

UTN.BA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

Cátedra Proyecto Final 2025

Controlador motor trifásico para instalaciones de baja tensión

Anteproyecto

Andrenacci Elian Nahuel, Carra Lucas Manuel

Docente: Mg.Ing. Sebastián Verrastro

Ayudante: Ing. Fernando Valenzuela

Ayudante: Mg.Ing. Pablo Sánchez

Ayudante: Mg.Ing. Mariano Vidal



Índice

1. Introducción	3
2. Motivación	5
3. Concepto del negocio	6
3.1. Análisis FODA	6
Fortalezas	7
Oportunidades	7
Debilidades	7
Amenazas	7
4. Gestión del Alcance	8
Características eléctricas del dispositivo	8
Estructura del EDT	8
Hitos	8
Funcionalidades	8
Tareas	8
EDT	9
5. Gestión del Tiempo	12
6. Gestión del Riesgo	14
7. Gestión de Calidad	22
8. Antecedentes	24

1. Introducción

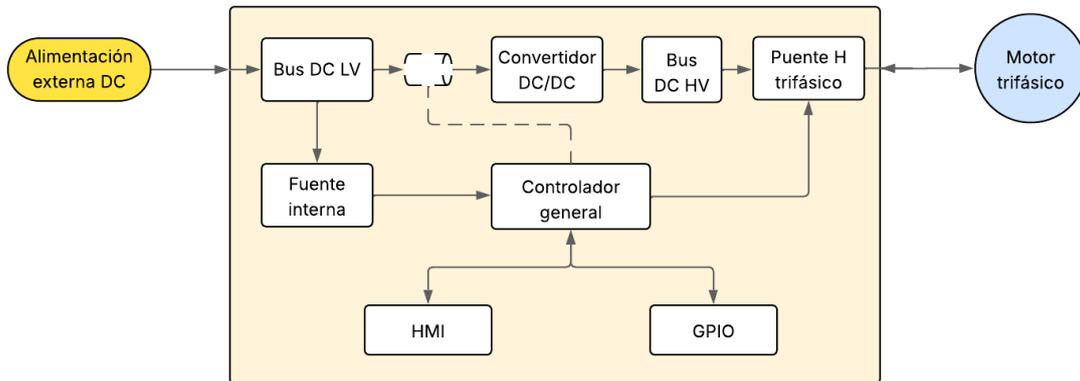
En muchas aplicaciones de baja potencia ubicadas en zonas rurales, de difícil acceso o alejadas de la red eléctrica convencional, el uso de motores trifásicos sigue siendo una necesidad. Equipos como bombas de agua, sistemas de ventilación o herramientas eléctricas industriales requieren de una alimentación alterna trifásica que, en estos contextos, debe generarse localmente a partir de fuentes disponibles como baterías, paneles solares o bancos de energía continua.

El presente proyecto propone el desarrollo de un dispositivo electrónico capaz de alimentar un motor trifásico de hasta 1/3 HP, utilizando como fuente una tensión continua de 12V. Este convertor funciona como un variador de frecuencia, generando una salida trifásica con tensión eficaz entre fases de hasta 220 Vrms y frecuencia de salida variable entre 1 Hz y 150 Hz.

Para lograr el control del motor, se utiliza una técnica de modulación espacial (Space Vector Modulation), sin sensores montados en el eje del motor, lo que permite una instalación más sencilla, sin necesidad de encoder. El sistema está comandado por un controlador que gestiona tanto el disparo de los transistores como la interfaz de usuario y las protecciones internas.

A continuación, se describe diagrama general del sistema, compuesta por los siguientes bloques:

- Bus DC LV: Este es el bus de dc de baja tensión, está conectado directamente a la alimentación externa y va a ser nuestra fuente de energía dentro del dispositivo. En este vamos a encontrar un banco de capacitores y una medición de corriente para protección del equipo.
- Convertor DC a DC: En esta etapa se eleva la tensión del Bus DC LV al bus de alta. Se compone de una fuente elevadora con la potencia suficiente para mantener un funcionamiento continuo.
- Puente H trifásico: Este se conecta al Bus de DC y a partir de la señal de disparo genera una salida trifásica para el motor. En esta etapa vamos a encontrar a los transistores de potencia y a los controladores.
- Controlador: Este es el bloque que controla todo el dispositivo, tiene que comandar los disparos del puente H así como también resolver la interfaz y los puertos de entrada y salida.
- HMI: A través de un display se le permitirá al usuario poder configurar y controlar los parámetros de funcionamiento del dispositivo.
- GPIO: Señales de control que, en conjunto con la HMI, podrán configurar y comandar externamente al dispositivo a través de señales digitales y/o analógicas.



El sistema estará contenido en una carcasa plástica especialmente diseñada para garantizar seguridad eléctrica durante la manipulación, proteger los componentes internos y permitir un montaje simple y robusto en el entorno de uso.

2. Motivación

Desde el uso de los molinos impulsados por el caudal de los ríos o el viento, el hombre busca utilizar el trabajo generado por las máquinas rotativas en uno que los ayude a llevar a cabo sus tareas en forma más sencilla, que implique menos esfuerzo humano y que aumente su productividad. Al comienzo estaban limitados, porque eran sistemas fijos y debían transferir esa energía por grandes distancias hasta el lugar donde debían emplear la máquina o directamente era imposible, limitando su utilidad a un reducido número de actividades a la cercanía del cauce de un río. Con el correr del tiempo esas máquinas comenzaron a poder ser emplazadas en lugares estratégicos, sin depender de los recursos naturales provistos por la geografía o clima del lugar, a vapor o combustión interna, hasta llegar a tener máquinas que se desplazan y transforman la energía cinética en eléctrica, permitiendo utilizar esa energía en diferentes lugares o en movimiento, sin la necesidad de construir un espacio de trabajo en un lugar específico, sino desplazando la maquinaria y los circuitos de producción al lugar de extracción de la materia prima.

En un país como la Argentina, con grandes extensiones de tierras sin suministro eléctrico, la explotación de la energía renovable ha dado lugar a la utilización de grandes máquinas y herramientas eléctricas que tiempo atrás no hubiese sido posible. Si bien es cierto que los generadores eléctricos han dado espacio a estas instalaciones, requerían de mantenimiento periódico para que estuviesen operativas en el momento que se necesitaban, además de necesitar un material combustible que les permitiera funcionar y, en ocasiones podría generar un problema el ruido de los motores.

3. Concepto del negocio

Este desarrollo busca no solo ampliar la funcionalidad de la maquinaria agrícola existente, sino también contribuir a la mejora de la productividad y sostenibilidad de las actividades agropecuarias mediante el aprovechamiento eficiente de los recursos energéticos disponibles. La idea principal de este trabajo es poder emplear las mismas herramientas e instalaciones que puedan ser utilizadas en cualquier ámbito, con la energía eléctrica de red tradicional, con energía renovable o montadas sobre un vehículo. Esto posibilitará a quienes empleen este dispositivo, la posibilidad de no diversificar los materiales de trabajo, a unificar el stock de repuestos y a mantener un único equipamiento mecánico sin importar si se está utilizando en un espacio con suministro eléctrico tradicional o no.

Si bien es posible actualmente llegar a una solución similar, es necesario varios dispositivos que te permitan obtener el mismo resultado. La necesidad de obtener una tensión trifásica a partir de un generador de tensión continua de baja tensión implica tener que, de algún modo, elevar la tensión del generador, invertirla para obtener una tensión de línea tradicional y luego conectar un variador de frecuencia para obtener las tres fases diferentes de frecuencia variable, en pos de variar la velocidad del motor que se le conectará.

El dispositivo diseñado permitirá la conversión, acondicionamiento y regulación de la energía eléctrica para el accionamiento de un motor trifásico de baja potencia (1/3 HP) con velocidad variable generada a partir del motor de combustión interna y el alternador de equipos agrícolas o sistemas de energía solar, eólica con su correspondiente back up de energía eléctrica, posibilitando la operación de motores trifásicos destinados a tareas como sistemas de riego, transporte de materiales mediante cintas motorizadas o procesos de molienda integrados a bordo que puedan emplearse unificando todos los dispositivos que son empleados en instalaciones de energía renovable: Elevadores de tensión, inversores y variadores de frecuencia. La propuesta se enmarca en la necesidad de implementar soluciones energéticas autónomas y portátiles en entornos rurales, donde las condiciones de acceso a la red eléctrica convencional pueden ser limitadas o inexistentes.

Otro segmento de negocio, es la extracción de agua de pozo en zonas o días donde los molinos de agua no tienen la suficiente energía del viento o la distribución, depresión o presurización de agua extraída por estos molinos o de espejos de agua. Con la utilización de una instalación solar o eólica sería posible reemplazar o complementar los circuitos de agua en zonas de difícil acceso para el hombre, evitar una nueva perforación para obtener agua o instalar una que permita el abastecimiento desde un lago o arroyo en viviendas alejadas de cascos urbanos sin la necesidad de llevar una instalación eléctrica hasta el lugar, una situación que habitualmente trae inconvenientes requiriendo mantenimientos imprevistos, dejando sin agua a los usuarios.

3.1. Analisis FODA

El análisis FODA es una herramienta estratégica que permite evaluar tanto los aspectos internos como el entorno externo que afectan al proyecto. Su propósito es

aprovechar al máximo los recursos disponibles, anticiparse a factores del contexto que puedan representar una ventaja o una amenaza, y detectar puntos críticos que puedan requerir mejoras o atención especial a lo largo del desarrollo.

Fortalezas

- La alimentación de baja tensión, nos permite meternos en un nuevo nicho. Permite trabajar con sistemas solares reducidos o baterías.
- Producto robusto y económico.
- Mantenimiento preventivo y reparación: Al conocer el diseño del equipo se puede hacer mantenimiento a los equipos y también otorgar una garantía con un taller de revisión y reparación en caso de falla.
- Productor local: Es una característica muy importante ya que el cliente tiene mayor confianza y los plazos de entrega son muchos más rápidos y económicos.

Oportunidades

- Dada la practicidad puede ocasionar una gran demanda en zonas aisladas, remotas o rurales que se encuentren offgrid.
- Dado que es un único producto de su clase podría aparecer un nuevo rubro o sector diferente en donde encuentre utilidad.
- El desarrollo nacional nos puede dar ventajas en licitaciones públicas o incentivos tecnológicos del gobierno.

Debilidades

- Falta de experiencia y desconocimiento del producto puede desalentar o generar desconfianza en el producto.
- La robustez es muy importante en un controlador de un motor, se necesitan años de estudio riguroso del comportamiento y testeado del equipo para asegurar un funcionamiento ejemplar.
- La certificación eléctrica es un aspecto crucial en un equipo de esta clase y estas son muy costosas.

Amenazas

- Posibilidad de la aparición de competencia con mejores precios y más funcionalidades.
- La escalabilidad no siempre es tan lineal, si aumenta mucho el mercado puede ocurrir que la inversión sea grande.
- El soporte post venta debe funcionar bien ya que en caso de una respuesta lenta al cliente podría perjudicar a la reputación de la marca.

4. Gestión del Alcance

Este proyecto, a partir de la idea de negocio planteada, tiene dos etapas de desarrollo, el trabajo del dispositivo en campo y la ventaja que la configuración y control remoto introduce en el proyecto. La idea del producto admite una conexión WiFi que, en el alcance de este proyecto quedará restringida a una red local que permita una configuración en las cercanías del inversor.

El alcance del proyecto quedará definido en lograr, a partir de una fuente de de 12V de corriente continua, el accionamiento de un motor trifásico de $\frac{1}{3}$ de HP, variar su velocidad de giro, programar sesiones de trabajo diario, informar por señales típicas de 0-10V la velocidad de operación del motor, parada de emergencia, configuración de velocidades a través de un selector.

Características eléctricas del dispositivo

- Vin: 12VDC
- Vout: 3 x 220VAC
- fout: [0 - 150]Hz
- Pmax: 375W / 1/2HP

Estructura del EDT

Hitos

A lo largo del proyecto hemos planteado los hitos en función de los diferentes bloques del diagrama plateado en la introducción de este documento agregando uno para juntar cada uno de ellos y otro que sirva para hacer las pruebas del sistema completo. Cada uno de ellos se identifican con 3 caracteres "Hxx" donde "xx" será un número incremental por prioridad.

Funcionalidades

A su vez, estos hitos los ordenamos según funcionalidades para poder puntualizar las tareas de la mejor manera posible. Cada uno de ellos comienza con un identificador asociado a un hito.

Tareas

Cada tarea tendrá un identificador propio comprendido entre llaves que hará referencia al hito, el tipo de tarea y la prioridad siendo los tipos de tareas:

1. **I** - Investigación
2. **D** - Diseño
3. **G** - Gestión
4. **F** - Fabricación
5. **S** - Software
6. **T** - Testing
7. **R** - Redacción

8. M - Documentación

EDT

- H01 - Conversor DC/DC
 - Conversor DC/DC
 - [CONV-D-1] - Cálculo de transformador
 - [CONV-D-2] - Simulación de transformador
 - [CONV-D-3] - Circuito complementario
 - [CONV-F-1] - Fabricación del transformador
 - [CONV-F-2] - Construcción de prototipo
 - [CONV-G-1] - Adquisición de componentes
 - [CONV-I-1] - Topologías
 - [CONV-I-2] - Controladores
 - [CONV-M-1] - Documentación del conversor
 - [CONV-S-1] - Control
 - [CONV-T-1] - Ensayo de funcionamiento y reporte
- H02 - Controlador trifásico
 - Gestor dinámico
 - [CONT-D-2] - Variación
 - [CONT-D-3] - Arranque suave
 - [CONT-I-8] - Variación
 - [CONT-I-9] - Arranque suave
 - [CONT-M-2] - Documentación del gestor dinámico
 - [CONT-S-2] - Gestor dinámico
 - [CONT-S-5] - Comunicación entre los microcontroladores
 - [CONT-T-1] - Ensayo de funcionamiento y reporte
 - Modulación
 - [CONT-D-1] - Simulación
 - [CONT-F-1] - Construcción de prototipo
 - [CONT-G-1] - Adquisición de componentes
 - [CONT-I-1] - PWM Senoidal (SPWM – Sinusoidal PWM)
 - [CONT-I-2] - SVPWM (Space Vector PWM)
 - [CONT-I-3] - PWM por histéresis (Hysteresis Current Control)

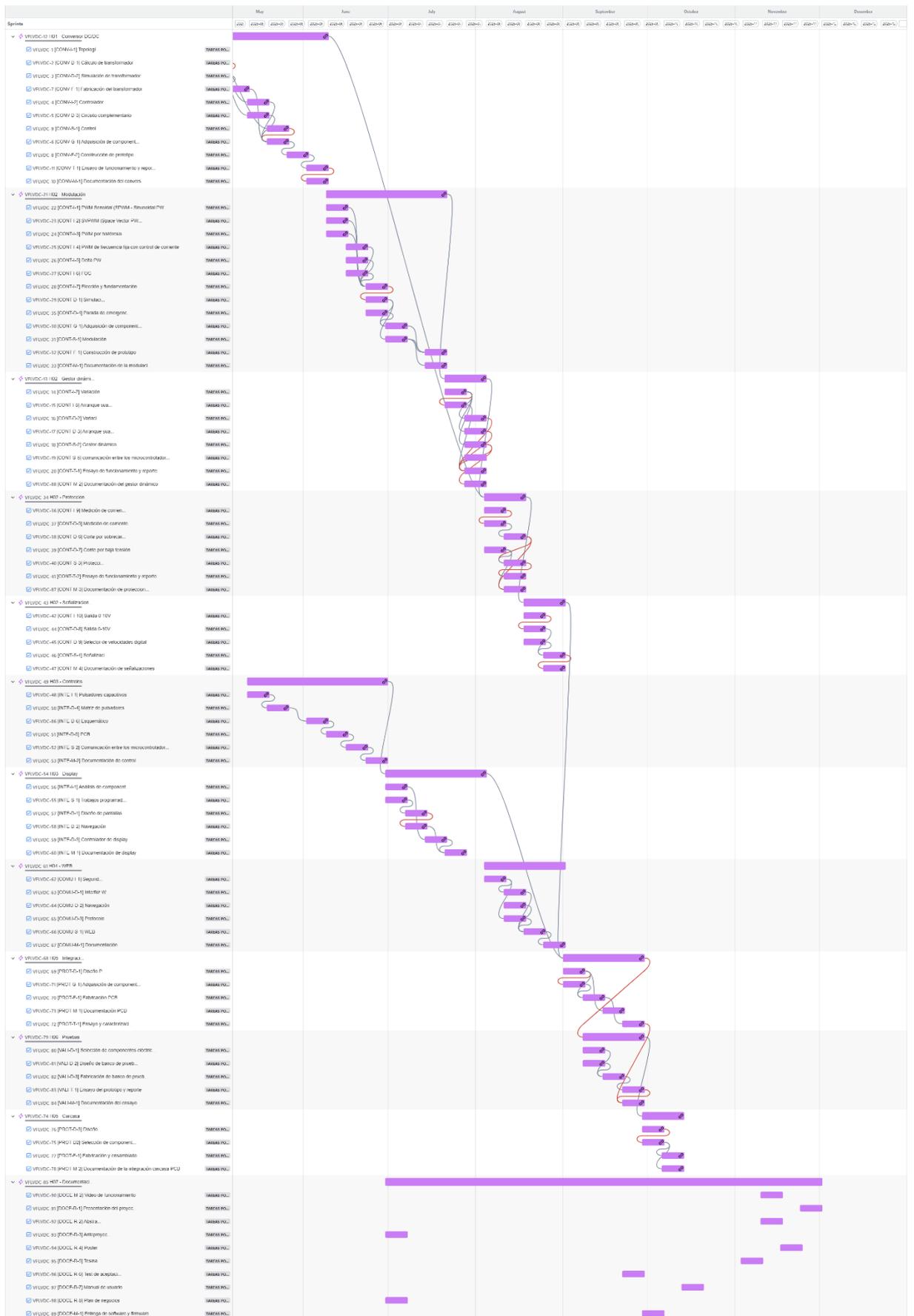
 - [CONT-I-4] - PWM de frecuencia fija con control de corriente
 - [CONT-I-5] - Delta PWM
 - [CONT-I-6] - FOC
 - [CONT-I-7] - Elección y fundamentación
 - [CONT-M-1] - Documentación de la modulación
 - [CONT-S-1] - Modulación
 - Protecciones
 - [CONT-D-4] - Parada de emergencia
 - [CONT-D-5] - Medición de corriente
 - [CONT-D-6] - Corte por sobrecarga
 - [CONT-D-7] - Corte por baja tensión
 - [CONT-I-10] - Medición de corriente

- [CONT-M-3] - Documentación de protecciones
 - [CONT-S-3] - Protección
 - [CONT-T-2] - Ensayo de funcionamiento y reporte
 - Señalizaciones
 - [CONT-D-8] - Salida 0-10V
 - [CONT-D-9] - Selector de velocidades digital
 - [CONT-I-10] - Salida 0-10V
 - [CONT-M-4] - Documentación de señalizaciones
 - [CONT-S-4] - Señalización
- H03 - Comunicación
 - WEB
 - [COMU-D-1] - Interfaz WEB
 - [COMU-D-2] - Navegación
 - [COMU-D-3] - Protocolo
 - [COMU-I-1] - Seguridad
 - [COMU-M-1] - Documentación del software WEB
 - [COMU-S-1] - WEB
- H04 - Interfaz HMI
 - Controles
 - [INTE-D-4] - Matriz de pulsadores
 - [INTE-I-2] - Pulsadores capacitivos
 - [INTE-D-5] - PCB
 - [INTE-M-2] - Documentación de control
 - [INTE-S-2] - Comunicación entre los microcontroladores
 - Display
 - [INTE-D-1] - Diseño de pantallas
 - [INTE-D-2] - Navegación
 - [INTE-D-3] - Controlador de display
 - [INTE-I-1] - Análisis de componentes
 - [INTE-M-1] - Documentación de display
 - [INTE-S-1] - Trabajos programados
- H05 - Prototipo final
 - Carcasa
 - [PROT-D-2] - Selección de componentes
 - [PROT-D-3] - Diseño 3D
 - [PROT-F-2] - Fabricación y ensamblado
 - [PROT-M-2] - Documentación de la integración carcasa-pcb
 - Integración
 - [PROT-D-1] - Diseño PCB
 - [PROT-F-1] - Armado de PCB
 - [PROT-G-1] - Adquisición de componentes
 - [PROT-M-1] - Documentación del PCB
 - [PROT-T-1] - Ensayo y caracterización
- H06 - Validación
 - Pruebas
 - [VALI-D-1] - Selección de componentes eléctricos
 - [VALI-D-2] - Diseño de banco de pruebas

- [VALI-D-3] -Fabricación de banco de pruebas
- [VALI-M-1] -Documentación del ensayo
- [VALI-T-1] -Ensayo del prototipo y reporte
- H07 - Documentación
 - Informes
 - [DOCE-M-1] - Entrega de software y firmware
 - [DOCE-M-2] - Video de funcionamiento
 - [DOCE-R-1] - Presentación del proyecto
 - [DOCE-R-2] - Abstract
 - [DOCE-R-3] - Anteproyecto
 - [DOCE-R-4] - Poster
 - [DOCE-R-5] - Tesina
 - [DOCE-R-6] - Test de aceptación
 - [DOCE-R-7] - Manual de usuario
 - [DOCE-R-8] - Plan de negocios

5. Gestión del Tiempo

En función del EDT presentado anteriormente, y utilizando el orden de los hitos como guía, se hizo la distribución de las tareas, priorizando las tareas que involucren a terceros: Compras de componentes y fabricación de PCB. Si bien la idea es priorizar estas dos tareas, las de investigación y desarrollo son las que habitualmente le darán inicio a cada funcionalidad ya que, sin ellas, no sabríamos qué y cuántos se deben adquirir.



6. Gestión del Riesgo

A lo largo de las tareas hemos identificado y desarrollado un total de 72 motivos de riesgo de las cuales, si tomo solo el 20% de ellas me quedo con 15 que están encuadradas en la siguiente tabla:

ID	Descripción	Fuente	Imp.	Prob.	Calificación	
CONT-D-1	Fallas en la elección de la topología	Diseño	0,9	0,8	0,72	Alto
CONT-D-1	Rendimiento simulado insuficiente	Diseño	0,7	0,8	0,56	Alto
CONV-F-1	No se consiguen los materiales en el mercado local	Proveedores	0,5	0,8	0,4	Modera.
CONV-T-1	El transformador está mal construido y no entrega la potencia necesaria	Fabricación	0,9	0,4	0,36	Modera.
PROT-D-1	Al PCB le faltaron rutear una o más pistas	Diseño	0,9	0,4	0,36	Modera.
PROT-F-1	Pérdida de componentes	Proveedores	0,9	0,4	0,36	Modera.
PROT-F-1	Error en el diseño del footprint	Diseño	0,9	0,4	0,36	Modera.
CONV-T-1	Errores de diseño hacen que la tensión no sea lo suficientemente alta	Diseño	0,9	0,4	0,36	Modera.
PROT-T-1	Rotura del banco de pruebas	Herramientas	0,7	0,4	0,28	Medio
CONT-D-1	Dificultades para simular el desfasaje	Diseño	0,3	0,8	0,24	Medio
CONT-S-3	Error en el cálculo de la corriente máxima de algún componente y la corriente quedó sobredimensionada	Diseño	0,3	0,8	0,24	Medio



CONT-T-1	Falla el circuito y se quema una de las placas de potencia	Diseño	0,3	0,8	0,24	Medio
CONV-D-2	El transformador está mal calculado y no entrega la potencia necesaria	Diseño	0,5	0,4	0,2	Medio
PROT-D-1	Ruido eléctrico interfiere en el display	Diseño	0,5	0,4	0,2	Medio
PROT-D-1	El motor no arranca por falta de potencia en la entrada	Herramientas	0,5	0,4	0,2	Medio
DOCE-M1	Pérdida de código por error en el versionado	Herramientas	0,9	0,2	0,18	Medio
PROD-D-1	El motor quema la etapa de entrada del convertidor por exceso de corriente en el arranque	Diseño	0,9	0,2	0,18	Medio
PROT-F-1	Componentes falsos	Proveedores	0,7	0,2	0,14	Medio
VALI-D-3	Demoras en la fabricación del banco de pruebas	Proveedores	0,7	0,2	0,14	Medio
CONT-D-4	La parada de emergencia origina un retorno de energía desde el motor que quema la circuitería	Diseño	0,3	0,4	0,12	Medio
CONT-D-5	No se tuvieron en cuenta cuestiones de diseño constructivas de los dispositivos y la medición es errónea	Diseño	0,3	0,4	0,12	Medio
CONT-D-6	No se tuvieron en cuenta cuestiones de diseño constructivas de los	Diseño	0,3	0,4	0,12	Medio



	dispositivos y la medición es errónea					
CONT-D-7	No se tuvieron en cuenta cuestiones de diseño constructivas de los dispositivos y la medición es errónea	Diseño	0,3	0,4	0,12	Medio
CONT-S-1	Error en el cálculo de cruce por cero - Corto circuito entre GND y VCC	Diseño	0,3	0,4	0,12	Medio
CONT-T-1	Falla el circuito y se quema una de las placas de control	Diseño	0,3	0,4	0,12	Medio
CONV-G-1	Los transistores elegidos no se encuentran en stock	Proveedores	0,3	0,4	0,12	Medio
PROT-D-1	Los pulsadores capacitivos no funcionan correctamente	Diseño	0,3	0,4	0,12	Medio
PROT-G-1	Faltantes de insumos de fabricación	Proveedores	0,3	0,4	0,12	Medio
COMU-S-1	Pérdida de código por error en el versionado	Herramientas	0,5	0,2	0,1	Medio
CONV-S-1	El circuito integrado no soporta la corriente de disparo de los transistores del convertidor	Diseño	0,5	0,2	0,1	Medio
PROT-D-1	Error de montaje de componentes por parte del manufacturero	Proveedores	0,5	0,2	0,1	Medio
PROT-F-2	La carcasa no encastra correctamente con los PCB	Diseño	0,5	0,2	0,1	Medio



PROT-T-1	Defectos de los dispositivos de medición	Herramientas	0,5	0,2	0,1	Medio
PROT-D-1	Al fabricante del PCB le faltaron rutear una o más pistas	Proveedores	0,9	0,1	0,09	Bajo
CONT-S-5	Falsos contactos en el cableado entre placas	Fabricación	0,1	0,8	0,08	Bajo
COMU-D-1	Vencimiento de la licencia gratuita con beneficios extendidos de la plataforma de diseño	Herramientas	0,7	0,1	0,07	Bajo
COMU-D-2	Vencimiento de la licencia gratuita con beneficios extendidos de la plataforma de diseño	Herramientas	0,7	0,1	0,07	Bajo
CONV-T-1	El transformador está mal calculado y no entrega la potencia necesaria	Diseño	0,7	0,1	0,07	Bajo
INTE-D-3	Pérdida de código por error en el versionado	Herramientas	0,7	0,1	0,07	Bajo
INTE-S-1	Pérdida de código por error en el versionado	Herramientas	0,7	0,1	0,07	Bajo
COMU-D-3	Ausencia de un campo de información finalizado el desarrollo	Software	0,3	0,2	0,06	Bajo
INTE-D-1	Vencimiento de la licencia gratuita con beneficios extendidos de la plataforma de diseño	Herramientas	0,3	0,2	0,06	Bajo



VALI-D-3	Rotura de herramientas de fabricación	Herramientas	0,3	0,2	0,06	Bajo
VALI-D-3	Falta de insumos de fabricación	Proveedores	0,3	0,2	0,06	Bajo
CONT-F-1	El fabricante de PCB demora en la entrega	Proveedores	0,5	0,1	0,05	Bajo
PROT-F-1	Componentes defectuosos de fábrica	Proveedores	0,9	0,05	0,045	Bajo
CONT-F-1	No se consiguen los conectores o cables que une ambas placas	Proveedores	0,1	0,4	0,04	Bajo
CONT-G-1	El componente que necesitamos no se encuentra en stock	Proveedores	0,1	0,4	0,04	Bajo
PROT-D-3	Vencimiento de la licencia gratuita con beneficios extendidos de la plataforma de diseño	Herramientas	0,7	0,05	0,035	Bajo
CONT-D-8	Los valores de referencia nunca son alcanzados	Diseño	0,3	0,1	0,03	Bajo
CONV-D-2	La topología elegida no resulta ser la indicada	Diseño	0,3	0,1	0,03	Bajo
CONV-F-1	El transformador no puede ser construido por limitaciones físicas	Diseño	0,3	0,1	0,03	Bajo
DOCE-M-2	Pérdida o rotura del dispositivo que filmó el video	Herramientas	0,3	0,1	0,03	Bajo
INTE-D-4	Pérdida de código por error en el versionado	Herramientas	0,3	0,1	0,03	Bajo
PROT-G-1	Demoras de fabricación de la carcasa	Proveedores	0,3	0,1	0,03	Bajo



CONT-D-3	El arranque no es lo suficientemente suave y quema los transistores de salida	Software	0,5	0,05	0,025	Insignif.
INTE-D-5	Vencimiento de la licencia gratuita con beneficios extendidos de la plataforma de diseño	Herramientas	0,5	0,05	0,025	Insignif.
CONT-F-1	El diseño de los PCB no coinciden en los orificios de montaje	Diseño	0,3	0,05	0,015	Insignif.
CONT-D-5	La resistencia estaba mal dimensionada, no soporta la potencia que debe disipar	Diseño	0,1	0,1	0,01	Insignif.
CONT-D-6	La resistencia estaba mal dimensionada, no soporta la potencia que debe disipar	Diseño	0,1	0,1	0,01	Insignif.
CONT-D-7	La resistencia estaba mal dimensionada, no soporta la potencia que debe disipar	Diseño	0,1	0,1	0,01	Insignif.
COMU-I-1	Abonos para obtener información útil	Herramientas	0,1	0,05	0,005	Insignif.
CONT-I-1	Abonos para obtener información útil	Herramientas	0,1	0,05	0,005	Insignif.
CONT-I-10	Abonos para obtener información útil	Herramientas	0,1	0,05	0,005	Insignif.
CONT-I-2	Abonos para obtener información útil	Herramientas	0,1	0,05	0,005	Insignif.



CONT-I-3	Abonos para obtener información útil	Herramientas	0,1	0,05	0,005	Insignif.
CONT-I-4	Abonos para obtener información útil	Herramientas	0,1	0,05	0,005	Insignif.
CONT-I-5	Abonos para obtener información útil	Herramientas	0,1	0,05	0,005	Insignif.
CONT-I-6	Abonos para obtener información útil	Herramientas	0,1	0,05	0,005	Insignif.
CONT-I-8	Abonos para obtener información útil	Herramientas	0,1	0,05	0,005	Insignif.
CONT-I-9	Abonos para obtener información útil	Herramientas	0,1	0,05	0,005	Insignif.
CONT-I-10	Abonos para obtener información útil	Herramientas	0,1	0,05	0,005	Insignif.

Luego de este análisis detallamos el plan de ejecución para evitar estos riesgos:

1. Fallas en la elección de la topología:
 - a. Priorización del diseño frente a otras tareas;
 - b. Ensayos varios sobre circuitos físicos;
2. Rendimiento simulado insuficiente
 - a. Priorización del diseño frente a otras tareas;
 - b. Ensayos varios sobre circuitos físicos;
 - c. Pruebas sobre motores utilizando variadores de frecuencia comerciales con entrada de continua;
3. No se consiguen los materiales en el mercado local
 - a. Diseño temprano de PCB
 - b. Compra en exceso de dispositivos críticos
4. El transformador está mal construido y no entrega la potencia necesaria
 - a. Fabricación de transformador con un proveedor especializado
5. Al PCB le faltaron rutear una o más pistas
 - a. Validaciones cruzadas de footprints
 - b. Validaciones cruzadas de esquemáticos
 - c. Validaciones cruzadas de PCB
6. Pérdida de componentes
 - a. Compra en exceso de dispositivos críticos
 - b. Compra en exceso de dispositivos pequeños
 - c. Compra en exceso de dispositivos sin marking

7. Error en el diseño del footprint
 - a. Validaciones cruzadas de footprints
 - b. Checkbox en componentes para registrar validación
 - c. Agregado de hoja de datos al esquemático
 - d. Agregado de nombre del componente según el fabricante
8. Errores de diseño hacen que la tensión no sea lo suficientemente alta
 - a. Diseño autodefensivo con tensiones sobredimensionadas
 - b. Cálculo de convertido con duty de respaldo
9. Rotura del banco de pruebas
 - a. Fabricación de partes críticas de repuesto
 - b. Colaboración externa especializada
10. Dificultades para simular el desfasaje
 - a. Sobreestimación de los tiempos de trabajo
11. Error en el cálculo de la corriente máxima de algún componente y la corriente quedó sobredimensionada
 - a. Justificación y documentación de los componentes elegidos
 - b. Compra en exceso de dispositivos críticos
12. Falla el circuito y se quema una de las placas de potencia
 - a. Fabricación de placa extra
 - b. Compra en exceso de dispositivos críticos
 - c. Circuitería de protección ruteada sin montar
13. El transformador está mal calculado y no entrega la potencia necesaria
 - a. Ensayos exhaustivos durante el diseño
14. Ruido eléctrico interfiere en el display
 - a. Fabricación de pantalla metálica para separar circuitos ruidosos
15. El motor no arranca por falta de potencia en la entrada
 - a. Pruebas con batería de auto de respaldo

7. Gestión de Calidad

La gestión de la calidad en este proyecto busca asegurar que el producto final cumpla con las expectativas del usuario, los requerimientos funcionales y las condiciones de seguridad establecidas. Para ello, se implementan herramientas de planificación y análisis que permiten alinear las decisiones de diseño con las verdaderas necesidades del entorno de uso.

Como método principal, se utiliza la matriz QFD (Quality Function Deployment), que permite traducir las necesidades del usuario en especificaciones técnicas concretas. Este enfoque facilita priorizar los aspectos críticos del diseño, optimizar recursos y anticipar posibles desviaciones en las etapas de desarrollo. De esta manera, se asegura que el producto no solo funcione correctamente, sino que además sea seguro, eficiente, confiable y sencillo de utilizar e instalar.

Según una lista de requisitos de usuario y requisitos técnicos se agrega un peso y se puntúan las interrelaciones. Las relaciones pueden ser alta, media, baja y nula que se asignan el valor de 9, 6, 3 y 0 respectivamente.

Peso	Requisito de usuario \ Requisito técnico	Tensión de salida	Tensión de entrada	Frecuencia de salida	Protecciones contra sobrecorriente	Aislamiento entrada salida	Algoritmo de modulación	Display con menú	GPIOs	Access point
8	Facilidad de instalación	Alta	Alta	Baja	Baja	Media	Baja	Media	Media	Baja
4	Seguridad eléctrica	Alta	Alta	Baja	Alta	Alta	Baja	Nula	Nula	Nula
3	Control preciso de velocidad	Nula	Nula	Alta	Nula	Nula	Alta	Nula	Nula	Nula
7	Configuración simple	Nula	Nula	Nula	Nula	Nula	Nula	Alta	Media	Alta
8	Versatilidad de alimentación	Media	Alta	Nula	Nula	Media	Nula	Nula	Nula	Nula
6	Eficiencia	Media	Alta	Baja	Baja	Nula	Alta	Nula	Nula	Nula
7	Precio	Media	Alta	Baja	Baja	Media	Baja	Media	Baja	Media

Con el peso y el valor asignado se puede calcular un valor de importancia de cada característica. Analizando la siguiente tabla encontramos la característica más influyente para nuestro proyecto, la tensión de entrada del dispositivo. Esto nos va a condicionar la construcción del equipo, por un lado es interesante que la tensión sea baja para una instalación simple, versátil, con un impacto en el precio, etc.



	Tensión de salida	Tensión entrada	Frecuencia de salida	Protecciones contra sobrecorriente	Aislamiento entrada salida	Algoritmo modulación	Display con menú	GPIOs	Access point
Importancia	234	297	102	99	174	138	153	111	129
Importancia	16,3%	20,7%	7,1%	6,9%	12,1%	9,6%	10,6%	7,7%	9,0%

8. Antecedentes