

MODULO ELECTRÓNICO MULTIPLEXADO PARA LA EXPANSIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS DE LAS TARJETAS I/O PROVOX DEL CONTROLADOR DELTA V DE LA PLANTA LGN CASO: COMPLEJO PETROQUÍMICO ANA MARIA CAMPOS

Realizado por:
Ing. Nava, Alejandro / Correo: ajnv20@gmail.com
Ing. Prieto, Hernando / Correo: hjprietod@gmail.com

Tutor Académico:
MSC. José Gonzalez Bracamontes/ Correo: jjgonzalez1@urbe.edu.ve

Tutor Metodológico:
Dra. Maribel, Ordoñez / Correo: mordoñez@urbe.edu.ve

Por más de una década, el sistema de control y los módulos incorporados a la Planta de LGN (Gas Natural licuado) han estado descontinuados o en un alto nivel de obsolescencia, ocasionando que, si alguno de los módulos presenta daños irreparables, sea imposible encontrar repuestos o un reemplazo para estos. En este contexto, una tarjeta multiplexora se presenta como una solución para aliviar la cantidad de canales que quedan disponibles.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo Desarrollar un módulo electrónico multiplexado para la expansión de señales analógicas de las Tarjetas I/O Provox del

Controlador Delta V de la planta LGN en el complejo petroquímico Ana María Campos; de esta manera facilitando y expandiendo la adquisición de datos dentro de la planta permitiendo tener mayor oportunidad de realizar labores y operaciones de análisis dentro de ella.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los hallazgos de la investigación y el análisis de los datos utilizando la metodología elegida para alcanzar los objetivos específicos. Su propósito es proporcionar un enfoque lógico y estructurado para los objetivos establecidos, presentando resultados viables que estén alineados con la propuesta destinada para abordar la problemática planteada anteriormente.

Esto se logrará mediante la explicación detallada del progreso a lo largo de las distintas etapas del estudio, en consonancia con las actividades delineadas en el capítulo previo. Este análisis representa la parte conclusiva del trabajo investigativo. Se emplearán diversas técnicas de análisis para examinar cada resultado individual, con el fin de establecer vínculos entre las condiciones observadas en la realidad y el objeto de estudio: Desarrollar un módulo electrónico multiplexado para la expansión de señales analógicas de las Tarjetas I/O Provox del Controlador Delta V de la planta LGN caso: Complejo Petroquímico Ana María Campos.

FASE I. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En esta fase de la investigación se comparten los resultados obtenidos de la implementación del primer objetivo específico del trabajo referido a analizar la dinámica actual de la configuración del sistema de control con los módulos anexados al Controlador Delta V.

Esta recopilación de datos se logró mediante un guion de entrevista sirviendo como mecanismo para realizar las preguntas a tres (3) ingenieros dentro del departamento de “Automatización y Control de Procesos” en Petroquímica de Venezuela, Complejo: Ana María Campos; con un total de cinco (5) preguntas ya preparadas para recaudar información más específica. Del mismo modo, se realizaron distintas revisiones bibliografías a partir de manuales y manuales de operación, datasheets, artículos y trabajos de investigación

Tabla 1.

Pregunta 1: “Describa el problema actual dentro de la planta que genera la dificultad para la adquisición de datos”		
Ítem	**Sujeto**	**Observaciones**
1	Ingeniero Electrónico en Automatización y Control	La falta de disponibilidad de tarjetas analógicas de entradas.
	(1) Ingeniero en Instrumentación y Control de Procesos	La falta de repuesto en el sistema de control (hardware) módulo de entradas, que están obsoletas y no se consigue en el mercado.
	(2) Ingeniero en Instrumentación y Control de Procesos	La obsolescencia. El fabricante ya no produce repuestos ni tarjetas Provox compatibles con el DCS.

Fuente: Nava, V & Prieto (2025)

Tabla 2.

Pregunta 2: "Cual es el sistema de control que rige en la planta y cuáles son los equipos/módulos electrónicos anexados a este?"		
Ítem	**Sujeto**	**Observaciones**
2	Ingeniero Electrónico en Automatización y Control	El sistema de control que rige es el Delta V de EMERSON, los equipos electrónicos anexados son CCC y PLC.
	(1) Ingeniero en Instrumentación y Control de Procesos	El DCS es Delta V de la compañía Emerson, y los módulos electrónicos y equipos anexados son Provox Fisher de la misma compañía; que incluye sistemas de vibraciones, PLC, módulo anti-ondeo o llamada CCC.
	(2) Ingeniero en Instrumentación y Control de Procesos	El SCD Delta V. Módulos y tarjetas de entrada/salida Provox, controladores principales, estaciones de operación e ingeniería, módulos anti-ondeo y PLCs.

Fuente: Nava, V & Prieto (2025)

Tabla 3.

Pregunta 3: "¿Cuentan con la cantidad de módulos suficientes para satisfacer las necesidades de adquisición de datos dentro de la planta y los equipos instalados están a la vanguardia?"		
Ítem	**Sujeto**	**Observaciones**
3	Ingeniero Electrónico en Automatización y Control	El sistema Delta V es un sistema de última tecnología, sin embargo, no está actualizado, no contamos con la cantidad de modulo suficiente para integrar más señales.
	(1) Ingeniero en Instrumentación y Control de Procesos	No se cuentan con los repuestos necesarios y están en obsolescencia.

Fuente: Nava, V & Prieto (2025)

Como resultado de las entrevistas realizadas en el departamento de automatización de procesos, se puede observar que el sistema de control distribuido Delta V se encuentra limitado físicamente por la presencia del hardware heredado, específicamente las tarjetas de entrada y salida de la serie Provox Fisher. El análisis confirma que el alto nivel de obsolescencia tecnológica de estos equipos y la baja disponibilidad de repuestos en el mercado representan el principal factor crítico, impidiendo la integración y el monitoreo de nuevos instrumentos de campo.

Asimismo, las respuestas obtenidas demuestran que la infraestructura actual no cuenta con la disponibilidad de canales necesarios para soportar futuras expansiones, lo que compromete la escalabilidad del sistema. Ante esta limitación física y la inviabilidad de realizar una sustitución total de la arquitectura de control, se determinó de manera unánime la necesidad imperativa de desarrollar un módulo de expansión.

FASE II: DETERMINAR LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Esta fase comprende el segundo objetivo de la investigación, dedicado a determinar los requerimientos técnicos del módulo electrónico multiplexor para la expansión de señales analógicas de las Tarjetas I/O Provox del Controlador Delta V. Para cumplir con ello se ha determinado por medio de las conversaciones y entrevistas con los tres (3) ingenieros supervisores del departamento de "Automatización y Control de Procesos" cada uno de los componentes, componentes pasivos y circuitos integrados que el módulo electrónico debe de poseer para poder cumplir con los requerimientos y las demandas para su optimo funcionamiento.

A. MUX36S16

El MUX36S16 (MUX36xxx) es un multiplexor analógico de semiconductor complementario de oxido metálicos modernos (CMOS). El MUX36S16 ofrece 16:1 canales de entrada simple. El MUX36S16 funciona bien con fuentes duales (±5 V a ±18 V) o con una sola fuente de alimentación (10 V a 36 V). También tiene un desempeño bien con fuentes de alimentación simétricas (como V_{DD}= 12 V, V_{SS}= -12 V), y asimétricamente (como V_{DD}= 12 V, V_{SS}= -5 V). Todas las entradas digitales tienen un límite compatible con lógica TTL, asegurando que ambas lógicas como TTL y CMOS tengan la compatibilidad para operar dentro del rango de voltaje de alimentación valido.

El MUX36S16 tiene muy baja corriente de fuga en estado activos e inactivo, permitiendo que este multiplexor pueda alternar señales de fuentes de fuentes de alta impedancia con un error mínimo; al igual que un bajo nivel de resistencia en estado activo de 125 Ω.

CUADRO 4. Especificaciones MUX36S16

NÚMERO DE PARTE	EMPAQUE	TAMAÑO (NOM)
MUX36S16IDRW	SOIC (28)	17.9 mm x 7.50 mm

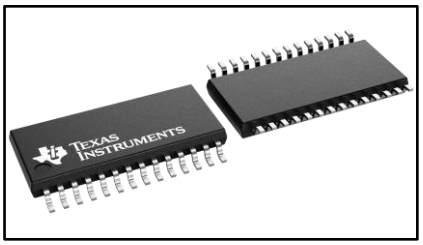


Figura 5. MUX36S16

Fuente: Texas Instruments, 2019.

B. TPS26600

Los TPS2660x son fusibles electrónicos de alto voltaje, compactos y, con numerosas funciones, que incluyen una suite completa de características de protección. El amplio rango de voltaje de entrada de 4.2 a 60 V le permite controlar muchos voltajes de bus DC populares. El dispositivo puede soportar y proteger de carga de tensiones de alimentación positivas y negativas de hasta ±60 V. Los FETs integrados en serie proporcionan una función de bloqueo de corriente inversa, haciéndolo un dispositivo adecuado para sistemas con requisitos de retención de voltaje de salidas durante fallas de energía y caídas de tensión. La protección de carga, fuente y dispositivo están provistas de muchas funciones ajustables incluyendo sobre corriente, velocidad de respuesta de salida y límites de sobretensión y subtensión. Los robustos bloques de control de protección internos, junto con la alta tensión nominal del TPS2660x ayudan a simplificar el diseño del sistema de protección contra sobretensiones.

CUADRO 5. Especificaciones TPS26600

NÚMERO DE PARTE	EMPAQUE	TAMAÑO (NOM)
TPS26600PWP	HTSSOP (16)	5.00 mm x 4.40 mm

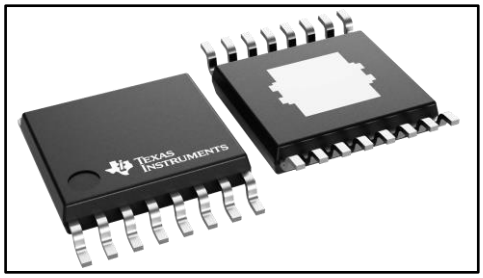


Figura 6. TPS26600

Fuente: Texas Instruments, 2019.

C. µA7824

Esta serie de reguladores fijos de tensión de circuitos integrados están diseñados para un amplio rango de aplicaciones. Estas aplicaciones incluyen la regulación en tarjeta para eliminar el ruido y los problemas de distribución asociados con la regulación de un punto único. Cada uno de estos reguladores puede entregar hasta 1.5 A de corriente de salida. Las características internas de limitación de corriente y apagado térmico de estos reguladores los hace esencialmente inmune a las sobrecargas. Además de usarse como reguladores de tensión fija, estos dispositivos pueden ser usados con componentes externos para obtener tensiones y corrientes de salida ajustables, y

también usarse como elemento de paso de potencia en reguladores de precisión.

CUADRO 6. Especificaciones µA7824

NÚMERO DE PARTE	EMPAQUE	TAMAÑO (NOM)
µA78xx	TO-220 (3)	10.16 mm x 8.82 mm

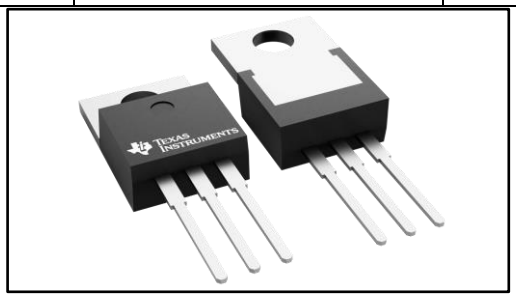


Figura 7. µA7824

Fuente: Texas Instruments, 2015.

D. 1.5KE27CA

La serie 1.5KE está diseñada específicamente para proteger equipos electrónicos sensibles de transitorios de voltaje inducidos por rayos y otros eventos de voltaje transitorio. Los dispositivos TVS son ideales para la protección de interfaces de I/O, buses Vcc y otros circuitos vulnerables utilizados en aplicaciones de telecomunicaciones, informáticas, industriales y electrónica de consumo.



Figura 8. 1.5KE27CA

Fuente: Littlefuse, 2020.

E. OPA2187

Los amplificadores operacionales de la serie OPAx187 utilizando técnicas de puesta a cero automáticas para proporcionar simultáneamente una baja de tensión de un offset de (1 µV) y un desvío cercano a cero con respecto al tiempo y a la temperatura. Estos amplificadores miniatura de alta potencia y baja corriente quiescente ofrecen alta impedancia

de entrada y un swing de salida riel a riel dentro de 5 mV de los rieles en cargas de alta impedancia. El rango de entrada en modo común incluye el riel negativo. Se puede utilizar fuentes de alimentación simples o dobles en el rango de 4.5 V a 36 V (±2.25 V a ±18 V).

CUADRO 7. Especificaciones OPA 2187

NÚMERO DE PARTE	EMPAQUE	TAMAÑO (NOM)
OPA2187	SOIC (8)	4.90 mm x 3.91 mm

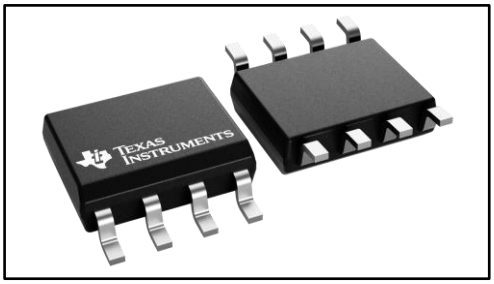


Figura 9. OPA2187

Fuente: Texas Instruments, 2020.

FASE III. DISEÑO DEL SISTEMA

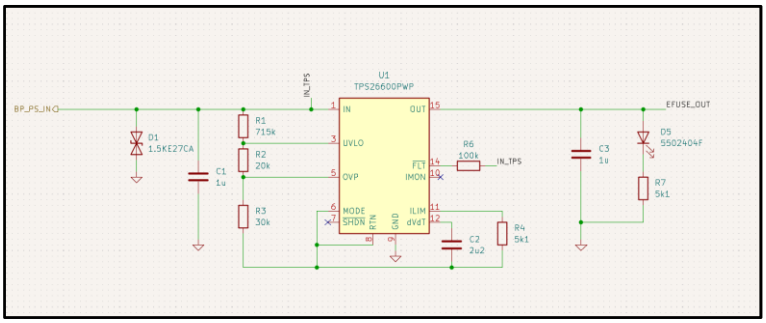
En esta fase de la investigación se comparten los resultados obtenidos de la implementación del tercer objetivo específico del trabajo referido a diseñar un módulo electrónico multiplexado para la expansión de señales analógicas de las Tarjetas I/O Provox del Controlador Delta V.

Ante los elementos ya establecidos en la anterior fase para determinar los requerimientos que son necesarios para el diseño de la tarjeta y que elementos incorporar dentro de esta, se divide esta fase en tres partes en donde se describen el diseño teórico del sistema, el diseño del software a implementar dentro del sistema de control, y el diseño de la tarjeta.

DISEÑO TEÓRICO DEL SISTEMA

A. PROTECCIÓN FUENTE DE ALIMENTACIÓN Y REGULACIÓN

Figura 13. Protección de Alimentación de la Tarjeta



Fuente: Nava, V y Prieto (2026).

tensión, la tarjeta puede seguir trabajando hasta 18 V, hasta que llegar a un valor menor a este antes de que se apague. Este rango de trabajo de bloqueo de sub- y sobretensión de este diseño es establecido por medio de las fórmulas y recomendaciones dadas por el fabricante proveídas en el datasheet del e-Fuse TPS26600, en el cual se ha establecido los múltiples valores y rangos de operación para su función en la tarjeta.

- Límite Máximo de Corriente

La resistencia $R_{(ILIM)}$en el pin ILIM establece el corriente límite de sobrecarga, por medio de la Ecuación 1.

$R_{(ILIM)} = \frac{12}{I_{LIM}}$= 12 kΩ. (1)

En donde I_{LIM} = 1 A, siendo este el límite de sobrecarga que se quiere establecer. Escogiendo un valor de resistencia 1% más cercano al resultado: $R_{(ILIM)}$= 11.8 kΩ.

- Subtensión y Sobretensión

El cierre de subtensión (UVLO) y el punto de activación de sobrevoltaje son ajustables usando una red de división de tensión externa de resistencias R_1, R_2, R_3 conectadas entre los pones IN, UVLO, OVP y RTN del dispositivo. Los valores requeridos para configurar los puntos de subtensión y sobre tensión están establecidos por el cálculo de la Ecuación 2 y Ecuación 3.

$V_{(OVPR)} = \frac{R_3}{R_1+R_2+R_3} \times V_{(OV)}$ (2)

$V_{(UVLOR)} = \frac{R_2+R_3}{R_1+R_2+R_3} \times V_{(UV)}$ (3)

Interfaz Analógica

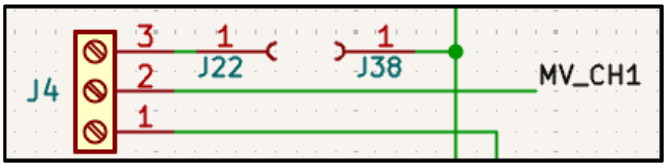


Figura 16. Borna de Entrada Analógica

Fuente: Nava, V y Prieto (2026).

La tarjeta multiplexora posee 16 canales de entrada analógica tanto para instrumentos activo como pasivos siendo los pines “Common”, “MV (Measuring Voltage)”, y “+24 VDC”; respectivamente al orden numérico mostrado en la Figura X. desde el 1 al 3. Los instrumentos activos que aquellos que cuentan con una fuente de alimentación interna y realizan una conexión de cuatro hilos, por ende, deben de conectarse en los pines “MV” y

"Common" para completar el lazo; y los instrumentos pasivos no poseen de una fuente de alimentación y necesitan realizar un lazo de dos hilos con la tarjeta para poder operar y suministrar sus datos, por consecuencia, deben de conectarse en los pines "+24 VDC" Y "MV". En la línea de "+24 VDC" de cada canal se incluye un fusible de 125 mA.

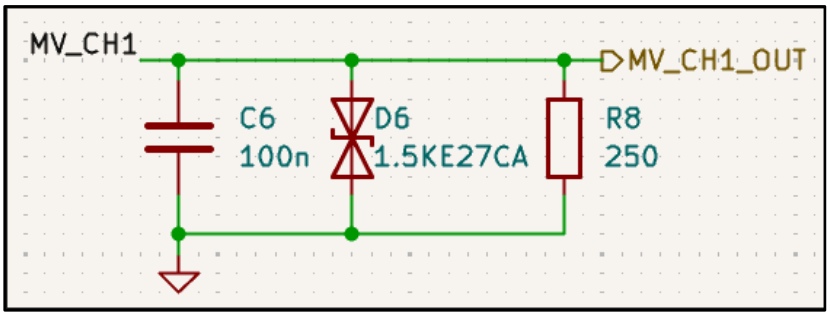


Figura 17. Canal de Entrada Analógica

Fuente: Nava, V y Prieto (2026).

DISEÑO DEL SOFTWARE

Para la integración de la tarjeta multiplexora dentro del sistema de control, se necesitó la creación y programación de una sola planilla dentro del software de programación del DCS Delta V llamado "Control Studio". La primera parte de la plantilla reflejada en la Figura 20, muestra los bloques de funciones aplicados en este primer programa de multiplexación y demultiplexación para que el propio sistema de determine cuál de los canales analógicos de la tarjeta multiplexora va a transmitir información y en qué momento saber captar la información y llevarla a su respectivo canal.

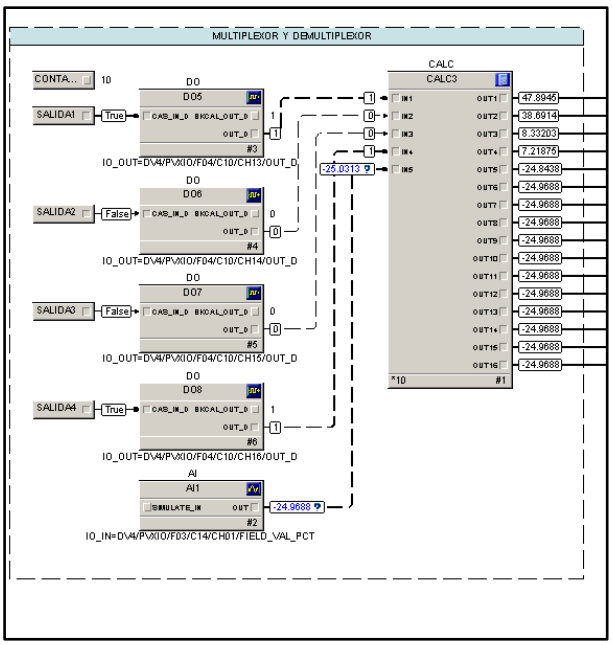


Figura 20. Multiplexor y Demultiplexor

Fuente: Nava, V y Prieto (2026)

Para realizar el barrido de bits que indica al multiplexor cual canal va a poder transmitir información hacia la tarjeta de terminación analógica, se incluye un “parámetro de entrada” para representar una variable llamada “Contador” que cambia en función al “Scan Rate” establecido por el ingeniero en las propiedades del módulo, el cual indica el tiempo de refresco que se ejecuta dentro de esta. Esto a su par ejecuta la multiplexación por división de tiempo indicando cuál de las entradas van a transmitir su información al sistema. El código se puede visualizar en las figuras 21 y 22 a continuación.

```
IF '^/CONTADOR' = 0 THEN 'OUT4.CV' := FALSE; 'OUT3.CV' := FALSE; 'OUT2.CV' := FALSE; 'OUT1.CV' := FALSE
ENDIF;
IF '^/CONTADOR' = 0 THEN 'OUT4.CV' := FALSE; 'OUT3.CV' := FALSE; 'OUT2.CV' := FALSE; 'OUT1.CV' := TRUE
ENDIF;
IF '^/CONTADOR' = 0 THEN 'OUT4.CV' := FALSE; 'OUT3.CV' := FALSE; 'OUT2.CV' := TRUE; 'OUT1.CV' := FALSE
ENDIF;
IF '^/CONTADOR' = 0 THEN 'OUT4.CV' := FALSE; 'OUT3.CV' := FALSE; 'OUT2.CV' := TRUE; 'OUT1.CV' := TRUE
ENDIF;
IF '^/CONTADOR' = 0 THEN 'OUT4.CV' := FALSE; 'OUT3.CV' := TRUE; 'OUT2.CV' := FALSE; 'OUT1.CV' := FALSE
ENDIF;
IF '^/CONTADOR' = 0 THEN 'OUT4.CV' := FALSE; 'OUT3.CV' := TRUE; 'OUT2.CV' := FALSE; 'OUT1.CV' := TRUE
ENDIF;
IF '^/CONTADOR' = 0 THEN 'OUT4.CV' := FALSE; 'OUT3.CV' := TRUE; 'OUT2.CV' := TRUE; 'OUT1.CV' := FALSE
ENDIF;
IF '^/CONTADOR' = 0 THEN 'OUT4.CV' := FALSE; 'OUT3.CV' := TRUE; 'OUT2.CV' := TRUE; 'OUT1.CV' := TRUE
ENDIF;
IF '^/CONTADOR' = 0 THEN 'OUT4.CV' := TRUE; 'OUT3.CV' := FALSE; 'OUT2.CV' := FALSE; 'OUT1.CV' := FALSE
ENDIF;
IF '^/CONTADOR' = 0 THEN 'OUT4.CV' := TRUE; 'OUT3.CV' := FALSE; 'OUT2.CV' := FALSE; 'OUT1.CV' := TRUE
ENDIF;
IF '^/CONTADOR' = 0 THEN 'OUT4.CV' := TRUE; 'OUT3.CV' := FALSE; 'OUT2.CV' := TRUE; 'OUT1.CV' := FALSE
ENDIF;
IF '^/CONTADOR' = 0 THEN 'OUT4.CV' := TRUE; 'OUT3.CV' := FALSE; 'OUT2.CV' := TRUE; 'OUT1.CV' := TRUE
ENDIF;
IF '^/CONTADOR' = 0 THEN 'OUT4.CV' := TRUE; 'OUT3.CV' := TRUE; 'OUT2.CV' := FALSE; 'OUT1.CV' := FALSE
ENDIF;
IF '^/CONTADOR' = 0 THEN 'OUT4.CV' := TRUE; 'OUT3.CV' := TRUE; 'OUT2.CV' := FALSE; 'OUT1.CV' := TRUE
ENDIF;
IF '^/CONTADOR' = 0 THEN 'OUT4.CV' := TRUE; 'OUT3.CV' := TRUE; 'OUT2.CV' := TRUE; 'OUT1.CV' := FALSE
```

Figura 21. Código Multiplexor 1
Fuente: Nava, V y Prieto (2026).

DISEÑO DE TARJETA FÍSICA (PCB)

En base a los diseños teóricos de circuito electrónico que rigen el entramado y el funcionamiento de este; y a su vez teniendo en cuenta las restricciones mecánicas, se plasma la elaboración de la tarjeta de circuito impreso, en donde se abordara las decisiones del diseño.

La tarjeta de circuito impreso tiene unas dimensiones de 325 mm x 125 mm (largo por ancho), esto es debido a que en este albergan dieciséis (16) bornas de tres (3) entradas para acomodar las conexiones de los dos tipos de instrumentos encontrados en campo, activo y pasivos; además de que el diseño del rack en donde va a estar instalado obliga a tener estas dimensiones para un montaje más acorde a como están instaladas las otras tarjetas.

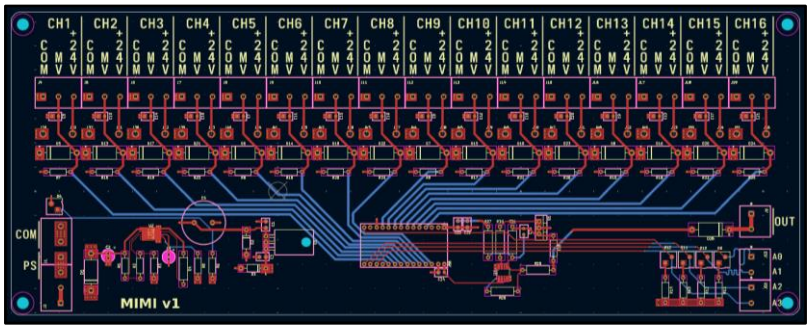


Figura 30. Capa Frontal y Trasera
Fuente: Nava, V y Prieto (2026)

FASE IV. ORDINOGRAMA GENERAL DEL SISTEMA

En esta fase de la investigación se comparten los resultados obtenidos de la implementación del tercer objetivo específico del trabajo referido a diseñar un módulo electrónico multiplexado para la expansión de señales analógicas de las Tarjetas I/O Provox del Controlador Delta V.

Esto permite la verificación lógica ante la implementación del código dentro del sistema de control, permitiendo un desarrollo y modificación del código de manera iterativa y flexible, lo cual permite cambios en el futuro o durante el desarrollo del trabajo para un manejo más flexible. A continuación, en la Figura 34. se muestra el diagrama de flujo que representa el comportamiento lógico de la tarjeta en función del software. Su comportamiento se basa en que una variable llamada “contador” la cual empieza con un valor 0, genera una combinación de bits para transmitir tanto a la tarjeta multiplexor como dentro del sistema, el cual verifica quien está transmitiendo, para identificar cual instrumento está transmitiendo información.

FASE V. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

En esta fase de la investigación se comparten los trabajos realizados para la implementación del cuarto objetivo específico del trabajo referido a implementar el módulo electrónico multiplexor para la expansión de señales analógicas de las Tarjetas I/O Provox del Controlador Delta V. Aquí se transforman los diseños conceptuales en componentes físicos interconectados, sentando las bases para la funcionalidad del sistema.

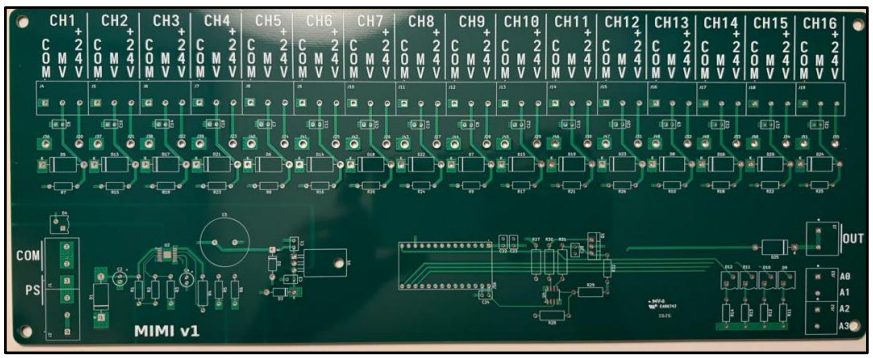


Figura 35. Frontal PCB
Fuente: Nava, V y Prieto (2026)

FASE VI. PRUEBAS DEL SISTEMA

Esta fase comprende el ultimo y quinto objetivo de la investigación, dedicado a Verificar mediante pruebas el correcto funcionamiento del módulo electrónico multiplexor para la expansión de señales analógicas de las Tarjetas I/O Provox del controlador Delta V.

Para cumplir con ello, se desarrollaron actividades de verificación y pruebas, tanto como testeos

preliminares del funcionamiento del diseño del circuito en protoboard y el programa, como de la PCB. Todo esto con el propósito para determinar las acciones requeridas durante el proceso de investigación con respecto a los cambios o acciones que se deban de hacer para su buen funcionamiento y futuras mejoras dentro del sistema, y así alcanzando el objetivo general de la investigación.



Figura 41. Prueba PCB
Fuente: Nava, V y Prieto (2026)

CONCLUSIONES

Una vez finalizado el desarrollo de la investigación, y tras analizar los resultados obtenidos durante las fases de diseño, construcción y pruebas del sistema, se exponen las siguientes conclusiones en función de los objetivos planteados:

En cuanto al primer objetivo específico, dirigido a analizar la dinámica actual de la configuración del sistema de control con los módulos anexados al controlador Delta V, se logró establecer un diagnóstico claro de la situación operativa de la planta, mediante la aplicación de entrevistas y la observación directa junto a los ingenieros del departamento de Automatización y Control de Procesos, también se pudo evidenciar el efecto que se genera debido al alto nivel de obsolescencia de las tarjetas I/O Provox y la acentuada escasez de repuestos en el mercado.

En el segundo objetivo específico, orientado a determinar los requerimientos técnicos del módulo electrónico multiplexor para la expansión de señales analógicas de las Tarjetas I/O Provox del Controlador Delta V, se establecieron todos aquellos componentes y circuitos integrados idóneos para llevar a cabo la construcción del hardware.

Por otro lado, en el tercer objetivo específico, enfocado a diseñar un módulo electrónico multiplexado para la expansión de señales analógicas de las Tarjetas I/O Provox del Controlador Delta V, se logró concebir una arquitectura integral que abarcó el acondicionamiento del hardware y la programación del software. A nivel de circuitería, se estructuró un sistema robusto con etapas de protección electrónica y una interfaz analógica capaz de conmutar dieciséis canales de entrada, adaptables tanto a instrumentos activos como pasivos.

En lo que respecta al cuarto objetivo específico, orientado a implementar el módulo electrónico multiplexor para la expansión de señales analógicas de las Tarjetas I/O Provox del Controlador Delta V, este se alcanzó con éxito a través de la fase metodológica de construcción del prototipo.

En alusión al quinto objetivo específico, cuyo propósito fue verificar mediante pruebas el correcto funcionamiento del módulo electrónico multiplexor para la expansión de señales analógicas de las Tarjetas I/O Provox del controlador Delta V, la validación se llevó a cabo mediante ensayos operacionales integrales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arias, F. G. (2012). **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica (6ta ed.)**. Editorial Episteme.

Boyes, W. (Ed.). (2010). **Instrumentation Reference Book (4ta ed.)**. Butterworth-Heinemann.

Carlson, A. B., Crilly, P. B., Rutledge, J. C. (2002). **Communication Systems: An Introduction to Signals and Noise in Electrical Communication (4ta ed.)**. McGraw-Hill.

Creus Solé, A. (2010). **Instrumentación industrial (8va ed.)**. Alfaomega Grupo Editor / Marcombo.

Doebelin, E. O. (2007). **Measurement Systems: Application and Design (5ta ed.)**. McGraw-Hill.

Forouzan, B. (2022). **Comunicaciones de datos y redes (5ta ed.)**. [Editorial].

Frenzel, L. E. (2022). **Principles of Electronic Communication Systems**. McGraw Hill.

Graf, R. F. (1999). **Modern Dictionary of Electronics (7ma ed.)**. Newnes.

Groover, M. (2018). **Automatización, sistemas de producción y manufactura integrada por computadora (5ta ed.)**. Pearson.

Gutiérrez Hinestroza, M. V., e Iturralde Kure, S. A. (2017). **Fundamentos básicos de instrumentación y control (1ra ed.)**. Ediciones UPSE.

Johnson, C. D. (2014). **Process Control Instrumentation Technology (8va ed.)**. Pearson Education.