los bobinados como en el eje del motor. El arranque estrella-triángulo logra reducir esta corriente al alimentar el motor con una tensión menor en configuración estrella, sin embargo, la conmutación de estrella a triángulo produce un pico de corriente momentáneo, esto sucede porque el motor recibe la tensión completa de la red. Por el contrario, el arrancador suave resultó ser la opción más favorable al gestionar el transitorio de forma lineal es decir controla el arranque mediante una subida gradual de energía en vez de aplicar toda la tensión instantáneamente. Los resultados confirman que el comportamiento del arranque suave es el más conveniente ya que suministrando tensión paso a paso se amortigua el pico de corriente de arranque, asegurando una transición estable hacia el estado estacionario.

Palabras clave: Motores de inducción; arranque suave; respuesta transitoria; MATLAB/simulink; corriente de arranque

Abstract

Induction motors are key components in industrial settings, yet their transient behavior during startups specifically current spikes often drastically reduces their service life. This study evaluates a 3 HP motor using MATLAB/Simulink to compare the transient responses of direct-on-line, star-delta, and soft starting methods. Data indicates that direct-on-line starting drives the current to a critical peak, causing a sudden, harsh impact on both the motor windings and the shaft. While star-delta starting reduces current by supplying a lower voltage in the star configuration, the transition from star to delta generates a momentary current spike as the motor is subjected to full line voltage. In contrast, the soft starter proved to be the most favorable option by managing the transient phase linearly; it controls the startup through a gradual increase in energy rather than applying full voltage instantaneously. The results confirm that soft starting offers the most advantageous performance, as the incremental voltage supply dampens the starting current spike, ensuring a stable transition to steady-state operation.

Keywords: Induction motors; soft start; transient response; MATLAB/Simulink; starting current



Introducción

Los motores eléctricos constituyen la base de la industria moderna y son el principal medio para convertir la energía eléctrica en energía mecánica. Su uso generalizado se debe a una combinación de ventajas como su bajo coste, diseño sencillo, facilidad de transporte y limpieza, facilidad de operación y una notable versatilidad para adaptarse a una amplia gama de cargas, gracias a su robustez y fácil manejo, el motor de inducción trifásico es el más utilizado en la industria (Enríquez & Quispe, 2022).

A pesar de sus ventajas, los motores de inducción presentan desventajas durante el arranque. Un motor de inducción trifásico genera un pico de corriente muy elevado durante el arranque, que puede alcanzar entre seis y ocho veces la corriente nominal. Esta demanda excesiva de corriente perjudica la calidad de la energía debido a importantes caídas de tensión en la red de distribución eléctrica (Cando & Murillo, 2023).

El principio de funcionamiento de un motor de inducción se basa en el principio de la ley de Faraday, la cual establece que todo conductor sometido a una variación de flujo magnético en función del tiempo experimentará una fuerza electromotriz que, a su vez, inducirá una corriente en el rotor. El campo magnético giratorio producido por el estator induce una tensión y, posteriormente, una corriente en el rotor. La interacción entre esa corriente y el campo magnético produce el par que hace girar al rotor (Quizhpe Cartuche, Witong Zambrano, & Pico Mera, 2026).

La corriente necesaria para arrancar el motor de inducción siempre es alta, porque el deslizamiento $S = 1$ genera un par de arranque que requiere una gran cantidad de corriente,

La velocidad de giro no depende de la corriente o el voltaje aplicados al motor, ya que la velocidad está determinada por la frecuencia y el par de polos de la máquina (Limaymanta, 2022).

Debido a estos efectos, se han desarrollado diversos métodos de arranque para reducir las perturbaciones eléctricas y mecánicas durante el régimen transitorio. Los métodos más comunes incluyen el arranque directo, el arranque estrella-triángulo y los arrancadores suaves. Cada método presenta características específicas en cuanto a corriente de arranque, par de arranque, tiempo de arranque y complejidad de su instalación, por lo que es necesario compararlos para determinar su conveniencia según los requerimientos de la aplicación industrial correspondiente (Al-Rawashdeh, Dalabeeh, Samarah, Al-Zyoud, & Alzyoud, 2022).

El presente artículo analizará el comportamiento transitorio de un motor de inducción bajo diferentes métodos de arranque. Mediante el uso de MATLAB/Simulink, se registrarán y compararán las curvas de corriente y velocidad.

Motor trifásico de inducción y su principio de funcionamiento

Los motores trifásicos de corriente alternan son convertidores de energía electromagnética que convierten la energía eléctrica en energía mecánica (funcionando como motor) y viceversa (funcionando como generador) mediante inducción electromagnética.

El motor de inducción se compone principalmente por: (el inductor) y el rotor (el inducido). El estator es la parte fija de la máquina, puede ser monofásico o trifásico de tres devanados desfasados 120° entre sí. El rotor es la parte móvil, en donde circulan corrientes inducidas por el campo magnético giratorio del estator. Existen dos tipos de motores: el rotor de jaula de ardilla o de bobinado (o con anillos) (Norahda, 2024), los cuales se muestran en la Figura 1.

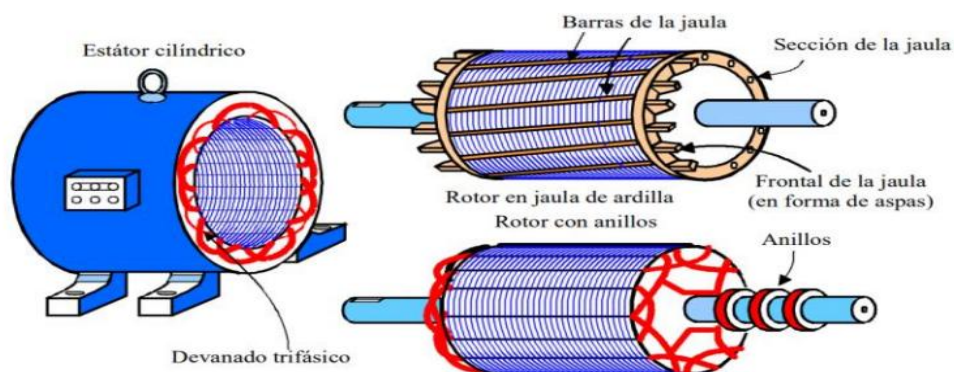


Figura 1. Motor trifásico de inducción

Fuente: (Noralhda, 2024)

El principio de funcionamiento de un motor de inducción trifásico se basa en la generación de un campo magnético giratorio en el estator mediante la alimentación trifásica. La diferencia de velocidad entre este campo y el rotor induce corrientes en los conductores del rotor por inducción electromagnética. La interacción entre el campo magnético del estator y el campo generado por las corrientes inducidas en el rotor produce el par electromagnético, que convierte la energía eléctrica en energía mecánica (Konuhova, 2024).

Según datos estadísticos, el 53% del consumo mundial de electricidad se atribuye a motores eléctricos y sistemas de motores en aplicaciones industriales y de infraestructura, así como a bombas, ventiladores y compresores en edificios. (Electric Motor Systems Platform, 2024).

Par inducido en un motor de inducción y deslizamiento

En un motor de inducción, al aplicar una tensión a los devanados del estator, se genera un campo giratorio en el entrehierro, cuya velocidad de rotación del campo depende de la frecuencia y el número de polos de la máquina, como se describe en la siguiente ecuación 1.

$$n_s = \frac{120f}{p} \quad (1)$$

Donde

$n_s \rightarrow$ Velocidad de rotación del campo

$f \rightarrow$ Frecuencia

$P \rightarrow$ Números de polos

El deslizamiento se define como la diferencia entre la velocidad del campo magnético y la velocidad mecánica del eje del rotor; esta diferencia sucede debido a que la velocidad del rotor nunca alcanza a la velocidad del campo magnético. Sin esta diferencia de velocidad, no se inducirían corrientes en el rotor ni se generaría par mecánico. Hay dos términos fundamentales que se usan regularmente para explicar esta diferencia; uno es la velocidad de deslizamiento, que nos dice que es la diferencia entre la velocidad sincrónica y la velocidad del rotor, como se describe en la siguiente ecuación 2.

$$n_{des} = n_{sin} - n_m \quad (2)$$

Donde

$n_{des} \rightarrow$ velocidad de deslizamiento

$n_{sin} \rightarrow$ Velocidad sincrónica

$n_m \rightarrow$ Velocidad del rotor

El otro término para describir la diferencia de la velocidad entre el campo magnético giratorio del estator y la velocidad del rotor es conocido como deslizamiento; es denominado deslizamiento por unidad o deslizamiento porcentual, como se define en la siguiente ecuación

3.

$$s = \frac{n_{sin} - n_m}{n_{sin}} (100\%) \quad (3)$$

Procesos transitorios en máquinas asíncronas

En los motores de inducción, los procesos transitorios tienen lugar cuando se pasa de un régimen establecido a otro. Durante los procesos transitorios, en los devanados de las

máquinas pueden aparecer corrientes varias veces superiores a las nominales. Mientras dura el transitorio, variables como la corriente, el par y la velocidad oscilan en el tiempo hasta alcanzar su estado estable. Estas perturbaciones surgen por variaciones de carga, desbalances o fluctuaciones de tensión en el estator, fallas eléctricas o maniobras de conexión. Debido a esto, el par eléctrico y el mecánico dejan de coincidir, lo que genera un descontrol en las variables hasta que el motor encuentra un nuevo equilibrio de operación (González, Ñauta, & Sigcha, 2025).

Los transitorios más comunes se presentan durante:

- El arranque
- Cambios bruscos de carga
- Cortocircuitos

Para reducir los efectos de los procesos transitorios, especialmente durante el arranque, se desarrollaron diversas estrategias. Las más comunes incluyen el arranque directo, el arranque en Estrella-Triangulo y el arranque con elementos de interconexión, comúnmente conocido como arrancadores suaves. Cada uno de estos métodos ofrece una relación específica de ventajas y desventajas, y afecta de manera diferente a parámetros críticos como la corriente de arranque y el par desarrollado por el motor.

Arranque de motores trifásicos

El arranque de un motor trifásico es una etapa crítica en su funcionamiento, durante esta etapa se utilizan diferentes métodos y técnicas para iniciar el movimiento del motor de forma segura y eficiente.

Arranque directo

La forma más sencilla de arrancar un motor de inducción es el llamado arranque directo consiste en aplicar de golpe la tensión de la red, al poner en marcha la máquina desde el reposo, se desata un comportamiento transitorio crítico donde la corriente de arranque se

eleva bruscamente varias veces su valor nominal, lo que provoca caídas de tensión en las instalaciones y sobrecalentamiento en los bobinados (Pastrana Salazar, 2023).

Aunque es el método más simple, rápido y económico para motores de baja potencia en redes robustas, tiene la desventaja de no permitir el control de la velocidad.

En la Figura 2 se presenta el circuito implementado en MATLAB/Simulink para el arranque directo de un motor de inducción trifásico.

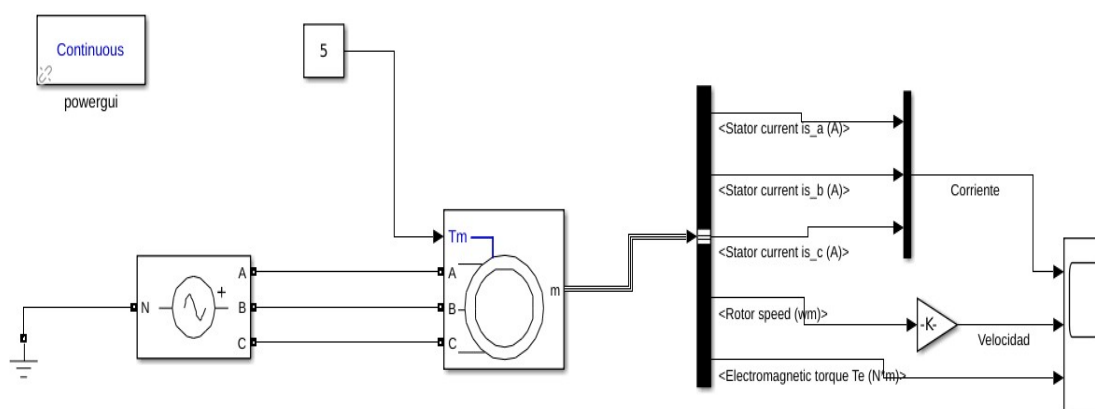


Figura 2. Simulación del arranque directo en Matlab/Simulink

Fuente: Elaboración propia

Arranque estrella-triángulo

El arranque estrella-triángulo es un método clásico de tensión reducida que sirve para limitar los altos picos de corriente iniciales en los motores de inducción trifásicos. Su funcionamiento consiste en conectar inicialmente los bobinados del motor en configuración estrella para reducir el voltaje de fase, logrando que la corriente inicial disminuya notablemente para evitar caídas de tensión en la red. Cuando el motor acelera y se acerca a su velocidad de trabajo, los contactores cambian automáticamente la conexión a triángulo, aplicando el voltaje completo de la red para su funcionamiento normal (Fernández & Tito, 2023).

Aunque es uno de los sistemas más simples, económicos y utilizados en la industria, presenta la limitación técnica de generar una conmutación brusca durante el cambio de conexión de estrella a triángulo, lo que introduce un segundo pico transitorio de corriente. En la Figura 3 se presenta el circuito implementado en MATLAB/Simulink para el arranque estrella-triángulo de un motor de inducción trifásico.

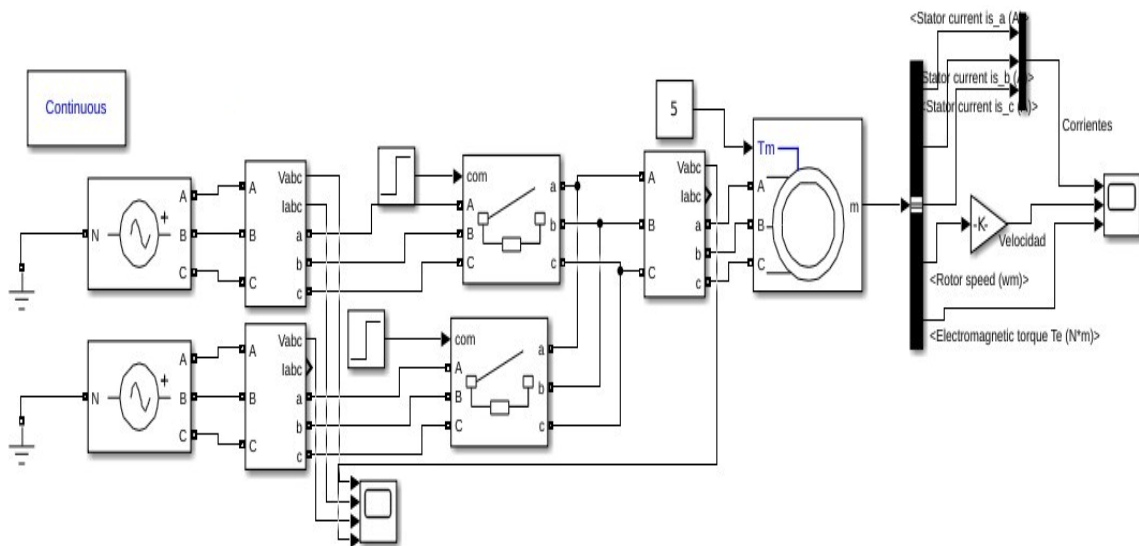


Figura 3. Simulación del arranque estrella-triángulo en Matlab/Simulink

Fuente: Elaboración propia

Arranque suave (soft-starter)

El arrancador suave es un método electrónico avanzado que sirve para reducir de forma controlada tanto la corriente de arranque como el estrés mecánico en los motores de inducción. Su funcionamiento consiste en aumentar progresivamente el voltaje aplicado al estator mediante dispositivos semiconductores, como tiristores o IGBTs, regulando su ángulo de disparo para lograr una aceleración gradual (ILbay & Ramírez, 2024).

Esta subida controlada de tensión evita los tirones bruscos y los picos violentos de corriente característicos de los métodos tradicionales, lo que protege los bobinados del sobrecalentamiento, minimiza las caídas de tensión en la red y prolonga la vida útil de los componentes mecánicos de la máquina.

En la Figura 4 se presenta el circuito implementado en MATLAB/Simulink para el arranque suave (soft-starter) de un motor de inducción trifásico.

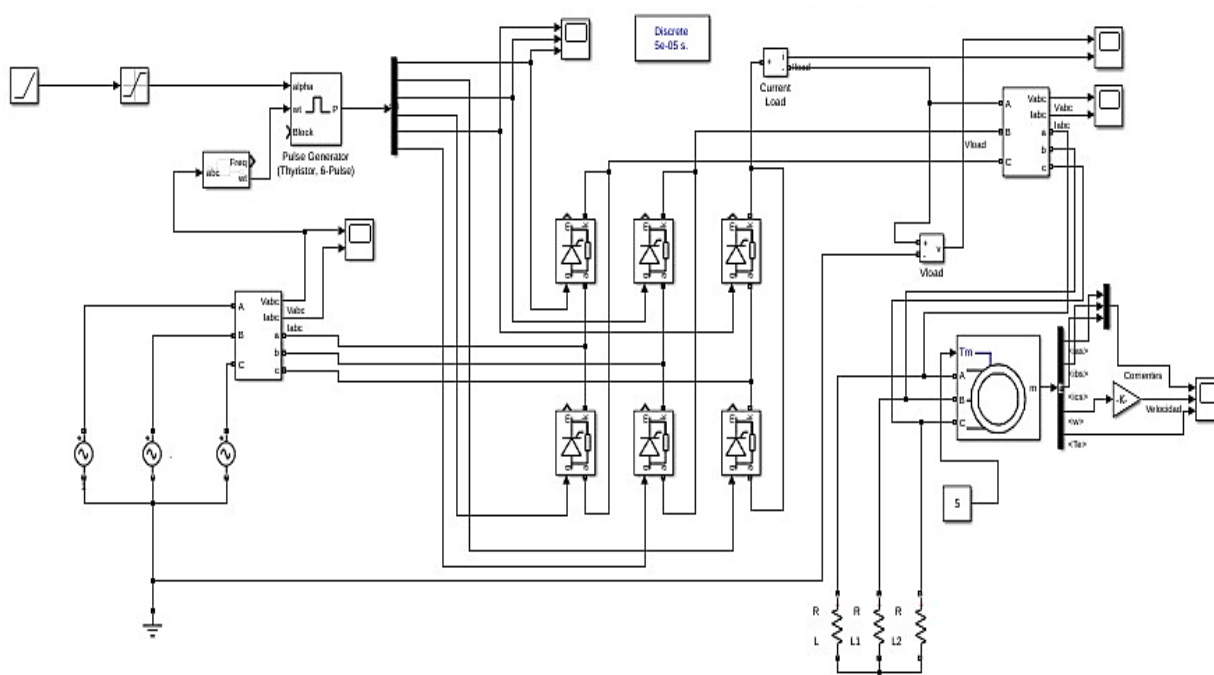


Figura 4. Simulación del arranque suave (soft-starter) en Matlab/Simulink

Fuente: Elaboración propia

Metodología

La presente investigación es de tipo descriptiva y analítica, ya que se realiza mediante simulaciones para el análisis del comportamiento transitorio de motores de inducción trifásicos frente a distintos métodos de arranque, permitiendo caracterizar y comparar las variables eléctricas y mecánicas que intervienen en cada caso.

Se emplea como herramienta principal el software MATLAB/Simulink, el cual permite modelar con precisión el motor de inducción trifásico utilizando parámetros técnicos reales. MATLAB/Simulink, ya que cuenta con bloques especializados y solucionadores numéricos que facilitan la simulación de fenómenos transitorios en máquinas eléctricas. El software dispone de librerías específicas para el modelado de motores de inducción, así como de herramientas de visualización y procesamiento de datos que permiten

analizar, comparar y optimizar los parámetros de arranque para lograr el mejor desempeño eléctrico y mecánico posible.

Los resultados obtenidos en las simulaciones son analizados mediante gráficos comparativos, facilitando así la interpretación cualitativa y cuantitativa del comportamiento transitorio en cada caso de estudio. Este enfoque metodológico permite evaluar de manera integral las ventajas y limitaciones de cada método de arranque, contribuyendo a la selección de estrategias que minimicen los impactos eléctricos en la red y mejoren la eficiencia operativa de los sistemas industriales.

Resultados

Empleando MATLAB Simulink, se modeló el comportamiento dinámico de un motor de inducción trifásico durante los distintos tipos de arranque. Al finalizar la etapa de simulación, se realizó un análisis comparativo entre los tres métodos, enfocado en evaluar su capacidad para mitigar los efectos transitorios.

Características del motor a simular

El análisis de los diferentes métodos de arranque se realizó tomando como referencia un motor trifásico de 3 HP. Se utilizaron los parámetros de la tabla 1 para configurar el bloque de la máquina asincrónica en MATLAB/Simulink.

Tabla 1. Parámetros del motor.

Potencia nominal (Hp)	3
Frecuencia (Hz)	60
Tensión de alimentación (V)	220
Velocidad (RPM)	1800
Números de Polos	4
Corriente nominal (A)	8
Torque (Nm)	5

Fuente: Elaboración propia

Tras finalizar las simulaciones, se obtuvieron las gráficas que muestran la respuesta transitoria de las tres magnitudes clave:

- Corrientes del estator (A)
- Par electromagnético (N·m)
- Velocidad del rotor (rpm)

La comparación de estas curvas permite analizar el comportamiento transitorio de cada técnica de arranque, observando diferencias importantes en los picos de corriente, las oscilaciones de par, el tiempo de estabilización y la suavidad con la que el motor alcanza su régimen nominal.

Arranque directo en topología delta

Al iniciar la simulación, se observa en la figura 5.1 una corriente de arranque elevada. Esto se debe a que el rotor se encuentra inicialmente en reposo, mientras que el campo magnético del estator ya gira a la velocidad sincrónica. Dicha velocidad del campo magnético está determinada por la frecuencia de la fuente de alimentación y el número de polos del motor, tal como se describe en la ecuación 1.

Esta diferencia de velocidades entre el campo magnético y la velocidad del rotor es máxima durante el arranque, lo que produce un deslizamiento elevado y, por consiguiente, una mayor corriente inducida al rotor. Esto hace que el motor demande una corriente elevada a la red. A medida que el rotor aumenta su velocidad y se aproxima a la velocidad del campo magnético, el deslizamiento disminuye y la corriente también tiende a reducirse.

La diferencia que existe entre la velocidad del campo magnético y la velocidad del rotor se conoce como deslizamiento, como se observa en la ecuación 3.

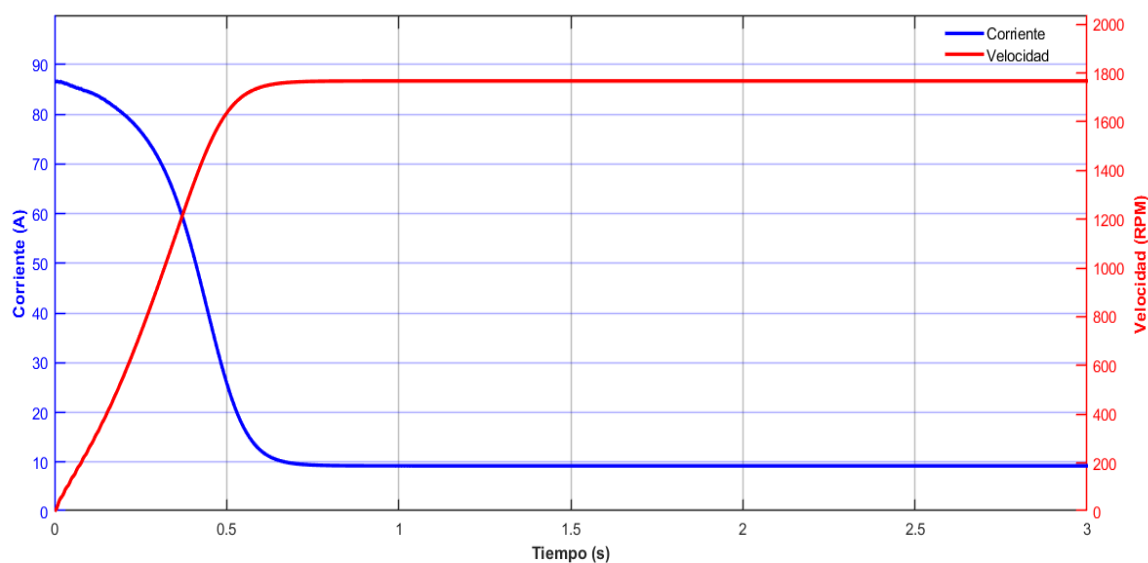


Figura 5.1. Curva de corriente en el arranque directo en topología delta de un motor de inducción.

Fuente: Elaboración propia

Arranque estrella-triángulo

Al inicio del arranque, se observa en la figura 5.2 una corriente elevada, aunque menor a la que se produjo en el arranque directo en topología delta. Esto se debe a que el motor comienza conectado en estrella, donde la tensión aplicada a cada devanado se reduce a $1/\sqrt{3}$ de la tensión de línea. Como consecuencia, la corriente de línea durante el arranque se reduce aproximadamente a un tercio de la que se tendría con el motor conectado en triángulo. Esta reducción de tensión también disminuye el par de arranque, por lo que el motor inicia su aceleración con una menor capacidad de producir fuerza de giro.

A medida que el motor acelera en estrella, el par motor desarrollado se aproxima al par resistente de la carga. Mientras el par motor sea mayor que el par resistente, existe un par neto que permite que el motor continúe acelerando. Sin embargo, cuando ambos pares se igualan, el par neto se hace cero y el motor deja de acelerar, alcanzando una velocidad prácticamente constante. Usualmente, controlada por un temporizador, se realiza la conmutación de estrella a triángulo.

En la conexión delta, cada devanado recibe la tensión completa de línea, lo que permite al motor desarrollar un mayor par electromagnético. Esto provoca un incremento de la corriente absorbida por el motor y, por consiguiente, una mayor demanda de corriente desde la red. Debido a que el cambio de conexión ocurre de manera rápida, se produce un transitorio de corriente que puede observarse como perturbación momentánea en la curva. Posteriormente, el motor continúa acelerando hasta alcanzar un régimen estable.

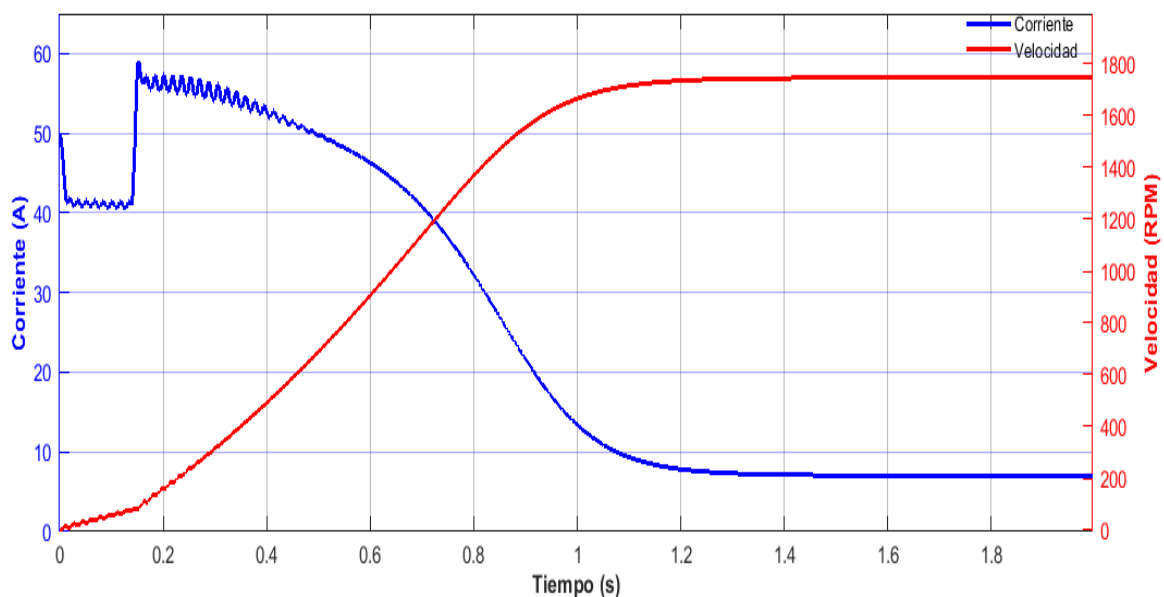


Figura 5.2. Curva de corriente en el arranque estrella-triángulo de un motor de inducción.

Fuente: Elaboración propia

Arranque Suave

En esta curva se observa una corriente inferior a los arranques anteriores. Esto se debe a que el arranque suave no aplica la tensión nominal de manera instantánea, sino que la incrementa progresivamente mediante dispositivos electrónicos de potencia. Al recibir inicialmente una tensión reducida, el motor demanda una menor corriente, evitando el pico elevado característico de un arranque directo. Una vez finalizado el proceso de arranque, el motor recibe prácticamente la tensión de operación y la corriente se establece en un valor determinado principalmente por la carga mecánica. Por lo tanto, la

característica más relevante de la curva no es únicamente la reducción de la corriente inicial sino la ausencia de una variación brusca la corriente evoluciona de forma controlada durante el intervalo de aceleración, reflejando el incremento gradual de la tensión y la respuesta del motor ante dicha variación.

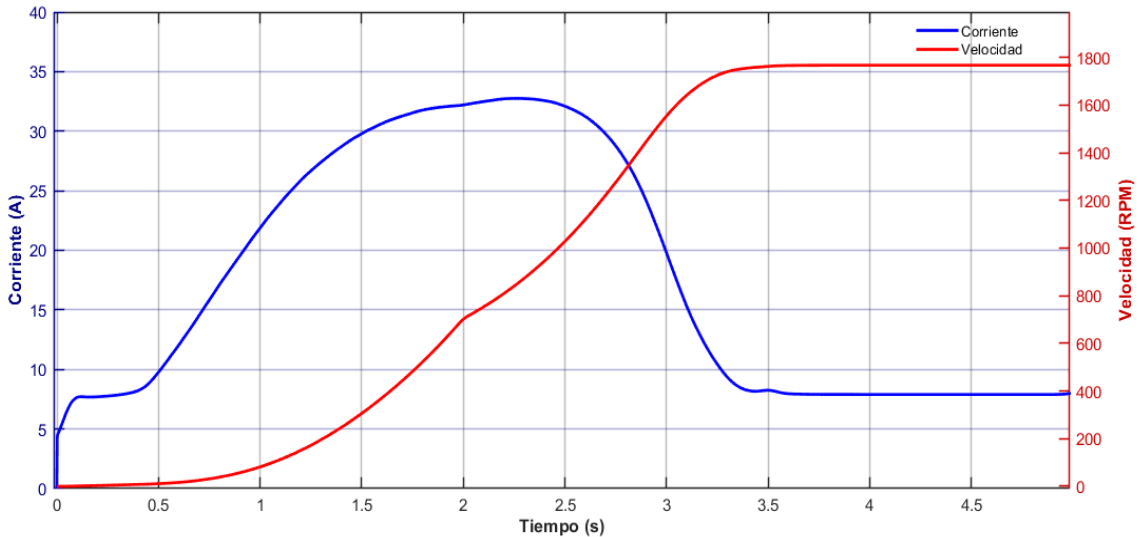


Figura 5.3. Curva de corriente en el arranque suave de un motor de inducción.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para cada método de arranque, considerando los valores de corriente, torque y velocidad del motor.

Tabla 2. Resultados de los tipos de arranques.

	Arranque topología delta	directo	en	Arranque triangulo	Estrella-	Arranque Suave
Corriente Nominal (A)	7.5			7		7.5
Corriente de pico (A)	87			59		33
Torque (N*M)	5			5		5
Velocidad (RPM)	1767			1747		1767

Fuente: Elaboración propia

Discusión / Conclusiones

El estudio del comportamiento transitorio del motor de inducción trifásico, realizado mediante MATLAB/Simulink, permitió comparar el comportamiento del motor utilizando diferentes métodos de arranque. Los resultados muestran una diferencia importante entre el arranque directo, el arranque estrella-triángulo y el arranque suave. En el arranque directo en topología delta se obtuvo la mayor corriente de arranque, con un valor de 87 A. En cambio, con el arranque suave se obtuvo una corriente máxima de 33 A. Por lo tanto, el arranque suave permite disminuir considerablemente la corriente que el motor toma de la red durante el arranque, reduciendo así el efecto que puede producir sobre el sistema eléctrico.

Por otra parte, el método estrella-triángulo presentó un comportamiento intermedio. Durante el arranque, la corriente alcanzó aproximadamente 59 A, siendo menor que la obtenida con el arranque directo. Sin embargo, durante la conmutación de estrella a delta se presentó una variación importante en la corriente. Este cambio produjo un segundo aumento de corriente y afectó temporalmente el comportamiento del motor. Como resultado, la velocidad final obtenida fue de aproximadamente 1747 RPM, mientras que con los otros métodos se alcanzó una velocidad cercana a 1767 RPM.

Los resultados muestran que el arranque suave permite reducir la corriente de arranque sin afectar de manera significativa el funcionamiento final del motor. En la simulación, el torque de carga se estableció en 5 N·m y el motor alcanzó una velocidad aproximada de 1767 RPM, similar a la obtenida con el arranque directo. Esto demuestra que el arrancador suave permite realizar un arranque con menor corriente y, al mismo tiempo, alcanzar las condiciones normales de funcionamiento del motor.

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante MATLAB/Simulink, el arranque directo presentó la mayor corriente de arranque, mientras que el método estrella-triángulo

permitió reducirla, pero produjo una variación adicional durante el cambio de conexión. El arranque suave presentó el mejor comportamiento en cuanto a la reducción de la corriente de arranque, alcanzando un valor máximo de 33 A y permitiendo que el motor llegara a una velocidad de aproximadamente 1767 RPM. Por esta razón, dentro de las condiciones analizadas en esta simulación, el arranque suave resulta ser la alternativa más adecuada para disminuir el impacto eléctrico durante el arranque del motor.

Recomendaciones

El análisis de la corriente y la velocidad del motor permite identificar los cambios producidos durante el arranque y la transición hasta alcanzar un régimen estable, por lo que estas variables deben considerarse conjuntamente para interpretar el comportamiento transitorio del motor de inducción trifásico.

La elección del método de arranque debe realizarse considerando las condiciones de funcionamiento del motor y las características de la red eléctrica, especialmente el nivel de corriente que puede presentarse durante el arranque.

De acuerdo con el comportamiento transitorio obtenido en las simulaciones, el arranque suave presenta condiciones favorables cuando se busca reducir la corriente durante el arranque y mantener una evolución estable de la velocidad del motor, por lo que resulta una alternativa adecuada dentro de las condiciones analizadas en este trabajo.

Referencias

Al-Rawashdeh, A., Dalabeeh, A., Samarah, A., Al-Zyoud, A., & Alzyoud, A. (2022). Modeling and analysis of energy losses under transient conditions in induction mo-tors. *Revista Internacional de Ingeniería Eléctrica e Informática (IJECE)*, 12, 3388. <http://doi.org/10.11591/ijece.v12i4.pp3388-3395>

- Cando, T., & Murillo, J. (2023). Análisis del comportamiento de un motor asíncrono. Uni-versidad Técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/11421/1/PI-002644.pdf>
- Electric Motor Systems Platform. (2024). Electric Motor Systems Platform. Electric Motor Systems Annex (EMSA) - IEA 4E: <https://www.iea-4e.org/emsa/>
- Enríquez, I., & Quispe, J. (2022). Estudio de eficiencia energética en arranque de motores. Proyecto de titulación. Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8704c290-cc12-4d6f-80e0-052341e2d3e8/content>
- Fernández, M., & Tito, E. (2023). Estudio de sistemas de arranque en motores eléctricos. Estudio de caso: Frigorífico (Proyecto final de grado, Universidad Nacional de Mar del Plata). <https://rinfi.fi.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/730/MFernandez%20BETito-TFG-IEI-2023.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- González, F., Ñauta, J., & Sigcha, P. (2025). Régimen transitorio de un motor de inducción. informe de laboratorio, Universidad Politecnica salesiana. <https://es.scribd.com/document/441609296/REGIMEN-TRANSITORIO-DE-UN-MOTOR-DE-INDUCCION>
- ILbay, A., & Ramírez, M. (2024). Detección de fallas de control y programación de un PLC S7-1200 en un sistema de arranque con arrancador suave. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/187ea8b8-9fd3-4fb0-b59c-d134d06d2e4b/content>

Konuhova, M. (2024). Modeling of Induction Motor Direct Starting with and without
Con-sidering Current Displacement in Slot.

<https://doi.org/10.3390/app14209230>

Limaymanta, P. (2022). Análisis de calidad en motores de inducción mediante. Tesis.

<https://repositorio.continental.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/e7da2b4e-3227-4c6b-b3cf-200d3be4d15a/content>

Noralhda, I. (2024). Aplicación del control predictivo. Trabajo de fin de grado,
Universidad Rey Juan Carlos.

<https://burjcdigital.urjc.es/server/api/core/bitstreams/37504e45-b470-46b4-91a0-830cd3060b17/content>

Pastrana Salazar, K. A. (2023). Análisis comparativo de dos sistemas de arranque directo
de un motor de inducción trifásico con rotor jaula de ardilla. Tesis de grado,
Universi-dad Nacional del Centro del Perú.

<https://repositorio.uncp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/43b8e84b-13de-46ac-a11c-1f06df32b905/content>

Quizhpe Cartuche, J. E., Witong Zambrano, I. D., & Pico Mera, G. E. (2026). Análisis
com-parativo de los diferentes tipos de arrancadores en motores de inducción.

Boletín Científico Ideas y Voces, 6(1), Pág. 241-258.

<https://doi.org/10.60100/bciv.v6i1.300>