



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIOR ARAGÓN

---

---

INSTALACIÓN DE RELEVADORES DIGITALES SEL  
Y DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE APLICACIÓN DEL  
RELEVADOR SEL-849 PARA EL LABORATORIO DE  
PROTECCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO

PRESENTA:

**CESAR HERNANDEZ OROPEZA.**

ASESOR DE TESIS:

M. EN C. RODRIGO OCÓN VALDEZ.



Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México, 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DEDICATORIA:**

A Dios

Por darme la vida y estar siempre conmigo, guiándome en mi camino.

A mis Padres

El esfuerzo y las metas alcanzadas, refleja la dedicación, el amor que invierten sus padres en sus hijos. Gracias a mis padres son quien soy, orgullosamente y con la cara muy en alto agradezco a María Oropeza Santillán y a Delfino Hernández Juárez, mis padres, mi mayor inspiración, gracias a ustedes he logrado una meta más en la vida y al igual que en todas las demás es gracias a ustedes y para ustedes.

A mis hermanos

Por ser parte de mí, porque gracias a mi familia hoy soy quien soy y gracias a ellos seré y lograré lo que yo quiera.

## **AGRADECIMIENTOS:**

A mi familia por apoyarme en todo y gracias a ellos lograr lo que hasta hoy en día he logrado, por el amor, esfuerzo y sacrificios que dan fruto y me permiten lograr una meta más dentro de este camino llamado vida.

Amigos y compañeros que fueron parte de este logro, por su apoyo, por los consejos, por el buen trato, por su amistad, porque sin su ayuda incondicional directa e indirecta el proceso no hubiera sido el mismo.

A los Profesores, ingenieros, jefes y personal de laboratorios L1 y L3 y universidad en general por la ayuda, conocimientos, apoyo, asesorías, gracias a ustedes este trabajo de tesis es posible.

Al Ing. Fernando Xavier Vázquez Martínez por el apoyo incondicional, por los consejos, orientación, asesorías, tiempo, esfuerzo, gracias porque sin su ayuda este trabajo no hubiera sido posible, gracias por siempre estar dispuesto a ayudar aun sin recibir nada a cambio, gracias por su apoyo, gracias por su amistad.

Agradezco al M. en C. Rodrigo Ocón Valdez, asesor de Tesis, por la asignación del proyecto, gracias por sus consejos, por la orientación, por sus observaciones y correcciones que hoy permiten culminar este trabajo.

A mi universidad por brindarme la posibilidad de ser parte de ella, por forjar mi licenciatura, por hoy permitir esta meta en mi vida.

## **ESTRUCTURA.**

### **CAPITULO I: MARCO HISTÓRICO.**

Describe el papel de los sistemas eléctricos de potencia durante las últimas décadas y la importancia de la protección, además del cómo repercute dentro del aspecto laboral y social.

### **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO:**

Descripción general sistema eléctrico de potencia, proceso de producción, aplicación.

Descripción protección eléctrica, tipos y aplicaciones.

Descripción fallas eléctricas, tipos.

Descripción relevador, tipos, criterios de diseño, aplicaciones.

Introducción al relevador digital SEL-849.

### **CAPITULO III: DESARROLLO DE PROYECTO.**

Descripción del proyecto a realizar (enfoque práctico).

### **CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE PRÁCTICAS REFERIDAS AL RELEVADOR DIGITAL SEL-849.**

En ella se incluyen las prácticas referidas al relevador digital SEL-849 destinadas al laboratorio de protección de sistemas eléctricos.

# ÍNDICE GENERAL.

<b>INTRODUCCIÓN.</b> .....	<b>8</b>
<b>OBJETIVO GENERAL.</b> .....	<b>10</b>
<b>OBJETIVOS PARTICULARES.</b> .....	<b>10</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.</b> .....	<b>11</b>
<b>CAPITULO I: MARCO HISTÓRICO.</b> .....	<b>12</b>
1.1 El papel del motor y el sistema eléctrico de potencia en las últimas décadas. ....	13
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO:</b> .....	<b>17</b>
2.1. El sistema eléctrico de potencia. ....	18
2.1.1 Proceso del sistema eléctrico de potencia. ....	19
2.1.2 Fallas eléctricas. ....	20
2.1.3 Tipos de corto circuito. ....	21
2.1.4 Enfoque de la protección en el sistema eléctrico de potencia. ....	23
2.1.5 Factores que implican la protección dentro de un sistema eléctrico de potencia. ....	23
2.2 El relevador digital. ....	26
2.2.1 Definición. ....	26
2.2.2 Principio de funcionamiento. ....	27
2.2.3 Aplicaciones. ....	27
2.2.4 El papel de los relevadores dentro del sistema eléctrico de potencia. ....	28
2.2.5 Tipos de relevadores. ....	28
2.2.6 Causas que originan fallas en el sistema. ....	29
2.2.7 Criterios de diseño para la protección con relevadores. ....	31
2.3 Relevador digital SEL-849. ....	32
2.3.1 Presentación del relevador digital sel-849. ....	32
2.3.2 Descripción funcional. ....	33
2.3.3 Características estándar de protección y control de motores. ....	35
Protección de motor. ....	35
2.3.4 Aplicaciones. ....	35
2.3.5 Especificación técnica general. ....	36
2.3.6 Comunicación y control. ....	38
2.3.7 Controles del operador. ....	39
2.3.7.1 Panel de relevador digital. ....	39
2.3.7.2 Módulo HMI SEL-3421. ....	40

<b>2.4 Equipos de protección SEL montados e instalados en gabinete.</b>	<b>41</b>
2.4.1 SEL-351s.	41
2.4.1.1 Descripción funcional de equipo SEL-351s.	42
2.4.1.2 Presentación de equipo SEL-351s.	43
2.4.2 SEL-387s.	43
2.4.2.1 Descripción funcional de equipo SEL-387s.	44
2.4.2.2 Presentación de equipo SEL-387s.	45
2.4.3 SEL-311 L.	46
2.4.3.1 Descripción funcional de equipo SEL-311 L.	47
2.4.3.2 Presentación de equipo SEL-311 L.	48

## **CAPITULO III: DESARROLLO DE PROYECTO.----- 49**

<b>3.1 Presentación.</b>	<b>50</b>
<b>3.2 Descripción general de los componentes requeridos.</b>	<b>51</b>
3.2.1 Descripción general del gabinete.	51
3.2.1.1 Características físicas del gabinete.	51
3.2.1.2 Especificaciones técnicas de gabinete.	51
3.2.2 Descripción general de rieles.	53
3.2.2.1 Características físicas de rieles.	53
3.2.2.2 Especificaciones técnicas de rieles.	54
3.2.3 Descripción del panel principal.	56
3.2.3.1 Características físicas del panel principal.	56
3.2.3.2 Especificaciones técnicas de panel principal.	56
3.2.3.3 Aplicación de pintura a caratula principal.	62
3.2.4.1 Panel SEL-351s.	66
3.2.4 Cortes y dimensiones específicas de las barras de policarbonato requeridas para los paneles en cada uno de los equipos.	66
3.2.4.2 Panel SEL-387s.	66
3.2.4.3 Panel SEL-311 L.	66
3.2.4.4 Panel SEL-311 L.	66
3.2.5 Especificaciones técnicas de los paneles de policarbonato.	67
3.2.5.1 Diagrama de la distribución de equipos SEL, paneles de policarbonato e interruptores electromagnéticos sobre la caratula principal.	70
3.2.5.2 Representación de la distribución de equipos SEL y paneles de policarbonato en gabinete.	71
3.2.6 Descripción del proceso de diseño de paneles.	71
3.2.7 Diseño de paneles en adobe Illustrator aplicados a policarbonato; vivos negros, fondo blanco.	74
3.2.7.3 Diseño panel SEL-311 L.	76
3.2.7.4 Diseño panel SEL-311 L.	77
3.2.8 Diseño de paneles en adobe Illustrator aplicados a policarbonato; vivos blancos, fondo negro.	78
3.2.8.3 Diseño panel SEL-311 L.	80
3.2.8.4 Diseño panel SEL-311 L.	81
3.2.9 Especificaciones técnicas referidas al montaje de plugs sobre los paneles de policarbonato.	82

3.2.9.1 Montaje final de plugs en panel de policarbonato sel-351s.	84
3.2.9.2 Montaje final de plugs en panel de policarbonato SEL-387A.	84
3.2.9.3 Montaje final de plugs en panel de policarbonato SEL-311 L.	85
3.2.9.4 Montaje final de plugs en panel de policarbonato SEL-311 L.	85
3.2.10 Proceso de cableado.	86
3.2.10.1 Cableado final de equipo SEL-351s.	88
3.2.10.2 Cableado final de equipo SEL-387A.	89
3.2.10.3 Cableado final de equipo SEL-311 L.	90
3.2.10.4 Cableado final de equipo SEL-311 L.	91
3.2.11 Protección y alimentación de equipos.	91
3.2.11 Resultado final.	95
3.2.11.1 Presentación de equipo SEL-351s.	95
3.2.11.2 Presentación de equipo SEL-387A.	95
3.2.11.3 Presentación de equipo SEL-311 L.	96
3.2.11.4 Presentacion de equipo SEL-311 L.	96
3.2.11.5 Presentación de gabinete.	97
3.2.12 CONCLUSIONES.	103
3.2.13 Material complementario requerido.	104
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>106</b>
3.2.14 Lista de figuras:	107
3.2.15 Lista de tablas:	109
<b>CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE PRÁCTICAS REFERIDAS AL RELEVADOR DIGITAL SEL-849.</b>	<b>110</b>

## INTRODUCCIÓN.

La protección en sistemas eléctricos es un apartado obligado dentro del ámbito de las instalaciones eléctricas, independientemente de la función y/o magnitud de los mismos.

Hoy en día el tema de la seguridad es vital en todo rubro, no se garantiza bienestar si no hay seguridad, su importancia radica en mitigar el riesgo que conlleva el realizar cualquier actividad.

Básicamente es imposible garantizar que el riesgo a que un percance suceda sea del 0%, pero es una obligación asegurar que ese porcentaje de riesgo sea el mínimo, así no solo se ofrece seguridad al personal, también se ve por la preservación de los equipos, debido a variaciones o perturbaciones que puedan dañar el funcionamiento óptimo de los mismos, asegurando a su vez un periodo de vida largo con las condiciones más seguras a las de origen.

La protección dentro de los sistemas eléctricos de potencia hoy en día es una necesidad, no un lujo que solo algunos tienen la capacidad de tener, una condición que, con el paso del tiempo y de acuerdo a nuestras condiciones y estilos de vida hemos aceptado en creer que es así.

Se define el término falla como cualquier cambio no planeado en las variables de operación de un sistema de potencia, o también es llamada perturbación y en términos comunes es una anomalía que causa disminución del aislamiento entre conductores de fases o entre conductores y tierra, por debajo de los valores normales de la impedancia de carga.

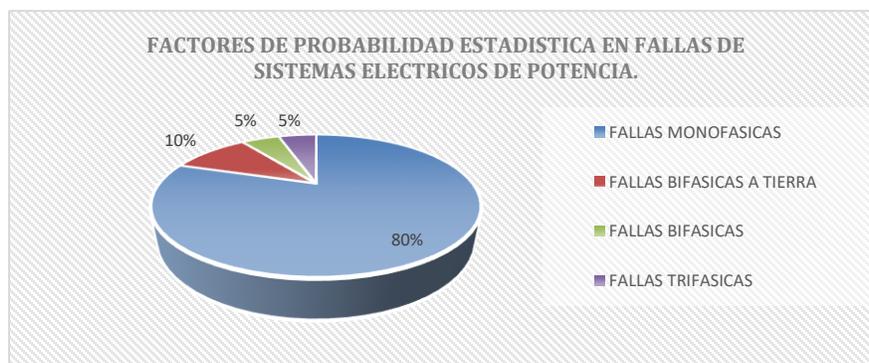


Figura 1. Factores de probabilidad estadística en fallas de sistemas eléctricos de potencia. (Recuperado de <https://www.slideshare.net/jiso45/fallas-electricas?nomobile=true>).

El propósito de un sistema de protección (específicamente con relevadores) es minimizar los efectos negativos que las fallas provocan en los elementos que integran un sistema eléctrico. Básicamente la de causar la pronta remoción del servicio cuando algún elemento del sistema de potencia sufre un cortocircuito, o cuando opera de manera anormal.

Debido a que el costo total de un sistema de protección es alto, en la mayoría de ocasiones este es omitido o minimizado, en realidad el costo puede ser reducido en gran medida, diseñando un buen sistema que garantice obtener y conservar una correcta protección que permita mitigar de manera considerable los daños a equipos, instalaciones y personal, cuando las fallas son prevenidas de forma oportuna, asegurando a su vez que el presupuesto destinado al mantenimiento correctivo sea menor, así como también el tiempo de suspensión de labores originado por las mismas. Garantizando así un equilibrio en cuanto a la balanza de costo-beneficio refiere.

Por ello la necesidad de la protección dentro de un sistema eléctrico, además de la importancia de estar bien informado acerca de sistemas y dispositivos que brinden seguridad en ese rubro que se adecuen.

Los relevadores digitales hoy en día son la opción más segura y confiable para cumplir con ese objetivo. De lo anterior parte la necesidad de generar este proyecto, enfocado a la correcta introducción del funcionamiento de relevadores digitales, tanto de manera teórica como práctica, específicamente con el relevador digital SEL-849.

Un tema de suma importancia que planea generar interés y conciencia para todos, pero sobre todo a nosotros como ingenieros eléctricos electrónicos.

El presente trabajo de tesis se encuentra estructurado en capítulos secuenciales.

En el primer capítulo se describe el papel de los sistemas eléctricos de potencia durante las últimas décadas y la importancia de la protección, además del cómo repercute dentro del aspecto laboral y social.

El segundo capítulo hace referencia a la descripción general del sistema eléctrico de potencia, su proceso de producción y aplicación. Descripción de la protección eléctrica, tipos y aplicaciones. Descripción de fallas eléctricas y tipos. Descripción del relevador,

tipos, criterios de diseño, aplicaciones, además de una breve introducción al relevador digital SEL-849.

El tercer capítulo hace referencia a la descripción general del desarrollo del proyecto desde un enfoque práctico, en este se menciona el paso a paso del procedimiento a seguir para lograr la instalación de los relevadores digitales, proyecto conformado desde la planeación, montaje, instalación, y puesta en marcha de los equipos.

En el cuarto capítulo se incluyen las prácticas referidas al relevador digital SEL-849 destinadas al laboratorio de protección de sistemas eléctricos.

### **OBJETIVO GENERAL.**

Realizar la instalación de relevadores digitales SEL y desarrollar prácticas de aplicación del relevador SEL-849 para el laboratorio de protección de sistemas eléctricos.

### **OBJETIVOS PARTICULARES.**

Planear el desarrollo del proyecto con el asesor, dimensionando la cantidad de tiempo, dinero y trabajo que el desarrollo del proyecto implicaría.

Gestionar la adquisición de dichos materiales en las instancias y personal correspondientes.

Montar, instalar y poner en marcha de los relevadores digitales, contando ya con todo el material requerido.

Planear y elaborar prácticas referidas al relevador digital SEL-849.

## **JUSTIFICACIÓN.**

La responsabilidad por parte de la institución en generar elementos con la suficiente capacidad, habilidad y con una correcta formación es permanente.

Para contribuir, se ha dado a la tarea de generar este proyecto referido a los equipos de protección eléctrica, modelos SEL-351s, SEL-387s, SEL-311L y SEL-849. Ya que actualmente son equipos referentes dentro de la industria.

Equipos que fueron donados a la universidad por la empresa SEL Schweitzer Engineering Laboratories SA de CV (SEL México), gracias al apoyo del Ing. Jean León Eternod director de tecnología de SEL México.

Los equipos son dispositivos electrónicos inteligentes utilizados en instalaciones de empresas de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica de todo el mundo, así como en instalaciones industriales de alta, media y baja tensión para proteger y controlar líneas, transformadores y motores.

Dichos equipos contribuirán a la formación de los futuros ingenieros eléctricos de la UNAM, FES Aragón y su formación en temas de ingeniería de potencia, sistemas de protección digital y redes inteligentes.

Proyecto conformado desde la planeación, montaje, instalación, y puesta en marcha de los equipos mencionados, en conjunto con la generación de las dos primeras prácticas con autoría original referidas concretamente al equipo SEL-849, que tienen como función servir y mejorar el apoyo referido a la comprensión del funcionamiento teórico y práctico del equipo.

Este proyecto de titulación presenta de manera eficaz, la introducción al funcionamiento y operación de los relevadores digitales en la protección de sistemas eléctricos, enfocado en un ámbito académico e interactivo.

Todo con la finalidad de generar ingenieros eléctricos electrónicos aragoneses cada vez más y mejores preparados, listos para enfrentar al mundo laboral real.

## **CAPITULO I: MARCO HISTÓRICO.**

Describe el papel de los sistemas eléctricos de potencia durante las últimas décadas y la importancia de la protección, además del cómo repercute dentro del aspecto laboral y social.

## **1.1 El papel del motor y el sistema eléctrico de potencia en las últimas décadas.**

En las últimas décadas los motores eléctricos se han convertido cada vez más en un elemento cotidiano necesario para toda la población. Se presentan en una amplia variedad de aplicaciones pasando del uso generalizado en la industria para encontrarlos hoy en día hasta en los hogares, además de aplicaciones remotas de investigación en tierra, aire, agua y, finalmente, en el espacio, cada uno con sus propias características y protecciones específicas.

Los motores se utilizan en muchas áreas como la robótica, móvil, brazos robóticos industriales, elevadores, grúas, taladros, autos eléctricos, drones o en otras aplicaciones de menores exigencias desde el punto de vista de control automático como bombas, bandas transportadoras, entre otros.

Se estima que a nivel mundial el consumo de energía en la industria por el uso de máquinas eléctricas se encuentra dentro del rango de 50 a 80% del total. Sin embargo, las condiciones de funcionamiento son cada vez más exigentes, por consiguiente, es necesario desarrollar nuevas propuestas para el funcionamiento, control y protección.

Los sistemas de protección han evolucionado, desde los que empleaban relevadores electromecánicos, pasando por los de estado sólido, hasta llegar a los que basan su funcionamiento en relevadores digitales.

Estos últimos surgen en los años ochenta, empleando microprocesadores e integrando múltiples funciones de protección, para un mejor rendimiento y una fácil programación, a fin de crear esquemas de protección tan complejos como sean necesarios.

Los motores de C.A de tipo asíncrono o de inducción, en 1879 Walter Baily demostró ante la Physical Society de Londres, la posibilidad de producir una rotación mediante las corrientes inducidas en un disco de cobre. Ferraris en 1885 descubrió el campo magnético giratorio, utilizando dos corrientes alternas independientes de igual frecuencia pero diferente fase. El mismo descubrimiento fue hecho casi a la vez por Nicola Tesla que fue el primero que construyó y patentó este tipo de motores en octubre de 1887 y por lo que se le considera como el inventor de los mismos.

En aquel tiempo, él presentó un escrito ante el American Institute of Electrical Engineers (AIEE, precursor del actual IEEE) en el cual describía los principios básicos del motor de inducción de rotor devanado, junto con las ideas para otros dos importantes motores de CA: el motor de inducción síncrono y el motor de reluctancia.

Todos ellos disponían de un estator en forma de anillo. El primer tipo tenía un rotor con cuatro polos salientes, dando lugar a un motor de reluctancia que no poseía cualidades de auto arranque, pero que giraba a la velocidad de sincronismo, el segundo motor era un verdadero motor asíncrono, tenía el rotor devanado que podía arrancar pero que giraba a una velocidad por debajo de la correspondiente al sincronismo y el tercero era motor síncrono, que funcionaba suministrando C.C al devanado del rotor. Aunque la idea básica del motor de inducción se describió en 1888, el motor en sí mismo no hizo aparición, en forma madura, sino posteriormente. Hubo un periodo inicial de rápido desarrollo, seguido de una serie de lentos y evolucionados progresos que hoy en día, continúan.

Debe destacarse que los primeros motores asíncronos eran bifásicos y con polos salientes en el estator, alimentados con dos corrientes desfasadas  $90^\circ$  en el tiempo y utilizando dos devanados desfasados en el espacio.

George Westinghouse compró las patentes de Tesla y utilizó a este ingeniero como consultor de su Empresa; con la ayuda de C.F. Scott y B.G. Lamme, la empresa Westinghouse desarrolló un motor bifásico con devanados distribuidos tanto en el estator como en el rotor, lográndose un motor práctico alrededor de 1892. En la Feria Mundial de Chicago de 1893, la fábrica de Westinghouse presentó un motor bifásico de 300 CV, 12 polos a 220V, que era una gran hazaña para esa época; la alimentación de este motor se lograba mediante dos alternadores monofásicos de 500 CV, 60 Hz, acoplados mecánicamente en el mismo eje, pero que estaban desplazados  $90^\circ$  eléctricos en el espacio para poder generar una tensión bifásica.

En 1891 la Compañía americana Thomson Houston comenzó la construcción de motores de inducción trifásicos bajo la dirección de H.G. Reist y W.J. Foster. Por otra parte en Europa, Dolivo Dobrowolsky, ingeniero de la Empresa alemana AEG, sugirió la utilización de circuitos trifásicos pero no independientes entre sí, sino mutuamente conectados; la expresión alemana Verkettung der Phasen (encadenamiento de fases), traduce esta dependencia mutua de las tres corrientes que constituyen un sistema trifásico. Este sistema lo bautizó con el nombre Drehstrom (que significa corriente giratoria) alrededor de 1890. Para el año 1893 Dolivo Dobrowolsky había construido motores asíncronos de doble jaula de ardilla que mejoraban las cualidades de arranque de estos motores, también sugirió la construcción del motor de inducción con rotor devanado o con anillos deslizantes, para regular la velocidad del mismo, para ello es preciso conectar a los anillos un reóstato de arranque y regulación de un modo equivalente al de los motores de C.C.

En EEUU, se unieron las Compañías Westinghouse y la Thomson Houston para fabricar motores asíncronos trifásicos, para ello resultó de gran utilidad en aquel momento el invento del ingeniero C.F. Scott de la Empresa Westinghouse para transformar un sistema bifásico en trifásico y poder alimentar estas máquinas. El rotor de jaula de ardilla construido mediante barras de aluminio, fue patentado en 1916 por H.G. Reist y H.Maxwell de la Compañía General Electric.

La supuestamente reconocida forma moderna del motor de inducción se logró entre 1888 y 1895. Durante este periodo, se desarrollaron fuentes de potencia de dos y tres fases para producir los campos magnéticos giratorios dentro del motor, los estatores con embobinados distribuidos y se introdujeron también los rotores de jaula de ardilla. Durante 1895 los motores de inducción trifásicos, completamente funcionales y reconocidos, estuvieron disponibles en el comercio.

Desde entonces, hasta los comienzos del año 1970, continuó la mejora de la calidad del acero, las técnicas de fundición, los aislamientos y las características de construcción de los motores de inducción. Estas tendencias dieron como resultado motores más pequeños para una determinada potencia de salida, rindiendo una considerable economía en los costos de producción de hecho, un motor moderno de 100hp tiene el mismo tamaño físico de un motor de 7.5hp de 1897.

Sin embargo, estos adelantos en el diseño de los motores de inducción no llevan necesariamente a mejoras en la eficiencia de su funcionamiento. El principal esfuerzo de diseño se dirigió hacia la reducción de los costos iniciales de los materiales de las máquinas y no hacia el aumento de su eficiencia. El esfuerzo de diseño se orientó en tal dirección porque la electricidad era tan poco costosa que ello hizo que el costo primario de un motor fuera el principal criterio de los compradores para la selección. Desde que el precio del petróleo comenzó a subir en forma espectacular en 1973, el costo de funcionamiento de vida en las maquinas se ha vuelto más y más importantes y los costos iniciales de instalación se volvieron, relativamente, menos importantes. Como resultado de estas tendencias se puso nuevo énfasis en la eficiencia de los motores, tanto por parte de los diseñadores como de los usuarios de las máquinas.

Hoy en día, los principales fabricantes están produciendo nuevas líneas de motores de inducción de alta eficiencia, cura participación en el mercado está en permanente crecimiento. Se están usando varias técnicas para mejorar la eficiencia de estos motores, en comparación con el diseño tradicional de eficiencia normalizada. Entre estas técnicas están:

- ❖ Utilizar más cobre en los embobinados del estator, para reducir las pérdidas en el cobre.
- ❖ La longitud del núcleo del rotor y del estator se aumentan para reducir la densidad del flujo magnético en el entrehierro de la máquina. Esto se reduce la saturación magnética disminuyendo las pérdidas en el núcleo.
- ❖ Se usa más acero en el estator, permitiendo que se transmita una mayor cantidad de calor hacia afuera del motor y se reduzca la temperatura de funcionamiento. El ventilador del rotor se rediseña, entonces para reducir las pérdidas por viento.
- ❖ El acero que se usa en el estator es un acero especial de calidad eléctrica, con pocas pérdidas por histéresis.
- ❖ El acero se hace de un calibre especialmente delgado (es decir las láminas están muy compactas) y tiene una resistencia específica interna muy alta. Ambos efectos tienden a reducir las pérdidas por corrientes parásitas en el motor.
- ❖ El rotor es maquinado con sumo cuidado, para producir un entrehierro uniforme, reduciendo así las pérdidas diversas en el motor.

(García, 2015)

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO:**

Descripción general del sistema eléctrico de potencia, proceso de producción, aplicación.

Descripción de la protección eléctrica, tipos y aplicaciones.

Descripción de fallas eléctricas, tipos.

Descripción del relevador, tipos, criterios de diseño, aplicaciones.

Introducción al relevador digital SEL-849.

## 2.1. El sistema eléctrico de potencia.

El sistema eléctrico de potencia es un conjunto de elementos que tiene como fin generar, transformar, transmitir, distribuir y consumir la energía eléctrica de tal forma que se logre la mayor calidad al menor costo posible.

En este sistema la energía eléctrica, desde su generación hasta su entrega en los puntos de consumo, pasa por diferentes etapas de adaptación, transformación y maniobra.

(Recuperado de:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/293/A4.pdf>).

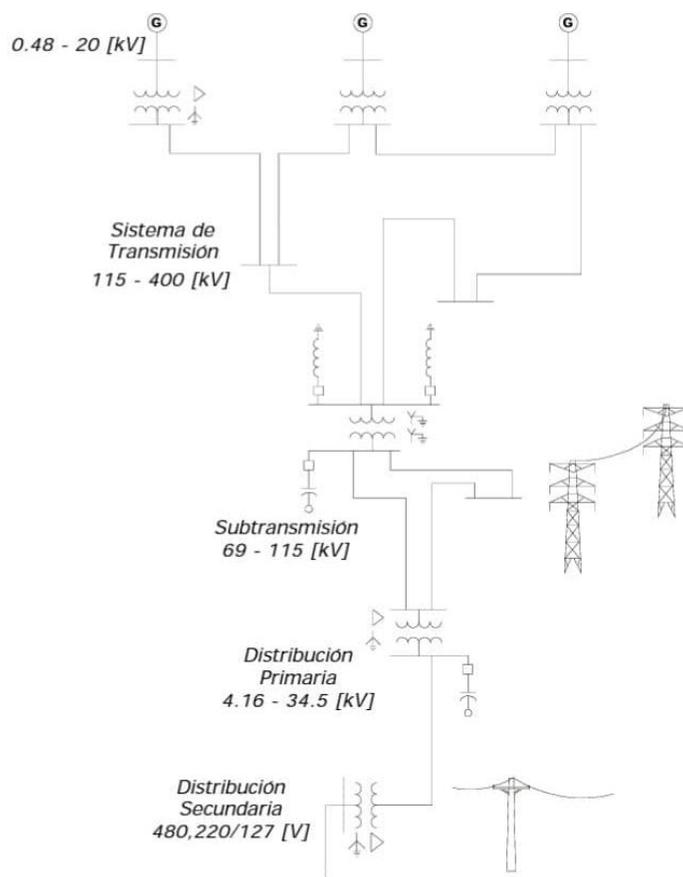


Figura 2. Representación gráfica sistema eléctrico de potencia.

(Recuperado de:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/293/A4.pdf>).

## **2.1.1 Proceso del sistema eléctrico de potencia.**

### **Generación.**

La generación es el proceso de conversión de una energía primaria, como puede ser la energía potencial del agua en un embalse, la fuerza del viento, la radiación solar, la combustión, etc. en energía eléctrica y se lleva a cabo en lo que conocemos como centrales de producción o generación.

### **Transporte.**

Las centrales, por su propia estructura, sistema, tamaño y disposición de los recursos primarios, no están cerca de los principales puntos de consumo. Es por ello que surge la necesidad de transportar la energía largas distancias, desde donde se produce hasta donde se consume.

### **Distribución.**

Una vez que nos vamos acercando a los centros de consumo, se reduce el tamaño de los tendidos. Podríamos hacer un símil con la red de carreteras, cuando hablamos de transporte nos referimos a autopistas y autovías. Si nos referimos a la distribución, es que hemos tomado una salida a una carretera general que nos lleva a las ciudades y pueblos cercanos; en este caso, la red de distribución conduce la energía a nuestras viviendas o locales.

### **Consumo.**

Finalmente, podríamos decir que hemos llegado con nuestro coche al garaje del edificio. Hemos pasado del gran y extenso sistema de transporte y distribución a nuestra pequeña instalación eléctrica y ya podemos conectar los aparatos que estimar para hacer uso de un bien tan necesario y fundamental en la sociedad actual como es la electricidad.

*(<http://mifacturadeluz.com/como-se-estructura-el-sistema-electrico/>).*

### **2.1.2 Fallas eléctricas.**

Los cortos circuitos no son frecuentes y, cuando se producen, apenas duran unas décimas de segundo, pero sus consecuencias son tan graves e impredecibles que obligan a estudiar y mejorar constantemente los dispositivos de protección destinados a ellos.

La mayoría de las normas de protección de las instalaciones eléctricas indican que no sólo ha de considerarse las corrientes y tensiones debidas a las cargas de servicio, sino también las debidas a sobrecargas producidas por los cortocircuitos. Las corrientes de cortocircuito presentan valores superiores a los nominales, circunstancia que provoca sobrecargas térmicas y electrodinámica elevadas; además, las corrientes de cortocircuito que circulan por tierra pueden ser causa de tensiones e interferencias inadmisibles. Pero no sólo son importantes las corrientes máximas de cortocircuito, sino también las corrientes mínimas, pues estas son las que, en definitiva, permiten dimensionar los dispositivos de protección de las redes.

Este comportamiento de los cortocircuitos resulta especialmente peligroso si entra en contacto con las personas, porque puede ocasionar lesiones de gravedad y causar daños en los instrumentos o las máquinas de las instalaciones afectadas. Por tanto, es de suma importancia conocer los valores que en un punto determinado del cortocircuito pueden registrar las corrientes máximas y mínimas de corto circuito, ya que solo de esta forma será posible proteger eficazmente las instalaciones de tan graves consecuencias.

(Mujal, R. M. (2014). *UPCPOSTGRAU; Protección de Sistemas Electricos de Potencia*. Barcelona: Iniciativa Digital Politecnica).

### 2.1.3 Tipos de corto circuito.

Tabla 1.

TIPOS DE CORTO CIRCUITOS.

#### TIPOS DE CORTO CIRCUITOS.

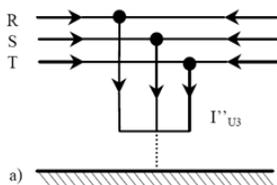


Figura 3. Representación de un corto circuito trifásico.

#### Corto circuito trifásico.

Los cortocircuitos trifásicos son los únicos que se comportan como sistemas equilibrados, ya que todas las fases están afectadas por igual. Las tensiones en el punto de cortocircuito tanto si esta se cierra a través de tierra como si está aislado de ella, son nulas y las intensidades presentan igual módulo, pero con argumentos sofisticados  $120^\circ$ .

Es uno de los cortocircuitos más violentos y de cálculo obligado. Al ser un sistema equilibrado, para su cálculo solo es necesario utilizar la red de secuencia directa.

Su representación se muestra en la parte izquierda del párrafo.

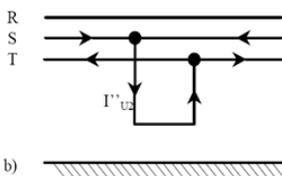


Figura 4. Representación de un corto circuito bifásico sin contacto a tierra.

#### Corto circuito bifásico sin contacto a tierra.

Generalmente las corrientes iniciales simétricas de cortocircuitos son menores que las de fallo trifásico, pero, si el corto circuito se produce en las inmediaciones de máquinas síncronas o asíncronas de cierta potencia, las corrientes de este fallo pueden llegar a registrar valores incluso mayores que las de cortocircuito trifásico.

Al presentarse en dos de las tres fases del sistema, este corto circuito ya no es equilibrado y, por tanto, para su cálculo es preciso utilizar tanto la red de secuencia directa como la red de secuencia inversa.

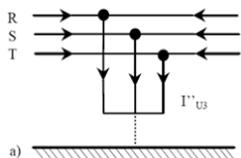


Figura 5. Representación de un corto circuito bifásico con contacto a tierra.

#### Corto circuito bifásico con contacto a tierra.

Presenta las mismas características que el corto circuito bifásico sin contacto a tierra, pero, en este caso, con pérdida de energía hacia tierra. Ante este fallo, es necesario considerar, además de las redes de secuencia directa e inversa, la red de secuencia homopolar, debido a la pérdida de energía.

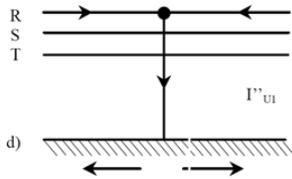


Figura 6. Representación de un cortocircuito monofásico a tierra.

### Cortocircuito monofásico a tierra.

Es el más frecuente y violento, y se produce con mayor frecuencia en redes rígidamente puestas a tierra, o mediante impedancias de bajo valor. Su cálculo es importante, tanto porque produce corrientes elevadas como por su conexión a tierra, las tensiones de contacto o de paso, o valorar las interferencias que estas corrientes pueden provocar.

Para su cálculo, al tratarse de un cortocircuito desequilibrado y con pérdida de energía, son necesarias las tres redes de secuencia (directa, inversa y homopolar).

Su representación se muestra en la parte izquierda del párrafo.



Figura 7. Representación de un cortocircuito con doble contacto a tierra.

### Cortocircuito con doble contacto a tierra.

En redes con neutro aislado o puesta a tierra con impedancias de gran valor, puede aparecer el doble contacto a tierra.

Este cortocircuito presenta valores de corriente inferiores al resto de los cortocircuitos. Si consideramos que es poco frecuente y de cálculo complejo se comprende que sea el menos analizado.

Su representación se muestra en la parte izquierda del párrafo.

---

(Recuperado de: Mujal, Ramón M. (2014). *UPCPOSTGRAU; Protección de sistemas eléctricos de potencia. Barcelona, España: Iniciativa Digital Politécnica.*)

#### **2.1.4 Enfoque de la protección en el sistema eléctrico de potencia.**

El punto de vista de la sociedad referido en cuanto al tema de la energía eléctrica actualmente cambió, han pasado de considerarla como la interpretación más comercial de comodidad, hasta un servicio vital en nuestra vida actual. Pero, la energía eléctrica tiene que generarse, transmitirse y distribuirse al mismo tiempo que se consume. Por lo tanto, para asegurar la continuidad del servicio de energía eléctrica, deben ser protegidos los equipos y sistemas dedicados a generarla, transmitirla y distribuirla, contra posibles fallas causadas por el propio deterioro de equipos, por condiciones ambientales severas y por sobre todo y ante todas las cosas, errores humanos.

Ahora bien, la finalidad de las protecciones eléctricas, en cualquier caso, es asegurar la continuidad del servicio de energía eléctrica cuando se presenta un evento de falla, dejando inactivos un mínimo posible de equipos. En un sistema de potencia, las protecciones eléctricas son todos los dispositivos para detectar, localizar e iniciar la remoción de una falla.

#### **2.1.5 Factores que implican la protección dentro de un sistema eléctrico de potencia.**

En un sistema eléctrico de potencia deben cuidarse los siguientes aspectos que a su vez garanticen su seguridad.

- ❖ Funcionamiento normal.
- ❖ Previsión de una falla eléctrica.
- ❖ Reducción de los efectos de una falla eléctrica.
- ❖ Protección con relevadores.
- ❖ **Funcionamiento normal.**

Se refiere a los requisitos mínimos para la alimentación de la carga existente y una cierta cantidad de carga futura anticipada. Algunos de los aspectos que deben considerarse son:

- Selección de la planta hidroeléctrica.
- Localización de las estaciones generadoras.
- Transmisión de la potencia a la carga.
- Estudio de las características de la carga y la planeación para su crecimiento futuro.
- Medición.
- Regulación de la tensión y la frecuencia.
- Mantenimiento.

### ❖ **Provisión de una falla eléctrica.**

Las fallas en el equipo eléctrico originan pérdidas, por tal motivo debe de haber equipo adicional para disminuir el daño al equipo y las interrupciones del servicio debido a las fallas.

Algunas de las características de diseño y funcionamiento que tienen por objeto reducir una falla eléctrica son:

- Provisión de la alimentación adecuada.
- Coordinación de la resistencia de aislamiento con las capacidades de los pararrayos.
- Uso de los hilos de guarda y baja resistencia a tierra de las torres.
- Resistencia mecánica de diseño para disminuir la probabilidad de falla originada por pájaros, animales en general, polvos, granizo, etc.
- Operación y práctica de mantenimiento apropiados.

### ❖ **Reducción de los efectos de una falla eléctrica.**

A continuación, se mencionan las características de un sistema eléctrico de potencia que reducen los efectos inmediatos de una falla eléctrica.

- Diseño para eliminar la magnitud de la corriente de corto circuito.
  - Diseño para soportar los esfuerzos mecánicos y calentamientos debido a corrientes de cortocircuito.
  - Dispositivos de baja tensión con acción retardada en interruptores para evitar la caída de la carga durante disminución de tensión momentáneas.
  - Neutralizadores de fallas a tierra (Bobinas Peterson).
- Características para desconexión rápida de los elementos defectuosos.
  - Circuitos paralelos.
  - Capacidad de reserva de los generadores y transformadores.
  - Re cierre automático.
- Características presentes en todo el periodo, desde la iniciación de la falla hasta que se elimina, para mantener la tensión y la estabilidad:
  - Regulación automática.
  - Características de estabilidad de los generadores.

- Medios para observar la eficiencia de las características anteriores.
  - Oscilógrafos automáticos.
  - Observación humana eficiente y registro de datos (observación de aparatos como amperímetros, anotar que relevadores operaron, alarmas, etc.).
- Inspecciones frecuentes a medida que cambia el sistema o adiciones que hagan para estar seguro de las características anteriores son aún adecuadas.

#### ❖ **Protección por relevadores.**

La protección por relevadores es una de las diversas características del diseño de un sistema, relacionado con la disminución del daño al equipo y con la interrupción al servicio cuando ocurren las fallas eléctricas. Dentro de límites económicos en un sistema eléctrico de potencia, debe diseñarse de tal manera que pueda estar adecuadamente protegido.

La función de la protección por relevadores es originar el retiro rápido del servicio de cualquier elemento de un sistema de potencia cuando este sufre un cortocircuito o cuando empieza a funcionar de una forma anormal, que pueda originar daño o interferencia de otra manera con el funcionamiento eficaz del resto del sistema.

Las protecciones actúan sobre interruptores, que son los que desconectan el elemento defectuoso del sistema cuando reciben la señal de protección.

Los interruptores están localizados de tal manera que cada uno de los elementos (generador, transformador, línea de transmisión, etc.) puedan desconectarse por completo del resto del sistema.

Los interruptores deben tener la capacidad suficiente para que puedan conducir momentáneamente la máxima corriente de cortocircuito, que puede fluir a través de ellos e interrumpir dicha corriente.

(Romero, A. M. (1998). *PROTECCIÓN POR RELEVADORES A SISTEMAS DE POTENCIA*. Ciudad de México : INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL.)



Aunque en la actualidad existan una infinidad de prototipos con una infinidad de acciones y funciones, los relés son básicamente dispositivos digitales compactas que son conectados a través de los sistemas de potencia para detectar condiciones intolerables o no deseadas dentro de un área asignada.

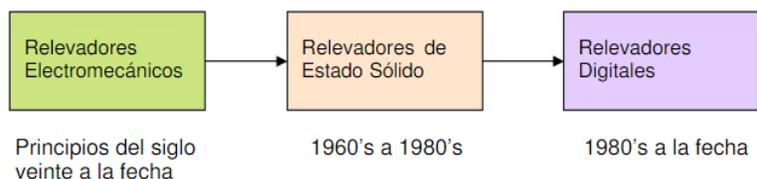


Figura 9. Representación de la evolución de los relevadores de principios del siglo XX, hasta la actualidad.

(Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/51572240/Introduccion-a-los-relevadores-digitales>).

### 2.2.2 Principio de funcionamiento.

El objetivo de los relevadores digitales es igualar o exceder el desempeño de los relevadores de estado sólido y de los relevadores electromecánicos. Un relevador digital convierte señales analógicas de tensión y corriente, en cantidades binarias por medio de un convertidor analógico digital, luego, estas cantidades son procesadas numéricamente por algoritmos o programas de cómputo para el relevador. Los algoritmos se encargan de la detección de fallas y del control de las señales de disparo.

(Cortéz, J. (11 de octubre de 2018). *SCRIBD*. Obtenido de <https://www.scribd.com/>: Obtenida de: <https://es.scribd.com/doc/51572240/Introduccion-a-los-relevadores-digitales>).

### 2.2.3 Aplicaciones.

- ❖ Protección de sistemas disparando el seccionador de alta tensión por medio de una bobina de disparo.
- ❖ Protección de sistemas disparando el interruptor principal de baja tensión por medio de una bobina de disparo.
- ❖ Protección de un motor abriendo el circuito de alimentación del contactor.
- ❖ Generando alarmas de voltaje anormal utilizando sus contactos para operar un anunciador de alarmas.

Rivera, N. T. (16 de octubre de 2018). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/>: (Obtenido de :<https://es.scribd.com/doc/97744263/DEFINICION-DE-RELE>).

#### **2.2.4 El papel de los relevadores dentro del sistema eléctrico de potencia.**

Es una de las diversas características del diseño de un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), relacionado con la disminución al daño del equipo y las interrupciones al servicio cuando ocurren fallas eléctricas.

Dentro de los límites económicos, un SEP debe diseñarse de tal manera que pueda estar adecuadamente protegido. La función de la protección con relevadores es originar el retiro rápido del servicio (dejar fuera de servicio) de cualquier elemento de un Sistema Eléctrico de Potencia cuando éste sufre un cortocircuito o empieza a funcionar en forma anormal originando daño o interfiriendo con el funcionamiento eficaz del resto del sistema.

Los relevadores actúan sobre interruptores, los cuales son los que desconectan el elemento defectuoso cuando reciben la señal de disparo de dichos relevadores, los interruptores están localizados de tal manera que cada uno de los elementos del sistema pueden desconectarse por completo del resto del sistema.

#### **2.2.5 Tipos de relevadores.**

En general, se puede admitir que todos los relevadores funcionan en respuesta a una o más magnitudes eléctricas y que básicamente cierran o abren contactos.

Los relevadores se clasifican en:

- a) Relevadores de atracción electromagnética.
- b) Relevadores de inducción.

Los relevadores de atracción electromagnética emplean un émbolo que es atraído dentro de un solenoide, o una armadura que es atraída por los polos de un electro imán, estos relevadores pueden ser accionados por corriente directa o por corriente alterna.

Los relevadores tipo de inducción funcionan en forma análoga al motor de inducción, por este motivo, el par se obtiene mediante la inducción en un rotor. Estos relevadores son accionados por corriente alterna.

### **2.2.6 Causas que originan fallas en el sistema.**

Como ya han sido mencionadas cuales podrían ser las posibles causas que originan que los equipos eléctricos de un sistema eléctrico puedan fallar, ahora se realiza una pequeña explicación acerca del estudio del fenómeno que origina la falla, entre las fallas más comunes tenemos las siguientes:

- ❖ Sobrecarga eléctrica.
- ❖ Corto circuito.
- ❖ Caída de tensión.
- ❖ Elevación de tensión.

#### **❖ Sobrecarga eléctrica.**

Se dice que un circuito esta sobrecargado cuando fluye demasiada corriente a través de él. Cuando un circuito esta sobrecargado, los conductores se calientan y si continúa la misma situación, el material aislante se derretirá y quemará. Como la mayor parte del alambrado se encuentra por dentro de las paredes, no se necesita mucha imaginación para entender que se producirá un incendio. Debe tenerse una protección en el circuito que corte la corriente antes de que alcance un nivel peligroso. Se conoce como protección del circuito.

Demasiadas conexiones en una misma salida sobrecargan el circuito. Esta es una razón importante por la cual una caja de salida tiene solo dos enchufes. Mucha gente lo pasa por alto y mediante extensiones logra conectar más de un aparato en cada enchufe. El principal argumento en contra de los enchufes múltiples es que permiten conectar aparatos en los portalámparas.

Como es sabido, todos los equipos están diseñados para soportar una cierta sobrecarga de trabajo. Durante su operación, está sobrecarga está relacionada con el enfriamiento y con la duración que tenga el equipo operando; tomando en cuenta lo anterior, la protección empleada debe ser diseñada de tal manera, que permita que el equipo opere con algunas sobrecargas dentro de los límites permisibles.

*CONCEPTOS DE ELECTRICIDAD.* (s.f.). Obtenido de <http://electrico.scienceontheweb.net>  
(Obtenido de: <http://electrico.scienceontheweb.net/sobrecarga.html>)

❖ **Corto circuito.**

Definido como un transitorio con características destructivas, es una conexión entre dos terminales de un elemento de un circuito eléctrico, lo que provoca una anulación parcial o total de la resistencia en el circuito, lo que conlleva un aumento en la corriente que lo atraviesa. Una conexión de este tipo en una carga la desconectaría del circuito, causando que esta no sea atravesada por ninguna corriente y por consiguiente no disipe ninguna potencia. Para este caso la carga también deja de generar una caída de tensión en el circuito. Es el tipo de falla más frecuente y peligrosa, esta falla origina grandes incrementos de corriente y reducciones de voltaje en los elementos del sistema, lo que puede dañar los equipos por sobrecalentamiento, y afectar por bajo voltaje la operación normal de los consumidores y el sincronismo de los generadores del sistema.

(CONCEPTO DE CORTO CIRCUITO. Estupiñan, J. (11 de noviembre de 2011).

<http://mantenimientoelectricojep.blogspot.com>.

Obtenido de <http://mantenimientoelectricojep.blogspot.mx/2011/11/concepto-de-corto-circuito.html>).

❖ **Caída de tensión.**

La caída de tensión eléctrica se define como la diferencia de potencial que existe entre los dos extremos de una línea eléctrica. En un conductor la caída de tensión se mide en volts y existe en función del largo y de la resistencia del medio de condición eléctrica. A mayor distancia de la fuente de voltaje y mayor resistencia del conductor eléctrico existe una mayor caída de tensión.

(Variables., N. L. (s.f.). [www.corpnewline.com](http://www.corpnewline.com).

Obtenido de <http://corpnewline.com/caida-de-tension.html>).

❖ **Elevación de tensión.**

La elevación de voltaje en los sistemas, cuando no es producida por un transitorio de maniobra de interruptores o descargas atmosféricas, se debe a varios factores, como pudieran ser algunos de los mencionados a continuación:

- ❖ Condiciones de baja carga en la red.
- ❖ Desconexión de líneas.
- ❖ Rechazo de carga.
- ❖ Efectos de excitación en generadores.

(*conceptos de electricidad*. (s.f.). Obtenido de <http://electrico.scienceontheweb.net>:

<http://electrico.scienceontheweb.net/sobrecarga.html>).

### **2.2.7 Criterios de diseño para la protección con relevadores.**

Son cinco los criterios que se aplican en el diseño de la protección:

- ❖ Confiabilidad.
- ❖ Velocidad.
- ❖ Selectividad.
- ❖ Simplicidad.
- ❖ Economía.
- ❖ **Confiabilidad.**

Habilidad de la protección o conjunto de protecciones para operar correctamente cuando se requiere evitar operaciones indebidas.

Los sistemas de protección deben funcionar correctamente bajo condiciones adversas del sistema y del medio que lo rodea. Deben operar en respuesta a disturbios en su área asignada o bloquear correctamente si el disturbio ocurre fuera de su área.

#### **❖ Velocidad.**

Librar la falla en el tiempo mínimo requerido y el menor daño al equipo.

#### **❖ Selectividad.**

Lograr máxima continuidad de servicio y mínima desconexión de circuitos.

#### **❖ Simplicidad.**

Utilizar el mínimo equipo y el mínimo alambrado procurando tener un esquema no complicado.

#### **❖ Economía.**

Máxima protección al mínimo costo. Los relevadores de alta velocidad ofrecen mayor continuidad del servicio reduciendo los daños producidos por disturbios y daños al personal.

Estos relevadores generalmente tienen un alto costo inicial que no siempre se justifica, por consiguiente, se usan tanto relevadores de alta como de baja velocidad para proteger los sistemas de potencia ya que ambos tipos son de alta confiabilidad.

(Romero, A. M. (1998). *PROTECCIÓN POR RELEVADORES A SISTEMAS DE POTENCIA*. Ciudad de México: INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL).

## 2.3 Relevador digital SEL-849.

El relevador de administración SEL-849 proporciona una combinación excepcional de protección, medición, monitoreo, control y comunicaciones en un paquete industrial compacto.

El relé SEL-849 ofrece aplicaciones de protección de motor basada en corriente, voltaje y en un modelo térmico, detección de arco eléctrico y medición de energía. También ofrece todas las funciones de protección básica de motor, incluso protección para las siguientes condiciones:

- ❖ Corto circuito.
- ❖ Pérdida de carga.
- ❖ Atascamiento de carga.
- ❖ Arranque frecuente.
- ❖ Desbalance de corriente.
- ❖ Inversión de fases.

### 2.3.1 Presentación del relevador digital sel-849.

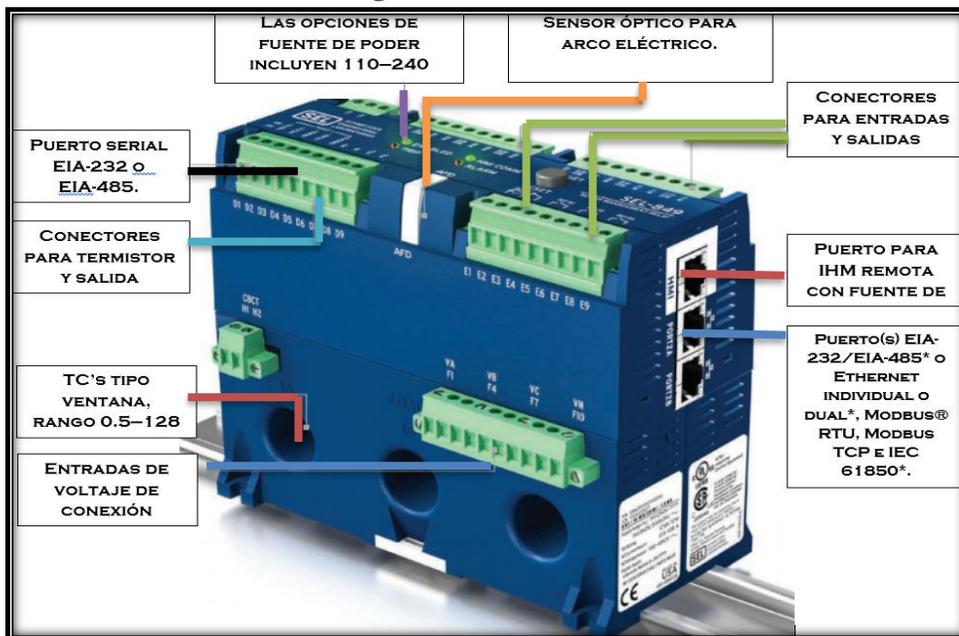


Figura 10. Presentación del relevador digital SEL-849.

Recuperado de:

[https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/849\\_PF00310\\_ES\\_Web.pdf?v=20160609-123121](https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/849_PF00310_ES_Web.pdf?v=20160609-123121)

### 2.3.2 Descripción funcional.

- ❖ Protección a motores de dos velocidades.
- ❖ Función de re-arranque de motor después de la restauración de su alimentación.
- ❖ Soporte a variadores de velocidad de frecuencia variable (VFD).
- ❖ Capacidad térmica usada (TCU).
- ❖ Bloqueo de arranque.
- ❖ Reportes de arranque del motor, estadística de operación del motor, reportes de eventos y Registrador Secuencial de Eventos (SER).
- ❖ Medición de voltaje y corriente RMS, frecuencia, potencia, factor de potencia y térmica.
- ❖ Contactos de E/S: - 4 salidas digitales (DO) - 6 entradas digitales (DI). estándar - 6 DI adicionales y 1 salida analógica (AO) opcional\* - Contactos de entrada mojados externamente—6 DI o 6 DI/1 AO.
- ❖ Recubrimiento protector para ambientes químicos agresivos y con humedad alta.

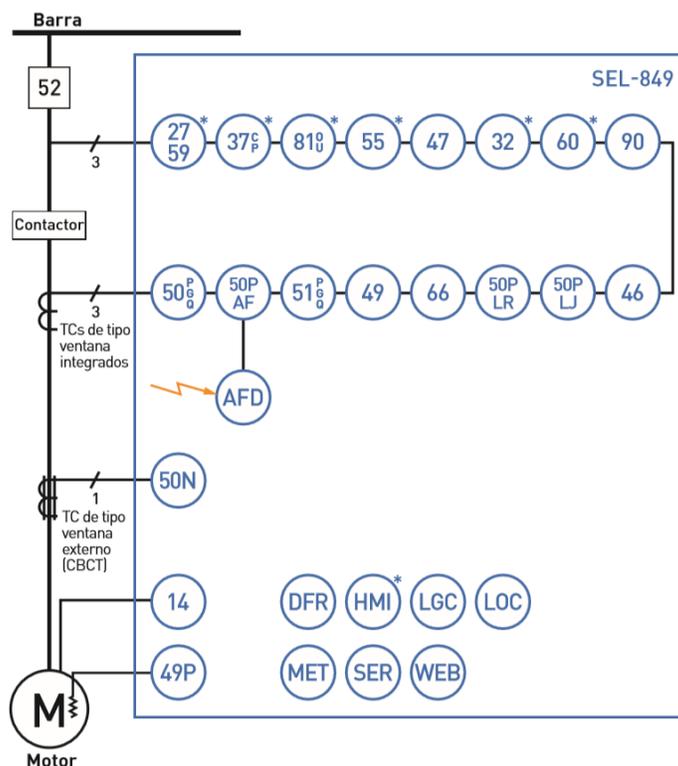


Figura 11. Representación diagrama unifilar relevador SEL-849.

Recuperado de:

<https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/849 PF00310 ES Web.pdf?v=20160609-123121>

Tabla 2.

NÚMEROS Y ACRÓNIMOS ANSI SEL-849.

NÚMEROS Y ACRÓNIMOS ANSI.	
14	Interruptor de velocidad.
27	Bajo voltaje*.
32	Potencia direccional.
37 (C,P)	Baja corriente, baja potencia*.
46	Desbalance de corriente.
47	Inversión de fase.
49	Modelo térmico.
49P	Sobre temperatura PTC.
50G AF	Sobre corriente residual de arco eléctrico.
50N	Sobre corriente de tierra.
50P AF	Sobre corriente de fase de arco eléctrico.
50 (P, G, Q)	Sobre corriente (fase, tierra, secuencia negativa).
50P L J	Atascamiento de carga.
50P LR	Rotor bloqueado.
51 (P, G, Q)	Sobre corriente-tiempo (fase, residual, secuencia negativa).
55	Factor de potencia*.
59P	Sobre voltaje de fase*.
60	Pérdida de potencial*.
66	Arranques por hora.
81 (O, U)	Sobre/baja frecuencia*.
90	Control de carga.

Recuperado de:

[https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/849\\_PF00310\\_ES\\_Web.pdf?v=20160609-123121](https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/849_PF00310_ES_Web.pdf?v=20160609-123121)

Tabla 3.

FUNCIONES ADICIONALES.

FUNCIONES ADICIONALES.	
AFD	Detector de arco eléctrico.
CC	Recubrimiento de protección*.
DFR	Reportes de eventos—arranque del motor, estadísticas de operación del motor, registrador secuencial de eventos (SER).
HMI	Interfaz del operador*.
LDP	Perfil de datos de carga.
LGC	Ecuaciones de control SELogic.
MET	Medición—tensión y corriente RMS, frecuencia, potencia, factor de potencia, térmica, capacidad térmica usada.
SER	Registrador secuencial de eventos.
VFD	Admite tracción de frecuencia variable.
WEB	Servidor Web.

Recuperado de:

[https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/849\\_PF00310\\_ES\\_Web.pdf?v=20160609-123121](https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/849_PF00310_ES_Web.pdf?v=20160609-123121)

### **2.3.3 Características estándar de protección y control de motores.**

#### **Protección de motor.**

Protege al motor trifásico de baja o media tensión, así como con motores de alimentación VFD, con un modelo térmico mejorado que incluye protección tal como:

- Arranques de rotor bloqueado.
- Tiempo entre inicio.
- Inicio por hora.
- Temporizador contra retroceso.
- Pérdida de carga.
- Desequilibrio de corriente.
- Atasco de carga / estancado rotor.
- Inversión de fase.
- Falla de interruptor / contactor.
- Termistor de coeficiente de temperatura positivo (PTC) sobre temperatura, fase, secuencia negativa, sobre intensidad instantánea de tierra residual e inversa de elementos.

#### **Control de motor.**

Tiene la capacidad de implementar el control de motor de baja o media tensión, tales como:

- Control de carga.
- Arranque en conexión Estrella-Delta.
- Control de dos velocidades.
- Control de arranque adelante-atrás.
- Esquemas de control como arranque automático de baja tensión.

### **2.3.4 Aplicaciones.**

El Relé de administración de motores SEL-849 se aplica en:

- ❖ Sistemas de bombeo para agua, químicos y petróleo.
- ❖ Sistemas basados en aire, incluyendo: ventiladores, sopladores, aparatos para aire y compresores.
- ❖ Sistemas de enfriamiento, como compresores y aire acondicionado.
- ❖ Aplicaciones que involucran materiales a granel, como transportadores. Trituradoras, cribas, alimentadores, barrenadoras y elevadores de cangilones.

### 2.3.5 Especificación técnica general.

- ❖ Cuenta con una bobina Rogowski basada en la corriente alterna (CA), entrada de fase.
- ❖ Cuenta con un rango clasificado: 0.5 - 128 A.
- ❖ Frecuencia nominal: 50/60 Hz.
- ❖ Carga (por fase): no aplicable.
- ❖ Core-Balance CT Current (IN).
- ❖ Rango de corriente nominal: 0.010-40.000 mA.
- ❖ clasificación térmica continua actual: 1.0 A.
- ❖ Corriente térmica continúa de 1 segundo: 10 A.
- ❖ Rango de corriente de saturación: 7-48 mA. (el rango real dependerá de la configuración 50N1P).
- ❖ Carga: <0.012 VA a 40 mA.
- ❖ Entradas de voltaje CA. (Línea a línea).
- ❖ Voltaje de funcionamiento nominal (Ue): 100-690 Vca.
- ❖ Frecuencia nominal: 50/60 Hz.
- ❖ Carga: <0.2 VA.
- ❖ Temperatura de funcionamiento: Rango clasificado: -40 ° a + 85 ° C (-40 ° a + 185 ° F).  
No aplicable a aplicaciones de ubicaciones peligrosas UL o ATEX.

#### ❖ Entorno operativo.

- Grado de contaminación: 3.
- Categoría de sobre voltaje: II.
- Presión atmosférica: 80-110 kPa.
- Humedad relativa: 5-95%, sin condensación.
- Altitud máxima sin un factor de reducción (consultar fábrica para una altitud más alta Reducción de potencia): 2000 m.

❖ **Dimensiones:** 71.1 mm (2.8 in) x 127.0 mm (5 in) x 152.4 mm (6 in).

❖ **Peso:** 1.0 kg (2.2 lb).

#### ❖ **Protección contra arco eléctrico.**

SEL-849 cuenta con entrada de detector de arco eléctrico de fibra óptica incorporada para implementar la protección de arco eléctrico. La fase de arco eléctrico configurable y los elementos de sobre corriente residual combinados con el elemento de detección de luz arco flash proporcionan una protección segura, confiable y rápida de eventos de arco eléctrico.

#### ❖ **Controles del operador.**

Utiliza un cable Ethernet categoría 5e, para conectar el relé SEL-849 a una interfaz hombre-máquina SEL-3421 opcional con relé de motor (HMI) o módulo HMI de relé de motor SEL-3422. Ambos módulos HMI proporcionan ocho objetivos LED tricolor programables por el usuario, dos objetivos fijos y teclas de función y control del motor. El módulo HMI SEL-3421 Motor Relay también tiene una pantalla gráfica completa con navegación y teclas de función.

#### ❖ **Medición y monitoreo.**

Utiliza las funciones de medición incorporadas para eliminar los dispositivos de medición montados por separado. Analiza los informes de SER y los informes de eventos oscilográficos para una rápida puesta en servicio, pruebas y diagnósticos posteriores a la falla. Las funciones de monitoreo adicionales incluyen lo siguiente:

- Informes de arranque del motor.
- Tendencias de arranque del motor.
- Monitoreo del perfil de carga.
- Estadísticas de operación del motor.
- Medición de la demanda.

#### ❖ **Control de entradas y salidas.**

Seis o doce (opcional) entradas de control humedecidas internamente o seis humedecidas externamente a 24/48 Vcc / Vca o 110/125 Vcc / Vca entradas de control y cuatro salidas de contacto (una Forma C y tres Forma A) son para indicación de control y estado.

### **Fuente de alimentación.**

Se dividen en dos tipos de suministro:

#### 1) Suministro de alto voltaje:

- Suministro de voltaje nominal: 110/240 Vca, 50/60 Hz; 110/250 Vcd.
- Alcance de funcionamiento absoluto: 85-264 VCA; 85-275 Vcc.
- Consumo de energía: <30 VA (ca); <12 W (cd).
- Interrupciones: 20 ms mínimo.

#### 2) Suministro de bajo voltaje:

- Voltaje de suministro nominal: 24/48 Vcc.
- Alcance de funcionamiento absoluto: 19.2-57.6 Vcd.
- Consumo de energía: <12 W (cd).
- Interrupciones: 20 ms mínimo.

### **2.3.6 Comunicación y control.**

Cuenta con Servidor web integrado, para ver los datos de medición, monitoreo y para descargar eventos, grabador de eventos secuenciales (SER), informes de inicio del motor, etc.

Además de editar y guardar configuraciones de retransmisión o realizar actualizaciones de firmware de retransmisión.

### **Puertos de comunicaciones.**

#### ❖ Puerto EIA-232 (hasta 2 puertos).

- Velocidad de datos: 300-38400 bps.

#### ❖ Puerto EIA-485 (hasta 2 puertos).

- Velocidad de datos: 300-38400 bps.

#### ❖ Puerto Ethernet

- Single / Dual, cobre 10 / 100 BASE-T (conector RJ45).
- Puerto 1 y puerto serie opcional 3, EIA-232 o EIA-485 configurables.
- Puerto 2 o doble (opcional) puertos Ethernet 10 / 100 BASE-T.
- Puerto Ethernet HMI.

### **Protocolos de comunicación.**

- ❖ Modbus® RTU, Modbus TCP / IP. IEC 61850 (protocolo opcional basado en Ethernet).
- ❖ Protocolo de tiempo de red simple (SNTP).
- ❖ Protocolo de transferencia de archivos (FTP).
- ❖ Telnet (SEL ASCII).

### **2.3.7 Controles del operador.**

- ❖ Ethernet SEL C627M Categoría 5e de doble blindaje, 600 V MCC-rated cable, de hasta 7.62 metros (25 pies), para conectar el relé SEL-849 a un motor SEL-3421 opcional.
- ❖ Interfaz hombre máquina de relé (HMI) o módulo de HMI de relé de motor SEL-3422.

Ambos módulos HMI proporcionan ocho LED tricolores programables por el usuario, dos objetivos fijos, control del motor y teclas de función. El módulo SEL-3421 Motor Relay HMI también tiene una pantalla gráfica completa con navegación y teclas suaves.

#### **2.3.7.1 Panel de relevador digital.**

El panel superior del relé tiene cuatro leds, que incluyen:

- ❖ Estado HABILITADO del relé.
- ❖ Estado TRIP.
- ❖ Estado de las comunicaciones HMI COMM.
- ❖ Estado ALARMA del relé.

El panel también proporciona un botón de RESET para restablecer el relé y los objetivos programados.



Figura 12. Presentación vista frontal relevador SEL-849.

Recuperado de:

[https://www.google.com.mx/search?biw=1280&bih=907&tbm=isch&sa=1&ei=OOv1W8meNoSJggeR54fgDA&q=sel+849&oq=sel+849&gs\\_l=img.3..0i19.566419.568410..569095...0.0..0.97.651.7.....0....1..gws-wiz](https://www.google.com.mx/search?biw=1280&bih=907&tbm=isch&sa=1&ei=OOv1W8meNoSJggeR54fgDA&q=sel+849&oq=sel+849&gs_l=img.3..0i19.566419.568410..569095...0.0..0.97.651.7.....0....1..gws-wiz)  

img.....0j0i24j0i30j0i5i10i30i19j0i8i30i19j0i30i19j0i5i30i19.Uav-3i0KW0I#imgrc=oXSx5P1qZ2eLnM:

### 2.3.7.2 Módulo HMI SEL-3421.

El relevador SEL-849 cuenta con un módulo de interfaz máquina-hombre que le brinda la capacidad de controlar y monitorear el relé de manera manual, SEL-3421. Es útil para la puesta en marcha y control local del motor. El módulo tiene diez indicadores LED tricolor (ocho programables) con etiquetas configurables. El mismo cuenta con una pantalla LCD gráfica con seis teclas de navegación y cinco teclas de función. Se proporcionan cuatro pulsadores de control para la selección de:

- ❖ INICIO.
- ❖ DETENER.
- ❖ LOCAL / REMOTO.
- ❖ RESTABLECIMIENTO DEL OBJETIVO.

Los menús principales constan de las siguientes categorías: medidor de eventos, monitor, objetivos, control y estado.



Figura 13. Presentación vista frontal SEL-3421.

Recuperado de:

[https://www.google.com.mx/search?q=sel+3421&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiFoNDi0ubeAhXCY98KHU4XC18Q\\_AUIDigB&biw=1280&bih=907#imgcr=tO3KOW2ixxXVYM](https://www.google.com.mx/search?q=sel+3421&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiFoNDi0ubeAhXCY98KHU4XC18Q_AUIDigB&biw=1280&bih=907#imgcr=tO3KOW2ixxXVYM):

## 2.4 Equipos de protección SEL montados e instalados en gabinete.

### 2.4.1 SEL-351s.

Solución para la alimentación de distribución avanzada con protección, monitoreo y control integrados.

- ❖ Logra una detección de fallas sensible y segura utilizando funciones de protección integrales.
- ❖ Mantiene un registro del estado del interruptor y ayuda a programar el mantenimiento con un monitoreo mejorado del interruptor.
- ❖ Mejora la operación y simplifica los paneles de control del operador a través de grandes botones fáciles de utilizar, opcionales dentro de disparo / cierre SafeLock®.
- ❖ Soluciona los problemas de perturbaciones de calidad en la alimentación local y de todo el sistema mediante informes de caída, aumento e interrupción de la tensión (VSSI).

[https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/351S\\_PF00200.pdf?v=20180607-232737](https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/351S_PF00200.pdf?v=20180607-232737)

### 2.4.1.1 Descripción funcional de equipo SEL-351s.

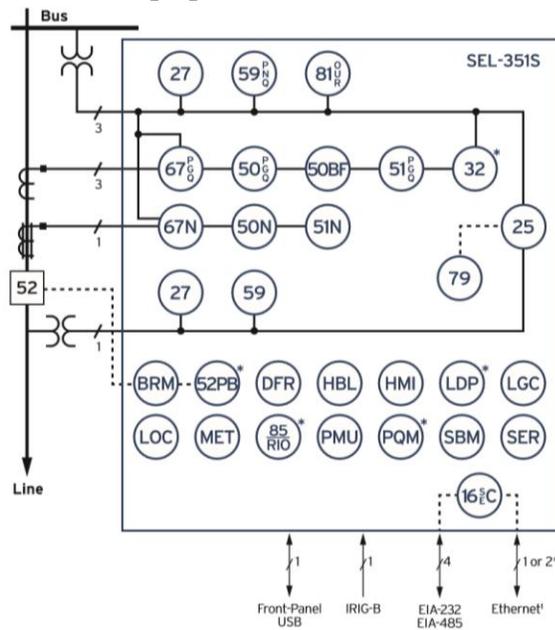


Figura 14. Representación diagrama unifilar relevador SEL-351s.

Recuperado de:

[https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/351S\\_PF00200.pdf?v=20180607-232737](https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/351S_PF00200.pdf?v=20180607-232737)

Tabla 4.

NÚMEROS Y ACRÓNIMOS ANSI SEL-351s.

NÚMEROS Y ACRÓNIMOS ANSI	
16 SEC	Seguridad de acceso (serial, ethernet).
25	Revision de sincronismo.
27	Bajo voltaje.
32	Poder direccional.
50BF	Falla a interruptor debido a sobre corriente.
50N	Sobre corriente neutro-tierra.
50 (P,G,Q)	Sobre corriente (fase, tierra, secuencia negativa).
52PB	Interruptores de disparo/cierre.
59 (P,N,Q)	Sobre voltaje (fase, neutro, secuencia negativa).
67N	Sobre corriente neutral direccional.
67(P,G,Q)	Sobre corriente direccional (fase, tierra, SEF, secuencia negativa).
79	Auto cierre.
81 (O,U,R)	Sobre frecuencia, bajo frecuencia.
85 RIO	SEL MIRRORED BITS COMMUNICATIONS.
DFR	Reportes de eventos.
HMI	Interfaz del operador.
LGC	Control de ecuaciones SELogic.
MET	Medición de alta exactitud.
PMU	Fasores de sincronismo.
PQM	Variación de voltaje, elevación e interrupción.

Recuperado de:

[https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/351S\\_PF00200.pdf?v=20180607-232737](https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/351S_PF00200.pdf?v=20180607-232737)

### 2.4.1.2 Presentación de equipo SEL-351s.

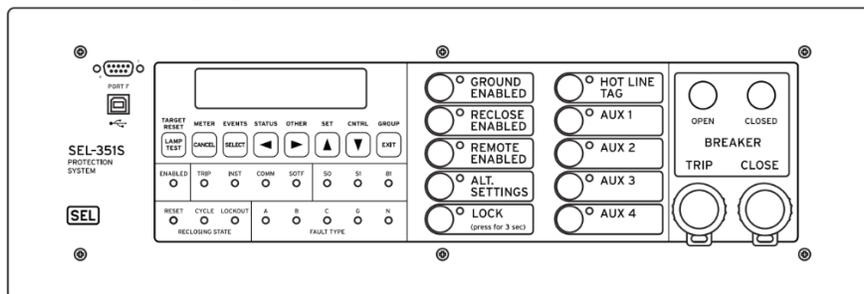


Figura 15. Representación frontal del equipo SEL-351s.

Recuperado de:

[https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/351S\\_PF00200.pdf?v=20180607-232737](https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/351S_PF00200.pdf?v=20180607-232737)

### 2.4.2 SEL-387s.

Solución para la protección de transformadores de potencia de dos, tres o cuatro devanados. Utiliza elementos de sobre corriente de las entradas de TC's combinadas para la protección de respaldo.

#### ❖ Protección.

Protege los transformadores de potencia hasta con cuatro devanados que utilizan una combinación de características diferenciales de porcentaje de pendiente simple o doble, protección contra sobre corriente y protección de falla a tierra restringida (REF).

#### ❖ Automatización.

Reduce los costos totales del proyecto a través de capacidades de comunicaciones remotas y la eliminación de interruptores de control externos y lámparas indicadoras. Utilice las capacidades de comunicaciones remotas para fines de control, monitoreo y alarma.

#### ❖ Control.

Localmente controla la operación del relé e inicia o bloquea secuencias de automatización desde sitios remotos o sistemas de control.

#### ❖ Monitoreo.

Simplifica el análisis de fallas y perturbaciones del sistema con informes de eventos y registrador de eventos secuenciales. Utiliza el desgaste de contacto del interruptor y los monitores de voltaje de la batería de la subestación para despachar eficientemente los recursos de mantenimiento. Especifica el modelado térmico opcional según la norma IEEE C57.91: 1995 para transformadores sumergidos en mineral. Usa el elemento térmico para activar una acción de control o para emitir una alarma cuando el transformador se encuentra en peligro por envejecimiento excesivo del aislamiento o pérdida de vida útil.

Descripción funcional.

[https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/387\\_PF00006.pdf?v=20180607-232845](https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/387_PF00006.pdf?v=20180607-232845)

### 2.4.2.1 Descripción funcional de equipo SEL-387s.

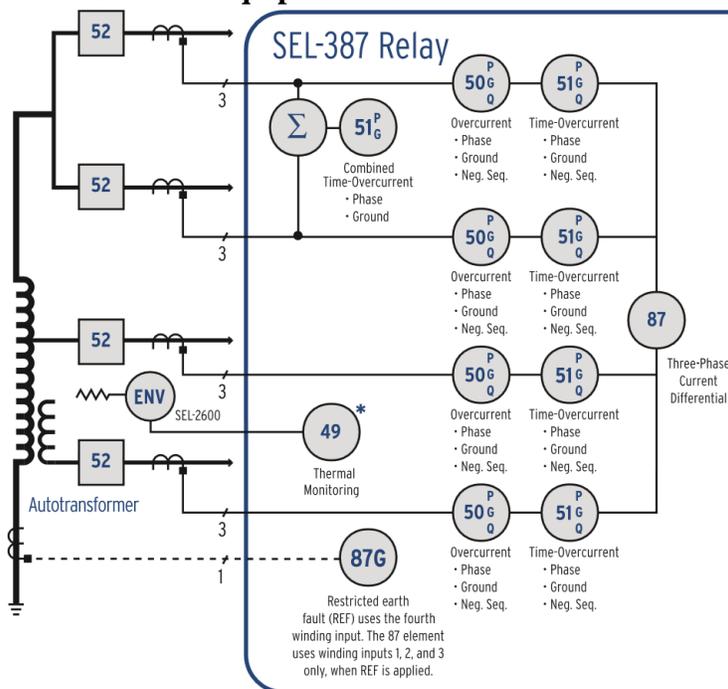


Figura 16. Representación diagrama unifilar relevador SEL-387s.

Recuperado de:

[https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/387\\_PFO0006.pdf?v=20180607-232845](https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/387_PFO0006.pdf?v=20180607-232845)

Tabla 5.

NÚMEROS Y ACRÓNIMOS ANSI SEL 387s.

<i>NÚMEROS Y ACRÓNIMOS ANSI</i>	
49	Monitoreo térmico.
50 (P, G, Q)	Sobre corriente (fase, tierra, secuencia negativa).
51 (P, G, Q)	Tiempo de sobre corriente (fase, tierra, secuencia negativa).
87	Corriente diferencial.
DFR	Reporte de eventos.
ENV	SEL-2600.
HMI	Interfaz del operador.
LGC	Control de ecuaciones SELogic.
MET	Medición de alta exactitud.
REF	Faltas a tierra restringida.
SER	Recordador de eventos secuenciales.

Recuperado de:

[https://static.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Data%20Sheets/387\\_DS\\_20170601.pdf?v=20170608-204626](https://static.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Data%20Sheets/387_DS_20170601.pdf?v=20170608-204626)

### 2.4.2.2 Presentación de equipo SEL-387s.

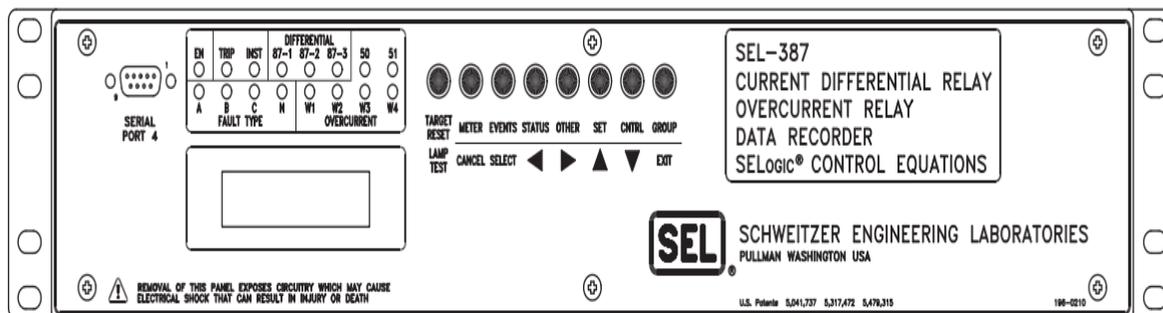


Figura 17. Representación frontal diagrama SEL-387s.

Recuperado de:

[https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/387\\_PF00006.pdf?v=20180607-232845](https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/387_PF00006.pdf?v=20180607-232845)

### 2.4.3 SEL-311 L.

Solución para la protección de transformadores de potencia de dos, tres o cuatro devanados. Utiliza elementos de sobre corriente de las entradas de TC's combinadas para la protección de respaldo.

Protección de líneas con relés diferenciales de corriente fáciles de usar. Utilización de los relés diferenciales de corriente de línea SEL-311L con respaldo de esquema completo para una protección de línea de alta velocidad, fácil de aplicar.

[https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/311L\\_Flyer.pdf?v=20180607-233255](https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/311L_Flyer.pdf?v=20180607-233255)

#### ❖ **Protección.**

Aplica protección diferencial de corriente de sub-ciclo de uno o tres polos. Reduce los costos del sistema de protección mediante el uso de funciones de copia de seguridad de sobre corriente y distancia incorporadas.

#### ❖ **Simplificación.**

La característica de funcionamiento innovadora facilita la configuración. No se requieren estudios de fallas para la mayoría de las aplicaciones diferenciales.

#### ❖ **Optimización.**

El uso de canales simples o duales para la confiabilidad. Aplique en líneas de dos o tres terminales con o sin líneas derivadas.

#### ❖ **Monitoreo.**

Incorpora mediciones de fasores sincronizados en sistemas de control y protección de área amplia. Utiliza la correlación de tiempo de alta precisión para mejorar el análisis de informes de eventos.

#### ❖ **Automatización.**

Reduce los costos totales de construcción y operación del proyecto al integrar el re conector de cuatro disparos y los operadores lógicos de relé en su sistema de automatización.

#### ❖ **Integración.**

Mejora la integración de la estación con comunicaciones seriales y Ethernet. Utiliza las comunicaciones IEC 61850 para la interoperabilidad entre relés con una función de seleccionar antes de operar para mayor seguridad operativa. Aumenta la fiabilidad de las comunicaciones con doble conmutación, esto a través de una conexión Ethernet.

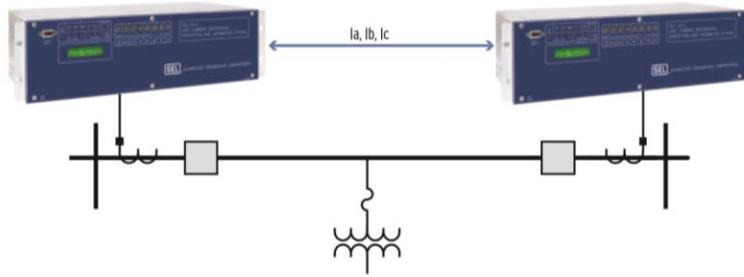


Figura 18. Representación de componentes relevador SEL-387s.

Recuperado de:

[https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/311L\\_Flyer.pdf?v=20180607-233255](https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/311L_Flyer.pdf?v=20180607-233255)

### 2.4.3.1 Descripción funcional de equipo SEL-311 L.

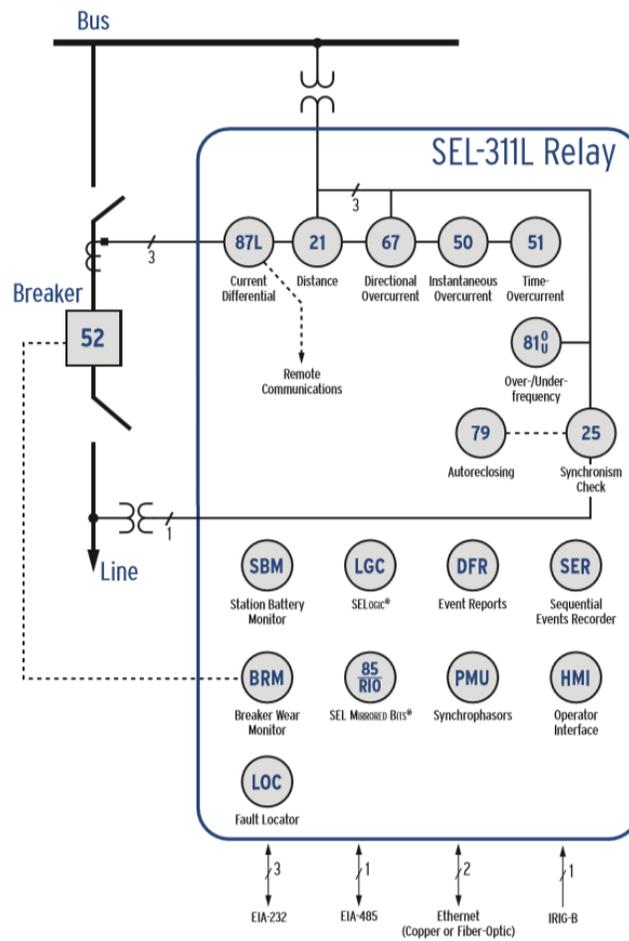


Figura 19. Representación diagrama unifilar relevador SEL-311L.

Recuperado de:

[https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/311L\\_Flyer.pdf?v=20180607-233255](https://cdn.selinc.com/assets/Literature/Product%20Literature/Flyers/311L_Flyer.pdf?v=20180607-233255)

## CARACTERÍSTICAS DE PROTECCIÓN.

- ❖ Elementos de sobre intensidad instantánea y de tiempo definido.
- ❖ Elementos de sobre intensidad de tiempo inverso.
- ❖ Elementos direccionales polarizados de corriente.
- ❖ Configuración automática.

Funciones de protección adicionales que están disponibles cuando los voltajes están conectados, incluidos.

- ❖ Elementos de distancia.
- ❖ Elementos fuera de paso.
- ❖ Elementos de voltaje.
- ❖ Elementos direccionales y de distancia polarizados por voltaje.
- ❖ Elementos de comprobación de sincronismo.
- ❖ Elementos de frecuencia.
- ❖ Log Lógica de detección de pérdida de potencial.
- ❖ CCVT Lógica de Detección Transitoria.
- ❖ Log Lógica de detección de intrusión de carga.

### 2.4.3.2 Presentación de equipo SEL-311 L.

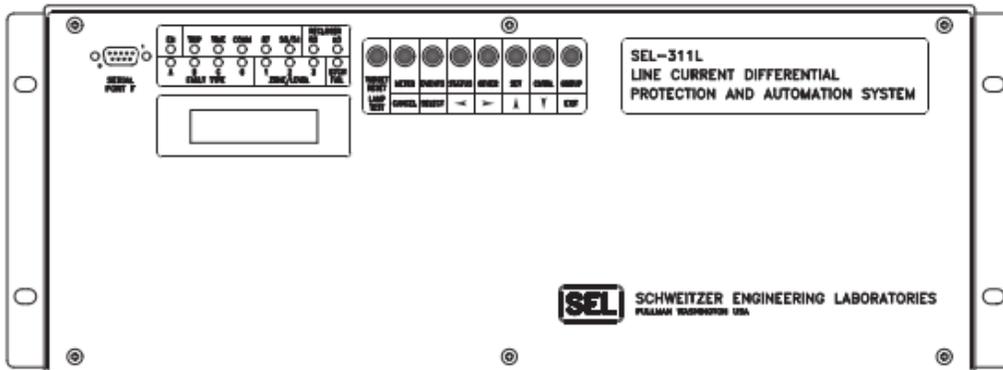


Figura 20. Representación frontal diagrama SEL-311L.

Recuperado de: manual-espaol-sel-160218023534

**CAPITULO III: DESARROLLO DE PROYECTO.**  
Descripción del desarrollo del proyecto (enfoque práctico).

### **3.1 Presentación.**

Para la realización de este proyecto influyeron factores teóricos y prácticos labores que radican desde el simple hecho de volver a involucrarse con términos teóricos y definiciones, que, a pesar de ser utilizados con regularidad durante la carrera, son importantes retomar y comprender, para así desarrollar el trabajo, encaminándolo de la mejor manera desde sus inicios hasta llegar a sus resultados de una manera eficaz.

El desarrollo fue un factor muy importante al momento de la elección del proyecto, en el influyó gran parte de la decisión, ya que solo sobre la marcha se determinaría la verdadera complicación y dimensión del mismo. Solo así se deduciría si en verdad el proyecto era viable de acuerdo a disponibilidad de tiempo, dinero y algunas condiciones adversas varias.

El desarrollo del proyecto implicó la adquisición de nuevos conocimientos en áreas que de acuerdo a la carrera y plan de estudios fueron difíciles de acceder. Áreas tales como la pailería, soldadura, maderas, hojalatería, pintura.

Todos los conocimientos fueron proporcionados a través de la impartición de asesorías técnicas-prácticas proporcionadas por: el jefe de laboratorio, profesores, técnicos académicos, almacenistas y compañeros, los cuales es importante destacar, siempre mostraron la mejor actitud, paciencia y la mejor disposición del mundo para que el desarrollo del proyecto fuera por buen camino, todo este equipo de trabajo que forma parte del laboratorio de diseño y manufactura (L-1).

La asesoría mencionada implicó la correcta manipulación de distintos equipos y herramientas específicas para cada área de trabajo, tales como soldadora de punto, soldadora de micro alambre, dobladora, guillotina de 90°, esmeril, cizalla eléctrica, sierra de calar o caladora, sierra, sierra de piso, etc. Considero que la adquisición de estos conocimientos es de suma importancia, ya que en el ámbito laboral es algo que me puede ser de utilidad en cierto momento, cuando este sea necesario y en donde los conocimientos puedan llegar a ser puestos a prueba. Además de ser explotados en el ámbito personal.

### 3.2 Descripción general de los componentes requeridos.

#### 3.2.1 Descripción general del gabinete.

Gabinete tipo rack estructurado con las siguientes dimensiones.

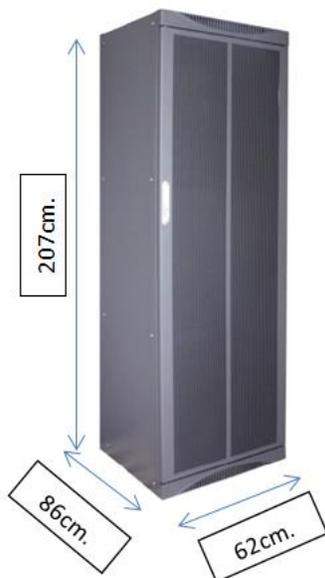


Figura 21. Representación y dimensiones físicas del gabinete.

Nota: En ella se muestran las dimensiones de la estructura del gabinete sobre el que irán montados los equipos, paneles de policarbonato, centro de carga de los interruptores electromagnéticos y demás.

##### 3.2.1.1 Características físicas del gabinete.

Tabla 6.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GABINETE.

COMPONENTE.	MATERIAL.	DIMENSIONES.	CALIBRE.	COLOR	CANTIDAD
Gabinete.	Lámina galvanizada.	Alto: 207 cm. Largo: 86 cm. Base: 62 cm.	14	Gris.	1

NOTA: En ella se muestra las características físicas del gabinete, de acuerdo a su composición, el gabinete no sufrió modificación alguna, este era ideal para el desarrollo del proyecto a realizar.

##### 3.2.1.2 Especificaciones técnicas de gabinete.

El gabinete fue proporcionado como parte del material establecido dentro del propio laboratorio L-3. Su función es la de soportar cada uno de los elementos que conformarán el proyecto en general. Este no cumplía con alguna función al momento justo de iniciar con el proyecto, solo bastó con la localización del mismo dentro de las instalaciones y ser ubicado a una zona específica con más seguridad y que permitiera a su vez una fácil manipulación para trabajar de manera eficaz.

El chasis del gabinete está constituido a partir de lámina galvanizada calibre 14, el color es de tono gris oscuro y se puede deducir que fue adquirido a partir de una técnica de pintura electrostática, la cual brinda una calidad y estética superior, que se complementa perfecto al proyecto.

Cuenta con adaptaciones para fijar la tierra física, cables con terminal de ojillo y tornillos para que la caratula principal y equipos puedan ser fijados de manera correcta.

El gabinete cuenta ya con orificios dentro y fuera, con lo que facilita así el montaje de cada uno de los elementos que serán fijados al mismo, tales como el panel principal, equipos SEL, barras de policarbonato, centro de carga, etc.



*Figura 22.* Representación del gabinete original.

Nota: En ella se muestra la estructura del gabinete sin ningún tipo de modificaciones, solo cuenta con los rieles previamente montados.

### 3.2.2 Descripción general de rieles.

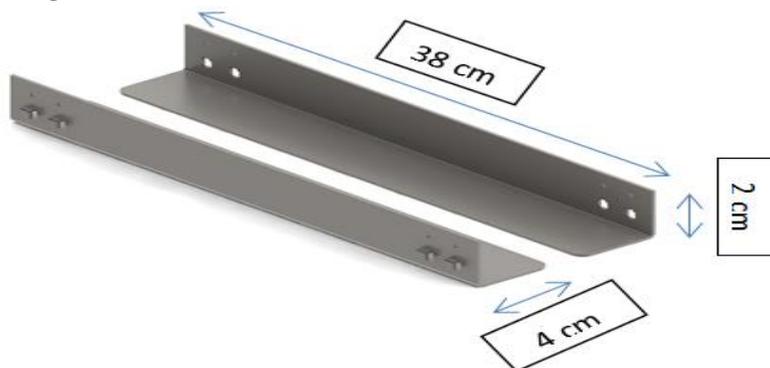


Figura 23. Representación y dimensiones físicas de rieles.

Nota: representación de las dimensiones de rieles requeridas para soportar a cada uno de los equipos dentro de la estructura del gabinete.

#### 3.2.2.1 Características físicas de rieles.

Tabla 7.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE RIELES.

COMPONENTE.	MATERIAL.	DIMENSIONES.	CALIBRE.	COLOR.	CANTIDAD.
Riel.	Acero inoxidable.	Alto: 2 cm. Largo: 38 cm. Base: 4 cm. grosor: 0.3 cm.	14	Dorado.	8.

NOTA: En ella se muestran las características físicas de los rieles requeridos para soportar los equipos SEL a la estructura del rack, a diferencia del gabinete, estos fueron modificados, para que la dimensión del largo fuera exacto a las dimensiones que exigía el rack.



Figura 24. Representación y corte de rieles uno.

Nota: En ella se hace evidencia de los cortes de los rieles previamente cortados a la medida exacta establecida por las dimensiones del gabinete.

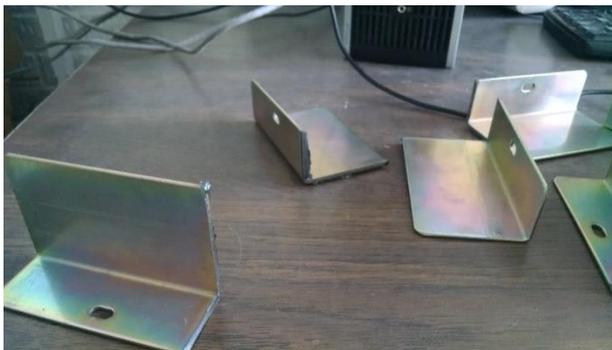
### 3.2.2.2 Especificaciones técnicas de rieles.

Los rieles son obtenidos a partir de una barra de acero, de la misma forma como sucedió con el gabinete, estas fueron aportadas por el laboratorio L-3. Su ubicación es en el interior del gabinete. Su función es la de soportar a cada uno de los equipos dentro del propio.

Cuentan con unas dimensiones de 50 cm de largo, 2 cm de alto y 4 cm de base, Las barras de acero fueron cortadas a medida de las dimensiones establecidas por el rack, el proceso fue realizado dentro de las instalaciones del Laboratorio L-1 “Diseño y Manufactura”, el largo de dichas barras fue limitado a 38 cm de largo, conservando las dimensiones de alto y base respectivamente.

Además, implicó la perforación de dos orificios de forma paralela con una distancia de 2.5cm entre ambos en cada extremo, con la finalidad de ser fijadas a los soportes del rack. El corte implicó la adquisición de nuevos conocimientos en el ámbito de herrería, y con ello manipular de manera correcta herramienta y equipo de trabajo que de acuerdo a nuestra carrera y su plan de estudios actual no era posible ser dominadas y que fueron aplicadas para generar el corte.

La herramienta de trabajo requerida en este apartado fue el esmeril, los cortes fueron realizados en dos pasos distintos, el primero realizado a partir de un disco de corte y el segundo aplicado con un disco de multi-lijas, este último con la finalidad de evitar daños a futuro generados por la pedacería o rebaba generada a partir del primer corte. Estas actividades fueron desarrolladas dentro de las instalaciones de patio del laboratorio L-1. Las actividades fueron asesoradas por el Ing. Fernando Xavier Vázquez Martínez.



*Figura 25.* Representación y corte de rieles dos.

Nota: En ella se hace evidencia de los cortes de los rieles previamente cortados a la medida exacta establecida por las dimensiones del gabinete.



*Figura 26.* Representación y corte de rieles.

Nota: En ella se hace evidencia de los cortes de rieles con la sierra.



*Figura 27.* Representación de rieles montados en gabinete.

Nota: En ella se muestra el montaje de los rieles en dimensiones y posición correctas a lo largo de la estructura del gabinete.

### 3.2.3 Descripción del panel principal.



Figura 28. Representación física de lámina de acero.

Nota: En ella se muestra el corte real de la lámina de acero requerida para la conformación del panel principal del gabinete.

#### 3.2.3.1 Características físicas del panel principal.

Tabla 8.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL PANEL PRINCIPAL.

COMPONENTE.	MATERIAL.	DIMENSIONES.	CALIBRE.	COLOR FINAL.	CANTIDAD.
PANEL PRINCIPAL	Lamina negra.	Alto: 207 cm. Base: 59 cm. grosor: 0.2 cm.	18	Gris obscuro.	1

NOTA: En ella se muestran las características físicas de la lámina requerida para la conformación del panel principal.

#### 3.2.3.2 Especificaciones técnicas de panel principal.

El material es solicitado en un establecimiento externo, con la finalidad de que este fuera adquirido lo más pronto posible y a partir de ello optimizar el tiempo y comenzar con las modificaciones necesarias para la conformación del panel principal.

La solicitud implicó un proceso que iba desde la elección del tipo y calidad del material propio de la lámina; el cual debía de ser lo suficientemente gruesa para soportar las posibles afectaciones que quizá de manera no intencionada se realizaban por parte de los alumnos al momento de interactuar con los equipos en la realización de las prácticas, pero evitando también a su vez que fuera lo suficientemente gruesa como para que sobrepasara el ancho de las barras de policarbonato o que fuera demasiado pesada para así asegurar su soporte.

La consulta fue con el ing. Fernando Xavier Vázquez Martínez, después de la cual se dedujo que la mejor opción era la elección de lámina negra, calibre 18, las características eran justas para las exigencias anteriormente mencionadas y que a su vez equilibraban la balanza en cuanto a costo-beneficio requiere.

Su ubicación es en la parte frontal del gabinete. Su función es establecer un limitante entre el cableado y la parte frontal externa del rack, servir como soporte para establecer el correcto montaje de los equipos, paneles hechos a partir de barras de policarbonato y centro de carga respectivamente.

Para ello el corte es definido a partir de las dimensiones establecidas por el rack, y factores que influyeron para la definición del corte correcto tales como la distribución de los equipos SEL a lo largo del gabinete, además de su panel hecho de policarbonato.

Una de las contradicciones que surgieron durante el desarrollo del panel principal surge a partir de una mala distribución de los equipos a lo largo del gabinete, la mala distribución obligó a retirar uno de los equipos destinados dentro del rack, es decir, de cinco equipos que se tenían contemplados solo nos quedaremos con cuatro.

El quinto equipo (SEL-849) debido a su tamaño y utilidad sería montado dentro de un gabinete particular independiente a los otros cuatro, para aprovechar al máximo la disponibilidad y exigencia del mismo dentro de las prácticas desarrolladas en el laboratorio de protección de sistemas eléctricos, laboratorio al cual está destinado.

El percance obligó a la solicitud de una nueva hoja de lámina para así generar un nuevo corte que permitiera una correcta distribución de los equipos, paneles de policarbonato, y ahora también el espacio para el empotramiento de un centro de carga para los interruptores electromagnéticos en la parte central superior del panel principal.

El nuevo corte implicaría un orificio en la parte central de la lámina, gracias al cual se establecería una correcta distribución de los equipos y paneles de policarbonato para cada uno de ellos, orificios necesarios para fijar a cada uno de los elementos mencionados, además de una correcta posición del corte en el que se establecería el empotramiento del centro de carga.

Una nueva hoja de lámina con un nuevo corte necesario que permitieron así una correcta distribución de los equipos, todo a partir de un panel principal elaborado a partir de una sola pieza.

Una vez establecido el corte correcto del panel principal es momento de pensar en cómo es que sería fijada al rack, la opción elegida es la utilización de tornillos pasados con tuerca, ya que estos ayudan a tener un mejor agarre de una manera uniforme al propio gabinete y además complementan a su vez la fijación de los equipos y paneles de policarbonato a la misma, todo a través de elementos tan sencillos como los tornillos.

Para ello se efectuó la cantidad de 18 orificios en las partes laterales de la lámina, nueve en el lateral izquierdo y nueve en la parte lateral derecha, todos distribuidos en distancias adecuadas con la intención de fijar la caratula principal al gabinete de manera uniforme y segura.

Además de contar con 32 orificios más distribuidos en la parte central del mismo, esto con la finalidad de ahora fijar a los equipos y paneles de policarbonato al panel principal, respetando a su vez la distribución y espaciado entre elementos.



*Figura 29.* Orificios para el montaje de equipos y paneles.

Nota: En ella se muestran los orificios establecidos a los costados de la lámina, su función es la de fijar a los elementos que irán montados sobre ella, equipos, y paneles de policarbonato.

Las dimensiones de los orificios realizados son de 0.4cm en todos ellos son realizados a partir de la utilización de taladro y broca correspondiente.

La distancia entre cada uno de los orificios laterales son de 26.8cm entre cada uno. Y los orificios de la parte central son adecuados a las dimensiones previamente establecidas entre un elemento y otro.

Orificio destinado al empotramiento del centro de carga. Para contar con un orden al momento de la realización de prácticas y consultado previamente con el asesor del proyecto, se decide contar con un centro de carga en la parte central superior. Este tiene como finalidad el almacenar una serie de interruptores electromagnéticos que cumplan con dos objetivos importantes:

El primero es contar con una protección extra ante cualquier descarga.

Y el segundo es tener un control, una especie de interruptor que permita encender y apagar al equipo deseado cuando este tenga que ser requerido, pero sin la necesidad de encender a los demás.

Para ello se decide adquirir un centro de carga de la marca ABB con riel DIN ya que este se adaptaba perfecto a las necesidades del proyecto.

Necesidades referidas en cuanto a la cantidad de interruptores requeridos y su capacidad para que estos mismos sean fijados a él a través de su riel DIN, dimensiones, estética, calidad y precio.

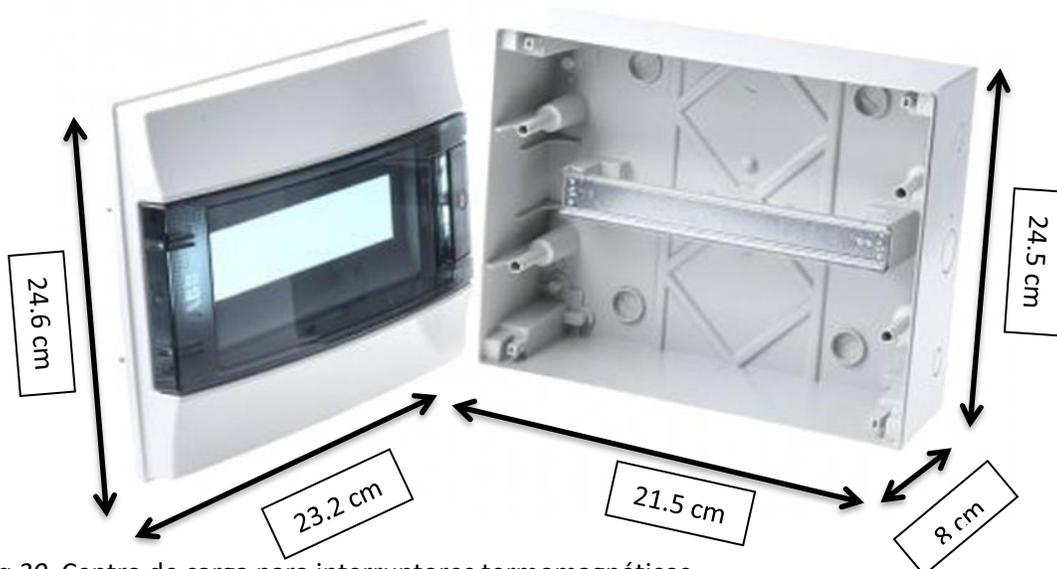


Figura 30. Centro de carga para interruptores termomagnéticos.

Nota: En ella se muestran las dimensiones del centro de carga establecido para la fijación de los interruptores termomagnéticos, este será empotrado en la parte superior central.

El corte de la lámina debe contar con las dimensiones exactas a las del centro de carga ya que la manera en que este sera fijado a la lamina sera a aprtir de un simple empotramiento.

Corte que es logrado de manera precisa a partir de la utilizacion de esmeril y disco de corte y desbaste.



*Figura 31.* Corte para el empotramiento del centro de carga.

Nota: En ella se muestra el corte asignado para el empotramiento del centro de carga, el cual está ubicado en la parte superior central de la lámina.



*Figura 32.* Corte de lámina.

Nota: En ella se muestran los cortes de la lámina utilizada para el panel principal cortada a las medidas exactas establecidas por las dimensiones del gabinete.



*Figura 33.* Desbaste del corte asignado para el empotramiento del centro de carga.  
Nota: En ella se muestra el proceso de desbaste para el empotramiento correcto del centro de carga.



*Figura 34.* Corte y empotramiento correcto.  
Nota: En ella se muestra el empotramiento correcto del centro de carga al panel principal.



*Figura 35.* Corte final de panel principal.  
Nota: En ella se muestran los cortes correctos finales del panel principal.

### 3.2.3.3 Aplicación de pintura a caratula principal.



Figura 36. Proceso de pintado de la caratula principal.

Nota: En ella se muestra parte del proceso realizado para el pintado de la lámina que fungiría como caratula principal.

Tabla 9.

CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES REQUERIDOS PARA EL PROCESO DE PINTADO.

COMPONENTE.	COLOR.	CANTIDAD.	RELACIÓN DE DISOLUCIÓN.
Pintura	Gris	½ Litro	1: ½
Esmalte	Gris	½ Litro	1: ½
Capa transparente		½ Litro	1

NOTA: En ella se muestran las características de los materiales requeridos para el proceso de pintado de la caratula principal.

Respaldo por el personal correspondiente el proceso de pintura se realiza dentro de las instalaciones del Laboratorio L-1 “Diseño y Manufactura”.

El proceso consta de varias etapas, cada una de ellas igual de necesaria una de la otra para poder lograr el resultado ideal.

La primera etapa consiste en limpiar los residuos superficiales a la lámina, esto a partir de una etapa superficial en la que involucran polvo, tierra y demás, estos mismos serán limpiados a partir de una remoción con un simple trapo o escobilla.

La segunda etapa de limpieza va más allá, en esta etapa se pretende eliminar los residuos adheridos a la lámina, esto es básicamente el óxido generado en la misma por el largo tiempo sin ser requerida, ocasionado aun después de mantener extremos cuidados en ese

sentido, esto se trata a partir de la aplicación de gasolina blanca y además de un proceso de lijado, este último con una lija no tan agresiva que evite maltratar la estructura.

Una vez realizado el proceso de limpieza, ahora el siguiente paso consta de la aplicación del primer de relleno.

La relación de disolución aplicada es de 1: ½, el material requerido para disolver el primer de relleno es el thinner.

Esta capa de pintura tiene propiedades que, tal cual como menciona su nombre, tiene la finalidad de rellenar las imperfecciones que persisten en el metal del recubrimiento, en este caso es la lámina o caratula principal, tales como ralladuras, porosidades y hundimientos, entre otros desperfectos que necesitan reparación. En definitiva, el primer de relleno termina de perfeccionar la superficie de la lámina para darle un aspecto como nuevo.

Una de las ventajas más considerables es que se logra encontrar un primer de relleno que coincida con el color de la pintura, los dos son grises y ello se ve reflejado de manera significativa en el resultado final.

El proceso consiste en la aplicación de varias capas de la solución previamente lograda a partir del primer de relleno y thinner.

La herramienta requerida para la aplicación de la solución es la pistola de gravedad.

Las capas son aplicadas de manera uniforme evitando escurrimientos y porosidades.

La cantidad de placas aplicadas dependió estrictamente de la durabilidad de la solución.

La cantidad de capas aplicadas de acuerdo a la durabilidad de la solución fue de cuatro.

Así mismo se toma la decisión de aplicar la misma cantidad de capas tanto en la parte frontal como posterior de la lámina para evitar efectos corrosivos futuros y cuidar su estructura la mayor cantidad de tiempo posible.



*Figura 37.* Proceso aplicación de primer de relleno a caratula principal.

Nota: En ella se muestra parte del proceso realizado para la aplicación del primer de relleno a la lámina que fungiría como caratula principal.

Una vez aplicadas todas las capas de primer de relleno es necesario dejar secar a la misma por una cantidad de tiempo aproximada de 30 minutos. Una vez realizado, el siguiente paso consta de aplicar la pintura gris.

El proceso es básicamente similar al realizado con la aplicación del primer de relleno, solo que en esta ocasión la aplicación de capas debe tener un mayor cuidado, ya que, a diferencia de la capa de primer de relleno, estas capas de pintura serán la capa final del proceso, de ahí la importancia y cuidado para que estas no sufran el mínimo escurrimiento.

La relación de disolución aplicada es de 1:  $\frac{1}{2}$ , el material requerido para disolver la pintura es el thinner.

De igual manera que en el proceso de aplicación del primer de relleno la cantidad de placas aplicadas serán determinadas estrictamente a partir de la cantidad de disolución lograda, es decir, la cantidad de capas serán limitadas a partir de la durabilidad de disolución.

Igual que en la aplicación del primer de relleno la cantidad de placas aplicadas fueron cuatro en la parte frontal y a diferencia del proceso anterior en la parte posterior solo se aplicaron tres.

Cabe mencionar que todo el proceso fue realizado en condiciones ambientales adecuadas, en un día soleado dentro de las instalaciones del Laboratorio L-1 “Diseño y manufactura” evitando humedad y corrientes de aire que afectaran el resultado o calidad del proceso realizado.



*Figura 38.* Proceso aplicación de PINTURA de relleno a caratula principal.

Nota: En ella se muestra parte del proceso realizado para la aplicación de pintura a la lámina que fungiría como caratula principal.

### 3.2.4 Cortes y dimensiones específicas de las barras de policarbonato requeridas para los paneles en cada uno de los equipos.



Figura 39. Dimensiones panel SEL-351s.

Tabla 10.  
ESPECIFICACIONES PANEL SEL-351s.

<b>3.2.4.1 Panel SEL-351s.</b>	
MATERIAL:	POLICARBONATO
DIMENSIONES:	
ALTURA:	7.0 cm.
LARGO:	48.4 cm.
ANCHO:	0.6 cm.



Figura 40. Dimensiones panel SEL-387A.

Tabla 11.  
ESPECIFICACIONES PANEL SEL-387A.

<b>3.2.4.2 Panel SEL-387s.</b>	
MATERIAL:	POLICARBONATO
DIMENSIONES:	
ALTURA:	9.1 cm.
LARGO:	48.4 cm.
ANCHO:	0.6 cm.



Figura 41. Dimensiones panel SEL-311 L.

Tabla 12.  
ESPECIFICACIONES PANEL SEL -311L.

<b>3.2.4.3 Panel SEL-311 L.</b>	
MATERIAL:	POLICARBONATO
DIMENSIONES:	
ALTURA:	7.0 cm.
LARGO:	48.4 cm.
ANCHO:	0.6 cm.



Figura 42. Dimensiones panel SEL-311 L.

Tabla 13.  
ESPECIFICACIONES PANEL SEL-311L.

<b>3.2.4.4 Panel SEL-311 L.</b>	
MATERIAL:	POLICARBONATO
DIMENSIONES:	
ALTURA:	9.1 cm.
LARGO:	48.4 cm.
ANCHO:	0.6 cm.

### 3.2.5 Especificaciones técnicas de los paneles de policarbonato.

La medida y tipo de corte del policarbonato es definido por la distribución previa de los equipos SEL a lo largo del gabinete, misma que permitió un correcto montaje de cada uno de los mismos, así como de sus paneles a lo largo de la caratula principal.

Su ubicación se encuentra en la parte frontal exterior del gabinete. El componente fue donado como material de trabajo por parte del laboratorio L-3.

Los cortes son establecidos dentro de las instalaciones del laboratorio de Diseño y Manufactura L-1, dentro del cual de igual manera siempre contamos con el apoyo de cualquier tipo para la realización del proyecto.

El corte de dichas caratulas fue realizado por el técnico académico Javier Sánchez Sombrerero con la herramienta de sierra de piso en el área de maderas.



Figura 43. Corte de hoja de policarbonato.

Nota: En ella se muestra el posicionamiento para un corte general de la hoja de policarbonato, al tener un corte más pequeño, será más fácil su manipulación para obtener así los cortes deseados.



Figura 44. Corte más accesible para maniobras.

Nota: En ella se muestra el resultado del corte general de la hoja de policarbonato, un corte más pequeño que garantiza a su vez una mejor manipulación.



*Figura 45.* Proceso de corte uno en hoja de policarbonato.

Nota: En ella se muestra el proceso de los cortes a partir de los que se obtendrán los paneles de policarbonato con dimensiones correctas.



*Figura 46.* Proceso de corte dos en hoja de policarbonato.

Nota: En ella se muestra el proceso de los cortes a partir de los que se obtendrán los paneles de policarbonato con dimensiones correctas.



*Figura 47.* Proceso de corte tres en hoja de policarbonato.

Nota: En ella se muestra el proceso de los cortes a partir de los que se obtendrán los paneles de policarbonato con dimensiones correctas.



*Figura 48.* Cortes finales de policarbonato uno.

Nota: En ella se muestran los cortes correctos establecidos al policarbonato, estas serán los cortes y dimensiones correctas.



*Figura 49.* Cortes finales de policarbonato dos.

Nota: En ella se muestran los cortes correctos establecidos al policarbonato, estas serán los cortes y dimensiones correctas.

### 3.2.5.1 Diagrama de la distribución de equipos SEL, paneles de policarbonato e interruptores electromagnéticos sobre la caratula principal.

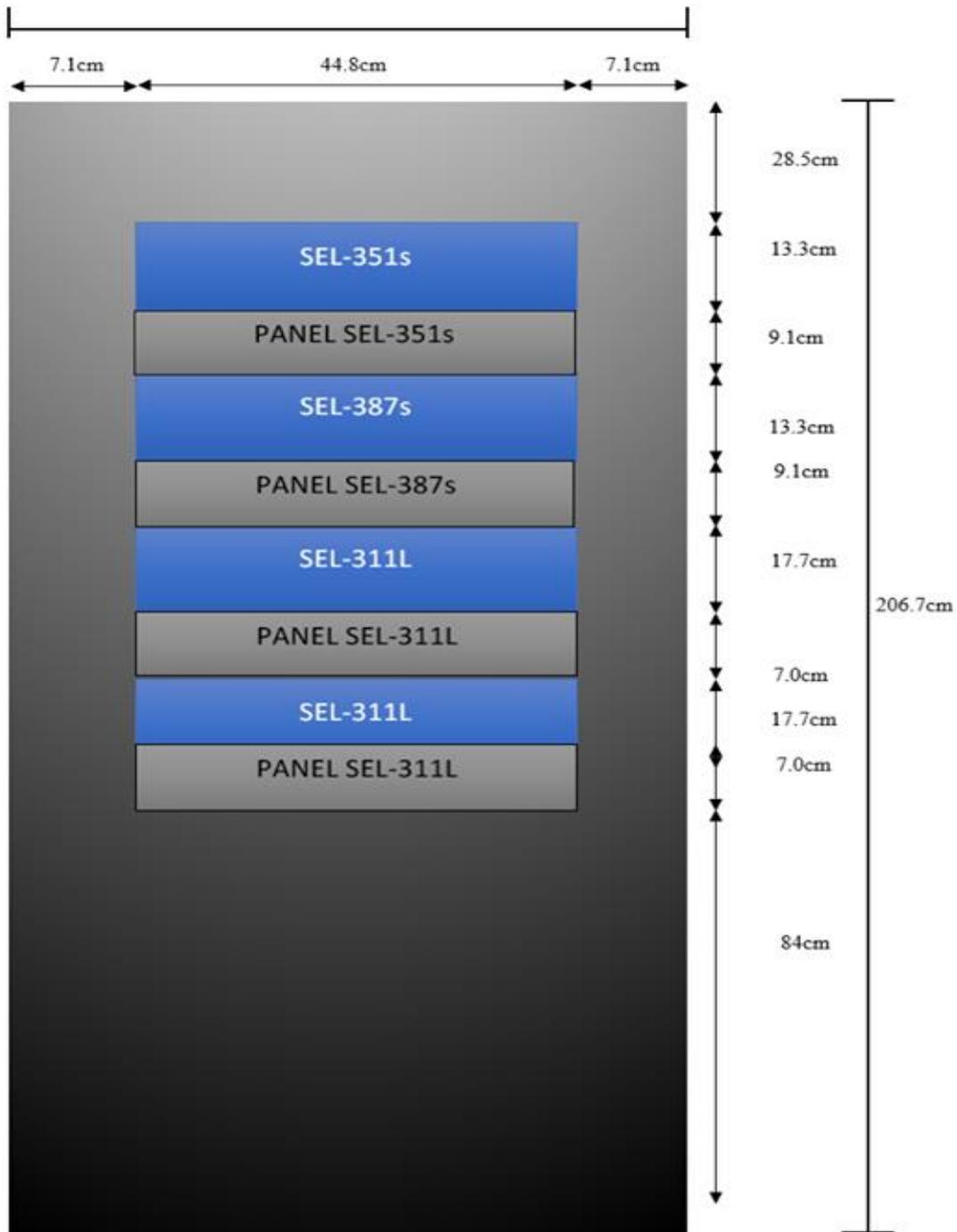


Figura 50. Corte y distribución de caratula principal para gabinete (rack).

Nota: En ella se muestra la distribución correcta, de la distribución de los componentes a lo largo del gabinete.

### 3.2.5.2 Representación de la distribución de equipos SEL y paneles de policarbonato en gabinete.

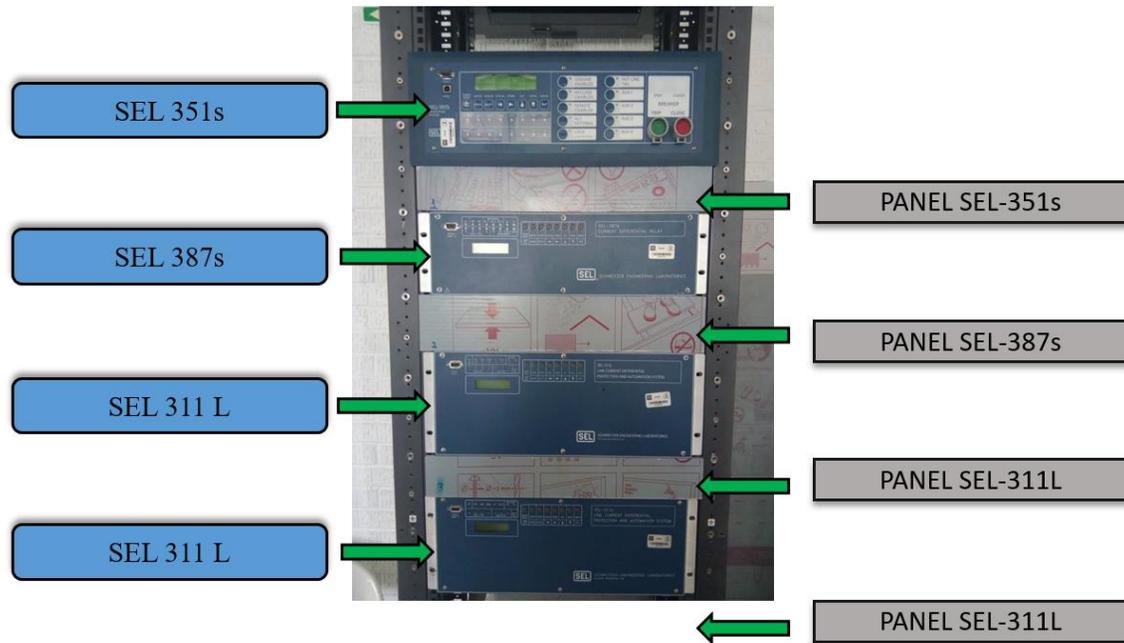


Figura 51. Distribución de equipos SEL y barras de policarbonato en gabinete (rack).

NOTA: En ella se muestran a los equipos SEL con su respectivo panel de policarbonato, con la distribución correcta a lo largo del gabinete, esta distribución será la correcta al momento de presentar el proyecto terminado.

### 3.2.6 Descripción del proceso de diseño de paneles.

En este proceso influyó la adquisición de conocimientos nuevos referidos a Adobe Illustrator, un programa que se adecuaba para el proceso de diseño de manera perfecta, en lo personal por encima de AutoCAD, por la especificación de su propósito en diseño gráfico y multimedia, los cuales son enfocados a la comunicación visual y posee una interfaz más amigable para el diseñador.

Todo esto debido a que el proceso de serigrafía se adecuaba más a un proceso gráfico, más aún que un desarrollo industrial.

La introducción al programa comenzó desde cero, el conocimiento acerca del mismo era nulo, en lo personal ni si quiera sabía de su existencia, obviamente menos de su función. La introducción a las funciones y capacidad del mismo comenzaron a partir de video tutoriales en YouTube.

El aprendizaje del programa es lento y progresivo, de hecho, solo basto conocer lo básico del mismo, después de muchas pruebas y asesoría brindada por compañeros que realizaban su servicio social, pertenecientes a la carrera de Ing. Eléctrica-Electrónica y Diseño industrial, dentro del laboratorio L-3, se llegó a la conclusión de que la opción del programa era viable, antes y durante el proceso de diseño en cada uno de los paneles, incluso después de haber terminado los prototipos, ya que Adobe Illustrator era el mismo software que la mayoría del personal trabajaba durante el proceso de serigrafiado.

La idea principal es que los diseños finales estuvieran constituidos a partir de un fondo negro con vivos en blanco esto debido a la decisión que consultada con el jefe de laboratorio L-3, el Ing. Fernando Xavier Vázquez Martínez, estos diseños deberían de complementarse con los paneles de los elementos y equipos que ya formaban parte del laboratorio de Protección de sistemas Eléctricos, laboratorio al cual dicho proyecto era destinado, paneles con los mismos colores ya definidos, además de que también haría un correcto juego en cuanto a colores refiere con los demás componentes del proyecto, equipos SEL, caratula principal y el propio rack.

En un principio este fue así, los prototipos fueron sometidos a esos colores cuando eran diseñados en Adobe Illustrator, aunque al momento de ser llevado al proceso de serigrafiado este tuvo que ser invertido en colores, un proceso que ellos denotaban como necesario.

La cotización era obligada y nos dimos a la tarea de consultar diferentes opciones, primero a través de contactos, personas que sabíamos que se dedicaban a dicho proceso, pero después de tantas negativas decidimos ahora consultar a través de negocios establecidos, la mejor opción para nosotros en cuanto establecimientos se refería, era consultar directamente en la calle Isabel la Católica 06800 dentro de la alcaldía Cuauhtémoc, CDMX una calle dedicada enteramente a la publicidad y a todo tipo de proceso que a ella se refiere, lamentablemente, ninguno de los negocios que consultamos trabajaba el policarbonato como material base, y a pesar de contar con buenos precios no era posible contar con esa opción.

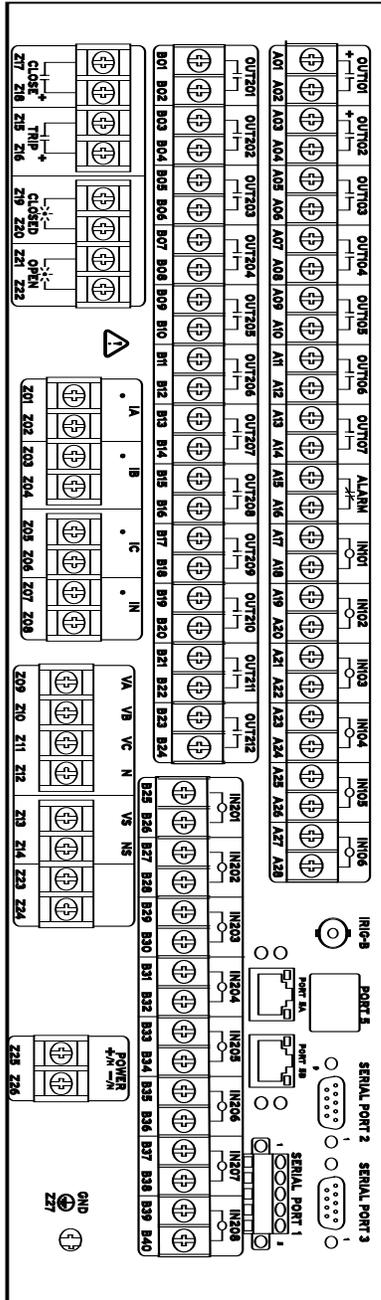
Después de tiempo y gracias a la ayuda del Ing. Fernando Xavier Vázquez Martínez logramos tener contacto con una persona que se dedicaba precisamente a ese rubro, él se encargó de realizar la cotización, al notar el precio y calidad del trabajo, además de contar con el respaldo de pertenecer a una empresa con trayectoria seria y con vasta experiencia, optamos por realizar el proceso de serigrafiado con esta empresa.

- ❖ El proceso implicó en contactar primeramente a la persona recomendada.
- ❖ Explicar el proceso, especificaciones técnicas y físicas del resultado al cual pretendíamos llegar y a partir de ello deducir si era posible realizar el proceso de serigrafiado en este establecimiento.
- ❖ Enviar los diseños y generar una cotización.
- ❖ Recibir dicha cotización y deducir que la balanza de costo-beneficio estaba equilibrada ya que el precio total reflejaba la calidad del trabajo terminado, además de contar con el respaldo y buenos términos con la que el establecimiento operaba.
- ❖ Una vez acordado el trato, el siguiente paso consistía en enviar personalmente al establecimiento las barras de policarbonato que con anterioridad había establecido para los paneles de cada equipo, las barras contaban ya con las dimensiones exactas para una correcta distribución entre equipos, caratula principal y gabinete, por ello la importancia en cuanto a la exactitud, formalidad, y responsabilidad del acuerdo con el establecimiento.

### 3.2.7 Diseño de paneles en adobe Illustrator aplicados a policarbonato; vivos negros, fondo blanco.

#### 3.2.7.1 Diseño panel SEL-351s.

Tabla 14. SEL 351s. FONDO BLANCO, VIVOS EN NEGRO.



DIMENSIONES	
ALTO	7 cm.
LARGO	48.3 cm.
GROSOR	0.6 cm.

Nota: En ella se especifican las dimensiones establecidas por el diseño obtenido y adaptado en Adobe Illustrator.

Figura 52. Diseño panel SEL-351 en Adobe Illustrator.

Nota: En la imagen se muestra el formato solicitado para la realización correcta del proceso de serigrafía, vivos negros con fondo blanco.

### 3.2.7.2 Diseño panel SEL-387s.

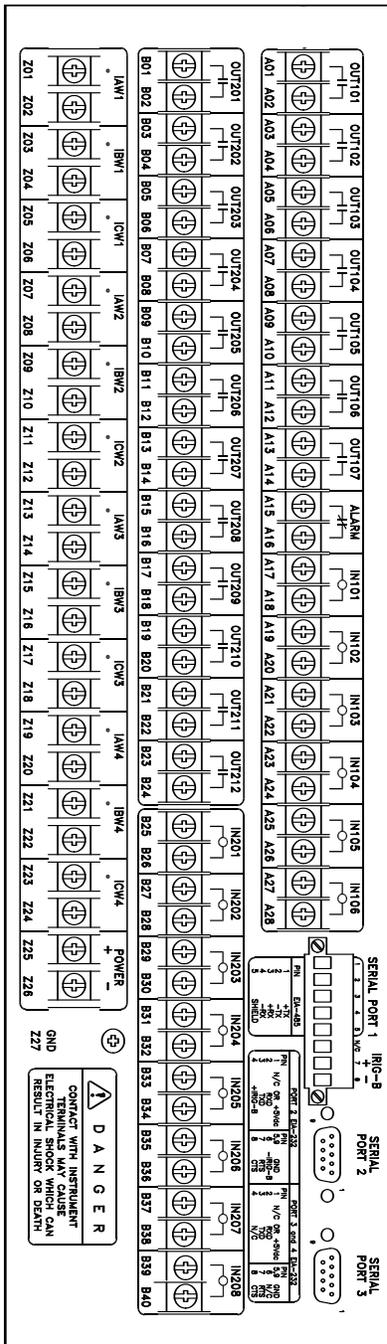


Figura 53. Diseño panel SEL-387s en Adobe Illustrator.

Nota: En la imagen se muestra el formato solicitado para la realización correcta del proceso de serigrafía, vivos negros con fondo blanco.

Tabla 15.  
DIMENSIONES PANEL SEL-387S; FONDO BLANCO, VIVOS EN NEGRO.

DIMENSIONES	
ALTO	9 cm.
LARGO	48.3 cm.
GROSOR	0.6 cm.

Nota: En ella se especifican las dimensiones establecidas por el diseño obtenido y adaptado en Adobe Illustrator.

### 3.2.7.3 Diseño panel SEL-311 L.

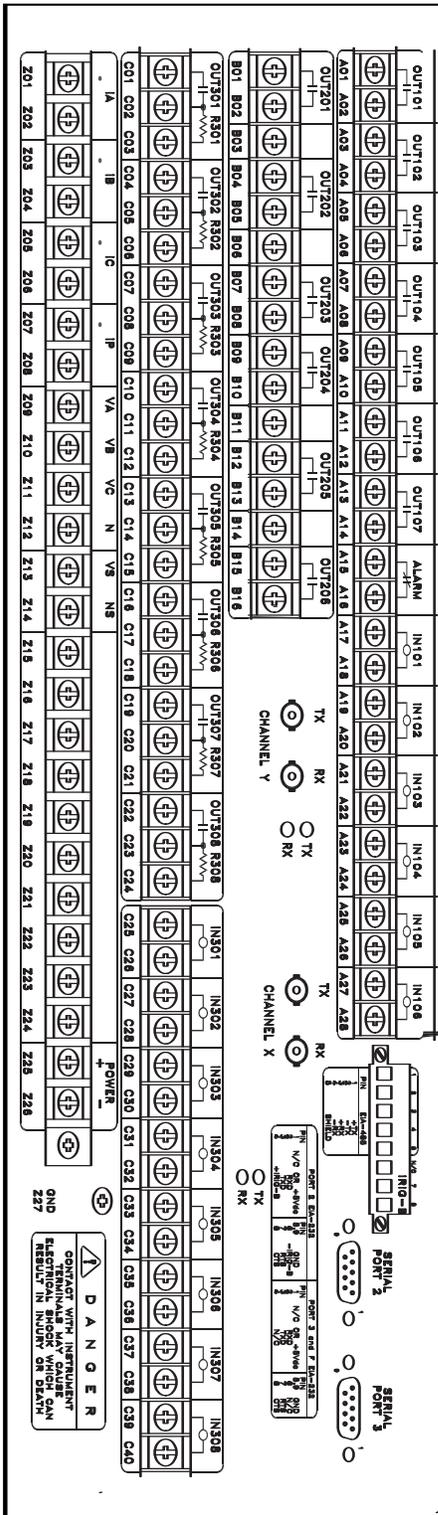


Tabla 16.  
DIMENSIONES PANEL SEL-311L; FONDO BLANCO, VIVOS EN NEGRO.

DIMENSIONES	
ALTO	7 cm.
LARGO	48.3 cm.
GROSOR	0.6 cm.

Nota: En ella se especifican las dimensiones establecidas por el diseño obtenido y adaptado en Adobe Illustrator.

Figura 54. Diseño panel SEL-311L en Adobe Illustrator.

Nota: En la imagen se muestra el formato solicitado para la realización correcta del proceso de serigrafía, vivos negros con fondo blanco.

### 3.2.7.4 Diseño panel SEL-311 L.

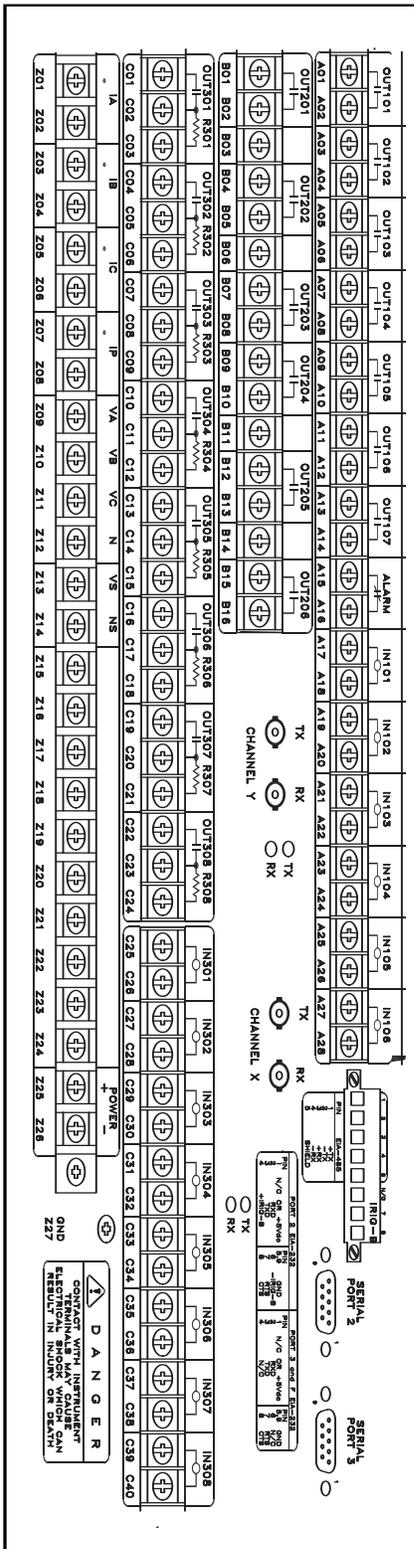


Tabla 17.  
DIMENSIONES PANEL SEL-311L; FONDO BLANCO, VIVOS EN NEGRO.

DIMENSIONES	
ALTO	9 cm.
LARGO	48.3 cm.
GROSOR	0.6 cm.

Nota: En ella se especifican las dimensiones establecidas por el diseño obtenido y adaptado en Adobe Illustrator.

Figura 55. Diseño panel SEL-387 en Adobe Illustrator.

Nota: En la imagen se muestra el formato solicitado para la realización correcta del proceso de serigrafía, vivos negros con fondo blanco.

### 3.2.8 Diseño de paneles en adobe Illustrator aplicados a policarbonato; vivos blancos, fondo negro.

#### 3.2.8.1 Diseño panel SEL-351s.

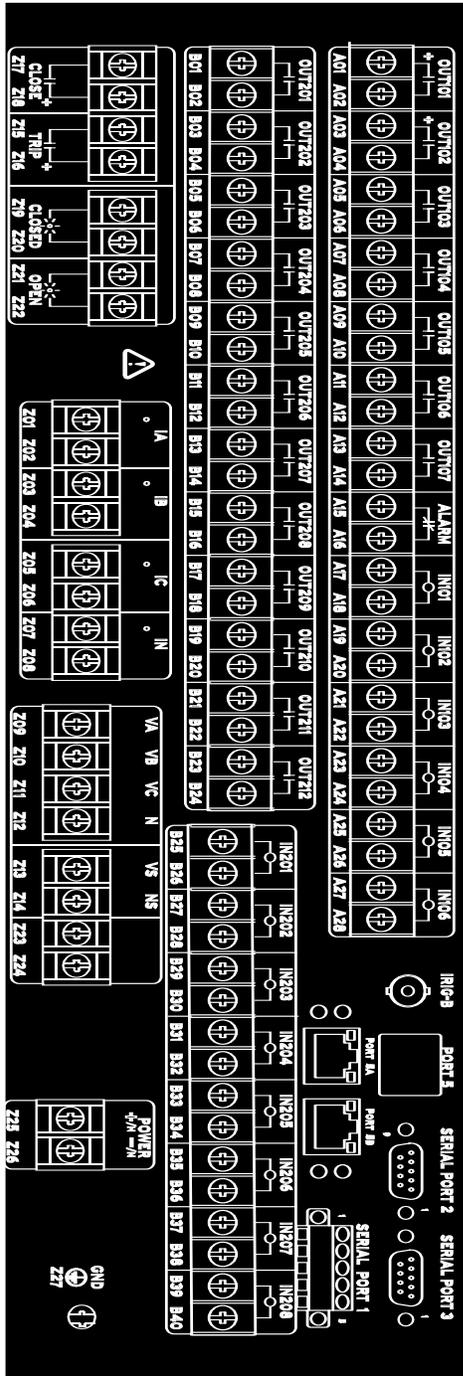


Figura 56. Diseño panel SEL-351 en Adobe Illustrator.

Nota. En ella se muestra el resultado final del diseño adaptado en Adobe Illustrator, este será el prototipo y los colores finales, listos para ser montada con su respectivo equipo en la caratula principal.

Tabla 18.

DIMENSIONES PANEL SEL-351S; FONDO NEGRO, VIVOS EN BLANCO.

DIMENSIONES	
ALTO	7 cm.
LARGO	48.3 cm.
GROSOR	0.6 cm.

Nota: En ella se especifican las dimensiones establecidas por el diseño obtenido y adaptado en Adobe Illustrator.

### 3.2.8.2 Diseño panel SEL-387s.

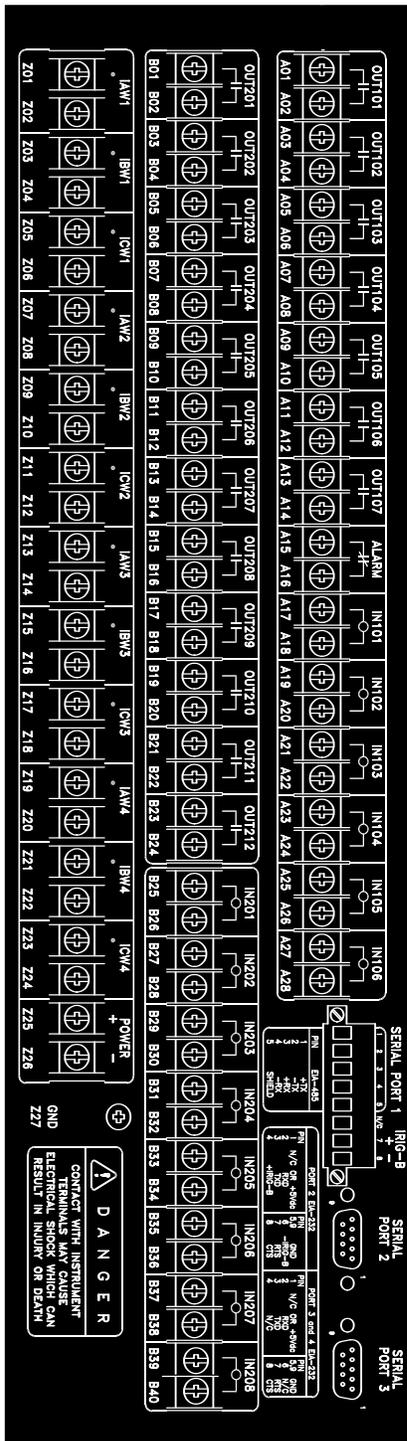


Tabla 19.  
DIMENSIONES PANEL SEL-387S; FONDO NEGRO, VIVOS EN BLANCO.

DIMENSIONES	
ALTO	9 cm.
LARGO	48.3 cm.
GROSOR	0.6 cm.

Nota: En ella se especifican las dimensiones establecidas por el diseño obtenido y adaptado en Adobe Illustrator.

Figura 57. Diseño panel SEL-387s en Adobe Illustrator.

Nota. En ella se muestra el resultado final del diseño adaptado en Adobe Illustrator, este será el prototipo y los colores finales, listos para ser montada con su respectivo equipo en la caratula principal.

### 3.2.8.3 Diseño panel SEL-311 L.

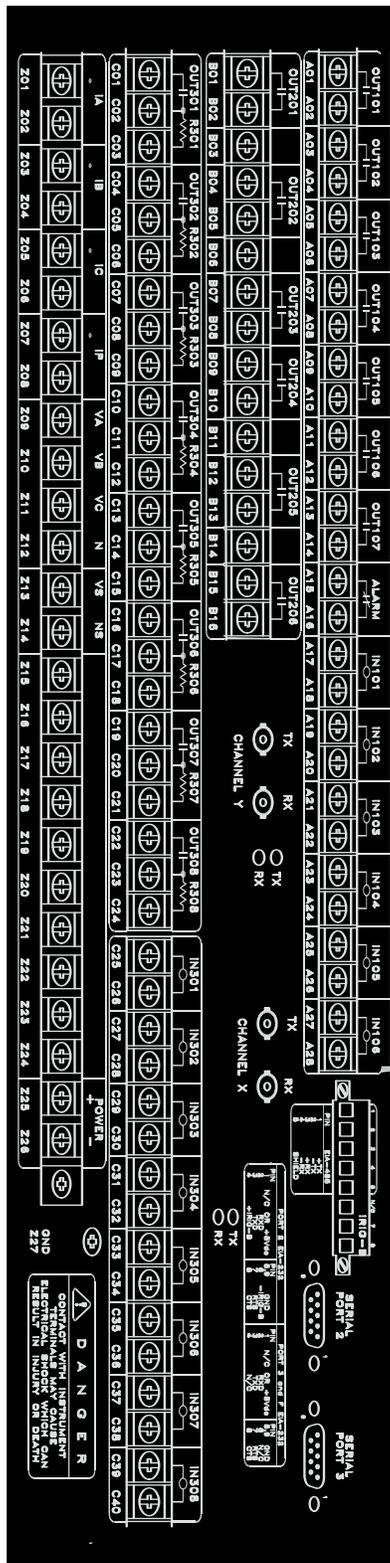


Figura 58. Diseño panel SEL-311L en Adobe Illustrator.

Nota. En ella se muestra el resultado final del diseño adaptado en Adobe Illustrator, este será el prototipo y los colores finales, listos para ser montada con su respectivo equipo en la caratula principal.

Tabla 20.

DIMENSIONES PANEL SEL-311L; FONDO NEGRO, VIVOS EN BLANCO.

DIMENSIONES	
ALTO	9 cm.
LARGO	48.3 cm.
GROSOR	0.6 cm.

Nota: En ella se especifican las dimensiones establecidas por el diseño obtenido y adaptado en Adobe Illustrator.

### 3.2.8.4 Diseño panel SEL-311 L.

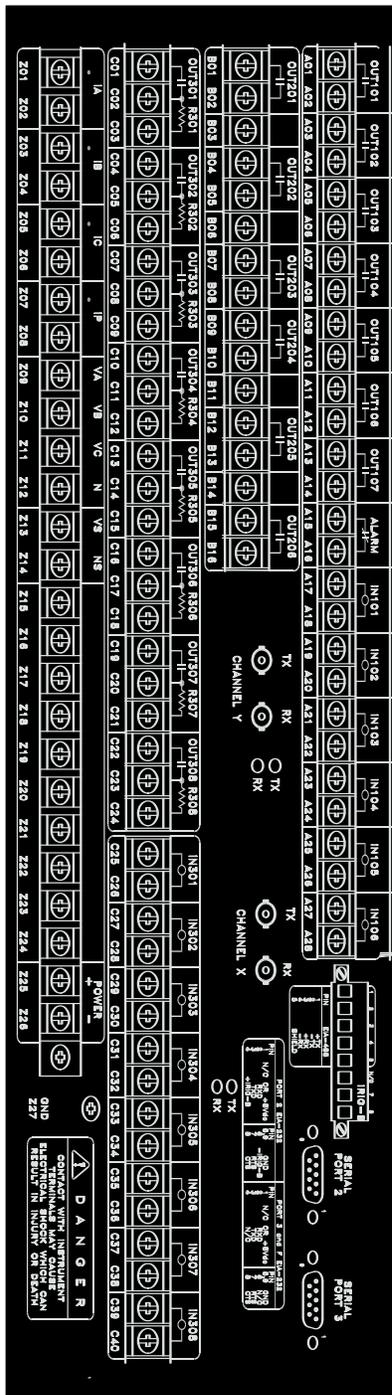


Figura 59. Diseño panel SEL-311L en Adobe Illustrator.

Nota. En ella se muestra el resultado final del diseño adaptado en Adobe Illustrator, este será el prototipo y los colores finales, listos para ser montada con su respectivo equipo en la caratula principal

Tabla 21.

DIMENSIONES PANEL SEL-311L; FONDO NEGRO, VIVOS EN BLANCO.

DIMENSIONES	
ALTO	9 cm.
LARGO	48.3 cm.
GROSOR	0.6 cm.

Nota: En ella se especifican las dimensiones establecidas por el diseño obtenido y adaptado en Adobe Illustrator.

### 3.2.9 Especificaciones técnicas referidas al montaje de plugs sobre los paneles de policarbonato.



Figura 60. Conector banana hembra 4mm.

Nota: En ella se muestra el diseño elegido y composición de los conectores requeridos para ser montados sobre los paneles de policarbonato.

[https://www.google.com/search?q=PLUG+HEMBRA+4MM&rlz=1C1CHZL\\_esMX832MX834&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjHnNTh3P3hAhUCWa0KHV2KDKYQ\\_AUIDigB&biw=1366&bih=657#imgrc=09neBw\\_qgKaDkM:](https://www.google.com/search?q=PLUG+HEMBRA+4MM&rlz=1C1CHZL_esMX832MX834&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjHnNTh3P3hAhUCWa0KHV2KDKYQ_AUIDigB&biw=1366&bih=657#imgrc=09neBw_qgKaDkM:)

Tabla 22.

CARACTERÍSTICAS DE CONECTORES REQUERIDOS PARA EL MONTAJE.

COMPONENTE.	MATERIAL.	DIMENSIONES.	COLOR.	CANTIDAD.
Conector tipo banana hembra	Acero y plástico.	Alto: 207 cm.	Negro.	420
		Base: 59 cm.	Rojo.	
		grosor: 0.2 cm.	Verde	

NOTA: En ella se muestran las características físicas de los conectores requeridos para el montaje en los paneles de policarbonato.

La adquisición de todos y cada uno de los conectores es el proceso más complicado dentro de la realización del trabajo.

Desde el proceso de adquisición, hasta el momento justo de obtenerlos y montarlos.

Este proceso estaba considerado desde el principio, desde la etapa de diseño de los paneles dentro de la interfaz de Adobe Illustrator.

Un proceso largo y complicado que inicio desde el momento justo de la elección de los mismos, ya que estos deberían de adecuarse perfectamente a las condiciones previamente establecidas de diseño, espacio, cantidad y dimensiones de los paneles; sin importar la cantidad de plugs o la diferencia de alturas entre un diseño y otro todos ellos deben encajar perfectamente.

Una vez establecido el diseño y modelo correcto, la siguiente complicación se enfocó en la adquisición de los mismos, ya que debido al diseño, características y cantidad la obtención de ellos, representa un problema.

Etapa complicada que se mira reflejada desde el principio al solicitarlos en las instancias correspondientes, la espera es larga y complicada debido a la cantidad, características específicas y cantidad solicitada; proceso que retraso por completo el desarrollo del proyecto general.

Una vez obtenidos, el proceso de montaje a los paneles de policarbonato también representó complicaciones, ya que debido a los factores previamente mencionados estos están forzados a sufrir modificaciones para ser instalados de manera correcta.

La modificación a la que fueron sometidos tiene que ver con el desbaste de su recubrimiento de plástico, ya que debido a las dimensiones originales de los plugs y de los paneles, el espacio no era suficiente entre uno y otro, esto debido a lo demasiado ancho de su estructura; la dimensión original del ancho en cada plug era de 1.10cm, después del desbaste se logra que ahora solo mida 0.9 cm., dimensión que quizá en un solo plug no sea mucho, pero que si se nota reflejada cuando se montan 420 plugs, cantidad requerida para la realización del proyecto.



*Figura 61.* Desbaste de recubrimiento de plástico a plugs.

Nota: En ella se muestra el proceso de desbaste aplicado con mototool a cada uno de los plugs.

El proceso de desbaste permite reducir la dimensión del ancho original de cada plug, gracias a este proceso se logra reducir 2mm en cada uno de ellos; 1mm por lado, logrando así un espaciado bastante significativo al momento de montar un promedio de 105 plugs por cada panel de policarbonato.

### 3.2.9.1 Montaje final de plugs en panel de policarbonato sel-351s.

Tabla 23.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y CANTIDAD DE PLUGS DEL PANEL PRINCIPAL SEL-351s.

COMPONENTE.	DIMENSIONES.	CANTIDAD DE PLUGS REQUERIDOS.
Diseño de panel final SEL-351s	Altura: 7.0 cm. Largo: 48.4 cm. Ancho: 0.6 cm.	103

NOTA: En ella se muestran las características físicas finales y cantidad de componentes requeridos para la conformación de la estructura final del panel SEL-351s.



Figura 62. Montaje final de plugs en panel de policarbonato SEL-351s.

Nota: En ella se muestra el resultado final del montaje de todos los plugs sobre el panel SEL-351s. y el espaciado entre cada uno de ellos.

### 3.2.9.2 Montaje final de plugs en panel de policarbonato SEL-387A.

Tabla 24.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y CANTIDAD DE PLUGS DEL PANEL PRINCIPAL SEL-387A.

COMPONENTE.	DIMENSIONES.	CANTIDAD DE PLUGS REQUERIDOS.
Diseño de panel final SEL-387A	Altura: 9.1 cm. Largo: 48.4 cm. Ancho: 0.6 cm.	95

NOTA: En ella se muestran las características físicas y cantidad de componentes requeridos para la conformación de la estructura final del panel SEL-387A.



Figura 63. Montaje final de plugs en panel de policarbonato SEL-387A.

Nota: En ella se muestra el resultado final del montaje de todos los plugs sobre el panel SEL-387A y el espaciado entre cada uno de ellos.

### 3.2.9.3 Montaje final de plugs en panel de policarbonato SEL-311 L.

Tabla 25.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y CANTIDAD DE PLUGS DEL PANEL PRINCIPAL SEL-311L.

COMPONENTE.	DIMENSIONES.	CANTIDAD DE PLUGS REQUERIDOS.
Diseño de panel final SEL-351s	Altura: 7.0 cm. Largo: 48.4 cm. Ancho: 0.6 cm.	111

NOTA: En ella se muestran las características físicas finales y cantidad de componentes requeridos para la conformación de la estructura final del panel SEL-311L



Figura 64. Montaje final de plugs en panel de policarbonato SEL-311L.

Nota: En ella se muestra el resultado final del montaje de todos los plugs sobre el panel SEL-311L y el espaciado entre cada uno de ellos.

### 3.2.9.4 Montaje final de plugs en panel de policarbonato SEL-311 L.

Tabla 26.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y CANTIDAD DE PLUGS DEL PANEL PRINCIPAL SEL-311L.

COMPONENTE.	DIMENSIONES.	CANTIDAD DE PLUGS REQUERIDOS.
Diseño de panel final SEL-311L	Altura: 9.1 cm. Largo: 48.4 cm. Ancho: 0.6 cm.	111

NOTA: En ella se muestran las características físicas finales y cantidad de componentes requeridos para la conformación de la estructura final del panel SEL-311L.

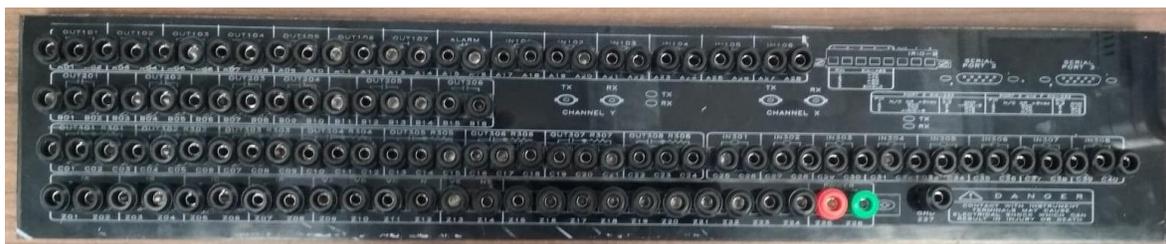


Figura 65. Montaje final de plugs en panel de policarbonato SEL-311L.

Nota: En ella se muestra el resultado final del montaje de todos los plugs sobre el panel SEL-311L y el espaciado entre cada uno de ellos.

### 3.2.10 Proceso de cableado.



Figura 66. Conductor Condumex (14 AWG).

Nota: En ella se muestra el conductor requerido para la etapa de cableado, especificando a su vez marca y calibre.

Tabla 27.

CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTOR REQUERIDO PARA EL PROCESO DE CABLEADO.

COMPONENTE.	MATERIAL.	CANTIDAD SOLICITADA.	CANTIDAD REQUERIDA.	COLOR.
Conector AWG 14	Conductor de Cobre, recubrimiento de plástico.	200m.		Negro. Rojo.

NOTA: En ella se muestran las características físicas de los conectores requeridos para el montaje en los paneles de policarbonato.

La adquisición del cable es una de las que menos complicaciones presenta, es fácil deducir el calibre de acuerdo a la cantidad de voltaje y corriente con la que los equipos serán alimentados, solo es cuestión de determinar la cantidad total requerida, cantidad calculada de acuerdo a las distancias entre conectores y entradas o salidas analógicas presentes en la parte posterior de cada uno de los equipos.

La idea principal del proyecto es generar un módulo totalmente interactivo con los alumnos, para ello el montaje de los equipos con sus respectivos paneles y conectores es esencial.

El motivo del cableado es generar puentes, extensiones entre las terminales de entradas y salidas de los equipos hasta los conectores montados sobre los paneles de policarbonato. Gracias a ellos el alumno tiene la capacidad de conectar equipos externos y realizar procedimientos que permitan comprobar el correcto funcionamiento de cada uno de los equipos, todo esto a través de prácticas de laboratorio posteriormente diseñadas.

Cabe aclarar que todo el proceso de cableado es realizado de manera individual entre un equipo y otro, entre un conector y otro, entre una conexión y otra, debido a practicidad todo el proceso es realizado de manera externa del gabinete.



*Figura 67.* Proceso de cableado SEL-351s.  
Nota: En ella se muestra el proceso de cableado entre las terminales de entrada y salida, hasta los conectores montados sobre los paneles de policarbonato del equipo SEL-351s.



*Figura 68.* Proceso de cableado SEL-387A.  
Nota: En ella se muestra el proceso de cableado entre las terminales de entrada y salida, hasta los conectores montados sobre los paneles de policarbonato del equipo SEL387A.

El proceso requiere tiempo, técnica y paciencia ya que además de asegurar la continuidad entre cada una de los puentes o extensiones, este mismo debe cuidar espaciado correcto entre un conector y otro, durabilidad y confianza de su estabilidad aun cuando este no reciba el mejor de los tratos o el mejor de los cuidados. Para asegurar una mejor resistencia entre una conexión y otra es necesaria la implementación de terminales de ojillo, estos ayudan a tener una mayor rigidez entre todas y cada una de las conexiones, ahorrando espacio a su vez y garantizando también una excelente continuidad.



*Figura 69.* Terminal Ojillo 3/16 de latón aislada. (Calibre 22-16 AWG).  
Nota: En ella se muestran las terminales de ojillo requeridas durante el proceso de cableado.

*Tabla 28.*

**CARACTERÍSTICAS DE TERMINAL DE OJILLO REQUERIDOS PARA EL PROCESO DE CABLEADO.**

COMPONENTE.	MATERIAL.	CANTIDAD.	DIMENSIONES FÍSICAS.	COLOR.
Terminal de ojillo	Latón	420.	-Largo 2.3 cm. -Diámetro exterior: 0.6 cm. -Diámetro interior: 0.4 cm. -Diámetro exterior del ojillo: 0.8 cm.	Azul.

NOTA: En ella se muestran las características físicas de las terminales de ojillo requeridas dentro del proceso de cableado.

### 3.2.10.1 Cableado final de equipo SEL-351s.



Figura 70. Cableado final SEL-351s.

Nota: En ella se muestra el proceso de cableado concluido del equipo SEL-351s, listo para ser montado al gabinete y ser fijado a la caratula principal.

Tabla 29.

CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTOR REQUERIDO PARA EL PROCESO DE CABLEADO DEL EQUIPO SEL-351s.

COMPONENTE.	CALIBRE.	MATERIAL.	CANTIDAD APROXIMADA REQUERIDA.
Conductor Condumex	14 AWG	Cobre	30m.

NOTA: En ella se muestran las características del conductor requerido para el proceso de cableado dentro del equipo SEL-351s.

Una vez terminado el proceso de cableado al equipo este es montado en el espacio correspondiente sobre los rieles previamente establecidos y fijados a la caratula principal con tornillos pasados y un diámetro de 1/8” con tuerca de las mismas dimensiones.



Figura 71. Tornillo pasado 1/8”.

Nota: En ella se muestra la representación física del tornillo pasado aplicado para que el equipo SEL351s. quede fijo a la caratula principal.



Figura 72. Tornillo pasado.

Nota: En ella se muestra la representación física de la rondana de 1/4” aplicada al tornillo pasado, esto con la finalidad de que el equipo SEL-351s. tenga un mejor agarre con la caratula principal.

### 3.2.10.2 Cableado final de equipo SEL-387A.



Figura 73. Cableado final SEL-387A.

Nota: En ella se muestra el proceso de cableado concluido del equipo SEL-387A, listo para ser montado al gabinete y ser fijado a la caratula principal.

Tabla 30.

CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTOR REQUERIDO PARA EL PROCESO DE CABLEADO DEL EQUIPO SEL-387A.

COMPONENTE.	CALIBRE.	MATERIAL.	CANTIDAD APROXIMADA REQUERIDA.
Conductor Condumex	14 AWG	Cobre	25m.

NOTA: En ella se muestran las características del conductor requerido para el proceso de cableado dentro del equipo SEL-387A.

De igual manera, una vez terminado el proceso de cableado al equipo este es montado en el espacio correspondiente sobre los rieles previamente establecidos y fijados a la caratula principal con tornillos pasados los cuales cuentan con un diámetro de 1/8”, contando a su vez con tuercas de las mismas dimensiones.

Los mismos son representados previamente en la imagen 71 y 72, respectivamente.

### 3.2.10.3 Cableado final de equipo SEL-311 L.



Figura 74. Cableado final SEL-311L.

Nota: En ella se muestra el proceso de cableado concluido del equipo SEL-311L, listo para ser montado al gabinete y ser fijado a la caratula principal.

Tabla 31.

CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTOR REQUERIDO PARA EL PROCESO DE CABLEADO DEL EQUIPO SEL-311L.

COMPONENTE.	CALIBRE.	MATERIAL.	CANTIDAD APROXIMADA REQUERIDA.
Conductor Condumex	14 AWG	Cobre	27m.

NOTA: En ella se muestran las características del conductor requerido para el proceso de cableado dentro del equipo SEL-311L.

De la misma forma, una vez terminado el proceso de cableado al equipo este es montado en el espacio correspondiente sobre los rieles previamente establecidos y fijados a la caratula principal con tornillos pasados los cuales cuentan con un diámetro de 1/8”, contando a su vez con tuercas de las mismas dimensiones.

Los mismos son representados previamente en la imagen 71 y 72, respectivamente.

### 3.2.10.4 Cableado final de equipo SEL-311 L.



Figura 75. Cableado final SEL-311L.

Nota: En ella se muestra el proceso de cableado concluido del equipo SEL-311L, listo para ser montado al gabinete y ser fijado a la caratula principal.

Tabla 32.

CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTOR REQUERIDO PARA EL PROCESO DE CABLEADO DEL EQUIPO SEL-311L.

COMPONENTE.	CALIBRE.	MATERIAL.	CANTIDAD APROXIMADA REQUERIDA.
Conductor Condumex	14 AWG	Cobre	29m.

NOTA: En ella se muestran las características del conductor requerido para el proceso de cableado dentro del equipo SEL-311L.

De la misma manera una vez terminado el proceso de cableado al equipo este es montado en el espacio correspondiente sobre los rieles previamente establecidos y fijados a la caratula principal con tornillos pasados los cuales cuentan con un diámetro de 1/8", contando a su vez con tuercas de las mismas dimensiones.

Los mismos son representados previamente en la imagen 71 y 72, respectivamente.

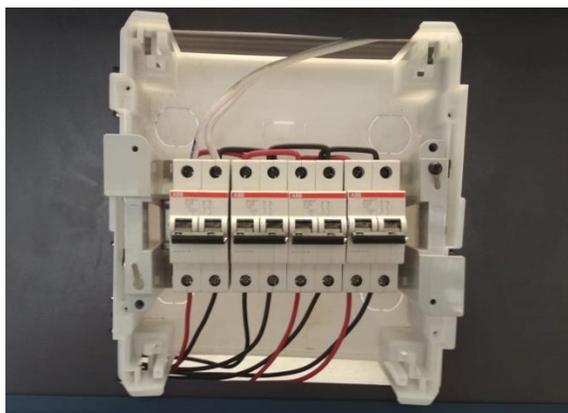
### 3.2.11 Protección y alimentación de equipos.

El objetivo principal de la construcción del gabinete es generar un proyecto totalmente pensado para los alumnos, este debe ser interactivo y también práctico, todo a través de la implementación de prácticas de laboratorio que permitan comprobar de manera teórica y práctica el correcto funcionamiento de cada uno de los equipos, razón por la cual, desde sus inicios, este tiene la planeación de que la alimentación a cada uno de ellos sea administrada de manera independiente.

Esto con la finalidad de generar prácticas más refinadas, enfocadas totalmente a permitir trabajar con un equipo a la vez sin tener la necesidad de alimentar al resto cuando estos no sean requeridos, permitiendo el desarrollo de prácticas más eficaces que a su vez contribuyan con la optimización de energía, tiempo y esfuerzo.

Para ello la alimentación de los equipos es administrada por un centro de carga compuesto por interruptores termomagnéticos fijados al mismo con riel din, estos cumplen con la función del switcheo de la alimentación del o de los equipos a trabajar, ya sea de manera individual o en conjunto, el usuario tiene la capacidad de decidir de acuerdo a sus necesidades.

Estos son conectados en paralelo haciendo puentes a través de los interruptores termomagnéticos en el lado primario y bajando fase y neutro del lado secundario hacia cada uno de los equipos, permitiendo a si su alimentación de cada uno de manera independiente, para cuando este sea necesario.



*Figura 76.* Conexión de interruptores termomagnéticos.

Nota: En ella se muestra el cableado instalado entre interruptores electromagnéticos, la conexión es en paralelo, haciendo puentes de fase y neutro entre cada uno de ellos por el lado primario y posteriormente en el secundario bajando fase y neutro para cada uno de los equipos respectivamente.

A su vez todos los equipos son previamente protegidos con un no-break que permite:

- Brindar hasta 30 minutos de respaldo después de un corte energético.
- De sus 6 contactos con protección contra sobre tensiones, 3 de estos también son soportados por la batería, permitiéndote 50 minutos de uso.

Cuenta con UPS interactivos que cambian a modo de respaldo por batería en milisegundos a fin de mantener a su equipo conectado funcionando por tiempo suficiente, durante apagones y caídas de voltaje para poder guardar archivos y apagar el equipo en condiciones de seguridad y sin pérdida de datos.

Seis tomacorrientes NEMA 5-15R brindan protección contra sobretensiones, tres de estos tomacorrientes ofrecen, además, hasta 18 minutos de respaldo por batería del UPS para una PC básica de escritorio y un monitor LCD, así como 8.2 minutos de respaldo a media carga (125W)

## **Características**

### **❖ Respaldo confiable con batería.**

- Ofrece protección de energía de alto rendimiento para computadoras de escritorio, monitores, módems, impresoras, discos duros externos y otros dispositivos electrónicos.
- Soporta una computadora básica de escritorio y un monitor LCD por un máximo de 18 minutos durante un apagón.
- Soporta 50% de carga (125W) por un máximo de 8.2 minutos.
- La clavija NEMA 5-15P con cable de 1.22 m [4 pies] que conecta a cualquier contacto NEMA 5-15R.

### **❖ Tomacorrientes optimizados.**

- Tres tomacorrientes NEMA 5-15R brindan respaldo de batería para los dispositivos que requieren alimentación constante.
- Los 6 tomacorrientes brindan protección ante situaciones de sobretensión o picos que pueden dañar los equipos o datos.

- Regulación automática de voltaje (AVR)
- Monitorea la alimentación CA entrante y compensa cuando el voltaje es demasiado bajo o demasiado alto.
- Corrige voltajes tan bajos como 76V y sobre voltajes hasta 147V.
- Filtrado de ruidos en la línea por interferencias electromagnéticas (EMI) o interferencias de radiofrecuencia (RFI).
- Elimina la interferencia electromagnética y de radiofrecuencia que pueda interrumpir o dañar el funcionamiento de su equipo.

❖ **Flexibilidad de funcionamiento.**

- La función de “arranque en frío” le permite cargar un teléfono móvil y operar otros equipos conectados periódicamente sin usar la alimentación CA.
- La selección automática de frecuencia admite energía de alimentación de 50 Hz o 60 Hz.
- Los indicadores LED del panel frontal y la alarma de falla de energía ofrecen información continua acerca del UPS y del estado de la energía.
- Diseño de torre sin adornos superfluos compatible con todas las configuraciones de escritorio.

<https://assets.tripplite.com/product-pdfs/es/vs500avr.pdf>



*Figura 77.* No break marca Tripp-Lite.

Nota: En ella se muestra la representación física del equipo encargado de la protección de los equipos.

### 3.2.11 Resultado final.

#### 3.2.11.1 Presentación de equipo SEL-351s.



Figura 78. Presentación de equipo SEL-351s.

Nota: En ella se muestra al equipo SEL-351s. montado al gabinete y fijado a la caratula principal, este es el resultado final del proyecto para dicho equipo.

#### 3.2.11.2 Presentación de equipo SEL-387A.



Figura 79. Presentación de equipo SEL-387A.

Nota: En ella se muestra al equipo SEL-351s. Montado y fijado al gabinete, este es el resultado final del proyecto para dicho equipo.

### 3.2.11.3 Presentación de equipo SEL-311 L.



Figura 80. Presentación de equipo SEL-311L.

Nota: En ella se muestra al equipo SEL-311L. montado y fijado al gabinete, este es el resultado final del proyecto para dicho equipo.

### 3.2.11.4 Presentacion de equipo SEL-311 L.



Figura 81. Presentación de equipo SEL-311L.

Nota: En ella se muestra al equipo SEL-311L. montado y fijado al gabinete, este es el resultado final del proyecto para dicho equipo.

### 3.2.11.5 Presentación de gabinete.



*Figura 82.* Presentación de montaje de equipos SEL.

Nota: En ella se muestra el montaje final de los equipos SEL contando con su panel y distribución correcta.



*Figura 83.* Presentación de equipos SEL montados en gabinete.

Nota: En ella se muestra el resultado final del montaje de cada uno de los equipos en el propio rack.



*Figura 84.* Presentación frontal de gabinete contando con todos los equipos.  
Nota: En ella se muestra el montaje final y fijación a la caratula principal de todos los equipos contando con la distribución correcta entre cada uno de ellos.



*Figura 85.* Presentación de centro de carga empotrado y fijado.  
Nota: En ella se muestra el resultado final del empotramiento y fijación a la caratula principal del centro de carga, contando ya con sus respectivos interruptores electromagnéticos.



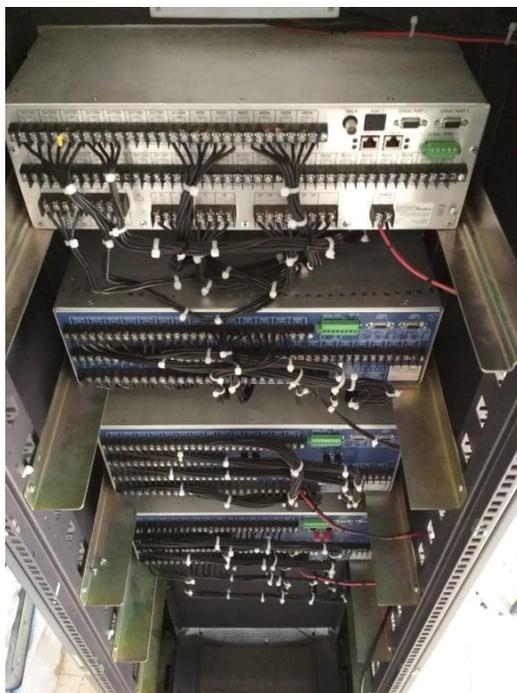
*Figura 86.* Presentación de gabinete con equipos montados vista angular.  
Nota: En ella se muestran a los equipos SEL montados al gabinete.



*Figura 87.* Presentación de equipos y componentes montados en gabinete.  
Nota: En ella se muestra todos los equipos SEL con sus respectivos paneles, además contando con el centro de carga, todos ellos fijados y montados correctamente.



*Figura 88.* Presentación de gabinete con equipos montados vista angular 2.  
Nota: En ella se muestran a los equipos SEL montados al gabinete.



*Figura 89.* Presentación de cableado final.

Nota: En ella se muestra el cableado final de todos los equipos SEL contando con la conexión y distribución correcta entre cada uno de ellos.



*Figura 90.* Presentación de cableado final 2.

Nota: En ella se muestra el cableado final de todos los equipos SEL contando con la conexión y distribución correcta entre cada uno de ellos.



*Figura 91.* Presentación de gabinete con equipos montados vista angular 3.  
Nota: En ella se muestran a los equipos SEL montados al gabinete.

### **3.2.12 CONCLUSIONES.**

Como parte de lo expuesto a lo largo del presente trabajo se realizó la instalación de los relevadores digitales marca SEL (SEL-351s, SEL-387A Y SEL 311L) en un rack destinado para uso exclusivo de éste fin; realizando las adecuaciones dimensionales necesarias e incluyendo elementos de protección básicos tales como el No-Break e interruptores termomagnéticos. La adecuada instalación de los equipos es de vital importancia para garantizar su correcta operación y al mismo tiempo proporcionar facilidades para que los instructores y alumnos puedan trabajar y realizar las prácticas de laboratorio de manera “segura”, un término que implica protección hacia los usuarios, además de los propios equipos electrónicos, durante el desarrollo de las mismas.

El contar con equipos con tecnología de punta, referentes en el sector industrial actual, es un enorme beneficio para los laboratorios de ingeniería eléctrica, pues permiten que el alumno interactúe con equipos reales durante su formación profesional; complementando los conceptos teóricos adquiridos en los cursos impartidos dentro de instituciones académicas, garantizando así una correcta transición al sector laboral.

Las pruebas realizadas al final del proceso de montaje mostraron la operación exitosa de los equipos concluyendo que estos son aptos para su utilización en los laboratorios; no obstante, cada relevador (SEL-351s, SEL-387A Y SEL 311L) al ser equipos especializados, requieren del desarrollo de prácticas de aplicación dedicadas en cada caso; estos desarrollos serán tema de trabajos posteriores.

Las prácticas de laboratorio específicamente desarrolladas para el laboratorio del curso de protecciones eléctricas, con el relevador SEL-849 de protección de motores, fueron diseñadas para explorar las características básicas de operación, control y configuración del relevador; y al mismo tiempo permitir al estudiante interactuar directamente con la interface hombre-máquina del equipo. Este relevador en particular permite realizar la protección óptima de un motor de inducción basada en mediciones de corriente, voltaje y energía. Realizando y simulando las protecciones contra: Cortocircuito, Sobrecarga, Inversión de fases, alto y bajo voltaje de operación.

El diseño de las prácticas permite al alumno comprender y entender la operación de dichos equipos de una manera más sutil, esto es a través de un formato que obliga al usuario a que el desarrollo de las prácticas sea realizado de una manera más interactiva, logrando que la comprensión de las mismas sea eficiente.

Los relevadores digitales hoy por hoy son una tecnología fundamental necesaria para la ingeniería moderna, en la actualidad contar con dichos módulos didácticos en instituciones académicas tales como universidades o centros especializados traerá consigo beneficios importantes directos en el sector industrial.

El trabajar con equipos modernos de protección me permitió complementar y ampliar los conocimientos teóricos impartidos dentro de la propia institución, pero esta vez siendo llevados a la práctica, logrando a su vez perfeccionar mi formación como profesionalista, todo esto a través de una mejor preparación.

Se concluye en la importancia y responsabilidad que comparten las instituciones académicas, pero sobre todo la FES Aragón para que se mantenga en un constante proceso de actualización dentro de sus planes de estudio, laboratorios y equipos de laboratorio ya que estos impactan de manera directa el aprendizaje del alumno, garantizando así una formación de calidad enfocada hacia futuros ingenieros eléctricos electrónicos aragoneses cada vez más y mejores preparados, listos para enfrentar el mundo laboral actual.

### 3.2.13 Material complementario requerido.

Tabla 33.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO.	
ARTICULO:	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR.
MARCA SUGERIDA:	ABB o similar.
CARACTERÍSTICAS:	-Interruptor termomagnético miniatura bipolar, montaje para riel din. -2 x 25 A. -120/240-400 V~. -Curva "C".
CANTIDAD:	5 interruptores.

Tabla 34.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CABLE.	
ARTICULO:	CABLE AWG 14
CARACTERÍSTICAS:	-Mono conductor. -Forrado baja tensión. -Norma NMX. -Alambre formado por un conductor de cobre suave solido (alambre) o cableado con céntrico clase c o clase b. -Aislamiento en color negro. -Temperatura de operación 90 °C. -Tensión hasta de 600 v.
CANTIDAD:	100 m.

Tabla 35.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TERMINAL PLUG.

ARTICULO:	TERMINAL PLUG TIPO BANANA MACHO + PLUG TIPO HEMBRA (CON FORROS).
MARCA SUGERIDA:	*****
CARACTERÍSTICAS:	-Enchufes banana aislados (4 mm). -Enchufes de la linterna de 4 mm (plug + socket). -Cable de 8 AWG a 20 AWG (El utilizado será 14 AWG). -127 v.
CANTIDAD:	-150 plugs tipo banana macho 4 mm. -150 plugs enchufes de la linterna de 4 mm (plug + socket).

Tabla 36.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TERMINAL DE OJILLO.

ARTICULO:	TERMINAL DE OJILLO AISLADA.
CARACTERÍSTICAS:	Terminal Ojillo 3/16 de latón aislada. (Calibre 22-16 AWG). -Tipo terminal eléctrica: Ojo (ojillo). -Medida: 3/16". -Forro color azul. -Aislada: Sin forro. -Para cable 16-14 AWG. -Material: Latón. -Dimensiones: - Largo: 2.3 cm. - Diámetro exterior: 0.6 cm. - Diámetro interior: 0.4 cm. - Diámetro exterior del ojillo: 0.8 cm.
CANTIDAD:	200

## BIBLIOGRAFÍA

- Blanco, F. J. (s.f.). <http://eprints.uanl.mx/6370/1/1080098235.PDF>. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/6370/1/1080098235.PDF>
- conceptos de electricidad*. (s.f.). Obtenido de <http://electrico.scienceontheweb.net>:  
<http://electrico.scienceontheweb.net/sobrecarga.html>
- Cortéz, J. (11 de octubre de 2018). *SCRIBD*. Obtenido de <https://www.scribd.com/>:  
<https://es.scribd.com/doc/51572240/Introduccion-a-los-relevadores-digitales>
- Estupiñan, J. (11 de noviembre de 2011). <http://mantenimientoelectricojep.blogspot.com>.  
Obtenido de <http://mantenimientoelectricojep.blogspot.mx/2011/11/concepto-de-corto-circuito.html>
- García, C. (22 de junio de 2015). *Motores Asincronos o de Inducción*. Obtenido de Motores Asincronos o de Inducción:  
<http://maquinaselectricasmotoresasincronos.blogspot.com/2015/06/maquinas-asincronas-evolucion-carlos.html>
- Mujal, R. M. (2014). *UPCPOSTGRAU; Protección de Sistemas Electricos de Potencia*. Barcelona: Iniciativa Digital Politecnica.
- Rivera, N. T. (16 de octubre de 2018). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/>:  
<https://es.scribd.com/doc/97744263/DEFINICION-DE-RELE>
- Romero, A. M. (1998). *PROTECCIÓN POR RELEVADORES A SISTEMAS DE POTENCIA*. Ciudad de México : INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL.
- Variables., N. L. (s.f.). [www.corpnewline.com](http://corpnewline.com). Obtenido de <http://corpnewline.com/caida-de-tension.htm>

### **3.2.14 Lista de figuras:**

- Figura 1.* Factores de probabilidad estadística en fallas de sistemas eléctricos de potencia.
- Figura 2.* Representación gráfica sistema eléctrico de potencia.
- Figura 3.* Representación de un corto circuito trifásico.
- Figura 4.* Representación de un corto circuito bifásico sin contacto a tierra.
- Figura 5.* Representación de un corto circuito bifásico con contacto a tierra.
- Figura 6.* Representación de un corto circuito monofásico a tierra.
- Figura 7.* Representación de un corto circuito con doble contacto a tierra.
- Figura 8.* Motor eléctrico.
- Figura 9.* Representación de la evolución de los relevadores de principios del siglo XX, hasta la actualidad.
- Figura 10.* Presentación del relevador digital SEL-849.
- Figura 11.* Representación diagrama unifilar relevador SEL-849.
- Figura 12.* Presentación vista frontal relevador SEL-849.
- Figura 13.* Presentación vista frontal SEL-3421.
- Figura 14.* Representación diagrama unifilar relevador SEL-351s.
- Figura 15.* Representación frontal del equipo SEL-351s.
- Figura 16.* Representación diagrama unifilar relevador SEL-387s.
- Figura 17.* Representación frontal diagrama SEL-387s.
- Figura 18.* Representación de componentes relevador SEL-387s.
- Figura 19.* Representación diagrama unifilar relevador SEL-311L.
- Figura 20.* Representación frontal diagrama SEL-311L.
- Figura 21.* Representación y dimensiones físicas del gabinete.
- Figura 22.* Representación del gabinete original.
- Figura 23.* Representación y dimensiones físicas de rieles.
- Figura 24.* Representación y corte de rieles uno.
- Figura 25.* Representación y corte de rieles dos.
- Figura 26.* Representación y corte de rieles.
- Figura 27.* Representación de rieles montados en gabinete.
- Figura 28.* Representación física de lámina de acero.
- Figura 29.* Orificios para el montaje de equipos y paneles.
- Figura 30.* Centro de carga para interruptores termomagnéticos.
- Figura 31.* Corte para el empotramiento del centro de carga.
- Figura 32.* Corte de lámina.
- Figura 33.* Desbaste del corte asignado para el empotramiento del centro de carga.
- Figura 34.* Corte y empotramiento correcto.
- Figura 35.* Corte final de panel principal.
- Figura 36.* Proceso de pintado de la caratula principal.
- Figura 37.* Proceso aplicación de primer de relleno a caratula principal.
- Figura 38.* Proceso aplicación de PINTURA de relleno a caratula principal.
- Figura 39.* Dimensiones panel SEL-351s.
- Figura 40.* Dimensiones panel SEL-387A.
- Figura 41.* Dimensiones panel SEL-311 L.
- Figura 42.* Dimensiones panel SEL-311 L.
- Figura 43.* Corte de hoja de policarbonato.
- Figura 44.* Corte más accesible para maniobras.
- Figura 45.* Proceso de corte uno en hoja de policarbonato.

*Figura 46.* Proceso de corte dos en hoja de policarbonato.  
*Figura 47.* Proceso de corte tres en hoja de policarbonato.  
*Figura 48.* Cortes finales de policarbonato uno.  
*Figura 49.* Cortes finales de policarbonato dos.  
*Figura 50.* Corte y distribución de caratula principal para gabinete (rack).  
*Figura 51.* Distribución de equipos SEL y barras de policarbonato en gabinete (rack).  
*Figura 52.* Diseño panel SEL-351 en Adobe Illustrator.  
*Figura 53.* Diseño panel SEL-387s en Adobe Illustrator.  
*Figura 54.* Diseño panel SEL-311L en Adobe Illustrator.  
*Figura 55.* Diseño panel SEL-387 en Adobe Illustrator.  
*Figura 56.* Diseño panel SEL-351 en Adobe Illustrator.  
*Figura 57.* Diseño panel SEL-387s en Adobe Illustrator.  
*Figura 58.* Diseño panel SEL-311L en Adobe Illustrator.  
*Figura 59.* Diseño panel SEL-311L en Adobe Illustrator.  
*Figura 60.* Conector banana hembra 4mm.  
*Figura 61.* Desbaste de recubrimiento de plástico a plugs.  
*Figura 62.* Montaje final de plugs en panel de policarbonato SEL-351s.  
*Figura 63.* Montaje final de plugs en panel de policarbonato SEL-387A.  
*Figura 64.* Montaje final de plugs en panel de policarbonato SEL-311L.  
*Figura 65.* Montaje final de plugs en panel de policarbonato SEL-311L.  
*Figura 66.* Conductor Condumex (14 AWG).  
*Figura 67.* Proceso de cableado SEL-351s.  
*Figura 68.* Proceso de cableado SEL-387A.  
*Figura 69.* Terminal Ojillo 3/16 de latón aislada. (Calibre 22-16 AWG).  
*Figura 70.* Cableado final SEL-351s.  
*Figura 71.* Tornillo pasado 1/8".  
*Figura 72.* Tornillo pasado.  
*Figura 73.* Cableado final SEL-387A.  
*Figura 74.* Cableado final SEL-311L.  
*Figura 75.* Cableado final SEL-311L.  
*Figura 76.* Conexión de interruptores termomagnéticos.  
*Figura 77.* No break marca Tripp-Lite.  
*Figura 78.* Presentación de equipo SEL-351s.  
*Figura 79.* Presentación de equipo SEL-387A.  
*Figura 80.* Presentación de equipo SEL-311L.  
*Figura 81.* Presentación de equipo SEL-311L.  
*Figura 82.* Presentación de montaje de equipos SEL.  
*Figura 83.* Presentación de equipos SEL montados en gabinete.  
*Figura 84.* Presentación frontal de gabinete contando con todos los equipos.  
*Figura 85.* Presentación de centro de carga empotrado y fijado.  
*Figura 86.* Presentación de gabinete con equipos montados vista angular.  
*Figura 87.* Presentación de equipos y componentes montados en gabinete.  
*Figura 88.* Presentación de gabinete con equipos montados vista angular 2.  
*Figura 89.* Presentación de cableado final.  
*Figura 90.* Presentación de cableado final 2.  
*Figura 91.* Presentación de gabinete con equipos montados vista angular 3.

### **3.2.15 Lista de tablas:**

*Tabla 1.* TIPOS DE CORTO CIRCUITOS.

*Tabla 2.* NÚMEROS Y ACRÓNIMOS ANSI SEL-849.

*Tabla 3.* FUNCIONES ADICIONALES.

*Tabla 4.* NÚMEROS Y ACRÓNIMOS ANSI SEL-351s.

*Tabla 5.* NÚMEROS Y ACRÓNIMOS ANSI SEL 387s.

*Tabla 6.* CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GABINETE.

*Tabla 7.* CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE RIELES.

*Tabla 8.* CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL PANEL PRINCIPAL.

*Tabla 9.* CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES REQUERIDOS PARA EL PROCESO DE PINTADO.

*Tabla 10.* ESPECIFICACIONES PANEL SEL-351S.

*Tabla 11.* ESPECIFICACIONES PANEL SEL-387A.

*Tabla 12.* ESPECIFICACIONES PANEL SEL -311L.

*Tabla 13.* ESPECIFICACIONES PANEL SEL-311L.

*Tabla 14.* DIMENSIONES PANEL SEL-351S; FONDO BLANCO, VIVOS EN NEGRO.

*Tabla 15.* DIMENSIONES PANEL SEL-387S; FONDO BLANCO, VIVOS EN NEGRO.

*Tabla 16.* DIMENSIONES PANEL SEL-311L; FONDO BLANCO, VIVOS EN NEGRO.

*Tabla 17.* DIMENSIONES PANEL SEL-311L; FONDO BLANCO, VIVOS EN NEGRO.

*Tabla 18.* DIMENSIONES PANEL SEL-351S; FONDO NEGRO, VIVOS EN BLANCO.

*Tabla 19.* DIMENSIONES PANEL SEL-387S; FONDO NEGRO, VIVOS EN BLANCO.

*Tabla 20.* DIMENSIONES PANEL SEL-311L; FONDO NEGRO, VIVOS EN BLANCO.

*Tabla 21.* DIMENSIONES PANEL SEL-311L; FONDO NEGRO, VIVOS EN BLANCO.

*Tabla 22.* CARACTERÍSTICAS DE CONECTORES REQUERIDOS PARA EL MONTAJE.

*Tabla 23.* CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y CANTIDAD DE PLUGS DEL PANEL PRINCIPAL SEL-351s.

*Tabla 24.* CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y CANTIDAD DE PLUGS DEL PANEL PRINCIPAL SEL-387A.

*Tabla 25.* CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y CANTIDAD DE PLUGS DEL PANEL PRINCIPAL SEL-311L.

*Tabla 26.* CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y CANTIDAD DE PLUGS DEL PANEL PRINCIPAL SEL-311L.

*Tabla 27.* CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTOR REQUERIDO PARA EL PROCESO DE CABLEADO.

*Tabla 28.* CARACTERÍSTICAS DE TERMINAL DE OJILLO REQUERIDOS PARA EL PROCESO DE CABLEADO.

*Tabla 29.* CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTOR REQUERIDO PARA EL PROCESO DE CABLEADO DEL EQUIPO SEL-351s.

*Tabla 30.* CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTOR REQUERIDO PARA EL PROCESO DE CABLEADO DEL EQUIPO SEL-387A.

*Tabla 31.* CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTOR REQUERIDO PARA EL PROCESO DE CABLEADO DEL EQUIPO SEL-311L.

*Tabla 32.* CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTOR REQUERIDO PARA EL PROCESO DE CABLEADO DEL EQUIPO SEL-311L.

*Tabla 33.* CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO.

*Tabla 34.* CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CABLE.

*Tabla 35.* CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TERMINAL PLUG.

*Tabla 36.* CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TERMINAL DE OJILLO

## **CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE PRÁCTICAS REFERIDAS AL RELEVADOR DIGITAL SEL-849.**

En ella se incluyen las prácticas referidas al relevador digital SEL-849 destinadas al laboratorio de protección de sistemas eléctricos.

2019

Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Estudios Superiores Aragón  
Ingeniería Eléctrica - Electrónica

# RELEVADOR DIGITAL SEL-849

*(Prácticas de Laboratorio)*

Profesor: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_

Alumno: \_\_\_\_\_



M. en C. Rodrigo Ocón Valdez





# CONTENIDO



• Práctica 1 .....	3
<i>COMUNICACIÓN</i>	
• Práctica 2 .....	13
<i>OPERACIONES BÁSICAS DE PROTECCIÓN</i>	



<b>U.N.A.M.</b>	ingeniería Eléctrica - Electrónica
<b>F.E.S. Aragón</b>	
Laboratorio de Protección de Sistemas Eléctricos.	

## **PRÁCTICA 1**

### **COMUNICACIÓN.**

#### **1. OBJETIVOS.**

Conocer los protocolos de comunicación del relevador digital SEL-849 y vincular el dispositivo con una PC a través de una dirección IP predeterminada.

Relacionar al usuario con la interfaz que ofrece SEL para el relevador digital en cuestión.

Establecer la configuración del relevador digital SEL-849 de acuerdo a los valores nominales del equipo a disposición.

#### **2. INTRODUCCIÓN.**

Desde el momento de la creación de las subestaciones eléctricas ha sido necesaria la creación de sistemas de protección que garanticen el bienestar del equipo a disponer, instalaciones y sobre todo del personal. El objetivo de esos sistemas de protección es el mitigar cualquier posible condición anormal de trabajo que pueda repercutir en posibles daños para el sistema.

Al principio, este tipo de trabajo era realizado por personal humano presente en las subestaciones, con el paso del tiempo la complejidad y tamaño de las subestaciones fue en aumento y en consecuencia el nivel de seguridad también, requiriendo mayor supervisión, y gestión dentro de las instalaciones.

Con la evolución de la electrónica, también lo hicieron los sistemas de protección, aplicando dichas tecnologías al momento.

Esto dio paso a la creación de los relevadores digitales que en el año de 1969 entraron por primera vez dentro del mercado, estos lograron consolidarse gracias al avance de la tecnología en microprocesadores y novedosos algoritmos de protección que permitieron superar la capacidad y diseño de los relevadores de estado sólido y electromecánico, quienes en ese entonces dominaban el mercado.

Un relevador digital convierte señales analógicas de tensión e intensidad en cantidades binarias por medio de un convertidor analógico-digital, posteriormente estas cantidades son procesadas numéricamente por los algoritmos o programas instalados en el relevador.

Estos algoritmos son precisamente los encargados de la detección de fallas y al mismo tiempo de la detección y monitoreo de las señales de disparo.

Al contar con microprocesadores la protección de los relevadores digitales posee la capacidad para auto diagnosticarse, encargándose de monitorear en todo momento el estado del relevador,

incluyendo hardware y software, garantizando que este mismo quede fuera de servicio en cuanto presente condiciones anormales, bloqueando sus funciones de protección automáticamente y a su vez mandando una señal de alerta.

Además, los relevadores digitales pueden almacenar y al mismo tiempo enviar datos de algunos ciclos de falla y pre falla para mostrar al usuario y asegurar un posible análisis.

Estas características traen como consecuencia la reducción de trabajos de mantenimiento y una gran confiabilidad en su operación.

Actualmente los relevadores digitales tienen una capacidad multifuncional que les permite realizar diferentes funciones de protección en tiempo real.

Estos poseen un módulo de comunicación, en la actualidad el más eficaz es a través de una red Ethernet y una capacidad de configuración IP, a través de la cual estos pueden mantener comunicación de una manera práctica y sencilla a través de los cuales estos pueden ser configurados de acuerdo a las necesidades del usuario.

El relevador digital SEL-849 está diseñado para proteger motores trifásicos. El relevador base dispone de:

- ❖ Protección ante rotor bloqueado.
- ❖ Protección ante efectos de sobrecarga.
- ❖ Protección ante efectos de sobre temperatura.
- ❖ Protección ante efectos de desequilibrio del circuito.
- ❖ Protección ante corto circuito.

El relevador de administración SEL-849 proporciona una combinación excepcional de protección, medición, monitoreo, control y comunicaciones en un paquete industrial compacto.



Figura 1. Presentación de relevador digital SEL-849.

Nota: En ella se muestra la representación física del relevador digital SEL-849, incluyendo también su módulo HMI SEL-3421.

El relevador digital SEL-849 ofrece aplicaciones de protección de motor basada en corriente, voltaje y en un modelo térmico, detección de arco eléctrico y medición de energía.

También ofrece todas las funciones de protección básicas de motor, incluso protección para las siguientes condiciones:

- ❖ Corto circuito.
- ❖ Pérdida de carga.
- ❖ Atascamiento de carga.
- ❖ Arranque frecuente.
- ❖ Desbalance de corriente.
- ❖ Inversión de fases.

## DESCRIPCIÓN FUNCIONAL.

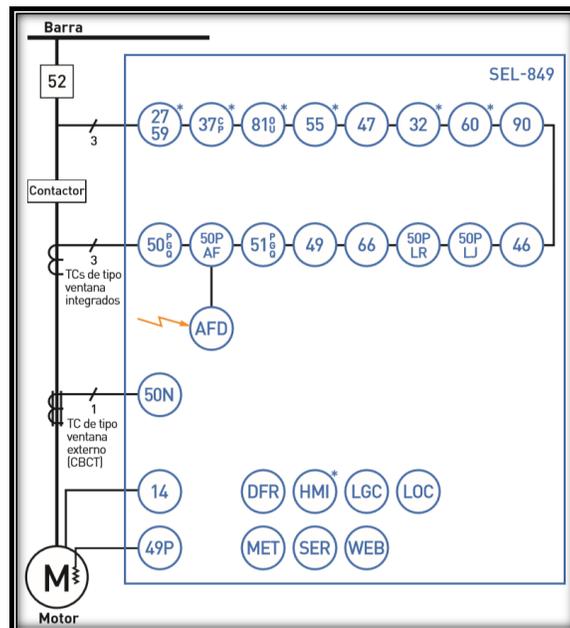


Figura 2. Diagrama funcional del relevador digital SEL-849.

- ❖ Protección a motores de dos velocidades.
- ❖ Función de re arranque de motor después de la restauración de su alimentación.
- ❖ Soporte a variadores de velocidad de frecuencia variable (VFD).
- ❖ Capacidad térmica usada (TCU).
- ❖ Bloqueo de arranque.
- ❖ Reportes de arranque del motor, estadística de operación del motor, reportes de eventos y Registrador Secuencial de Eventos (SER).
- ❖ Medición de voltaje y corriente RMS, frecuencia, potencia, factor de potencia y térmica.
- ❖ Contactos de E/S: - 4 salidas digitales (DO) - 6 entradas digitales (DI). estándar - 6 DI adicionales y 1 salida analógica (AO) opcional\* - Contactos de entrada mojados externamente—6 DI o 6 DI/1 AO.
- ❖ Recubrimiento protector para ambientes químicos agresivos y con humedad alta.

## **CARACTERÍSTICAS DE PROTECCIÓN.**

- ❖ Protección ante sobrecarga térmica (modelo térmico).
- ❖ Protección ante baja corriente (pérdida de carga) (37).
- ❖ Protección ante desbalance de corriente (46).
- ❖ Protección ante sobre corriente.
- ❖ Protección ante sobre corriente, fase (50P).
- ❖ Protección ante sobre corriente falla a Tierra-residual (50G).
- ❖ Protección ante sobre corriente de tierra (50N).
- ❖ Protección de arco eléctrico.
- ❖ Reinicio de la lógica del motor.
- ❖ Protección ante sobre corriente, secuencia negativa (50Q).
- ❖ Protección ante sobre corriente temporizada, fase (51P).
- ❖ Protección ante sobre corriente temporizada, tierra (Residual) (51G).
- ❖ Protección ante sobre corriente temporizada secuencia negativa (51Q).
- ❖ Protección ante inversión de fase (47).
- ❖ Arranque de motor / funcionamiento.
- ❖ Temporizador de motor.
- ❖ Arranques por hora (66).
- ❖ Utilización de la Capacidad térmica (TCU) Iniciar/Inhibir.
- ❖ Efecto anti des temporizador.
- ❖ Protección ante dos velocidades.
- ❖ Interruptor de velocidad (14).
- ❖ Modelo térmico (49).

## **CARACTERÍSTICAS DE MONITOREO.**

- ❖ Resúmenes de eventos que contienen ID, fecha y hora, viaje causa y magnitudes de corriente y/o voltaje.
- ❖ Informes de eventos incluyendo datos analógicos en bruto.
- ❖ Registrador de Acontecimientos Secuencial (SER).
- ❖ Estadísticas de funcionamiento del motor desde la última puesta a cero.
- ❖ Ejecución y paro de motor en tiempos establecidos.
- ❖ Configuración de arranques y paros de emergencia.
- ❖ Medición de valores medios y máximos durante el inicio y ejecución en períodos de operación.
- ❖ Perfiles de carga.
- ❖ Configuración de un número establecido de alarmas y disparos de protección.
- ❖ Informes del arranque del motor, durante un periodo de 240 segundos, para cada uno de los últimas cinco aperturas.
- ❖ Datos de la puesta a marcha del motor durante los últimos dieciocho intervalos de 30 días.
- ❖ Un conjunto completo de funciones de medición preciso.

El Relé de administración de motores SEL-849 se aplica en sistemas de bombeo para agua, químicos y petróleo; también en sistemas basados en aire, incluyendo: ventiladores, sopladores, aparatos para aire y compresores; sistemas de enfriamiento, como compresores y aire acondicionado; y aplicaciones que involucran materiales a granel, como transportadores, trituradoras, cribas, alimentadores, barrenadoras y elevadores de cangilones.

## PRESENTACIÓN FÍSICA.

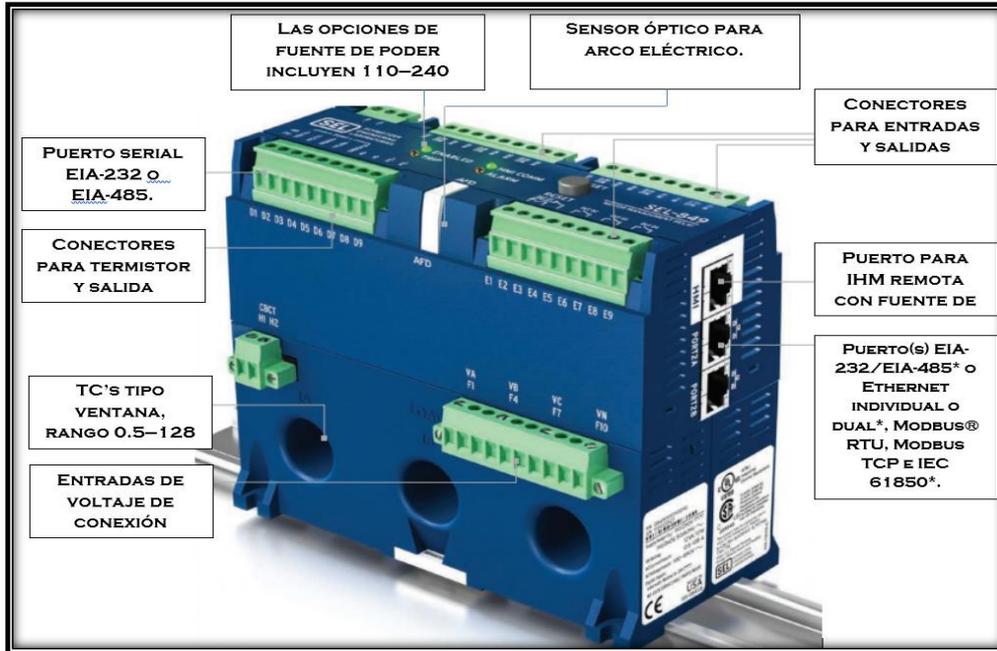


Figura 3. Descripción de componentes del relevador digital SEL-849.

- ❖ **DIMENSIONES:** 71.1 mm (2.8 in) x 127.0 mm (5 in) x 152.4 mm (6 in).
- ❖ **PESO:** 1.0 kg (2.2 lb).

## PANEL SUPERIOR DEL RELÉ.

El panel superior del relé tiene cuatro leds:

- ❖ Estado **HABILITADO** del relé.
- ❖ Estado **TRIP**.
- ❖ Estado de las comunicaciones **HMI COMM**.
- ❖ Estado **ALARMA** del relé.



Figura 4. Panel frontal del relevador digital SEL-849.

El panel también proporciona un botón de **RESET** para restablecer el relé y los objetivos programados.

## MÓDULO HMI DE RELÉ DE MOTOR SEL-3421 CON LCD EL SEL-3421.

El relevador SEL-849 cuenta con un módulo de interfaz máquina-hombre que le brinda la capacidad de controlar y monitorear el relé de manera manual. El SEL-3421 es útil para la puesta en marcha y control local del motor. El módulo tiene diez indicadores LED tricolor (ocho programables) con etiquetas configurables.

El mismo cuenta con una pantalla LCD gráfica con seis teclas de navegación y cinco teclas de función. Se proporcionan cuatro pulsadores de control para la selección de:

- ❖ INICIO.
- ❖ DETENER.
- ❖ LOCAL / REMOTO.
- ❖ RESTABLECIMIENTO DEL OBJETIVO.

Los menús principales constan de las siguientes categorías:

- ❖ MEDIDOR DE EVENTOS.
- ❖ MONITOR.
- ❖ OBJETIVOS.
- ❖ CONTROL.
- ❖ ESTADO.



Figura 5. Panel frontal de módulo HMI SEL-849.

El módulo HMI proporciona ocho objetivos LED tricolor programables por el usuario, dos objetivos fijos, y control de motor y teclas de función. El módulo HMI de relé de motor SEL-3421 también tiene una pantalla gráfica completa con Navegación y teclas de función.

### 3. CUESTIONARIO PREVIO.

- 1) Para una mejor comprensión de lo que lees y haces dentro del desarrollo de la práctica es necesaria la familiarización inmediata con el equipo, para ello, describe las características y funciones básicas del relevador digital SEL-849. Puedes apoyarte del manual en español de dicho dispositivo, puedes encontrarlo en distintas páginas de internet.
- 2) Indica la función de cada uno de los elementos del relevador indicados en la siguiente figura:

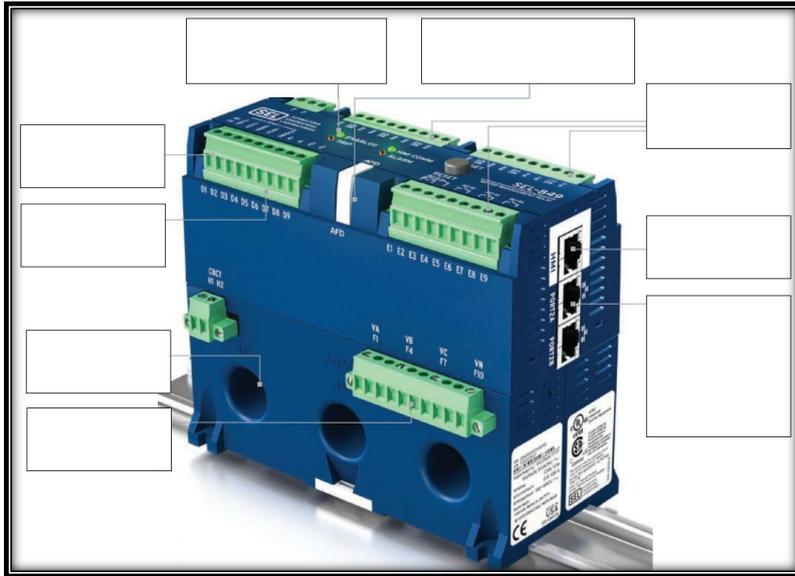


Figura 6. Descripción de los componentes del relevador digital SEL-849.

- 3) Escribe la definición de  
Motor:  
Alimentador:  
Variador de frecuencia:
  - 4) Menciona que es un transformador de corriente de equilibrio del núcleo.
  - 5) Menciona que es el factor de servicio de un motor eléctrico.
  - 6) Explique qué significan las siglas: NEMA, IEC, IEEE y cuál es la función de estos organismos
  - 7) Con un diagrama unifilar indique los elementos básicos de protección de un motor eléctrico de inducción
  - 8) Explique las ventajas y desventajas de la aplicación de relevadores digitales en los sistemas eléctricos modernos.
-

#### **4. MATERIAL.**

- Módulo de fuente de alimentación. (120/208  $V_{3\phi}$ , 0-120  $V_{CD}$ ). 8821
  - Módulo de relevador digital de protección de motores. SEL-849 y SEL-3421.
  - Motor de inducción Jaula de Ardilla. (Módulo de motor de inducción jaula de ardilla EMS 8221”).
  - Cables de conexión.
  - Cable Ethernet.
  - Computadora.
-

## 5. DESARROLLO.

Advertencia: ¡En este experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes! ¡No haga ninguna conexión cuando la gente este conectada! ¡La fuente de alimentacion debe desconectarse despúes de hacer cada medición!

### 5.1 ALIMENTACIÓN, DIAGRAMA DE CONEXIONES.

**Fuente de alimentación –Relevador de protección de motores –  
Motor inducción- Jaula de ardilla.**

Conecte el circuito que se ilustra en la figura 7, utilizando los **Modulos EMS de Motor de induccion de jaula de ardilla, fuente de alimentacion y Modulo de relevador digital.**



### 5.1.1 ALIMENTACIÓN.

En el modulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES dirígete a la sección de **ALIMENTACIÓN**, podras notar que el modulo establece su alimentacion para 127 Vca.

- 1) Conecte la terminal 1 del modulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCION DE MOTORES a la terminal 1 de la FUENTE FIJA DE CA.
- 2) Conecta la terminal N de dicha seccion del RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES a la terminal N de la FUENTE FIJA DE CA, ubicada en la parte inferior izquierda.

### 5.1.2 ENTRADAS DIGITALES.

Dentro del modulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCION DE MOTORES dirígete a la sección de **ENTRADA C.A.**

- 1) Conecta la entrada 1 del RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCION DE MOTORES a la terminal 4 de la FUENTE DE ALIMENTACIÓN VARIABLE (0-208Vca).
- 2) Conecta la entrada 2 del RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCION DE MOTORES a la terminal 5 de la FUENTE DE ALIMENTACIÓN.
- 3) Conecta la entrada 3 del RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCION DE MOTORES a la terminal 6 de la FUENTE DE ALIMENTACIÓN.  
(Ver figura 7)

### 5.1.3 SALIDAS ANALOGICAS.

Dentro del modulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCION DE MOTORES dirígete a la sección de **SALIDA C.A.**, Conecta la salida 1 del modulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES a la terminal 1 de MOTOR INDUCCIÓN – JAULA DE ARDILLA.

- 1) Conecta la salida 2 del modulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES a la terminal 2 de MOTOR INDUCCIÓN – JAULA DE ARDILLA.
- 2) Conecta la salida 3 modulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES a la terminal 3 de MOTOR INDUCCIÓN – JAULA DE ARDILLA.

Notese que los devanados del motor de inducción se conectan en estrella.

- 3) Conecte el motor de inducción jaula de ardilla en su configuración estrella. Terminales 4, 5 y 6.
-

## 5.2 Establecer conexión Ethernet entre la Computadora e interfaz del relevador.

Para poder entrar a la interfaz que ofrece SEL y hacer uso de todas y cada una de las funciones que el relevador digital SEL-849 ofrece, primero es indispensable establecer comunicación a través de una PC (computadora).

Existen tres métodos distintos:

- ❖ Servidor Web.
- ❖ Software ACCELERATOR Quick SEL-5030.
- ❖ Línea de comandos ASCII.

Por motivos de practicidad, la opción más viable y por tanto la que será requerida para la realización de las practicas será a través del uso del SERVIDOR WEB, ya que, a diferencia de las demás opciones, para establecer comunicación no es necesaria la descarga de algún software adicional, basta con la utilización de un servidor web incorporado como GOOGLE CHROME, MOZILLA FIREFOX o INTERNET EXPLORER y establecer comunicación físicamente a través de algo tan practico como un cable Ethernet.

Antes de iniciar con la práctica asegúrate de que la PC asignada cuenta ya con una dirección IP configurada, a través de la cual se logrará la comunicación entre el servidor web y la interfaz del relevador.

La manera más sencilla de comprobarlo es ingresando la dirección IP precargada del relevador dentro de la barra de búsqueda del servidor web.

La dirección IP asignada es **192.168.1.14**

Para ello entonces es necesario:

- 1.- iniciar sesión en la computadora y ejecutar el servidor web previamente establecido (Google Chrome).
- 2.- Conectar el cable de red desde el puerto de la computadora hasta el panel de relevador digital, identificado como PORT2A.
- 3.- Ingresa a la interfaz de usuario a través del servidor web previamente establecido (Google Chrome).

Si al presionar Enter la puerta de enlace de la interfaz es visible, el servidor y relevador están listos para continuar con la práctica.

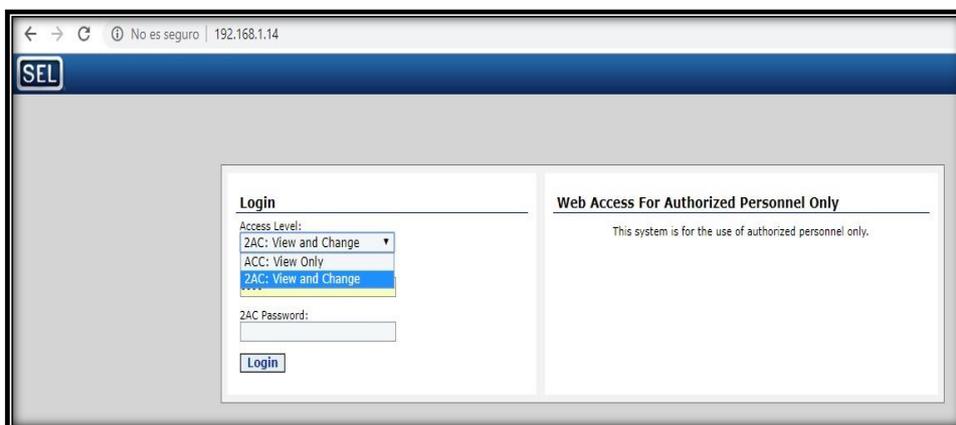


Figura 8. Puerta de enlace a la interfaz de usuario ejecutada desde el servidor web.

Si es así omite el siguiente punto y dirígete hasta el punto 5.2, si no, asegúrate de seguir con el siguiente protocolo para lograr una comunicación exitosa entre el relevador digital y la PC.

**A) Dirígete hacia PANEL DE CONTROL.**

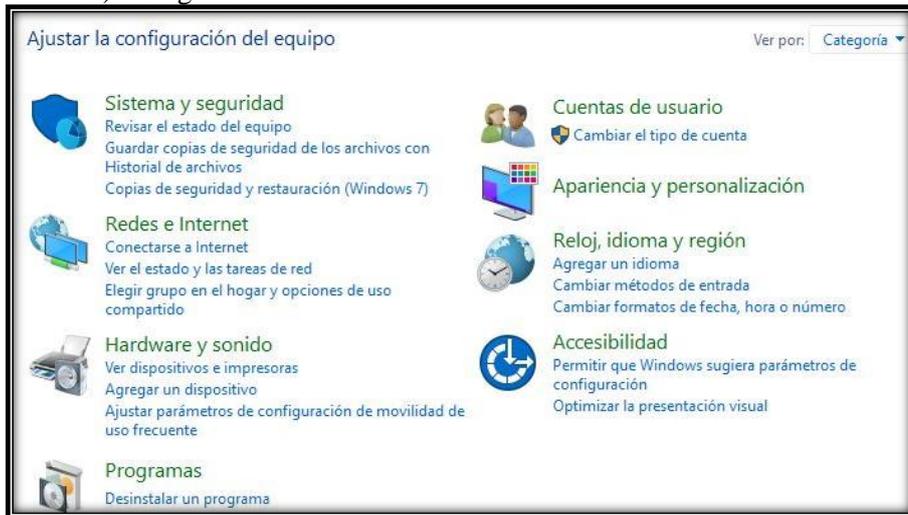


Figura 9. Representación de la sección panel de control.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para lograr con éxito el proceso de comunicación entre el relevador digital y la pc.

**B) Ingresas a REDES E INTERNET.**

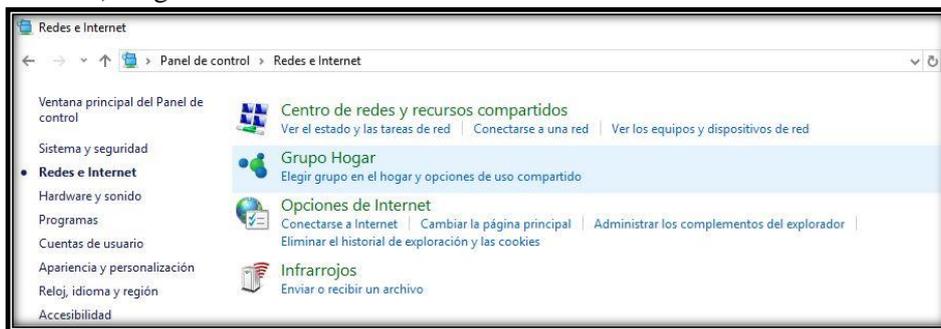


Figura 10. Representación de la sub sección redes e internet.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para lograr con éxito el proceso de comunicación entre el relevador digital y la pc.

**C) CENTRO DE REDES Y RECURSOS COMPARTIDOS.**

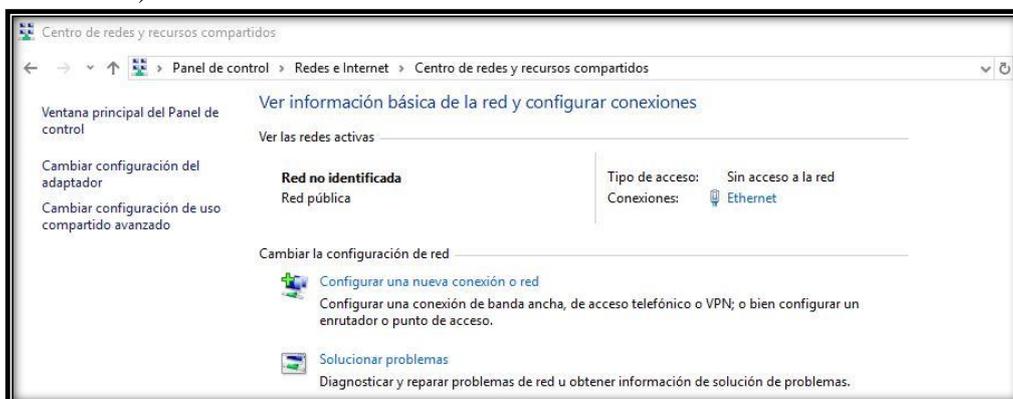


Figura 11. Representación de la subsección centro de redes y recursos compartidos.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para lograr con éxito el proceso de comunicación entre el relevador digital y la pc.

#### D) CAMBIAR LA CONFIGURACIÓN DEL ADAPTADOR.



Figura 12. Representación de la subsección conexiones de red.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para lograr con éxito el proceso de comunicación entre el relevador digital y la pc.

#### E) CLIC SECUNDARIO SOBRE EL ICONO DE ETHERNET. F) PROPIEDADES.

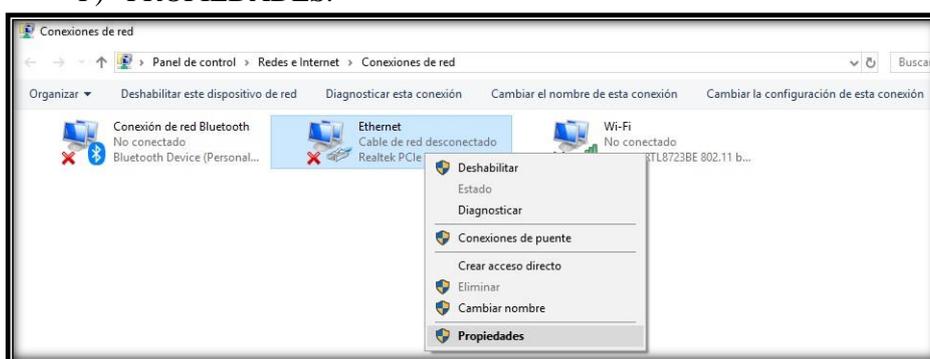


Figura 13. Representación de la subsección conexiones de red.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para lograr con éxito el proceso de comunicación entre el relevador digital y la pc.

#### G) HABILITAR EL PROTOCOLO DE INTERNET VERSIÓN 4 (TCP/IPv4).

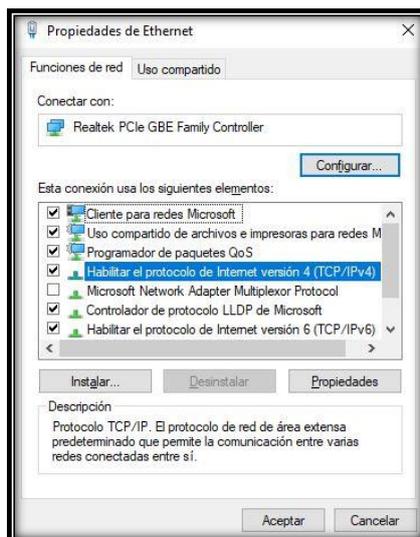


Figura 14. Representación de la subsección propiedades de Ethernet.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para lograr con éxito el proceso de comunicación entre el relevador digital y la pc.

Realiza doble click sobre la sección “Habilitar el protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4)” Y cambia a “Usar la siguiente dirección IP:”

Enseguida ingresa la siguiente dirección IP: **192 168 1 12**

Notaras que de manera automática la máscara de subred se establece por defecto.

Elige la opción de aceptar.

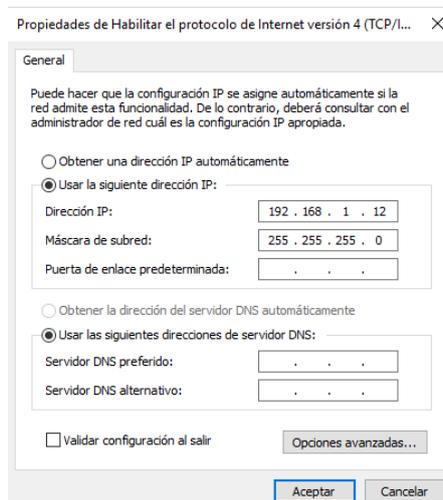


Figura 15. Representación de la subsección propiedades de habilitar el protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4).

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para lograr con éxito el proceso de comunicación entre el relevador digital y la pc.

Para este punto la configuración ha quedado establecida y es momento de comprobarlo. Para ello ingresa nuevamente a la barra de búsqueda del servidor web en cuestión (GOOGLE CHROM) e ingresa de nueva cuenta la dirección IP predeterminada **192.168.1.14**

Una vez establecida la comunicación ingresarás a la puerta de entrada de la interfaz, ahora solo es cuestión de ingresar los passwords.

Cabe aclarar que por cuestiones de seguridad la interfaz del relevador digital SEL-849 cuenta con dos niveles de acceso y cada uno de ellos tiene una función en específico:

TABLA 1

*Características de los niveles de acceso establecidos.*

NIVEL DE ACCESO	DENOMINACIÓN EN SEL-849	ESPECIFICACIÓN
1	ACC	Permite VISUALIZAR la configuración del relevador
2	2AC	Permite VISUALIZAR y MODIFICAR la configuración del relevador.

NOTA: En ella se muestran las funciones predeterminadas para cada uno de los niveles de acceso establecidos.

TABLA 2

*Denominación de password para el nivel de acceso denominado.*

NIVEL DE ACCESO	DENOMINACIÓN EN SEL-849	PASSWORD
1	ACC	OTTER
2	2AC	TAIL

NOTA: En ella se muestra el password requerido para acceder a cada uno de los niveles de acceso establecidos.

Con la finalidad de hacer de esta una práctica interactiva, el nivel de acceso requerido será 2AC.

H) INGRESA EL PASSWORD CORRESPONDIENTE.



Figura 16. Selección del nivel de acceso requerido dentro de la puerta de enlace a la interfaz de usuario.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para lograr entrar a la interfaz de usuario.

I) INGRESO A LA INTERFAZ.

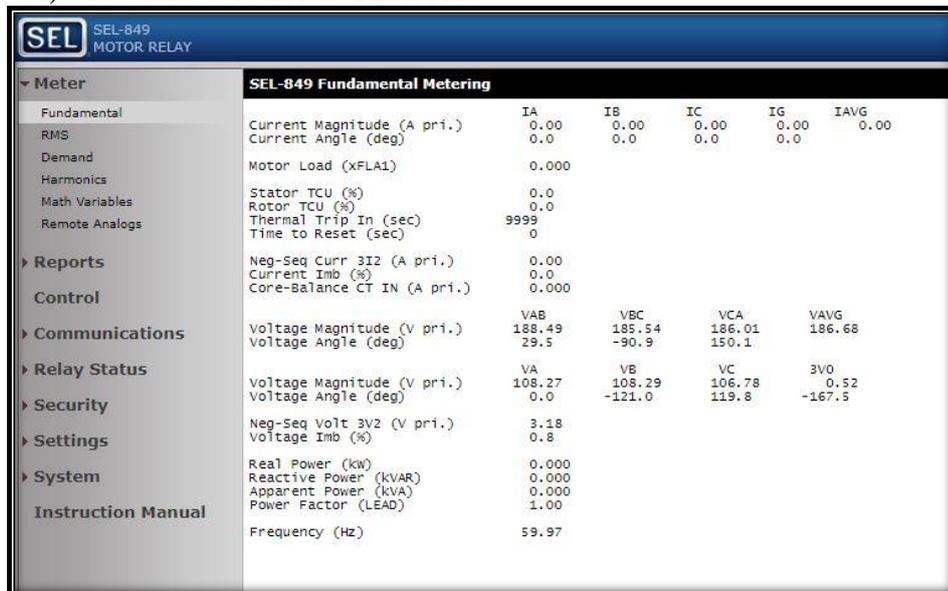


Figura 17. Ingreso a la interfaz de usuario.

Nota: En ella se muestra el ingreso a la interfaz de usuario ejecutada desde el servidor web.

### 5.3 RECONOCIMIENTO DE LA INTERFAZ DEL RELEVADOR DIGITAL SEL-849.

Una vez establecida la comunicación entre el servidor web y la interfaz del relevador digital SEL-849 a través de una conexión Ethernet, es momento de reconocer a la misma.

Para ello, de la mano del instructor dirígete a cada uno de los apartados que la propia interfaz ofrece y de manera eficaz comenten el contenido y función de cada uno de ellos.

### 5.4 DESARROLLO.

Una vez establecida la conexión entre el servidor web y la interfaz del relevador digital SEL-849, el primer aporte para entablar comunicación es la ventana de MEDICIÓN FUNDAMENTAL, esta es el primer aporte que la interfaz del relevador digital ofrece por defecto al momento justo de ingresar a la interfaz.

SEL-849 Fundamental Metering										
Current Magnitude (A pri.)	IA	0.00	IB	0.00	IC	0.00	IG	0.00	IAVG	0.00
Current Angle (deg)		0.0		0.0		0.0		0.0		
Motor Load (xFLA1)		0.000								
Stator TCU (%)		0.0								
Rotor TCU (%)		0.0								
Thermal Trip In (sec)		9999								
Time to Reset (sec)		0								
Neg-Seq Curr 3I2 (A pri.)		0.00								
Current Imb (%)		0.0								
Core-Balance CT IN (A pri.)		0.000								
Voltage Magnitude (V pri.)	VAB	188.49	VBC	185.54	VCA	186.01	VAVG	186.68		
Voltage Angle (deg)		29.5		-90.9		150.1				
Voltage Magnitude (V pri.)	VA	108.27	VB	108.29	VC	106.78	3V0	0.52		
Voltage Angle (deg)		0.0		-121.0		119.8		-167.5		
Neg-Seq Volt 3V2 (V pri.)		3.18								
Voltage Imb (%)		0.8								
Real Power (kW)		0.000								
Reactive Power (kVAR)		0.000								
Apparent Power (kVA)		0.000								
Power Factor (LEAD)		1.00								
Frequency (Hz)		59.97								

Figura 18. Selección de la subsección FUNDAMENTAL.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el reconocimiento de la propia interfaz.

En ella puedes establecer el monitoreo de datos y medición precisa en tiempo real acerca de las condiciones de trabajo del motor en cuestión, datos que más adelante serán comprobados con la realización de experimentos.

En primera instancia, y para poder adentrarnos a la configuración del relevador digital es necesaria la introducción de los datos nominales de operación del motor en cuestión.

- 1) Para ello entonces identifica el motor requerido para esta práctica.
- 2) Identifica los valores nominales de placa.
- 3) Dirígete a la sección "BASIC SETTINGS".

Y en ella de manera manual, uno a uno, llena los campos requeridos de acuerdo a los valores solicitados en el paso 2.

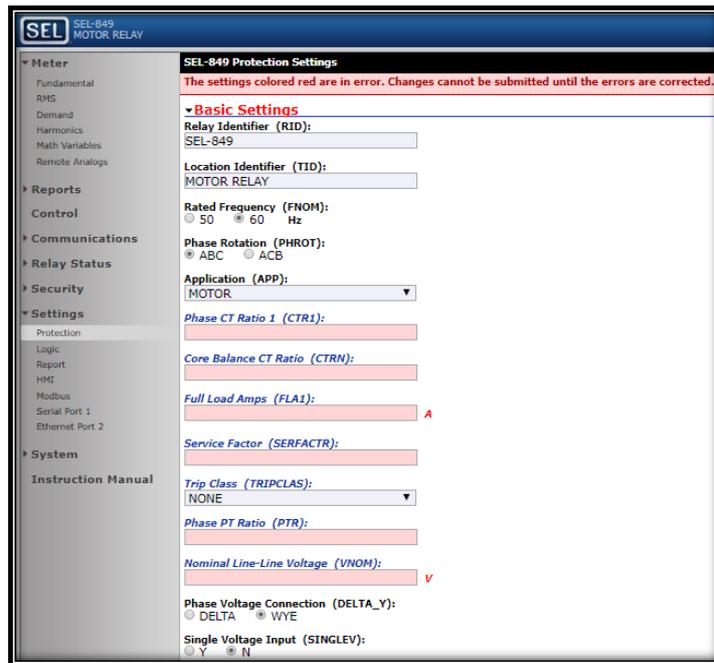


Figura 19. Selección de la subsección PROTECTION y reconocimiento de apartados.

Nota: En ella se muestran parte del reconocimiento de los apartados de la subsección PROTECTION, proceso indispensable para la configuración del relevador digital.

La primera sección es meramente de identificación, esta sección servirá para reconocer al relevador y motor en cuestión ante una futura serie de indicaciones o protocolos a seguir durante el proceso de la realización de las prácticas.

Los comandos sugeridos serán:

RID: SEL849.

TID: MOTOR RELAY.

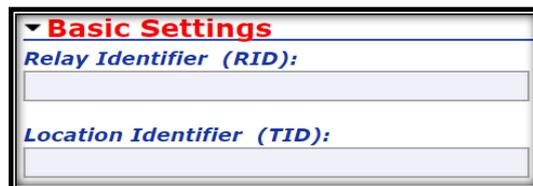


Figura 20. Llenado del apartado de IDENTIFICACIÓN.

Nota: La función principal de este apartado es identificar y comenzar así el proceso de configuración del relevador digital.

El siguiente campo hace referencia a la FRECUENCIA NOMINAL con la que el motor en cuestión trabaja, este dato es obtenido de los valores nominales de placa.

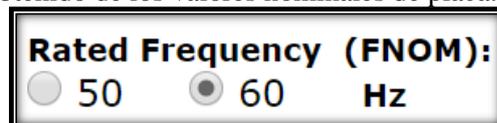


Figura 21. Selección de la FRECUENCIA NOMINAL (FNOM) dentro de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestran parte del proceso realizado para la configuración del relevador digital.

El siguiente campo hace referencia a la ROTACIÓN DE FASE de rotor del motor, por ahora la secuencia que nosotros estableceremos será ABC, con el motivo de hacer de este un manual interactivo en un futuro esta secuencia será modificada con la realización de las practicas, por ahora esta secuencia será indicada como la correcta.

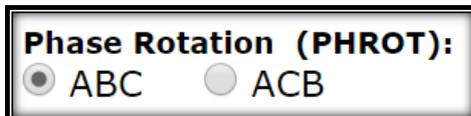


Figura 22. Selección de la ROTACIÓN DE FASE (PHROT) dentro de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestran parte del proceso realizado para la configuración del relevador digital.

El siguiente campo se establece para indicar al relevador digital cual es la APLICACIÓN a la que nosotros nos estamos dirigiendo, es decir qué tipo de carga es con la que nosotros estamos trabajando (APP).

El relevador digital establece tres opciones distintas de aplicaciones, entre ellas tenemos

- ❖ MOTOR: Si el relevador es configurado para la protección de un motor normal.
- ❖ FEEDER: Si el relevador es configurado para la protección de un Alimentador
- ❖ VFD: Si el relevador es configurado para la protección de un motor conectado a una unidad de frecuencia variable.

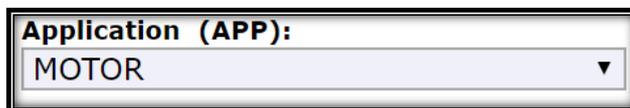


Figura 23. Selección de APLICACIÓN (APP) dentro de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestran parte del proceso realizado para la configuración del relevador digital.

El siguiente campo hace referencia a la RELACION DE TRANSFORMADOR DE CORRIENTE DE FASE (CTRN1)

En ella basta con indicar 1.

El numero 1 indica que el relevador digital será configurado para la protección de aplicaciones sin TC's externos, como es el caso del motor requerido durante la realización de la práctica.

Cabe mencionar que los motores con TC's externos son requeridos para aquellos que su corriente nominal a plena carga es superior a los 128A.

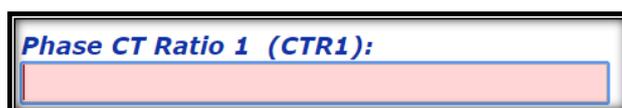


Figura 24. Llenado de la RELACIÓN DE TRANSFORMADOR DE CORRIENTE DE FASE (CTRN1) dentro de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestran parte del proceso realizado para la configuración del relevador digital.

El siguiente campo hace referencia a la RELACIÓN DE TRANSFORMADOR DE CORRIENTE DE EQUILIBRIO DEL NUCLEO (CTRN).

En ella basta con indicar NONE.

Cabe mencionar que el transformador de corriente de equilibrio del núcleo o CBCT es un transformador de corriente de tipo toroidal a través del cual pasa un cable de tres núcleos o tres cables de un solo núcleo de un sistema trifásico. Este tipo de TC se usa normalmente para la protección de fallas a tierra dentro de un sistema de baja y media tensión.

El transformador de balance de núcleo permite la medición directa de corrientes residuales (corriente de fuga a tierra).

La presencia de un componente homopolar (secuencia cero) es significativa para la tierra por defecto. Este componente se mide mediante un transformador toroidal colocado alrededor de las 3 fases.

La suma vectorial de estas corrientes es nula cuando no hay falla.

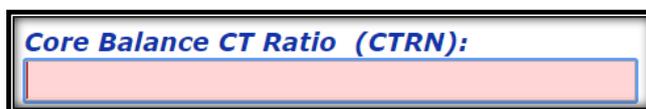


Figura 25. Llenado de RELACIÓN DE TRANSFORMADOR DE CORRIENTE DE EQUILIBRIO DEL NÚCLEO (CTRN), dentro de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestran parte del proceso realizado para la configuración del relevador digital.

El siguiente campo hace referencia a la cantidad de AMPERIOS A CARGA COMPLETA (FLA1).

Este dato es obtenido de los valores nominales de placa del motor en cuestión.

Cabe mencionar que el amperaje de carga completa (FLA) se refiere a la corriente nominal del motor a plena carga. Esta es la cantidad de corriente (amperios) que el motor tomará del sistema eléctrico al producir su potencia nominal de salida.

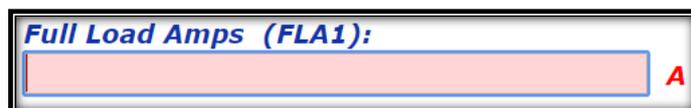


Figura 26. Llenado de RELACIÓN DE TRANSFORMADOR DE CORRIENTE DE EQUILIBRIO DEL NÚCLEO (CTRN), dentro de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestran parte del proceso realizado para la configuración del relevador digital.

El siguiente campo hace referencia al FACTOR DE SERVICIO (SERFACTR).

En ella basta con indicar 1.0

Cabe mencionar que cuando el motor está dimensionado para operar como máximo a su capacidad nominal (Potencia de Placa), de manera continua, se dice que no tiene factor de servicio.

Para definir el Factor de Servicio hay que referirse al estándar NEMA MG-1 - Section 1 - Part 1, que dice lo siguiente: El Factor de Servicio se expresa como un multiplicador el cual se aplica a la potencia de placa del motor, para indicar la carga que puede llevar en condiciones nominales de servicio. Significa que el motor puede ser sobrecargado continuamente si el mismo es alimentado a voltaje y frecuencia nominal, y sin provocar daños.

Por normativa, la placa debe indicar el factor de servicio.

El Factor de Servicio se expresa en "Por Unidad", con valores como: 1.1, 1.15, 1.2, etc.

Esto quiere decir que un motor con factor de servicio igual a 1.15, puede operar a un 115% de carga continua sin dañarse.



Figura 27. Llenado del FACTOR DE SERVICIO (SERFACTR) dentro de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestran parte del proceso realizado para la configuración del relevador digital.

El siguiente campo hace referencia al tipo de curva de protección en relación al estándar que deba cumplir el motor



Figura 28. Selección del TIPO DE CURVA (TRIPCLAS) dentro de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestran parte del proceso realizado para la configuración del relevador digital.

Para un motor estándar cómo será el caso de esta práctica asignaremos el tipo de curva 10\_NEMA.

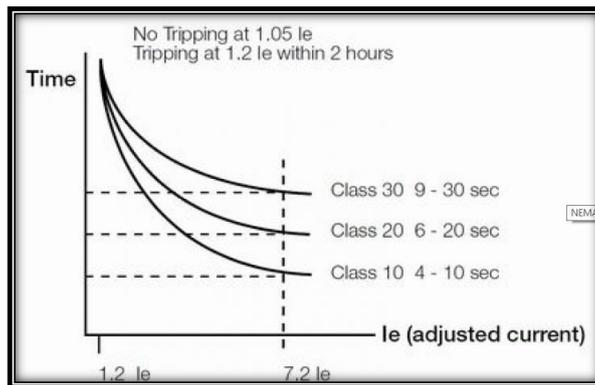


Figura 29. Representación de curvas entorno a la protección estándar 10\_NEMA.

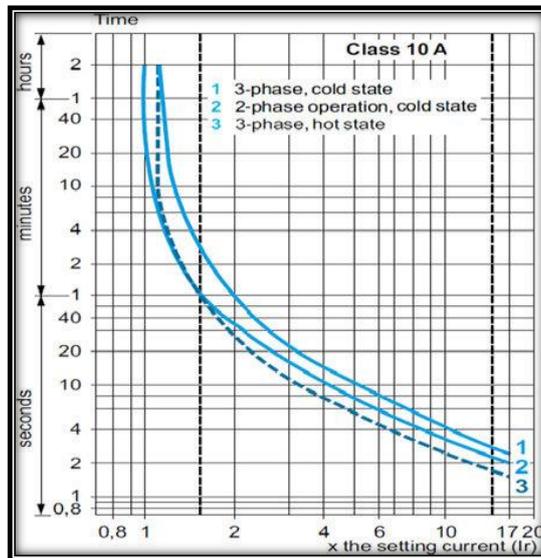


Figura 30. Representación de curvas entorno a la protección estándar 10\_NEMA.

El siguiente campo hace referencia a la RELACION DE FASE DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA (PTR).

En el mismo basta con indicar 1.0



Figura 31. Selección de la RELACION DE FASE DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA (PTR), dentro de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestran parte del proceso realizado para la configuración del relevador digital.

El siguiente campo hace referencia al VOLTAJE NOMINAL LINEA A LINEA (VNOM).

Este dato es obtenido de los valores nominales de placa.

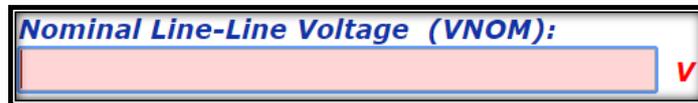


Figura 32. Selección del VOLTAJE NOMINAL LINEA A LINEA (VNOM) dentro de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestran parte del proceso realizado para la configuración del relevador digital.

El siguiente campo hace referencia a la CONEXIÓN DE TENSIÓN DE FASE (DELTA\_Y).

Este dato es obtenido de los valores nominales de placa.



Figura 33. Selección de la CONEXIÓN DE TENSIÓN DE FASE (DELTA\_Y) dentro de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestran parte del proceso realizado para la configuración del relevador digital.

El siguiente campo hace referencia a la ENTRADA DE VOLTAJE SIMPLE (SINGLEV).

En el mismo basta con indicar N.

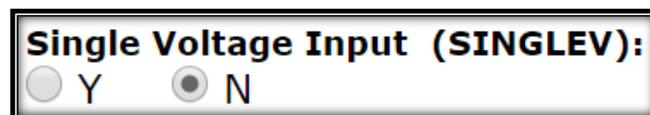


Figura 34. Selección de la ENTRADA DE VOLTAJE SIMPLE (SINGLEV) dentro de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestran parte del proceso realizado para la configuración del relevador digital.

## PUESTA EN OPERACIÓN DEL MOTOR EN MODO LOCAL Y REMOTO.

El relevador digital SEL-849 tiene la capacidad de ser monitoreado, configurado a apartir de dos distintos modos, es decir

TABLA 3

*Interpretación de los distintos modos de operación.*

Control LOCAL	El control y configuraciones básicas serán establecidos desde el módulo HMI SEL-3421.
Control REMOTO	El control y configuraciones serán establecidos desde la pc.

NOTA: En ella se muestra la interpretación de los dos tipos de modos en que el relevador digital opera o ejecuta instrucciones.

Dentro de estas mismas el arranque y el paro de motor son vitales para la realizacion o configuracion cualquiera del relevador digital SEL849, esta misma puede ser ejecutada a partir de los dos distintos modos y es importante saber realizarlo en cualquiera de ellos para la realizacion de futuras practicas.

### ARRANQUE Y PARO DE MOTOR EN MODO LOCAL.

#### ARRANQUE DE MOTOR EN MODO LOCAL.

Contando con las conexiones correctas y el motor en paro,

- 1) Dirigete al modulo HMI SEL-3421 ubicado en la parte superior del modulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES, antes de iniciar y asegúrate de que este activado con la luz de notificación led en modo LOCAL.
- 2) Identifica y presiona el boton **START** ubicado en la parte superior izquierda de dicho modulo.



Figura35. Arranque de motor en modo LOCAL.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el paro de motor de manera LOCAL.

- 3) Confirma dicha instrucción presionando nuevamente el boton START.
  - 4) El motor esta en arranque.
-

## PARO DE MOTOR EN MODO LOCAL.

- 1) Siguiendo con el modulo HMI SEL-3421 ubicado en la parte superior del modulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES.
- 2) Identifica y presiona el boton STOP ubicado en la parte superior izquierda de dicho modulo.
- 3) Confirma dicha instrucción presionando nuevamente el boton STOP.



*Figura36.* Paro de motor en modo LOCAL.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el paro de motor de manera LOCAL.

- 4) El motor está en paro.

## ARRANQUE Y PARO DE MOTOR EN MODO REMOTO.

- 1) Para esto asegúrate de que el HMI incorporado al módulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES (SEL-3421) este activado con la luz de notificación led en función REMOTE.

Si es así continua con el paso 2, si no presiona el botón **LOCAL/ REMOTE** de dicho modulo, notarás que la luz de notificación led cambia y ahora la función establecida debe estar en **REMOTE**. Es decir que la configuración e instrucciones tal como el arranque y paro de motor son ejecutadas desde la computadora.

- 2) Dentro de la interfaz de usuario ingresa a la sección CONTROL.

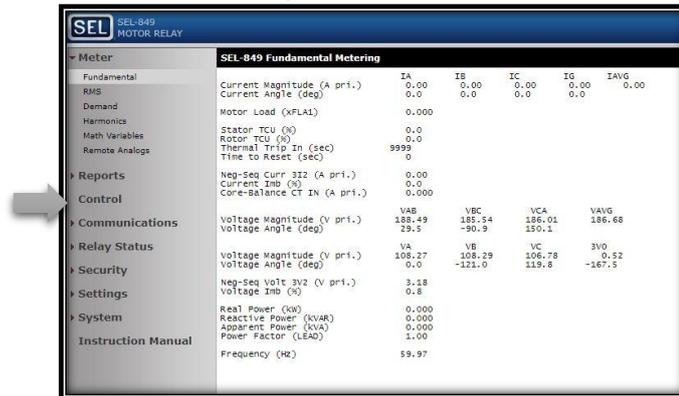


Figura 37. Selección de sección CONTROL.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el arranque de motor en modo REMOTO.

- 3) Podrás notar que el menú que se muestra es prácticamente la interpretación del panel del módulo HMI SEL-3421, pero de manera digital. Este tiene las mismas capacidades que el modulo físico, y por tanto el procedimiento para la realización del arranque de motor será de la misma manera.

Da click en el botón **START**.

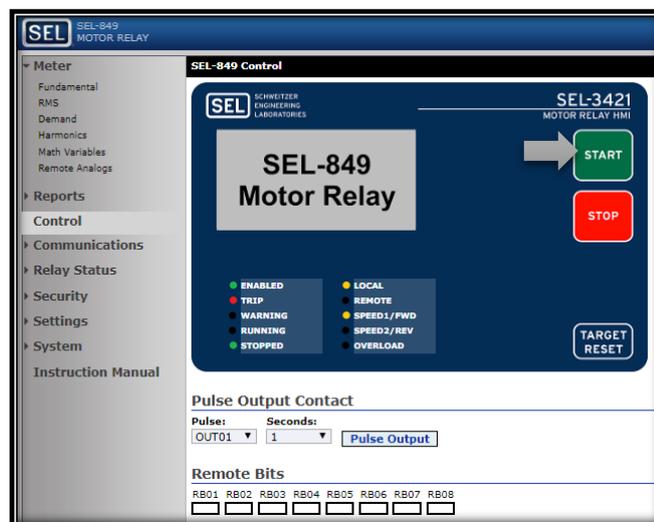


Figura 38. Arranque de motor en modo REMOTO.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el paro de motor en modo REMOTO.

- 4) Para concluir con esta primer actividad procede a realizar el paro de motor, este de igual manera que el arranque basta con dar click en el boton de **STOP**.
- 5) Confirma dicha instrucción presionando nuevamente el boton **STOP**.



Figura 39. Paro de motor en modo REMOTO.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el paro de motor en modo REMOTO.

Como actividad de la practica dibuja un diagrama observando las conexiones del modulo y mostrar la conexiones donde se observe que el relevador básicamente opera sus contactos para energizar la bobina del contactor que pone en operación al motor.

## 5 CONCLUSIONES.

---



---



---



---



---



---



---

## 6 CUESTIONARIO FINAL.

- 1) Identifica cada una de las terminales integradas al SEL-849 y explique brevemente su función.

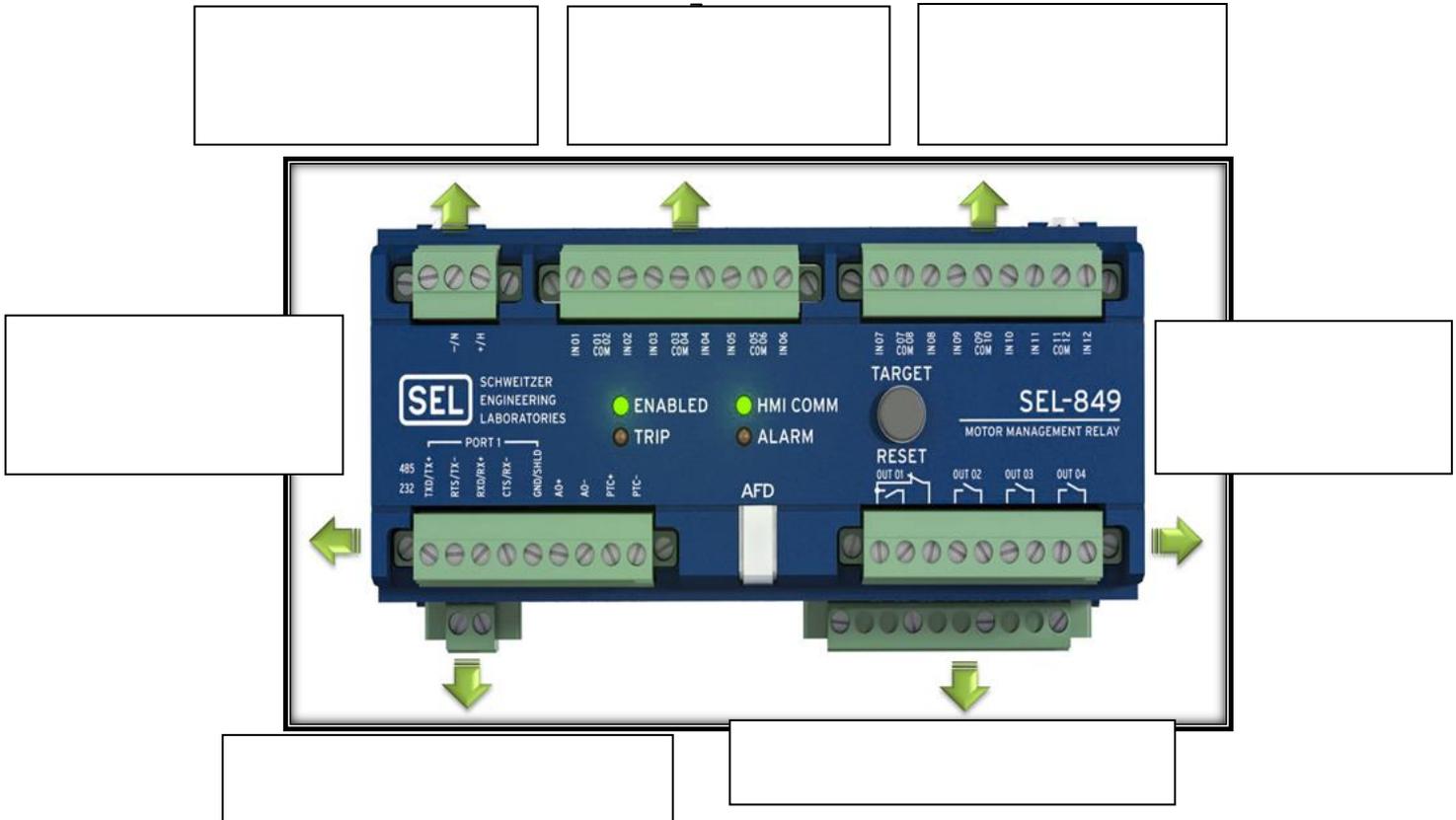


Figura 40. Representación de terminales del relé digital.

Nota: En ella se muestran parte del proceso de cuestionario final.

- 2) Para su correcta configuración, el relé digital SEL-849 cuenta con distintos protocolos de comunicación Hombre - Máquina, a través de estos mismos es posible configurar el dispositivo de acuerdo a las necesidades del usuario, Menciona los tres protocolos de comunicación con los que cuenta el relé digital SEL-849, y explique cuál fue el que se utilizó para realizar la comunicación en la práctica
- 3) Una vez establecida la configuración del relé y con la finalidad de proteger al motor en cuestión, es necesario el monitoreo constante de los parámetros de protección asignados por el usuario, para ello el SEL-849 cuenta con una Interfaz Hombre-Máquina.
- 4) Menciona el nombre y funciones básicas de esta interfaz considerada también dentro del equipo SEL.



Figura 41. Representación de panel del módulo HMI del relevador digital.

Nota: En ella se muestran parte del proceso de cuestionario final.

- 5) Dentro del apartado físico, el SEL-849 cuenta con un panel a través del cual se ubican 4 LED'S, ubica, menciona y describe cual es la función de la iluminación de cada uno de estos.



Figura 42. Representación de panel del relevador digital.

Nota: En ella se muestran parte del proceso de cuestionario final.

## 7 BIBLIOGRAFÍA.

<http://c03.apogee.net/contentplayer/?coursetype=md&utilityid=elpaso&id=12592>

<http://www.motortico.com/biblioteca/MotorTico/2015%20ENE%20%20Factor%20de%20Servicio%20en%20Motores%20Electricos.pdf>

<https://www.springercontrols.com/news/iec-vs-nema/>



<b>U.N.A.M.</b>	Ingeniería Eléctrica – Electrónica.
<b>F.E.S. Aragón</b>	
Laboratorio de protección de sistemas eléctricos.	

## PRÁCTICA 2

### OPERACIONES BASICAS DE PROTECCIÓN CON RELEVADOR SEL 849.

#### 1. OBJETIVOS.

Ajustar los rangos de operación y variar las magnitudes eléctricas para verificar la operación del relevador y comprender algunas de las funciones básicas de protección del relevador 849 para motores.

#### 2. INTRODUCCIÓN.

##### SOBRE TENSIÓN.

También denominada "pico de tensión", la sobretensión eléctrica es un aumento repentino y breve del voltaje y/o corriente a una carga conectada. Puede originarse dentro o fuera de la vivienda, edificio Industrial o comercial.

Cuando la sobretensión es interna, por lo general es causada por equipos de envergadura (aire acondicionado, refrigeración, resistencias o motores, etc.), al encenderse o apagarse. Si son externas, pueden ser producidas por falla de corto circuito, usuarios que utilizan equipos eléctricos pesados (soldadores) o por maniobras de control.

A menudo, los rayos producen sobretensión durante las tormentas eléctricas. Los equipos eléctricos, electrónicos o aparatos electrodomésticos estándares que funcionan con 120 V ~~voltios~~ pueden verse afectados por sobretensiones de consideración.

##### BAJA TENSIÓN.

Es la baja permanente, o por periodos prolongados, del voltaje nominal, el cual se considera a partir de un menos 10%, pudiendo llegar en ocasiones y bajo condiciones extremas hasta el menos 40%.

##### IEC

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC, por sus siglas en inglés) es una organización de estándares internacionales no gubernamentales sin fines de lucro que prepara y publica estándares internacionales para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y clasificadas, que se denominan colectivamente como "electrotécnicas". Esta organización tiene sus raíces en

---

1881 y ha estado involucrada en el desarrollo y la distribución de muchas unidades de medida conocidas como Hertz (frecuencia - ciclos / segundo) y Gauss (densidad de flujo magnético).

Beneficios de los dispositivos con clasificación IEC

- ❖ Bajo costo.
- ❖ Compacto.
- ❖ Reacciona rápidamente ante sobrecargas.

NEMA

La National Electrical Manufacturers Association (NEMA) es la asociación comercial más grande de fabricantes de equipos eléctricos en los Estados Unidos. Fundada en 1926, NEMA instó a los fabricantes a utilizar un tamaño de "bastidor" estándar para permitir la estandarización de piezas de diferentes fabricantes, y para diseñar componentes con factores de seguridad por encima de sus clasificaciones de diseño.

ANSI.

Viene de las siglas en inglés de American National Standards Institute, que significa Instituto Nacional Estadounidense de Estándares y llamado comúnmente ANSI, el cual es una organización encargada de supervisar el desarrollo de normas para los servicios, productos, procesos y sistemas en los Estados Unidos. El ANSI forma parte de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) y de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

FUNCIONES

La organización coordina los estándares de los Estados Unidos con estándares internacionales.

La Organización aprueba estándares que se obtienen del desarrollo de proyectos de estándares por parte de otras organizaciones o países.

ANSI acredita a las organizaciones encargadas de realizar certificaciones de productos o personal, según los requisitos definidos en los estándares internacionales, esta acreditación se rige por programas de estudios de acuerdo a las directrices internacionales en cuanto a la verificación gubernamental y a la revisión de las validaciones.

IMPORTANCIA DE LAS NORMAS O ESTÁNDARES

Define las normas de fabricación de productos, de forma tal que estos productos puedan usarse en todo el mundo, estas normas pueden ser usadas por otros fabricantes de distintos países. Estos estándares aseguran que las características y las prestaciones de los productos son consistentes, es decir, que las personas usen dichos productos en los mismos términos y que esta categoría de productos se vea afectada por las mismas pruebas de validez y calidad.

---

### 3. CUESTIONARIO PREVIO.

1.-Menciona la interpretación de los siguientes acrónimos y funciones ANSI referidas a las funciones de protección específicas con las que cuenta el relevador digital SEL-849.

TABLA 1.

*Números y acrónimos ANSI referidas al relevador digital sel-849.*

NUMEROS/ ACRONIMOS	FUNCIONES ANSI
14	
27	
32	
37C,P	
46	
47	
49	
49P	
50G AF	
50N	
50P AF	
50 (PGQ)	
55	
59P	
60	
66	
81(O, U)	
90	

2.- Investigue y describa los parámetros de una placa de datos típica de un motor de inducción trifásico de más de 10 HP. Incluya una imagen de la placa de datos.

3.- Dibuje un diagrama unifilar de un sistema de protección de un motor que incluya protecciones: 27, 50, 51,49 y 52.

5. Explique qué problemas puede tener un motor que opera con un voltaje por debajo de su valor nominal.

6. Investigue y describa el principio de operación de un variador de frecuencia para un motor de inducción trifásico.

---

#### **4. MATERIAL.**

- 1) Módulo de fuente de alimentación. (120/208 V, 3 $\phi$ , 0-120  $V_{CD}$ ) 8821
  - 2) Cables de conexión.
  - 3) Módulo de relevador digital de protección de motores SEL-849 y SEL-3421.
  - 4) Motor de inducción Jaula de Ardilla. (modulo 1)
  - 5) Cable Ethernet.
  - 6) Computadora.
-



### 5.1.1 ALIMENTACIÓN.

En el modulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES dirígete a la sección de **ALIMENTACIÓN**, podras notar que el modulo establece su alimentacion para 127 Vca.

- 3) Conecta la terminal 1 de dicha sección del RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCION DE MOTORES a la terminal 1 de la FUENTE DE ALIMENTACIÓN.
- 4) Conecta la terminal N de dicha sección del RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES a la terminal N de la FUENTE DE ALIMENTACIÓN, ubicada en la parte inferior izquierda.

### 5.1.2 ENTRADAS DIGITALES.

Dentro del modulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCION DE MOTORES dirígete a la sección de **ENTRADA C.A.**

- 4) Conecta la entrada 1 del RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCION DE MOTORES a la terminal 4 de la FUENTE DE ALIMENTACIÓN.
- 5) Conecta la entrada 2 del RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCION DE MOTORES a la terminal 5 de la FUENTE DE ALIMENTACIÓN.
- 6) Conecta la entrada 3 del RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCION DE MOTORES a la terminal 6 de la FUENTE DE ALIMENTACIÓN.  
(Ver figura 1)

### 5.1.3 SALIDAS ANALOGICAS.

Dentro del modulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCION DE MOTORES dirígete a la sección de **SALIDA C.A.**, Conecta la salida 1 del modulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES a la terminal 1 de MOTOR INDUCCIÓN – JAULA DE ARDILLA.

- 4) Conecta la salida 2 del modulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES a la terminal 2 de MOTOR INDUCCIÓN – JAULA DE ARDILLA.
- 5) Conecta la salida 3 modulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES a la terminal 3 de MOTOR INDUCCIÓN – JAULA DE ARDILLA.

Notese que los devanados del motor de inducción se conectan en estrella.

- 6) Conecta la terminal 4 de MOTOR INDUCCIÓN – JAULA DE ARDILLA a la terminal 5.
  - 7) Conecta la terminal 5 de MOTOR INDUCCIÓN – JAULA DE ARDILLA a la terminal 6.
-

## 5.2 RECONOCIMIENTO DE INTERFAZ DEL RELEVADOR DIGITAL SEL-849.

Una vez establecida la comunicación entre el servidor web y la interfaz del relevador digital SEL-849 a través de una conexión Ethernet, es momento de reconocer a la misma.

Para ello, de la mano del instructor dirígete a cada uno de los apartados que la propia interfaz ofrece y de manera eficaz comenten el contenido y función de cada uno.

(para contar con una mejor referencia consulte el procedimiento realizado en la práctica anterior).

## 5.3 OPERACIONES DE PROTECCIÓN BÁSICAS DEL RELEVADOR.

Durante la realización de estos experimentos el alumno se encargará de establecer una serie de configuraciones aplicadas al relevador digital a través de la interfaz del usuario, estableciendo parámetros de protección que permitan dar una idea de la capacidad y función de las operaciones básicas de protección del relevador.

### 5.3.1 EXPERIMENTO 1.

#### Configuración de protección ante bajo voltaje.

El objetivo del experimento es establecer un parámetro de protección que indique al relevador digital hasta qué punto es posible operar el motor ante una variación de bajo voltaje.

- 1) Establece las conexiones necesarias previamente indicadas en el paso 5.1.
- 2) Establece comunicación entre el relevador digital SEL-849 y la PC, esto a través de la conexión del cable Ethernet.  
(ver figura)

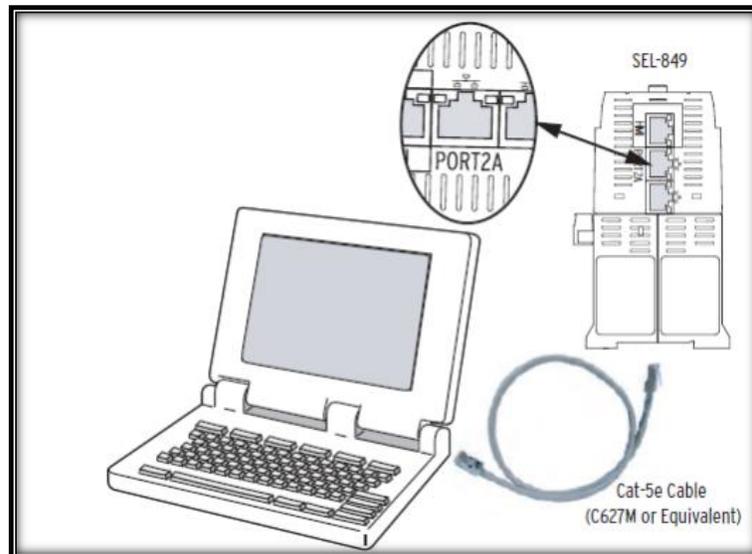


Figura 2. Conexión entre el relevador digital y la pc a través de un cable Ethernet.

Nota: En ella se muestra parte la esquematización de la correcta conexión entre relevador digital y pc, además de mostrar los puertos correctos entre uno y otro.

- 3) Con el nivel de tensión establecido en 0 V (reóstato en sentido completamente girado en sentido anti horario) encienda la fuente de alimentación.
- 4) Espera a que el relevador digital SEL-849 ilumine sus leds; seguido de ello espera ahora a que el HMI incorporado (SEL-3421) ilumine su display con la leyenda SEL-849. Sabremos entonces que el relevador está listo para operar.
- 5) Dentro de la interfaz del relevador dirígete ahora a la sección SETTINGS.

SEL-849 Fundamental Metering		IA	IB	IC	IG	IAVG
Current Magnitude (A pri.)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Current Angle (deg)		0.0	0.0	0.0	0.0	
Motor Load (xFLA1)		0.000				
Stator TCU (%)		0.0				
Rotor TCU (%)		0.0				
Thermal Trip In (sec)		9999				
Time to Reset (sec)		0				
Neg-Seq Curr 3I2 (A pri.)		0.00				
Current Imb (%)		0.0				
Core-Balance CT IN (A pri.)		0.000				
Voltage Magnitude (V pri.)		VAB	VBC	VCA	VAVG	
Voltage Angle (deg)		151.27	149.14	149.59	150.00	
		29.6	-90.7	150.2		
Voltage Magnitude (V pri.)		VA	VB	VC	3V0	
Voltage Angle (deg)		86.96	86.98	85.87	0.48	
		0.0	-120.8	119.9	-152.0	
Neg-Seq Volt 3V2 (V pri.)		2.25				
Voltage Imb (%)		0.6				
Real Power (kW)		0.000				
Reactive Power (kVAR)		0.000				
Apparent Power (kVA)		0.000				
Power Factor (LEAD)		1.00				
Frequency (Hz)		59.98				

Figura 3. Selección de sección SETTINGS.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante bajo voltaje del relevador digital SEL-849.

- 6) Dirígete a la subsección PROTECTION.

SEL-849 Fundamental Metering		IA	IB	IC	IG	IAVG
Current Magnitude (A pri.)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Current Angle (deg)		0.0	0.0	0.0	0.0	
Motor Load (xFLA1)		0.000				
Stator TCU (%)		0.0				
Rotor TCU (%)		0.0				
Thermal Trip In (sec)		9999				
Time to Reset (sec)		0				
Neg-Seq Curr 3I2 (A pri.)		0.00				
Current Imb (%)		0.0				
Core-Balance CT IN (A pri.)		0.000				
Voltage Magnitude (V pri.)		VAB	VBC	VCA	VAVG	
Voltage Angle (deg)		151.27	149.14	149.59	150.00	
		29.6	-90.7	150.2		
Voltage Magnitude (V pri.)		VA	VB	VC	3V0	
Voltage Angle (deg)		86.96	86.98	85.87	0.48	
		0.0	-120.8	119.9	-152.0	
Neg-Seq Volt 3V2 (V pri.)		2.25				
Voltage Imb (%)		0.6				
Real Power (kW)		0.000				
Reactive Power (kVAR)		0.000				
Apparent Power (kVA)		0.000				
Power Factor (LEAD)		1.00				
Frequency (Hz)		59.98				

Figura 4. Selección de subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante bajo voltaje del relevador digital SEL-849.

- 7) Relaciona todos y cada uno de los elementos de protección del motor de los que el relevador digital dispone y verifica que coincidan con los valores nominales de placa del motor en cuestión.

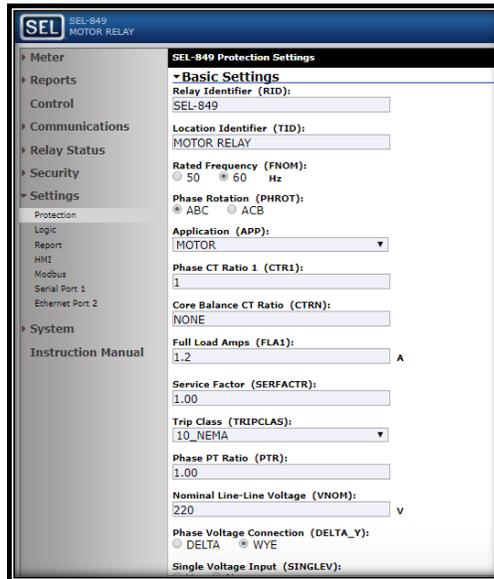


Figura 5. Ingreso a los apartados de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante bajo voltaje del relevador digital SEL-849.

- 8) Dirígete al apartado de UNDERVOLTAGE o BAJO VOLTAJE.

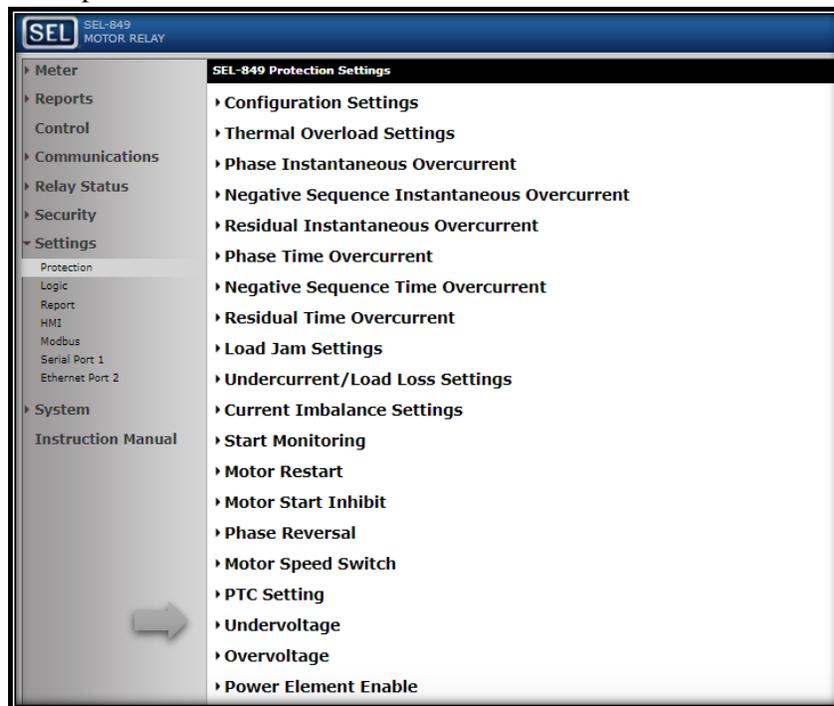


Figura 6. Ingreso al apartado UNDERVOLTAGE de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante bajo voltaje del relevador digital SEL-849.

- 9) Dentro del menú establece la configuración necesaria para cambiar el voltaje mínimo de operación indicado el voltaje con el que el motor en cuestión puede trabajar.
- 10)

▼ Undervoltage	
Undervoltage Pickup 1 (27PP1P):	185.0 V
Undervoltage Delay 1 (27PP1D):	10.0 sec
Undervoltage Torque Control 1 (27PP1TC):	1
Undervoltage Pickup 2 (27PP2P):	OFF V

Figura 7. Menú UNDERVOLTAGE de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante bajo voltaje del relevador digital SEL-849.

Recuerda que la operación necesaria es:

$$\frac{\text{Cantidad ingresada}}{\sqrt{3}} = \text{Voltaje minimo de operación.}$$

$$\frac{185V (\text{voltaje de linea})}{\sqrt{3}} = 106v.$$

- 11) Configura el Delay (retraso) de operación, asegúrate de que el tiempo sea de 1segundo.  
 En este punto tienes establecido el voltaje mínimo de operación, si seguiste los valores impuestos por el ejemplo del desarrollo de esta práctica, el voltaje mínimo de operación en este momento es de 106v (Voltaje línea a neutro), es decir que el relevador digital ha sido configurado para que el motor sea protegido ante una posible variación en el descenso de su voltaje de operación y este será inhabilitado en el momento justo en el que el voltaje sea menor a 106v (voltaje mínimo de operación) durante y después del momento justo de ser puesto en marcha.
- 12) En una primera instancia habilita la fuente de alimentación con un valor de tensión nominal menor al voltaje mínimo de operación establecido con anterioridad (106v).  
 Puedes comprobar de manera precisa dicha variación de tensión dentro de la sección de MEDICIÓN FUNDAMENTAL.
- 13) De manera REMOTA pon en marcha el motor en cuestión, para esto asegúrate de que el HMI incorporado al módulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES (SEL-3421) este activado con el led de notificación de función REMOTE.  
 Esto es realizado de manera manual o REMOTA presionando el botón START.  
 ¿El motor realizo el arranque?

Comenta con la clase y de acuerdo con la configuración establecida por que fue posible o no el arranque del motor.

- 14) En una segunda instancia habilita la fuente de alimentación, con un valor de tensión nominal mayor al voltaje mínimo de operación establecido con anterioridad (106v).

Puedes comprobar de manera precisa dicha variación de tensión dentro de la sección de MEDICIÓN FUNDAMENTAL.

- 15) De manera REMOTA pon en marcha el motor en cuestión, para esto asegúrate de que el HMI incorporado al módulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES (SEL-3421) este activado con el led de notificación de función REMOTE.

Esto es realizado de manera manual o REMOTA presionando el botón START.

¿El motor realizo el arranque?

Comenta con la clase y de acuerdo con la configuración establecida por que fue posible o no el arranque del motor.

- 16) Aprovechando que el motor se encuentra en marcha es momento de comprobar su protección incluso después del momento justo de arranque.

Dirígete nuevamente a la sección de MEDICIÓN FUNDAMENTAL y ubica la subsección de voltaje nominal, podrás notar que el voltaje indicado es el mismo que configuraste al momento justo del arranque.

Con la ayuda de la perilla ubicada en la fuente de alimentación varia nuevamente la tensión establecida en este momento, varia hasta su nivel de tensión máximo, comenta con la clase lo ocurrido.

- 17) Ahora varia nuevamente la tensión establecida en este momento, pero de manera inversa, apoyados nuevamente de la sección de MEDICIÓN FUNDAMENTAL, será disminuyendo el nivel de tensión hasta un punto en que sea menor a 106v (voltaje mínimo de operación).

Comenta con la clase lo ocurrido.

TABLA 2

*Valores nominales de pruebas realizadas.*

VOLTAJE.	FRECUENCIA.	CORRIENTE.	FACTOR DE POTENCIA.

NOTA: En ella se muestran los valores nominales capturados a partir de pruebas realizadas durante la partica desarrollada.

---

- 18) De manera REMOTA realiza el paro de motor.  
Esto es dirigiéndote hacia la sección de CONTROL. Y con el cursor accionar y confirmar con el botón de STOP.

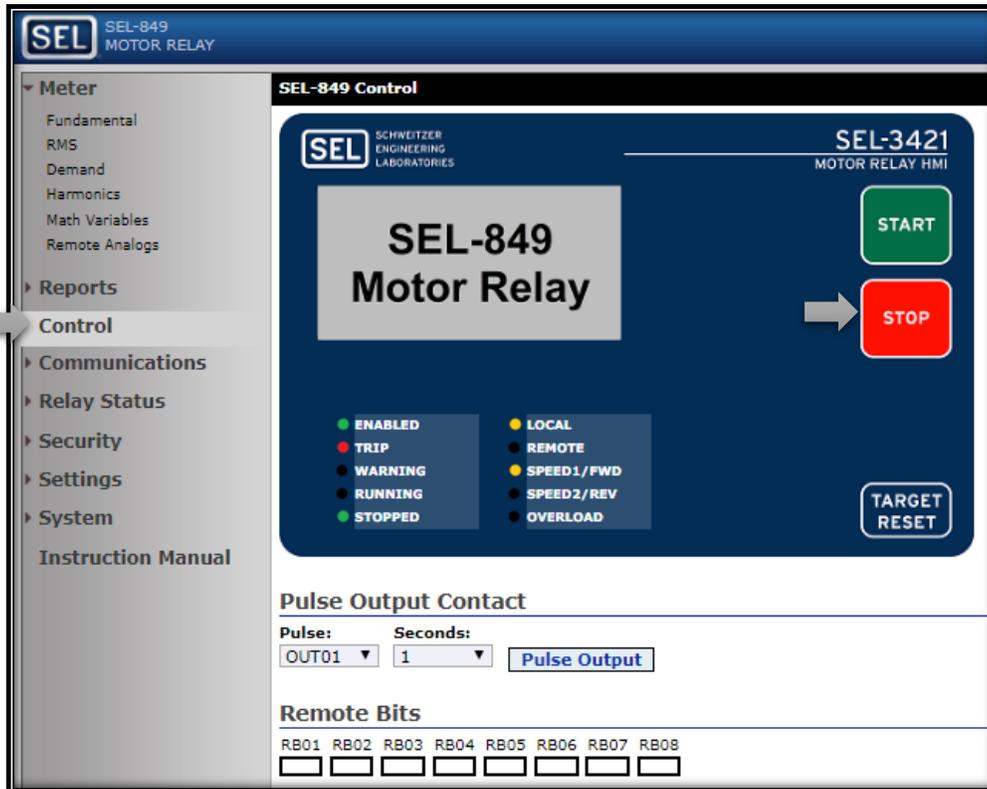


Figura 8. Paro de motor de manera remota.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el paro de motor de manera remota.

## 5.3.2 EXPERIMENTO 2

### Configuración de protección ante alto voltaje.

El objetivo del experimento es establecer un parámetro de protección que indique al relevador digital hasta qué punto es posible operar el motor ante una variación de elevación en voltaje.

- 1) Establece las conexiones necesarias previamente establecidas dentro del punto 5.2.
- 2) Establece comunicación entre el relevador digital SEL-849 y la PC, esto a través de la conexión del cable Ethernet.

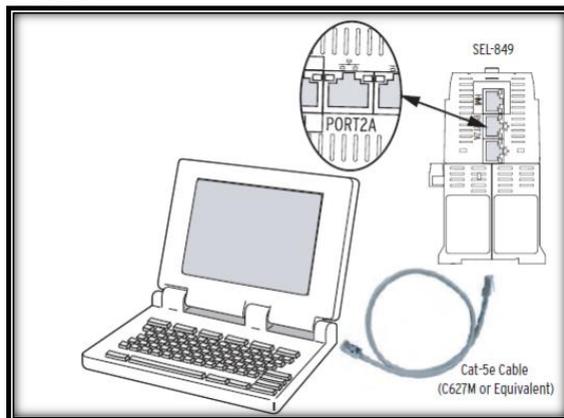


Figura 9. Conexión entre en el relevador digital y la pc a través de un cable Ethernet.

Nota: En ella se muestra parte la esquematización de la correcta conexión entre relevador digital y pc además de mostrar los puertos correctos entre uno y otro.

- 3) Con el nivel de tensión establecido en 0v, habilita la fuente de alimentación.
- 4) Espera a que el relevador digital SEL-849 ilumine leds; seguido de ello espera ahora a que el HMI incorporado (SEL-3421) ilumine su display con la leyenda SEL-849. Sabremos entonces que el relevador está listo para actuar.
- 5) Dentro de la interfaz del relevador dirígete ahora a la sección SETTINGS.

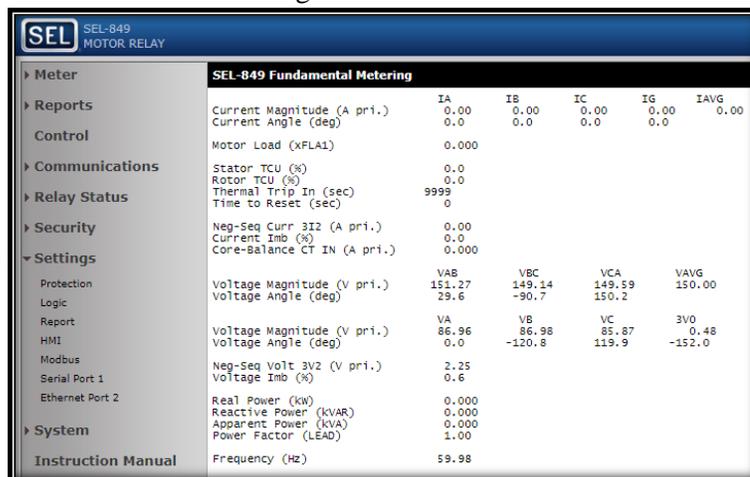


Figura 10. Selección de sección SETTINGS.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante alto voltaje del relevador digital SEL-849.

6) Dirígete a la subsección PROTECTION.

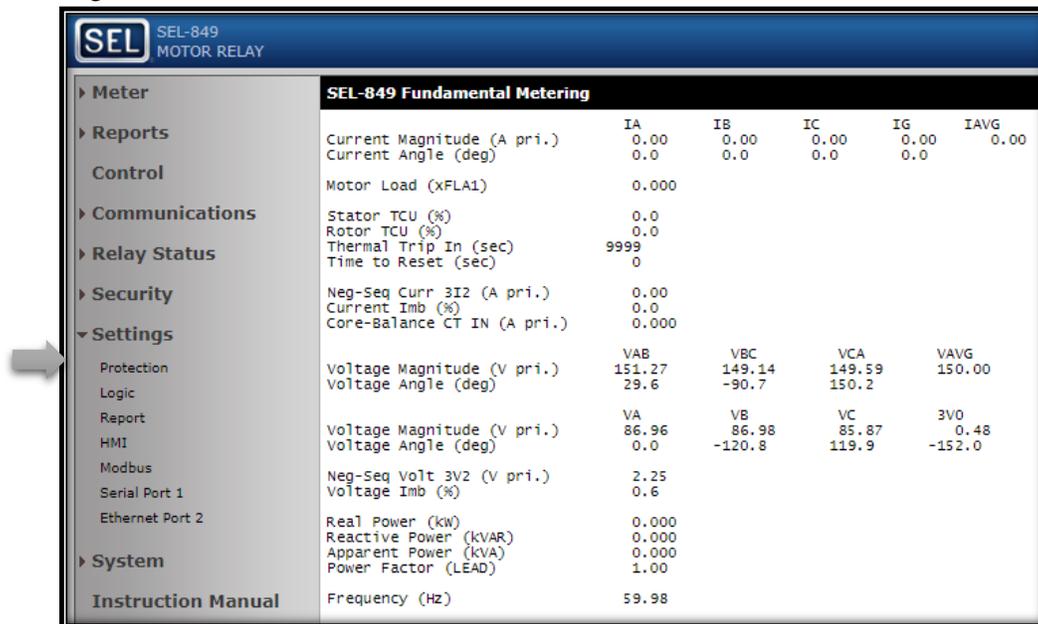


Figura 11. Selección de subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante alto voltaje del relevador digital SEL-849.

7) Relaciona todos y cada uno de los elementos de protección del motor de los que el relevador digital dispone y verifica que coincidan con los valores nominales de placa del motor en cuestión.

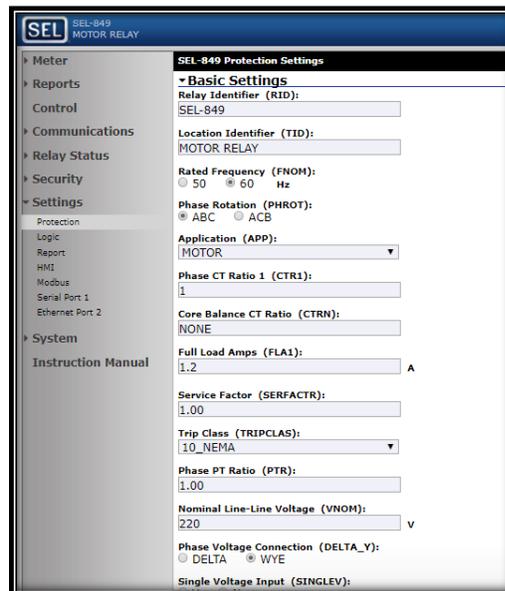


Figura 12. Ingreso a los apartados de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante alto voltaje del relevador digital SEL-849.

8) Dirígete al apartado de OVERVOLTAGE o SOBRE VOLTAJE.

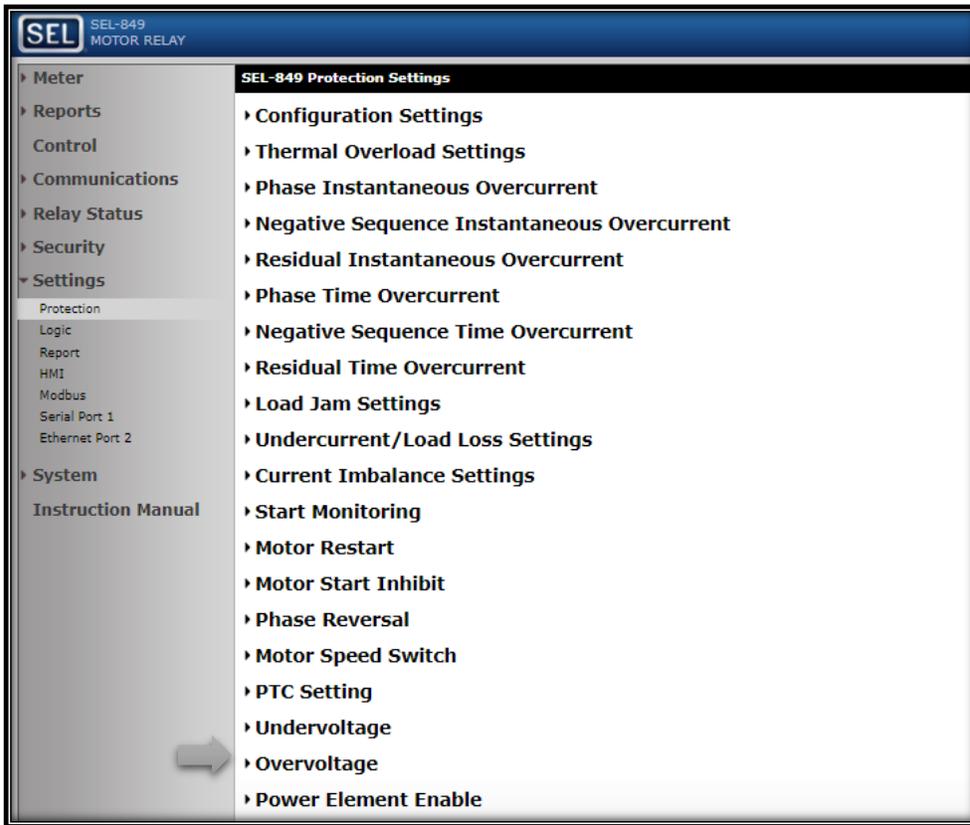


Figura 13. Ingreso al apartado OVERVOLTAGE de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante alto voltaje del relevador digital SEL-849.

9) Dentro del menú establece la configuración necesaria para modificar el valor de la tensión nominal de operación indicando el voltaje máximo con el que el motor en cuestión puede trabajar.

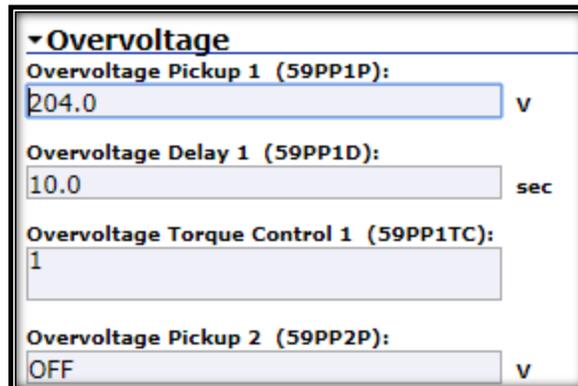


Figura 14. Menú OVERVOLTAGE de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante alto voltaje del relevador digital SEL-849.

Recuerda que la operación necesaria es

$$\frac{\text{Cantidad ingresada}}{\sqrt{3}} = \text{Voltaje maximo de operación.}$$

$$\frac{204}{\sqrt{3}} = 117.78v.$$

Figura 8. Ingreso a los apartados de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante alto voltaje del relevador digital SEL-849.

- 10) Configura el Delay (retraso) de operación, asegúrate de que el tiempo sea de 1 segundo. A diferencia del experimento anterior en este punto tienes establecido el voltaje mínimo y máximo de operación, si seguiste los valores impuestos por los ejemplos del desarrollo de esta práctica, el voltaje mínimo de operación es de 106v; mientras que el voltaje máximo de operación en este momento es de 117.78v, es decir que el relevador digital ha sido configurado para que el motor actúe dentro de un parámetro y sea protegido ante una posible variación en el ascenso y descenso de su voltaje de operación. Básicamente este será inhabilitado en el momento justo en el que el voltaje sea menor a 106v (voltaje mínimo de operación), y a su vez cuando este mismo sea mayor a 117.78v (voltaje máximo de operación) durante y después del momento justo de arranque.
  - 11) En una primera instancia habilita la fuente de alimentación con un valor de tensión nominal mayor al voltaje máximo de operación establecido con anterioridad (117.78v).  
Puedes comprobar de manera precisa dicha variación de tensión dentro de la sección de MEDICIÓN FUNDAMENTAL.
  - 12) De manera LOCAL pon en marcha el motor en cuestión, para esto asegúrate de que el HMI incorporado al módulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES (SEL-3421) este activado con el led de notificación de función LOCAL.  
Esto es realizado de manera manual presionando y confirmando con botón START.  
¿El motor realizo el arranque?  
De acuerdo con la configuración establecida comenta con la clase porque fue posible o no el arranque del motor.
  - 13) En una segunda instancia habilita la fuente de alimentación, con un valor de tensión nominal menor al voltaje máximo de operación establecido con anterioridad 117.78v (voltaje máximo de operación).  
Pero a su vez y de acuerdo a la configuración establecida dentro del paso 5.4.1.  
Es decir que el voltaje de arranque permanezca dentro del parámetro establecido (106v-117.78v).  
Puedes comprobar de manera precisa dicha variación de tensión dentro de la sección de MEDICIÓN FUNDAMENTAL.
  - 14) De manera LOCAL pon en marcha el motor en cuestión, para esto asegúrate de que el HMI incorporado al módulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES (SEL-3421) este activado con el led de notificación en función LOCAL.  
Esto es realizado de manera manual presionando y confirmando con el botón START.  
¿El motor realizo el arranque?
-

Comenta con la clase y de acuerdo con la configuración establecida por que fue posible o no el arranque del motor.

- 15) Aprovechando que el motor se encuentra en marcha es momento de comprobar su protección incluso después del momento justo después del arranque.

Dirígete nuevamente a la sección de MEDICIÓN FUNDAMENTAL y ubica la subsección de voltaje nominal, podrás notar que el voltaje indicado es el mismo que configuraste al momento justo del arranque.

Con la ayuda de la perilla ubicada en la fuente de alimentación varia nuevamente la tensión establecida en este momento, varia hasta su nivel de tensión máximo, comenta con la clase lo ocurrido.

Comenta con la clase el motivo.

- 16) Con el motor en paro asegúrate de que el voltaje nominal permanezca dentro del parámetro previamente establecido.

- 17) De manera LOCAL pon en marcha el motor en cuestión.

- 18) Ahora varia nuevamente la tensión establecida en este momento, pero de manera inversa, apoyados nuevamente de la sección de MEDICIÓN FUNDAMENTAL, será disminuyendo el nivel de tensión hasta un punto en que sea menor a 106v (voltaje mínimo de operación).

**TABLA 3**

*Valores nominales de pruebas realizadas.*

VOLTAJE.	FRECUENCIA.	CORRIENTE.	FACTOR DE POTENCIA.

NOTA: En ella se muestran los valores nominales capturados a partir de pruebas realizadas durante la partica desarrollada.

Comenta con la clase lo ocurrido.

Comenta con la clase el motivo.

---

19) Realiza el paro del motor, pero a diferencia del arranque este será realizado de manera REMOTA.

Esto es dirigiéndote hacia la sección de CONTROL, dentro del panel principal.

Y con la ayuda del cursor debes accionar y confirmar con el botón de STOP.



Figura 15. Paro de motor de manera remota.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el paro de motor de manera remota.

### 5.3.3 EXPERIMENTO 3

#### Configuración de protección ante secuencia de fase incorrecta.

- 1) Establece las conexiones necesarias previamente indicadas en el paso 5.2.
- 2) Dentro de la interfaz del relevador dirígete a la sección SETTINGS.

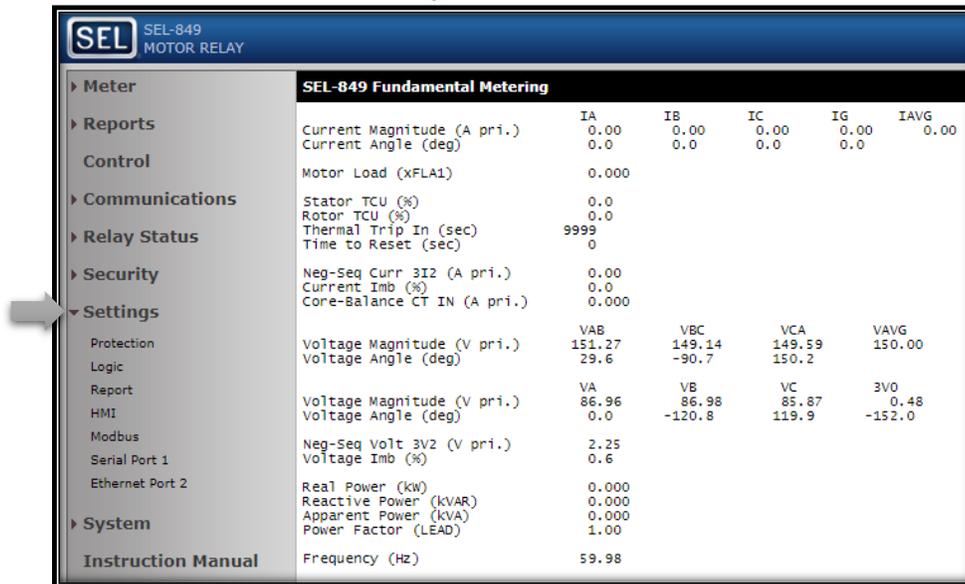


Figura 16. Selección de sección SETTINGS.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante una posible secuencia de fase incorrecta del relevador digital SEL-849.

- 3) Dirígete a la subsección PROTECTION.

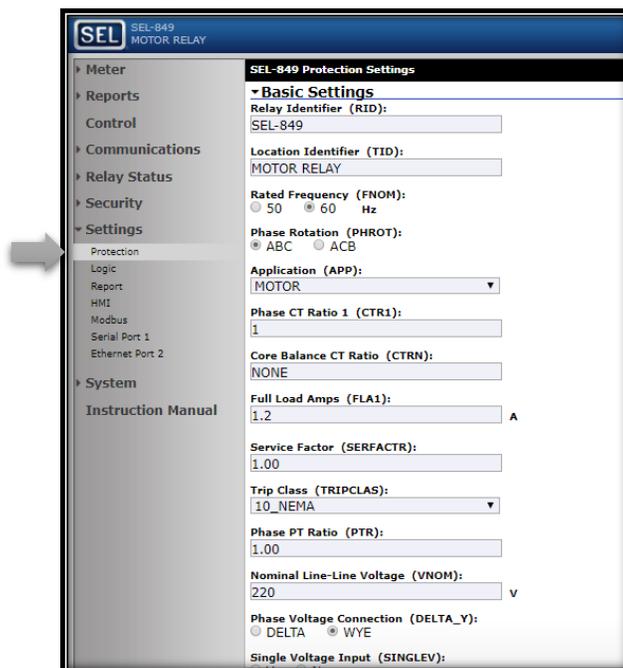


Figura 17. Ingreso a la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante una posible secuencia de fase incorrecta del relevador digital SEL-849.

Establece y confirma los valores establecidos dentro del apartado de PROTECTION SETTINGS.

- 4) Antes de iniciar asegúrate de que en esta sección la secuencia de fases sea la correcta ABC, esta secuencia está configurada por defecto al momento justo de establecer conexión con el relevador.

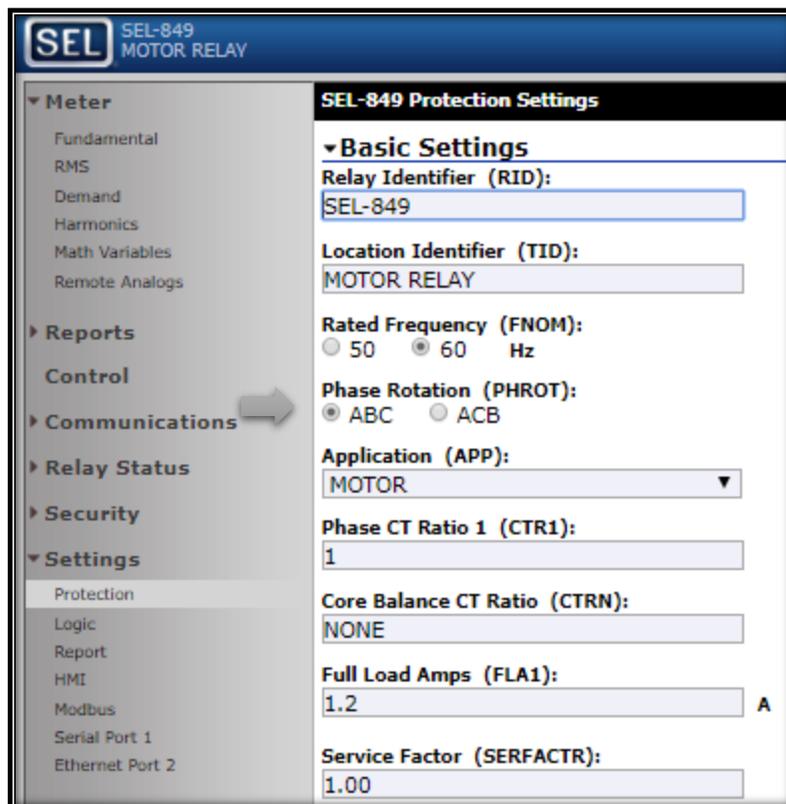


Figura 18. Selección de ROTACIÓN DE FASE (PHROT) dentro de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante una posible secuencia de fase incorrecta del relevador digital SEL-849.

- 5) De manera LOCAL o REMOTA realiza el arranque del motor.
- 6) De manera LOCAL o REMOTA ahora realiza el paro del motor.
- 7) Ahora procede a cambiar la indicación de la secuencia de fase del motor en cuestión. Para ello ahora ingresa al panel principal y dirígete a la sección SETTINGS.

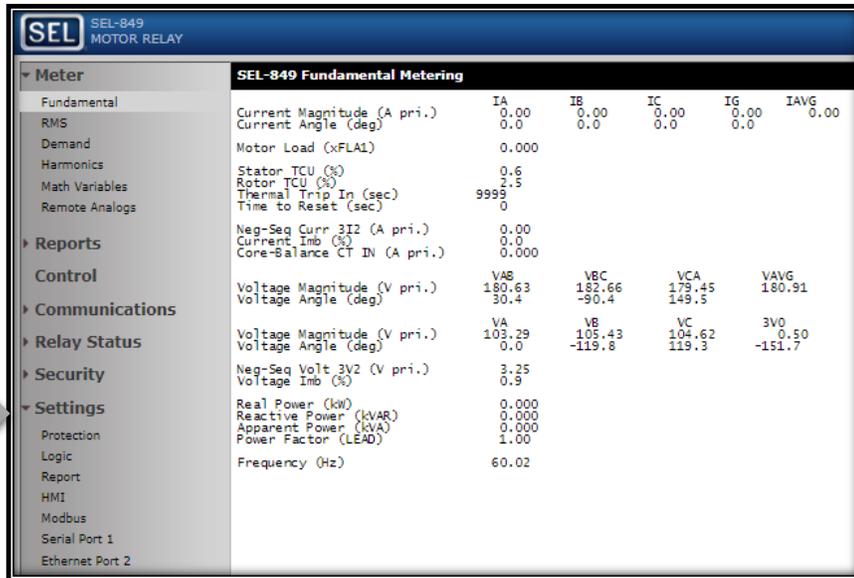


Figura 19. Selección de sección SETTINGS.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante una posible secuencia de fase incorrecta del relevador digital SEL-849.

8) Dirígete a la sección PROTECTION.

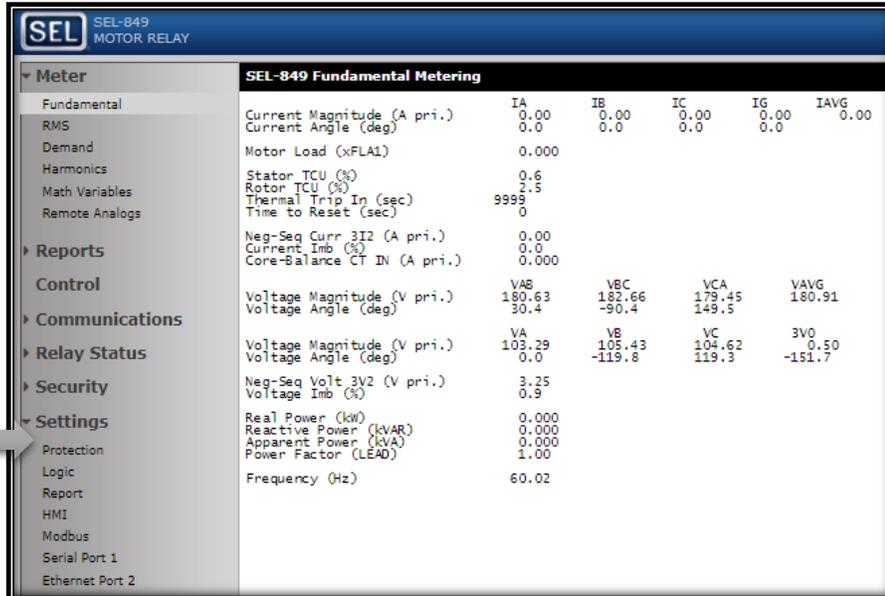


Figura 20. Selección de subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante una posible secuencia de fase incorrecta del relevador digital SEL-849.

9) Dirígete al apartado de BASIC SETTINGS, ventana establecida por defecto al momento justo de entrar a la sección de PROTECTION indicada en el paso anterior.

10) En ella ingresa al menú y configura la secuencia de fases establecida por defecto

La secuencia de fases establecida por defecto es ABC, con la finalidad de poder demostrar la configuración de protección que establece el relevador digital al motor ante un posible cambio de fases es necesaria su modificación, para ello ahora la secuencia requerida será ACB.

Indícala dentro del apartado correspondiente.



Figura 21. Selección de ROTACIÓN DE FASE ACB (PHROT) dentro de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante una posible secuencia de fase incorrecta del relevador digital SEL-849.

Para este punto el cambio dentro de la secuencia de fases ha sido indicada desde los ajustes básicos del motor, pero ahora para demostrar la protección, es necesaria activar la configuración para que dicha protección quede establecida.

- 11) Dentro del apartado SETTINGS>PROTECTION ahora dirígete a PHASE REVERSAL o PROTECCIÓN ANTE INVERSIÓN DE FASE (E47T).

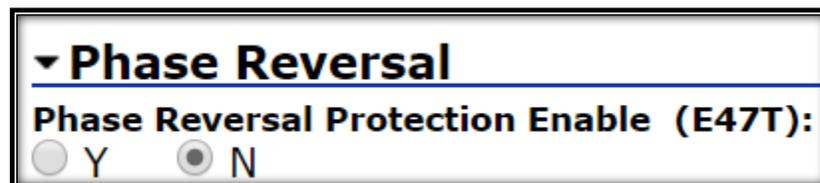


Figura 22. Selección de la configuración de PROTECCIÓN ANTE INVERSIÓN DE FASE (E47T)

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante una posible secuencia de fase incorrecta del relevador digital SEL-849.

Como podrás notar en este apartado la configuración es demasiado sencilla, basta con indicar al relevador digital si nosotros como usuario pretendemos aplicar la protección en cuestión al motor, la configuración es tan sencilla que basta con indicar Y (yes), o N (no).

- 12) En una primera prueba indicaremos N (no), para comprobar que la protección esta inhabilitada y por tanto el arranque del motor no tendrá ningún problema.



Figura 23. Selección de la configuración de PROTECCIÓN ANTE INVERSIÓN DE FASE (E47T)

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante una posible secuencia de fase incorrecta del relevador digital SEL-849.

- 13) De manera LOCAL o REMOTA, y con una secuencia de fase ACB previamente establecida dentro del apartado 9, procederemos a dar arranque al motor.

¿El motor arrancó?

Indica con la clase el por qué si o no del arranque del motor.

- 14) De manera local o remota haz un paro al motor.
- 15) Por obvias razones y para demostrar dicha protección, dentro del apartado de PHASE REVERSAL ahora procederemos a indicar Y (yes).



Figura 24. Selección correcta de la configuración de PROTECCIÓN ANTE INVERSIÓN DE FASE (E47T).

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante una posible secuencia de fase incorrecta del relevador digital SEL-849.

Para este punto la protección ante un posible cambio dentro de la secuencia de fases ha sido configurada, ahora es momento de demostrarlo, para ello:

- 16) De manera LOCAL o REMOTA realiza el arranque del motor.
- 17) ¿El motor arrancó?, comenta los resultados con la clase.
- 18) De manera LOCAL o REMOTA realiza el paro del motor.

### 5.3.4 EXPERIMENTO 4

#### Configuración de protección ante cambio de giro.

Restableciendo los valores predeterminados con los que el relevador digital cuenta.

- a) De manera LOCAL o REMOTA realiza el arranque del motor.
- b) Una vez establecido el arranque denota que sentido de giro tiene el rotor del motor en cuestión, coméntalo con la clase.
- c) De manera LOCAL o REMOTA realiza el paro del motor.

Con la finalidad de demostrar la configuración de protección en cuestión, ahora procederemos a realizar el cambio de giro del rotor, todo esto desde una serie de indicaciones establecidas desde el relevador digital, que permitirá una configuración tal que indique realizar el cambio de giro. Para esto:

- 1) Dirígete a PANEL PRINCIPAL

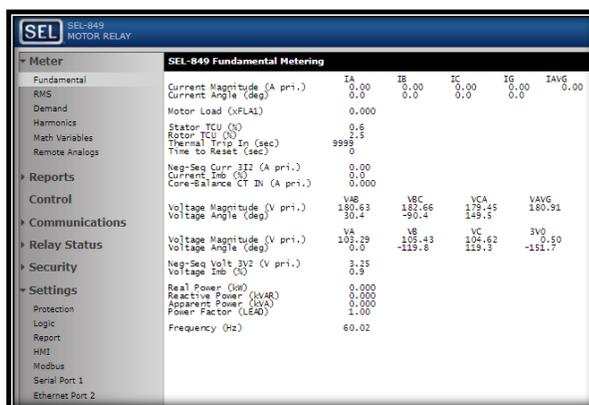


Figura 25. Ingreso al panel principal.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante cambio de giro del relevador digital SEL-849.

- 2) Dirígete a la sección de SETTINGS

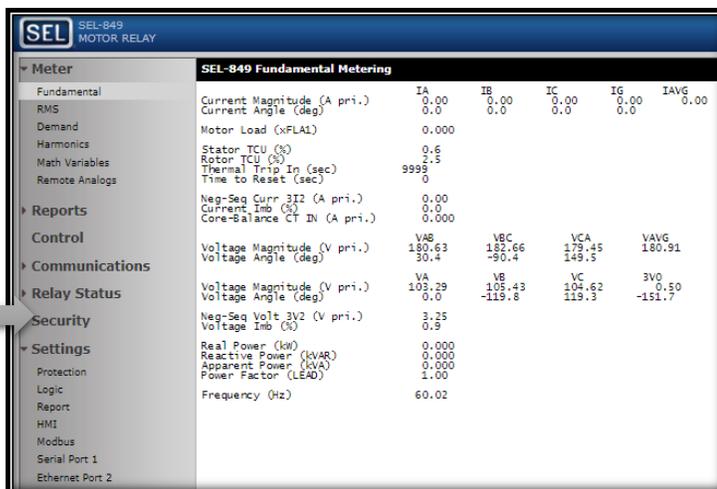


Figura 26. Selección de la sección SETTINGS.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante cambio de giro del relevador digital SEL-849.

3) Dirígete a la sección PROTECTION

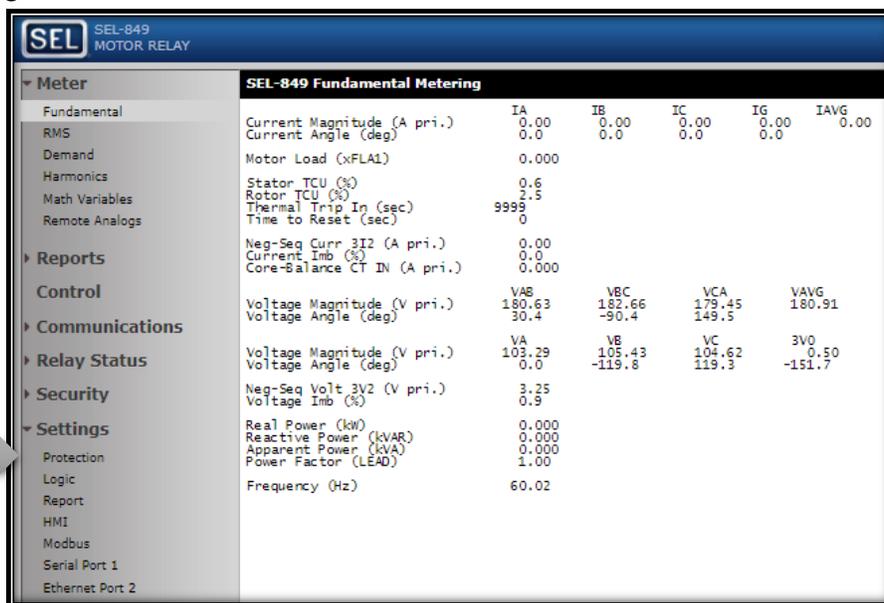


Figura 27. Selección de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante cambio de giro del relevador digital SEL-849.

4) Dirígete al apartado de CONFIGURATION SETTINGS.

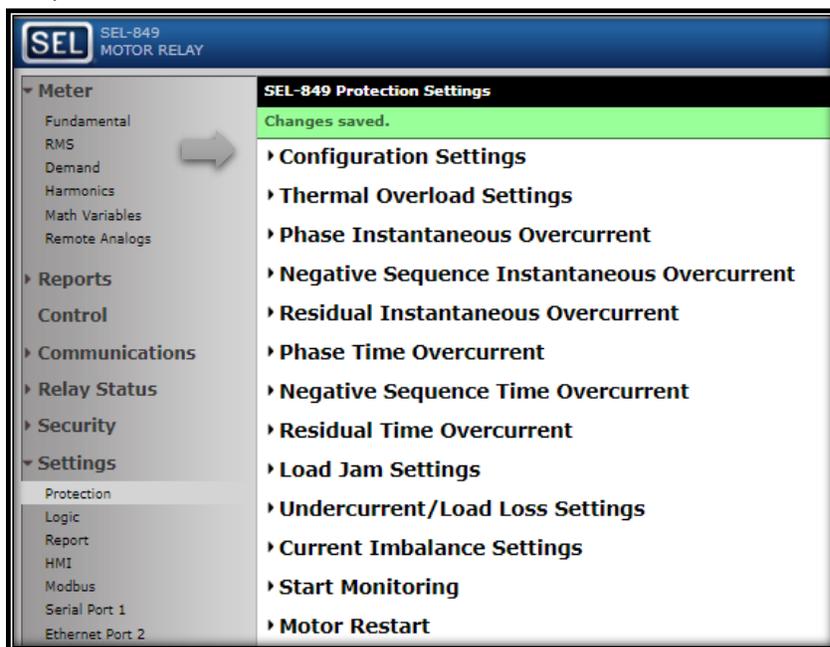


Figura 28. Selección del apartado CONFIGURATION SETTINGS de la subsección PROTECTION.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante cambio de giro del relevador digital SEL-849.

- 5) Enseguida dirígete a la subsección **Starter Type (STARTRTY)**, y en ella elige la opción **2SPEED**, esta permitirá cargar una configuración preestablecida en el módulo HMI SEL-3421, con la cual se lograra el cambio en el sentido de giro del rotor de manera LOCAL, es decir, de forma manual y ejecutando directamente desde el módulo HMI SEL-3421.

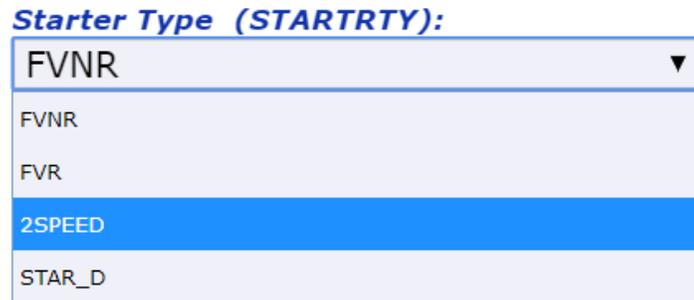


Figura 29. Selección del apartado 2SPEED.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para el desarrollo de la configuración de protección ante cambio de giro del relevador digital SEL-849.

Para ello entonces ahora dirígete al módulo HMI SEL-3421, ubicado en la parte superior del módulo RELEVADOR DIGITAL DE PROTECCIÓN DE MOTORES.

Antes de establecer dicha configuración de cambio de giro, identifica cada uno de los apartados que el módulo proporciona a través de su panel, con la ayuda del profesor idéntica el contenido de cada uno de ellos.

Para lograr la configuración de cambio de giro de manera LOCAL, antes hay que configurar el funcionamiento del relevador de tal manera, es decir configurar el equipo para que este interprete y ejecute instrucciones o configuraciones a partir del módulo HMI, esto sin la necesidad de ser intervenido por la computadora.

De ahí parten los términos:

TABLA 4

*Interpretación de los distintos modos de operación.*

Control LOCAL	El control será establecido desde el módulo HMI SEL-3421.
Control REMOTO	El control será establecido desde la pc.

NOTA: En ella se muestra la interpretación de los dos tipos de modos en que el relevador digital opera o ejecuta instrucciones.

Una vez aclarado lo anterior y para lograr ejecutar la configuración de cambio de giro a través del módulo HMI SEL-3421 procederemos a cambiar el control a modo **LOCAL** y esto es posible del botón ubicado en dicho modulo.

- 6) Cambia la configuración a modo LOCAL, esto es presionando el botón **LOCAL/REMOTE** ubicado en el panel del módulo HMI SEL-3421.



Figura 30. Selección a modo LOCAL.

Nota: En ella se muestra parte del proceso a seguir para cambiar a modo LOCAL instrucciones y configuraciones básicas del relevador digital SEL-849.

Dicho control será confirmado por el mismo modulo con una luz de notificación led. Asegúrate de que el led amarillo este iluminado en **LOCAL**.



Figura 31. Led de notificación a modo LOCAL.

Nota: En ella se muestra la notificación por parte del módulo HMI SEL-3421 en la que confirma que ha cambiado a modo LOCAL.

Una vez establecido el control en modo LOCAL es posible realizar o ejecutar instrucciones a partir del módulo HMI, para comprobarlo procederemos a cargar la configuración establecida del cambio de giro, previamente cargada.

---

- 7) Identifica en el panel del módulo HMI SEL-3421 la sección **CTRL** (Control) y presiona la tecla destinada a dicha sección.
- 8) Ingresa al menú de dicha sección y con la botonera de navegación dirígete a la subsección de **Select Speed1/ Speed2**.



Figura 32. Menú CTRL.

Nota: En ella se muestra el menú de la sección CTRL.

Esta básicamente tiene como fin indicar y ejecutar de manera LOCAL el sentido de giro del rotor, es decir:

**Speed1: Dirección de giro en sentido horario.**

**Speed2: Dirección de giro en sentido anti horario.**

Podrás notar que la configuración establecida por defecto es **Speed1**, y esto es porque el módulo HMI lo indica con el encendido de una luz de notificación led en color amarillo justo en la sección de **SPEED1/FWD**, leyenda ubicada en la parte inferior del panel de dicho modulo, esto quiere decir que la dirección del giro preestablecida del rotor es en sentido horario.



Figura 33. Led de notificación 1SPEED/FWD.

Nota: En ella se muestra la luz de notificación led, misma que afirma el sentido de giro actual del rotor.

9) Para comprobarlo realiza el arranque del motor de manera LOCAL presionando y confirmando con el botón de START de dicho modulo.

¿Cuál es la dirección de giro actual?

R: \_\_\_\_\_

10) De manera **LOCAL** realiza el paro de motor presionando y confirmando el botón STOP. Ahora procederemos a cambiar la configuración a **Speed2**, para ello de nueva cuenta

11) Identifica la sección **CTRL** (Control) en el panel del módulo HMI SEL-3421 y a su vez presiona la tecla destinada a dicha sección.

12) Ingresa al menú de dicha sección y con la botonera de navegación dirígete a la subsección de **Select Speed1/ Speed2**.

13) Selecciona la configuración a **Speed2**

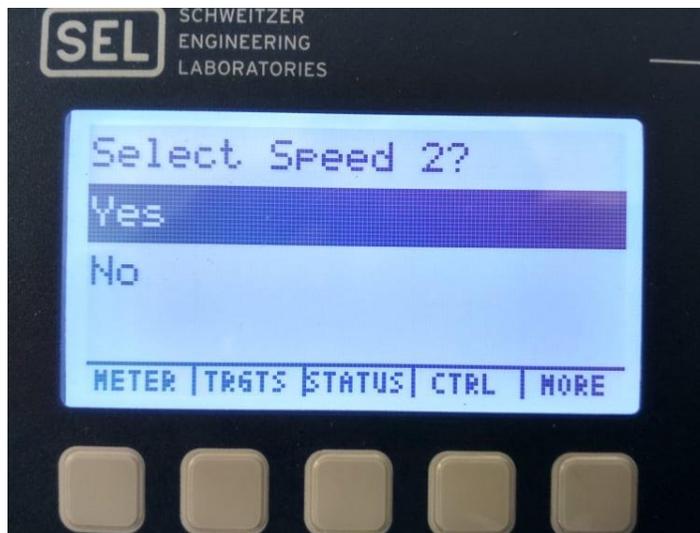


Figura 34. Selección a 2SPEED.

Nota: En ella se muestra la confirmación del proceso realizado para cambiar el sentido a 2SPEED.

14) De manera LOCAL realiza el arranque del motor.

¿Cuál es la dirección de giro actual?

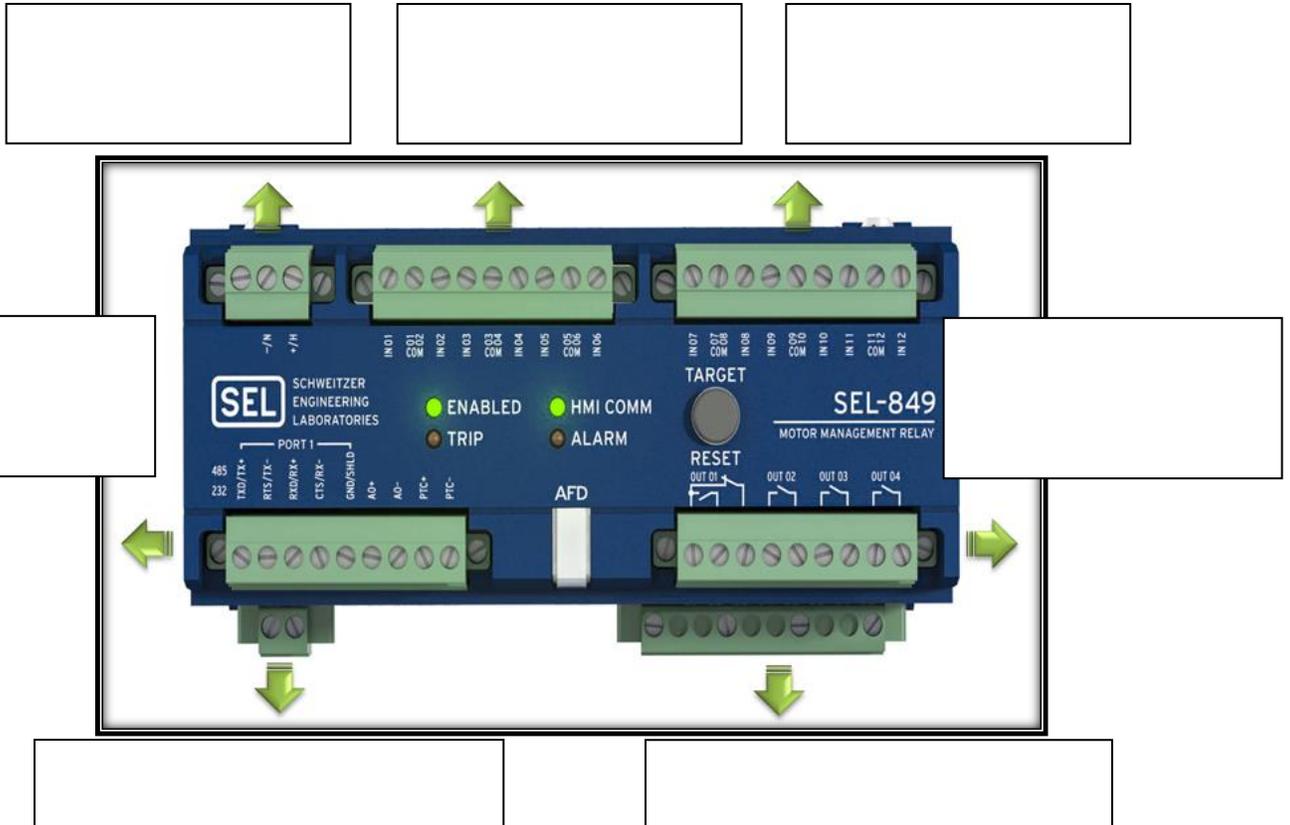
R: \_\_\_\_\_

Como actividad de la práctica dibuja un diagrama observando las conexiones del módulo y mostrar las conexiones donde se observe que el relevador básicamente opera sus contactos para energizar las bobinas de los dos contactores que pone en operación al motor en un sentido horario o antihorario.

---

## 6 CUESTIONARIO FINAL.

- 1) Identifique cada uno de los bloques de terminales integradas al SEL-849 y explique brevemente su función.



- 2) Menciona las posibles consecuencias de un motor cuando este no cuente con la protección adecuada ante un posible cambio de fase.
- 3) Menciona las posibles consecuencias de un motor cuando este no cuente con la protección adecuada ante una elevación de tensión.

## 7 CONCLUSIONES.

---

---

---

---

## 8 BIBLIOGRAFÍA.

<https://colombiansolarsystems.com/Archivos/Articulos/Documentos/00000017.pdf>

