



Implementación un sistema de control para la variación de velocidad de un motor de inducción trifásico utilizando un v convertidor de frecuencia Schneider ATV 320

Desarrollo Tecnológico

Andrés Mateo Villamizar Ardila
CC1005104768

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico
Bucaramanga y fecha (20,02,26)



Implementación un sistema de control para la variación de velocidad de un motor de inducción trifásico utilizando un v convertidor de frecuencia Schneider ATV 320

Desarrollo Tecnológico

Andrés Mateo Villamizar Ardila
CC1005104768

**Trabajo de Grado para optar al título de
Tecnólogo en operación y mantenimiento electromecánico**

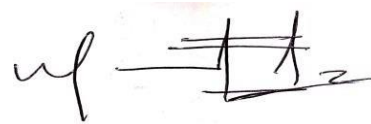
DIRECTOR
LIC ESP. Milton Reyes Jiménez

Grupo de Investigación: Grupo de investigación en Sistemas de energía, automatización
y control GISEAC

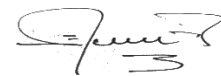
UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico
Bucaramanga y fecha (20,02,2026)

Nota de Aceptación

Este informe final de trabajo de grado,
en modalidad de desarrollo tecnológico,
fue APROBADO en cumplimiento de
uno de los requisitos exigidos por las
Unidades Tecnológicas de Santander
para optar el Título de Tecnólogo en
Operación y Mantenimiento
Electromecánico, según acta No. 03 de
febrero 23 de 2026 del Comité de
Trabajo de Grado



Milton Reyes Jiménez
Firma del Evaluador



Víctor Hugo Zafra García
Firma del Director

DEDICATORIA

Este trabajo de grado está dedicado principalmente a mi familia, pilar fundamental en cada etapa de mi formación. A mis padres, por su amor incondicional, su esfuerzo diario y la confianza que depositaron en mí desde el primer día; a mi hermano, por su compañía y por recordarme siempre la importancia de la perseverancia. Cada logro alcanzado no es solo mío, sino el reflejo de sus sacrificios y de los valores que me inculcaron: honestidad, disciplina y humildad. A ellos, que nunca dudaron de mí incluso en los momentos más difíciles, les dedico este proyecto y cada meta que sigue por venir.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más sinceros agradecimientos a las Unidades Tecnológicas de Santander, por abrirme sus puertas y brindarme una formación integral, llena de retos y oportunidades que fortalecieron mi crecimiento profesional y personal. A cada uno de mis docentes, quienes con su entrega, conocimiento y ejemplo dejaron una huella imborrable en mi paso por la Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico.

De manera muy especial, quiero agradecer al profesor Milton Reyes Jiménez, director de este proyecto de grado. Su orientación técnica, paciencia y dedicación fueron claves para llevar a buen término esta investigación. Más que un docente, fue un guía que supo transmitirme la pasión por el control industrial y la importancia de la mejora continua en el laboratorio de accionamientos eléctricos. Gracias por su tiempo, sus consejos y por creer en este trabajo desde el primer momento.

A mis compañeros de aula, con quienes compartí incontables horas de estudio, prácticas en el laboratorio y aprendizajes mutuos. Cada conversación, cada trabajo en equipo y cada desafío superado juntos hicieron más llevadero este camino y me enseñaron que la colaboración es tan valiosa como el conocimiento técnico.

Finalmente, agradezco a todos los auxiliares de laboratorio y personal administrativo que, de manera silenciosa pero constante, hicieron posible el desarrollo de este proyecto. Su disposición y apoyo logístico fueron fundamentales para la puesta en marcha de cada montaje y cada prueba.

TABLA DE CONTENIDO

<u>RESUMEN EJECUTIVO</u>	13
<u>INTRODUCCIÓN</u>	14
<u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</u>	15
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2. JUSTIFICACIÓN	17
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4. ESTADO DEL ARTE	18
<u>2. MARCO REFERENCIAL</u>	21
2.1. GENERALIDADES MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFÁSICO	21
2.1.1. SISTEMA TRIFÁSICO	21
2.1.2. MOTOR TRIFÁSICO PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	22
2.2. MANIOBRA ELÉCTRICA	25
2.2.1. CONTACTOR PRINCIPAL	25
2.2.2. RELÉ TÉRMICO DE PROTECCIÓN	27
2.2.3. PULSADORES	29
2.2.4. CONCEPTO DE LÓGICA CABLEADA	30
2.3. GENERALIDADES DEL CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES DE INDUCCIÓN TRIFÁSICOS. CONVERTIDORES DE FRECUENCIA	31
<u>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</u>	33
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	33
3.2. MÉTODO Y TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN	34
3.3. FASES DE LA INVESTIGACIÓN	34
<u>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO</u>	36
4.1. GENERALIDADES ALTIVAR 320	36
4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ALTIVAR 320	37
4.3. CARACTERÍSTICAS RELEVANTES ATV 320	38
4.4. COMUNICACIÓN CANOPEN	38

4.5.	COMUNICACIÓN MODBUS	39
4.6.	CONFIGURACIÓN – ACCESO A PARÁMETROS – VISIBILIDAD – PARÁMETROS - ACTIVO	40
4.7.	CONFIGURACIÓN – ACCESO A PARÁMETROS – PROTECCIÓN – CANALES PROTEGIDOS	40
4.8.	CONFIGURACIÓN MANUAL / AUTOMÁTICO DEL CONVERTIDOR ATV 320 VAYA A CONF - > FULL -> CTL-: 1. CONFIGURE CHCF = SEP (CONTROLES SEPARADOS) MANTENGA PRESIONADO ENTER DURANTE 2 SEGUNDOS PARA HACER ESTE CAMBIO.....	40
4.9.	PUESTA EN MARCHA BÁSICA ATV 320.....	42
5.	<u>RESULTADOS</u>	<u>44</u>
5.1.	MARCO LEGAL	44
5.2.	MARCO AMBIENTAL	45
5.3.	APLICACIONES PRÁCTICA VARIADOR ATV320.....	47
5.3.1.	ARRANQUE DIRECTO	47
5.3.2.	ARRANQUE DIRECTO CON DEFINICIÓN DE SENTIDO DE GIRO	49
5.3.3.	ARRANQUE DE UN MOTOR CON RETRASO A LA CONEXIÓN	51
6.	<u>CONCLUSIONES</u>	<u>53</u>
7.	<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>54</u>
8.	<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>55</u>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Generación sistema trifásico.....	21
Figura 2. Creación de una corriente inducida en una espira en cortocircuito.....	22
Figura 3. Regla de los tres dedos.....	23
Figura 4. Principio de un motor asíncrono trifásico	25
Figura 5. Contactor principal Noark Ex9C1811	26
Figura 6. Relé térmico Noark.....	28
Figura 7. Pulsador normal abierto.....	30
Figura 8. Diagrama de fuerza y mando lógica cableada	31
Figura 9. Etapas de un convertidor de frecuencia.....	33
Figura 10. Convertidor ATV320	36
Figura 11. Configuración	40
Figura 12. Canales Protegidos	40
Figura 13. Diagrama de conexión potencia y control convertidor de frecuencia ATV 320	43
Figura 14. Diagrama lógico ATV320 primera aplicación practica	47
Figura 15. Comandos establecidos para arranques virtuales.....	48
Figura 16. Diagrama cableado potencia y mando aplicación 1	48
Figura 17. Diagrama de programación sentido de giro de un motor.....	49
Figura 18. Tabla de comandos para la inversión de giro de un motor	50
Figura 19. Cableado fuerza y mando para aplicación de inversión de giro de un motor	50
Figura 20. Diagrama programa aplicación de temporizador con retardo a la conexión.....	51

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,
EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 2.0

Figura 21. Establecimiento de la configuración de un temporizador en aplicaciones específicas51

Figura 22. Diagrama de potencia y control para la aplicación de arranqué de un motor con retardo a la conexión52

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Fases de la investigación</i>	34
Tabla 2. Especificaciones del variador Altivar 320	37

RESUMEN EJECUTIVO

El enfoque cualitativo, cuyo objetivo general será la descripción de las cualidades de la solución a la problemática como lo es el control de velocidad de motores trifásicos, a través de un convertidor de frecuencia, para así mismo comprender la importancia a tener en cuenta esta información, empleando técnicas de revisión que se encuentran en los manuales y técnicas de las diferentes formas de programación del convertidor Inverterk que se utilizan en el proyecto, bibliografía de la investigación y de artículos especializados.

La primera fase se estudian lo principales dispositivos de maniobra eléctricas que siempre estarán ligados a los variadores de velocidad electrónico como lo es el contactor y relé térmico, posteriormente se hace una referencia sobre las características de conexión y programación del convertidor de frecuencia ATV320, uno de los equipos de mayor desarrollo tecnológico en el área de control industrial. Finalmente se plantean aplicaciones o prácticas de control utilizando ATV 320 en el entorno del laboratorio de accionamientos eléctricos

PALABRAS CLAVE. Aceleración. Control. Motor. Frecuencia. Tensión

INTRODUCCIÓN

La automatización de los procesos industriales donde el accionador principal es el motor de inducción a exigido constantemente mejores prestaciones de servicio en cuanto a control de velocidad de los motores

Los variadores de velocidad se consideran de última generación en el control de procesos en plantas industriales, pero es importante darse cuenta de que pueden no ser la respuesta a todos los problemas de control de procesos. Los usuarios finales deben comprender los requisitos de las diferentes aplicaciones con variadores de velocidad y las limitaciones mecánicas y eléctricas del sistema para garantizar que un variador de frecuencia sea la solución adecuada, y sobre todo especificarlo correctamente. En este artículo resumimos algunas de las principales características del proceso y la carga que deben tenerse en cuenta antes de especificar un variador de velocidad. (tecnología para la industria.com)

El presente proyecto de desarrollo tecnológico, brinda una nueva herramienta de control para la actualización del laboratorio de accionamientos eléctricos de las UTS para que docentes, establezcan las ventajas de control con equipos electrónicos mediante prácticas realizadas en el mismo, en concordancia con protocolos y sistemas de comunicación industrial utilizados en el marco de la automatización industrial.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las maquinas accionadas por motores de inducción eléctrica no pueden rotar a las velocidades nominales del motor que oscilan entre 1800 a 3600 RPM, se requiere de un control que permita bajar la velocidad del motor y poder desarrollar tareas específicas; de igual la tecnología ha avanzado de manera vertiginosa en este campo, por lo cual ingenieros especializados en el área deben tener los conocimientos y experiencias a través del área académica y poder solucionar problemas del entorno industrial.

Uno de los parámetros más relevantes para poderse adaptar su funcionamiento a diferentes requisitos y condiciones es el control de la velocidad del motor, esta variación de velocidad puede ser necesaria por diferentes motivos, como optimización del rendimiento operativo y ahorro de energía, presentándose esto como un desafío común para diversos campos de la industria, ya que la responsabilidad de dicha variación radica en el operario, podría presentarse por parte de éste falta de habilidades o responsabilidad en los momentos que se requieran realizar variaciones en el funcionamiento del proceso en los tiempos que son requeridos, ya que los cambios bruscos de la velocidad en el motor pueden originar vibraciones y perturbaciones que afectan negativamente la calidad de la operación o el producto final. (Chávez Valencia, 2019)

En el entorno académico existe la necesidad continua de actualizar las prácticas de laboratorio, para el caso los accionamientos eléctricos, adaptando nuevas tecnologías de control que integren equipos como variadores de velocidad, arrancadores electrónicos, controladores lógicos y terminales de diálogo que en conjunto puedan simular en tiempo real aplicaciones industriales

¿Cómo se pueden relacionar los variadores de velocidad eléctricos en aplicaciones de tipo industrial con diversos equipos de control para el desarrollo de prácticas de laboratorio de Accionamientos eléctrico?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El área de control y automatización en el programa de ingeniería electromecánica es una de las más relevantes debida que integra además de modelos matemáticos, tecnologías de equipos que son utilizados en sectores comerciales, industriales y de servicios. Uno de estos equipos son los convertidores de frecuencia o variadores de velocidad que permiten variar la velocidad de motores de inducción trifásicos través de la variación de la tensión la frecuencia eléctrica, permitiendo una gran solución a situaciones del entorno.

La actualización continua del laboratorio de accionamientos eléctricos con proyectos de desarrollo tecnológico ha garantizado que los estudiantes y docentes conozcan las nuevas tecnologías de control aplicados a los motores eléctricos. Los variadores de velocidad se utilizan en: Control de motores en líneas de producción, sistemas de bombeo y ventilación, maquinaria de procesamiento, motores de tracción en trenes y tranvías Propulsión en barcos, sistemas de climatización y ventilación

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer un sistema de maniobra eléctrica para variación de velocidad de un motor de inducción trifásico de 1 hp / 220 voltios, utilizando un convertidor de frecuencia ATV320, que permita la integrar equipos de control en prácticas de laboratorio de accionamiento eléctrico en las UTS

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Especificar los parámetros de programación del convertidor de frecuencia ATV 320, para el control de velocidad de un motor de inducción trifásico para el desarrollo de tareas de maniobra eléctrica en el entorno de prácticas de accionamientos eléctricos.
- Establecer un montaje en el módulo de accionamientos Eléctricos utilizando un convertidor de frecuencia ATV 320, para la variación de forma automática de la velocidad de un motor trifásico.
- Registrar aplicaciones de control utilizando el convertidor de frecuencia, en el entorno de prácticas de accionamiento eléctrico, utilizando protocolos de comunicación industrial.

1.4. ESTADO DEL ARTE

(Valencia Torralbo, 2019) En la Automatización de una línea de acabado de planchas de acero inoxidable, El objetivo de este proyecto es efectuar un programa de control de una línea de producción perteneciente a una fábrica de acero inoxidable. Consiste en el tratamiento térmico que reciben las planchas a su salida de la laminación en caliente. La finalidad es la sustitución del antiguo PLC que controla la planta por una producción actual y se espera una mayor concordancia con los demás dispositivos instalados y con una mayor capacidad de comunicación. Se utilizará la herramienta GRAFCET, como apoyo software que nos proporciona imágenes en tiempo real e implementará una interfaz y que permite un control centralizado y una mayor información al encargado. Mediante el intercambio del

PLC y la actualización de este software a una versión más reciente y la sustitución de funciones por unas más factibles como lo es el software TIA PORTAL se espera una mayor velocidad en el funcionamiento del dispositivo

(Miranda Feijoó, 2022) En el Control de un variador de frecuencia Altivar 320 con PLC Modicon M241 a través de comunicación Modbus RTU para el laboratorio de automatización industrial, el proyecto técnico fundamenta en el control de un motor trifásico, mediante un variador de frecuencia Altivar 320 por medio del protocolo de comunicación Modbus RTU RS485 entre el VFD y el PLC Modicon TM241CE24R, el propósito principal es diseñar e implementar un módulo de prácticas para el laboratorio de automatización industrial de la universidad politécnica salesiana, incorporándose en conjunto los equipos que contribuyan al desarrollo y automatización de procesos y sistemas. Contemplándose la necesidad de disponer de un módulo que incorpore un variador de frecuencia, de modo que los estudiantes logren realizar prácticas y comprobar la operación de los motores trifásicos. El alcance de este módulo suministró a los estudiantes de una herramienta multifuncional donde al contarse con un motor integrado permite realizar pruebas de arranque y variaciones de velocidad, además de otorgar la posibilidad de interactuar con la comunicación de los equipos que incorporan dicho modulo siendo uno de los protocolos más aplicados en la industria.

(Fernández Bardales, 2015). Mejoramiento tecnológico de una balanza dinámica basada en un sistema embebido Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima-Peru-2015, el proyecto de investigación se basó en el desarrollo e implementación de un sistema de embebido para la obtención de datos de una balanza dinámica. Inicialmente los investigadores realizan un estudio sobre los tipos de sistemas de embebidos y técnicas para el control y automatización. Después de analizar teóricamente dichos sistemas, proceden a caracterizar los parámetros para

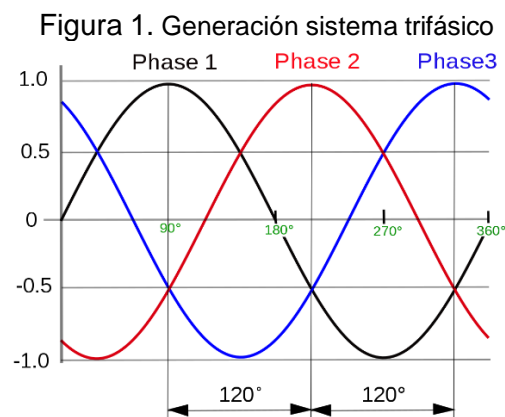
la selección de sistemas de embebidos para el proceso de pesado. Todo el proceso es realizado mediante la aplicación de un sistema embebido y una pantalla táctil, que cuenta con una interfaz gráfica. El mejoramiento del equipo permitió guardar la información en una base de datos para posteriores análisis (Fernández Bardales, 2015)

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Generalidades motor de inducción trifásico

2.1.1. Sistema trifásico:

Es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud (y por consiguiente, valor eficaz) que presentan una cierta diferencia de fase entre ellas, en torno a 120° , y están dadas en un orden determinado. Cada una de las corrientes monofásicas que forman el sistema se designa con el nombre de fase. (Enciclopedia Libre, 2016)

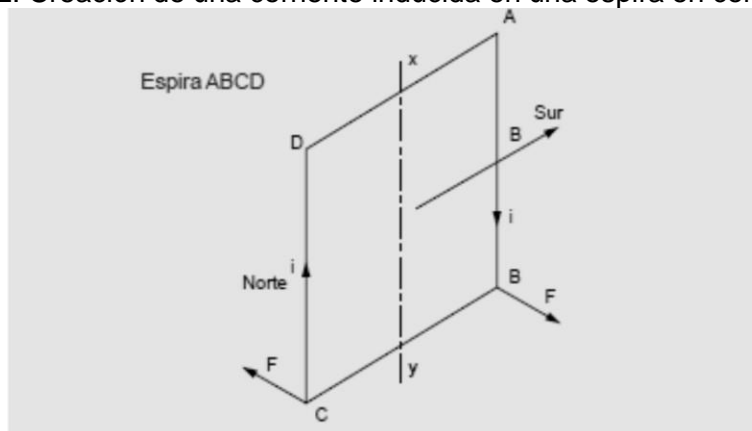


Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/cc/3_phase_AC_waveform.svg/1200px-3_phase_AC_waveform.svg

2.1.2 Motor trifásico principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento de un motor asíncrono se basa en la creación de corriente inducida en un conductor cuando éste corta las líneas de fuerza de un campo magnético, de donde proviene el nombre “motor de inducción”. Imagine una espira ABCD en cortocircuito situada en un campo magnético B y móvil alrededor de un eje xy. (Véase figura 2)

Figura 2. Creación de una corriente inducida en una espira en cortocircuito



Fuente: Telesquemario 2009

Si se hace girar el campo magnético en el sentido de las agujas del reloj, la espira queda sometida a un flujo variable y se convierte en el soporte de una fuerza electromotriz inducida que origina una corriente inducida i (ley de Faraday). Es posible definir el sentido de la corriente de los conductores activos AB y CD mediante la aplicación de la regla de los tres dedos de la mano izquierda (véase figura 2.). La corriente inducida circula de A a B en el conductor AB y de C a D en el conductor CD. Según la ley de Lenz, el sentido de la corriente es tal que se opone por su acción electromagnética a su causa de origen. Cada uno de los dos conductores se somete por tanto a una fuerza F , en sentido opuesto a su desplazamiento relativo con respecto al campo inductor.

La regla de los tres dedos de la mano derecha (acción del campo sobre una corriente) permite definir fácilmente el sentido de la fuerza F que se aplica a cada conductor. El pulgar se sitúa en el sentido del campo del inductor. El índice indica el sentido de la fuerza. El dedo del corazón se sitúa en el sentido de la corriente inducida. Por tanto, la espira se somete a un par que provoca su rotación en el mismo sentido que el campo inductor, denominado campo giratorio.

Figura 3. Regla de los tres dedos



Fuente: Telesquemario 2009

Creación del campo giratorio

Tres devanados, con un desfase geométrico de 120° , se alimentan de sendas fases de una red trifásica alterna (véase figura 3 y 4). Los devanados reciben corrientes alternas de idéntico decalado eléctrico que producen un campo magnético alterno sinusoidal. Dicho campo, siempre dirigido en base al mismo eje, alcanza el máximo cuando la corriente del devanado es máxima. El campo que genera cada devanado es el resultado de dos campos que giran en sentido inverso y cuyo valor constante equivale a la mitad del valor del campo máximo. En un

momento dado t_1 del período, los campos que produce cada devanado pueden representarse de la siguiente manera:

El campo H1 disminuye. Los 2 campos que lo componen tienden a alejarse del eje OH1,

El campo H2 aumenta. Los 2 campos que lo componen tienden a aproximarse al eje OH2,

El campo H3 aumenta. Los dos campos que lo componen tienden a aproximarse al eje OH3. El flujo correspondiente a la fase 3 es negativo. Por tanto, el sentido del campo es opuesto al de la bobina.

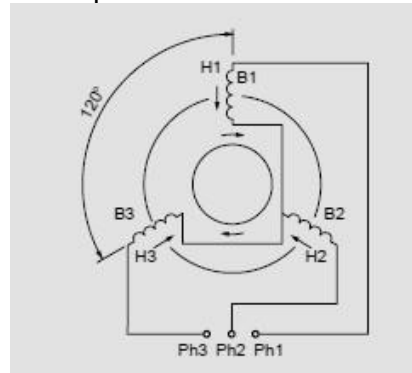
La superposición de los tres diagramas permite constatar lo siguiente:

Los tres campos que giran en el sentido inverso al de las agujas del reloj están desfasados de 120° y se anulan, los tres campos que giran en el sentido de las agujas del reloj se superponen. Estos campos se suman y forman el campo giratorio de amplitud constante $3H_{max}/2$ de 2 polos. Este campo completa una vuelta por cada período de corriente de alimentación. Su velocidad es una función de la frecuencia de la red (f) y del número de pares de polos (p). Se denomina “velocidad de sincronización” y se obtiene mediante la fórmula:

$$N_s = \frac{60f}{p}$$

En vueltas por minuto, Donde f = Frecuencia en Hertz y p = Numero de polos.

Figura 4. Principio de un motor asíncrono trifásico



Fuente: Telesquemario 2009

2.2. Maniobra eléctrica

2.2.1. Contactor Principal

Dispositivo de maniobra destinado a maniobrar equipo eléctrico en estado no perturbado o bajo las sobrecargas normales de servicio, con la posibilidad de ser accionado a distancia y preparado para grandes frecuencias de operación.

Los contactores generalmente pueden operar corrientes del orden de 6 a 12 veces la intensidad nominal. Se caracterizan por su poca inercia mecánica y rapidez de respuesta; resultando elementos indispensables en las tareas de automatización. Si se combinan con relés adecuados, pueden emplearse para la protección de las cargas (generalmente motores) contra fallas de fase, sobretensiones, sobrecargas, corrientes inversas, etc. En estos casos el relé actúa sobre el circuito de operación del contactor.

Figura 5. Contactor principal Noark Ex9C1811



Fuente: Manual Técnico Noark

Selección contactor

Para la correcta selección de un contactor debemos tener presente los siguientes aspectos:

Debemos tener presente el número de polos de acuerdo con el tipo de sistema, normalmente encontramos contactores de 3 polos en nuestro **caso los motores del laboratorio son trifásicos de 220 voltios**

De acuerdo con la carga a proteger, debemos tener claridad de la categoría con la que seleccionaremos el equipo, AC1 para cargas resistivas o AC3 para cargas inductivas; **para nuestro caso motor jaula de ardilla corresponde a la categoría de empleo AC3.**

Una vez seleccionada la categoría debemos tener claridad de la corriente nominal (A) del contactor o la potencia del motor (kW o HP) **para nuestro caso motor jaula de ardilla de 1 H.P de potencia**

Los contactores actúan por el mando de una bobina, debemos tener claridad de la tensión de la bobina de control, normalmente es una tensión diferente a la tensión de servicio del sistema

De acuerdo con el tipo de sistema donde instalaremos el contactor, se puede requerir contactos auxiliares para el envío de señales del equipo, verificar si se requiere normalmente cerrados (nc) o normalmente abiertos (no) **para nuestro caso solo requerimos de un contacto auxiliar normalmente abierto y uno normalmente cerrado.**

2.2.2. Relé térmico de protección

Los motores eléctricos están determinados como los más importantes y mayores accionadores en máquinas y procesos industriales. En muchos casos, la causa de una parada en la máquina o proceso obedece a deterioro progresivo o instantáneo del motor por diferentes irregularidades o fallas en el sistema eléctrico o en la carga que trabaja el motor.

Una de las mayores fallas (en un 60 %) se debe a causas que producen un excesivo calor en los bobinados del motor, factor que puede ser detectado fácilmente por algún dispositivo de protección antes que se deteriore el motor.

El incremento de la corriente en el motor, se determina como corriente de sobrecarga (I_{ol}). Algunas causas de sobrecarga en un motor pueden ser:

- Sobrecarga de la máquina accionada por el motor.
- Caída de tensión en la red de alimentación.

- Falta de una fase en caso de un motor trifásico.
- Gran inercia en las partes móviles de un motor.
- Arranques pesados en larga duración.
- Muchas maniobras por unidad de tiempo.
- Temperaturas ambientes elevadas.
- Bloque del motor.
- Motor no alineado en caso de motobombas.

Figura 6. Relé térmico Noark



Fuente: https://static.acotron.com/image/cache/data/NOARK/CARLOS/04318_e-780x975.jpg

Características principales.

- Son dispositivos tripulares.
- Se instalan directamente a las salidas (2, 4,6) del contactor.
- Su disparo es diferido.
- Existen relés térmicos compensados y diferenciales.

Los relés térmicos bimetálicos constituyen el sistema más simple y conocido de la protección térmica por control indirecto, es decir por calentamiento del motor a través de su consumo.

Los bimetales están formados por la soldadura al vacío de dos láminas de materiales de muy diferente coeficiente de dilatación (generalmente invar. Y ferroníquel). Al pasar la corriente eléctrica los bimetales se calientan y se curvan, con un grado de curvatura que depende del valor de la corriente y del tiempo.

En caso de sobrecarga, al cabo de un determinado tiempo definido por su curva característica, los bimetales accionan un mecanismo de disparo y provocan la apertura de un contacto, a través del cual se alimenta la bobina del contactor de maniobra. Este abre y desconecta el motor.

2.2.3. Pulsadores

Son dispositivos utilizados para realizar cierta función. Los botones son de diversas formas y tamaño y se encuentran en todo tipo de dispositivos, aunque principalmente en aparatos eléctricos y electrónicos.

Los botones son por lo general activados, al ser pulsados con un dedo. Permiten el flujo de corriente mientras son accionados. Cuando ya no se presiona sobre él vuelve a su posición de reposo.

Puede ser un contacto normalmente abierto en reposo NA o NO (Normally Open en Inglés), o con un contacto normalmente cerrado en reposo NC.

Consta del botón pulsador; una lámina conductora que establece contacto con los dos terminales al oprimir el botón, y un muelle que hace recobrar a la lámina su posición primitiva al cesar la presión sobre el botón pulsador.

TIPOS DE PULSADOR: Diferentes tipos de pulsadores: (a) Basculante. (b) Pulsador timbre. (c) Con señalizador. (d) Circular. (e) Extraplano

Figura 7. Pulsador normal abierto



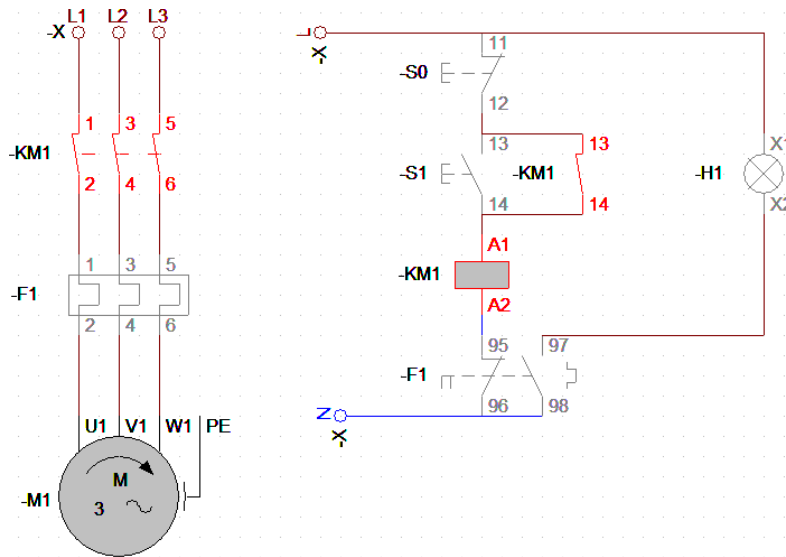
Fuente: Autor

Funcionamiento El botón de un dispositivo funciona por lo general como un interruptor eléctrico, es decir en su interior tiene dos contactos, al ser pulsado uno, se activará la función inversa de la que en ese momento este realizando, si es un dispositivo NA (normalmente abierto) será cerrado, si es un dispositivo NC (normalmente cerrado) será abierto.

2.2.4. Concepto de lógica cableada

La lógica cableada industrial consiste en el diseño de automatismos con circuitos cableados entre contactos auxiliares de relés electromecánicos, contactores de potencia, relés temporizados, diodos, relés de protección, válvulas óleo-hidráulicas o neumáticas y otros componentes. Diagrama de fuerza y mando en el control de un motor trifásico

Figura 8. Diagrama de fuerza y mando lógico cableada



Fuente: Autor

2.3. Generalidades del control de velocidad de motores de inducción trifásicos. Convertidores de frecuencia

Los variadores de velocidad o convertidores de frecuencia varían la frecuencia y tensión de la red de la corriente de alimentación, se realizan básanos en tiristores que forman contactores estáticos, se configura a través de un convertidor alterna/continua y otro continua/altera de velocidad variable entre 0 Hz y la frecuencia de red. Permite la variación de velocidad desde 0 rpm a la velocidad nominal de motor a par constante, su rendimiento es alto permitiendo un factor de potencia aproximadamente de 1, de esa manera, podría haber ausencia de sobrecargas, haciendo innecesarios elementos de protección del motor. Los variadores de frecuencia ofrecen una gran alternativa en la automatización de sistemas y control de energía en todo tipo de aplicaciones, su uso se ha incrementado significativamente los últimos años, pues ofrece beneficios como el

ahorro de energía y bajos costos operativos y de mantenimiento. Los variadores modernos cuentan con partes principales como:

Elemento rectificador: se encarga de recibir la tensión alterna y convertirla en continua por medio de un puente rectificador de diodos o tiristores.

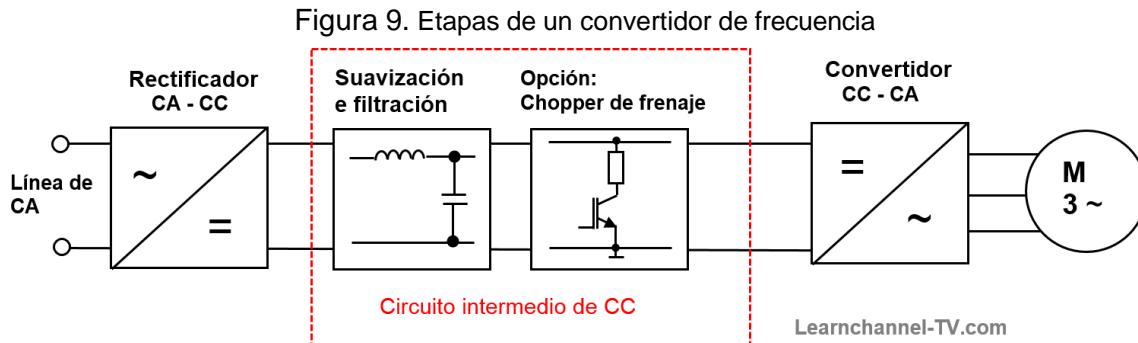
Elemento intermedio: Es un circuito LC que suaviza el rizado de la tensión rectificadora mientras reduce la emisión de armónicos hacia la red

Elemento Inversor: mediante la generación de pulsos se encarga de convertir el voltaje continuo del circuito intermedio en uno de tensión y frecuencia variable, empleando IGBT (Isolated Gate Bipolar Transistor)

Circuito de control: este circuito enciende y apaga los IGBT para generar pulsos de tensión y frecuencia variable, también tiene la función de supervisar el funcionamiento monitoreando la corriente, el voltaje, la temperatura y demás, con teclados e interfaces de fácil uso.

Existen ventajas y desventajas de los variadores de frecuente frente al resto de arranques, su uso evita picos o puntas de intensidad en los arranques del motor, saltos o bloqueos del motor ante la carga, el uso de baterías de condensadores y el consumo de energía reactiva, permite conocer en tiempo real el estado del variador del motor y el historial de fallas, los arranques y paradas son controladas y sin movimientos bruscos, protege el motor, el variador y la línea, y su consumo energético se adapta a la exigencia del motor.

Sin embargo, su instalación, programación y mantenimiento debe realizarse por personal cualificado, de lo contrario se podría afectar a otros elementos electrónicos cercanos al derivar ruidos e interferencias en la red. Para aplicaciones sencillas puede suponer un gran gasto a corto plazo y para cubrir sus daños se debe enviar a casa o a un servicio técnico, dejando la instalación sin funcionamiento, sino se disponen de un variador equivalente. (HIMILCE)



Fuente: <https://learnchannel-tv.com/wp-content/uploads/2017/12/Componentes-de-un-variador-de-frecuencia.png>

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

La investigación desarrollada en el presente proyecto es de tipo exploratoria informal, la cual es apoyada en fuente de datos secundarios que se encuentran revisando la literatura y la recopilación de documentación para comprender y dar solución a la problemática de la investigación, la exploración mantiene un enfoque cuantitativo que define la descripción de las cualidades de la problemática como lo es “la probabilidad de actualizar y mejorar herramientas prácticas en el área de control industrial del programa de tecnología, referenciando la caracterización y aplicación de un convertidor de frecuencia altivar 320 para el control de velocidad de motores trifásicos, en concordancia con el ahorro energético que se requieren en el sectores productivos.

El enfoque cualitativo, cuyo objetivo general será la descripción de las cualidades de la solución a la problemática que se estudia, para así mismo comprender la importancia a tener en cuenta esta información, empleando técnicas de revisión que se encuentran en los manuales y técnicas de las diferentes formas de programación

del convertidor Inverterk que se utilizan en el proyecto, bibliografía de la investigación y de artículos especializados.

3.2. Método y Técnicas de la Investigación

El método (observación, inductivo, deductivo o análisis), las técnicas (Experimentos medidas programación prueba y error).

3.3. Fases de la Investigación

Tabla 1. *Fases de la investigación*

FASE	ACTIVIDADES
Fase 1.	En esta fase se recopila la documentación de las variables a analizar y se procede con la adquisición de los equipos y componentes necesarios para la ejecución del proyecto. , utilizando un convertidor altivar 320 Además, se llevará a cabo la adecuación del espacio de trabajo destinado a la investigación, asegurando que esté correctamente equipado y adaptado para el desarrollo de las actividades experimentales.
Fase 2.	Implementar, un convertidor de frecuencia altivar 320 para el control de aplicaciones prácticas en área del control industrial.

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,
EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 2.0

Fase 3.	Estructurar aplicaciones de control de velocidad de un motor de inducción trifásico, utilizando el variador de velocidad Inverterk como herramienta básica y fundamental en el control y automatización industrial
Fase 4.	Estructuración de resultados obtenidos

Fuente: Autor

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

4.1. Generalidades Altivar 320

El convertidor de frecuencia altivar ATV320 es un variador robusto, que entrega cinco funciones de seguridad de serie y sobretodo pensado para una puesta en marcha sencilla. Se adapta a máquinas y armarios de diferentes tamaños y diseños, así como en las arquitecturas de automatización más comunes Este modelo de variador es especialmente utilizado para procesos de máquinas industriales básicas y de grado medio de complejidad. Se encuentra compuesto de un sistema ATV logic, el cual es conocido como sistema de lógica de control programada integrado basado en bloques de función, además posee numerosas funciones prácticas para satisfacer los requisitos de aplicaciones avanzadas. (sheider electric, 2021)

Figura 10. Convertidor ATV320



Fuente: Schneider electric 2024

4.2. Especificaciones técnicas altivar 320

Tabla 2. Especificaciones del variador Altivar 320

	Monofásica, 200...240 V (kW)	0,18...2,2 kW	
	Trifásica 380...500 V (kW)	0,37...4 kW	
Variador	Frecuencia de salida	0,1...599 Hz	
	Perfil de control de	Motor asíncrono	
		Relación tensión/frecuencia, 2 puntos Relación tensión/frecuencia, 5 puntos Control vectorial de flujo sin sensor - Ahorro de energía, sin carga Control vectorial de flujo sin sensor, estándar Relación tensión/frecuencia - Ahorro de energía, U/f cuadrático	
	motores	Motor síncrono	
	Sensor de motor	Integrado	-
	Disponibles opcionalmente	VW3A3620	
Número de E/S	Entradas	Analógicas	3
		Digitales	6
	Salidas	Analógicas	1
		Digitales	1
	Salidas de relé		2
Comunicación	Integrada	Modbus, CANopen	
	Disponibles opcionalmente	DeviceNet, PROFIBUS DP V1, EtherNet/IP, Modbus TCP, EtherCat, ProfiNet, POWERLINK	
Opciones		Software de configuración SoMove Herramientas de configuración Simple Loader y Multi-Loader Terminal con pantalla remota y terminal gráfico remoto IP54 o IP65	

Fuente: Schneider electric, 2021

4.3. Características relevantes ATV 320

- Control fiable de motores síncronos y asíncronos. ofrece una precisión del +/- 10% del deslizamiento del motor en bucle abierto con motores asíncronos.
- El formato compacto está destinado a la integración en armarios eléctricos compactos (con un fondo de 200 mm o menos) así como a la integración directa en máquinas gracias a su diseño reducido
- La conectividad avanzada permite al variador Altivar Machine funcionar en las arquitecturas de automatización más utilizadas. Integra protocolos de comunicación CANopen y Modbus RTU
- El diseño resistente de los variadores de velocidad Altivar Machine ATV320 le permiten funcionar en condiciones ambientales exigentes:
 - Con temperaturas de hasta 50 °C sin desclasificación
 - Con temperaturas de hasta 60 °C con desclasificación y sin necesidad de ventilador adicional

4.4. Comunicación CANopen

CANopen es un protocolo basado en la red CAN (Controller Area Network), ampliamente utilizado en sistemas embebidos, robótica, maquinaria móvil y aplicaciones de control distribuido.

Flujo de Funcionamiento de CANopen:

1. **Inicialización:** Se configuran los nodos de la red y se asignan identificadores.

2. **Descubrimiento de Dispositivos:** Cada nodo se identifica y establece su rol en la red.
3. **Ciclo de Comunicación:** Se intercambian datos en forma de tramas con alta velocidad y confiabilidad.
4. **Monitoreo de Estado:** Los nodos supervisan continuamente las condiciones de la red y dispositivos.
5. **Gestión de Errores:** Se manejan interrupciones y errores de comunicación de forma eficiente.

4.5. Comunicación Modbus

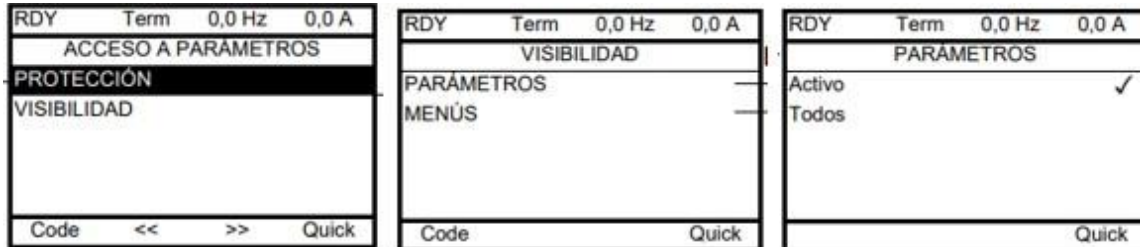
Protocolo de comunicación desarrollado por Modicon para su comunicación PLC. Ahora Modicon ha sido adquirido por Schneider como una marca de Schneider. Desde su inicio en 1979, se ha convertido en el estándar de la industria en el campo de la comunicación industrial.

Modbus tiene dos modos de transmisión en serie, ASCII y RTU. Definen las diferentes formas de empacar datos y decodificaciones. Los dispositivos de protocolo Modbus generalmente admiten formatos RTU. Las dos partes de la comunicación también deben admitir una en el modo anterior

Para verificar que este proceso de comunicación ha sido exitoso se verifican los parámetros del equipo, ingresando por los mandos:

4.6. Configuración – Acceso a parámetros – visibilidad – parámetros - Activo

Figura 11. Configuración

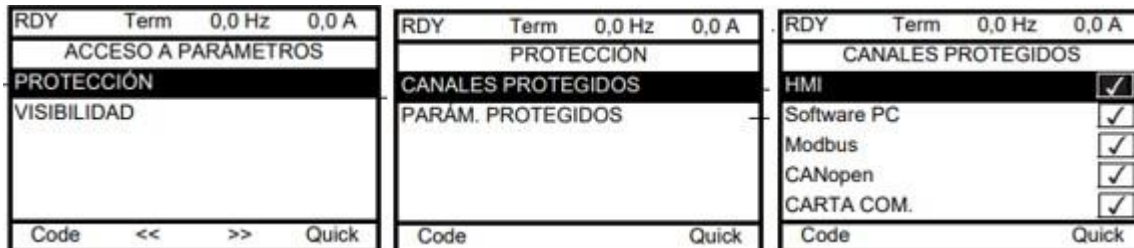


Fuente: Autor

Posteriormente, se valida la conexión de los protocolos

4.7. Configuración – Acceso a parámetros – protección – canales protegidos

Figura 12. Canales Protegidos



Fuente: Autor

4.8. Configuración manual / automático del convertidor ATV 320

Vaya a CONF -> FULL -> CtL-:

1. Configure **CHCF = SEP** (controles separados) Mantenga **presionado Enter** durante **2 segundos** para hacer este cambio

2. Configure Fr1 = el canal de velocidad en modo manual / manual

Opciones:

AI1 = señal de 0-10 V

AI2 = -10 + señal de 10 V

AI3 = 0 - 20 mA ó 4 -20 mA

AIUI = el potenciómetro virtual (la rueda navegadora) en el propio disco

LCC = velocidad desde la pantalla remota

MDB = velocidad sobre comunicación Modbus

CAN = velocidad sobre la comunicación CanOpen

NET = velocidad sobre la tarjeta de comunicación insertada (Ethernet IP, modbus TCP, etc.)

3. Configure CCS = Lx (reemplace x con el número de la entrada que desea usar para cambiar entre manual y automático)

4. Configure CD1 = el canal de comando en modo manual / manual de donde vendrá el comando de inicio / parada

Opciones:

TER = iniciar parada en las entradas digitales del variador

LCC = iniciar detener desde el teclado remoto

MDB = comando sobre comunicación

modbus CAN = comando sobre comunicación CanOpen

NET = comando sobre la tarjeta de comunicación insertada

5. Configure CD2 = el canal de comando en el modo automático (las mismas opciones que arriba)

6. Configure RFC = Llx (reemplace x con el número de la entrada que desea usar para cambiar entre manual y automático)

7. Configure FR2 = el canal de velocidad en modo automático (consulte la lista anterior igual que FR1; para obtener una descripción completa, consulte el manual de programación)

4.9. Puesta en marcha básica ATV 320

Se ha de comprobar que la tensión de la red es compatible con la tensión de alimentación del variador.

La tensión de alimentación la podemos encontrar en la placa de características ubicada en el lateral del variador.

En este caso, el variador se alimenta a una tensión **TRIFÁSICA** de **380 – 500 V**. Además de la tensión de alimentación, en la placa de características podemos encontrar otros parámetros como:

- Tipo de producto >> Altivar 320
- Referencia comercial >> ATV320U04N4B
- Especificaciones de potencia >> 4 kW – 5 Hp

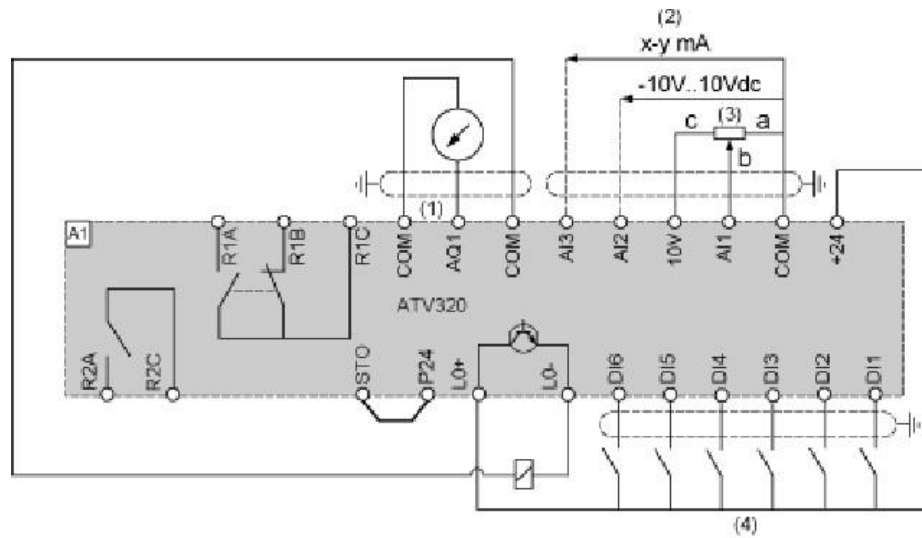
Con los últimos dígitos de la referencia comercial podemos saber la tensión de alimentación del variador.

ATV320*****M2** 200 V Monofásico

ATV320*****N4** 400 V Trifásico

ATV320*****M3C** 200 V Trifásico ATV320*****S6C** 600 V Trifásico

Figura 13. Diagrama de conexión potencia y control convertidor de frecuencia ATV 320



- (1) Salida analógica
- (2) Entradas analógicas
- (3) Potenciómetro de referencia (10 kOhm máx.)
- (4) Entradas digitales

Fuente: Manual Schneider electric

5. RESULTADOS

5.1. MARCO LEGAL

El variador de CA deberá cumplir con estándares nacionales e internacionales y las recomendaciones para los dispositivos industriales eléctricos de control: -

- ANSI/NFPA 70: Código Eléctrico Nacional de Estados Unidos - EN61800-5:
- Equipo electrónico para uso en instalaciones de potencia - CSA C22.2 N.º 14-M91:
- Equipos de control industrial - IEC 68 Parte 2-3: Procedimientos de ensayos ambientales básicos, Parte 2: Ensayos – Ensayo Ca: Calor húmedo - IEC 146.1:
- Convertidores de semiconductores – Requisitos generales y convertidores de línea conmutada. Parte 1-1: - Especificaciones de requisitos básicos - IEC 664:
- Coordinación de aislamientos para aparatos en instalaciones de baja tensión - IEC 447: Interfaz hombre-máquina: principios de maniobra - IEC 439 Parte 1: Conjuntos de aparamenta de baja tensión. - IEC 364: Instalaciones eléctricas en edificios - IEC 204/NFPA 79:
- Equipo eléctrico de las máquinas industriales - IEC 106: Guía para la especificación de las condiciones ambientales para la fijación de las características de funcionamiento de los equipos - IEC 529: Grados de protección proporcionados por los armarios - IEC 1000: Compatibilidad electromagnética - IEC 1800:
- Accionamientos eléctricos de potencia de velocidad variable - IEC 721: Clasificación de las condiciones ambientales - IEC 255-8: Relés de sobrecarga - IEC 801-2,-3,-4,-5: Ensayos de inmunidad - NEMA ICS Parte 4: Relés de sobrecarga - NEMA ICS7: Control y sistemas industriales: variadores de velocidad - UL 508C: Norma UL referente a los requisitos de seguridad para equipos de conversión de potencia.

- IEC 60034-1 (EDICION 12 DE 2010) Clasificación y rendimiento de los motores.
- IEC 60034-30(EDICION 1 DE 2008) Clases de rendimiento para los motores de velocidad única: Define nuevas clases de eficiencia para motores jaula ardilla de velocidad única, su objetivo es armonizar los requerimientos internacionales para motores eléctricos.
- IEC 60034-31(EDICION 1 DE 2010) Guía para selección y uso de motores energéticamente eficientes, incluidas las aplicaciones con frecuencia variables: Ofrece directrices técnicas para el uso de motores en aplicaciones con velocidad constante y variable, no es de uso solamente comercial.
- Motors and Generators”. “Estados Unidos” Parte 30 - Application considerations for constant speed motors used on a sinusoidal bus with harmonic content and general purpose motors used with adjustable-frequency controls or both (2006).

5.2. MARCO AMBIENTAL

Para el marco ambiental encontramos una norma que reglamenta el uso eficiente y ahorro de energía en Colombia, esto se logra con el uso de variadores de frecuencia electrónicos ya que los controladores mecánicos de potencia es un gasto importante de energía, esta es la **LEY 697 DE 2001-MINAMBIENTE**.

Art 1. Declárase el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no

convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales”.

El 22 de Julio de 2009 se publica en la **COMISION EUROPEA (CE)** el **REGLAMENTO 640 DE 2009 DONDE SE APLICA LA DIRECTIVA 2009/32/CE** (Eco diseño) en lo relativo a los requisitos del diseño ecológico para los motores eléctricos.

El anterior reglamento tiene en consideración 18 puntos del cual quisiera resaltar a continuación el número cuatro.

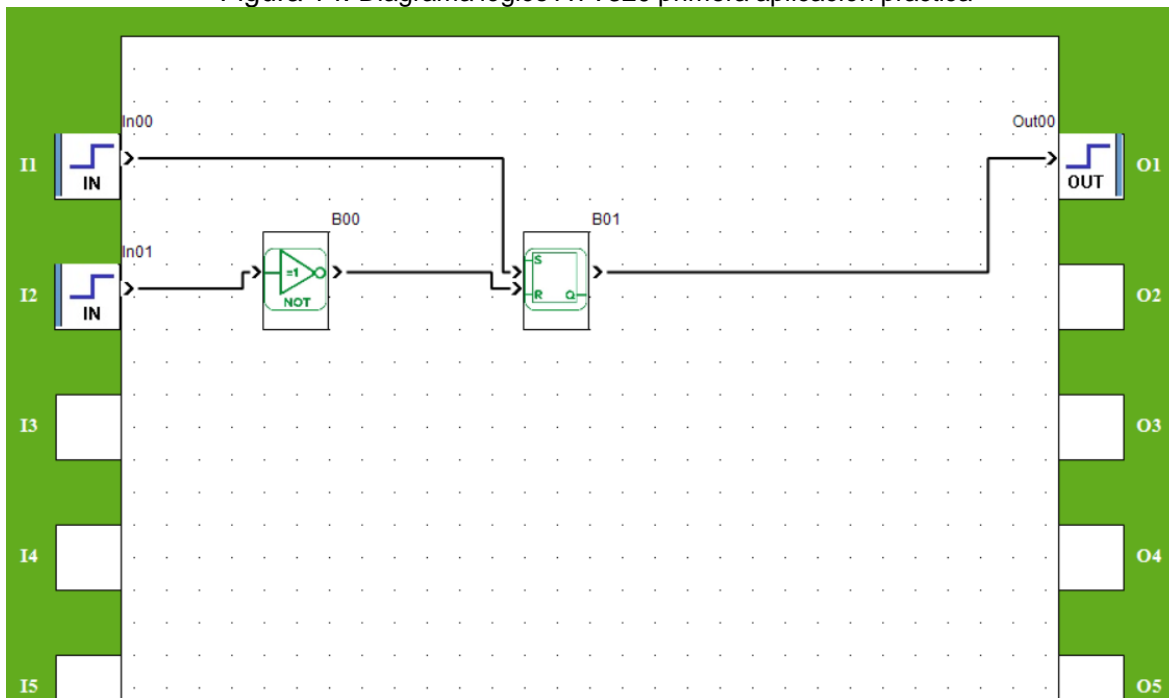
Los sistemas de motor eléctrico incluyen una serie de productos que utilizan energía, como motores, mandos, bombas o ventiladores. Los motores y los mandos de regulación de velocidad constituyen una parte importante de estos productos. Por esta razón el presente Reglamento exige que determinados tipos de motores estén equipados con mandos de regulación de velocidad”.

5.3. Aplicaciones práctica Variador ATV320

5.3.1. Arranque Directo

Utilizando la programación de un convertidor de frecuencia ATV 320 desde una estación de marcha y paro establecer el arranque y parada del motor

Figura 14. Diagrama lógico ATV320 primera aplicación practica



Fuente: Autor

La salida O1 es referida a un parámetro de avance del variador

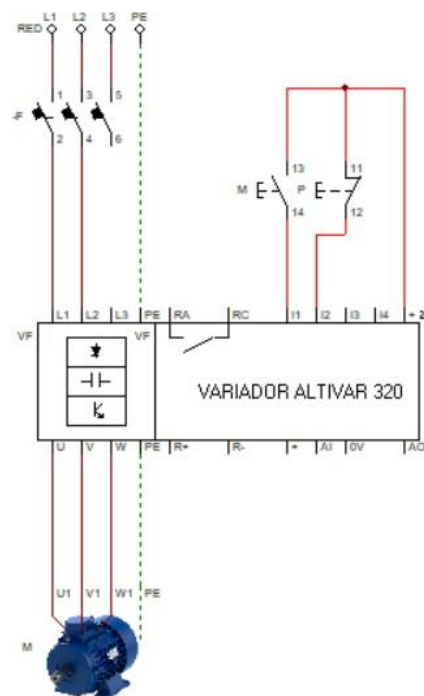
Figura 15. Comandos establecidos para arranques virtuales

Configuración puertos virtuales

Pto.	Tipo datos	Número virtual	Parámetro
O1	Discreto	1	FRD : Avance
O2	No implementado	0	
O3	No implementado	0	
O4	No implementado	0	
O5	No implementado	0	
O6	No implementado	0	
O7	No implementado	0	
O8	No implementado	0	
O9	No implementado	0	
O10	No implementado	0	
O11	No implementado	0	
O12	No implementado	0	

Fuente: Autor

Figura 16. Diagrama cableado potencia y mando aplicación 1

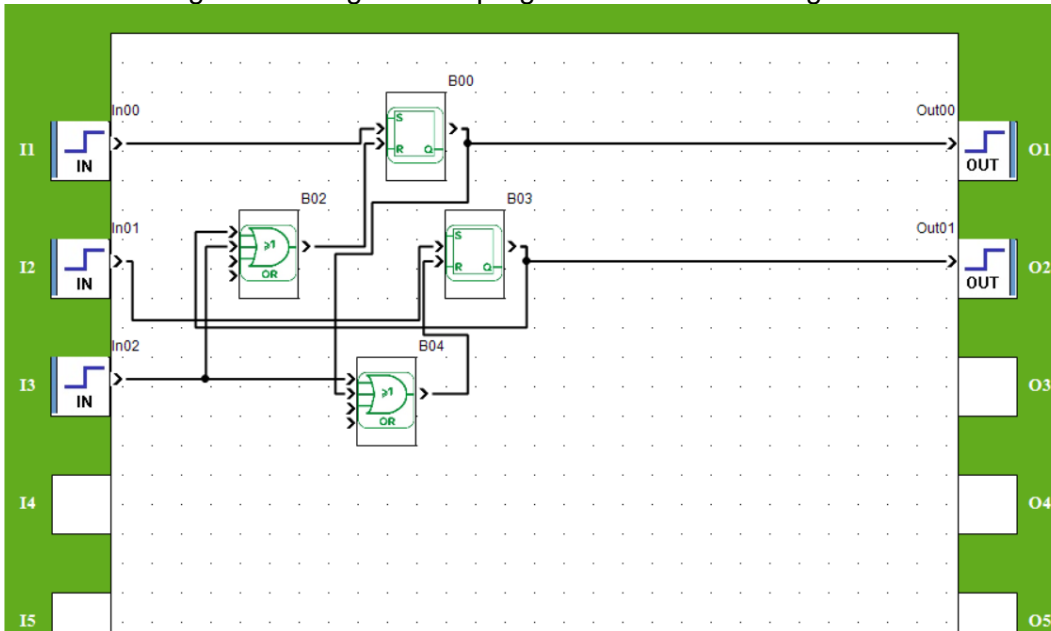


Fuente: Autor

5.3.2. Arranque directo con definición de sentido de giro


La estructura de la aplicación es para definir el sentido de giro de un motor e arranque directo.

Figura 17. Diagrama de programación sentido de giro de un motor



Fuente: Autor

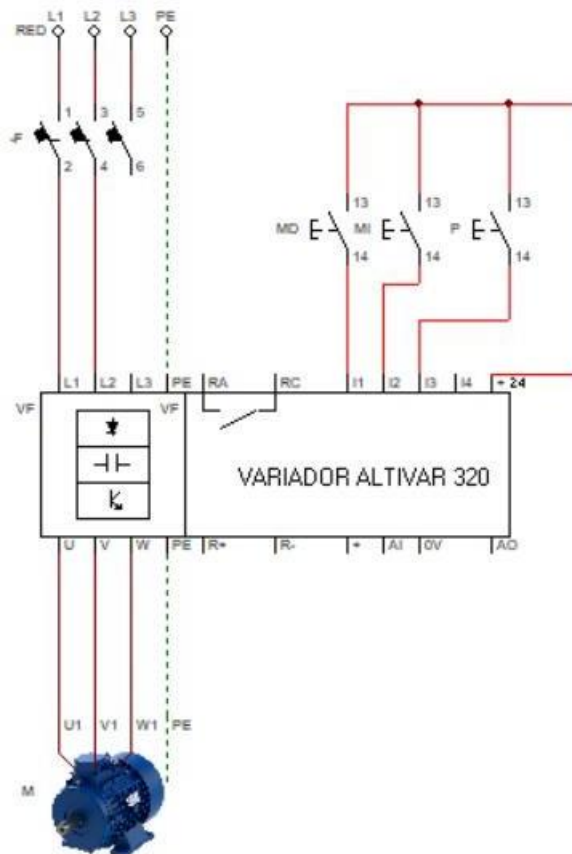
Figura 18. Tabla de comandos para la inversión de giro de un motor

 Configuración puertos virtuales

Prto.	Tipo datos	Número virtual	Parámetro
▶ O1	Discreto	1	FRD : Avance
O2	Discreto	2	RRS : Asig. Marcha Inversa
O3	No implementado	0	
O4	No implementado	0	
O5	No implementado	0	
O6	No implementado	0	
O7	No implementado	0	
O8	No implementado	0	

Fuente: Autor

Figura 19. Cableado fuerza y mando para aplicación de inversión de giro de un motor

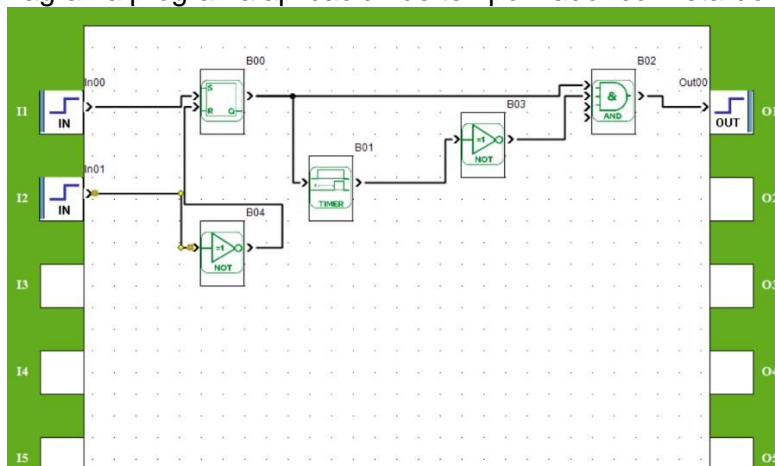


Fuente: Autor

5.3.3. Arranque de un motor con retraso a la conexión

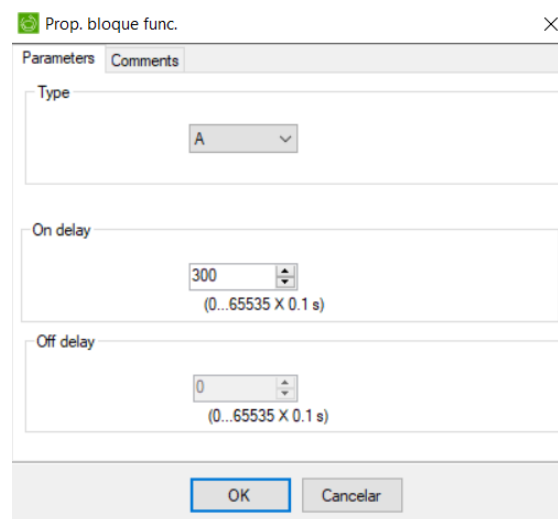
Los módulos temporizadores son muy aplicados en el control de motores eléctricos; la práctica define en el arranque de un motor estando energizado durante un determinado en el cual el temporizador es el encargado de la desconexión del motor.

Figura 20. Diagrama programa aplicación de temporizador con retardo a la conexión



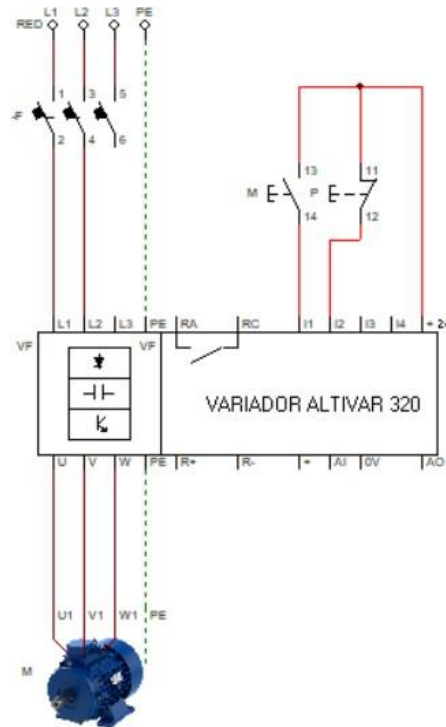
Fuente: Autor

Figura 21. Establecimiento de la configuración de un temporizador en aplicaciones específicas



Fuente: Autor

Figura 22. Diagrama de potencia y control para la aplicación de arranqué de un motor con retardo a la conexión



Fuente: Autor

6. CONCLUSIONES

- El convertidor de frecuencia ATV 320 se utiliza para operatividad de motores asíncronos y síncronos trifásicos en aplicaciones industriales y de maquinaria OEM. Ofrece control vectorial, funciones de seguridad integradas y múltiples protocolos de comunicación industrial. Algunas tareas son. Bandas transportadoras y manejo de materiales, control de velocidad variable, arranques y paradas suaves., posicionamiento preciso.
- En Máquinas de empaque: Sincronización de movimientos, control preciso de velocidad y torque, integración con PLC y redes industriales.
- En Sistemas de elevación: Grúas, montacargas y polipastos, gestión de frenos. limitación de torque y funciones de seguridad.
- En Bombas y ventiladores: Control PID incorporado, ahorro energético ajustando la velocidad según la demanda, reducción de golpes de ariete y desgaste mecánico.
- El ATV320 posee un software de programación atv 320 que define la utilización de salidas a la función requerida, se pueden vincular las salidas con comandos del variador tales como: marcha atrás, adelante velocidades fijas preseleccionadas combinatoria, etc además de poder mostrar señalización de encendido o apagado mediante sus salidas a relé
- La programación por medio del software SoMove es más amigable ya que si guardamos el programa y por algún motivo se desconfigura o se desea realizar un proyecto similar ya se cuenta con la programación y lo único que se debe hacer es conectarse con el variador nuevo y realizar la carga del programa y verificar que esté haciendo lo que se desea realizar.

7. RECOMENDACIONES

- Cuando se requiera utilizar el equipo es necesario leer la ficha técnica del variador para evitar daños a nivel electrónico con fuentes de alimentación equivocadas para realizar las conexiones, de lo contrario podrían ocasionar daño en los equipos.
- Cuando se vaya a ejecutar un programa hay que colocar en modo RUN el variador de velocidad, yendo al menú del plc y haciendo un puente entre la entrada digital 3 y 24V.
- Se debe realizar un proceso organizado en los montajes para evitar confusiones y los datos de entrada deben ser alimentados con los 24V del variador para evitar daños en los equipos.
- No energizar los bancos didácticos sin la ayuda de los auxiliares de laboratorio o en su caso el profesor encargado del laboratorio que supervise las conexiones.
- No utilizar elementos metálicos como anillos cadenas cuando se trabaje en los laboratorios para evitar daño en la salud de los estudiantes.
- Es importante leer las fichas técnicas del variador de frecuencia y sus diagramas de conexión y utilizar el variador con la potencia menor más no mayor a 1HP que es la potencia que brinda el variador.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agudelo, N., Tano, G., & Vargas, C. A. (N.I.). HISTORIA DE LA AUTOMATIZACIÓN.
Universidad ECCI.

<http://ingenierovizcaino.com/ecci/aut1/corte1/articulos/Historia%20de%20la%20Automatizacion.pdf>

Betancur, E. A. S., & Ramos, J. D. S. (2016). *SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO MEDIANTE UN VARIADOR DE FRECUENCIA Y SISTEMA SCADA* [UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA]. <https://docplayer.es/42941906-Sistema-de-control-de-velocidad-de-un-motor-trifasico-mediante-un-variador-de-frecuencia-y-sistema-scada.html>

Carate, A., & Villacis, A. (2011). *Diseño y construcción de un módulo con variador de frecuencia para el control de velocidad de motores asíncronos jaula de ardilla trifásicos para el laboratorio de control industrial*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Centro de Información técnica para la Industria. (2020). *Qué es un Bus de Campo y para qué sirve*. <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-bus-de-campo/>

Iperty Barros, V., & Hermenejildo, J. (2018). *Simulación y automatización de los sistemas variadores de velocidad para motores de corriente continua* [Universidad Politecnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15735>

Lamb, C., Joseph, H., & McDaniel Carl. (2006). *Marketing* (Octava Edición). International Thomson Editores.

Pérez López, E. (2018). *Los sistemas SCADA en la automatización industrial. Tecnología en Marcha*. (Octubre-Diciembre, Vol. 28).

Reportero Industrial. (2014, julio). *EVOLUCIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL*. <https://www.reporteroindustrial.com/temas/Evolucion-de-la-automatizacion-industrial+98784>

Romero, J. A. carrillo, & Boyaca, J. A. R. (2013). ELVARIADOR DE VELOCIDAD COMO MÉTODO DE ARRANQUE IDEAL PARA MOTORES ELÉCTRICOS DE INDUCCIÓN. *I+D*, Vol. 13(No. 1), 34-39.

Rueda, J. M. P. (2015). *Control de un motor de inducción usando un variador de frecuencia* [universidad de Sevilla].

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90201/fichero/proyecto.pdf>

Sanchez, R. A. C., & Villegas, R. E. O. (2007). *Control de velocidad de motores trifásicos conectados en cascada utilizando el PLC Siemens Simatic S7-200, CPU 222* [Universidad de Magallanes].

http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/cardenas_sanchez_2007.pdf

Schneider Electric. (2016). *Variadores de velocidad Altivar Machine ATV320*.

<https://www.technical.cat/PDF/SCHNEIDER/MECATRONICA/schneider-atv-320-altivar-process-catalogo.pdf>

Sequeira, E. (2002). *Automatización basada en un PLC y en un variador de frecuencia de la guillotina para el corte de láminas de la empresa COMECA S.A* [Tecnológico de Costa Rica]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/137>