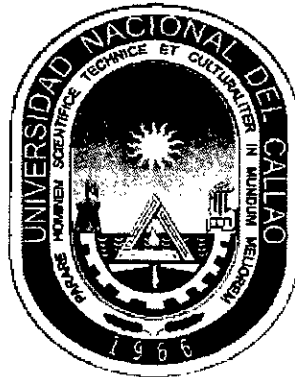


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRICISTA**

**"IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE  
RELÉS VAMP321 DE ARCO ELÉCTRICO EN LA  
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GÁLVEZ LUZ DEL  
SUR"**

**BACHILLERES: SOTO RODRIGO, ALVARO MARTIN**

**TELLO AGUILAR, VICTOR GIOVANY**

**ASESOR: Dr. JUAN HERBER GRADOS GAMARRA**

**CALLAO PERÚ**

**ABRIL 2017**



FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRICISTA

"IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE RELÉS VAMP321 DE ARCO ELÉCTRICO EN LA  
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GÁLVEZ LUZ DEL SUR"

BACHILLERES: SOTO RODRIGO, ALVARO MARTIN  
TELLO AGUILAR, VICTOR GIOVANY

CALIFICACIÓN  
16 (Dieciseis)

Mg. Ing. Delfín Genaro, Susanibar  
Celedonio  
Presidente de Jurado

Ing. Ernesto Ramos Torres  
Secretario de Jurado

Ing. Pedro Antonio Sánchez Huapaya  
Vocal de Jurado

CALLAO - PERÚ  
ABRIL 2017

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado a todos nuestros familiares que desde un inicio apostaron por nosotros en nuestra formación como futuros ingenieros y hoy en día se siguen esforzando por que seamos hombres de bien, y así podamos forjar un mejor futuro al país.

## INDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA .....	1
DEDICATORIA .....	3
INDICE DE CONTENIDOS .....	4
INDICE DE FIGURAS .....	6
INDICE DE TABLAS .....	9
PRÓLOGO .....	10
RESUMEN .....	11
ABSTRACT .....	12
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	13
1.1 Determinación del problema .....	13
1.2 Formulación del problema .....	13
1.3 Objetivos de la investigación .....	13
1.4 Justificación .....	14
1.5 Limitaciones y Facilidades .....	15
1.6. Hipótesis .....	15
II. MARCO TEÓRICO .....	16
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....	16
2.2. MARCO CONCEPTUAL .....	20
III. METODOLOGIA .....	50
3.1. Variables de la investigación: .....	50
3.2. Operacionalización de variables: .....	50
3.3. Tipo de investigación .....	50
3.4. Diseño de la investigación .....	51
3.5. Etapas de la investigación .....	51
3.6. Población y muestra .....	51
3.7. Técnica e instrumentación de recolección de datos .....	51
3.8. Procesamiento de datos .....	52

IV. CASO APLICATIVO A SUBESTACION ELECTRICA GALVEZ LUZ DEL SUR.....	53
4.1 Descripción del sistema eléctrico de la Subestación Gálvez Luz del sur .....	53
4.2 Descripción de la arquitectura de Protección Diseñada .....	53
4.3 Descripción de la función que realizan las unidades VAMP.....	56
4.4 Descripción teórica del equipamiento utilizado para la realización de pruebas. ....	58
4.5. Configuración de la maleta de pruebas CMC356.....	61
4.6. Descripción de las pruebas realizadas .....	63
4.7 Imágenes recopiladas de la subestación Gálvez Luz del Sur .....	66
V. EXPOSICION DE RESULTADOS .....	92
5.1. ANTECEDENTES.....	92
5.2. OBJETIVOS.....	92
5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS DURANTE LAS PRUEBAS ELECTRICAS A LAS UNIDADES VAMP. ....	92
5.4. RESULTADOS .....	93
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	102
VII. CONCLUSIONES .....	106
VIII. RECOMENDACIONES.....	107
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	109
ANEXOS .....	111
Anexo 1 Matriz de consistencia .....	112
Anexo 2 Configuración de las unidades Vamp.....	114
Anexo 3 Reporte de las pruebas realizadas a las unidades Vamp .....	156
Anexo 4 Planos de la arquitectura implementada .....	161
Anexo 5 Reporte de pruebas realizadas al relé Sepam S20.....	199

## INDICE DE FIGURAS

Figura N°.1: Naturaleza direccional del arco eléctrico .....	25
Figura N°.2: Relación tiempo-temperatura, tolerancia del tejido humano.....	29
Figura N°.3: Cuadro principal de la protección de arco.....	34
Figura N°.4: Un ejemplo de tecnología resistente al arco con un plenum de escape.....	37
Figura N°.5: Características medidas del espectro de arco en barras con poca distancia y diferentes materiales de barra colectora.....	41
Figura N°.6: Sensores de punto y sensor de fibra .....	42
Figura N°.7: Principio de detección simultánea de luz y sobrecorriente. ....	43
Figura N°.8: Ejemplo de una protección simple mediante un dispositivo autónomo.....	46
Figura N°.9: Ejemplo de protección selectiva mediante relés numéricos comunes equipados con opción de protección de arco. ....	47
Figura N°.10: Ejemplo de un sistema dedicado de protección de arco.....	48
Figura N°.11: Componentes del tiempo de arco cuando la detección se basa en luz y sobrecorriente, y la eliminación de arco es llevada a cabo por un CB.....	49
Figura N°.12: Esquema representativo de la arquitectura de protección.....	55
Figura N°.13: Maleta de pruebas de protecciones CMC356 OMICRÓN .....	59
Figura N°.14: Puertos de comunicación de la maleta de pruebas CMC 356 .....	59
Figura N°.15: Plantilla de secuencia de estados.....	60
Figura N°.16: Plantilla de configuración de estados.....	61
Figura N°.17: Configuración de entradas y salidas binarias .....	62
Figura N°.18: Accesorio generador de Flujo Luminoso.....	63
Figura N°.19: Conexión del AGFL a la maleta de pruebas .....	64
Figura N°.20: ARC SENSOR VA1DA6.....	64
Figura N°.21: Resultados de prueba .....	65
Figura N°.22: Celda G1 .....	66
Figura N°.23: Celda G2 .....	67
Figura N°.24: Celda G3 .....	68
Figura N°.25: Celda G4 .....	69
Figura N°.26: Celda G5 .....	70

Figura N°.27: Celda G6 .....	71
Figura N°.28: Celda G7 .....	72
Figura N°.29: Celda G8 .....	73
Figura N°.30: Celda Transformador I .....	74
Figura N°.31: Celda G9 .....	75
Fuente: PropiaFigura N° .32: Celda G10 .....	75
Figura N° .33: Celda G11 .....	77
Fuente: PropiaFigura N° .34: Celda G12 .....	77
Figura N° .35: Celda Transformador II .....	79
Figura N° .36: Celda G13 .....	80
Fuente: PropiaFigura N° .37: Celda G14 .....	80
Figura N° .38: Celda G15 .....	82
Figura N° .39: Celda G16 .....	83
Fuente: PropiaFigura N° .40: Celda G17 .....	83
Figura N° .41: Celda G18 .....	85
Fuente: PropiaFigura N° .42: Celda Transformador III.....	85
Figura N° .43: Celda G19 .....	87
Figura N° .44: Celda G20 .....	88
Figura N° .45: Celda G21 .....	89
Figura N° .46: Celda G22 .....	90
Figura N° .47: Celda G-CAP2 .....	91
Figura N° .48: Maqueta de la arquitectura de Protección .....	93
Figura N° .49: Llenado de datos.....	94
Figura N° .50: Zonas y sensores de arco instalados.....	94
Figura N° .51: Unidades instaladas.....	95
Figura N° .52: Matrices de salidas y entradas.....	95
Figura N° .53: Reporte de Prueba.....	96
Figura N° .54: VAMP 12L.....	102

Figura N°.55: Concepto de Protección de Arco .....	103
Figura N°.56: Concepto de Protección de Arco .....	104
Figura N°.57: Subestación Eléctrica Gálvez .....	105



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Costo de suministro, montaje y configuración de las unidades VAMP .....	98
Tabla 2: Costo de suministro y montaje de las celdas VISAX .....	100

## PRÓLOGO

En sus inicios el arco eléctrico era tratado principalmente para el diseño de interruptores de potencia, conforme transcurría el tiempo este fenómeno fue adquiriendo mayor importancia en temas de seguridad. Los daños causados por este fenómeno en las instalaciones eléctricas ascienden a cientos de miles y las pérdidas humanas son cada vez más frecuentes, a partir de estos acontecimientos se desarrollaron métodos principalmente para reducir el índice de mortalidad. Esta investigación sugiere diseñar un sistema de protección de arco eléctrico en las subestaciones de media tensión, por ser estas muy críticas en cuanto a operación y mantenimiento. El objetivo es brindar protección al personal que se encuentre laborando dentro de las instalaciones eléctricas, así como también al equipamiento que lo conforma.

Diseñar un sistema de protección implica crear una arquitectura en la subestación eléctrica de distribución a analizar. Cabe mencionar que esta arquitectura es única y exclusivamente dedicada a la protección del arco eléctrico y no guarda relación con la ingeniería de protección convencional. Para nuestro caso trabajamos con unidades Vamp de arco eléctrico distribuidos, comunicados y configurados de acuerdo a la ingeniería de protección a implementar. Los beneficios de esta aplicación es la siguiente, sabemos que el uso de paneles de arco y el uso de EPP resistentes son medios eficaces para proteger contra los efectos del arco eléctrico. Sin embargo, ninguna de estas técnicas trabaja directamente en la reducción de la fuente de energía incidente.

Esta reducción de la energía incidente se consigue mediante el uso de dispositivos de detección de arco que tienen un mejor tiempo de respuesta. Reducir la energía incidente ayuda a mejorar los índices de seguridad eléctrica.

## RESUMEN

El presente trabajo es una investigación que tiene por objeto implementar los relés Vamp de arco eléctrico en la subestación Gálvez Luz del Sur para reducir la energía incidente generada por el fenómeno de arco eléctrico, así como también mejorar la confiabilidad y seguridad del sistema. El objetivo lo llevaremos a cabo atacando la naturaleza del fenómeno de arco eléctrico, por lo cual utilizaremos la energía luminosa existente durante el siniestro para mitigar el mismo. Sensores de luz unidos a un Relé de protección de arco serán los encargados de sentar las bases y posterior desarrollo de la arquitectura de protección. Posteriormente dividiremos en zonas el sistema analizado, lo cual nos brindará una mejor selectividad de protección.

Para llevar a la práctica esta solución ejecutamos un conjunto de pruebas y simulaciones en los laboratorios de Schneider Electric Perú. En principio realizamos la disposición de los equipos utilizados en esta implementación (Unidad master, Unidades seguidores, sensores, cables de comunicación), los configuramos de acuerdo a la arquitectura de protección diseñada, y terminamos con la prueba de los mismos.

Las pruebas consisten en, una vez terminada la arquitectura de protección, enumerar los sensores adecuadamente y simular la ocurrencia del arco eléctrico en cada sensor con la ayuda de un dispositivo emisor de Luz. Entonces, las unidades Vamp (master y seguidores) operarán de acuerdo a la ingeniería de protección diseñada. Adicionalmente determinaremos el tiempo de operación de estos relés, es aquí donde observamos la importancia de la utilización de estos equipos frente a los dispositivos de protección convencional, para ello utilizamos la maleta de pruebas CMC 356 de la firma OMICRON en conjunto con el relé VAMP 321 y el simulador de arco eléctrico que nos brindará un panorama general de cómo opera el sistema en tiempo real.

En el desarrollo de nuestra tesis iremos mencionando como es que este fenómeno cada día toma más importancia en todos los sectores principalmente industriales y como es que la inserción de dispositivos de protección está generando un gran impacto y a su vez cambiando el concepto de seguridad dentro de las instalaciones eléctricas.

## ABSTRACT

The present work is an investigation that aims to implement the electric arc Vamp relays at Gálvez Luz del Sur substation to reduce the incident energy generated by the electric arc phenomenon, as well as to improve the reliability and safety of the system. The objective will be carried out attacking the nature of the phenomenon of electric arc, for which we will use the light energy existing during the incident to mitigate the same. Light sensors attached to an arc protection relay will be responsible for laying the foundation and further development of the protection architecture. Later we will divide the analyzed system into zones, which will give us a better protection selectivity.

To carry out this solution, we execute a set of tests and simulations in Schneider Electric Peru Laboratories. In principle we make the layout of the equipment used in this implementation (master unit, follower units, sensors, communication cables), configure them according to the protection architecture designed, and finish with the test of them.

The tests consist of, once the protection architecture is finished, enumerate the sensors properly and simulate the occurrence of the electric arc in each sensor with the aid of a Light emitting device. Then, the Vamp units (master and followers) will operate according to the designed protection engineering. Additionally we will determine the operating time of these relays, this is where we observe the importance of the use of these equipments compared to conventional protection devices, for this we use the test case CMC 356 of the firm OMICRON in conjunction with the relay VAMP 321 And the electric arc simulator that will give us an overview of how the system operates in real time.

In the development of our thesis we will mention how this phenomenon is becoming more important in all sectors mainly industrial and how it is that the insertion of protection devices is generating a great impact and in turn changing the concept of security within the electrical installations.

## **I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Determinación del problema**

La energía incidente liberada durante un evento de arco eléctrico , genera un fenómeno de fallas en instalaciones eléctricas comerciales, industriales y de las propias compañías de suministro eléctrico, provocando daños a las personas (quemaduras, problemas auditivos, oculares, lesiones por material desprendido hasta incluso la muerte), destrucción total o parcial de la instalación, daños a la infraestructura (por el aumento de temperatura y la presión), pérdidas económicas por interrupción prolongada en la producción y por los costos en las reparaciones (lucro cesante).

### **1.2 Formulación del problema**

Problema General: ¿De qué manera la implementación de los relés VAMP reduce la energía incidente del fenómeno de arco eléctrico en la subestación Gálvez Luz del sur?

Problema Específico 1: ¿En qué medida beneficia económicamente la implementación de los relés VAMP en la subestación Gálvez Luz del Sur?

Problema Específico 2: ¿Cuál es la ventaja que proporciona la implementación de los relés VAMP referente al tema de seguridad y confiabilidad en la subestación Gálvez Luz del Sur?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

Objetivo General: Implementar los relés VAMP en la subestación eléctrica Gálvez Luz del Sur para reducir la energía incidente generada por el fenómeno de arco eléctrico.

Objetivo Específico 1: Determinar los beneficios técnicos-económicos de los relés VAMP frente al cambio total o parcial del equipamiento por la ocurrencia del fenómeno de arco eléctrico en la subestación eléctrica Gálvez Luz del Sur.

Objetivo Específico 2: Demostrar que haciendo una adecuada arquitectura de protección diseñada para la subestación Gálvez Luz del Sur, se disminuirá el grado de riesgo eléctrico por energía incidente liberada durante el fenómeno de arco

eléctrico mejorando de esta manera el índice de seguridad y confiabilidad de la subestación analizada.

## **1.4 Justificación**

### **1.4.1 Naturaleza**

Considerando la función que cumplen las subestaciones eléctricas de distribución en el Perú, es importante conocer a que fenómenos naturales está expuesto y cuáles son las consecuencias que podrían ocurrir de no implementarse medidas de control.

### **1.4.2 Justificación Económica**

El costo de prevención de fallas del tipo arco eléctrico frente a no implementar medidas de control que mejoren el índice de seguridad operativa de la subestación es bastante crítico, teniendo en cuenta en primer lugar que luego de ocurrido el siniestro haya provocado el deceso del personal, siendo esta pérdida invaluable que a futuro genera problemas judiciales entre familiares y la empresa distribuidora de energía eléctrica donde laboraba el difunto , segundo, la subestación luego del siniestro ocurrido para volver a entrar en funcionamiento necesita de todo un conjunto de procesos logísticos y legales que desde ya implican mucho tiempo (importación de equipos, trámites, firmas legales, aprobaciones, reuniones de contratistas, etc.), tercero, en la actualidad no se puede prescindir de la energía eléctrica lo cual implica que los usuarios finales dependamos de un suministro ininterrumpido de energía por tanto las empresas de distribución eléctrica que incumplan con esto se verán afectadas por fortísimas multas.

### **1.4.3 Intelectualidad**

Como egresados de la universidad nuestro propósito es contribuir con el desarrollo y bienestar de nuestra sociedad. El presente trabajo es un aporte de lo aprendido en las clases impartidas durante nuestra etapa estudiantil, así como también de nuestra experiencia laboral. Llevar a cabo esta investigación demandó consultar con muchos autores y especialistas en la materia que ayudaron a reforzar nuestros conocimientos, cimentar nuestras ideas y finalmente diseñar una solución frente a un fenómeno que año tras año va incrementando el número de víctimas.

## **1.5 Limitaciones y Facilidades**

### **1.5.1 Limitaciones**

- Disponibilidad de tiempo por asuntos académicos y laborales.

### **1.5.2 Facilidades**

- Contamos con la presencia de un asesor preparado en el tema de análisis, que nos brindó su apoyo para las diversas consultas que surgieron durante el desarrollo de la investigación.
- Se contó con la disposición de los laboratorios de Schneider Electric Perú para la realización de las pruebas.
- Se dispuso de los distintos ambientes de la FIEE – UNAC para la coordinación, desarrollo, corrección y finalización de la tesis llevada a cabo.

## **1.6. Hipótesis**

### **Hipótesis General:**

Implementando los relés VAMP de arco eléctrico en la subestación eléctrica Gálvez Luz del Sur se reducirá la energía incidente generada por el fenómeno de arco eléctrico.

### **Hipótesis Especifico 1:**

Determinando los beneficios técnicos-económicos de la implementación de los relés VAMP frente al cambio total o parcial del equipamiento de la subestación eléctrica Gálvez Luz del Sur obtendremos una gestión técnica-económica más eficiente.

### **Hipótesis Especifico 2:**

Demostrando que diseñando una adecuada arquitectura de protección para la subestación Gálvez Luz del Sur se disminuirá el grado de riesgo eléctrico por energía incidente liberada durante el fenómeno de arco eléctrico mejorando de esta manera el índice de seguridad y confiabilidad de la subestación analizada

## II. MARCO TEÓRICO

La sociedad moderna depende cada vez más del funcionamiento ininterrumpido de suministro eléctrico. Los cortes de energía prolongados causan pérdidas de facturación al suministrador de energía y pérdida de producción al consumidor de energía independiente de cuan seguro sea un sistema eléctrico, las fallas ocurren. La demanda de suministro continuo de energía ha provocado la necesidad de que los trabajadores del rubro eléctrico realicen labores de mantenimiento en las partes vivas expuestas de los equipos. Además de la existencia de riesgo de descarga eléctrica que resulta del contacto directo de los conductores en tensión con las partes del cuerpo, también existe una posibilidad de arcos eléctricos sorprendentes a través de los conductores activos. Aunque los programas de seguridad han existido desde el principio de la electricidad, el riesgo de arco eléctrico no se ha abordado hasta hace poco.

### 2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

#### Antecedentes Históricos

El 20 de marzo de 1800, Alessandro Volta escribió su primera carta anunciando el descubrimiento de la pila. La noticia fue recibida por el mundo científico con un entusiasmo sólo para ser comparado con lo que se despertó a finales de 1895 por el descubrimiento de los rayos -X por Rontgen. Nuevas posibilidades se abrieron, y nadie pudo saber a dónde conducía. Una especie de fiebre experimental se apoderó de la humanidad, o al menos de su parte científica, y se escribió papel tras papel describiendo nuevos e interesantes resultados obtenidos con la pila. Tan numerosos fueron estos papeles en el transcurso del año siguiente que a mediados de 1801 un cierto Dr. Benzenberg escribió al editor de **Annalen de Gilbert**: "¿No podría el Annalen, en consideración de su objeto, ser un poco más variado? , Por muy interesante que sea, no es más que una parte muy pequeña de la física, aparentemente sólo se puede esperar un avance real en el conocimiento a partir de un trabajo que se lleva a cabo a gran escala y no de cada experimentador, le permiten descubrir sólo lo que otros diez ya han descubierto antes que él. " [1]

La primera pregunta a la que todos estos numerosos observadores pidieron una respuesta fue: ¿Cuál es la naturaleza de la nueva corriente? ¿Es una corriente "galvánica"? ¿Es "electricidad común"? ¿O no lo es? Por extraño que parezca ahora, se escribieron muchos documentos para demostrar que la corriente voltaica no tenía nada en común con el galvanismo o la electricidad común, es decir, física. [1]



Los primeros experimentos se pueden dividir en tres clases, a saber: (1) Aquellos que trataron el efecto de la corriente sobre los seres vivos. (2) Los que produjeron la descomposición química de la materia inorgánica, particularmente del agua. (3) Aquellos que trataban de la potencia calorífica de la corriente, más particularmente con las chispas producidas por la fabricación o la ruptura de un circuito. Estos últimos experimentos condujeron directamente al descubrimiento del arco, y son, por lo tanto, los únicos con los que estamos inmediatamente interesados. [1]

Una de las maneras más comunes de usar la electricidad de fricción era producir chispas y por lo tanto uno de los métodos más obvios de demostrar que la corriente voltaica era de la misma naturaleza que "electricidad común" era hacer una chispa reuniendo dos conductores unidos a los terminales de una batería. La mayoría de los primeros observadores fueron capaces de hacer esto; Pero Sir Humphry Davy, hacia fines de octubre de 1800, fue el primero en probar el efecto de usar como conductores dos trozos de carbón puntiagudos, además de una sustancia que Priestley ya había demostrado ser un buen conductor de electricidad. Del resultado del uso de carbón Davy dijo:

"He descubierto que esta sustancia posee las mismas propiedades como cuerpos metálicos en producir el choque y la chispa cuando se hace un medio de comunicación entre los extremos de la pila galvánica de Volta".

Más tarde, en una conferencia ante la Royal Society, pronunciada en 1801, Sir Humphry mencionó que la chispa que pasaba entre dos piezas de carbón bien quemado era más grande que la que pasaba entre los botones de latón, y de una blancura viva, El carbón permaneció caliente durante algún tiempo después del contacto, y arrojó brillantes destellos. " [1]

Es evidentemente la descripción, no de un arco, sino de una chispa. Pues la esencia de un arco es que debe ser continua, y que los polos no deben estar en contacto después de que haya comenzado una vez. La chispa producida por Sir Humphry Davy no era evidentemente continua; Y aunque los trozos de carbón permanecieron enrojecidos durante algún tiempo después del contacto, no pudo haber ningún arco que los uniera, o tan cerca un observador lo habría mencionado. [1]

En otra conferencia, pronunciada en la Institución Real en 1802, en la que hablaba de intentar el efecto del encendido eléctrico del carbón seco sobre el gas de ácido muriático confinado sobre el mercurio, Davy dijo: "El carbón se hizo blanco caliente por contactos sucesivos hechos para Casi dos horas ". [1]

Por lo tanto, es bastante cierto, no sólo que no sabía nada sobre el arco en ese momento, sino que *la batería que utilizaba era incapaz de mantener un arco, de lo contrario los contactos sucesivos habrían sido innecesarios.* [1]

Al leer los relatos de los primeros experimentos hechos sobre las chispas producidas por las baterías, parece como si el arco apenas pudiera ser descubierto muy pronto; Como si en cada caso el siguiente experimento fuera el que produjera un verdadero arco. Pero esto deja fuera de cuenta la resistencia de las baterías usadas. [1]

Durante algún tiempo, después de 1801, Davy y los otros observadores ingleses se limitaron principalmente a experimentar los efectos químicos de la corriente en sustancias en descomposición que habían resultado refractarios hasta que este poderoso agente fue descubierto. En Europa, sin embargo, era de otra manera; La chispa tenía toda su atención por su propio bien. En Francia Fourcroy, Yauquelin y Thenard, y en Alemania y Austria Hitter, Tromsdorff, Gilbert y Pfaff, experimentaron con él, derritieron y quemaron hojas de oro, plata y finos alambres por medio de ella, causando llamas a surgir entre los dos polos. *Por lo tanto, es imposible decir cuándo y por quién se descubrió realmente el arco. Pues el arco, después de todo, no es más que una chispa, que continua después de que los polos se separan, que funde y quema o volatiliza la sustancia de los polos.* La Royal Society desarrolló una batería más potente de 1000 placas y en 1808 demostró el arco a gran escala. Se le atribuye el nombre de arco. Lo llamaron así, ya que asume la forma de un arco hacia arriba cuando la distancia entre los electrodos no es pequeña. Esto es debido a la fuerza de flotación en el gas caliente. [1]

El primer arco continuo se descubrió de forma independiente en 1802 y descrita en 1803 como un "fluido especial con propiedades eléctricas", por Vasily V. Petrov, un científico ruso que experimentó con una batería de cobre y zinc de 4200 discos. [1]

A finales del siglo XIX, el uso del arco eléctrico era muy común en el alumbrado público. Su mayor problema era la tendencia de los arcos eléctricos a emitir chasquidos y silbidos. En 1895, Hertha Ayrton escribió una serie de artículos para *The Electrician*, explicando que estos fenómenos se producían cuando el oxígeno entraba en contacto con las varillas de carbono utilizadas para crear el arco. En 1899, fue la primera mujer en leer su propia ponencia ante la Institution of Electrical Engineers (IEE). Su estudio se tituló "El silbido del arco eléctrico". [1]

***En sus inicios el arco eléctrico era tratado principalmente para el diseño de interruptores de potencia.*** Una breve historia general de los medios de interrupción

del arco revela lo siguiente: A principios de 1900's las tecnologías en el mercado eran básicamente seccionadores en aire, interruptores en aire, interruptores en aceite y fusibles. Posteriormente alrededor de 1920's se desarrollaron los primeros interruptores utilizando aire comprimido. Más tarde en los 60's la utilización de gas SF6 se hizo más frecuente en equipos de alta tensión y se empezaron a desarrollar los equipos de operación en vacío. Ya para los años 70's y 80's la utilización de equipos de operación en vacío era mucho más frecuente en todos los sistemas eléctricos de media tensión en voltajes de 5KV hasta 38KV. [2]

**Conforme transcurría el tiempo este fenómeno fue adquiriendo mayor importancia en temas de seguridad** y fue así que el 29 de diciembre de 1970, el Congreso de los Estados Unidos aprobó la Ley de Seguridad y Salud Ocupacional para reducir el número de lesiones y muertes relacionadas con el trabajo. La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) es la agencia responsable de las regulaciones federales y su aplicación. [3]

Inicialmente, OSHA seleccionó el lenguaje del NEC como base para las regulaciones eléctricas. Varios años más tarde, sin embargo, los procedimientos dictados por la *Sección 6 (b)* de la ley hicieron esta práctica complicada. *La Sección 6 (b)* requiere que OSHA proporcione aviso público, una oportunidad para comentarios públicos y audiencias públicas como parte de la adopción o modificación de una norma. El uso de estos procedimientos cada vez que OSHA necesitaba adoptar el lenguaje de la última NEC haría el proceso casi imposible. Para resolver este dilema, OSHA recurrió a la NFPA para obtener ayuda. [3]

Como resultado, el 7 de enero de 1976, se formó un nuevo comité de desarrollo de normas eléctricas de la NFPA. A este grupo se le dio la tarea de asistir a OSHA en la preparación de estándares específicamente dirigidos a la seguridad eléctrica. El Comité de Requisitos de Seguridad Eléctrica para los Empleados de Trabajo publicó la primera edición de NFPA 70E en 1979. La edición inicial cubrió los requisitos de seguridad de la instalación. Tres ediciones subsiguientes durante la década siguiente agregaron secciones sobre prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad y requisitos de mantenimiento relacionados con la seguridad. OSHA utilizó este trabajo para crear muchas de sus regulaciones que se aplican a la seguridad eléctrica. **No fue hasta 1991** que OSHA añadió palabras que reconocen el arco eléctrico como un peligro eléctrico. La quinta edición de la NFPA 70E, publicada en 1995, se convirtió en la primera norma que aborda específicamente el peligro del arco voltaico. Esta impresión incluyó requisitos para la ropa protectora y definió un límite de protección

contra el destello. Las dos revisiones siguientes se centraron en el análisis detallado del peligro del arco eléctrico; proporcionando más especificaciones con respecto a los límites de protección de arco eléctrico y los cálculos de energía incidente. [3]

El conocimiento de los diversos peligros causados por un arco voltaico ha aumentado significativamente durante las últimas dos décadas. Los reglamentos, las normas, las investigaciones y las directrices de aplicación se centran en la reducción de la exposición del personal a las lesiones por quemaduras asociadas a los episodios de arco voltaico en aplicaciones de baja y media tensión. En la actualidad, el NFPA 70E - Norma para seguridad eléctrica en el lugar de trabajo y el IEEE 1584 - Guía para realizar cálculos de riesgo de flash de arco tienen el mismo objetivo; protegiendo a las personas que deben trabajar en o cerca de equipos eléctricos energizados. Sin embargo, los enfoques filosóficos utilizados por estos dos grupos para estimar los riesgos de arco voltaico son diferentes. Para muchos que están obligados a aplicar y seguir las normas, los cálculos del riesgo de arco y las interpretaciones, a veces, pueden ser confusas, sobre todo cuando hay discrepancias entre los métodos que se utilizan. Ha sido ampliamente aceptado en la industria de la energía que hay una necesidad de realizar investigaciones adicionales y refinar los métodos de cálculo de arco eléctrico para manejar con mayor eficacia el peligro. [4]

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. Descargas en los gases**

#### **a) Tipos de descargas en un gas**

Es bien sabido que en condiciones corrientes todos los gases no conducen, prácticamente, la corriente eléctrica y son aisladores. No obstante, a temperaturas suficientemente altas o bien en un campo eléctrico fuerte, las propiedades del gas varían de modo sustancial: éste se ioniza convirtiéndose en conductor de la electricidad. En el transcurso de la ionización, los átomos y moléculas neutros del gas pierden parte de sus electrones y se transforman en partículas de carga positiva, o sea, en iones. Precisamente, semejante gas ionizado es el plasma. Este contiene electrones, iones y átomos neutros. En ciertas condiciones se alcanza la ionización completa de todos los átomos que constituyen el gas. [5]

El plasma que surge durante la descarga en un gas recibe el nombre de plasma de descarga gaseosa. Su estado se mantiene a expensas de la energía que cede la corriente de descarga que pasa por el plasma. Si el campo eléctrico exterior se liquida, el plasma de descarga gaseosa también desaparece con rapidez, transformándose en un gas corriente. El proceso de desaparición de dicho plasma, cuando él se deja a su propia suerte, lleva el nombre de des ionización del gas. [5]

Ahora, examinemos con mayor detalle las propiedades del plasma de descarga gaseosa.

Las descargas eléctricas en los gases se dividen en dos grandes grupos. Al primero de ellos se refieren las descargas no espontáneas, también llamadas mantenidas o no autónomas; al segundo, las auto mantenidas, autónomas o espontáneas. [5]

En el caso de descargas no espontáneas la conductividad eléctrica del gas se mantiene mediante las fuentes exteriores de ionización, o sea, los llamados ionizadores. Los iones que se forman y los electrones libres, por el efecto del campo eléctrico, adquieren movimiento dirigido, es decir, surge corriente eléctrica. [5]

En el caso de las descargas autónomas la ionización del gas se produce, fundamentalmente, por la propia descarga. A iguales condiciones, la descarga espontánea se caracteriza por una densidad mucho mayor de la corriente que la no espontánea, ya que en condiciones corrientes de laboratorio se emplean débiles ionizadores. [5]

En el espacio interestelar y en la atmósfera del Sol y las estrellas, donde el ionizador es una temperatura muy alta, tiene lugar la ionización casi completa de la sustancia, por lo que la descarga no autónoma puede acompañarse de una corriente eléctrica extremadamente fuerte. [5]

## **b) Descarga no espontánea**

Son conocidos dos medios fundamentales con los que se realiza la ionización de un gas con la descarga no espontánea: la alta temperatura y diferentes radiaciones.

Si calentamos un gas, parte de sus moléculas adquiere una energía bastante grande. Ella puede ser suficiente para la ionización de otras moléculas del gas al chocar éstas con las primeras. En semejante caso el gas se convierte en conductor de la electricidad. Debido precisamente a la ionización del gas al calentarlo (termo ionización), la llama del quemador del gas adquiere cierta conductividad eléctrica. [5]

La desintegración de un átomo o de una molécula en un electrón o ion, por el efecto de una radiación recibe el nombre de fotoionización. No toda radiación es capaz de provocar la ionización de un gas. La luz, que posee gran longitud de onda, no puede "arrancar" un electrón de un átomo o de una molécula neutra. Sólo la radiación de onda corta tiene capacidad para ionizar un gas. Entre las radiaciones de dicho tipo se pueden enumerar los rayos ultravioletas, los rayos X, la radiación gamma y los rayos cósmicos que penetran en la atmósfera de nuestro planeta de nuestro espacio sideral. [5]

La ionización de un gas es posible no sólo por la influencia de una radiación de onda corta que actúa sobre el gas desde el exterior, sino también puede ser provocada por la propia radiación de la misma descarga de un gas.

Las descargas no espontáneas condicionales por la radiación de onda corta son utilizadas, por ejemplo, en las cámaras de ionización. Semejantes aparatos permiten juzgar, ateniéndose a la corriente conductiva, acerca de la cantidad de iones que aparecen en el gas y, por lo tanto, sobre la intensidad de la radiación que penetra en el mismo. [5]

### c) Descargas espontáneas

Se ha adoptado denominar espontáneas, auto mantenidas o autónomas, las descargas en los gases si, como ya hemos dicho con anterioridad, la conductividad eléctrica es mantenida por la propia descarga sin ninguna participación de una fuente exterior de calor o radiación.

*Descarga de chispa.* El más sencillo ejemplo de descarga autónoma en un gas puede ser la descarga entre dos placas metálicas paralelas. Cuando la tensión entre ellas es pequeña, el gas se comporta como un perfecto aislador. En el momento en que la tensión alcanza el valor de la llamada tensión disruptiva, de inmediato salta una chispa entre las placas. La descarga de chispa en los gases se caracteriza por su brevísima duración y gran intensidad de la corriente. En el momento de la disrupción el gas, en el espacio de gas entre los electrodos metálicos la tensión cae de manera brusca y la descarga cesa. La descarga de chispa pertenece al tipo de descargas intermitentes incluso cuando los electrodos están conectados a una fuente de tensión continua. [5]

Durante la descarga de chispa se crea un haz de bandas en zigzag, fuertemente ramificadas, muy finas, luminiscentes con alto brillo. Estas bandas son los canales de chispa, Estos cruzan instantáneamente el espacio disruptivo entre los electrodos. La descarga de chispa más potente es el relámpago. [5]

En el canal de la descarga de chispa se produce el desprendimiento de una considerable energía, por lo que la temperatura del gas alcanza valores del orden de  $10^4\text{K}$ . Tan alta temperatura conduce a que surja la ionización térmica del gas. La presión de este en el canal de chispa también crece hasta valores muy grandes. La creación de una región de presión muy alta y su desplazamiento por el gas, es la causa de los efectos acústicos que acompañan a la descarga de chispa. [5]

Cuando transcurre la disrupción por chispa sólo los electrones transportan la corriente eléctrica por el gas; durante el corto tiempo de desarrollo de la chispa los iones positivos no logran variar su posición, ya que su masa es muchas veces mayor que la de los electrones. [5]

### 2.2.2. Naturaleza del arco

Entre los riesgos planteados por la electricidad, el arco eléctrico se destaca como uno de los más perjudiciales para los trabajadores. Debido a la gran cantidad de energía liberada y las altas temperaturas generadas por este fenómeno, los trabajadores pueden sufrir quemaduras graves con potencial para llegar incluso a la muerte. Además, los efectos de arco eléctrico son aún más grandes, ya que, en su presencia, se generan vapores de metales tóxicos, la proyección de metal fundido, luz extremadamente intensa y una onda de presión debido a la expansión del aire. Estadísticas de la industria muestran que los accidentes producidos por el fenómeno de arco eléctrico han ido disminuyendo en los últimos años. Sin embargo, cada año se siguen produciendo un número importante de accidentes relacionados con este fenómeno. [6]

Un arco eléctrico se caracteriza por un paso significativo de la corriente eléctrica a través de un material normalmente no conductor, tal como el aire, moviéndose a altas velocidades (aproximadamente 100 m / s). Las fallas que causan un arco eléctrico se asocian, en, cortocircuitos generales (entre fases y entre fase - tierra), y la mayoría de estas fallas se inicia por un cortocircuito fase-tierra que luego pasa a convertirse rápidamente en un corto circuito trifásico. Los arcos eléctricos producen un calor intenso, explosiones y estas a su vez ondas de presión, entre otros efectos, los cuales representan riesgos para los trabajadores expuestos a este fenómeno. El comportamiento de un arco eléctrico en un sistema de tres fases es visto como caótico, ya que implica un cambio rápido e irregular en la geometría de arco debido a la convección, los chorros de plasma y las fuerzas electromagnéticas. [6]

Además, la extinción del arco y la posibilidad del reencendido, los cambios en la trayectoria del arco, debido a las corrientes transitorias que regresan, la reconexión del arco por las barras, el plasma, y otros efectos, obstaculizan el modelado matemático de este fenómeno. [6]

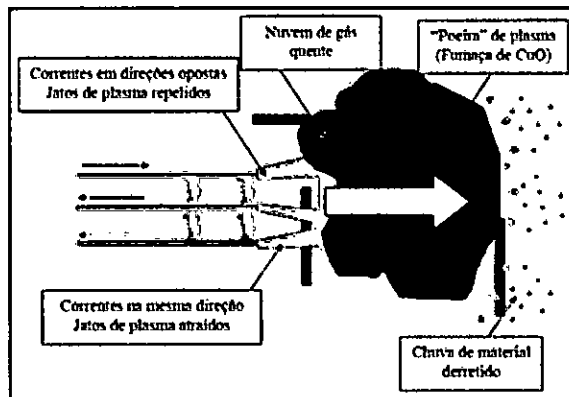
Debido a estas características, el estudio de las propiedades exactas de un arco eléctrico, como el valor de su impedancia es extremadamente complejo.

La figura 1 muestra la naturaleza direccional de un arco eléctrico, pero no el comportamiento caótico mencionado anteriormente. Se observa que la



corriente alterna de las tres fases sucesivas crea fuerzas magnéticas de atracción y repulsión, chorros de plasma que se mueven intensamente, lo que, a su vez, se alimentan en una nube de plasma. [6]

Figura N°.1: Naturaleza direccional del arco eléctrico



Fuente: Paper de Investigación, Universidad de Sao Paulo.

Esta nube es conducida, lejos de los bordes, creando un "polvo de plasma". Como las moléculas de plasma frío altamente energizado, terminan por recombinar en varios otros materiales. Este flujo de material también incluye piezas fundidas de las barras. [6]

Después de su inicio, el arco eléctrico es un flujo de corriente compuesto por el vapor del material que se consume. Este vapor tiene una resistencia considerablemente mayor que el metal sólido, provocando una caída de tensión entre 30 y 40 V/cm, mil veces mayor en comparación con un conductor sólido. [6]

En los circuitos de baja tensión, el arco con caída de tensión entre 30 y 40V/cm, consume una parte sustancial de la tensión disponible, dejando sólo la diferencia entre el voltaje de la fuente y la tensión de arco para forzar a la corriente de defecto por impedancia total del sistema.

Para tensiones más altas, la longitud del arco puede ser sustancialmente más grande, alrededor de 2,5cm para el suministro 100 V antes que la impedancia del sistema comienza a regular o limitar la corriente de falla. Esto implica mayores longitudes de arcos en los sistemas de alta tensión los cuales

pueden hacer que otros dispositivos sean alcanzados y causar nuevos cortocircuitos. [6]

### **2.2.3. Los riesgos del arco eléctrico**

¿Por qué liberar una gran cantidad de energía en un corto período de tiempo, convirtió al arco eléctrico en parte del grupo de los principales riesgos de la electricidad, junto con descargas eléctricas? Los efectos causados por el arco eléctrico pueden resultar en pérdidas materiales, ya que su aparición puede provocar la destrucción total de los paneles eléctricos, así como también puede traer la muerte a los trabajadores, debido a que toda la energía liberada por arco puede causar quemaduras letales. [6]

Las altas temperaturas provocadas por el arco eléctrico es una de las principales causas de preocupación de este fenómeno. En el origen del arco, la temperatura puede alcanzar alrededor de 20 000 ° C, que es equivalente a cuatro veces la temperatura de la superficie del sol. Ningún material conocido en la Tierra es capaz de soportar estas temperaturas sin que se produzca su fundición y vaporización. Sin embargo, además de la alta temperatura, un arco eléctrico presenta otros riesgos, tales como vapores de metales tóxicos, la proyección de metal fundido, luz extremadamente brillante y una ola significativa de la presión. [6]

La onda de presión es causada por la alta temperatura del arco, lo que causa una expansión explosiva del aire circundante y el metal existente en la trayectoria de arco. El cobre, por ejemplo, se somete a la expansión alrededor de 67.000 veces cuando cambia de sólido a vapor. Las altas presiones generadas pueden superar fácilmente cientos o incluso miles de kgf/m<sup>2</sup>, rompiendo los tímpanos y que causan daño a los pulmones de los trabajadores. Los efectos destructivos de presión creados por calentamiento y la expansión térmica del aire y la vaporización de conductores metálicos, se conocen como "efectos termo-acústicos." Los sonidos asociados con estas presiones pueden superar los 160 decibeles. [6]

Finalmente, el material sólido y el metal fundido son expulsados fuera del origen del arco a velocidades superiores a 1200 km/h, lo suficiente como para que las partículas penetren completamente el cuerpo humano. Con respecto a la luz emitida, el arco del espectro de frecuencias incluye una gran

proporción de la radiación en la región de los rayos ultravioleta, causando daño a la retina ocular de un humano. [6]

La combinación de todos estos efectos producidos durante un arco eléctrico presenta, entre otros, los siguientes riesgos para los seres humanos:

- Quemaduras
- Lesiones en la cabeza
- Pérdida de miembros
- Hipoacusia
- Lesiones producidas por las esquirlas
- Fracturas de huesos
- Ceguera
- Caídas
- Muerte

Si bien la formación del arco tiene muchos riesgos, las asociadas a la posible fuente de calor para provocar quemaduras de tercer grado son los más peligrosos que traen como consecuencia la mayoría de las muertes. Estos efectos son graves porque las células de la piel del cuerpo humano mueren más rápidamente de acuerdo con la intensidad de la temperatura incidente en el mismo. [6]

Con la temperatura de la piel cerca de 44°C, el mecanismo de equilibrio de la temperatura corporal comienza a sufrir daños de alrededor de 6 horas, que puede causar daño a las células si el tiempo de exposición a esa temperatura supera este tiempo.

Entre 44°C y 51°C, la tasa de destrucción de las células se duplica por cada aumento de 1°C de la temperatura de la piel. Por encima de 51°C la velocidad de destrucción es muy rápida. Niveles de temperatura de 70°C causa la destrucción total de las células en un período de tiempo de un segundo.

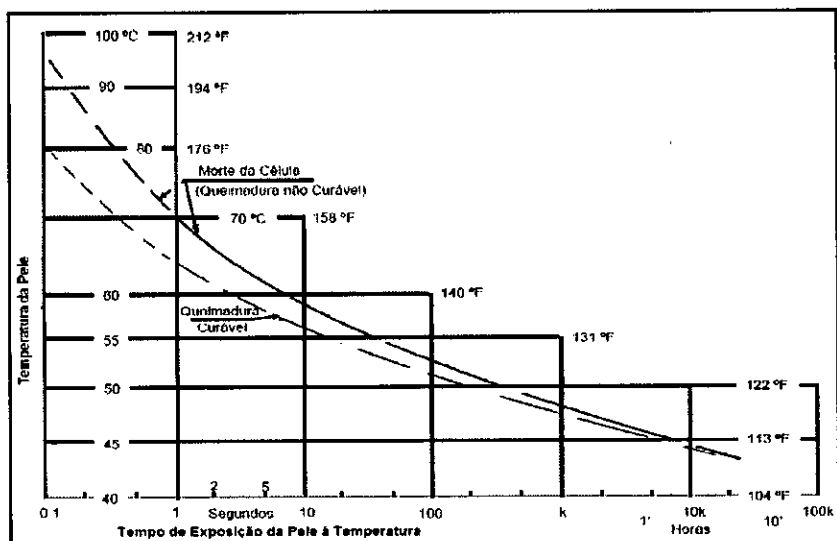
Cualquier temperatura por encima de los 96°C donde se permanezca durante más de 0,1 segundos puede causar quemaduras incurables. [6]

La figura 2 muestra la relación entre la temperatura a la que está expuesta la piel y el tiempo para la muerte de las células (quemaduras no curables). La línea inferior muestra la misma relación, pero teniendo en cuenta las quemaduras curables. Además del problema del aumento de la temperatura de la piel, un arco eléctrico puede encender la ropa de un trabajador, lo que aumenta sustancialmente el riesgo de quemaduras. Debido a esto, trajes de protección contra agentes térmicos se utilizan en las actividades sujetas a riesgos de arco eléctrico (energía alta incidente). [6]

En general, estas actividades incluyen:

- Los trabajos en circuitos de potencia activa con una tensión superior a 120 V.
- Inserción y extracción de cajones, contactores y disyuntores con la puerta abierta del panel.
- Trabajar con circuito energizado para la solución de problemas, incluso durante la ejecución de mediciones, por ejemplo, usando un multímetro
- La instalación de puesta a tierra temporal establecido después de la prueba de esfuerzo.
- Apertura de compartimientos de barras.
- Apertura compartimientos transformadores de tensión.
- Actividades de termografía con el panel de puerta abierta.

Figura N°.2: Relación tiempo-temperatura, tolerancia del tejido humano.



Fuente: Paper de Investigación, Universidad de Sao Paulo.

#### 2.2.4. Principales normas sobre el riesgo de arcos eléctricos

Realizar actividades relacionadas con la energía eléctrica requiere mucho cuidado para que estas acciones se llevan a cabo de forma segura, evitando la aparición de accidentes. Como resultado de ello, estas actividades están altamente regulados en los países más industrializados. A partir de 1980, comenzaron las normativas para predecir la mitigación de los riesgos de arco eléctrico, así como la investigación y desarrollo de estudios que llegaron a la conclusión de que los riesgos que implican el fenómeno del arco eléctrico eran diferentes de los que implican una descarga eléctrica. [7]

Desde entonces, varios estudios y artículos se han publicado con el fin de cuantificar los riesgos de arco, lo que resulta en una serie de normas y leyes sobre la materia. Estos estudios se llevaron a cabo principalmente por los Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea, dándoles la ventaja frente a otras naciones en relación con los criterios de seguridad para la realización de actividades que impliquen el riesgo de arco eléctrico. [7]

En la actualidad, las normas internacionales más relevantes relativas a fallas de arco son las siguientes:

- IEC 62271-200, High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV (2011).
- IEC TR 61641:2014, Enclosed low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Guide for testing under conditions of arcing due to internal fault.
- IEEE Std 1584™-2002, IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations
- NFPA 70E®, Standard for Electrical Safety in the Workplace, 2015 Edition, NFPA (National Fire Protection Association)

Las normas IEC no requieren de un estudio detallado del riesgo de arco eléctrico ni de la energía incidente como las normas norteamericanas (IEEE) (Vrieling, Picard & Witterman 2011). Sin embargo, en algunos países los métodos de protección de arco son muy sofisticados y eficaces, es común el uso de los standard de facto. Por ejemplo, en Finlandia, todos los nuevos dispositivos de distribución de baja tensión en los sistemas industriales están equipados con protección de arco basado detección óptica. En media tensión, la protección dedicada de arco es muy común en las subestaciones primarias. Cuando se aplican ampliamente métodos eficaces, estudios detallados de energía incidente por arco eléctrico no son muy relevantes. [8]

#### **a) IEC Standards**

La norma IEC 62271-200 es un standard para los Switchgear de media tensión en donde "especifica los requerimientos de los Switchgear tipo metal-enclosed prefabricados y equipos de control para corriente alterna de tensiones nominales por encima de 1 kV hasta 52 kV en instalación interiores y exteriores, así como también para frecuencias de servicio de hasta 60 Hz. Ciertos gabinetes pueden incluir componentes fijos y extraíbles que pueden llenarse con fluidos (gas) para proporcionar aislamiento ". Las fallas de arco se discuten brevemente en el estándar. [9]

La norma tiene por objeto evitar la aparición de fallas internas de arco. Proporciona una lista de ubicaciones donde es más probable que ocurran fallos. También explica las causas del fallo y las posibles medidas para

disminuir la probabilidad de fallas. En lo que respecta a la protección de arco, la IEC 62271-200 ofrece ejemplos de medidas complementarias que proporcionan protección a personas (IEC 62271-200 2011): [9]

- Rápidos tiempos de eliminación de fallos iniciados por detectores sensibles a la luz, la presión o el calor o por una protección diferencial de barras.
- Aplicación de fusibles adecuados en combinación con dispositivos de conmutación para limitar la corriente de paso y la duración de la falla.
- Eliminación rápida del arco mediante su desviación a cortocircuito metálico por medio de dispositivos de detección rápida y cierre rápido.
- Operación remota en lugar de operar delante de los aparatos de maniobra y de control.
- Dispositivo para liberar la presión.
- Transferencia de una parte extraíble hacia o desde la posición de servicio sólo cuando la puerta delantera está cerrada

Sin embargo, la información proporcionada por la IEC 62271 está limitada, por ejemplo, los dispositivos limitadores de arco están, en general, fuera del alcance de esta norma. Por esta razón, el subcomité SC17C de la IEC ha solicitado a CIGRÉ que lleve a cabo una revisión técnica para formular recomendaciones que apoyen una extensión de la norma actual para cubrir dicha afección y para proporcionar una evaluación de los dispositivos limitadores de arco. CIGRÉ ha fundado un grupo de trabajo (WG B3.37) de mayor alcance (CIGRÉ 2013):

- Revisión de métodos para la mitigación del efecto de arco bajo condiciones de falla de arco interno en switchgear de media tensión.
- Mapeo de soluciones técnicas existentes relacionadas con la mitigación de efectos de arco: parámetros de detección, medios de actuación, problemas de suministro de energía, etc.
- Revisar el estado de las normas actuales y las especificaciones existentes.

- Consideración de los beneficios y consecuencias derivados de la mitigación del efecto del arco, incluyendo: limitación del aumento de la presión en switchgear y switch-rooms (simulaciones digitales ya utilizadas para tal fin), limitación del riesgo de incendio y otros daños, posible reducción de la duración de la interrupción, transitorios en la red, etc.
- Análisis de los posibles métodos para la verificación del rendimiento, la evaluación y la definición de requisitos generales para el tipo normalizado y pruebas de rutina.
- Orientación para el usuario sobre parámetros de selección relevantes: seguridad del personal, tiempo de inactividad, mantenimiento, impacto medioambiental, costes de inversión, tiempo de vida, inmunidad a EMI, etc. (CIGRÉ 2013).

IEC también ha producido otras normas, pero su relación con la protección de arco interno es limitada:

- IEC TR 61641: 2014, "Ensamblaje de bajo voltaje y enseres de control incluidos - Guía para ensayos en condiciones de arco debido a una falla interna" es una guía para la prueba, no un requisito de configuración estándar.
- IEC 62606: 2013, "Requisitos generales para dispositivos de detección de fallos de arco" sólo se aplica a los dispositivos de detección de fallos de arco para usos domésticos y similares en circuitos a.c.
- IEC 61482: 2009, "Trabajos en caliente - Ropa de protección contra los riesgos térmicos de un arco eléctrico", se dirige al equipo de protección personal. La norma se divide en varias partes, y especifica los métodos de prueba y los requisitos para los materiales y prendas de vestir de protección. [10]

#### **b) IEEE Standards**

IEEE Std 1584<sup>™</sup> -2002, Guía IEEE para realizar cálculos de riesgos de arc-flash, es una guía orientada a la seguridad. Proporciona técnicas para aplicar en la determinación de la distancia de peligro del arc-flash y la energía incidente a la cual los empleados podrían ser expuestos durante su trabajo sobre o cerca de equipo eléctrico. Sus aplicaciones abarcan un modelo



derivado empíricamente incluyendo equipos cerrados y líneas abiertas para voltajes de 208 V a 15 kV, y un modelo teóricamente derivado aplicable a cualquier voltaje. El estándar también proporciona una buena lista de definiciones relacionadas con fallas de arco. [11]

Una de las definiciones más centrales es el concepto de energía incidente: *"La cantidad de energía impresa en una superficie, a cierta distancia de la fuente, generada durante un evento de arco eléctrico. La energía incidente se mide en julios por centímetro cuadrado ( $J / cm^2$ )"*. El concepto de energía incidente se utiliza para desarrollar estrategias para minimizar las lesiones por quemaduras. [11]

La guía se basa en la prueba y el análisis del peligro presentado por la energía incidente. Proporciona un detallado proceso paso a paso para el análisis del arco eléctrico. Este análisis termina con la determinación del nivel de energía incidente y el límite de protección de destello (un límite de aproximación a una distancia de partes vivas que no están aisladas o expuestas dentro de las cuales una persona podría recibir una quemadura de segundo grado) basándose en energía incidente de  $5,0 J / cm^2$ : Se debe observar que el análisis sólo cubre el impacto térmico de la falla de arco más no el impacto relacionado con la presión. [11]

El estándar es bien conocido pero utilizado sobre todo en Norteamérica. Aunque los niveles de energía incidente rara vez se calculan en Europa, los cálculos de energía incidente son una herramienta útil al comparar la eficacia de diferentes métodos de protección de arco. Debido a que el nivel de energía incidente depende de cuatro parámetros clave: la corriente de arco, la tensión, la distancia de trabajo y el tiempo de arco, es relativamente fácil ver que normalmente los factores más prácticos para mitigar los impactos térmicos de fallas de arco son los el tiempo de arco y la corriente de arco. [11]

### **c) NFPA 70E**

La NFPA 70E, Norma para Seguridad Eléctrica en el Lugar de Trabajo de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios, se ocupa de las prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad eléctrica, los requisitos de mantenimiento relacionados con la seguridad y otros controles administrativos para la protección práctica de los empleados. Incluye enlaces a la protección

de arco, y proporciona algunas definiciones comúnmente usadas para fallas de arco, como [12]

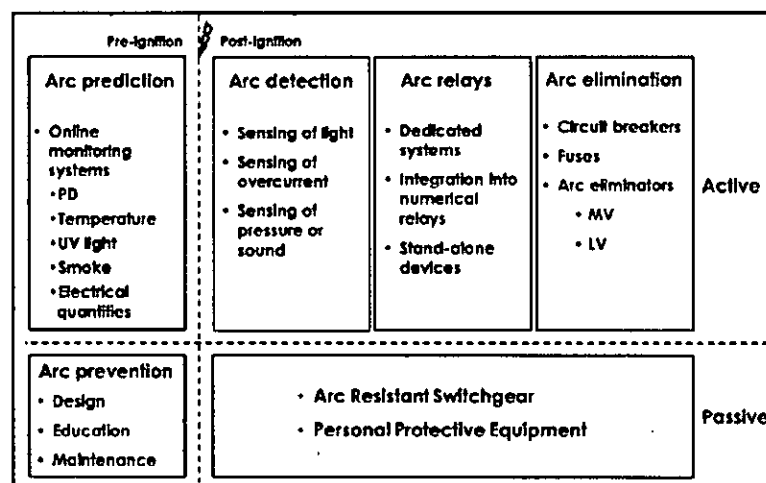
- Límite de Flash de Arco: Cuando existe un peligro de arco voltaico, un límite de aproximación a una distancia de una fuente de arco potencial dentro de una persona podría recibir una quemadura de segundo grado si se produjera un destello de arco eléctrico. (Una quemadura de segundo grado es posible mediante una exposición de la piel desprotegida a un destello de arco eléctrico por encima del nivel de energía incidente de 5 J / cm<sup>2</sup>).
- Equipo de conmutación resistente al arco: Equipo diseñado para soportar los efectos de una falla de arco interno y que dirige la energía liberada internamente lejos del empleado. La NFPA 70E incluye un anexo informativo que da orientación sobre la selección de prendas clasificadas en arco y otros EPI cuando se determina la exposición a la energía incidente.

### 2.2.5 Una visión integral de la protección de arco eléctrico

#### a) Elementos del cuadro de protección de arco

Hay una serie de medios para prevenir fallas de arco y mitigar sus impactos. En la Figura 3 se muestra una vista del cuadro general.

Figura N°.3: Cuadro principal de la protección de arco



Fuente: LAURI KUMPULAINEN, UNIVERSITY OF VAASA

En la Figura 3, los métodos de protección de arco se dividen en métodos activos y pasivos, en protección proactiva (que opera antes de encendido por arco) y reactiva. Estos métodos son complementarios, no exclusivos. La protección proactiva, es decir, la prevención de fallos de arco es naturalmente un objetivo primario. Sin embargo, como las fallas no pueden eliminarse totalmente, siempre se necesita algún tipo de protección reactiva. Al menos desde el punto de vista técnico, se justifican los métodos de protección de arco específicos en lugar de los enfoques de protección convencionales. [8]

#### **b) Diseño, formación y mantenimiento**

Diseñar un switchgear es un tema clave en la prevención del arco, es apoyado por IEC e IEEE. De hecho, la IEC 62271-200 indica que si se diseña y fabrica un cuadro de maniobras que cumpla los requisitos de la norma, en principio se evitarán fallos de arco interno. Sin embargo, las fallas todavía ocurren por una serie de razones. [9]

IEC 62271-200 presenta una lista de ubicaciones en donde es más probable la ocurrencia del arco eléctrico en los switchgear del tipo metal-enclosed.

- Compartimientos de conexión
- Seccionadores, interruptores, seccionadores de puesta a tierra
- Conexiones y contactos atornillados
- Transformadores de instrumentos
- Disyuntores

Según la experiencia, otra localización típica de fallas de arco es la terminación de cables. Centrando la atención de diseño especial en las ubicaciones enumeradas arriba, la probabilidad de fallas del arco se puede disminuir.

El aislamiento de las barras proporciona medios para reducir la probabilidad de fallos de arco causados por ejemplo por la caída de objetos que caen o animales(roedores). El aislamiento también puede evitar que las fallas del tipo monofásicas se conviertan a multifásicas de alta potencia (Dunki-Jacobs

1986). Otra ventaja del aislamiento de barras es que el aislamiento puede ayudar a extinguir el arco (Jones et al. 2000).

La conexión a tierra de alta resistencia (HRG) es otra tecnología relacionada con el diseño que tiene como objetivo reducir la probabilidad de una falla de arco. El sistema HRG tiene una resistencia lo suficiente grande conectada entre la tierra y el punto de conexión del sistema para que exista una corriente mínima que fluya durante una falla a tierra (Sen & Nelson 2007). Sin embargo, el sistema HRG para la mitigación de fallas de arco sólo es efectivo en fallas a tierra (Mohla et al. 2012). Los beneficios y deficiencias obvias de los sistemas HRG en los sistemas MV están bien informados en (Kingrey, Painter & Locker 2011), que ve sólo una ventana limitada de aplicaciones de HRG en sistemas MV.

El factor humano es a menudo la causa directa de una falla de arco, especialmente en casos donde haya víctimas. La educación sistemática del personal, la entrega de información sobre el equipo y los peligros relacionados con la seguridad, es una manera eficiente de aumentar la seguridad y reducir el número de accidentes. [8]

El mismo tipo de enfoque sistemático también se aplica a las prácticas de mantenimiento que aseguran el estado adecuado del equipo, de esta manera ayudan a identificar posibles riesgos. Por ejemplo, la Inspección visual, imágenes térmicas, pruebas de descarga parcial (PD) y pruebas basadas en los tiempos operación de los dispositivos de protección son ejemplos de acciones comunes de mantenimiento preventivo. [8]

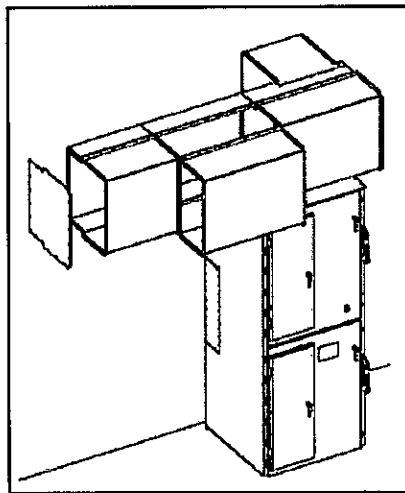
Se debe prestar especial atención al mantenimiento de los disyuntores. Si un CB falla, el rendimiento de otros componentes del sistema de protección es insignificante, con la excepción de la importante protección contra fallos del interruptor. [8]

### **c) Métodos de protección mecánica contra fallos de arco**

La contención del arco y una dirección controlada de la explosión del arco y los gases calientes proporcionan una barrera mecánica entre el operador y la falla del arco. Siempre que las puertas estén cerradas, el armario resistente al arco, definido por IEEE Std C37.20.7<sup>TM</sup> y NFPA 70E, protege al personal de los impactos de la falla. La estructura reforzada mecánicamente también limita

el daño al equipo al impedir la expansión del arco a otros compartimentos. Sin embargo, el equipo en el compartimiento donde ocurre el arco puede sufrir daños considerables. La Figura 4 presenta un ejemplo de tecnología resistente a los arcos, dirigiendo los gases lejos del personal de mantenimiento a través del plenum visto en la parte superior del tablero.

**Figura N°.4: Un ejemplo de tecnología resistente al arco con un plenum de escape**



**Fuente: (Kay, Sullivan & Wactor 2007).**

El tipo de pruebas realizadas que incluyan pruebas de arco de alta corriente por un laboratorio acreditado aumentan la credibilidad del diseño. Esto se aplica especialmente a la protección mecánica proporcionada por el switchgear, ya que hay varios criterios que el cuadro tiene que cumplir antes de que pueda llamarse resistente al arco (Das 2012; IEEE 2009):

- Las puertas y las cubiertas no se abren
- Las piezas que pueden ser peligrosas no salgan disparadas
- No agujerarse debido al arco
- Todas las conexiones a tierra sigan siendo efectivas

Como Stonebridge (2015) afirma, es muy importante darse cuenta de que la contención de fallas de arco interno no proporciona a los operadores de conmutación ni al personal de mantenimiento la protección prevista si hay puertas abiertas o si las cubiertas no están bien cerradas y fijadas en su lugar. Sin embargo, las puertas abiertas no son infrecuentes en el campo y en los escenarios de lesiones (Jones et al. 2000).

El equipo de protección personal (EPP) también puede considerarse una protección mecánica contra los impactos de fallas de arco. El concepto es muy central en América del Norte, donde los cálculos de energía incidente apuntan a definir el nivel de EPP requerido. En Europa tanto los cálculos de energía incidente como los EPP tienen papeles menores. Una limitación importante del EPP es que sólo proporciona protección al personal, no mitiga los daños al equipo.

La Asociación Internacional de la Seguridad Social (AISS) ha elaborado directrices para la selección del EPP cuando se exponen a los efectos térmicos en una falla de arco eléctrico (ISSA 2011). Las guías bien argumentadas y detalladas se basan en la IEC 61482 que no es una norma obligatoria. [10]

La selección del EPP es siempre una compensación entre la protección y los aspectos ergonómicos. La ropa de protección razonable está naturalmente justificada, pero el EPP pesado puede restringir la movilidad o la visión del trabajador y aumentar el riesgo de fallo por arco eléctrico. Los métodos eficaces de protección activa son normalmente capaces de limitar radicalmente el nivel de energía incidente, haciendo innecesario el EPP pesado. Sin embargo, como siempre hay un riesgo de ajustes incorrectos o mal funcionamiento de los equipos y problemas de responsabilidad del producto, es fácil entender por qué los fabricantes hacen hincapié en la protección de los equipos más que en el aspecto de la seguridad del personal. [10]

#### **d) Reducción de la duración del arco**

La energía incidente es proporcional a la duración del arco. La reducción del tiempo de arco es a menudo una manera relativamente fácil y efectiva de mitigar el impacto del arco. Los ajustes de tiempo de funcionamiento de los relés de sobre-intensidad son generalmente inadecuados. En la práctica, la

mitigación efectiva del arco se puede lograr combinando una detección muy rápida del arco con protección por relés de protección y disyuntores. A continuación, se discuten los métodos de mitigación de arco basados en la reducción de la duración del arco, enfatizando los métodos más efectivos. [8]

#### **d.1) Protección diferencial de barras**

Los esquemas de protección diferencial de barras, de alta impedancia y baja impedancia, son métodos tradicionales y eficaces de mitigación de fallas de arco en fallas internas. El tiempo de funcionamiento (tiempo de disparo) puede ser inferior a un ciclo. Los esquemas de protección diferencial de barras funcionan cuando la suma de las corrientes que fluyen en las barras es desigual a la suma de todas las corrientes que fluyen fuera del esta (Chowdhury et al., 2009). Ni la protección diferencial de alta impedancia ni la de baja impedancia es sencilla. Los sistemas de protección de alta impedancia requieren transformadores de corriente específicos y dedicados y varistores limitadores de voltaje que añaden costes (Gajic 2011, Kay, Arvola & Kumpulainen 2011).

Los sistemas de protección diferencial de baja impedancia aplican relés digitales y permiten el uso de TC con diferentes relaciones (Chowdhury et al. 2009; Gajic 2011). Sin embargo, la gestión de los ajustes de los relés, el mantenimiento y la gestión de los incidentes de mal funcionamiento son más complejos que en los esquemas de alta impedancia (Chowdhury et al. 2009, Kay, Arvola & Kumpulainen 2011). Desde el punto de vista de la protección del arco, los esquemas diferenciales de barra no proporcionan normalmente protección contra fallos en ubicaciones de fallas de arco muy típicas: los compartimentos de cables de los alimentadores.

#### **d.2) Zona – Enclavamiento selectivo**

El enclavamiento selectivo de la zona (ZSI) es un método más rentable para los fallos de barra colectora que la protección diferencial de barras. ZSI utiliza la comunicación entre los relés en sentido descendente y el relé de interruptor en sentido ascendente para acelerar la protección de la barra colectora. Si el relé en sentido descendente ve el fallo y se acelera, envía una señal de bloqueo al relé de interruptores aguas arriba. Si no ve el fallo, el relé aguas arriba no recibe una señal de bloqueo y dispara el interruptor principal con un retardo muy corto requerido por el tiempo de recogida del relevador aguas

abajo y la comunicación. Como IEC 61850 se está aplicando más ampliamente, la comunicación basada en mensajes GOOSE está reemplazando la comunicación por cable en aplicaciones ZSI. [8]

#### **d.3) Interruptor de mantenimiento y ajustes instantáneos**

El interruptor de mantenimiento es un interruptor de control conectado a relés de protección electrónicos, que permite pasar del modo de configuración normal a la configuración de mantenimiento con una operación instantánea (Luna, Cassidy & Franco 2011). El interruptor puede ser activado, por ejemplo, Cuando el personal de mantenimiento entre en la zona peligrosa. El interruptor de mantenimiento proporciona protección al personal, pero no ayuda a que ocurran fallas fuera del tiempo de mantenimiento. [8]

#### **d.4) Detección de la luz**

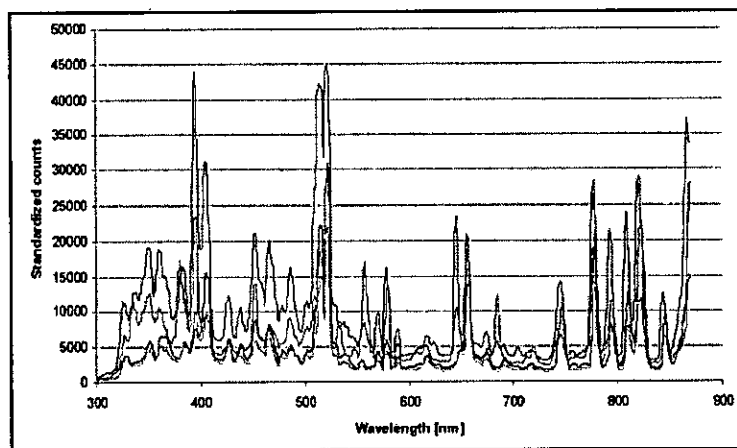
La detección de arco puede basarse naturalmente en fenómenos distintos de la observación de cantidades eléctricas. La energía del arco y la intensidad luminosa tienen una fuerte correlación que permite trazar el desarrollo de la corriente de arco directamente desde la señal luminosa (Melouki, Lieutier & Lefort 1996). La detección de la luz es por lo tanto una excelente opción para la detección de fallas de arco. Los requisitos básicos para la detección de luz son la velocidad y la sensibilidad apropiada en el rango espectral de las fallas de arco. Como dice Land (Land & Gammon 2015), la clave para minimizar el riesgo de arco voltaico radica en reducir la duración de la falla de arco, hay una serie de nuevas tecnologías de mitigación que dependen de la detección de luz para tiempos de respuesta rápidos. Por lo tanto, la protección basada en la detección de luz puede considerarse como una solución convencional de los modernos sistemas de protección de arco.

- La luz visible consiste en el espectro de luz que va desde los 380 nm a 780 nm longitudes de onda. Según pruebas anteriores de arco eléctrico la mayor parte de la energía radiada está en el rango de 200-600 nm (Wilson et al. 2007). Sin embargo, algunas pruebas más recientes indican que, además del rango de la luz visible y el rango ultravioleta (UV) (por debajo de 380 nm), las fallas de arco también emiten radiación infrarroja (IR). Esto está en línea con el hecho de que un evento de arco voltaico causa un impacto térmico significativo.



La Figura 7 presenta los espectros de emisión de arcos en ensayos de arco en baja tensión con diferentes materiales de barras [8]. La figura confirma que el espectro del arco es amplio, extendiéndose desde el área de UV hasta el área de IR. Los picos en el espectro revelan las sustancias implicadas en el arco, por ejemplo, el pico a aprox. 520 nm es causada por el cobre. [8]

**Figura N°.5: Características medidas del espectro de arco en barras con poca distancia y diferentes materiales de barra colectora.**



**Fuente: LAURI KUMPULAINEN, UNIVERSITY OF VAASA**

En general, se pueden aplicar sensores con un amplio rango en la detección de la luz. La Figura 6 presenta ejemplos de sensores de tipo punto y un sensor de fibra. El beneficio del sensor de punto es que proporciona información más precisa sobre la ubicación del fallo, lo que permite una protección más selectiva. Por otro lado, un sensor de fibra es una solución rentable. Un tipo especial de sensor es el sensor personal que se puede conectar a la ropa del personal de mantenimiento, agregando seguridad al asegurar la detección de la posible falla de arco.

**Figura N°.6: Sensores de punto y sensor de fibra**



**Fuente: VAMP, Finland**

La sensibilidad de la detección de la luz en switchgear normalmente no es un problema. El umbral debe ser lo suficientemente alta para evitar la falsa detección causada por la luz del ambiente, pero lo suficientemente bajo como para atrapar las fallas de arco. La iluminancia requerida a nivel del suelo en las oficinas es generalmente de 500 lux, variando de 200 lux en archivadores a 750 lux en locales para dibujo técnico. Los fotodiodos se pueden aplicar en la detección de luz. La luz detectada se transforma en una señal de corriente eléctrica.

La experiencia práctica ha demostrado que el nivel de sensibilidad de sensores ópticos de aproximadamente 8000-12000 lux da buenos resultados en las instalaciones de conmutación, causando sólo un bajo riesgo de eventos de protección no intencionales por luz ambiental, pero garantizando una detección fiable y rápida de arcos de falla. Zhou (Zhou et al. 2014) recomienda un ajuste más alto de 20-40 klx. Una de las ventajas de la detección de la luz es la falta de un requisito para coordinar con los dispositivos posteriores (Simms & Johnson 2013).

Si existe un alto riesgo de que la luz ambiente pueda provocar un disparo erróneo, pueden aplicarse sensores o filtros de banda estrecha. Land (Land, Eddins & Klimek 2004) ha elegido un filtro UV de banda estrecha centrado a 325 nm para distinguir la luz del arco de la luz visible ambiental. Otra área de aplicación donde se puede aplicar un sensor de banda estrecha es la protección de las inmediaciones de los disyuntores de baja tensión en aire. Algunos interruptores emiten luz durante el funcionamiento, y esto puede causar la operación no intencional de la protección de arco si se utilizan sensores ópticos de amplio rango normal.

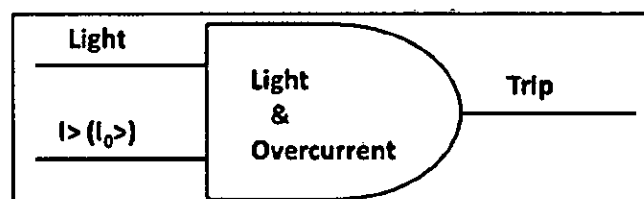
Aunque existe una vasta experiencia positiva de la funcionalidad de los sensores sensibles a la luz existentes, una mayor investigación sobre la radiación electromagnética de los arcos beneficiaría la estandarización de las tecnologías de detección de arco, incluyendo la detección de arcos de falla en desarrollo.

Teniendo en cuenta el rendimiento y la experiencia de los sensores existentes, existe una necesidad limitada de desarrollar aún más la detección de la luz. Además de la estandarización, el autodiagnóstico del sistema, que garantiza el rendimiento de los sensores y de todo el sistema, puede ser un campo relevante de desarrollo. Un enfoque se ha introducido en (Koksalo 2011) y otro tipo de prueba incorporada se propone en (Land & Gammon 2015).

#### d.5) Detección rápida de sobre-corriente

Especialmente en sistemas eléctricos industriales, se requiere una alta confiabilidad. Las interrupciones pueden causar costes muy elevados, por ejemplo, en la industria del proceso cuando se detienen los procesos importantes. El requisito de confiabilidad se aplica naturalmente a los sistemas de protección, es decir, se debe eliminar el disparo involuntario. Esta es la razón por la cual muchos sistemas de protección de arco se basan en la detección simultánea de más de un fenómeno. La combinación más común es la detección dual de la luz y la sobrecorriente. En la actualidad, las características de corriente anormal y la luz procedente del arco son los primeros elementos fácilmente detectables de un evento de arco. Juntos, estos dos métodos proporcionan un esquema de detección de arco extremadamente rápido y muy seguro. La figura 7 presenta el principio del criterio de detección dual, que requiere la detección simultánea de luz y sobrecorriente. [8]

Figura N°.7: Principio de detección simultánea de luz y sobrecorriente.



Fuente: VAMP, Finland

Dado que la mayoría de las fallas de arco se inician como fallas monofásicas (Mohla et al. 2012), es muy importante incluir la detección de fallos de fase a tierra en la protección del arco. De acuerdo con (Shields 1967), las fallas de arco pueden ser destructivas incluso a bajos niveles de corriente. Otra razón es que, si el arco es detectado y eliminado antes de que se convierta en un fallo trifásico de alta potencia, el daño será menor (Dunki-Jacobs 1986). La detección de la sobrecorriente de secuencia cero (I<sub>0</sub>) se utiliza a menudo en la detección de fallas de arco de fase a tierra. La detección de la tensión de secuencia cero es un indicador tradicional de fallas de fase a tierra, pero hasta ahora no se ha aplicado ampliamente en la detección de fallos de arco. Puede ser necesario en algunos casos donde la corriente de falla es muy limitada (Zhou et al. 2014).

La velocidad de la protección contra sobrecorriente tradicional no es adecuada en aplicaciones de protección de arco. Sin embargo, los transformadores de corriente normales, que se utilizan en los propósitos de protección de sobre-intensidad, se pueden utilizar en protección de arco. Por lo tanto, no se necesitan TC adicionales. Se ha afirmado que la medición actual retarda la detección de arco (Parikh et al. 2014), pero esto no es necesariamente cierto. Los elementos de sobrecorriente estándar no se aplican en aplicaciones de protección de arco. La detección instantánea de sobrecorriente se activa mediante métodos especiales. En (Öhrström, Söder & Breder 2003) se describe un algoritmo que emplea valores instantáneos de corriente muestreados y se demuestra un tiempo de detección de 1 ms en fallas trifásicas. El algoritmo fue incluso capaz de discriminar las fallas de otros transitorios del sistema de potencia. Otro enfoque (Garzón 2003) aprovecha la discontinuidad de la forma de onda de la corriente (cambio en  $di/dt$ ) combinada con un umbral relativamente bajo en magnitud de corriente para lograr una detección de sobrecorriente muy rápida. En (Wilson et al. 2007) se utilizan detectores de forma de onda de pico a pico con el fin de eliminar los retrasos asociados con los cálculos convencionales de la raíz media cuadrada (RMS). La detección rápida de sobrecorriente también es posible aplicando un comparador analógico, como se describe en (Jäntti et al. 2014). El comparador permite la detección instantánea de sobrecorriente de fase o de secuencia cero. En los fallos de alta potencia, el tiempo de detección es del orden de magnitud 1 ms.

La protección de luz y sobrecorriente puede compararse con la protección diferencial de barras tradicional. Además de la velocidad y la selectividad hay muchos otros beneficios. Se ha presentado una extensa comparación en (Zhou et al., 2014), que incluye la evaluación de los principios de funcionamiento, la velocidad, la estabilidad, la selectividad, la flexibilidad, la fiabilidad y la idoneidad para la adaptación posterior.

#### **e) Sistemas de protección basados en la detección de luz**

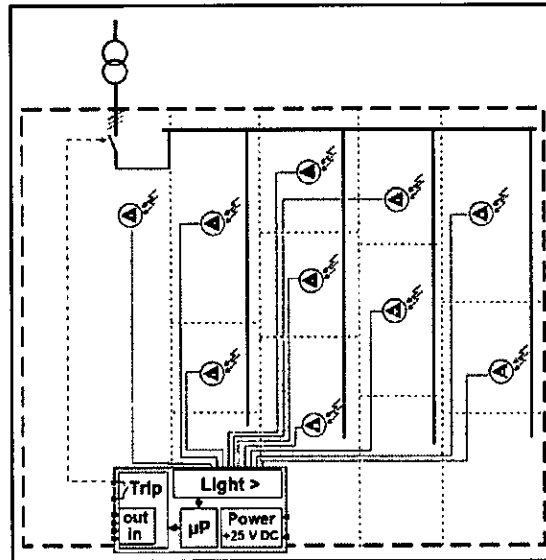
La detección de luz es el método de detección de arco más rápido, aplicado por una serie de fabricantes y por un número creciente de usuarios finales. Esta es la razón por la que se escribe lo siguiente desde el punto de vista de detección de arco basado en luz, asumiendo que la detección de luz es por lo menos una de las condiciones de funcionamiento del relé de protección de arco. [8]

##### **e.1) Dispositivos autónomos**

En aplicaciones limitadas donde no se requiere selectividad, se pueden utilizar dispositivos sencillos independientes. Los criterios de operación pueden ser "sólo luz" o una combinación de luz y sobrecorriente. La protección autónoma se puede aplicar, por ejemplo, en la industria eólica y pequeñas aplicaciones de switchgear. La Figura 8 presenta un ejemplo de una aplicación de conmutador con condición de "sólo luz". Las líneas discontinuas representan la división del cuadro en varios compartimentos, cada uno equipado con un sensor de luz. [8]

El sistema de protección consta de sensores de luz con cableado asociado (líneas grises), relé de protección de arco independiente y el disyuntor. El relé de protección consiste en un módulo de poder, canales de entrada del sensor de luz, microprocesador y el módulo de E / S incluyendo el relé de disparo.

**Figura N°.8: Ejemplo de una protección simple mediante un dispositivo autónomo.**

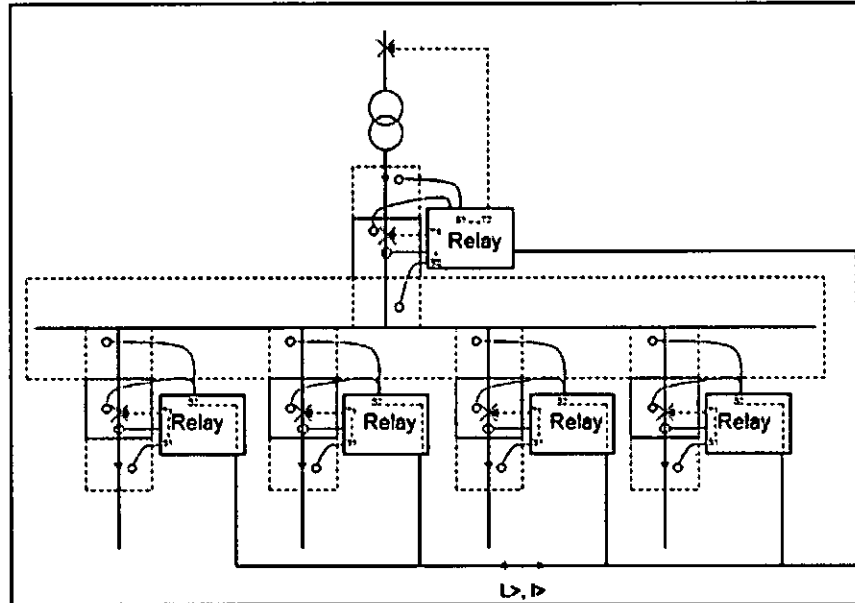


**Fuente: VAMP, Finland**

### **e.2) Protección de arco integrada en los relés de protección**

Los relés de protección numéricos pueden equiparse con una opción de protección de arco, incluyendo entradas de sensores a sensores de luz y una opción de protección de sobre-intensidad de alta velocidad. La comunicación entre los relés es necesaria para la protección selectiva, es decir, el disparo de los disyuntores apropiados. La figura 9 presenta un esquema de una aplicación de MV que permite el disparo selectivo de los alimentadores salientes, en caso de que se produzca un fallo de arco en el compartimento de cable de salida.

**Figura N°.9: Ejemplo de protección selectiva mediante relés numéricos comunes equipados con opción de protección de arco.**



Fuente: VAMP, Finland

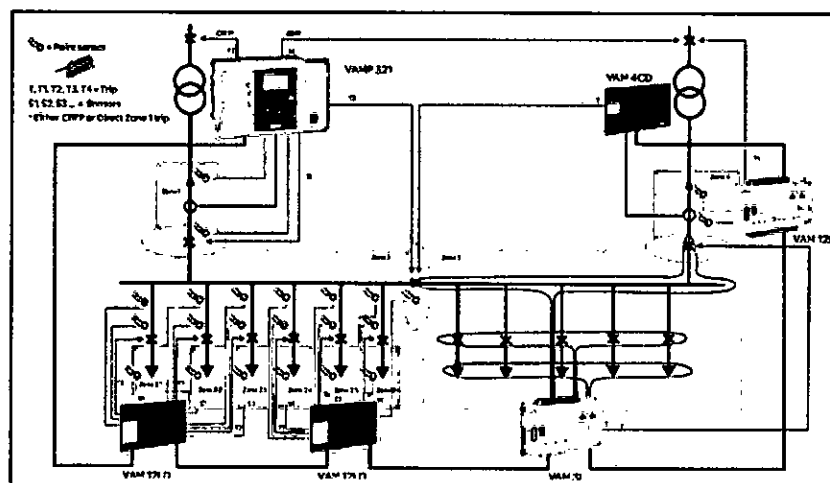
### e.3) Sistemas de protección de arco dedicado

Para sistemas complejos, se pueden aplicar equipos dedicados de protección de arco. Mientras que los relés numéricos son relés multifunción, los relés dedicados de protección de arco están comprometidos con la protección de arco, y son los componentes clave del sistema de protección de arco. Un sistema típico consiste en sensores, unidades de E / S de luz y corriente que recogen datos de sensores de luz y transformadores de corriente, cableado de comunicación y un relé de protección de arco dedicado como unidad central. Puede haber varias unidades centrales para la recolección final de todos los datos y disparar los interruptores de circuito correctos si se detectan luz y sobrecorriente. [8]

La figura 10 presenta un ejemplo simplificado de un sistema dedicado de protección de arco de conmutación MT. El sistema está compuesto por una unidad central, una unidad de E / S de corriente y cuatro unidades de E / S de luz. La corriente se mide mediante los TC de los alimentadores entrantes, conectados a la unidad central ya la unidad de E / S actual. Tres unidades de E / S de luz recogen información de sensores de luz tipo punto (dos unidades,

VAM 12LD, para alimentadores salientes en el lado izquierdo y VAM 12L para el alimentador entrante a la derecha), permitiendo la protección selectiva en caso de fallas en terminaciones de cables. Los sensores de luz tipo fibra están conectados a una de las unidades de E / S de luz (VAM 3L). El sistema se divide en una serie de zonas de protección, e incluye protección contra fallos de interruptor, disparo del nivel de tensión superior CB en caso de fallo del CB.

Figura N°.10: Ejemplo de un sistema dedicado de protección de arco



Fuente: VAMP, Finland

## f) Eliminación de la falla de arco.

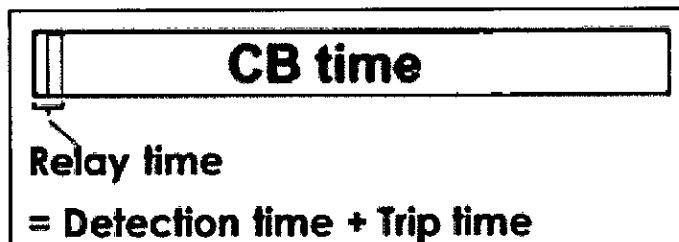
### f.1) Importancia de la tecnología de eliminación

La minimización de la duración del arco es usualmente el método de mitigación de arco más eficiente. En la protección basada en relés (sin tener en cuenta los enfoques basados en fusibles), la duración consiste en tiempo de detección de arco, tiempo de disparo y tiempo de eliminación del arco. El arco de falla puede detectarse en un par de milisegundos y los relés pueden enviar el comando de disparo al disyuntor en 1-10 ms dependiendo de la tecnología de salida. Sin embargo, el arco se extingue finalmente por un interruptor de circuito o por un dispositivo de cortocircuito. El tiempo de operación del CB es a menudo el componente más grande del tiempo de formación de arco total. Esto se ilustra en la Figura 11 que muestra los



componentes de la duración total del arco en la eliminación de arco basado en CB.

**Figura N°.11: Componentes del tiempo de arco cuando la detección se basa en luz y sobrecorriente, y la eliminación de arco es llevada a cabo por un CB**



Fuente: VAMP, Finland

Como ilustra la figura 11, el tiempo de operación del CB es normalmente el cuello de botella para minimizar la duración del arco de falla y la energía disipada.

## f.2) Disyuntores

Como se ha indicado anteriormente, el tiempo de operación total de los CB es a menudo la parte dominante de la duración del arco. IEEE 1584 ofrece los tiempos de funcionamiento generales del disyuntor para los CBs LV (25-50 ms) y MV CB (80 ms, 1-35 kV). Los datos de los fabricantes presentan a menudo el intervalo de tiempo de apertura, tiempo de arco y el tiempo de interrupción total, incluyendo el valor de caso más desfavorable, p. 55-60 o 27-58 ms para los interruptores MV (ABB 2014 y Siemens 2009). En la práctica, el tiempo de formación de arco total es, por lo tanto, más corto. Sin embargo, hay otro aspecto importante en las aplicaciones del mundo real: el mantenimiento de los disyuntores. Sin mantenimiento rutinario y pruebas, hay una alta probabilidad que el tiempo de interrupción no estará dentro del rango original o especificación definida por el fabricante del interruptor automático.

### III. METODOLOGIA

#### 3.1. Variables de la investigación:

Se están considerando los siguientes tipos de variables:

- **Variables Independientes.** - La energía incidente (luminosa) liberada durante el fenómeno de arco eléctrico.
- **Variable Dependientes.** - La subestación eléctrica Gálvez Luz del Sur.

#### 3.2. Operacionalización de variables:

Para demostrar y comprobar la Hipótesis formulada, la operacionalizamos, determinando las variables y sus indicadores que a continuación se menciona:

##### 3.2.1 Variable X = La energía incidente

Indicadores:

Arquitectura de protección, obras civiles y equipamiento X<sub>1</sub>

Temperatura, presión, tiempo, ruido, flujo luminoso. X<sub>2</sub>

##### 3.2.2 Variable Y = La subestación eléctrica Gálvez Luz del Sur.

Indicadores:

Costo equipos nuevos y mantenimiento Y<sub>1</sub>

Tiempos de importación Y<sub>2</sub>

#### 3.3. Tipo de investigación

El tipo de Investigación de nuestra tesis es aplicativo, proyectiva, histórica transversal y de campo, de tal forma que podamos demostrar que con el uso de la maleta CMC356 el tiempo de actuación de los contactos secos del relé VAMP es menor al de los relés convencionales.

### **3.4. Diseño de la investigación**

Para el desarrollo del presente trabajo se contó con los implementos necesarios tanto en información bibliográfica como la experiencia de especialistas en este campo de estudio. La estructura que planteamos esta resumida en el diseño, pruebas e implementación de esta solución descrita líneas arriba.

### **3.5. Etapas de la investigación**

En función a la problemática planteada en el presente trabajo de investigación se desarrollaron las siguientes etapas:

- Disposición del equipamiento a implementar.
- Diseño de la arquitectura de protección.
- Configuración de las unidades Vamp y maleta de pruebas.
- Prueba de actuación de los contactos de disparo del relé VAMP321.
- Verificación del correcto funcionamiento acorde a la arquitectura de protección.

### **3.6. Población y muestra**

**3.6.1 Población.-** Usuarios del sistema interconectado nacional SEIN.

**3.6.2 Muestra.-** Un subconjunto representativo de usuarios sistema interconectado nacional SEIN – S.E Galvez Luz del Sur.

### **3.7. Técnica e instrumentación de recolección de datos**

Los datos se obtuvieron mediante un sinnúmero de entrevistas al personal técnico que labora dentro de la subestación Gálvez Luz del Sur los cuales nos indicaron las mejoras que deseaban implementar referente a la protección de arco eléctrico, debido a que ya han sido expuestos a este tipo de fenómeno. Adicionalmente realizamos una inspección técnica del área a estudiar, en donde encontramos una gran cantidad de observaciones que influyen a que el fenómeno de arco eléctrico se desarrolle con mayor facilidad.

### **3.8. Procesamiento de datos**

Para el desarrollo de procesamiento de datos se realizó en conjunto con el personal técnico de Luz del Sur quienes nos proporcionaron la información necesaria para el desarrollo de la arquitectura de protección a implementar, así como también la disposición de su ingeniera actual de protección convencional. Una vez desarrollada está arquitectura los datos obtenidos se configuraron en las unidades VAMP mediante el software VAMPset.

## **IV. CASO APLICATIVO A SUBESTACION ELECTRICA GALVEZ LUZ DEL SUR**

### **4.1 Descripción del sistema eléctrico de la Subestación Gálvez Luz del sur**

La subestación eléctrica de distribución Gálvez Luz del Sur, pertenece al Sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN) el cual cuenta con dos niveles de tensión 60 /10 kV. La subestación está conformada por tres llegadas principales a celdas de transformación denominadas como TR I, TR II y TR III, en donde dos de ellas (TR I y TR II) se encuentran operativas y TR III como reserva. Las salidas de las tres celdas de transformación se conectan a un sistema de doble barra en el nivel de 10kV, conformado por celdas de servicios auxiliares, banco de condensadores, acoples y alimentadores.

El sistema eléctrico de 10kV está constituida por equipamientos de fabricación local y externa de tecnología longeva. Por ejemplo, los interruptores de la serie FG2, relés electromecánicos y numéricos, celdas sin compartimientos para barras y sistema de control inadecuado. Además, el sistema de barras se encuentra expuesto siendo un peligro inminente para el personal que labora en la subestación.

### **4.2 Descripción de la arquitectura de Protección Diseñada**

El requisito de selectividad de la protección de arco eléctrico depende de la construcción de la celda y la importancia de la distribución de energía. Cuanto más importante es el proceso de distribución se implementa un esquema de protección de arco eléctrico más selectivo.

Es por ello la importancia del diseño de una arquitectura de protección de arco eléctrico en la subestación Gálvez Luz del Sur en donde hacemos uso de las unidades VAMP, por la flexibilidad que estos presentan al adecuarse fácilmente a las instalaciones existentes y asimismo por brindar zonas de protección las cuales proporcionan una buena selectividad al sistema.

Para el diseño de arquitectura de protección definimos las unidades VAMP en Master y seguidores, los cuales serán configurados de acuerdo a la ingeniería de protección a implementar. El relé VAMP 321 cumple la función de unidad Master el cual tiene la capacidad de controlar 15 unidades seguidoras. En nuestra solución contamos con

tres unidades VAMP321 asociadas a sus respectivas celdas de transformación, siendo posible que solo una de ellas sea utilizada como unidad master por disposición del fabricante. Definiremos para nuestros intereses el relé ubicado en el transformador II como la unidad Master.

Las unidades VAMP321 cuentan con 4 disparos selectivos destinados para las aperturas de los interruptores principales y de acople. Estas unidades a su vez cuentan con la función de falla interruptor que para nuestro caso fue de 150ms. Poseen también cuatro zonas de protección, que en nuestra arquitectura solo hacemos uso de dos:

- Zona 1 para la protección de barras e interruptores.
- Zona 4 para la protección de falla interruptor 50BF.

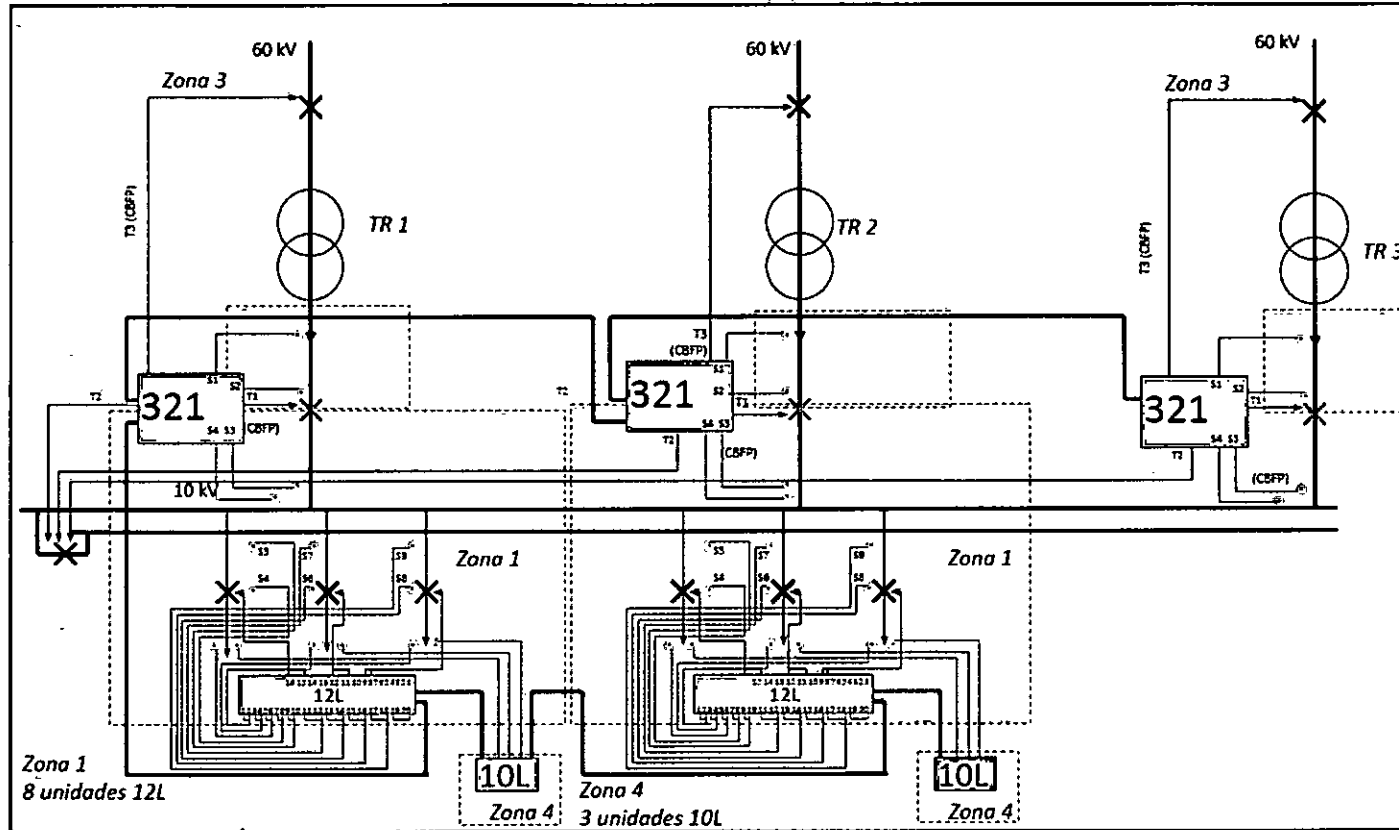
Los relés VAMP 10L y 12L serán utilizados como unidades seguidoras, los cuales cuentan con disparos selectivos brindándole independencia de actuación frente al fenómeno de arco eléctrico, además estas unidades poseen disparos no selectivos los cuales son dirigidos por la unidad master. Las unidades VAMP 10L fueron utilizadas específicamente para cumplir la función de protección de falla interruptor con un retardo de 250ms en las celdas de salidas de 10kV.

Los equipos utilizados en esta solución fueron los siguientes:

- 3 Unidades VAMP321
- 3 Unidades VAMP10L
- 8 Unidades VAMP12L

En la figura N°12 se muestra el diagrama de la arquitectura de protección diseñada

Figura N°.12: Esquema representativo de la arquitectura de protección



Fuente: Propia

### **4.3 Descripción de la función que realizan las unidades VAMP**

Para comprender mejor la arquitectura de protección diseñada es necesario conocer la función que desempeñan los siguientes equipos:

- Vamp 321.
- Vam 12L.
- Vam 10L.

#### **VAMP 321 - TR II (Unidad Maestra)**

En esta unidad se instalaron 04 sensores para fallas principales, esta unidad no tiene zonas de protección ya que es la unidad maestra, pero si controla el disparo por zonas de los demás equipos.

#### **VAMP 321 - TR I y TR III (Unidad Seguidora)**

En estas unidades se instalaron 04 sensores por cada uno para fallas principales. Además, dichas unidades están situadas en la zona 1 por diseño.

Sensor 1: Ubicado en la celda de transformación (salida) que ante una falla de arco eléctrico operará el interruptor del lado de 60 KV y el interruptor principal de 10KV.

Sensor 2: Ubicado en el cubículo del interruptor que ante una falla de arco eléctrico operará el interruptor del lado de 60KV, los interruptores principales de 10KV, el acople de 10KV y todas las salidas.

Sensor 3: Ubicado en el sistema de barras de 10KV (Función falla Interruptor 50BF), que ante una falla no despejada por el sensor 2 este sensor operará con un retardo de 250 ms. Los interruptores a operar serán del lado de 60KV y sus homólogos de 10 KV (principales, salidas y acople).

Sensor 4: Ubicado en el sistema de barra, que ante de arco eléctrico operarán los interruptores principales de 10KV, de acople de 10KV y los interruptores de salida de 10KV.



## **Unidad Vam12L**

En las unidades I/O Vamp12L se instalaron los sensores de las salidas, que cuentan con 3 sensores selectivos que son dirigidos por esta unidad y 7 las cuales son dirigidas por la unidad Master VAMP321.

Se instalaron los siguientes sensores en las salidas de cada celda que corresponde a la ubicación de la Zona 1. De ocurrir una falla de arco eléctrico los sensores cumplirán la siguiente función.

Sensor 1: Opera la salida de 10 KV de la celda a la cual corresponde.

Sensor 2: Opera la salida de 10 KV de la celda a la cual corresponde.

Sensor 3: Opera la salida de 10 KV de la celda a la cual corresponde.

Sensor 4: Opera los interruptores principales de 10KV, el interruptor de acoplamiento y todas las salidas en 10 KV.

Sensor 5: Opera los interruptores principales de 10KV, el interruptor de acoplamiento y todas las salidas en 10 KV.

Sensor 6: Opera los interruptores principales de 10KV, el interruptor de acoplamiento y todas las salidas en 10 KV.

Sensor 7: Opera los interruptores principales de 10KV, el interruptor de acoplamiento y todas las salidas en 10 KV.

Sensor 8: Opera los interruptores principales de 10KV, el interruptor de acoplamiento y todas las salidas en 10 KV.

Sensor 9: Opera los interruptores principales de 10KV, el interruptor de acoplamiento y todas las salidas en 10 KV.

Sensor 10: Sensor libre que puede ser usado para proteger distintas partes expuestas de la barra como seccionadores, transformadores de tensión, transformador de Servicios Auxiliares, etc.

## **Unidad Vam10L**

En las unidades I/O se instalaron los sensores de las salidas, los cuales cuentan con 1 sensor selectivo que es dirigido por esta unidad y 9 las cuales son dirigidas por la unidad Master (VAMP321).

Se instalaron los siguientes sensores en las salidas de cada celda que corresponde a la ubicación de la Zona 4. De ocurrir una falla de arco eléctrico los sensores cumplirán la siguiente función.

Sensor 1: Sensor libre que puede ser usado para proteger distintas partes expuestas de la barra como seccionadores, transformadores de tensión, transformador de Servicios Auxiliares, etc.

Sensor 2, 3,4...10: Operará el interruptor de la salida de 10KV con un retardo de 150 ms.

## **4.4 Descripción teórica del equipamiento utilizado para la realización de pruebas.**

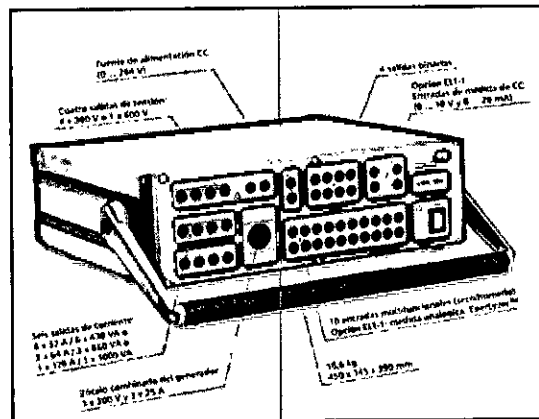
### **4.4.1. Maleta CMC 356 OMICRON**

La maleta CMC356 es un equipo de prueba multifuncional avanzado para pruebas de todas las generaciones de relés de protección digitales y electromecánicos de alta carga a través de software de pruebas gráfico compuesto por módulos de prueba genéricos y dedicados. Este equipo consta de salidas de voltaje y corriente trifásicas, capaces de generar señales de los transformadores de instrumento instalados en el patio de la subestación, así como entradas binarias donde se puede simular el interruptor de potencia. El equipo CMC 356 es la versión universal para probar todas las generaciones y tipos de relés de protección. Sus potentes fuentes de corriente (modo trifásico: hasta 64 A / 860 VA por canal) con una gran gama dinámica, hacen que el CMC 356 sea capaz de probar hasta los relés electromecánicos de alta carga con demanda de potencia muy alta.

El CMC 356 es la opción ideal para aplicaciones que requieren la más alta versatilidad, amplitud y potencia. Los ingenieros y técnicos de puesta en servicio reconocen especialmente, su capacidad de realizar comprobaciones

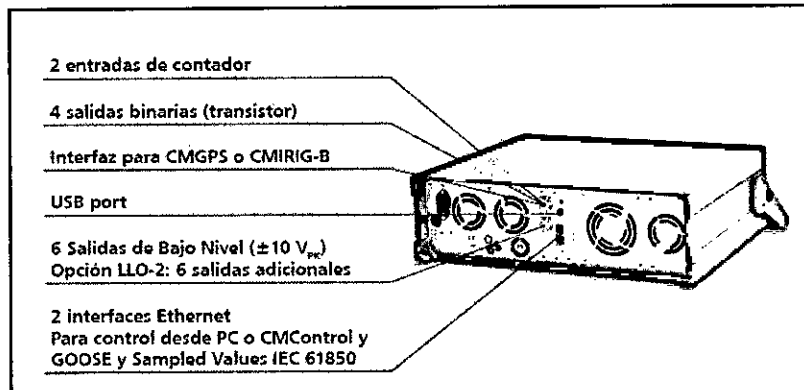
de cableado y versatilidad de los transformadores de corriente, mediante la inyección primaria de altas corrientes desde el equipo de prueba. En las siguientes figuras, 15 y 16, se puede observar la maleta de pruebas OMICRON CMC 356, donde se muestran las salidas análogas, entrada y salidas binarias, fuente de alimentación DC, puertos de comunicación, alimentación AC, etc.

**Figura N°.13: Maleta de pruebas de protecciones CMC356 OMICRON**



**Fuente : Revista OMICRON CMC356 edición 2015**

**Figura N°.14: Puertos de comunicación de la maleta de pruebas CMC 356**



**Fuente : Revista OMICRON CMC356 edición 2015**

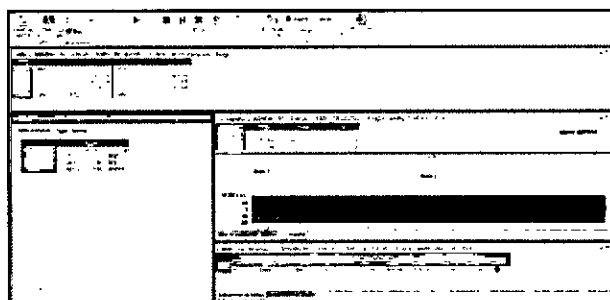
Las señales de prueba analógicas, se generan digitalmente usando lo último en tecnología. Esto, en combinación con el uso de algoritmos adicionales de corrección de errores, produce señales precisas de prueba, incluso a amplitudes pequeñas. Los seis canales de salida de corriente y los cuatro de

tensión, se ajustan continua e independientemente en cuanto a amplitud, fase y frecuencia. Todas las salidas están a prueba de sobrecarga y cortocircuito, y están protegidas contra las señales externas transitorias de alta tensión, y contra la sobre temperatura. El interfaz de red integrado admite pruebas completas en entornos IEC 61850 usando la simulación y suscripción opcional GOOSE, y la funcionalidad de simulación de Sampled Values.

#### **4.4.2. Plantilla de secuencia de estados que se utiliza para la prueba de tiempos de actuación del relé VAMP.**

La secuencia de estados es un módulo de prueba muy flexible para determinar los tiempos de operación y las secuencias lógicas de tiempo. Un estado es definido por las condiciones de salidas (tensión y corriente, salidas binarias) y una condición para la transición del siguiente estado. Varios estados individuales pueden ser puestas juntas consecutivamente con el objetivo de definir una completa secuencia de prueba. La transición de un estado al siguiente puede tomar lugar después de un tiempo fijo. A continuación, se muestra el módulo de prueba de secuencia de estados.

**Figura N°.15: Plantilla de secuencia de estados**



**Fuente: Propia**

## 4.5. Configuración de la maleta de pruebas CMC356

### 4.5.1. Configuración de la plantilla de resultados del módulo SECUENCIA ESTADOS, software Test Universe 3.0.

Para llevar a cabo nuestra prueba realizamos la configuración del módulo con seis estados de operación, siendo tres de ellos de pre falla, conformados por los estados 1,3 y 5, los otros tres estados de operación fueron los de falla, comprendidos por los estados 2,4 y 6.

A continuación, detallamos el significado de los parámetros configurados y su utilización en la prueba desarrollada:

- **Nombre:** representa la asignación de la prueba a realizar que para nuestro lo designamos como "ARC FLASH".
- **Ignorar antes:** representa el estado de pre-falla. Las cuales están representados por los estados de operación 1,3 y 5.
- **Fin:** representa el cambio de estado de los contactos secos del relé (0>1 o 1<0). Para nuestro caso se configuro como "Disparo 0>1" para determinar el final del cambio de estado.
- **tiempo nominal:** representa el tiempo de actuación de los contactos secos del relé. El relé por disposición de fábrica posee un tiempo de respuesta de 7 ms.
- **Tiempos de desviación:** son los rangos permisibles de error. Para nuestro caso fueron de 10ms.
- **Evaluación:** Designa si el estado probado fue correcto (+), incorrecto (-) o no evaluado (0). Para nuestro caso la evaluación de los estados probados fueron correctos.

A continuación, se muestra en la figura N°19 los resultados de prueba

Figura N°.16: Plantilla de configuración de estados

Evaluación de tiempo									
Nombre	Ignor. antes	Inicio	Fin	tnom.	tdev-	tdev+	treal	tdev.	Eval.
Arc Flash	Estado 1	Estado 2	Disparo 0>1	7.000 ms	10.00 ms	10.00 ms	13.70 ms	6.700 ms	+
Arc Flash	Estado 3	Estado 4	Disparo 0>1	7.000 ms	10.00 ms	10.00 ms	13.60 ms	6.600 ms	+
Arc Flash	Estado 5	Estado 6	Disparo 0>1	7.000 ms	10.00 ms	10.00 ms	13.60 ms	6.600 ms	+

Eval.: + .. Correcto x.. Incorrecto o.. No evaluado

Fuente: Propia

#### 4.5.2. Configuración de las entradas y salidas binarias en el software Test Universe 3.0.

A continuación detallamos el significado de los parámetros configurados y su utilización en la prueba desarrollada:

- **Las Entradas binarias:** son aquellas que nos permiten determinar el tiempo de finalización de la prueba, la cual es obtenida por el cierre de los contactos secos del relé VAMP321. Para nuestro caso definimos las salidas binarias 1 y 2 como contactos de disparo y arranque respectivamente.
- **Las salidas binarias:** define la posición del contacto de la maleta de pruebas. En nuestro análisis los estados de pre falla se encuentran en posición abierto (0, de acuerdo al software), mientras que para los estados de falla en posición cerrado (1, de acuerdo al software).
- **El tiempo máximo:** es la longitud de duración de los estados. Para nuestro análisis los tiempos variaran de acuerdo al estado probado.
- **Lógica del trigger:** es la condicional para las entradas binarias de arranque y el disparo, la operación "OR" significa que bien el arranque o el disparo puede activar la lógica del trigger, mientras que en la operación "AND" tienen que estar presente las dos condiciones (arranque y disparo) para activarlo.
- **El Disparo:** se activa cuando se alcanza el umbral de ajuste y el tiempo dado para la actuación de este.
- **El Arranque:** se activa cuando el umbral de ajuste es alcanzado, mas no toma el tiempo configurado.

Figura N°.17: Configuración de entradas y salidas binarias

#### Entradas binarias/analógicas

Equipo en prueba		Equipo en prueba	
Dispositivo	Conector	Etiqueta	Terminal de conexión
CMC356 GK31N	1+	Disparo	
	1-		
	2+	Arranque	
	2-		

## Salidas binarias

Equipo en prueba		Equipo en prueba	
Dispositivo	Conector	Etiqueta	Terminal de conexión
CMC356	1+	Sal. bin 1	
GK31N	1-		

## Ajustes de la prueba

Estado	Estado 1	Estado 2	Estado 3	Estado 4	Estado 5	Estado 6
Sal. bin 1	0	1	0	1	0	1
Tiempo max. estado	10.00 s	2.000 s	10.00 s	2.000 s	10.00 s	2.000 s
Lógica del trigger		OR		OR		OR
Disparo		1		1		1
Arranque		1		1		1

Fuente: Propia

## 4.6. Descripción de las pruebas realizadas

### 4.6.1 Pruebas de actuación de los relés VAMP

Para la realización de esta prueba se dispuso de un accesorio generador de flujo luminoso (AGFL) superior al umbral de actuación de los sensores de los relés VAMP.

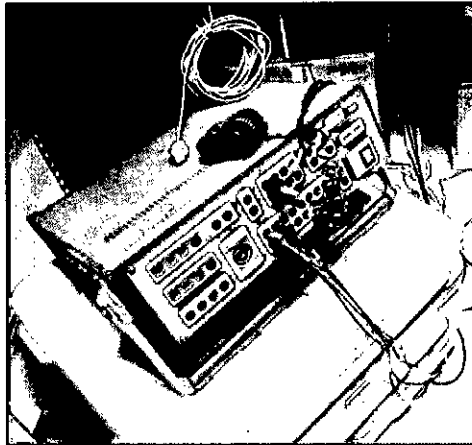
Figura N°.18: Accesorio generador de Flujo Luminoso



Fuente: Propia

El AGFL se conectó mediante dos cables a la maleta de pruebas tal como se muestra en la figura N°X. La activación del AGFL se realizó a través de las salidas binarias del CMC356, permitiéndonos determinar el inicio de la prueba.

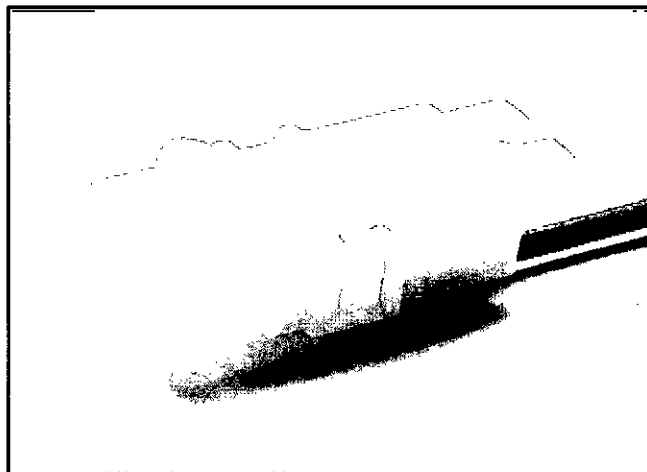
**Figura N°.19: Conexión del AGFL a la maleta de pruebas**



**Fuente: Propia**

El AGFL se situó junto al sensor de arco para simular la falla de arco eléctrico, permitiendo luego al sensor captar el nivel de lux requerido para la posible actuación del relé VAMP 321, el cual se comprueba mediante la utilización del software o la revisión del display del mismo.

**Figura N°.20: ARC SENSOR VA1DA6**



**Fuente: Propia**



De acuerdo al apartado 5.4 el cual describe el procedimiento de configuración para la obtención de los resultados. Finalizamos la prueba con la determinación del tiempo de actuación del relé VAMP, logrando de esta manera el objetivo de la tesis realizada.

**Figura N°.21: Resultados de prueba**

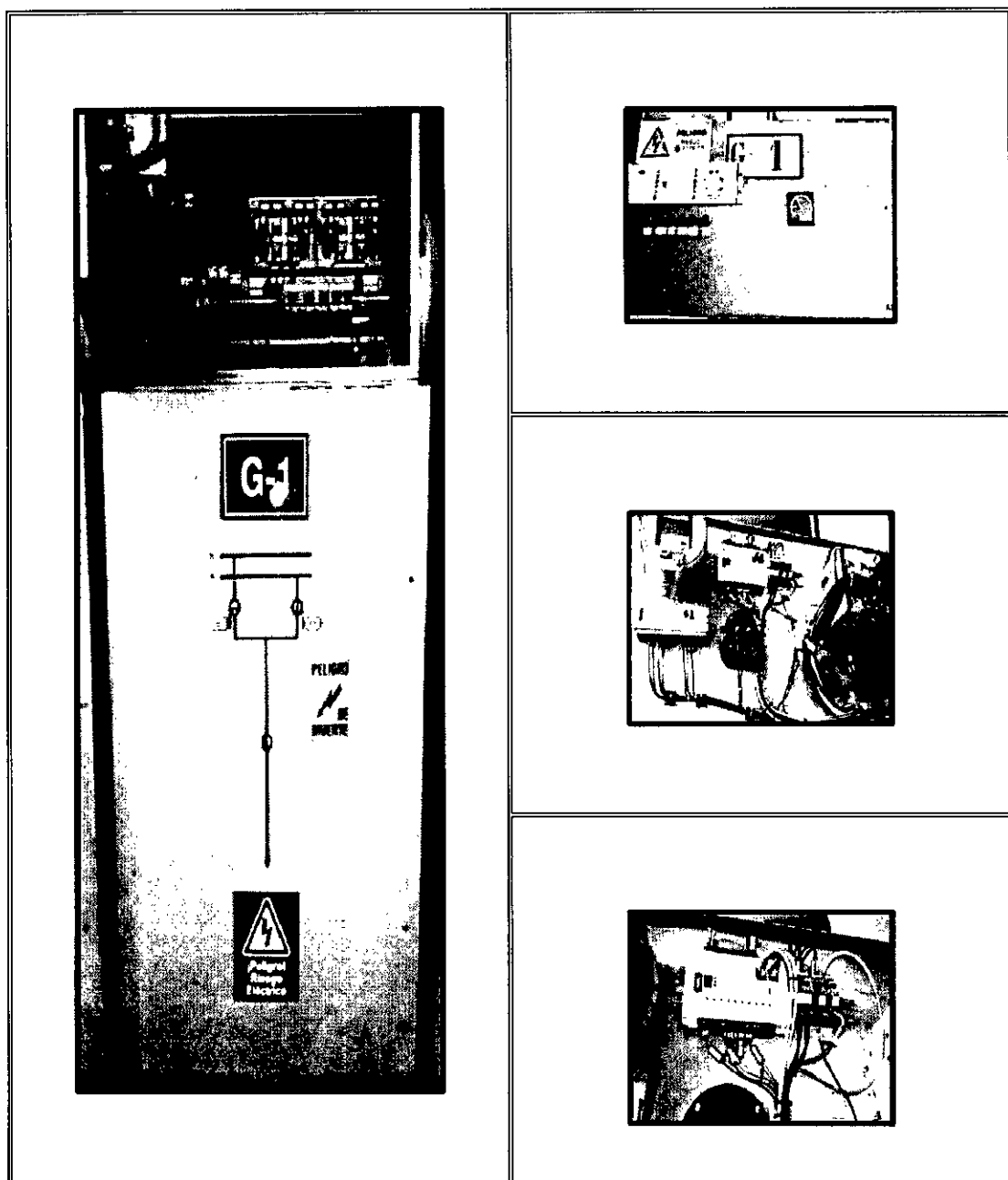
SET-Gálvez							
Evaluación de tiempo							
Inicio	Fin	t <sub>nom.</sub>	t <sub>desv-</sub>	t <sub>desv+</sub>	t <sub>real</sub>	t <sub>desv</sub>	F <sub>1</sub>
Estado 2	Disparo 0>1	7,000 ms	10,00 ms	10,00 ms	13,70 ms	6,700 ms	
Estado 4	Disparo 0>1	7,000 ms	10,00 ms	10,00 ms	13,60 ms	6,600 ms	
Estado 6	Disparo 0>1	7,000 ms	10,00 ms	10,00 ms	13,60 ms	6,600 ms	

Fuente: Propia

#### 4.7 Imágenes recopiladas de la subestación Gálvez Luz del Sur

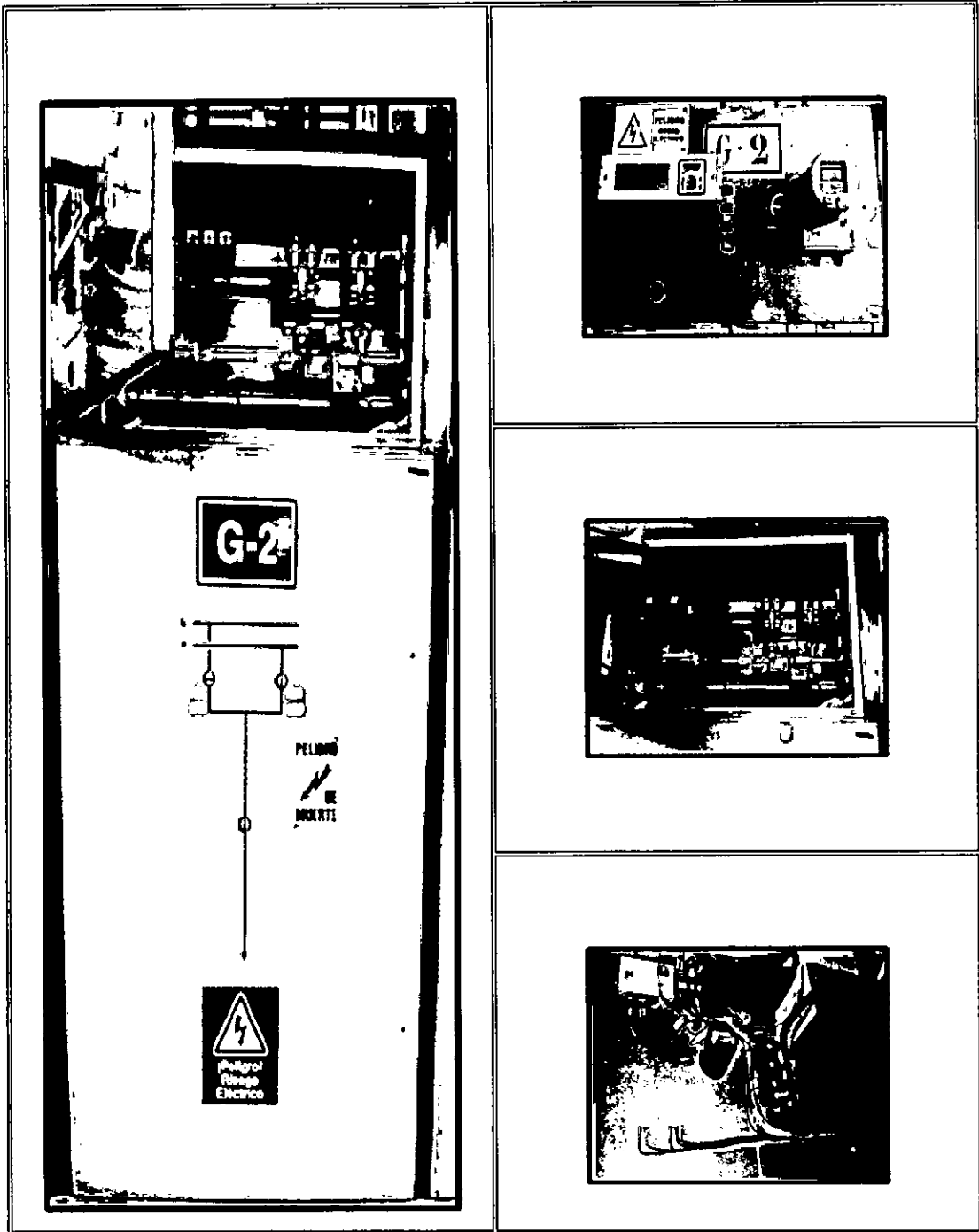
Las imágenes presentadas a continuación fueron recopiladas por nuestra persona en la cual se observa detalladamente la ubicación de las unidades utilizadas en esta solución.

Figura N°.22: Celda G1



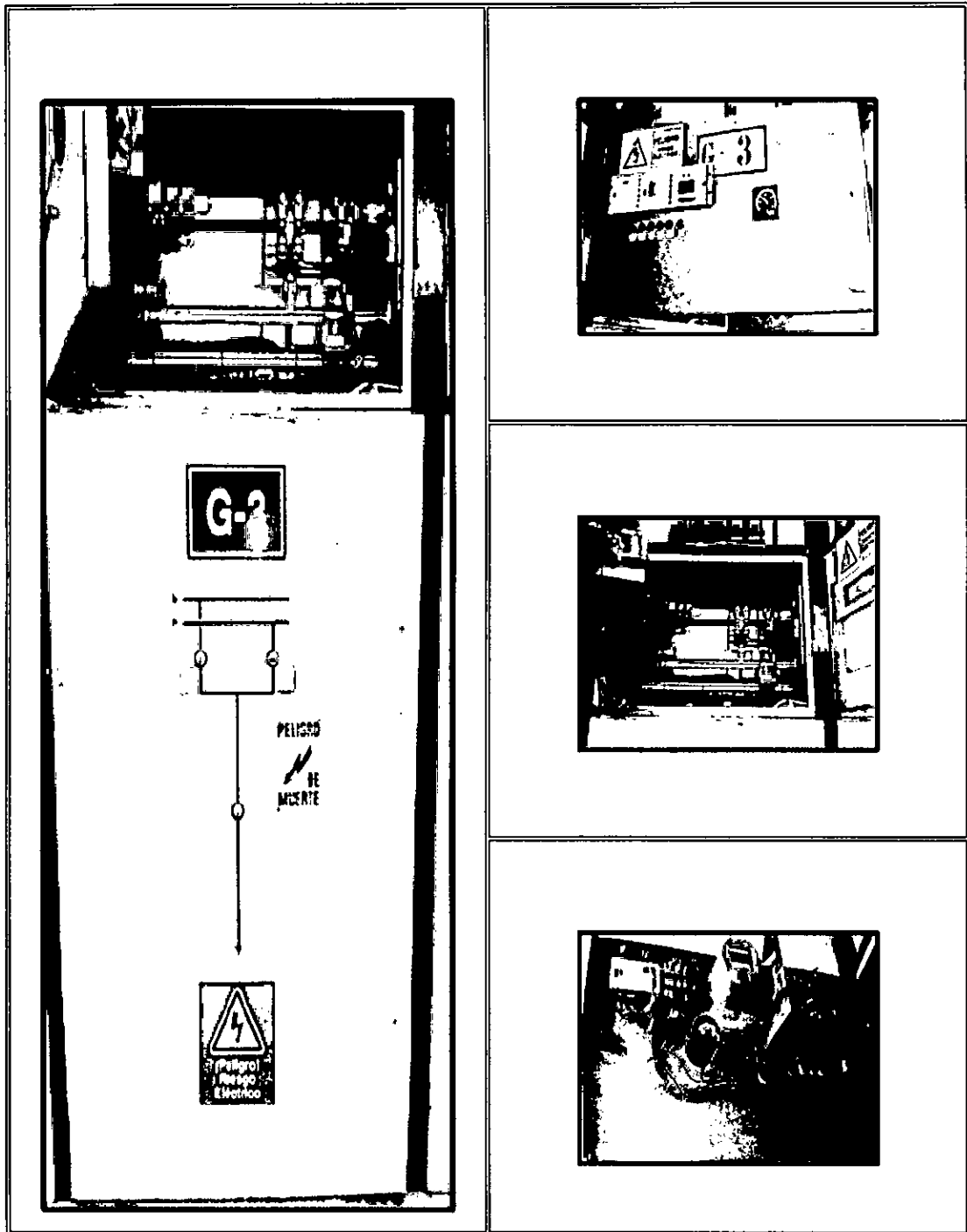
Fuente: Propia

Figura N°.23: Celda G2



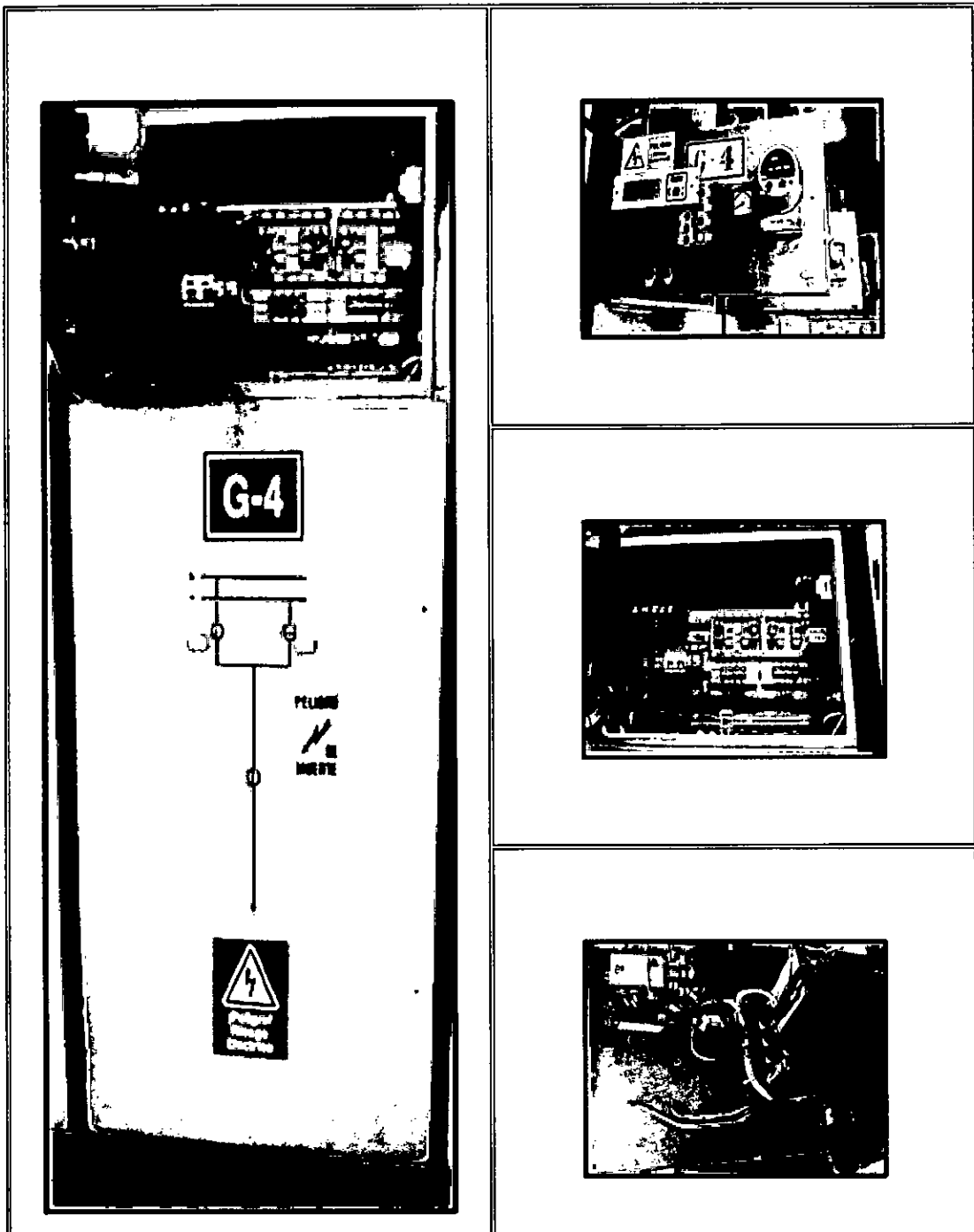
Fuente: Propia

Figura N°.24: Celda G3



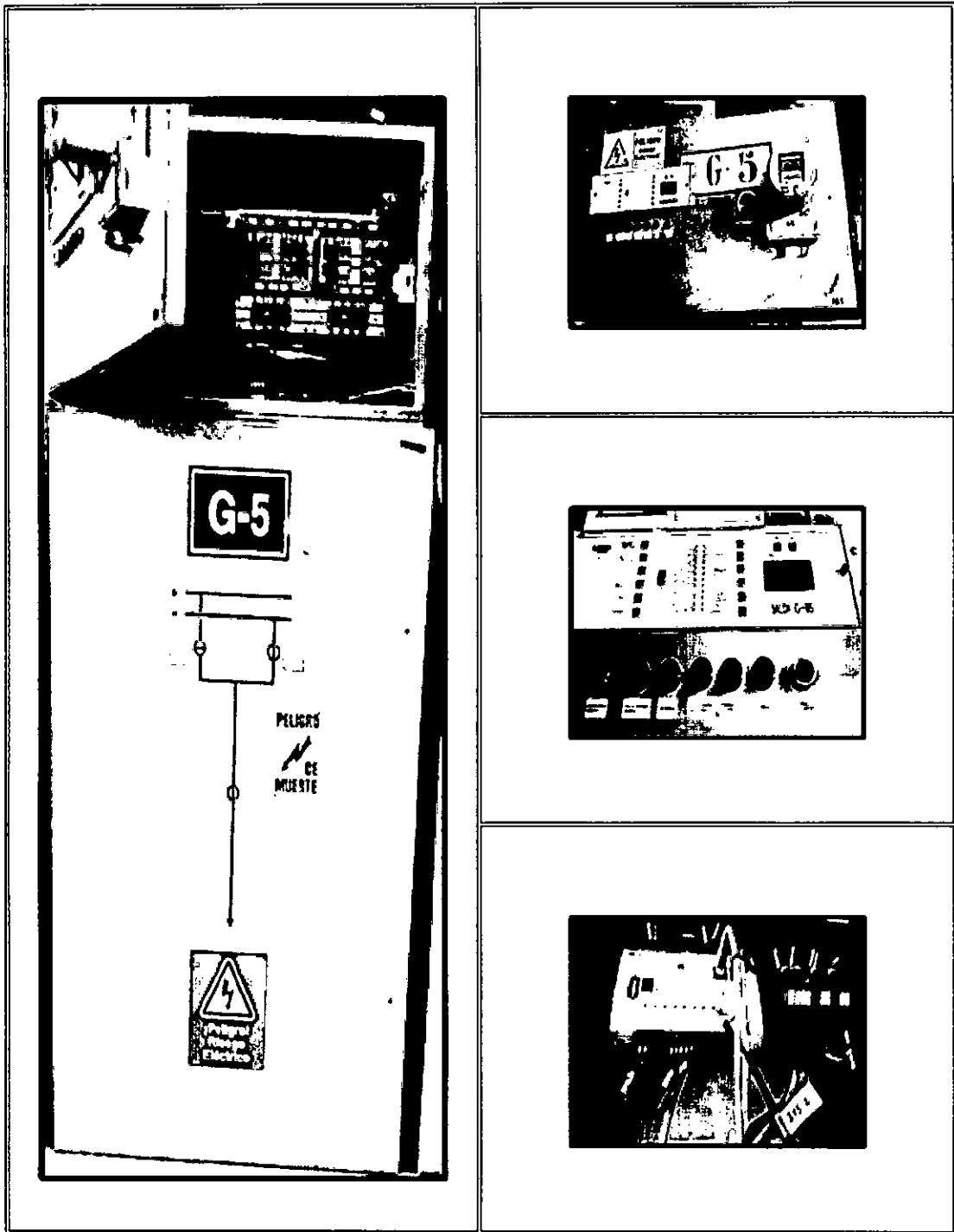
Fuente: Propia

Figura N°.25: Celda G4



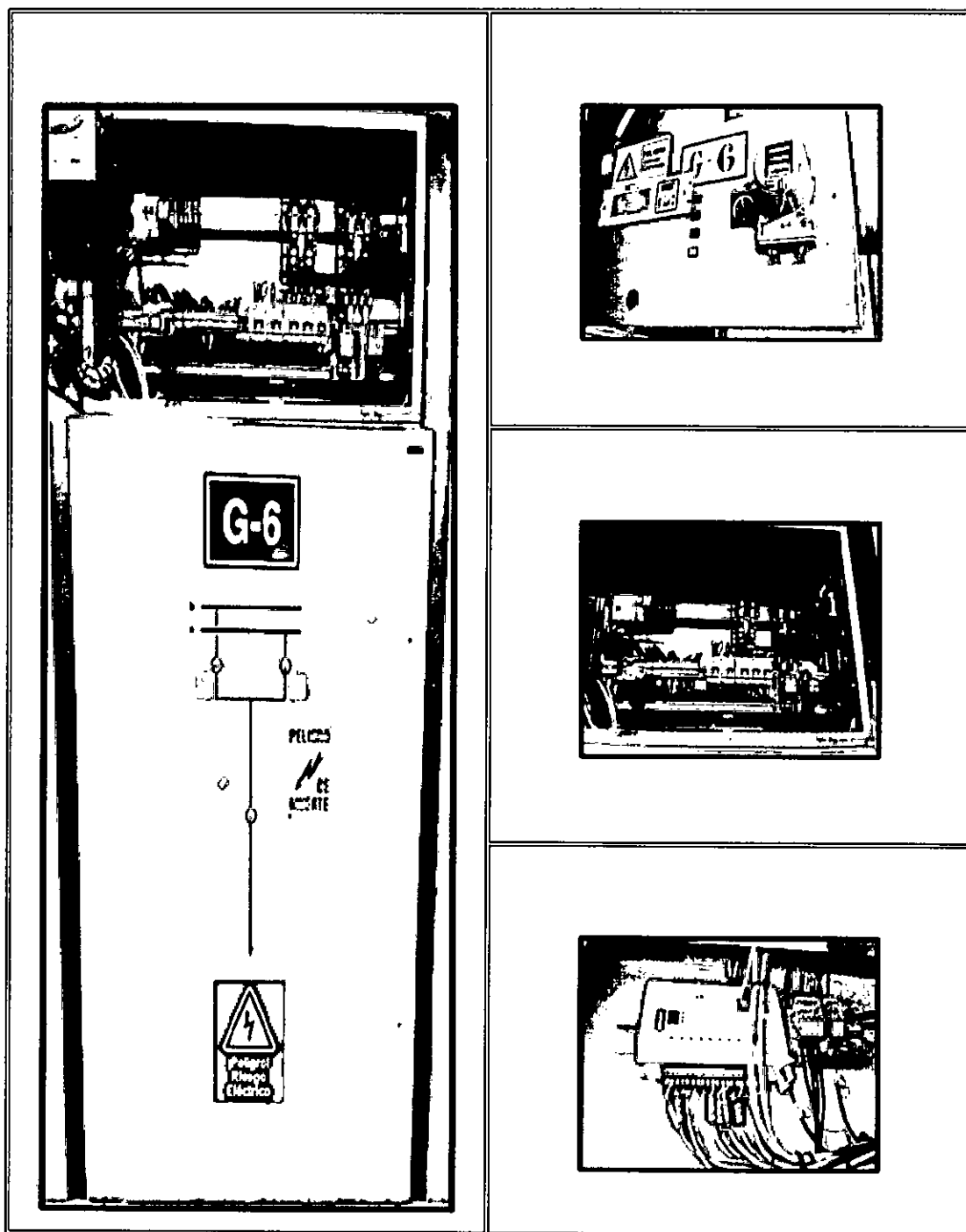
Fuente: Propia

Figura N°.26: Celda G5



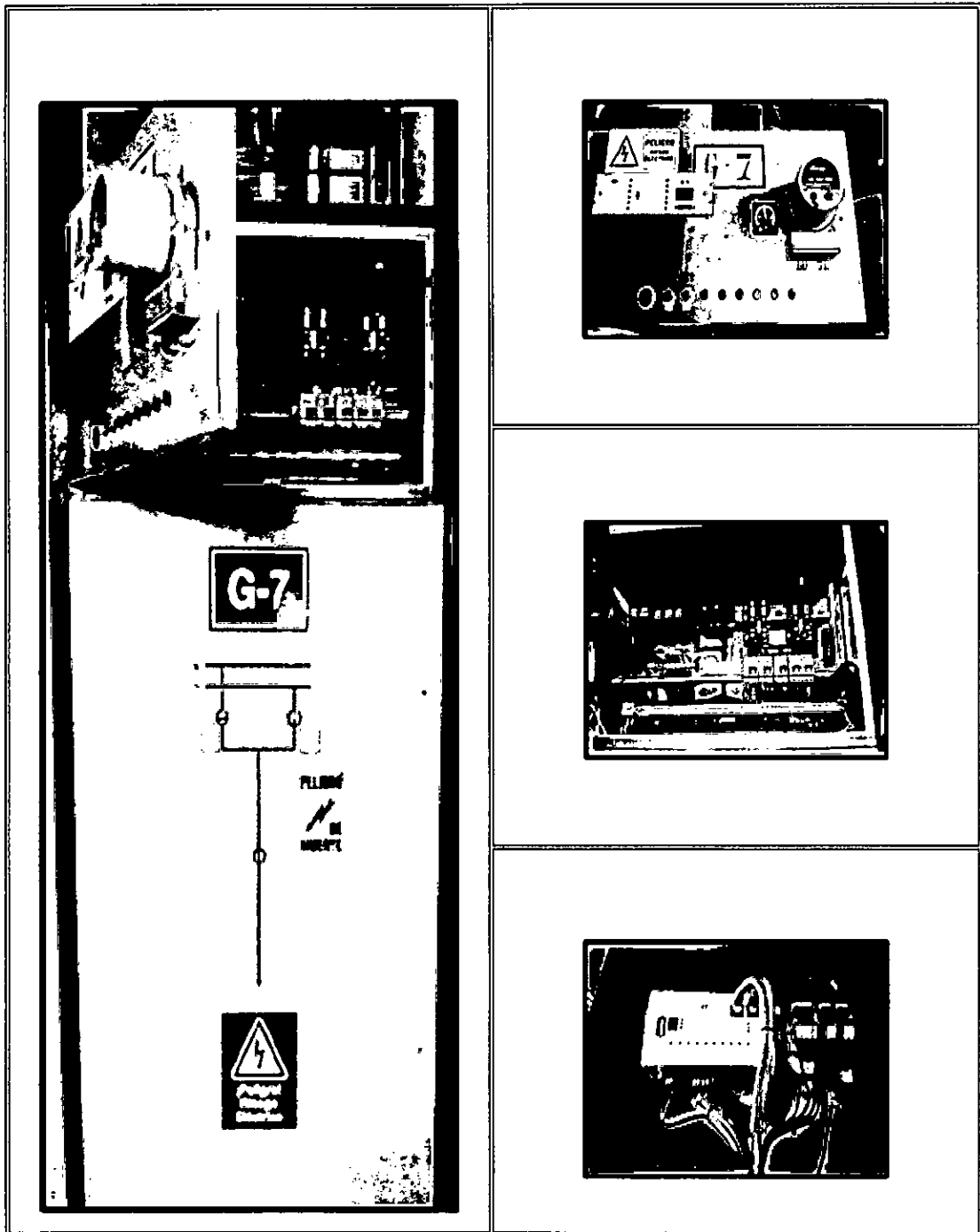
Fuente: Propia

Figura N°.27: Celda G6



Fuente: Propia

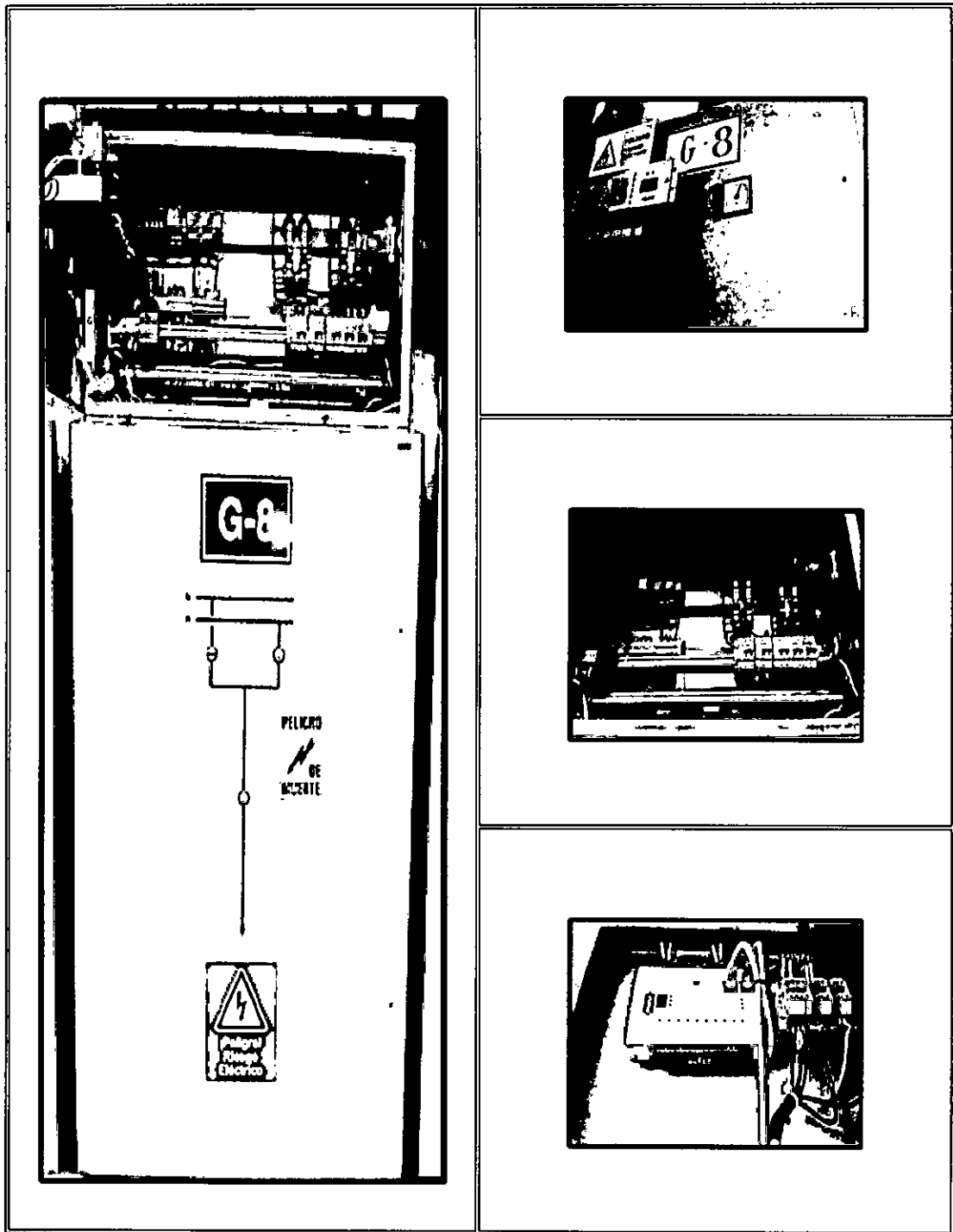
Figura N°.28: Celda G7



Fuente: Propia

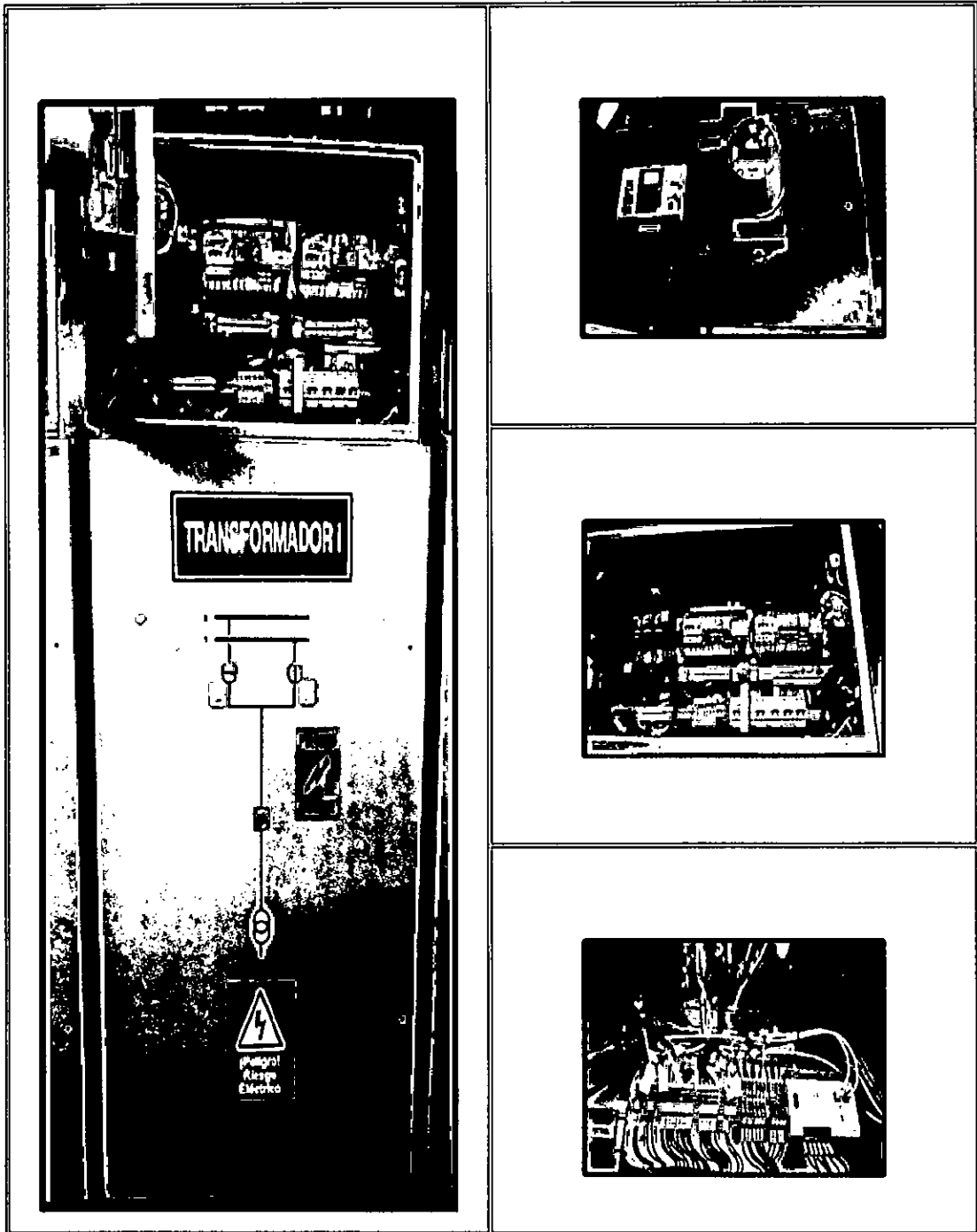


Figura N°.29: Celda G8



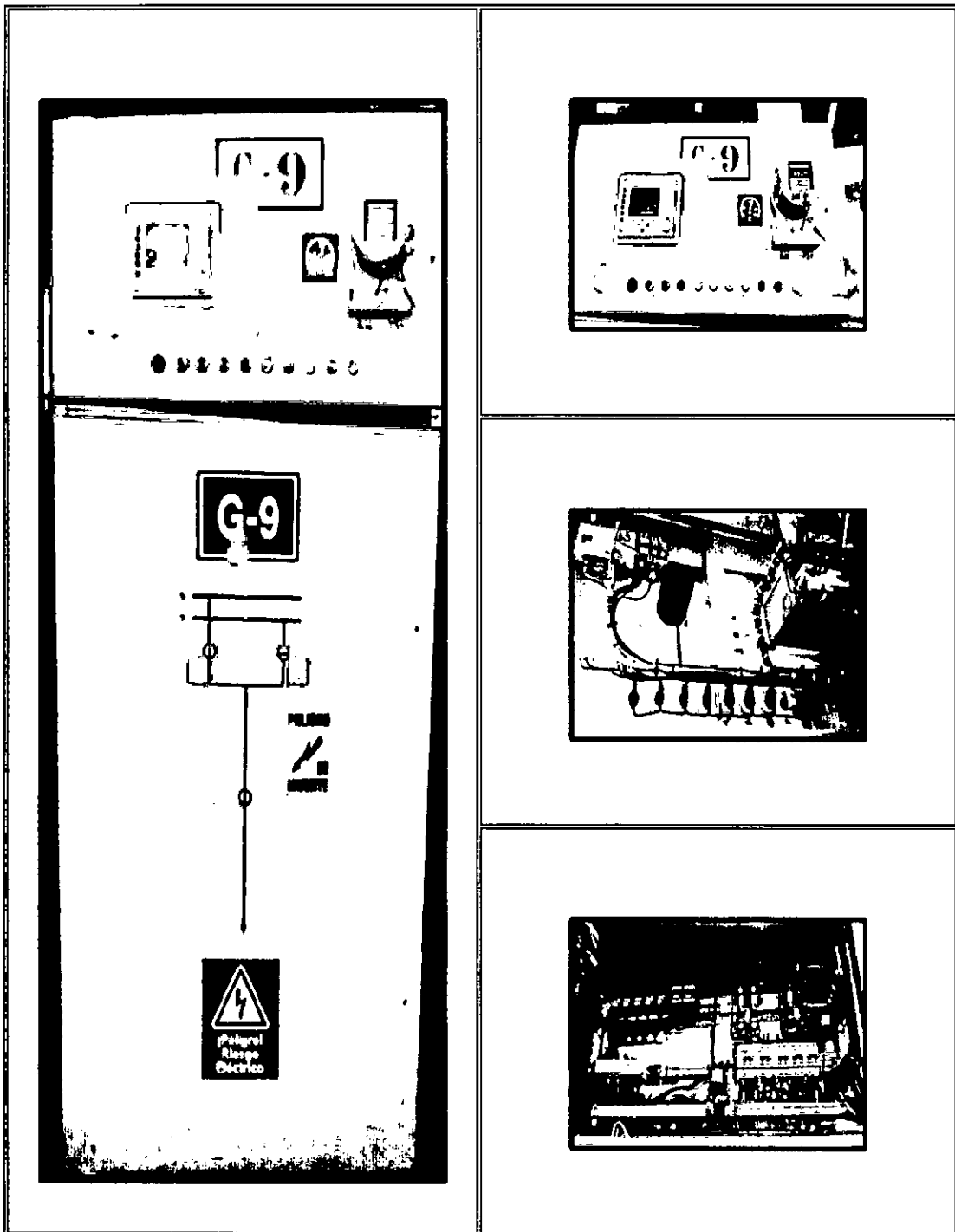
Fuente: Propia

Figura N°.30: Celda Transformador I



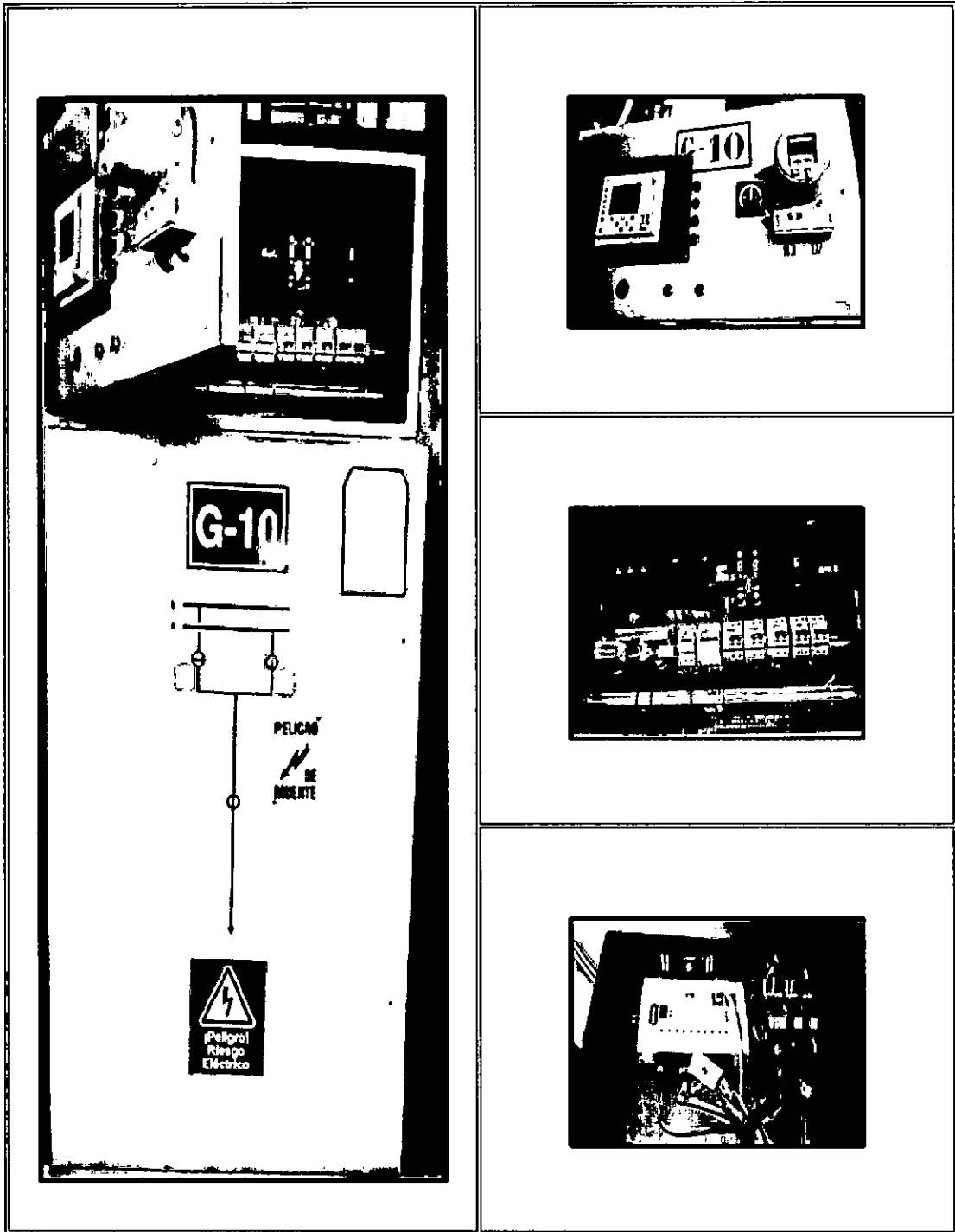
Fuente: Propia

Figura N°.31: Celda G9



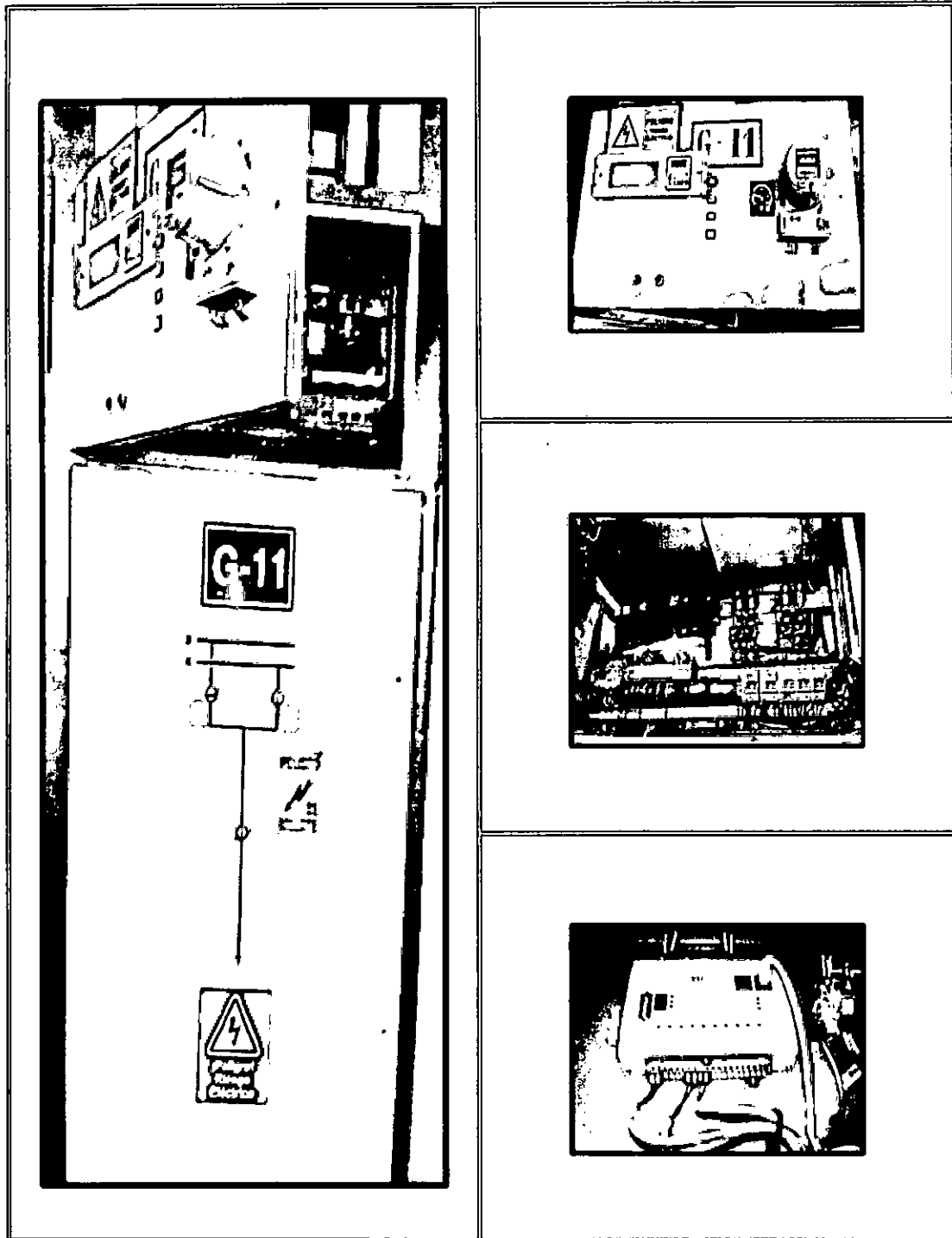
Fuente: Propia

Figura N°.32: Celda G10



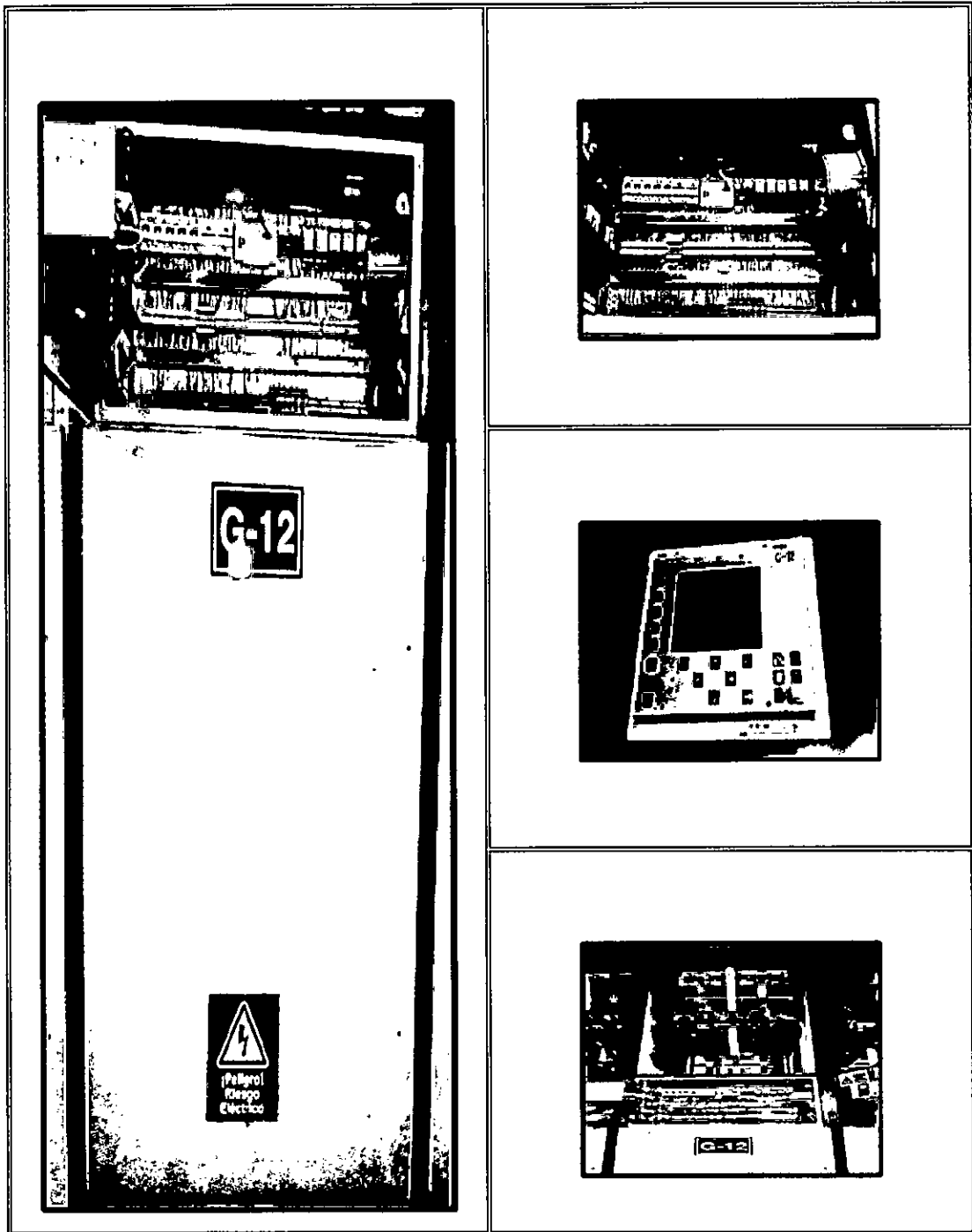
Fuente: Propia

Figura N°.33: Celda G11



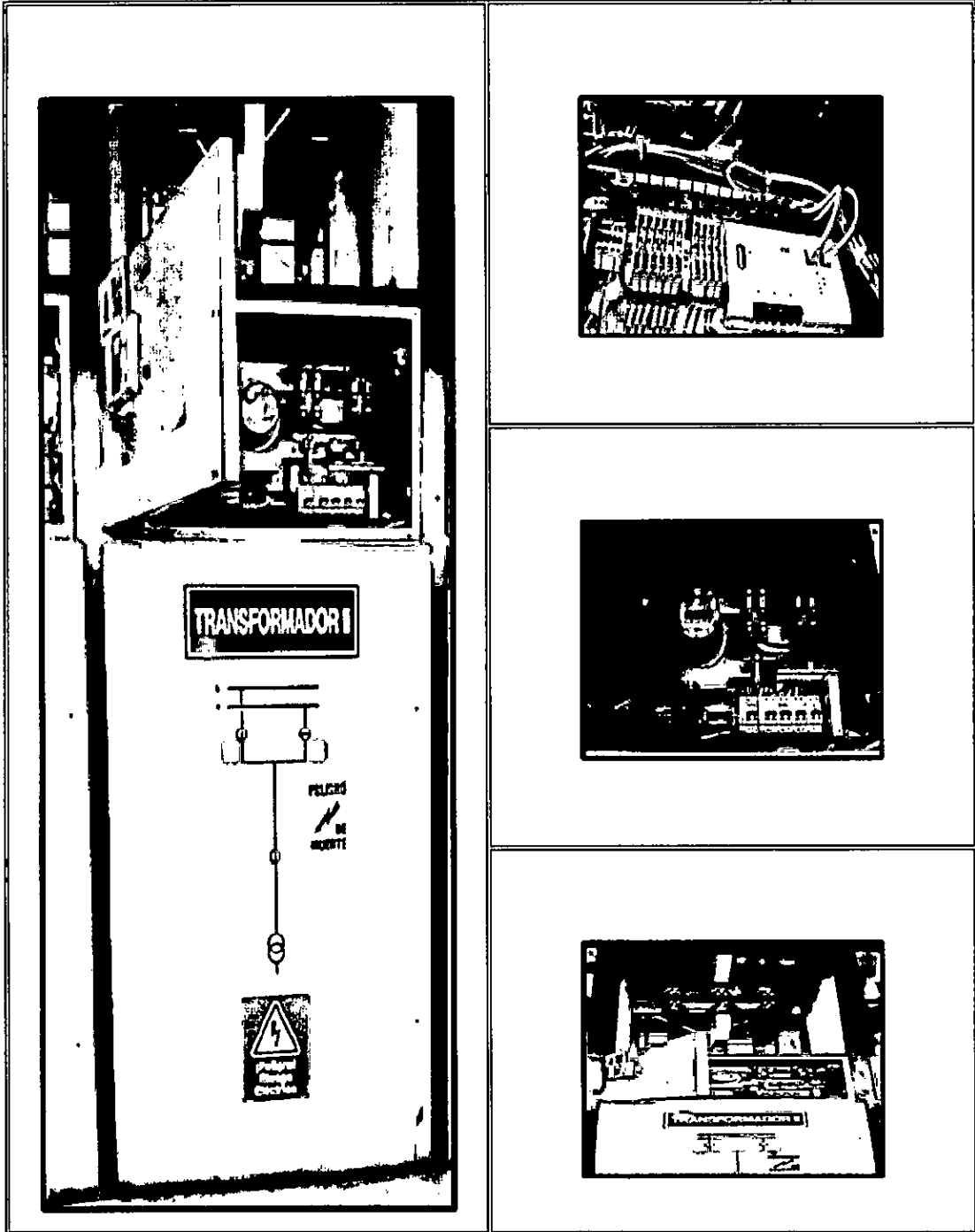
Fuente: Propia

Figura N°.34: Celda G12



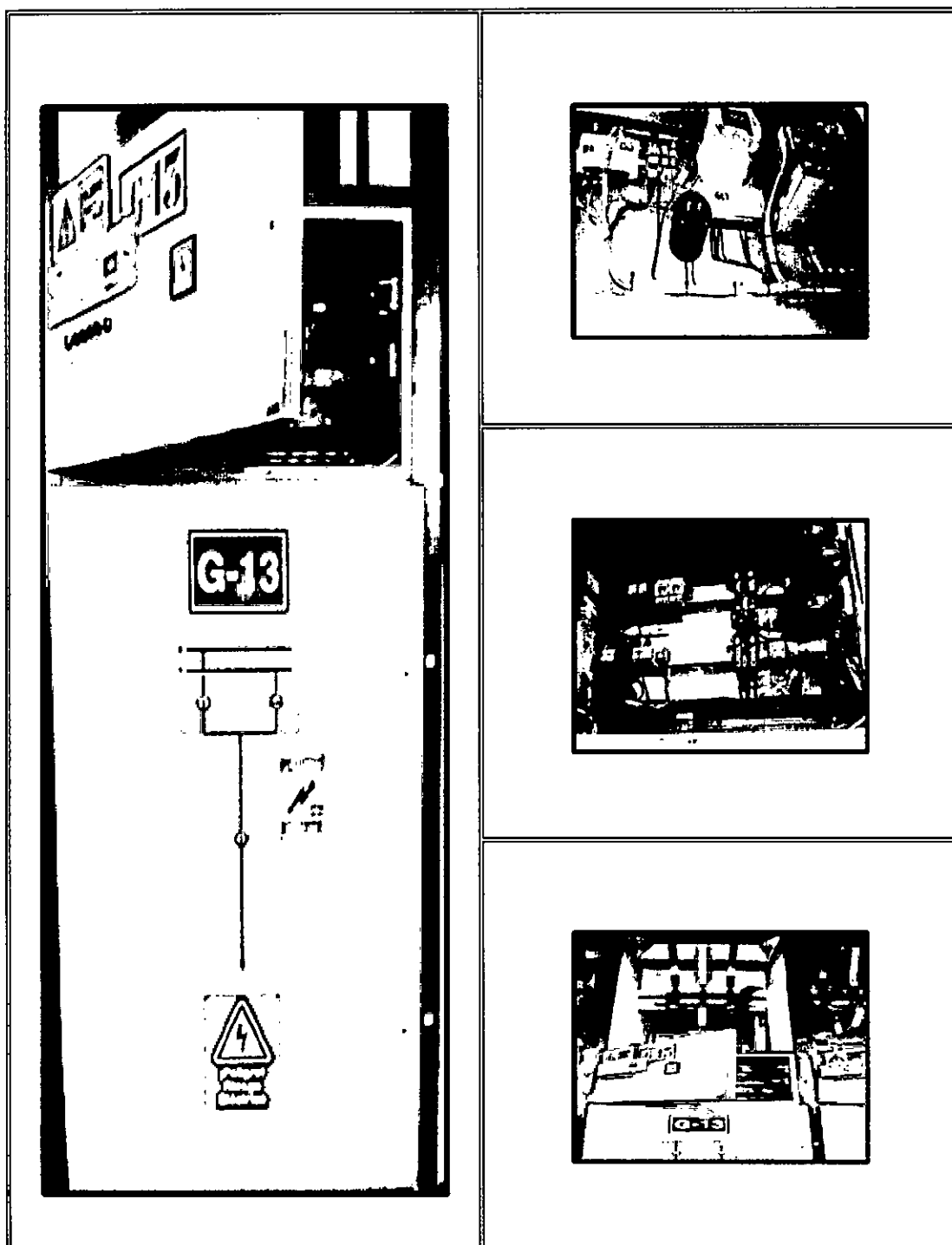
Fuente: Propia

Figura N°.35: Celda Transformador II



Fuente: Propia

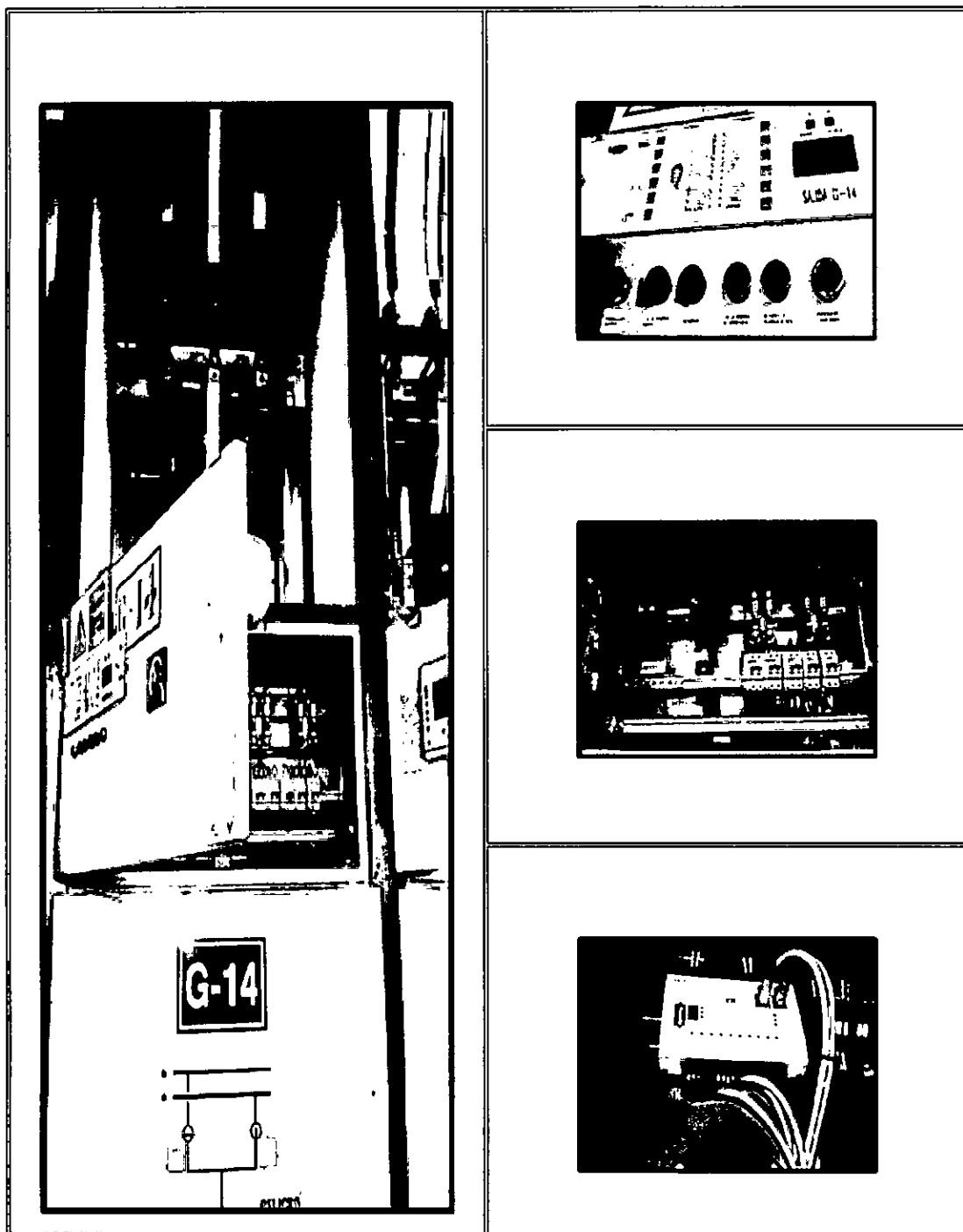
Figura N°.36: Celda G13



Fuente: Propia

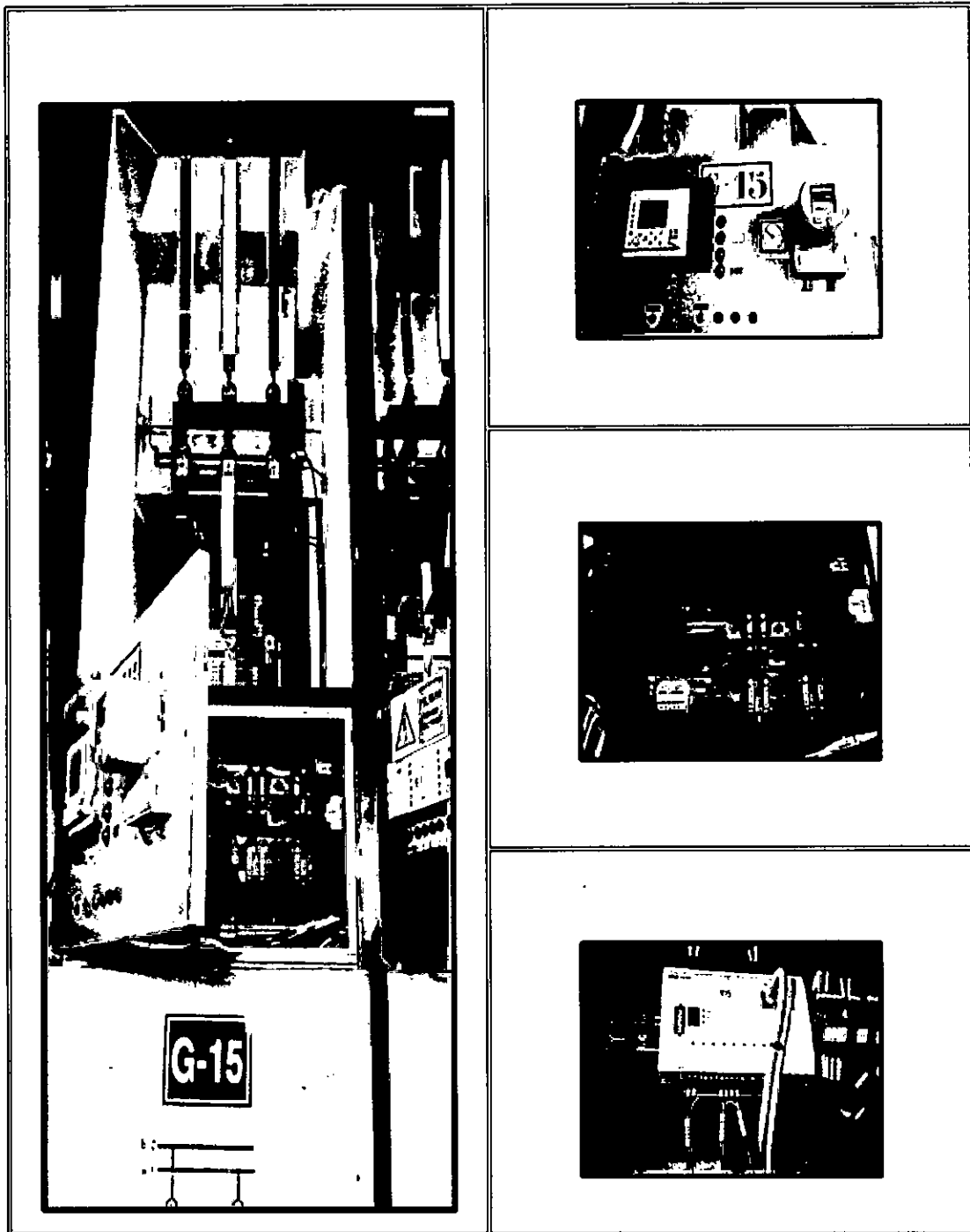


Figura N°.37: Celda G14



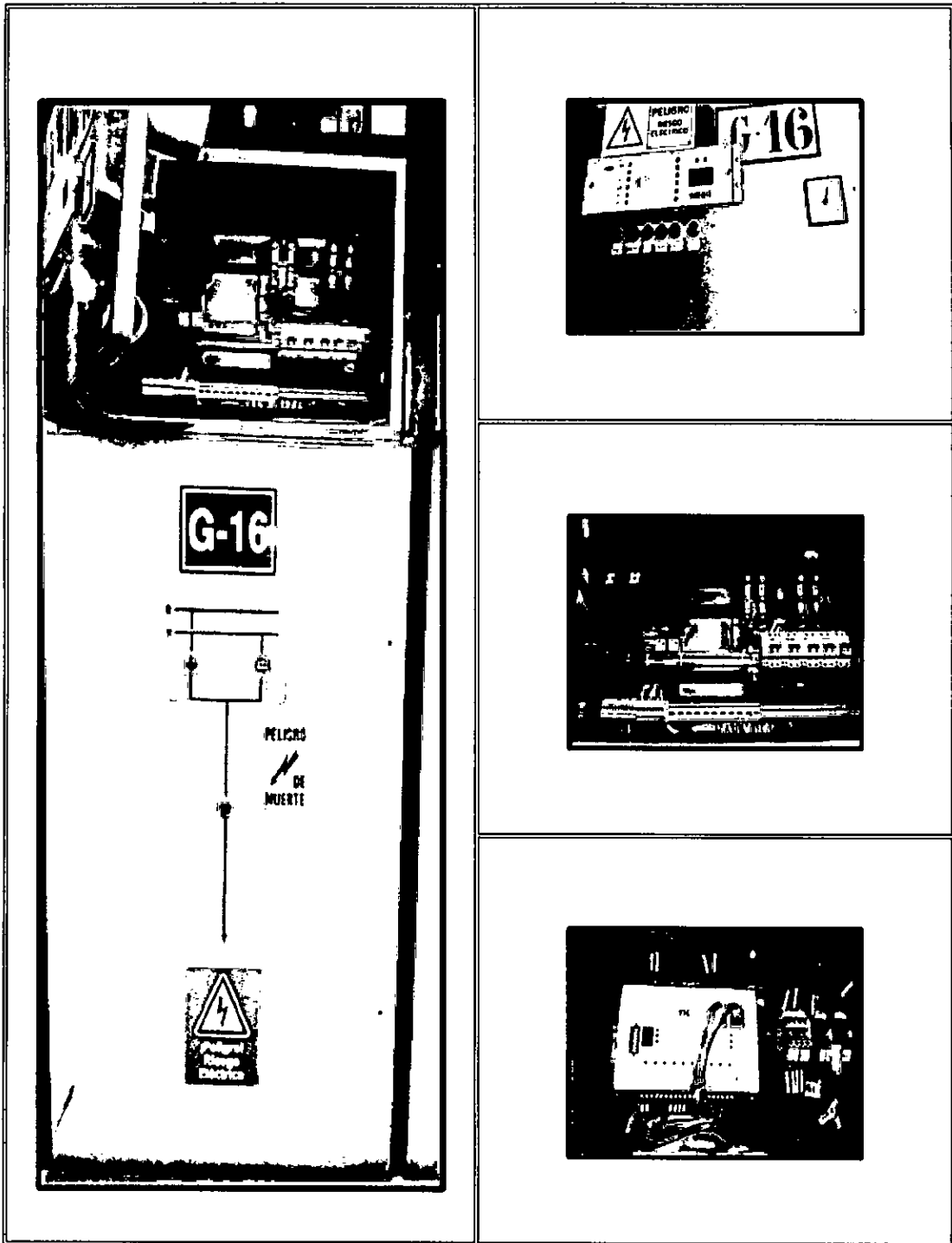
Fuente: Propia

Figura N°.38: Celda G15



Fuente: Propia

Figura N°.39: Celda G16



Fuente: Propia

Figura N°.40: Celda G17



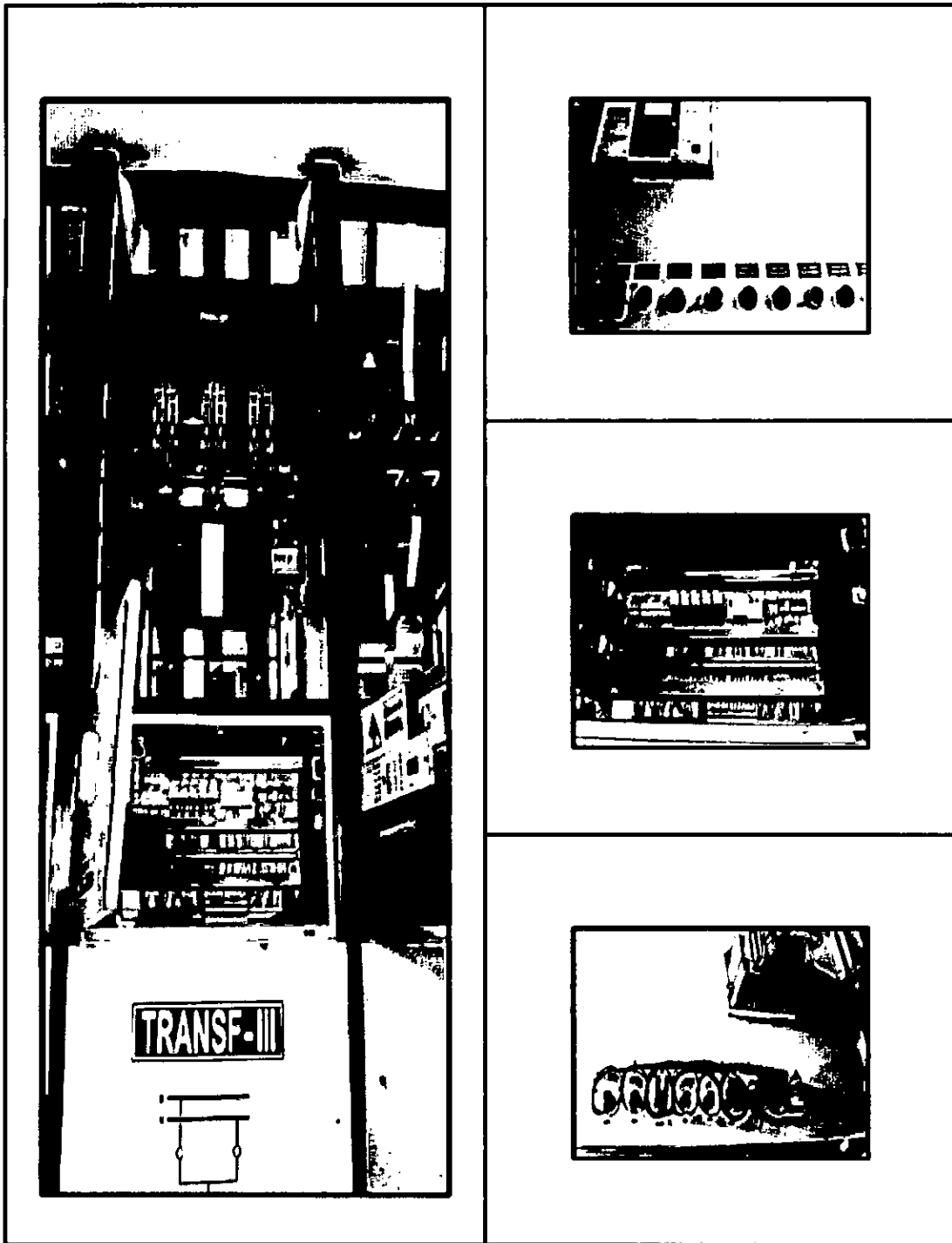
Fuente: Propia

Figura N°.41: Celda G18



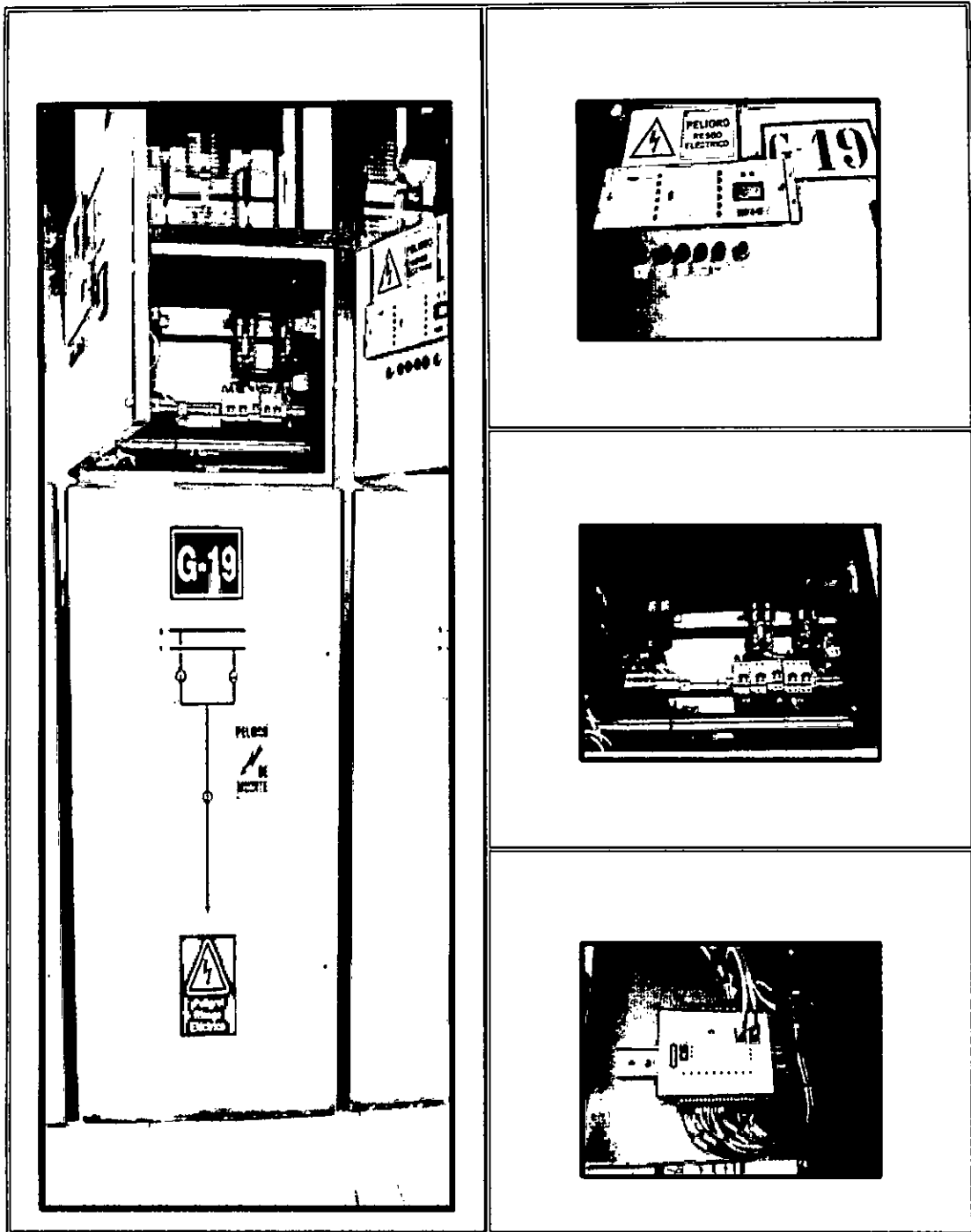
Fuente: Propia

Figura N°.42: Celda Transformador III



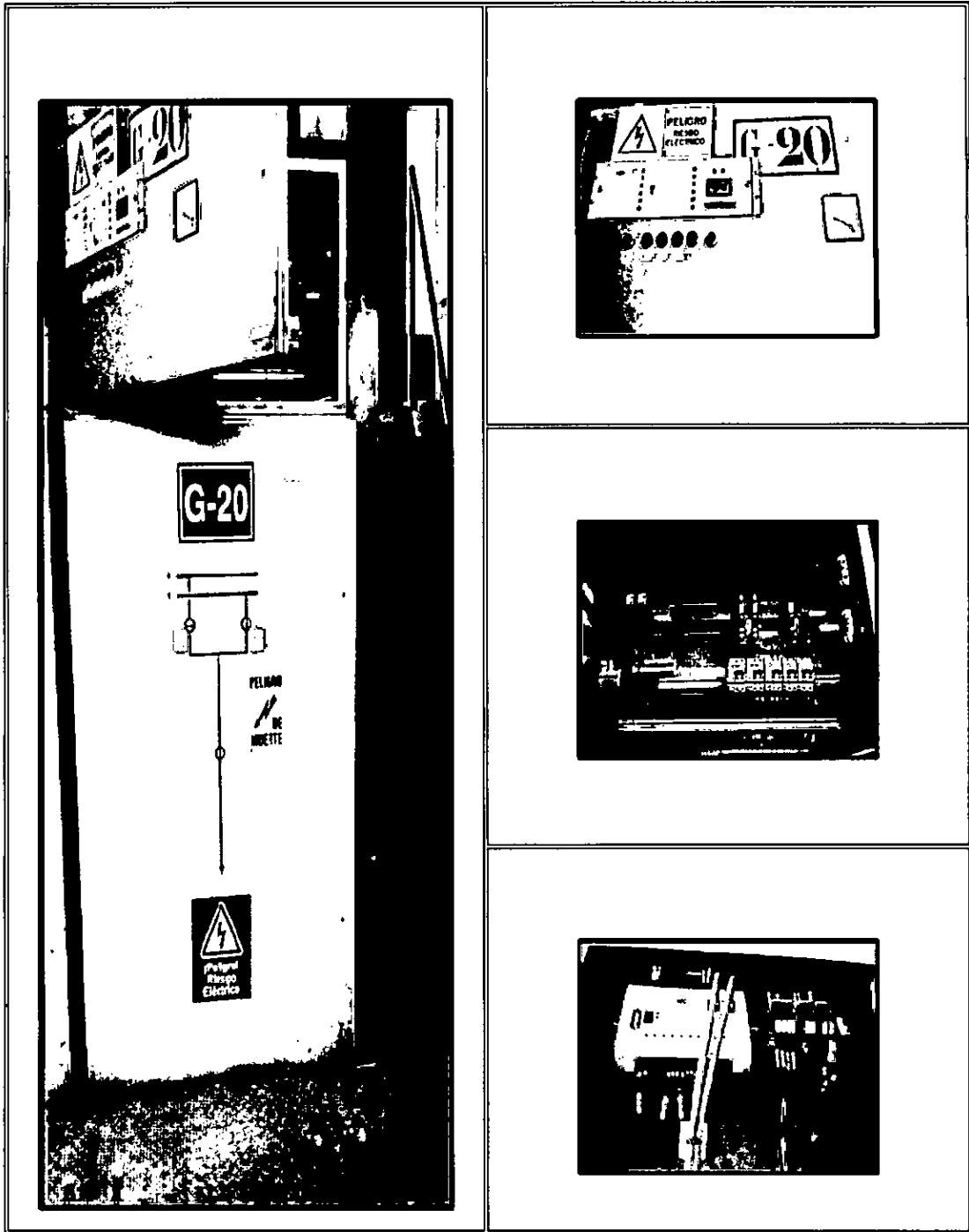
Fuente: Propla

Figura N°.43: Celda G19



Fuente: Propia

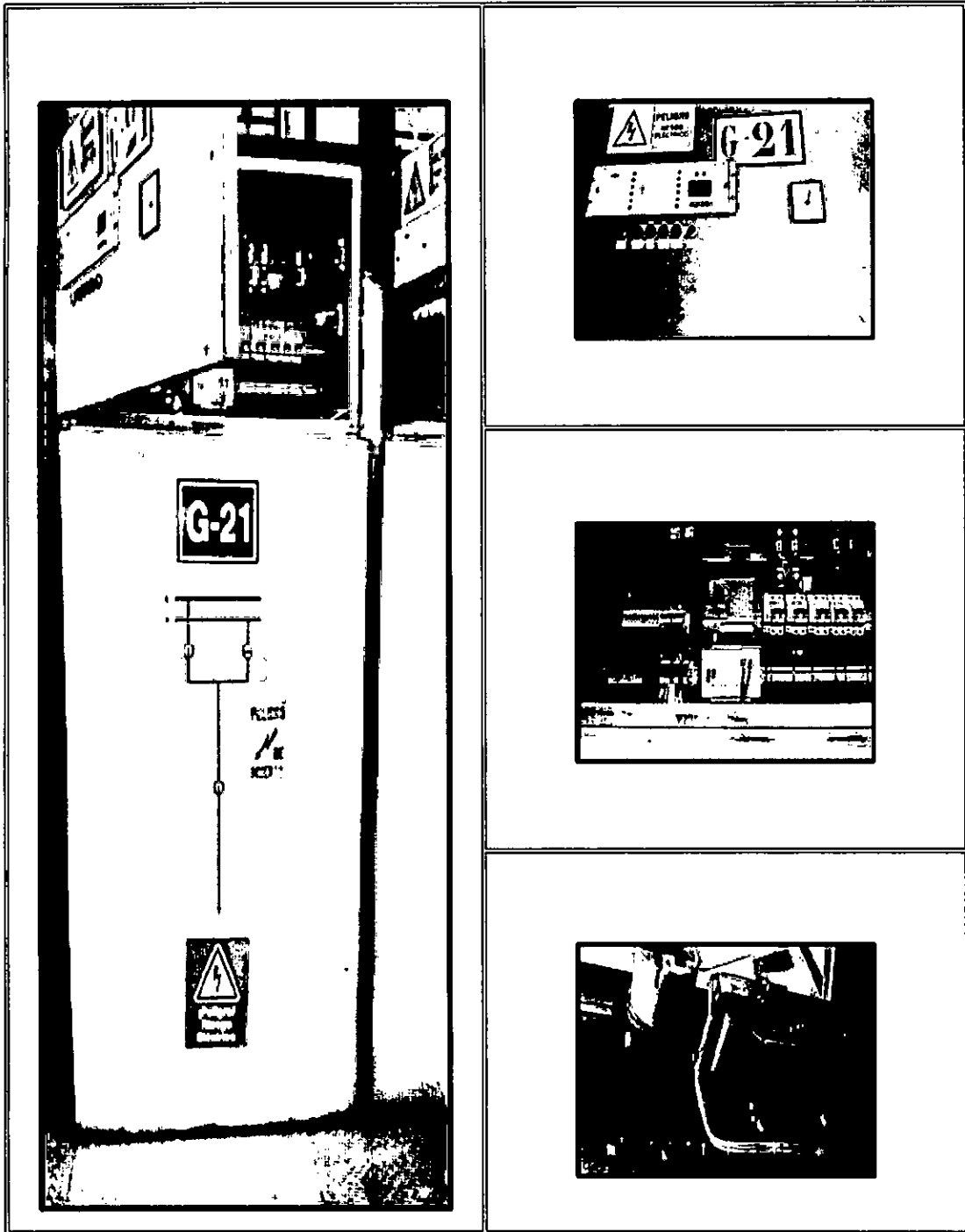
Figura N°.44: Celda G20



Fuente: Propla

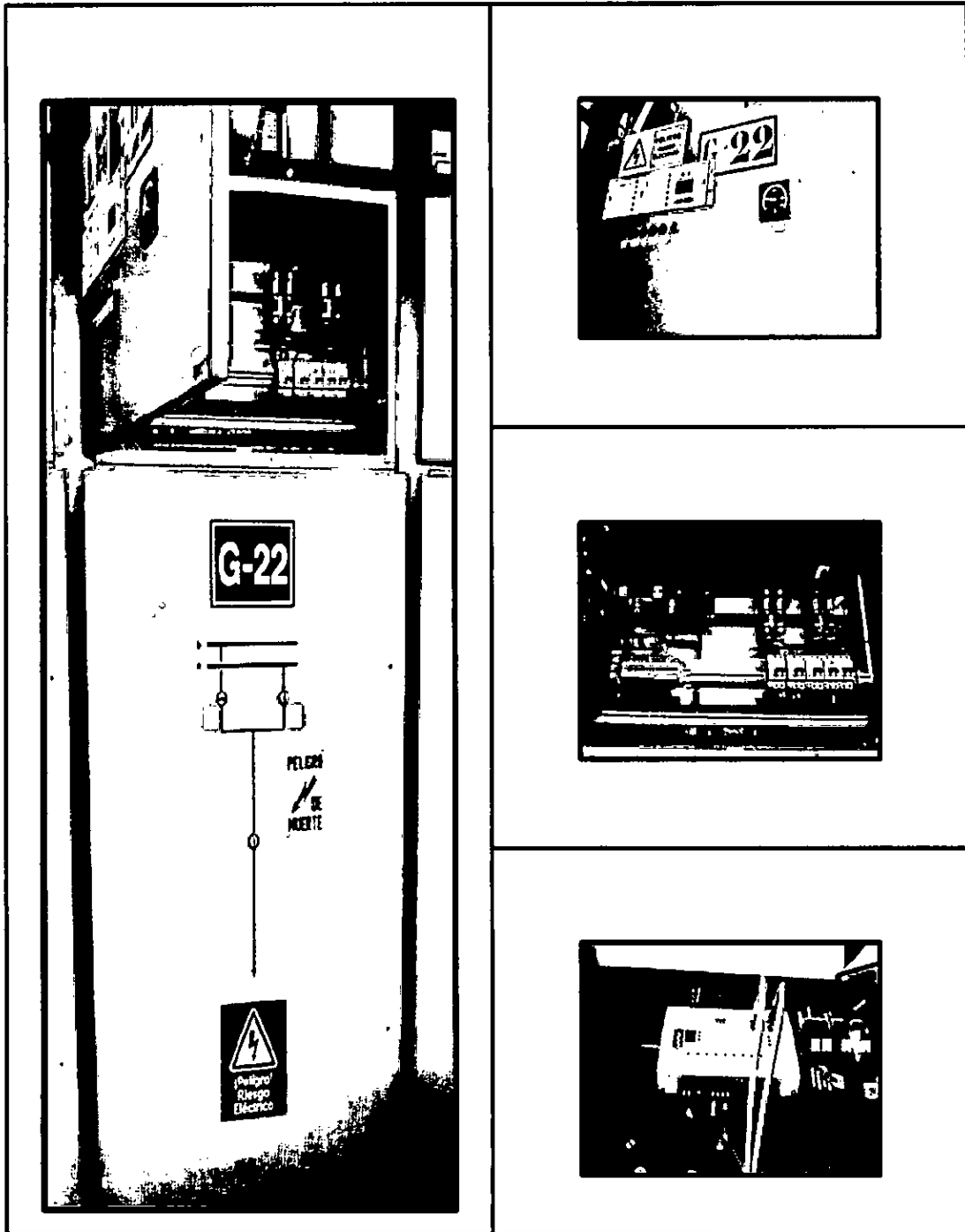


Figura N°.45: Celda G21



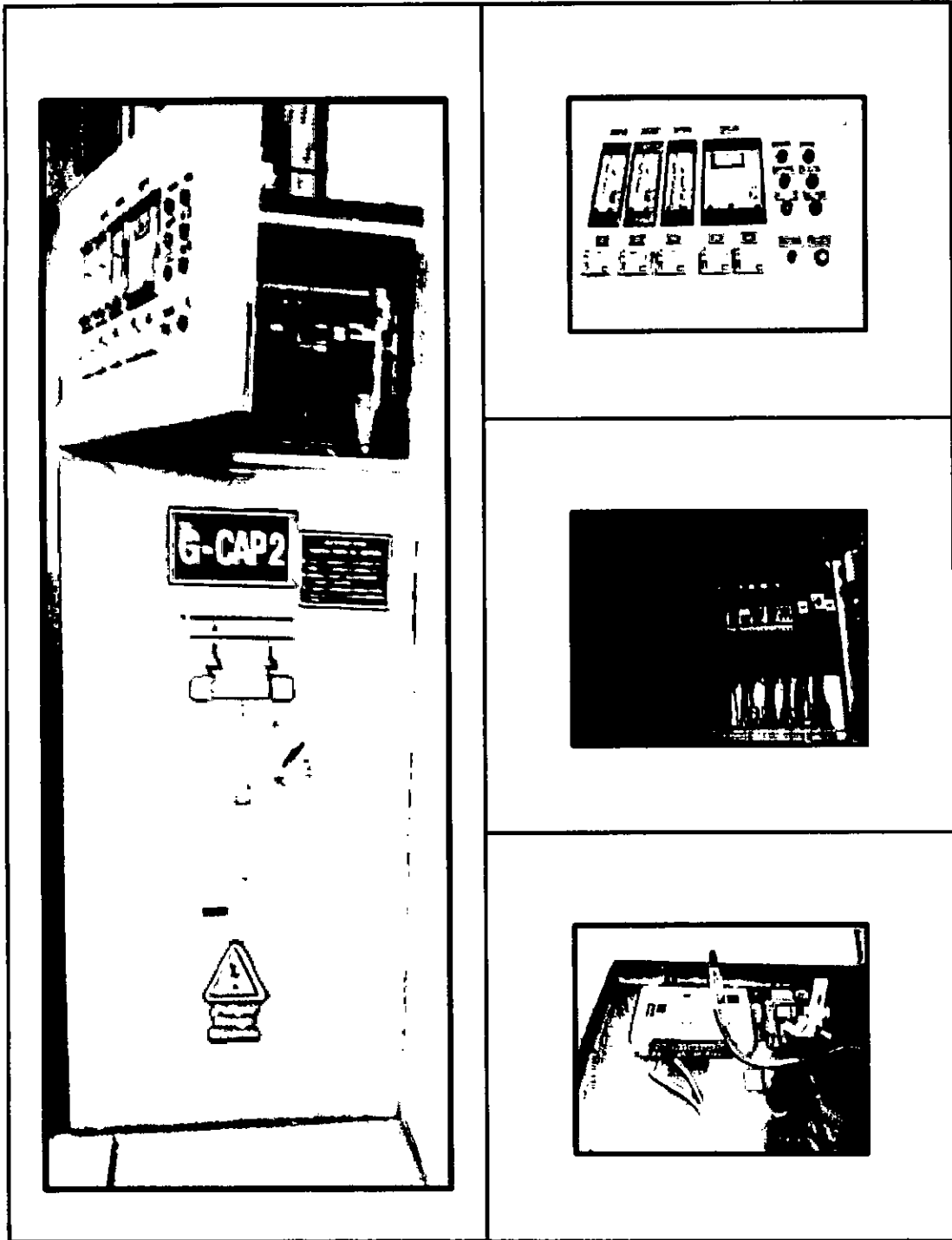
Fuente: Propia

Figura N°.46: Celda G22



Fuente: Propia

Figura N°.47: Celda G-CAP2



Fuente: Propia

## **V. EXPOSICION DE RESULTADOS**

### **5.1. ANTECEDENTES**

La prueba fue realizada en las instalaciones de Schneider Electric Perú S.A en sus laboratorios de pruebas.

### **5.2. OBJETIVOS**

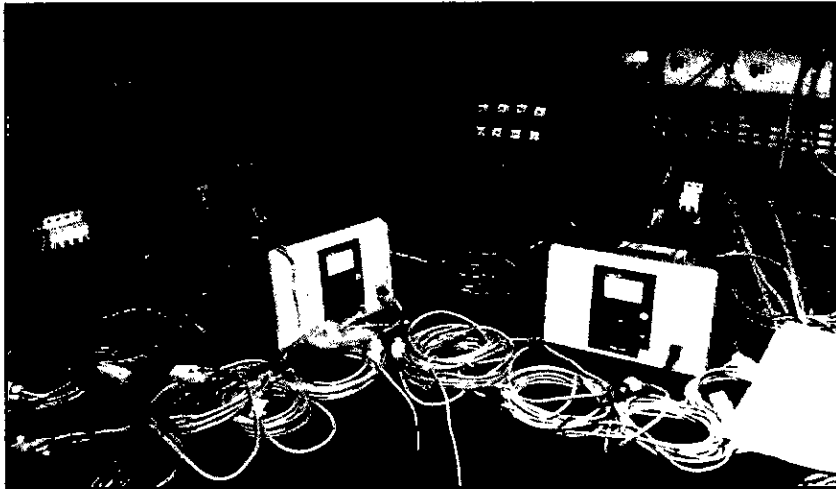
- Configuración de los relés VAMP con el software VAMPSET.
- Configuración del software Test Universe 3.0, OMICRON.
  - Entradas y salidas binarias.
  - Módulo de secuencia de estados.
- Pruebas eléctricas (disparos) con la maleta CMC356.
- Obtención del tiempo de respuesta de las unidades VAMP.

### **5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS DURANTE LAS PRUEBAS ELECTRICAS A LAS UNIDADES VAMP.**

Se realizaron los siguientes trabajos descritos a continuación:

- Se desarrolló una maqueta para simular la arquitectura de protección de la Subestación Gálvez Luz del Sur, para la comprobación de la correcta actuación de las unidades VAMP.
- La activación de los disparos simulados hacia los interruptores de potencia fue simbolizada por los pilotos LED.
- Se configuro los switches de las unidades VAMP 10L y 12L.
- Se plasmó la arquitectura de protección de la subestación Gálvez en una pizarra acrílica, permitiéndonos dar una mejor explicación del funcionamiento de las unidades VAMP.
- Se realizó un video donde explicamos detalladamente el funcionamiento de las unidades VAMP y la parte aplicativa ejecutada con la maleta CMC356.
- Se configuraron las unidades VAMP321 gracias al software VAMPSET.
- Se configuró la maleta CMC356 con el software TEST UNIVERSE 3.0.
- Se etiquetó los sensores de arco eléctrico acorde a la arquitectura de protección.
- Se realizó la comunicación entre la laptop, las unidades VAMP y las maletas CMC356.
- Se ejecutó las pruebas eléctricas con la maleta CMC356 a las unidades VAMP.

**Figura N°.48: Maqueta de la arquitectura de Protección**



**Fuente: Propia**

## **5.4. RESULTADOS**

### **5.4.1 Resultados de las configuraciones finales realizadas en las unidades VAMP**

A continuación, se muestra el sumario de los resultados de las configuraciones finales elaboradas en las unidades VAMP, esto gracias al software VAMPSET. La configuración completa esta detallada en el anexo 2.

Figura N°.49: Llenado de datos

**ARC PROTECTION**

Settings		
I>int. pick-up setting	4500	A
I>int. pick-up setting	1.60	xIn
Io>int. pick-up setting	4500	A
Io>int. pick-up setting	1.60	xIn
Communication mode	Master	
Install arc sensors & I/O units	-	
Installation state	Ready	
Release arc latches	-	
Clear I/O units' registers	-	
Forward I>int. to I>ext.	On	
Forward Io>int. to I>ext.	On	
Link Arc selfdiag to SF relay	On	

Current measurement states	
Measurement	State
I>int.	0
Io>int.	0
I>ext.	0

Fuente: Propia

Figura N°.50: Zonas y sensores de arco instalados

Zones	
Zone	State
1	0
2	0
3	0
4	0

Installed arc sensors	
Sensor	Arc sensor status
1	OK
2	OK
3	OK
4	OK

Fuente: Propia

**Figura N°.51: Unidades instaladas**

Installed I/O units					
I/O unit Address	Zone / I-ext.	Connected sensors	Activated sensors	Sensor error	Clear registers
1	Zone 1	(2)1,4	-	-	-
2	Zone 1	(2)1,4	-	-	-
3	Zone 1	(2)1,4	-	-	-
25	Zone 4	(2)1,4	-	-	-
26	Zone 4	(3)1,2,3	-	-	-
27	Zone 4	(3)1,2,3	1	-	-

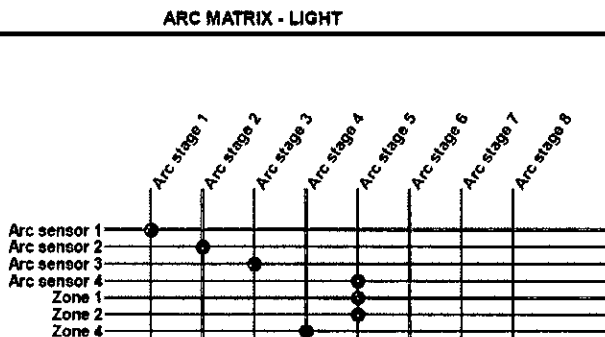
  

Installed VAMP321 units		
I/O unit Address	Status	Connected
0	-	Yes
4	-	Yes

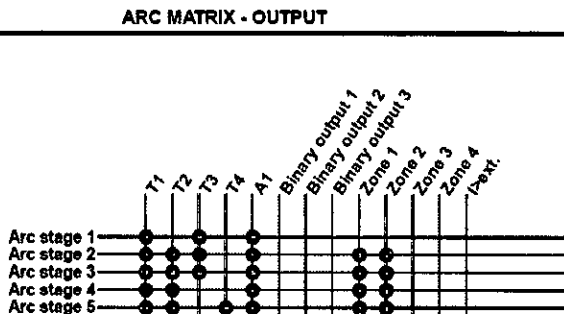
Fuente: Propia

**Figura N°.52: Matrices de salidas y entradas**

**ARC MATRIX - LIGHT**



**ARC MATRIX - OUTPUT**



Fuente: Propia

## 5.4.2. Resultados de las pruebas realizadas a las unidades VAMP321

El resultado del tiempo de respuesta obtenido fue de 13.6 milisegundos en promedio, esto como consecución de las tres pruebas ejecutadas con el módulo de secuencia de estados

El sumario de resultados se detalla a continuación, asimismo el reporte de pruebas completo se mostrará en el anexo 3.

Figura N°.53: Reporte de Prueba

### Equipo en prueba - Ajustes del dispositivo

#### Subestación/Bahía:

Subestación:	S.E.T Gálvez Lus del Sur	Dirección de subestación:	
Bahía:		Dirección de bahía:	

#### Dispositivo:

Nombre/descripción:	Relé VAMP	Fabricante:	Schneider Electric Peru S.A.
Tipo de dispositivo:	vamp321	Dirección del dispositivo:	
No de serie:	ABAAA-DAACA-A1		
Info adicional 1:			
Info adicional 2:			

#### Valores nominales:

I nom:	60.00 kA	Número de fases:	3
V nom (secundario):	10.00 V	V primario:	60.00 kV
I nom (secundario):	5.000 A	I primario:	1.000 kA

#### Factores de tensión/corriente residuales:

VLN / VN:	1.732	IN / I nom:	1.000
-----------	-------	-------------	-------







#### Límites:

V máx:	200.0 V	I máx:	50.00 A
--------	---------	--------	---------



## State Sequencer:

### Ajustes de la prueba

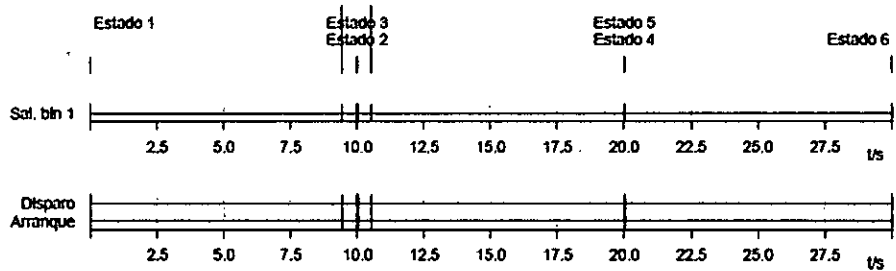
Estado	Estado 1	Estado 2	Estado 3	Estado 4	Estado 5	Estado 6
Sal. bin 1	0	1	0	1	0	1
Tiempo max. estado	10.00 s	2.000 s	10.00 s	2.000 s	10.00 s	2.000 s
Lógica del trigger		OR		OR		OR
Disparo		1		1		1
Arranque		1		1		1
Interacción del usuario	no	no	no	no	no	no
Trigger de CMGPS	no	no	no	no	no	no
Trigger de IRIG-B/PTP	no	no	no	no	no	no
Pulsos / segundos	1	1	1	1	1	1
Retardo tras trigger	0.000 s	0.000 s	0.000 s	0.000 s	0.000 s	0.000 s
Diagramas						

### Resultados de la prueba

#### Evaluación de tiempo

Nombre	Ignor. antes	Inicio	Fin	tnom.	tdev.	tdev+	treal	tdev.	Eval.
Arc Flash	Estado 1	Estado 2	Disparo >1	7.000 ms	10.00 ms	10.00 ms	13.70 ms	6.700 ms	+
Arc Flash	Estado 3	Estado 4	Disparo >1	7.000 ms	10.00 ms	10.00 ms	13.60 ms	6.600 ms	+
Arc Flash	Estado 5	Estado 6	Disparo >1	7.000 ms	10.00 ms	10.00 ms	13.60 ms	6.600 ms	+

Eval.: +.. Correcto x.. Incorrecto o.. No evaluado



Fuente: Propia

**5.4.3 Resultados de la comparación económica de la implementación de las unidades VAMP vs el cambio total del equipamiento de la subestación.**

- A continuación, se muestra el costo de suministro, montaje y configuración de las unidades VAMP.

**Tabla 1: Costo de suministro, montaje y configuración de las unidades VAMP**

SERVICIOS INTERNOS			
Requisición		Actividad	
Cliente	LUZ DEL SUR	Total, U\$	41.474
		Provisión U\$	
SERVICIO DE INTEGRACION E INSTALACION DE PROTECCIÓN DE ARCO INTERNO GALVEZ			

Descripción	Subtotal	GM	Total (USD)
Productos	14.411	30%	20.588
Servicios	11.725	38%	18.911
Otros	0	5%	1.975
<b>TOTAL</b>		<b>USD</b>	<b>41.474</b>

**SERVICIOS**

Descripción	Unidad	Cantidad	RR.HH	Precio Unitario	Sub Total	
<b>Subcontratos</b>						
Subcontratos	día	0	0	1.000	0	
Personal Apoyo	día	0	0	50	0	
<b>Costos de movilización de personal</b>						
Movilización aérea en Perú, ida y vuelta	ida y vuelta	0	0	0	0	
Movilización terrestre	ida y vuelta	0	0	100	0	
Alquiler de camioneta	día	0	0	100	0	
Alojamiento y viáticos	día	5	5	100	2.500	
Combustible para camioneta	día	5	1	50	250	
Movilización local	día	5	1	45	225	
Examen médico	Global	0	0	0	0	
<b>Suministros varios</b>						
Material Impreso	Global	0	0	50	0	
Traslado de maletas	Unidad	5	1	200	1.000	
Imprevistos	Global	5	1	200	1.000	
<b>Subtotal 1</b>				<b>USD</b>	<b>4.975</b>	
<b>Costo de personal de servicios</b>						
Ing. Protecciones Días						
Ingenieria	Ingenieria	día	5	1	300	1.500
Ing. Protecciones	Instalacion	día	5	1	300	1.500
Ing. Protecciones	Pruebas	día	5	1	300	1.500
Tecnico de Apoyo		día	5	1	150	750
Dia Informe-Informe		día	5	1	300	1.500
<b>Subtotal 2</b>				<b>USD</b>	<b>6.750</b>	
<b>SUBTOTAL</b>				<b>USD</b>	<b>11.725</b>	

**SE GALVEZ**

Descripción	Precio FOB Unit.Euros	Cant.	FOB Total EUROS
<b>E-Chorrillos</b>		<b>Cantidad</b>	
V321 - Central unit of Arc protection system	€ 2.420	3	€ 7.260
VAM_4C - Current unit for 221 central unit, 3 phase or 2 phase + residual current, 1 / 5 A	€ 456	0	€ 0
VAM_10L - I/O unit for 321 central unit	€ 333	3	€ 998
VAM_12L - I/O unit for 321 central unit	€ 620	8	€ 4.960
VA1DA-20- Arc sensor with 20m connection cable	€ 24	25	€ 600
VX001-5 - Connection cable for slaves, length 1 - 9 m	€ 24	25	€ 594
			<b>€14.411</b>

Fuente Propia

- A continuación, se muestra el costo de suministro y montaje de las celdas a implementar en caso ocurriera un fenómeno de arco eléctrico y no actuara oportunamente los equipos de protección convencionales que se cuenta en la subestación, generando como secuela la destrucción del equipamiento de la subestación.

**Tabla 2: Costo de suministro y montaje de las celdas VISAX**

SERVICIOS INTERNOS			
Requisición		Actividad	
Cliente	LUZ DEL SUR	Total U\$	796.067
		Provisión U\$	

**SET GALVEZ - Celdas VISAX 12kV, Norma IEC, Un:12kV**

Descripción	Subtotal	GM	Total (USD)	PRECIOS UNITARIOS
Productos	560.453	27%	764.511	764.511
Servicios	19.565	38%	31.556	31.556
<b>TOTAL</b>			<b>USD 796.067</b>	<b>796.067,00</b>

**PRODUCTOS**

Referencia	FAM	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Almacen (US\$)	Sub Total	MARGEN	PRECIOS UNITARIOS
SET GALVEZ		ITEM 01	Unidad	22	25.475	560.453	38%	903.956,00
		CELDA VISAX 12KV						
<b>SUBTOTAL PRODUCTOS =S=</b>					<b>22 USD</b>	<b>560.453</b>		<b>903.956,00</b>

**SERVICIOS**

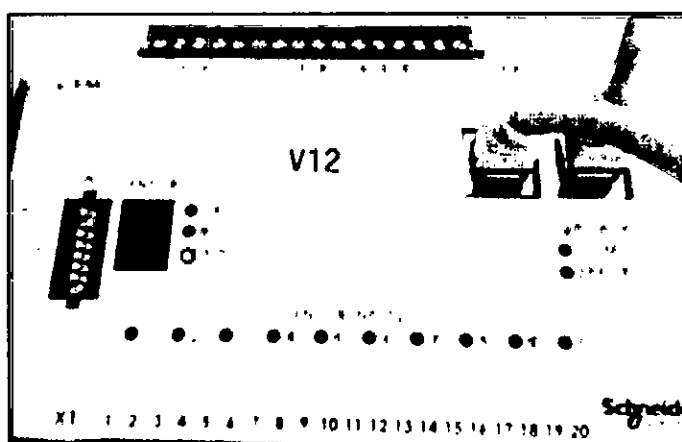
Descripción	Unidad	Cantidad	RR.HH	Precio Unitario	Sub Total	
<b>Subcontratos</b>						
Subcontratos	día	0	0	1.000	0	
Personal Apoyo	día	0	0	50	0	
<b>Costos de movilización de personal</b>						
Movilización aérea en Perú, ida y vuelta	ida y vuelta	0	0	0	0	
Movilización terrestre	ida y vuelta	0	0	100	0	
Alquiler de camioneta	día	0	0	100	0	
Alojamiento y viáticos	día	7	5	100	3.500	
Combustible para camioneta	día	7	1	50	350	
Movilización local	día	7	1	45	315	
Examen médico	Global	0	0	0	0	
<b>Suministros varios</b>						
Material Impreso	Global	0	0	50	0	
Traslado de maletas	Unidad	7	1	200	1.400	
Imprevistos	Global	7	1	200	1.400	
<b>Subtotal 1</b>				<b>USD</b>	<b>6.965</b>	
<b>Costo de personal de servicios</b>						
Ing. Protecciones Dias Ingenieria	Ingenieria	día	7	1	300	2.100
Ing. Protecciones	Instalacion	día	7	1	300	2.100
Ing. Protecciones	Pruebas	día	7	1	300	2.100
Tecnico de Apoyo		día	7	4	150	4.200
Dia Informe-Informe		día	7	1	300	2.100
<b>Subtotal 2</b>				<b>USD</b>	<b>12.600</b>	
<b>SUBTOTAL</b>				<b>USD</b>	<b>19.565</b>	

Fuente: Propia

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Nos enfocaremos en la matriz de salida ARC MATRIX – OUTPUT del software VAMPset, el cual nos muestra los resultados finales de la operación del sistema. Los Arc stage nos indican funciones de operación los cuales finalmente enviarán los disparos asociados llamados TRIP al interruptor de potencia. Visualizamos en la matriz de salida la palabra "Latched", esta nos indicará mediante luces LED que ante cualquier detección de falla el contacto seco del relé quedará enganchado, el cual permanecerá en ese estado hasta que se despeje la falla.

Figura N°.54: VAMP 12L

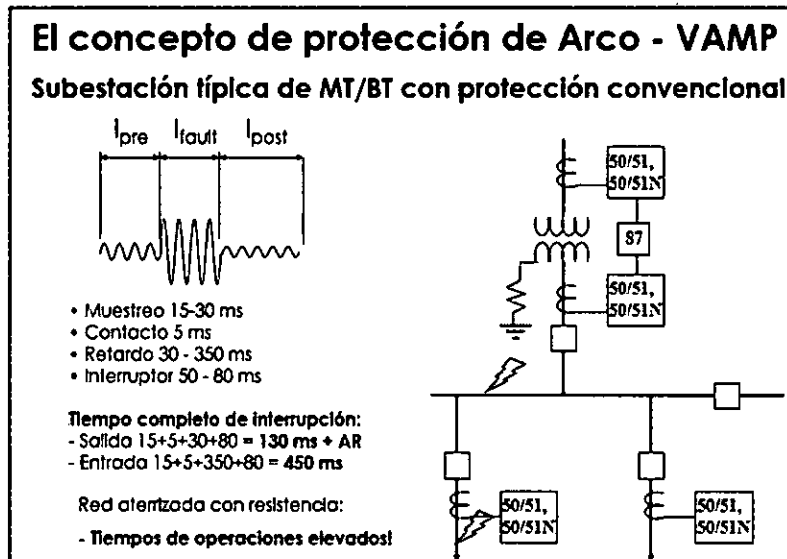


Fuente: Propia

Los arc stage están asociados a disparos como ya lo mencionamos, pero también a las zonas de protección indicadas al inicio, esta interrelación entre disparos y zonas hace que la solución planteada sea la adecuada, ya que nos permite mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico en estudio.

- Los tiempos obtenidos en las pruebas realizadas fue de 13.6ms siendo estos inferiores a los tiempos de actuación de los relés con funciones de protección convencionales (sobrecorriente), los cuales actúan normalmente de 30ms a más según la tecnología del fabricante. Ver figura N°55

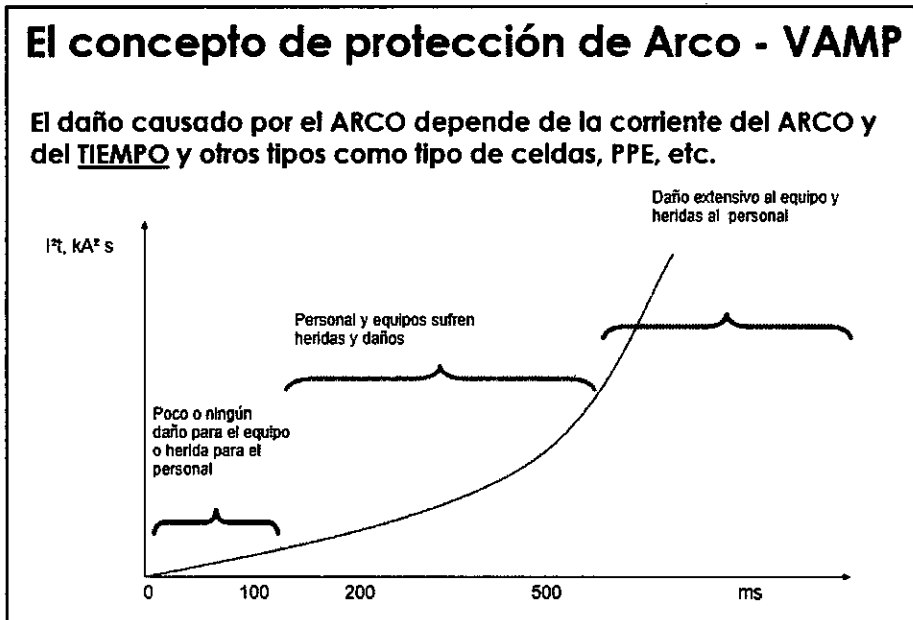
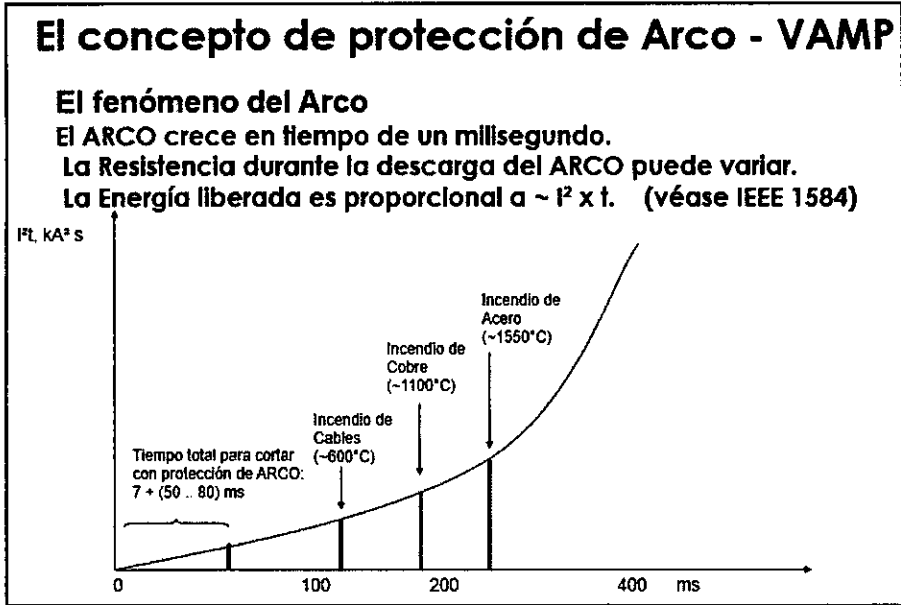
Figura N°.55: Concepto de Protección de Arco



Fuente: VAMP Finlandia

- Realizamos adicionalmente las pruebas de tiempos de actuación del relé SEPAM-S20(convencional), este nos proporcionó un tiempo de actuación de 30.4ms para la función de sobrecorriente instantánea de fases (50P). El reporte de pruebas y la configuración del relé SEPAM S20 se muestra en el anexo 5.
- De esta manera mejoramos la seguridad y confiabilidad de la subestación como resultado de que la energía liberada es proporcional al  $I^2xt$ , por ende, si mitigamos el fenómeno de arco en un menor tiempo el daño generado será menor tanto para el personal como para las instalaciones. Además, que la vida de una persona es invaluable y es por esto la criticidad de protección de arco eléctrico para prevenir estos tipos de accidentes. Ver figura N°56.

Figura N°.56: Concepto de Protección de Arco



Fuente: VAMP Finlandia



- El sustento económico determinó que la solución de implementar las unidades VAMP para disminuir la categoría de riesgo eléctrico es mucho más rentable en comparación con el cambio total del equipamiento de la subestación.
- La subestación Gálvez es compleja por su longevidad operativa, esto genera que los tiempos de actuación de los interruptores sean mayores, como consecuencia de esto aumenta la probabilidad de no despejar la falla de arco eléctrico en el tiempo adecuado.

**Figura N°.57: Subestación Eléctrica Gálvez**



**Fuente: Propia**

## VII. CONCLUSIONES

- Se comprobó que los relés VAMP de arco eléctrico tienen un tiempo de respuesta inferior frente a los convencionales. Este resultado disminuye la severidad del daño causado por el fenómeno de arco eléctrico.
- Con la implementación de los relés VAMP la categoría de riesgo de arco eléctrico disminuirá, generando esto en la subestación mejores índices de seguridad para el personal, así como también para la subestación, además brinda un mejor grado de confiabilidad.
- La implementación de las unidades VAMP resulta más económica frente al cambio total del equipamiento completo de la subestación llegando incluso a superar hasta 19 veces el valor de esta solución.
- Las unidades VAMP de arco eléctrico son flexibles para adaptarse a una nueva arquitectura de protección que se desee implementar a futuro en la subestación.
- Las unidades VAMP brindan un grado de seguridad adicional al personal que labora en la subestación, esto como resultado del sensor portable VA1DP5 de arco eléctrico.
- La protección mecánica de arco eléctrico con las que cuentan las celdas modernas protege de manera limitada al personal de mantenimiento que labora en la subestación. Por ende, es necesario la adición de una tecnología dedicada a la mitigación de este fenómeno.
- Se comprobó en el laboratorio de pruebas de Schneider Electric Perú S.A. el correcto funcionamiento de la arquitectura de protección diseñada a implementarse en la subestación Gálvez Luz del Sur. Donde se simuló una falla de arco eléctrico en un sensor asociado a unidad VAMP, el cual operó acorde a la arquitectura implementada.

## VIII. RECOMENDACIONES

- La configuración de las unidades VAMP de arco eléctrico deberá ser realizada por personal calificado, debido a que una mala configuración significará una inadecuada operación de la unidad.
- La configuración del software Test Universe 3.0 para la comprobación del tiempo de respuesta de las unidades VAMP frente a una falla, deberá ser realizado por personal calificado en el manejo de la maleta de prueba CMC356. Una inadecuada configuración del software traerá como consecuencia lecturas erróneas de los tiempos de respuesta o inclusive una prueba fallida.
- Los estudios de ARC FLASH deben ser ejecutados por especialistas en la materia, ya que de ellos dependen los EPP a ser utilizados por el personal que labora en campo, si la categoría en el estudio sale inferior al valor real, el personal estará expuesto a sufrir graves lesiones.
- Utilizar los EPP adecuados durante la realización de las pruebas eléctricas, y además contar con un ingeniero de seguridad presente en la ejecución.
- Las instalaciones eléctricas se deben proteger contra el fenómeno de arco eléctrico utilizando dispositivos dedicados a la mitigación de este siniestro. Los sistemas de protección convencional con los que cuenta la subestación Gálvez Luz del Sur no garantiza la seguridad del personal que labora dentro de estas instalaciones
- En las instalaciones de la subestación Gálvez Luz del Sur es necesario implementar celdas con protección mecánica contra arco eléctrico ya que en la actualidad no cuentan con esta tecnología.
- El Perú no cuenta en la actualidad con una normativa específica que trate del fenómeno de arco eléctrico y sus consecuencias, tanto es así que las industrias no se ven obligadas a implementar medidas de control frente a este fenómeno. Por esta razón el gobierno debería impulsar el desarrollo de normativas que ayuden a contrarrestar el fenómeno de arco eléctrico.

- La experiencia nos ha demostrado la falta de interés por la cultura de seguridad laboral, esto trae como consecuencia que se incremente el índice de accidentes en los trabajos realizados. Las empresas deberían implementar programas de capacitación en temas de seguridad y además fomentar la aplicación de los mismos.

## **IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- [1] Hertha Marks Ayrton-The Electric Arc. Acceso en 10/03/17.
- [2] General Electric-Tecnologías de la extinción del arco. Acceso en 11/03/17.
- [3] Jim Phillips-The History Of Arc Flash And Electrical Safety. Acceso en 11/03/17.
- [4] Ravel F. Ammerman – “ARC FLASH HAZARD INCIDENT ENERGY CALCULATIONS A HISTORICAL PERSPECTIVE AND COMPARATIVE STUDY OF THE STANDARDS: IEEE 1584 AND NFPA 70E”. Acceso en 09/03/17.
- [5] V. Milátiev – Física del Plasma, Editorial Mir de Moscú.
- [6] Alan Rômulo Silva Queiroz – “A natureza e os riscos do arco elétrico”. Acceso en 14/03/17
- [7] Maurício Figueiredo – “Principais normas sobre os riscos de arcos elétricos”. Acceso en 14/03/17
- [8] LAURI KUMPULAINEN - Aspects and Directions of Internal Arc Protection. Acceso en 01/04/17
- [9] IEC 62271-200, (2011). High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal enclosed switchgear and controlgear for rated voltajes above 1 kV and up to and including 52 kV.
- [10] IEC 61482-1-1:2009, (2009). Live working – Protective clothing against the thermal hazards of an electric arc – Part 1-1: Test methods – Method 1: Determination of the arc rating (ATPV or EBT50) of flame resistant materials for clothing.
- [11] IEEE Guide for Performing Arc Flash Hazard Calculations, IEEE 1584- 2002, 2002.
- [12] NFPA (National Fire Protection Association). (2015). NFPA 70E: Standard for Electrical Safety in the Workplace®

[13] European Standard EN 12464-1. (2002). Light and lighting. Lighting of work places. Part 1: Indoor work places.

## **ANEXOS**

**Anexo 1 Matriz de consistencia**

**Anexo 2 Configuración de las unidades Vamp**

**Anexo 3 Reporte de las pruebas realizadas a las unidades Vamp**

**Anexo 4 Planos de la arquitectura implementada**

**Anexo 5 Reporte de pruebas realizadas al relé Sepam S20**

**TEMA: Impacto de la implementación de relés Vamp de arco eléctrico en la subestación eléctrica Gálvez Luz del Sur**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	DISEÑO	POBLACION Y MUESTRA
<p><b>General:</b> ¿De qué manera la implementación de los relés VAMP reduce la energía incidente del fenómeno de arco eléctrico en la subestación Gálvez Luz del sur?</p> <p><b>Específicos</b> ¿En qué medida beneficia económicamente la implementación de los relés VAMP en la subestación Gálvez Luz del Sur? ¿Cuál es la ventaja que proporciona la implementación de los relés VAMP referente al tema de seguridad y confiabilidad en la subestación Gálvez Luz del Sur?</p>	<p><b>General:</b> Implementar los relés VAMP en la subestación eléctrica Gálvez Luz del Sur para reducir la energía incidente generada por el fenómeno de arco eléctrico.</p> <p><b>Específicos</b> Determinar los beneficios técnicos-económicos de los relés VAMP frente al cambio total o parcial del equipamiento por la ocurrencia del fenómeno de arco eléctrico en la subestación eléctrica Gálvez Luz del Sur. Demostrar que haciendo una adecuada arquitectura de protección diseñada para la subestación Gálvez Luz del Sur, se disminuirá el grado de riesgo eléctrico por energía incidente liberada durante el fenómeno de arco eléctrico mejorando de esta manera el índice de seguridad y confiabilidad de la subestación analizada.</p>	<p><b>Principai:</b> Implementando los relés VAMP de arco eléctrico en la subestación eléctrica Gálvez Luz del Sur se reducirá la energía incidente generada por el fenómeno de arco eléctrico.</p> <p><b>Específicas</b> Determinando los beneficios técnicos-económicos de la implementación de los relés VAMP frente al cambio total o parcial del equipamiento de la subestación eléctrica Gálvez Luz del Sur obtendremos una gestión técnica-económica más eficiente. Demostrando que diseñando una adecuada arquitectura de protección para la subestación Gálvez Luz del Sur se disminuirá el grado de riesgo eléctrico por energía incidente liberada durante el fenómeno de arco eléctrico mejorando de esta manera el índice de seguridad y confiabilidad de la subestación analizada.</p>	<p><b>Variable Independiente</b> La energía incidente liberada durante el fenómeno de arco eléctrico.</p> <p><b>Variable Dependiente</b> La subestación eléctrica Gálvez Luz del Sur.</p>	<p>Localización de la fuente de energía incidente</p> <p>-Costo de suministro de los equipos. -Plazo del estudio, ejecución y operación. - Rentabilidad</p>	<p>Sistema de distribución</p> <p>-El stock y fabricación de los equipos. -Ingeniería de detalle, obras civiles y equipos eléctricos. -Relación costo/beneficio</p>	<p>Método Aplicativo, proyectiva, histórica transversal y de campo</p>	<p><b>POBLACION</b> Usuarios del sistema interconectado nacional SEIN.</p> <p><b>MUESTRA</b> Un subconjunto representativo de usuarios sistema interconectado nacional SEIN – S.E Gálvez Luz del Sur</p>



# **Anexo 2**

## **Configuración de las unidades Vamp**

**ARC SEGUIDOR VAMP 321  
PROTECCION DE ARCO**

**GALVEZ SECTOR 1**

**DEVICE INFO**

Main location	GALVEZ SECTOR 1
Sublocation	
Name for this device	PROTECCION DE ARCO
Device name	ARC SEGUIDOR
Device type	VAMP 321
Language	English
Enable language for PC	Off
Serial number	2310
Order code	-ABAAA-DAACA-A1
Program version	V10.167
Motherboard FPGA program version	V1.09
FLASH memory size	4 MB
Minimum setting tool version	2.2.163
Current setting tool version	2.2.173
Date	2017-02-27
Time of day	16:00:00
Display contrast	110
Panel access level	USER
PC access level	CONF
Tested by	Joni Saloranta
Calibration date	2015-4-9
Change operator password	0
Change configurator password	0

# ARC SEGUIDOR VAMP 321

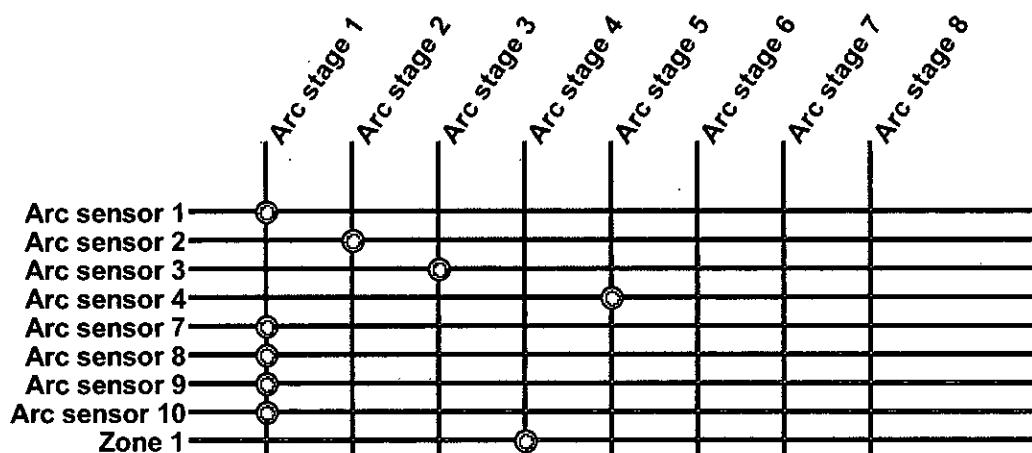
## PROTECCION DE ARCO

GALVEZ SECTOR 1

### ARC MATRIX - LIGHT

#### ARC MATRIX - LIGHT

---



# ARC SEGUIDOR VAMP 321

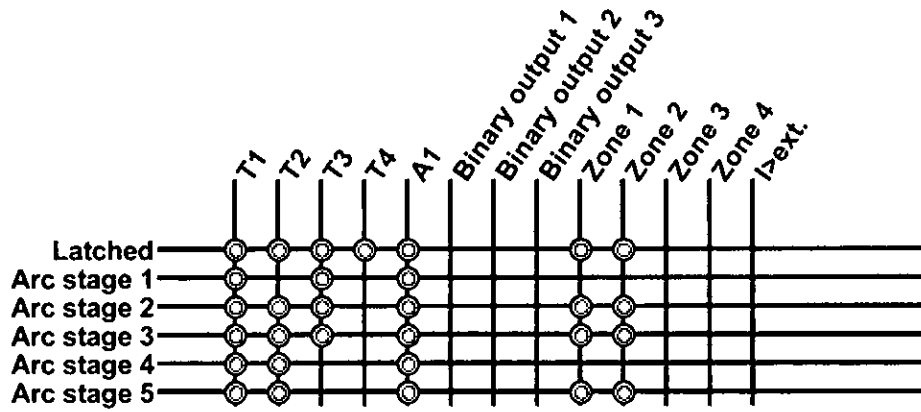
## PROTECCION DE ARCO

GALVEZ SECTOR 1

### ARC MATRIX - OUTPUT

#### ARC MATRIX - OUTPUT

---



# ARC SEGUIDOR VAMP 321

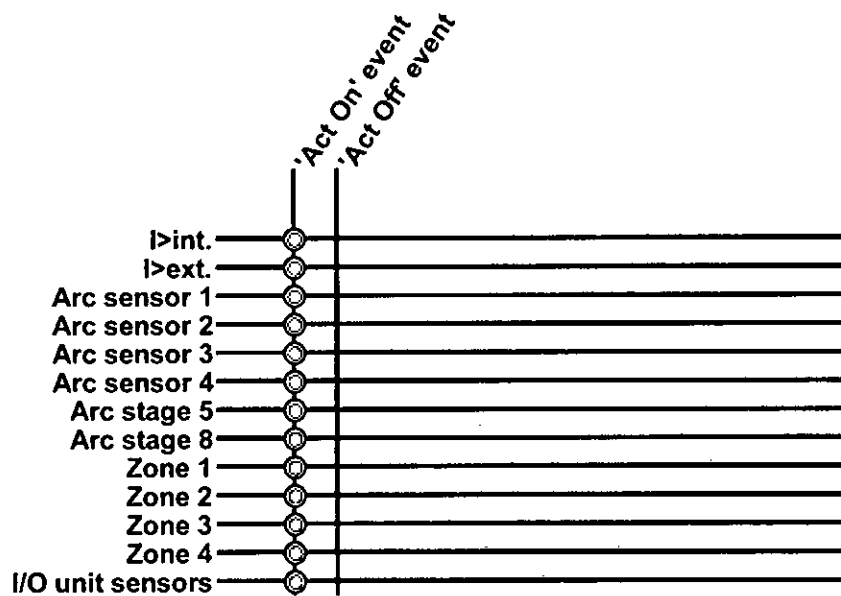
## PROTECCION DE ARCO

GALVEZ SECTOR 1

### ARC EVENT ENABLING

#### ARC EVENT ENABLING

---



# ARC SEGUIDOR VAMP 321

## PROTECCION DE ARCO

GALVEZ SECTOR 1

### RELAYS

#### RELAYS

---

Trip 10KV	0
Trip 10KV Acop	0
Trip 60KV	0
Trip Salidas 10KV	0
Signal relay 1	0
Binary output 1	0
Binary output 2	0
Binary output 3	0
Service status output	0
Enable forcing	Off

#### PULSE LENGTH for DIRECT CTRL

---

	(99.99=infinite)
Signal relay 1	0.50 s
Binary output 1	0.50 s
Binary output 2	0.50 s
Binary output 3	0.50 s

# ARC SEGUIDOR VAMP 321

## PROTECCION DE ARCO

GALVEZ SECTOR 1

### NAMES for OUTPUT RELAYS

#### Description

Descr(Trip relay 1)	Trip 10KV
Descr(Trip relay 2)	Trip 10KV Acop
Descr(Trip relay 3)	Trip 60KV
Descr(Trip relay 4)	Trip Salidas 10KV
Descr(Signal relay 1)	Signal relay 1

#### Label

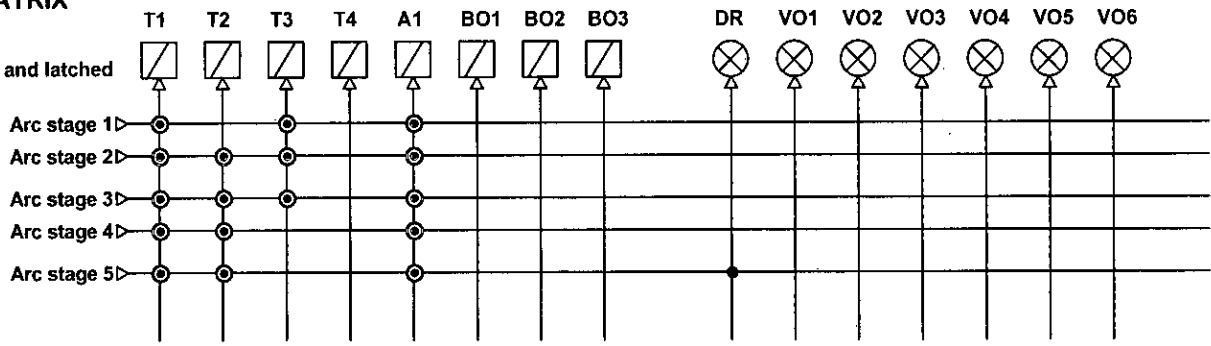
Label(T1)	T1
Label(T2)	T2
Label(T3)	T3
Label(T4)	T4
Label(A1)	A1

**ARC SEGUIDOR VAMP 321**  
**PROTECCION DE ARCO**

**GALVEZ SECTOR 1**

**OUTPUT MATRIX**

- connected
- ⊙ connected and latched



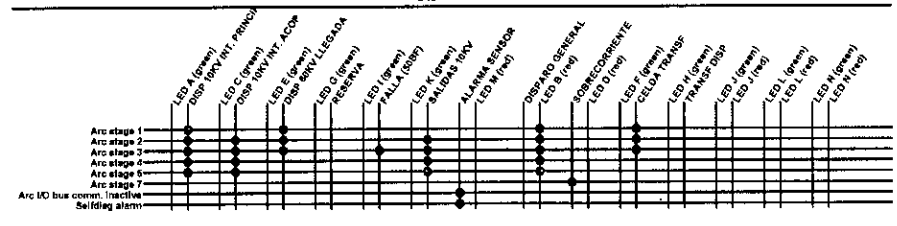


ALVEZ SECTOR 1

LED MATRIX

LEDs' Mode (green) Normal  
 LEDs' Mode (red) Latched

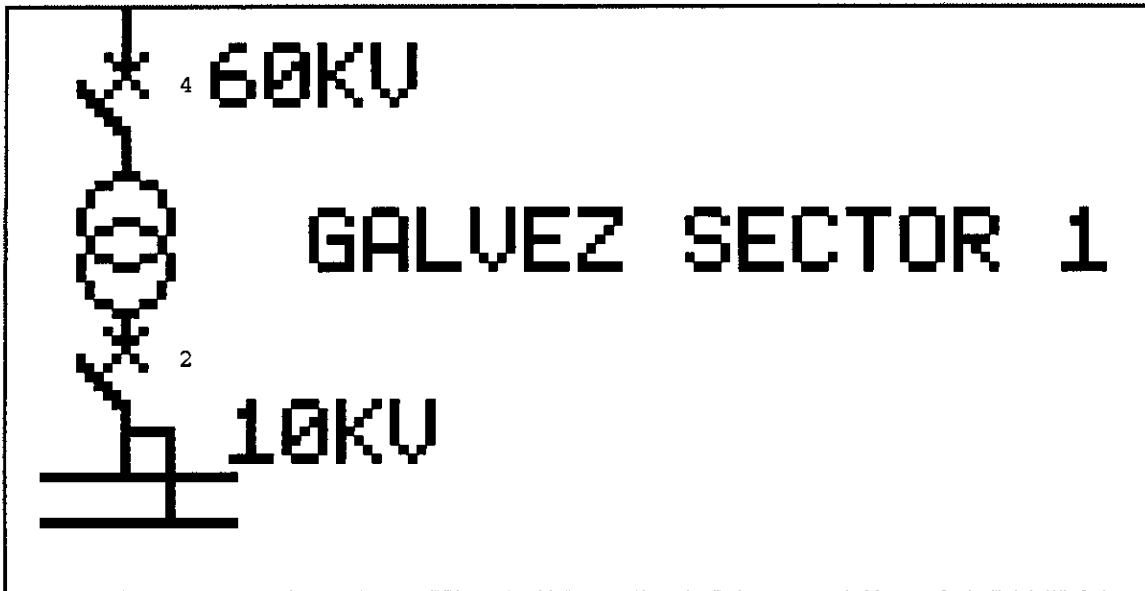
LED MATRIX



ARC SEGUIDOR VAMP 321  
PROTECCION DE ARCO

GALVEZ SECTOR 1

MIMIC [36%]



**ARC SEGUIDOR VAMP 321**  
**PROTECCION DE ARCO**

**GALVEZ SECTOR 1**

**LOCAL PANEL DISPLAY**

**Panel Properties**

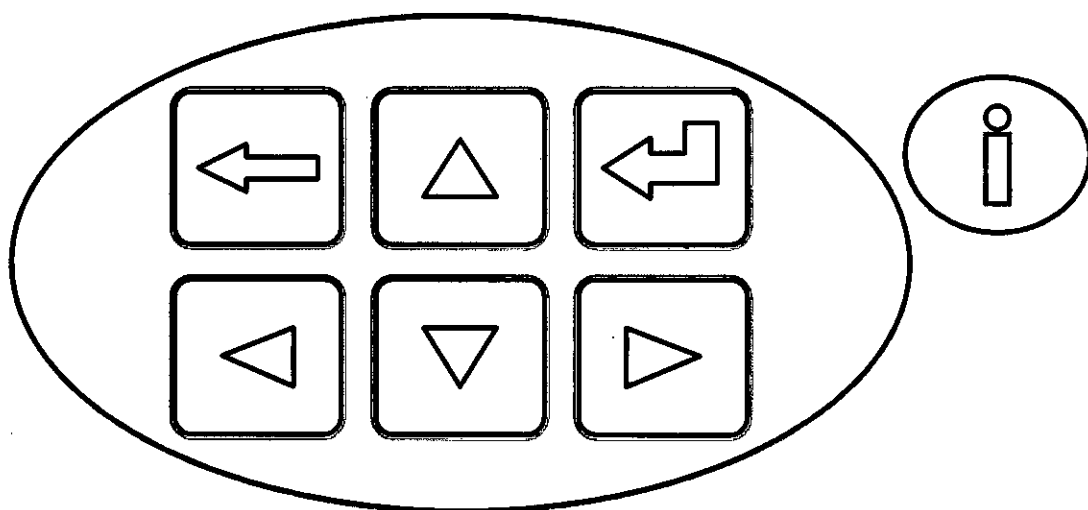
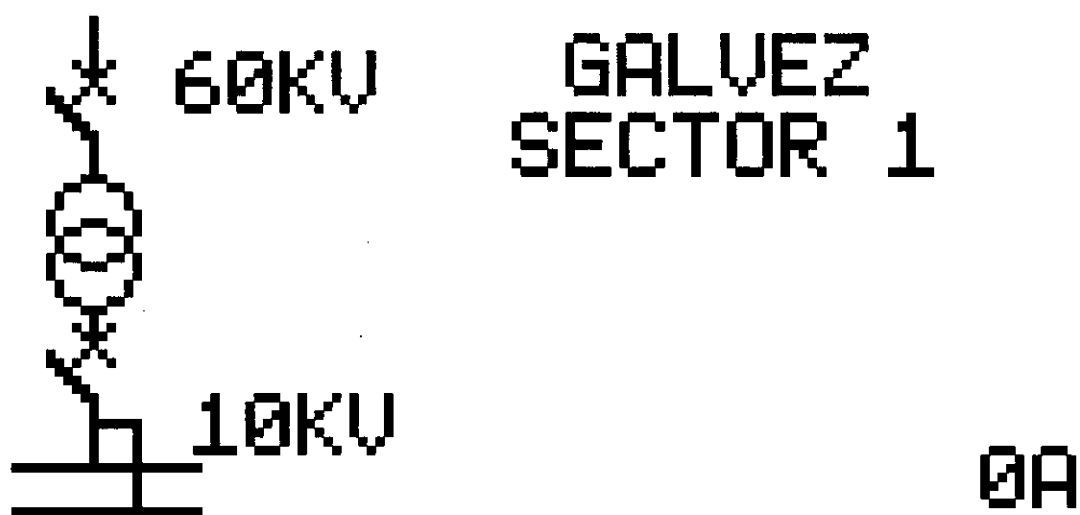
---

LCD Type	LCD2x-P
H-Pixel Count	128
V-Pixel Count	64

---

**Local panel**

---



**ARC SEGUIDOR VAMP 321**  
**PROTECCION DE ARCO**

**GALVEZ SECTOR 1**

**SYSTEM CLOCK**

Date	2017-02-27
Day of week	Monday
Time of day	16:00:00
Date style	y-m-d
Time zone	6.00 h

Enable DST	Off
Event enabling	On

**Status of DST**

---

Status of DST	inactive
---------------	----------

**Next DST changes**

---

Next DSTbegin date	2017-03-26
DSTbegin hour	03:00
Next DSTend date	2017-10-29
DSTend hour (DST)	04:00 DST

**DSTbegin rule**

---

DSTbegin month	Mar
Ordinal of day of week	Last
Day of week	Sunday
DSTbegin hour	3

**DSTend rule**

---

DSTend month	Oct
Ordinal of day of week	Last
Day of week	Sunday
DSTend hour (DST)	4 DST

# ARC SEGUIDOR VAMP 321

## PROTECCION DE ARCO

GALVEZ SECTOR 1

### SLOT INFO

Slot	Card ID	Trace ID	FPGA program	Status
1	Power A	F595931511000929VB388M	-	OK
2	3BIO+2Arc	F837541512200772VB387K	V1.07	OK
3	None	-	-	-
4	None	-	-	-
5	None	-	-	-
6	4Arc	F657751507000980VB445E	-	OK
7	None	-	-	-
8	3L+U+lo	F595911512001366VB398G	-	OK
9	232+EthRJ	C547661507200461VB449G	-	OK
10	None	-	-	-
Display	128x64	F837641450201348VB397G	-	OK
MB	3xx MB	F598471513002417VB356K	V1.09	OK

# ARC MASTER VAMP 321

## PROTECCION DE ARCO

### GALVEZ SECTOR II

#### DEVICE INFO

Main location	GALVEZ SECTOR II
Sublocation	
Name for this device	PROTECCION DE ARCO
Device name	ARC MASTER
Device type	VAMP 321
Language	English
Enable language for PC	Off
Serial number	2230
Order code	-ABAAA-DAACA-A1
Program version	V10.167
Motherboard FPGA program version	V1.09
FLASH memory size	4 MB
Minimum setting tool version	2.2.163
Current setting tool version	2.2.173
Date	2016-04-19
Time of day	15:31:24
Display contrast	110
Panel access level	USER
PC access level	CONF
Tested by	Pauliina Koski
Calibration date	2015-4-8
Change operator password	0
Change configurator password	0

**ARC MASTER VAMP 321**  
**PROTECCION DE ARCO**

**GALVEZ SECTOR II**

**ARC PROTECTION**

**Settings**

l>int. pick-up setting	3750	A
lo>int. pick-up setting	1.50	xIn
l>ext. pick-up setting	3750	A
lo>ext. pick-up setting	1.50	xIn
Communication mode	Master	
Install arc sensors & I/O units	-	
Installation state	Ready	
Forward l>int. to l>ext.	On	
Forward lo>int. to l>ext.	On	
Link Arc selfdiag to SF relay	On	

**Current measurement states**

Measurement	State
l>int.	0
lo>int.	0
l>ext.	0

**Arc Stages**

Stage	Stage Enabled	Trip delay [x1ms]	Min. hold time [x10ms]	State	DI to block stage
1	On	0	2	0	-
2	On	0	2	0	-
3	On	250	2	0	-
4	On	150	2	0	-
5	On	0	2	0	-
6	On	0	2	0	-
7	On	0	2	0	-
8	On	0	2	0	-

**Zones**

Zone	State
1	0
2	0
3	0
4	0

**Installed arc sensors**

Sensor	Arc sensor status
1	OK
2	OK
3	OK
4	OK

**Installed I/O units**

I/O unit Address	Zone / l>ext.	Connected sensors	Activated sensors	Sensor error	Clear registers
1	Zone 1	(2)1,4	-	-	-
2	Zone 1	(2)1,4	-	-	-
3	Zone 1	(2)1,4	-	-	-
25	Zone 4	(2)1,4	-	-	-
26	Zone 4	(3)1,2,3	-	-	-
27	Zone 4	(3)1,2,3	1	-	-

**Installed VAMP321 units**

I/O unit Address	Status	Connected
0	-	Yes
4	-	Yes

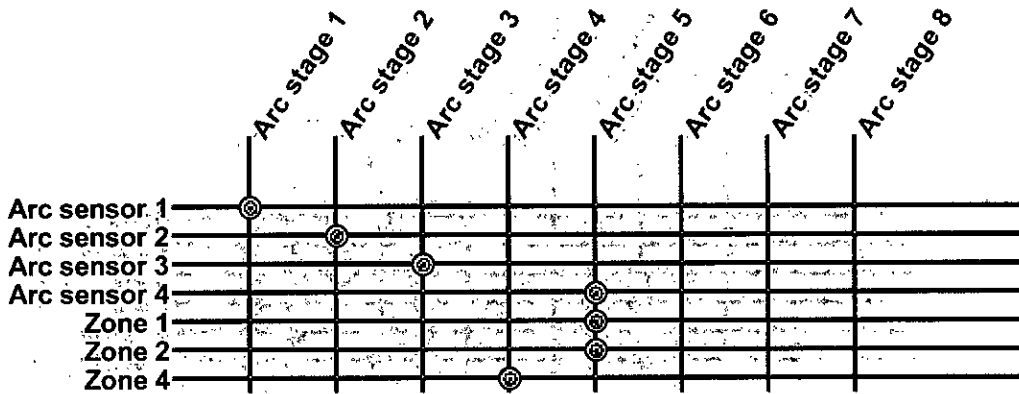
**ARC MASTER VAMP 321**  
**PROTECCION DE ARCO**

**GALVEZ SECTOR II**

**ARC MATRIX - LIGHT**

**ARC MATRIX - LIGHT**

---





# ARC MASTER VAMP 321

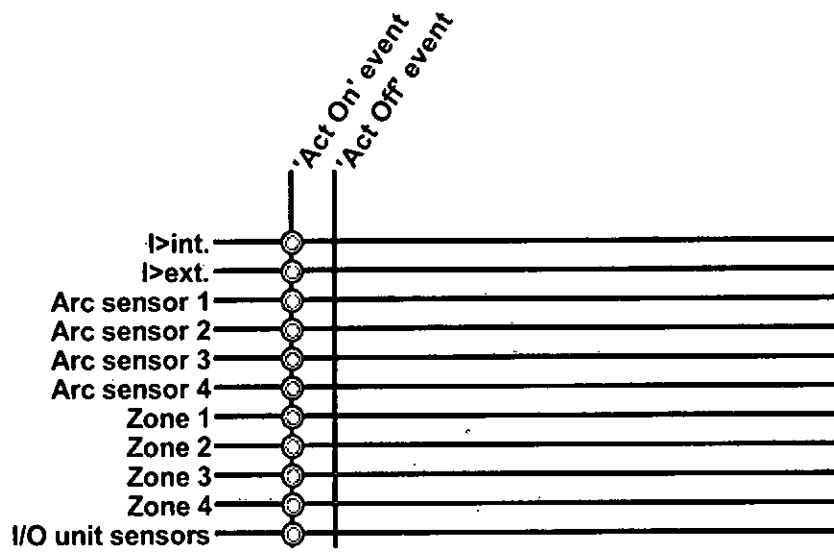
## PROTECCION DE ARCO

GALVEZ SECTOR II

### ARC EVENT ENABLING

#### ARC EVENT ENABLING

---



# ARC MASTER VAMP 321

## PROTECCION DE ARCO

GALVEZ SECTOR II

### RELAYS

#### RELAYS

---

Trip 10KV	0
Trip 10KV Acop	0
Trip 60KV	0
Trip relay 4	0
Signal relay 1	0
Binary output 1	0
Binary output 2	0
Binary output 3	0
Service status output	1
Enable forcing	Off

#### PULSE LENGTH for DIRECT CTRL

---

	(99.99=infinite)
Signal relay 1	0.50 s
Binary output 1	0.50 s
Binary output 2	0.50 s
Binary output 3	0.50 s

**ARC MASTER VAMP 321**  
**PROTECCION DE ARCO**

**GALVEZ SECTOR II**

**NAMES for OUTPUT RELAYS**

**Description**

---

Descr(Trip relay 1)	Trip 10KV
Descr(Trip relay 2)	Trip 10KV Acop
Descr(Trip relay 3)	Trip 60KV
Descr(Trip relay 4)	Trip relay 4
Descr(Signal relay 1)	Signal relay 1

**Label**

---

Label(T1)	T1
Label(T2)	T2
Label(T3)	T3
Label(T4)	T4
Label(A1)	A1

**ARC MASTER VAMP 321**  
**PROTECCION DE ARCO**

**GALVEZ SECTOR II**

**-LED NAMES**

<b>LED</b>	<b>Description</b>
LED A (green)	LED A (green)
LED A (red)	DISP 10KV INT. PRINCIPAL
LED C (green)	LED C (green)
LED C (red)	DISP 10KV INT. ACOP
LED E (green)	LED E (green)
LED E (red)	DISP 60KV LLEGADA
LED G (green)	LED G (green)
LED G (red)	RESERVA
LED I (green)	LED I (green)
LED I (red)	FALLA (50BF)
LED K (green)	LED K (green)
LED K (red)	SALIDAS 10KV
LED M (green)	ALARMA SENSOR
LED M (red)	LED M (red)

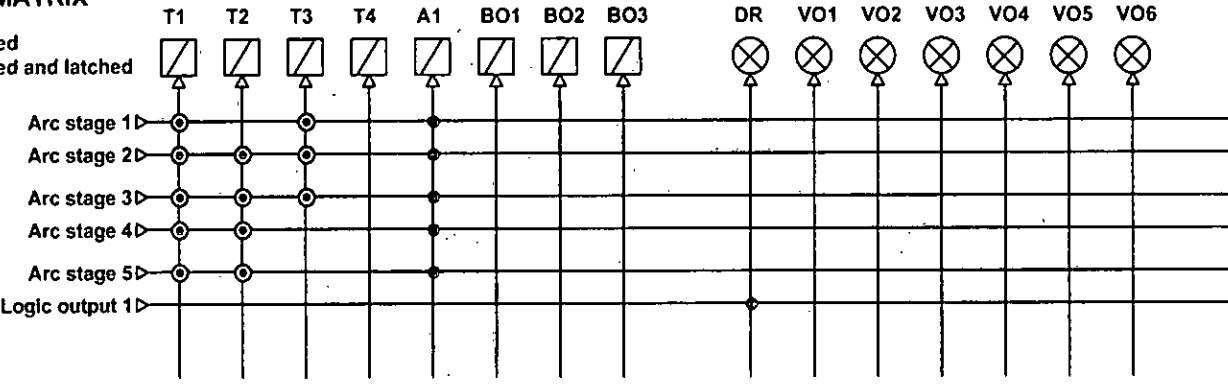
<b>LED</b>	<b>Description</b>
LED B (green)	DISPARO GENERAL
LED B (red)	LED B (red)
LED D (green)	SOBRECORRIENTE
LED D (red)	LED D (red)
LED F (green)	LED F (green)
LED F (red)	CELDA TRANSF
LED H (green)	LED H (green)
LED H (red)	TRANSF DISP
LED J (green)	LED J (green)
LED J (red)	LED J (red)
LED L (green)	LED L (green)
LED L (red)	LED L (red)
LED N (green)	LED N (green)
LED N (red)	LED N (red)

**ARC MASTER VAMP 321**  
**PROTECCION DE ARCO**

**GALVEZ SECTOR II**

**OUTPUT MATRIX**

- connected
- ⊗ connected and latched

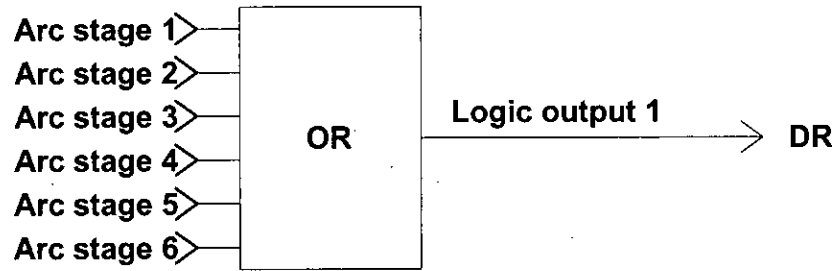




**ARC MASTER VAMP 321**  
**PROTECCION DE ARCO**

**GALVEZ SECTOR II**

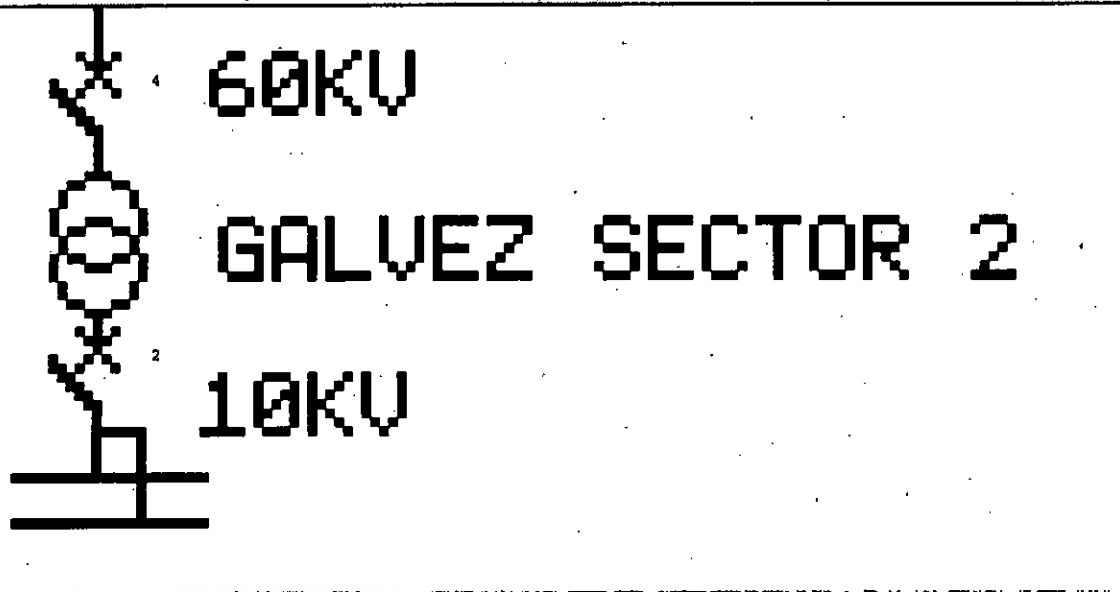
**LOGIC [3% 3% 5%]**



ARC MASTER VAMP 321  
PROTECCION DE ARCO

GALVEZ SECTOR II

MIMIC [36%]





# ARC MASTER VAMP 321

## PROTECCION DE ARCO

### GALVEZ SECTOR II

### SLOT INFO

Slot	Card ID	Trace ID	FPGA program	Status
1	Power A	F887851510000443VB388K	-	OK
2	3BIO+2Arc	F570641509000737VB387K	V1.07	OK
3	None	-	-	-
4	None	-	-	-
5	None	-	-	-
6	4Arc	F657751505000927VB445E	-	OK
7	None	-	-	-
8	3L+U+lo	F595911509001337VB398G	-	OK
9	232+EthRJ	C547661450200329VB449G	-	OK
10	None	-	-	-
Display	128x64	F837641450201423VB397G	-	OK
MB	3xx MB	F598471510002296VB356K	V1.09	OK

# ARC SEGUIDOR VAMP 321

## PROTECCION DE ARCO

### GALVEZ SECTOR 3

## DEVICE INFO

Main location	GALVEZ SECTOR 3
Sublocation	
Name for this device	PROTECCION DE ARCO
Device name	ARC SEGUIDOR
Device type	VAMP 321
Language	English
Enable language for PC	Off
Serial number	2310
Order code	-ABAAA-DAACA-A1
Program version	V10.167
Motherboard FPGA program version	V1.09
FLASH memory size	4 MB
Minimum setting tool version	2.2.163
Current setting tool version	2.2.173
Date	2017-02-27
Time of day	16:00:00
Display contrast	110
Panel access level	USER
PC access level	CONF
Tested by	Joni Saloranta
Calibration date	2015-4-9
Change operator password	0
Change configurator password	0

# ARC SEGUIDOR VAMP 321

## PROTECCION DE ARCO

GALVEZ SECTOR 3

### ARC PROTECTION

#### Settings

I>int. pick-up setting	3750	A
I>int. pick-up setting	1.50	xIn
Io>int. pick-up setting	3750	A
Io>int. pick-up setting	1.50	xIn
Communication mode	Slave	
Slave mode address	1	
Install arc sensors & I/O units	-	
Installation state	Ready	
Forward I>int. to I>ext.	On	
Forward Io>int. to I>ext.	On	
Link Arc selfdiag to SF relay	Off	

#### Current measurement states

Measurement	State
I>int.	0
Io>int.	0
I>ext.	0

#### Arc Stages

Stage	Stage Enabled	Trip delay [x1ms]	Min. hold time [x10ms]	State	DI to block
1	On	0	4	0	
2	On	0	4	0	
3	On	0	4	0	
4	On	0	4	0	
5	On	0	4	0	
6	On	0	4	0	
7	On	0	4	0	
8	On	0	4	0	

#### Zones

Zone	State
1	0
2	0
3	0
4	0

#### Installed arc sensors

Sensor	Arc sensor status
2	OK
3	OK
4	OK

# ARC SEGUIDOR VAMP 321

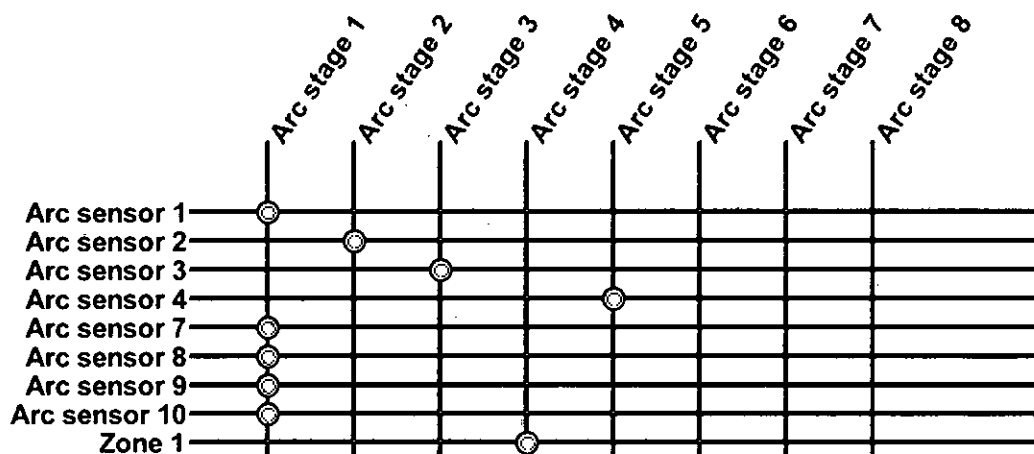
## PROTECCION DE ARCO

GALVEZ SECTOR 3

### ARC MATRIX - LIGHT

#### ARC MATRIX - LIGHT

---



# ARC SEGUIDOR VAMP 321

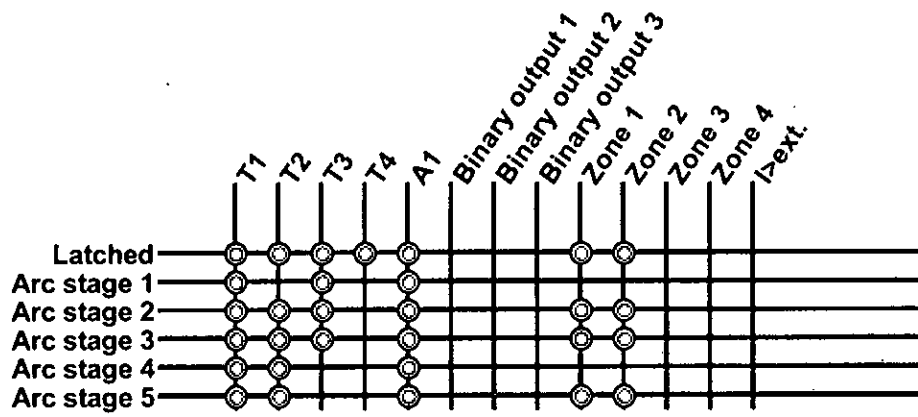
## PROTECCION DE ARCO

GALVEZ SECTOR 3

### ARC MATRIX - OUTPUT

#### ARC MATRIX - OUTPUT

---



# ARC SEGUIDOR VAMP 321

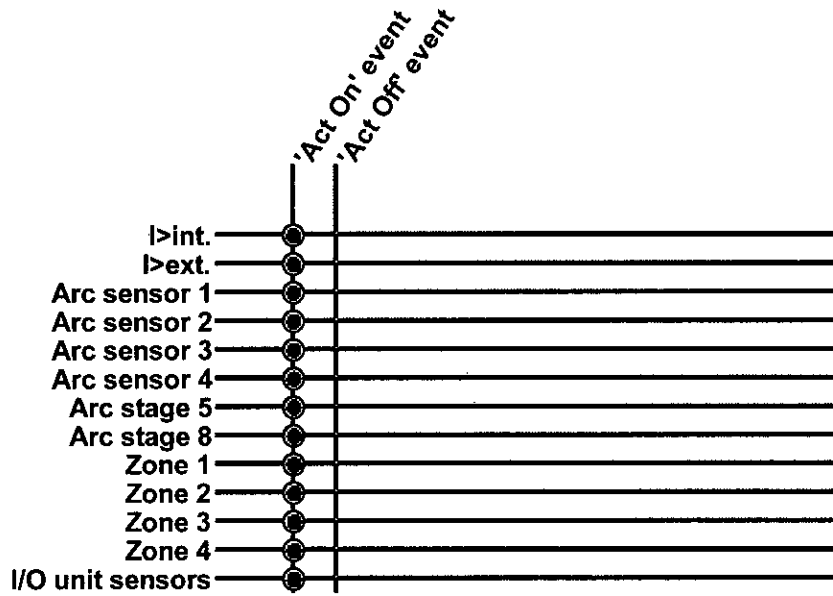
## PROTECCION DE ARCO

GALVEZ SECTOR 3

### ARC EVENT ENABLING

#### ARC EVENT ENABLING

---



# ARC SEGUIDOR VAMP 321

## PROTECCION DE ARCO

GALVEZ SECTOR 3

### RELAYS

#### RELAYS

---

Trip 10KV	0
Trip 10KV Acop	0
Trip 60KV	0
Trip Salidas 10KV	0
Signal relay 1	0
Binary output 1	0
Binary output 2	0
Binary output 3	0
Service status output	0
Enable forcing	Off

#### PULSE LENGTH for DIRECT CTRL

---

	(99.99=infinite)
Signal relay 1	0.50 s
Binary output 1	0.50 s
Binary output 2	0.50 s
Binary output 3	0.50 s

**ARC SEGUIDOR VAMP 321**  
**PROTECCION DE ARCO**

**GALVEZ SECTOR 3**

**NAMES for OUTPUT RELAYS**

**Description**

---

Descr(Trip relay 1)	Trip 10KV
Descr(Trip relay 2)	Trip 10KV Acop
Descr(Trip relay 3)	Trip 60KV
Descr(Trip relay 4)	Trip Salidas 10KV
Descr(Signal relay 1)	Signal relay 1

**Label**

---

Label(T1)	T1
Label(T2)	T2
Label(T3)	T3
Label(T4)	T4
Label(A1)	A1



# ARC SEGUIDOR VAMP 321

## PROTECCION DE ARCO

### GALVEZ SECTOR 3

#### LED NAMES

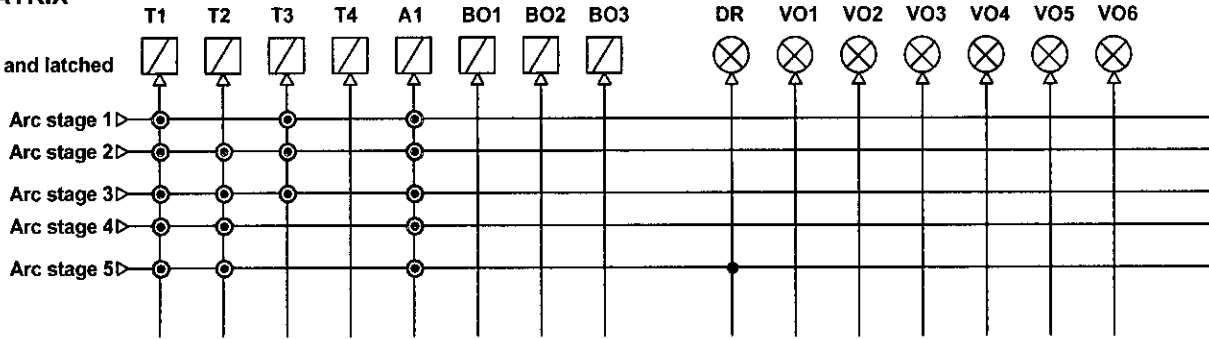
LED	Description	LED	Description
LED A (green)	LED A (green)	LED B (green)	DISPARO GENERAL
LED A (red)	DISP 10KV INT. PRINCIPAL	LED B (red)	LED B (red)
LED C (green)	LED C (green)	LED D (green)	SOBRECORRIENTE
LED C (red)	DISP 10KV INT. ACOP	LED D (red)	LED D (red)
LED E (green)	LED E (green)	LED F (green)	LED F (green)
LED E (red)	DISP 60KV LLEGADA	LED F (red)	CELDA TRANSF
LED G (green)	LED G (green)	LED H (green)	LED H (green)
LED G (red)	RESERVA	LED H (red)	TRANSF DISP
LED I (green)	LED I (green)	LED J (green)	LED J (green)
LED I (red)	FALLA (50BF)	LED J (red)	LED J (red)
LED K (green)	LED K (green)	LED L (green)	LED L (green)
LED K (red)	SALIDAS 10KV	LED L (red)	LED L (red)
LED M (green)	ALARMA SENSOR	LED N (green)	LED N (green)
LED M (red)	LED M (red)	LED N (red)	LED N (red)

**ARC SEGUIDOR VAMP 321**  
**PROTECCION DE ARCO**

**GALVEZ SECTOR 3**

**OUTPUT MATRIX**

- connected
- ⊗ connected and latched

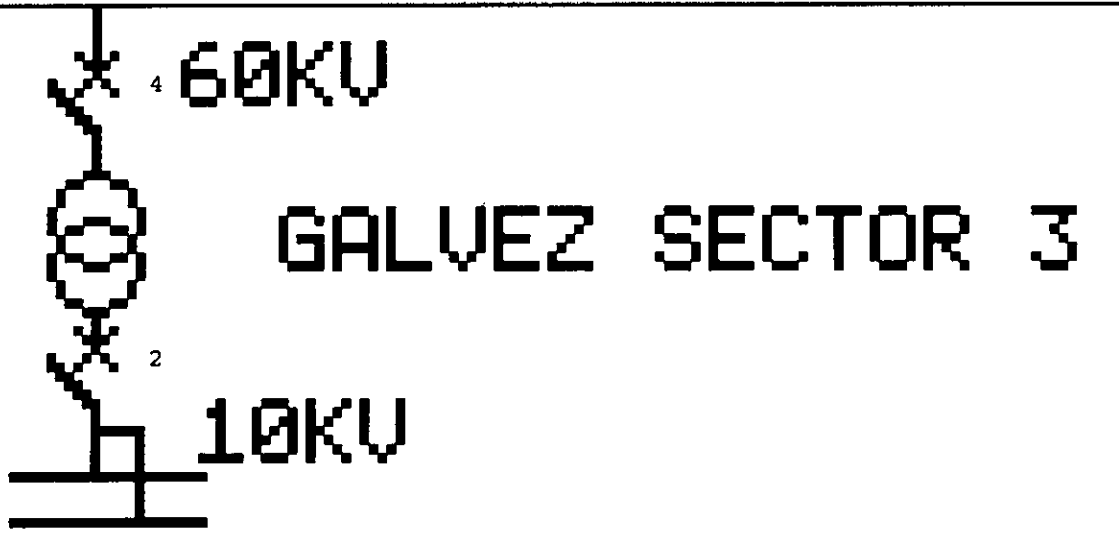




ARC SEGUIDOR VAMP 321  
PROTECCION DE ARCO

GALVEZ SECTOR 3

MIMIC [36%]



ARC SEGUIDOR VAMP 321  
PROTECCION DE ARCO

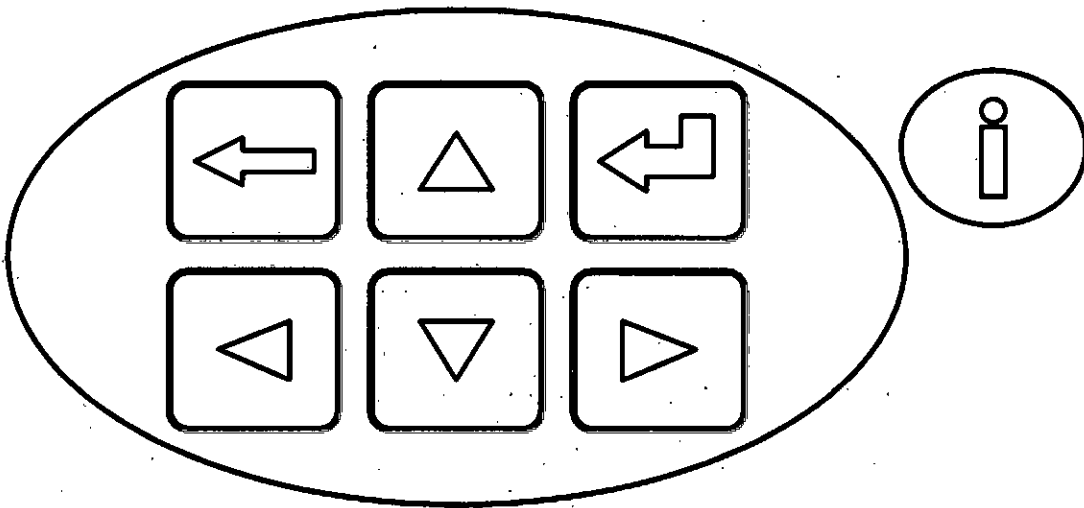
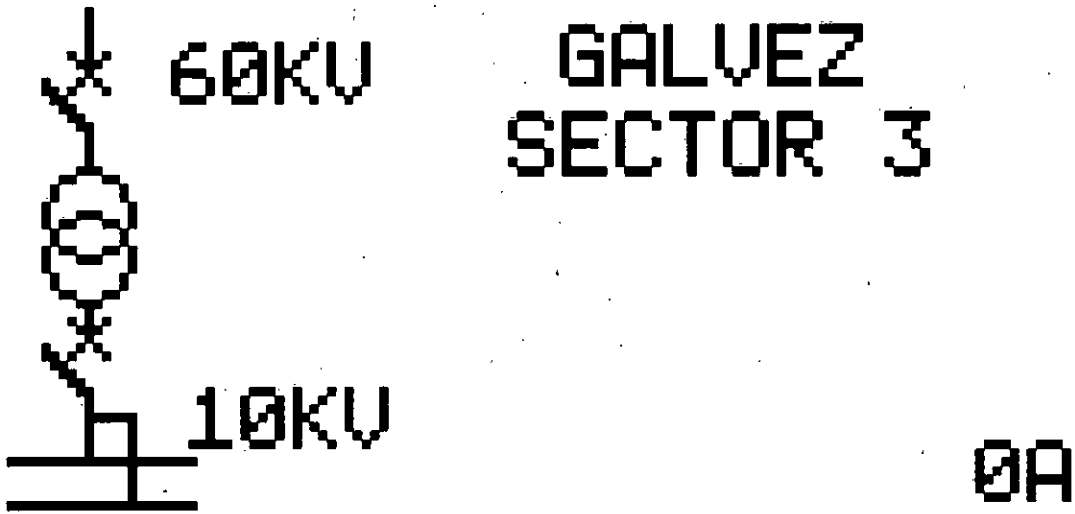
GALVEZ SECTOR 3

LOCAL PANEL DISPLAY

Panel Properties

LCD Type	LCD2x-P
H-Pixel Count	128
V-Pixel Count	64

Local panel



**ARC SEGUIDOR VAMP 321**  
**PROTECCION DE ARCO**

**GALVEZ SECTOR 3**

**SYSTEM CLOCK**

Date	2017-02-27
Day of week	Monday
Time of day	16:00:00
Date style	y-m-d
Time zone	6.00 h

Enable DST	Off
Event enabling	On

**Status of DST**

---

Status of DST	inactive
---------------	----------

**Next DST changes**

---

Next DSTbegin date	2017-03-26
DSTbegin hour	03:00
Next DSTend date	2017-10-29
DSTend hour (DST)	04:00 DST

**DSTbegin rule**

---

DSTbegin month	Mar
Ordinal of day of week	Last
Day of week	Sunday
DSTbegin hour	3

**DSTend rule**

---

DSTend month	Oct
Ordinal of day of week	Last
Day of week	Sunday
DSTend hour (DST)	4 DST

**ARC SEGUIDOR VAMP 321**  
**PROTECCION DE ARCO**

**GALVEZ SECTOR 3**

**SLOT INFO**

Slot	Card ID	Trace ID	FPGA program	Status
1	Power A	F595931511000929VB388M	-	OK
2	3BIO+2Arc	F837541512200772VB387K	V1.07	OK
3	None	-	-	-
4	None	-	-	-
5	None	-	-	-
6	4Arc	F657751507000980VB445E	-	OK
7	None	-	-	-
8	3L+U+Io	F595911512001366VB398G	-	OK
9	232+EthRJ	C547661507200461VB449G	-	OK
10	None	-	-	-
Display	128x64	F837641450201348VB397G	-	OK
MB	3xx MB	F598471513002417VB356K	V1.09	OK

# **Anexo 3**

**Reporte de las pruebas realizadas  
a las unidades Vamp**



## Equipo en prueba - Ajustes del dispositivo

### Subestación/Bahía:

Subestación: S.E.T Gálvez Lus del Sur Dirección de subestación:  
Bahía: Dirección de bahía:

### Dispositivo:

Nombre/descripción: Relé VAMP Fabricante: Schneider Electric Peru S.A.  
Tipo de dispositivo: vamp321 Dirección del dispositivo:  
No de serie: ABAAA-DAACA-A1  
Info adicional 1:  
Info adicional 2:

### Valores nominales:

f nom: 60.00 Hz Número de fases: 3  
V nom (secundario): 10.00 V V primario: 60.00 kV  
I nom (secundario): 5.000 A I primario: 1.000 kA

### Factores de tensión/corriente residuales:

VLN / VN: 1.732 IN / I nom: 1.000

### Límites:

V máx: 200.0 V I máx: 50.00 A

### Filtros antirrebote y antirruído:

Tiempo de antirrebote: 3.000 ms Tiempo de antirruído: 0.000 s

### Detección de sobrecarga:

Tiempo de supresión: 50.00 ms

## Equipo en prueba – Otras funciones RIO

### Configuración del interruptor

Descripción	Nombre	Valor
t de disparo IP	t de disparo IP	50.00 ms
t de cierre IP	t de cierre IP	100.00 ms
Tiempos para 52a, 52b en porcentaje del tiempo del IP	52a, 52b % del IP	20.00 %

## Equipo en prueba - Parámetros de sobrecorriente

### General - Valores:

Tol. tiem. abs.: 0.10 s Conexión del TT: En equipo protegido  
To. tiem. rel.: 10.00 % Conexión del pto. de estrella del TC: A equipo protegido  
Tol. corr. abs.: 0.10 Iref  
Tol. corr. rel.: 5.00 %  
Direccional: No

## Equipo en prueba - Ajustes de distancia

### Parámetros del sistema:

Longitud de la línea: 1.000  $\Omega$  Ángulo de línea: 75.00 °  
Conexión TP: en línea Pto. de estrella TC: hacia la línea  
Corrección de la impedancia 1A/I nom: no  
Impedancias en valores primarios: no

**Tolerancias:**

Tol. f rel.:	5.000 %	Tol. T abs. -:	0.000 s
Tol. t abs. +:	50.00 ms	Tol. Z abs.:	50.00 mΩ
Tol. Z rel.:	5.000 %		

**Factor de puesta a tierra:**

Mag. kL:	1.000000	Ángulo kL:	0.000000°
Separar la resistencia del arco:	no		

**Ajustes de zona:**

**Hardware Configuration**

**Equipo en prueba**

Tipo	No de serie
CMC356	GK31N

**Comprobación del hardware**

Realizado en	Resultado	Detalles
No se ha realizado todavía		

**Salidas analógicas**

Equipo en prueba		Equipo en prueba	
Dispositivo	Conector	Etiqueta	Terminal de conexión

**Entradas binarias/analógicas**

Equipo en prueba		Equipo en prueba	
Dispositivo	Conector	Etiqueta	Terminal de conexión
CMC356	1+	Disparo	
GK31N	1-		
	2+	Arranque	
	2-		
	3+		
	3-		
	4+		
	4-		
	5+		
	5-		
	6+		
	6-		
	7+		
	7-		
	8+		
	8-		
	9+		
	9-		
	10+		
	10-		
	1		
	2		
	N		

### Salidas binarias

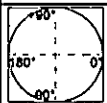
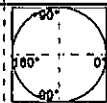
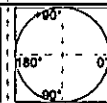
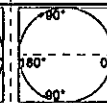
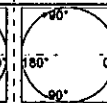
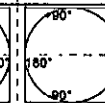
Equipo en prueba		Equipo en prueba	
Dispositivo	Conector	Etiqueta	Terminal de conexión
CMC356 GK31N	1+	Sal. bin 1	
	1-		
	2+		
	2-		
	3+		
	3-		
	4+		
	4-		
	11		
	12		
	13		
	14		
	N		

### Entradas analógicas CC

Equipo en prueba		Equipo en prueba	
Dispositivo	Conector	Etiqueta	Terminal de conexión
CMC356 GK31N	V+	V1	
	V-		
	I+	I1	
	I-		

### State Sequencer:

### Ajustes de la prueba

Estado	Estado 1	Estado 2	Estado 3	Estado 4	Estado 5	Estado 6
Sal. bin 1	0	1	0	1	0	1
Tiempo max. estado	10.00 s	2.000 s	10.00 s	2.000 s	10.00 s	2.000 s
Lógica del trigger		OR		OR		OR
Disparo		1		1		1
Arranque		1		1		1
Interacción del usuario	no	no	no	no	no	no
Trigger de CMGPS	no	no	no	no	no	no
Trigger de IRIG-B/PTP	no	no	no	no	no	no
Pulsos / segundos	1	1	1	1	1	1
Retardo tras trigger	0.000 s	0.000 s	0.000 s	0.000 s	0.000 s	0.000 s
Diagramas						

### Comentario

### Módulo de prueba

Nombre: OMICRON State Sequencer  
 Comienzo: 27-feb-2017 11:32:40  
 Nombre de usuario:  
 Compañía:

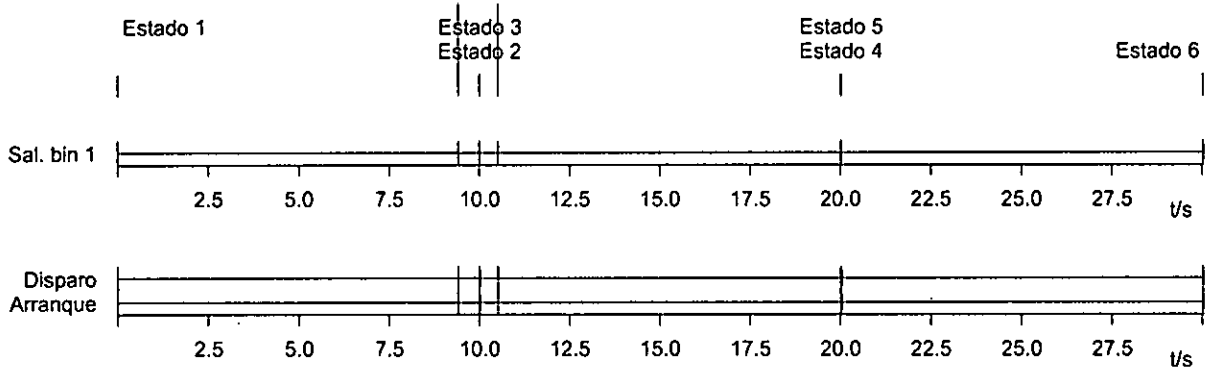
Versión: 3.00  
 Fin: 27-feb-2017 11:33:11  
 Director:

## Resultados de la prueba

### Evaluación de tiempo

Nombre	Ignor. antes	Inicio	Fin	tnom.	tdevs-	tdevs+	treal	tdevs.	Eval.
Arc Flash	Estado 1	Estado 2	Disparo 0>1	7.000 ms	10.00 ms	10.00 ms	13.70 ms	6.700 ms	+
Arc Flash	Estado 3	Estado 4	Disparo 0>1	7.000 ms	10.00 ms	10.00 ms	13.60 ms	6.600 ms	+
Arc Flash	Estado 5	Estado 6	Disparo 0>1	7.000 ms	10.00 ms	10.00 ms	13.60 ms	6.600 ms	+

Eval.: +.. Correcto x.. Incorrecto o.. No evaluado



### Datos del cursor

	Tiempo	Señal	Valor
Cursor 1	10.52 s		n/a
Cursor 2	9.42 s		n/a
C2 - C1	-1.10 s		n/a

### Registrador de sucesos

Tiempo	Tipo	Nombre de la señal	Pendiente
10.00 s	Salida	Sal. bin 1	0>1
10.01 s	Entrada	Disparo	0>1
10.01 s	Entrada	Arranque	0>1
10.01 s	Salida	Sal. bin 1	1>0
10.05 s	Entrada	Disparo	1>0
10.05 s	Entrada	Arranque	1>0
20.01 s	Salida	Sal. bin 1	0>1
20.03 s	Entrada	Disparo	0>1
20.03 s	Entrada	Arranque	0>1
20.03 s	Salida	Sal. bin 1	1>0
20.07 s	Entrada	Disparo	1>0
20.07 s	Entrada	Arranque	1>0
30.03 s	Salida	Sal. bin 1	0>1
30.04 s	Entrada	Disparo	0>1
30.04 s	Entrada	Arranque	0>1

Estado de la prueba:  
Prueba correcta

# **Anexo 4**

## **Planos de la arquitectura implementada**

A

B

C

D

A

B

C

D

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only those drawings and diagrams resulted after order taking or bidding, for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and at power sources off.

Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Sólo en los casos de pedidos de habilitación para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

# PROTECCIÓN DE ARCO INTERNO EN BARRAS DE 10KV S.E. GÁLVEZ

## PLANOS FUNCIONALES

A	EDICIÓN ORIGINAL			
Ind	Fecha	Modificación	Archivo	

Dibujado :	Victor Tello y Alvaro Soto
Revisado :	Leonel Marquez
Aprobado :	Marco Ramirez

Descripción:  
**S.E. GÁLVEZ**

Proyecto:  
**LUZ DEL SUR**



Indice modif → **A 0 0 0 0 1**

CARÁTULA Pg 0 / 32 Pg



Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELÉCTRIC PERU S.A. y no deben ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Soleamente estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only those drawings and diagrams permitted after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn cut, with operating mechanism discharged and all power sources off.

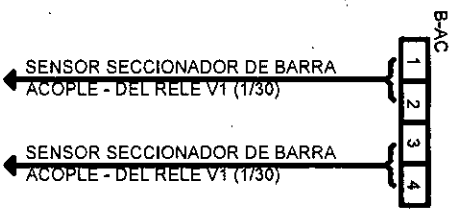
Ind. Fecha	Edición	Modificación	Archivo	Dibujado	Revisado	Aprobado	Victor Tello y Alvaro Soto
A	EDICIÓN ORIGINAL						Leonel Marquez
							Marco Ramirez

Descripción:  
**S.E. GALVEZ**

Proyecto:  
**LUZ DEL SUR**



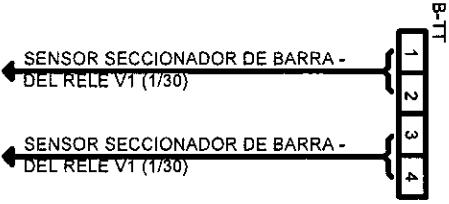
ACOPLAMIENTO  
Indice modif → **A000001**  
Pg 2  
30 Pg





Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELÉCTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Solamente estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only these drawings and diagrams permitted after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.



Ind. Fecha	EDICIÓN ORIGINAL	Archivo	Dibujado : Revisado : Aprobado :	Victor Tello y Alvaro Soto Leonel Alarquez Marco Ramirez
------------	------------------	---------	--	--

Descripción:  
**S.E. GÁLVEZ**

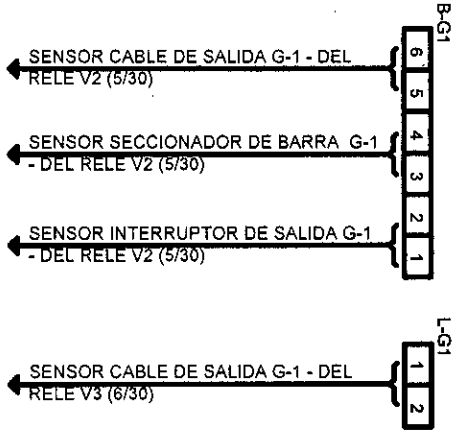
Proyecto:  
**LUZ DEL SUR**



TRAFO DE TENSION Pg. 3  
Indice modif. → A 0 0 0 0 1 30 Pg.

Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas ni reproducidas sin su previa autorización escrita. Solamente estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only these drawings and diagrams remain valid after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.



Indl	A	EDICION ORIGINAL	Archivo	Dibujada:	Revisada:	Aprobada:	Victor Tello y Alvaro Soto
Fecha		Modificación					Leonel Marquez
							Marco Ramirez

Descripción: S.E. GALVEZ

Proyecto: LUZ DEL SUR



CELDA: G - 1

Indice modif: A 0 0 0 0 1

Pg 4 / 30 Pg

Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Solamente estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only these drawings and diagrams remain valid after order booking and pending for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.

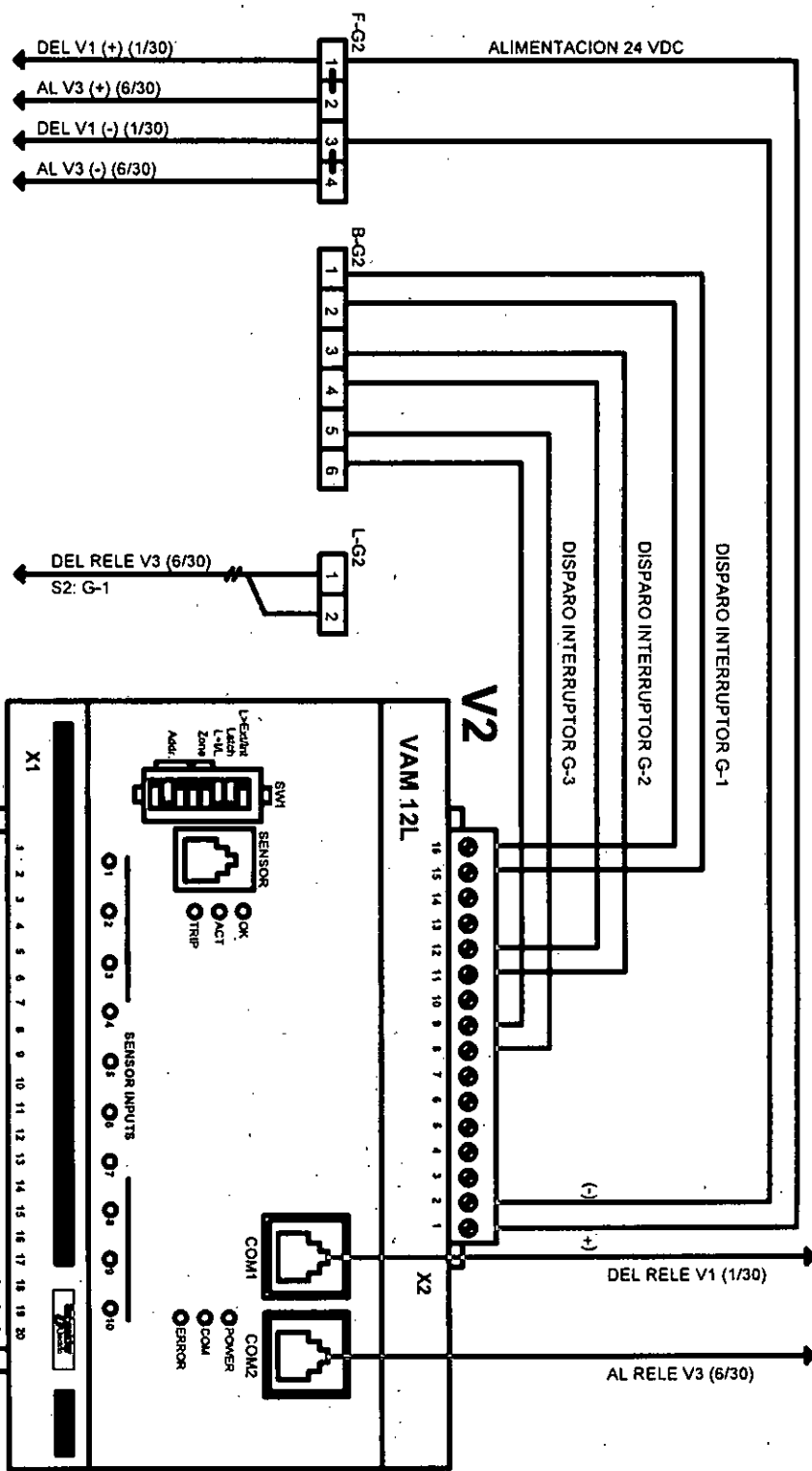
A	Indic. Fecha	Modificación	Archivo
	Emisión Original		
	Revisado		
	Aprobado		
	Victor Tello y Alvaro Soto	Laurel Martínez	Marco Ramirez

Descripción:  
**S.E. GALVEZ**

Proyecto:  
**LUZ DEL SUR**



CELDA: G - 2	Pg. 5
Indice	30 Pg.
A 0 0 0 0 1	



- 1. SENSOR CABLE DE SALIDA G-1
- 2. SENSOR CABLE DE SALIDA G-2
- 3. SENSOR CABLE DE SALIDA G-3
- 4. SENSOR SECCIONADOR DE BARRA G-1
- 5. SENSOR INTERRUPTOR DE SALIDA G-1
- 6. SENSOR SECCIONADOR DE BARRA G-2
- 7. SENSOR INTERRUPTOR DE SALIDA G-2
- 8. SENSOR SECCIONADOR DE BARRA G-3
- 9. SENSOR INTERRUPTOR DE SALIDA G-3

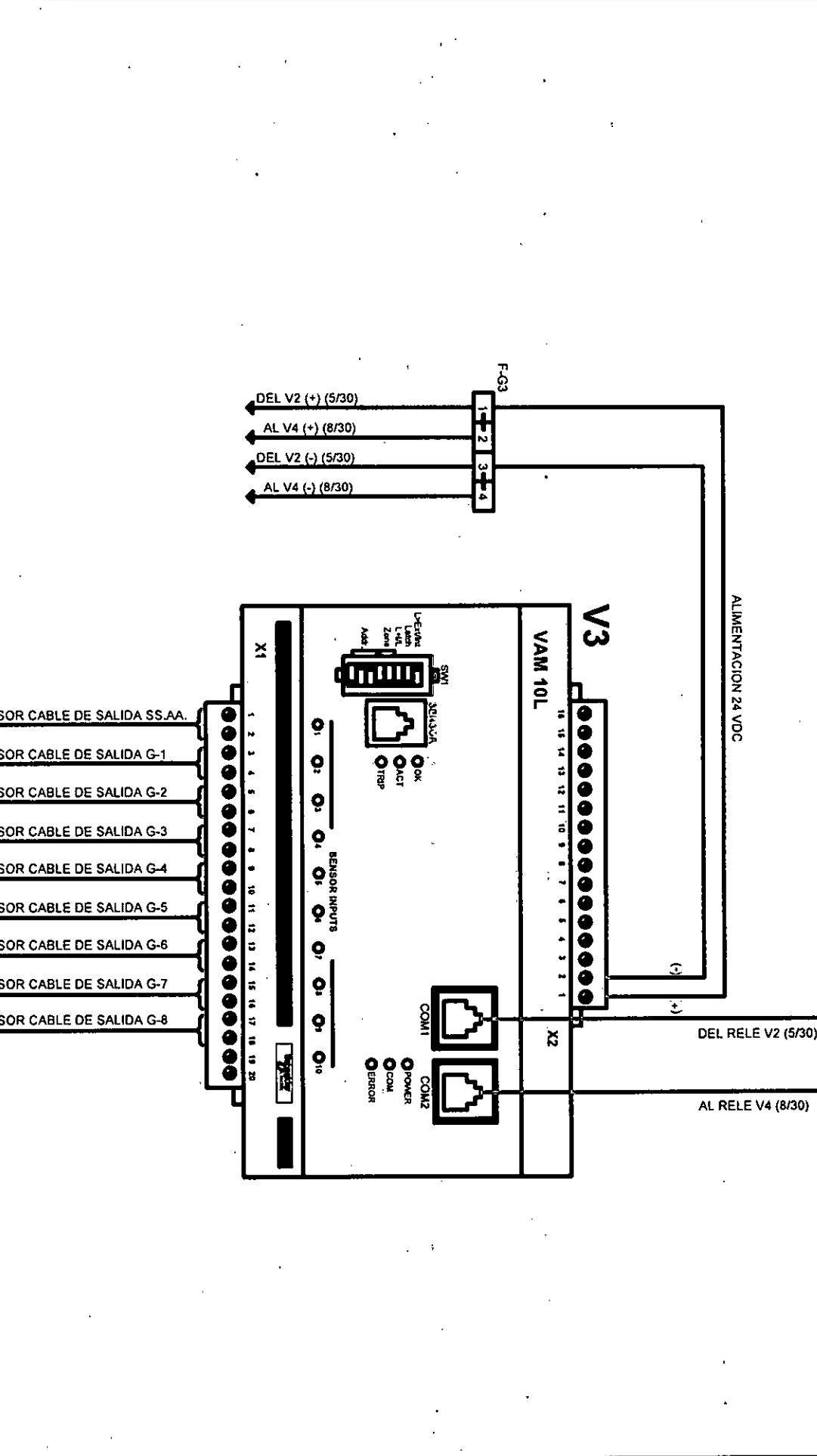
Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Solamente estos dibujos serán autorizados para la ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only these drawings and diagrams realized after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position (drawn set, with operating mechanism discharged and all power sources off).

Indice	000001
modif	A00001
CELDA: G - 3	
Pg	6
de	30

Indice	A
Fecha	
Modificación	
Archivo	
Dibujado	Victor Tello y Alvaro Soto
Revisado	Leonel Mariquez
Aprobado	Marcelo Ramirez

Descripción:	S.E. GALVEZ
Proyecto:	LUZ DEL SUR

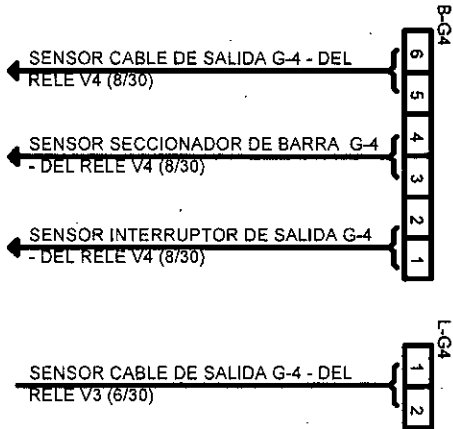


1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	



Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Solamente estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only these drawings and diagrams permitted after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.



Ind. Fecha		Dibujado	Revisado	Aprobado
A		Victor Tello y Alvaro Soto	Leonel Merquiez	Marco Ramirez
Edición Original				
Modificación				
Archivo				

Descripción:  
**S.E. GALVEZ**


Proyecto:  
**LUZ DEL SUR**

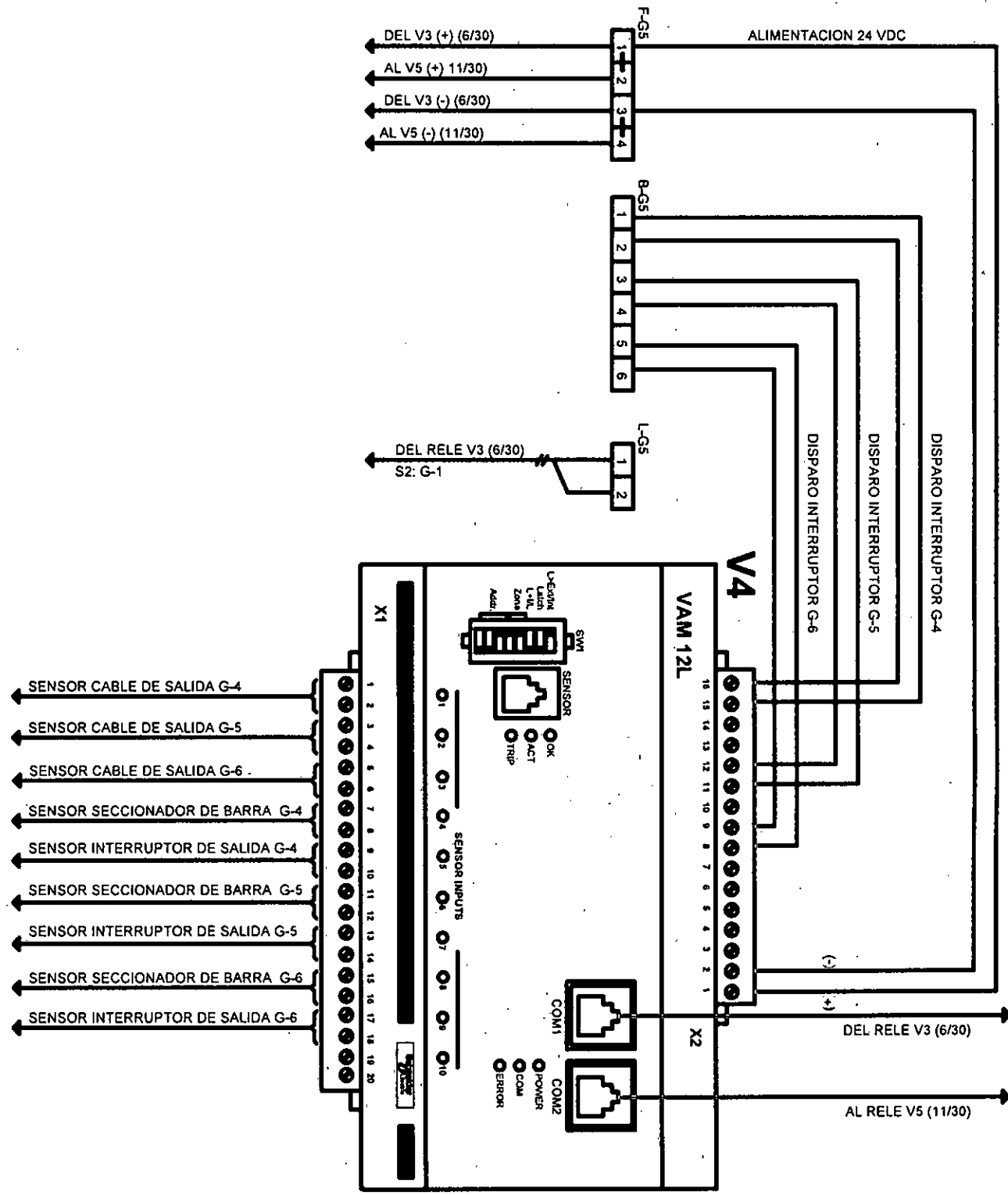


CELDA: G - 4  
Pg. 7  
30 de 31  
Indice modif. → **A 0 0 0 0 1**

Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Solamente estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only these drawings and diagrams permitted after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.

Ind. Fecha	Modificación	Archivo	Dibujado : Revisado : Aprobado :	Victor Tello y Alvaro Soto Leonel Marquez Marco Ramirez	Descripción: <b>S.E. GALVEZ</b>	Proyecto: <b>LUZ DEL SUR</b>		Indice módulo →	CELDA: G - 5	Pg. 8 30 Pz
A	EMERSON ORIGINAL							A000001		



D

C

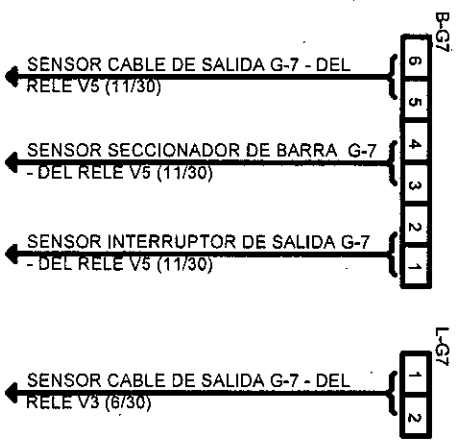
B

A



Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELÉCTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Solamente estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only those drawings and diagrams permitted after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off!



A	EDICIÓN ORIGINAL	Dibujado	Victor Tello y Alvaro Soto
Ind. Fecha	Modificación	Revisado	Leonel Marquez
		Aprobado	Marco Ramirez

Descripción:  
**S.E. GALVEZ**

Proyecto:  
**LUZ DEL SUR**



CELDA: G - 7

Indice modify → A 0 0 0 0 0 1

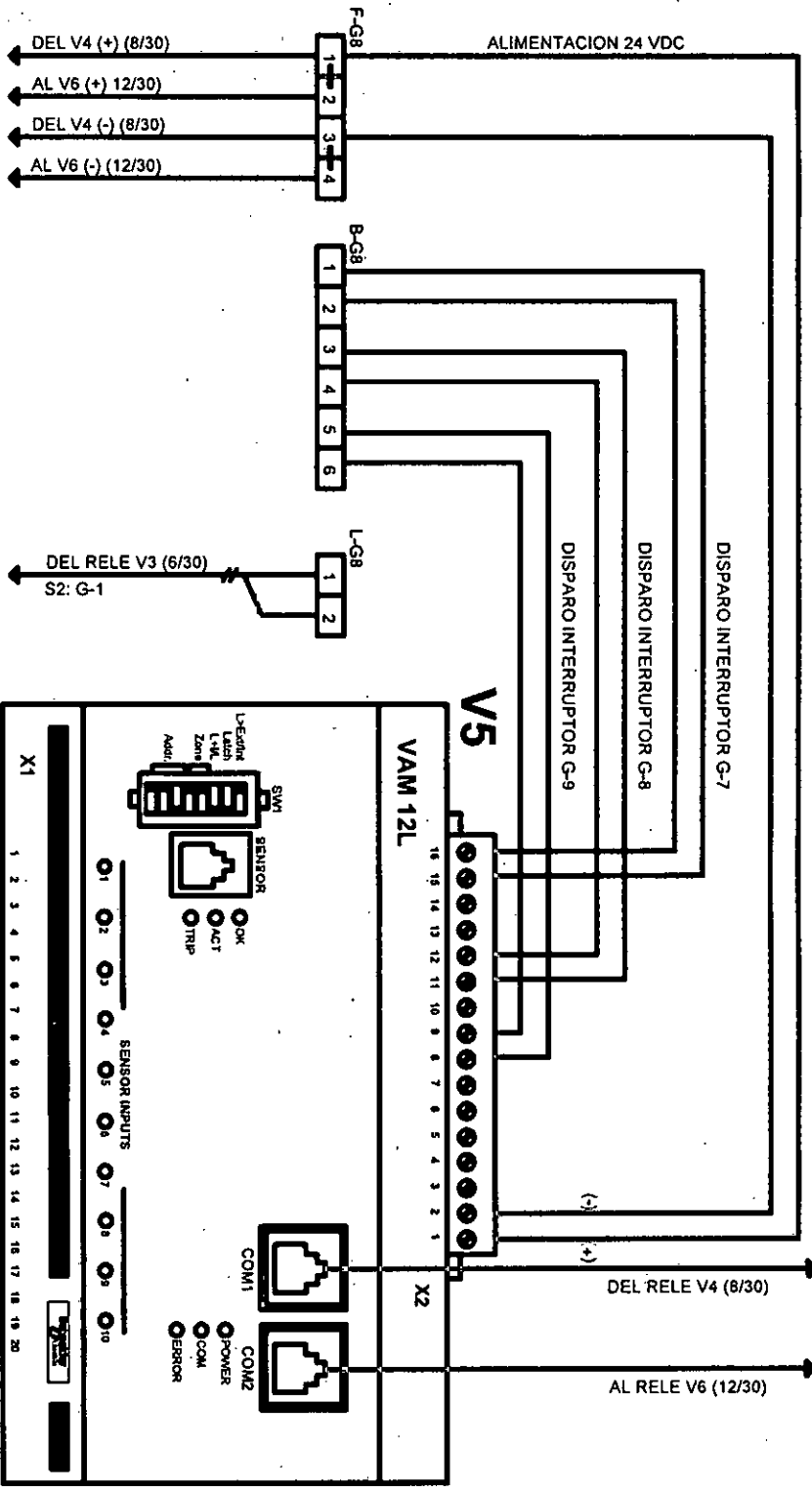
Fig. 10  
30 Fig.



Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Soleamente estas diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only those drawings and diagrams permitted after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.

Id	Fecha	Modificación	Dibujado	Revisado	Proyecto	Trayector
A		EMISIÓN ORIGINAL	Victor Tello y Alvaro Soto	Leonel Martínez	LUZ DEL SUR	CELDA: G - 8
			Marco Ramírez			Fe 11
						30 pz
						1

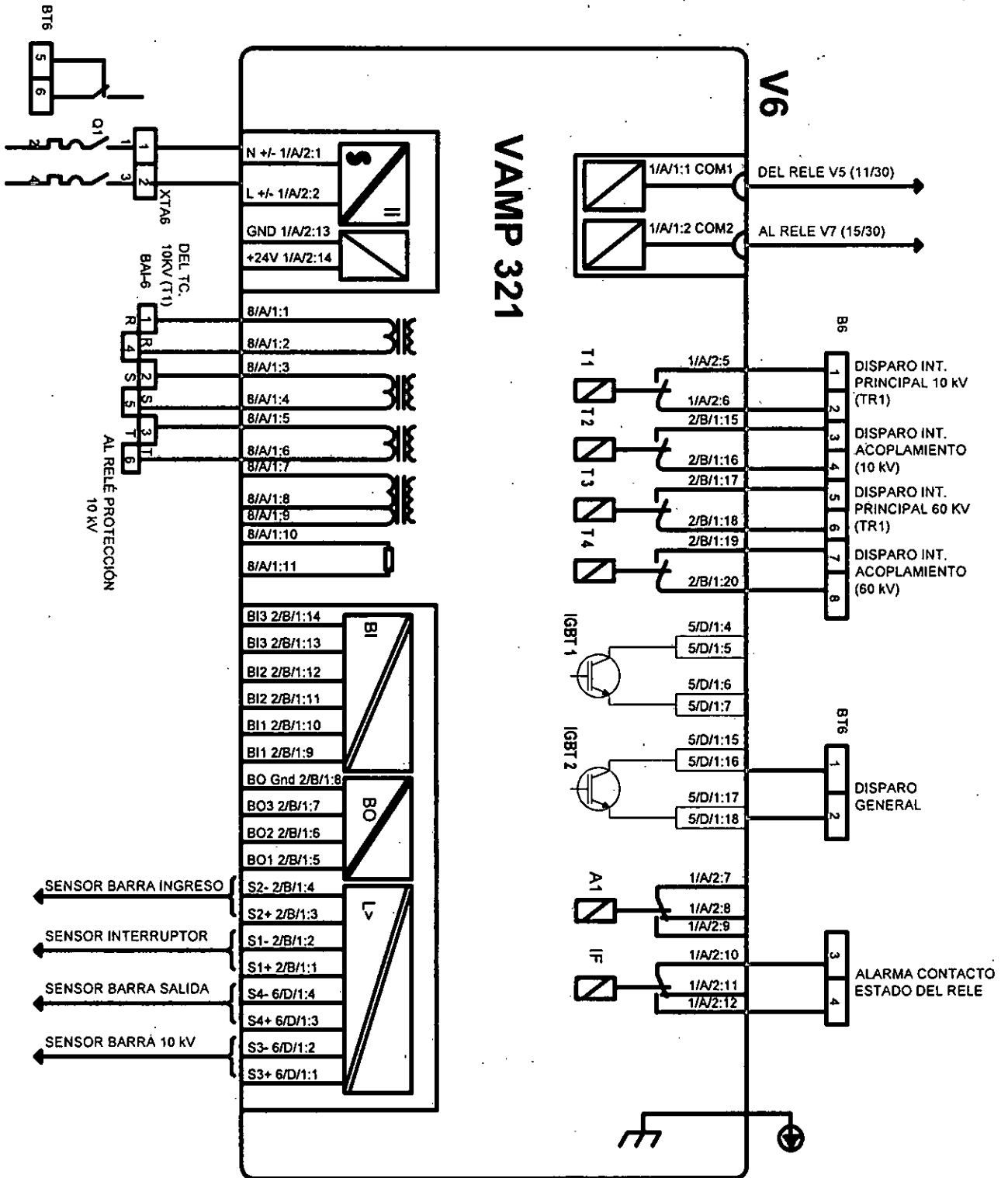


- 1 → SENSOR CABLE DE SALIDA G-7
- 2 → SENSOR CABLE DE SALIDA G-8
- 3 → SENSOR CABLE DE SALIDA G-9
- 4 → SENSOR SECCIONADOR DE BARRA G-7
- 5 → SENSOR INTERRUPTOR DE SALIDA G-7
- 6 → SENSOR SECCIONADOR DE BARRA G-8
- 7 → SENSOR INTERRUPTOR DE SALIDA G-8
- 8 → SENSOR SECCIONADOR DE BARRA G-9
- 9 → SENSOR INTERRUPTOR DE SALIDA G-9



Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELÉCTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Asimismo estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only these drawings and diagrams permitted after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.



### VAMP 321

V6

Ind. Fecha	Modificación	Archivo	Aprobado	Descripción:	Proyecto:		Indice	CELDA: TRAF0 1	Pc 12
A	ENCON. ORIGINAL			Dibujado: Victor Tello y Alvaro Soto	S.E. GALVEZ		A 0 0 0 0 1	30 Pc	
				Revisado: Leonel Marquez					
				Marzo Ramirez					

Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELÉCTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Solamente estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELÉCTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only those drawings and diagrams permitted after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn cut, with operating mechanism discharged and all power sources off.

A	
Ind. Fecha	
Modificación	
Archivo	

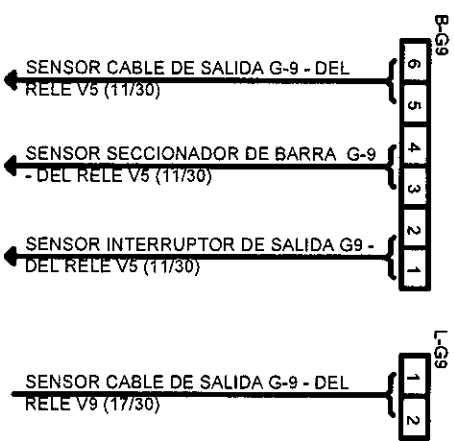
Dibujado	Victor Tello y Alvaro Soto
Revisado	Leonel Marquez
Aprobado	Marco Ramirez

Descripción:  
**S.E. GALVEZ**

Proyecto:  
**LUZ DEL SUR**



CELDA: G-9  
Pg. 13  
30 ps



Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELÉCTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Solamente estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only those drawings and diagrams permitted after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off!

Ind. Fecha	EDICIÓN ORIGINAL	Archivo	Dibujado : Revisado :	Victor Tello y Alvaro Soto Leonel Márquez Marco Ramirez
A			Aprobado :	

Descripción: **S. E. GALVEZ**

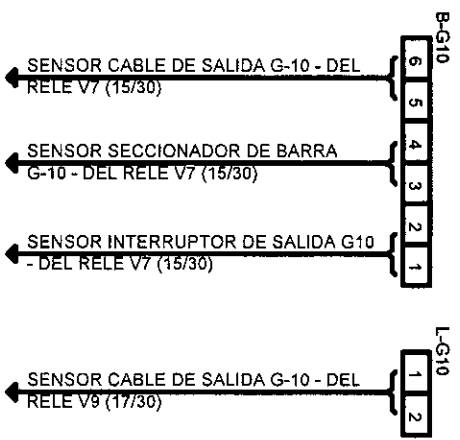
Proyecto: **LUZ DEL SUR**



CEIDA: G-10

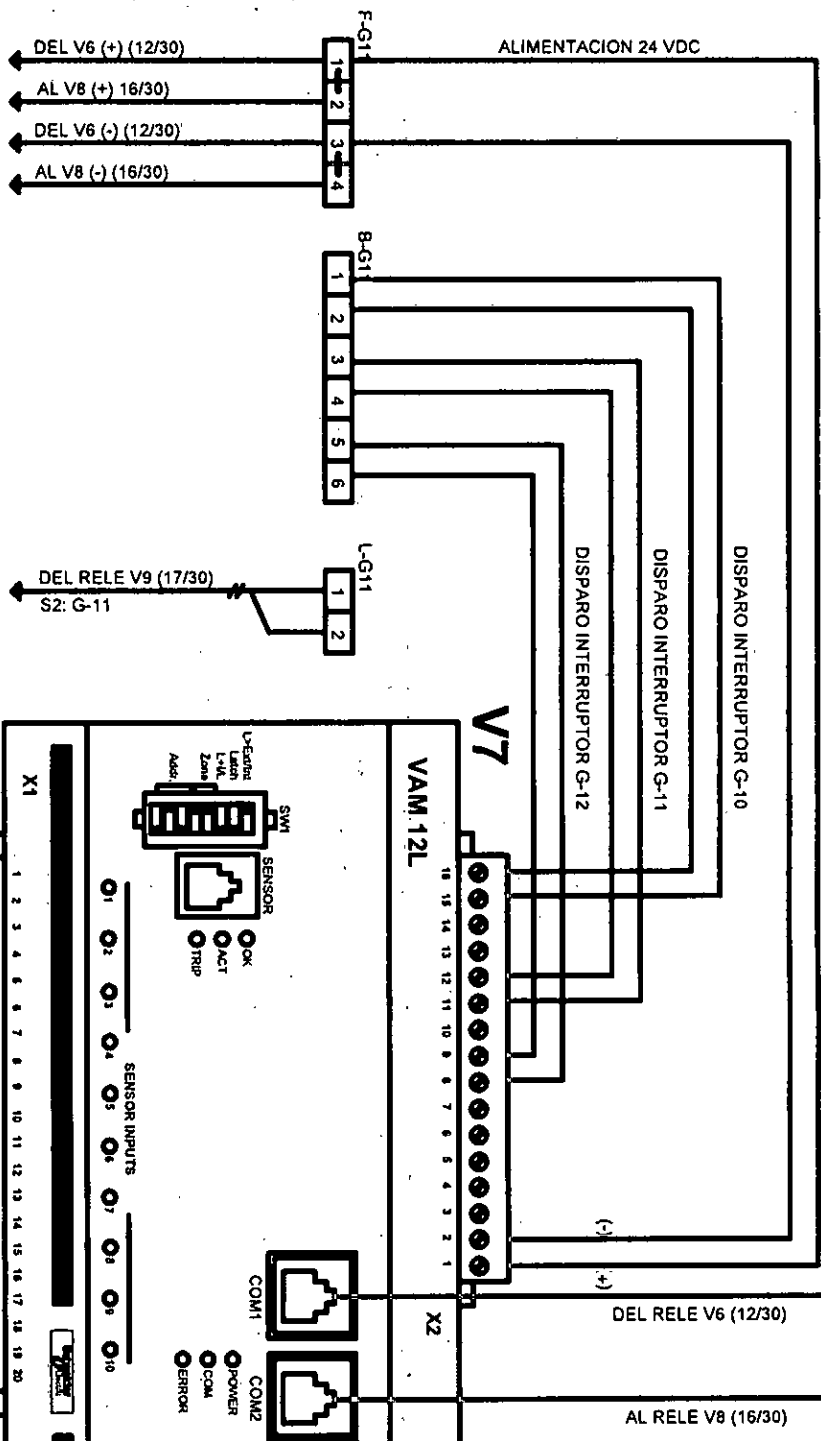
Indice modif: **A 0 0 0 0 1**

Pg. 14  
30 de



Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Solo estas diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only those drawings and diagrams revealed after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.



- ← SENSOR CABLE DE SALIDA G-10
- ← SENSOR CABLE DE SALIDA G-11
- ← SENSOR CABLE DE SALIDA G-12
- ← SENSOR SECCIONADOR DE BARRA G-10
- ← SENSOR INTERRUPTOR DE SALIDA G-10
- ← SENSOR SECCIONADOR DE BARRA G-11
- ← SENSOR INTERRUPTOR DE SALIDA G-11
- ← SENSOR SECCIONADOR DE BARRA G-12
- ← SENSOR INTERRUPTOR DE SALIDA G-12

A	
Ind. Fecha	
Modificación	EMENDA ORIGINAL
Archivo	
Aprobado:	Revisado:
	Victor Tello y Alvaro Soño
	Leonel Marquez
	Marcos Ramirez

Descripción:  
**S.E. GALVEZ**

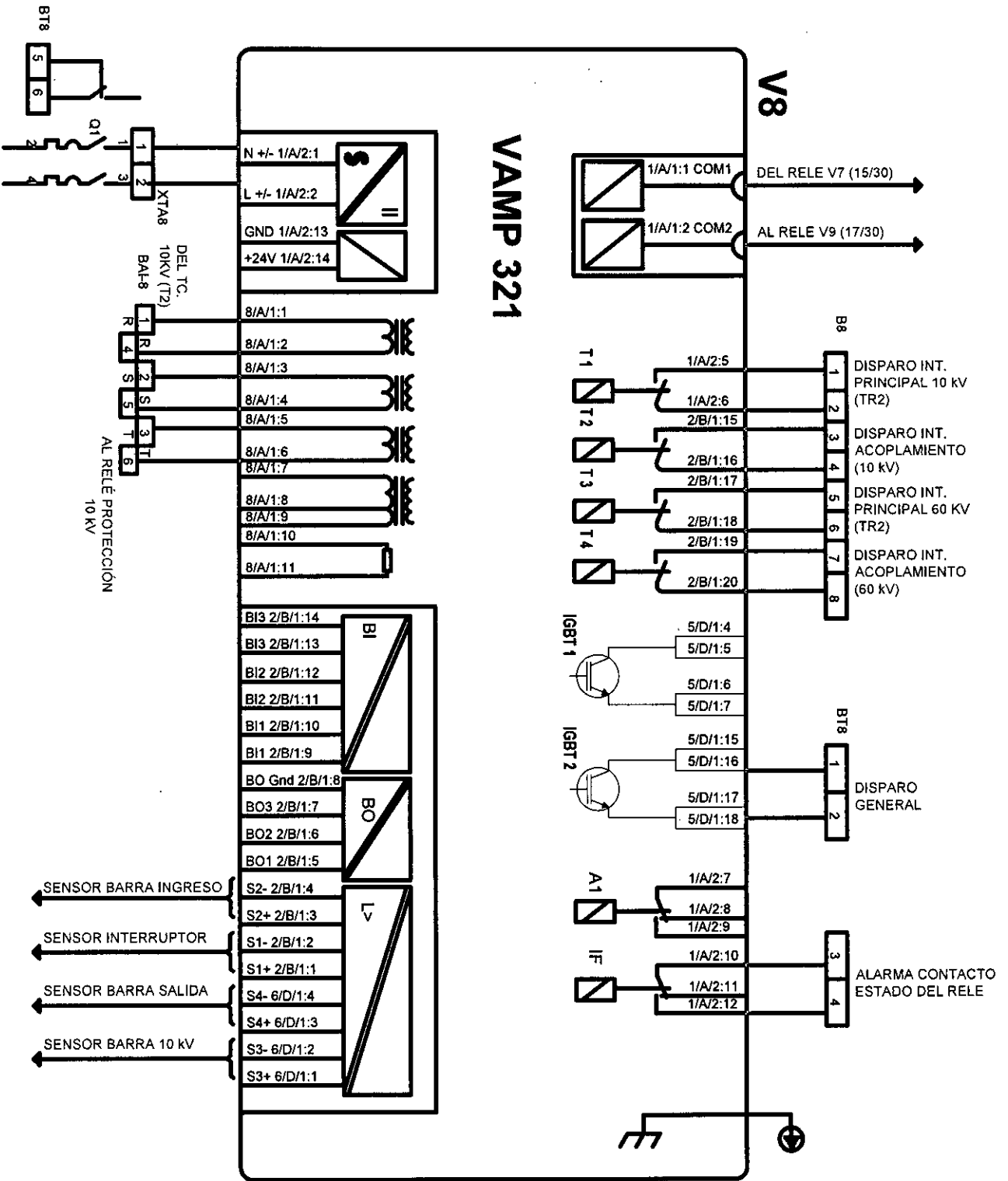
Proyecto:  
**LUZ DEL SUR**



CELDA: G - 11	Pg 15
Indice	30 Pg
A000001	

Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Salvo estas autorizaciones, todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only those drawings and diagrams permitted after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.



Ind. Fecha	Edición ORIGINAL	Dibujado	Revisado	Descripción:	Proyecto:
		Victor Tello y Alvaro Soto	Leonel Martínez	S.E. GALVEZ	LUZ DEL SUR
Modificación			Mario Ramirez		
Archivo					
Aprobado					
<b>Schneider Electric</b>					
CELDA: TRAF02					
Pg 16					
30 Te					
Indice modif → A 0 0 0 0 1					

Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Solamente estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only those drawings and diagrams permitted after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn cut, with operating mechanism discharged and all power sources off.

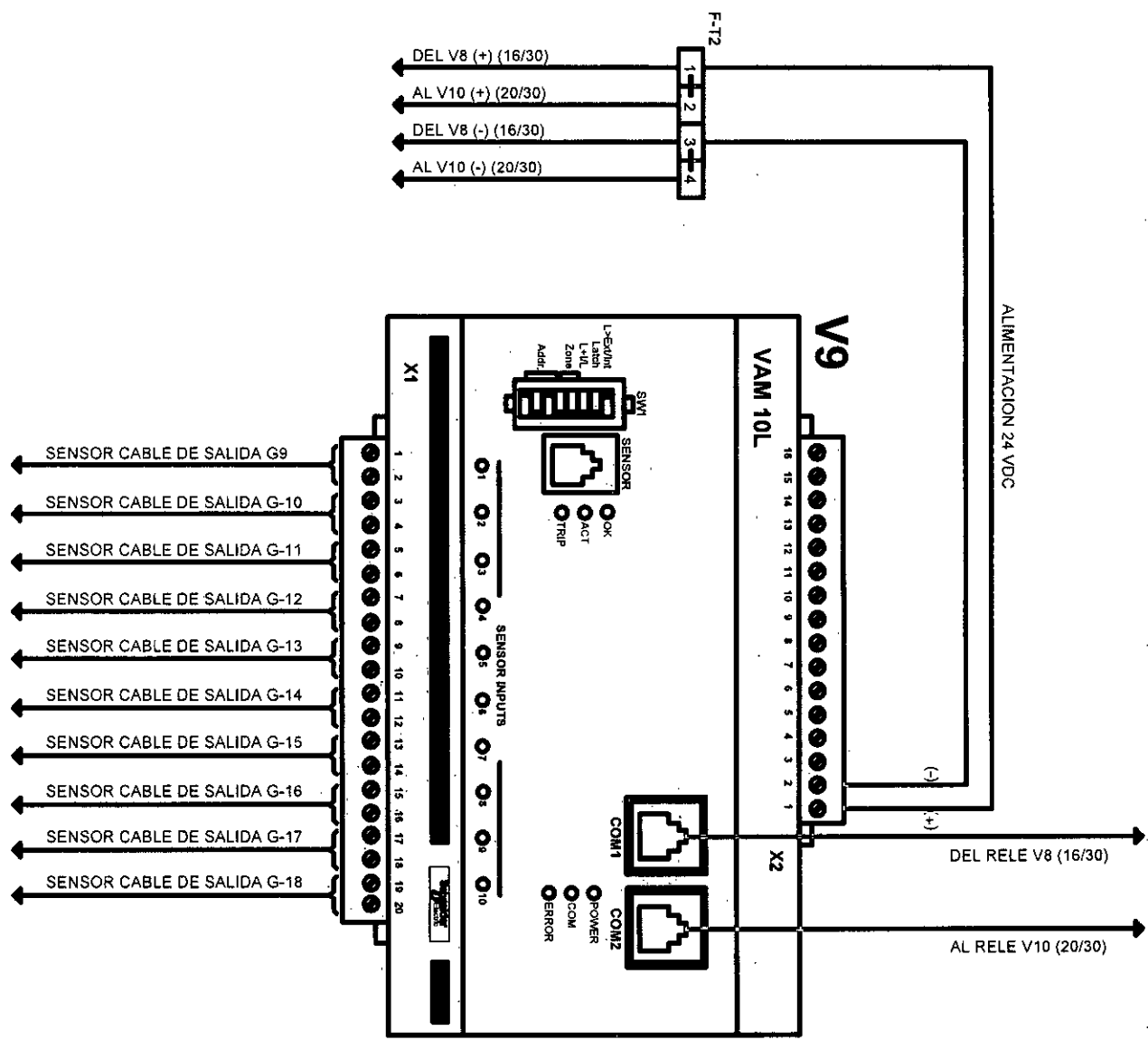
A	Indicador	Edición Original	Archivo	Dibujado	Revisado	Aprobado	Victor Tello y Alvaro Soto Leonel Marquez Mauricio Ramirez
	Indicador	Modificación					

Descripción:  
**S.E. GALVEZ**

Proyecto:  
**LUZ DEL SUR**

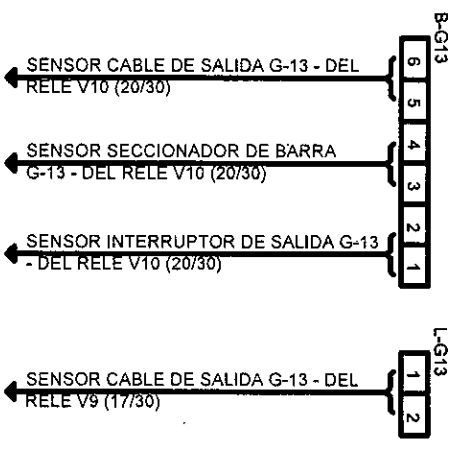


CELDA: TRAF0 2  
Pg 17  
30 Fe  
Indicador  
modif → A 0 0 0 0 1 1



Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELÉCTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Solamente estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only those drawings and diagrams permitted after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.



Ind. Fecha	EDICIÓN ORIGINAL	Archivo	Dibujado	Revisado	Victor Tello y Alvaro Soto
A	Modificación		Aprobado		Leonel Marquiza
					Leonel Marquiza

Descripción: **S.E. GALVEZ**

Proyecto: **LUZ DEL SUR**



CELDA: G - 13

Indice modif → A 0 0 0 0 0 1

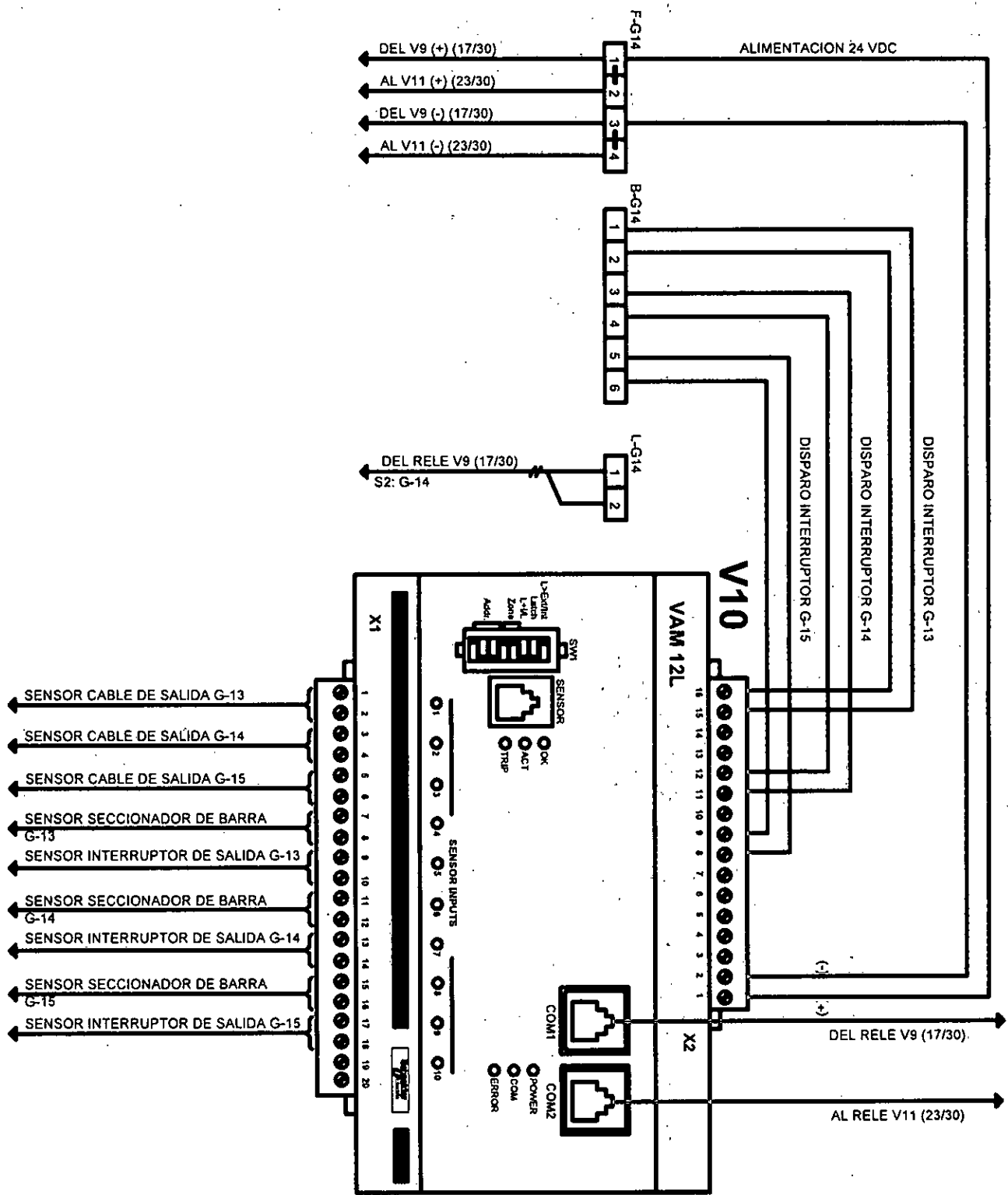
Pg 19 / 30 Pg



Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Salvo estas excepciones estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

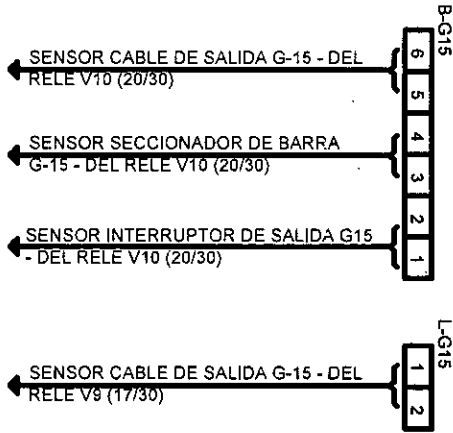
All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only these drawings and diagrams permitted after order booking are intended for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.

Ind. Fecha	Modificación	Archivo	Dibujado	Revisado	Aprobado	Descripción:	Proyecto:	Indice	CELDA:	Pg
	EMISIÓN ORIGINAL		Victor Tello y Alvaro Soto	Leonel Manriquez	Marco Ramirez	S.E. GALVEZ	LUZ DEL SUR	modif →	G - 14	20
									A 0 0 0 0 0 1	30 Pg



Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas ni divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Solamente estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only those drawings and diagrams permitted after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.



Ind	Fecha	Modificación	Archivo	Dibujado	Revisado	Aprobado
		ERIGIÓ ORIGINAL				
				Victor Tello y Alvaro Soto	Léonel Márquez	Marco Ramírez

Descripción: S.E. GALVEZ

Proyecto: LUZ DEL SUR



CEILDA: G - 15

Indice modif → A 0 0 0 0 1

Pg 21 / 30 Pgs

Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SHNEIDER ELÉCTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Solamente estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only those drawings and diagrams permitted after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.

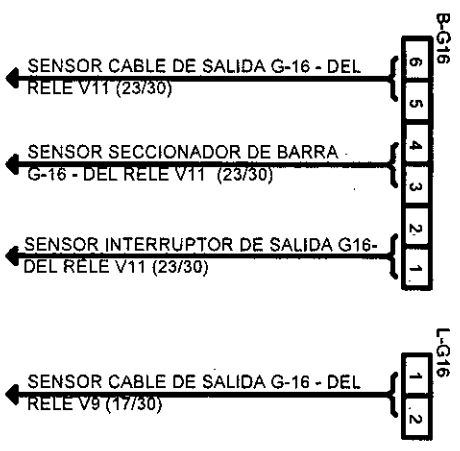
Edición Original	Modificación	Archivo	Dibujado	Revisado	Aprobado
			Victor Tello y Alvaro Soto	Leonel Marquez	Marco Romero

Descripción:  
**S. E. GALVEZ**

Proyecto:  
**LUZ DEL SUR**



CELDA: G - 16  
Pg. 22  
30 de





Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELÉCTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros, sin su previa autorización escrita. Solamente estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only these drawings and diagrams permitted after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.

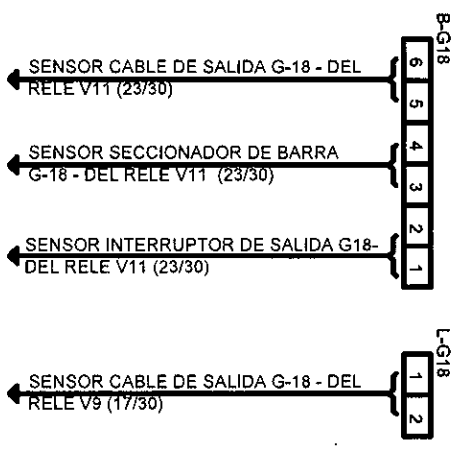
Ind. Fecha	Edición ORIGINAL	Modificación	Archivo	Dibujado	Revisado	Aprobado
				Victor Tello y Alvaro Soto	Leonel Marquez	Mario Ramirez

Descripción:  
**S.E. GALVEZ**

Proyecto:  
**LUZ DEL SUR**



Indice modif. → **A 0 0 0 0 1**  
**CELDA: G - 18**  
 Pg 24 / 30 Pc

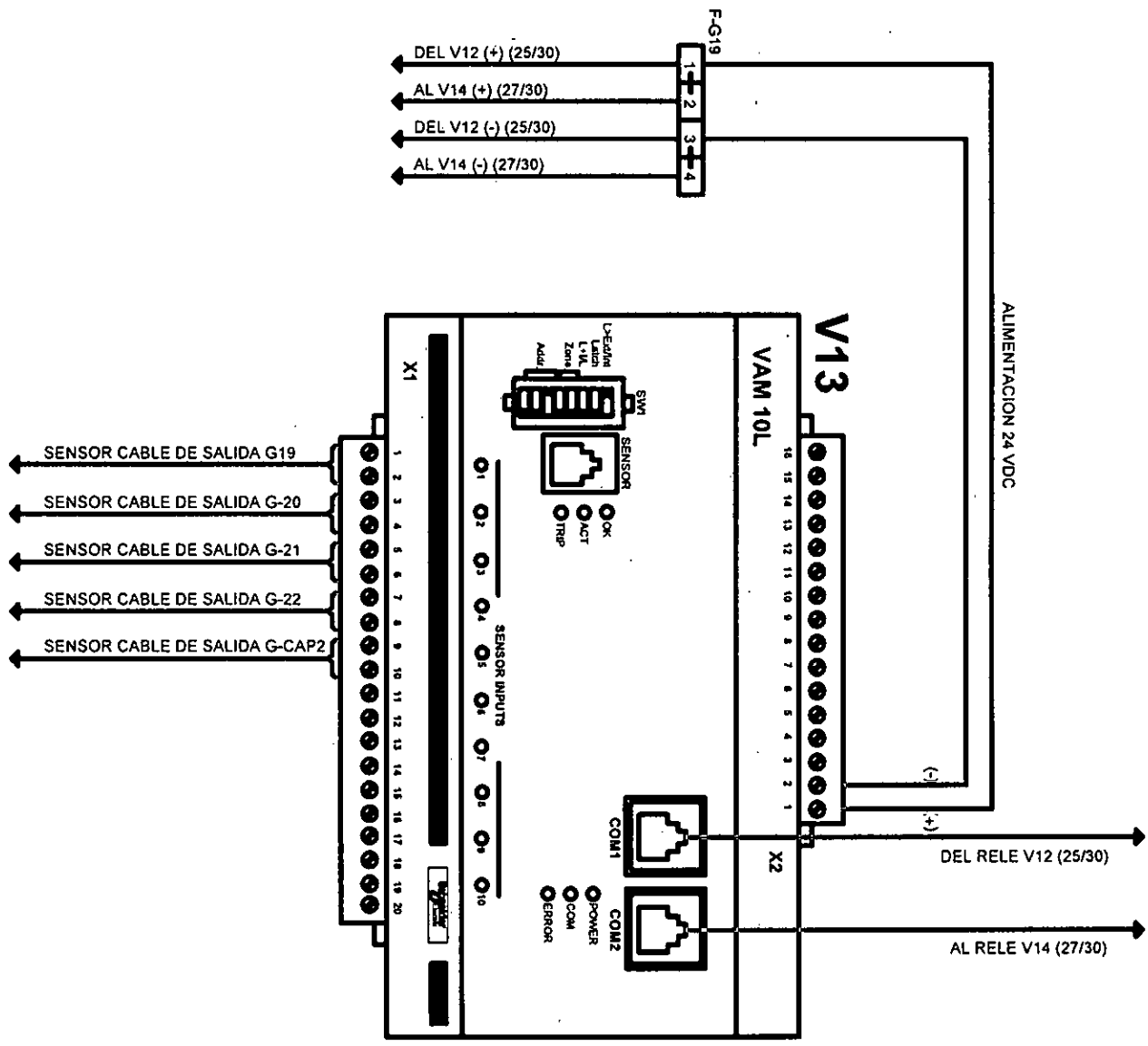




Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Solamente estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only these drawings and diagrams, certified after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.

Indicador	CELDA: G - 19	Página 26
Indicador	→ A 0 0 0 0 1	30 Pá.
Proyecto:	LUZ DEL SUR	
Descripción:	S.E. GALVEZ	
Dibujado:	Victor Tello y Alvaro Soto	
Revisado:	Leonel Marquez	
Aprobado:	Marco Ramirez	
Archivo:		
Modificación:		
Edición:	ORIGINAL	
Fecha:		
A:		







Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Solamente estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, accionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only those drawings and diagrams permitted after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.

Ind. Fecha	EDICIÓN ORIGINAL	Archivo	Dibujado : Revisado : Aprobado :	Victor Tello y Alvaro Soto Leonel Márquez Marco Ramirez
A				

Descripción: **S.E. GALVEZ**

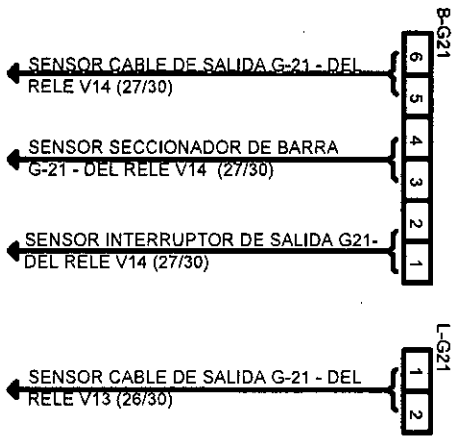
Proyecto: **LUZ DEL SUR**



CELDA: G - 21

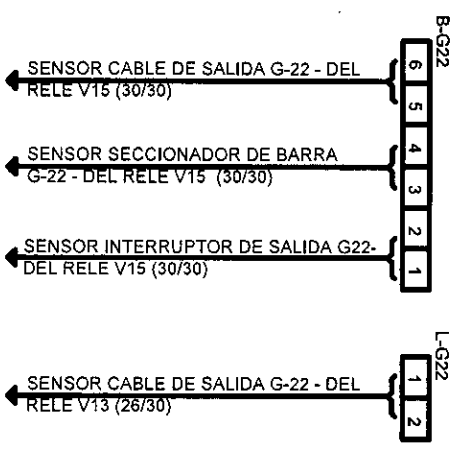
Indice modif → A 0 0 0 0 1

Pg 28 de 30 Pg



Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas a terceros sin su previa autorización escrita. Solamente estos diagramas estarán habilitados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only those drawings and diagrams permitted after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.



Ind. Fecha	Edición Original	Modificación	Archivo	Dibujado	Revisado	Aprobado
				Victor Tello y Alvarez Soto	Leonel Marquez	Marco Ramirez

Descripción: **S.E. GALVEZ**

Proyecto: **LUZ DEL SUR**



CELDA: G - 22

Indice modif → **A 0 0 0 0 0 1**

Pg. 29 / 30 Pg.

Las informaciones técnicas contenidas en este documento son propiedad exclusiva de SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. y no podrán ser utilizadas o divulgadas o reproducidas sin su previa autorización escrita. Solamente estos dibujos y diagramas autorizados para su ejecución luego del registro del pedido. Todos los dispositivos representados se encuentran en posición de reposo, seccionados, con el mecanismo de operación descargado y toda la alimentación desconectada.

All technical information contained in this document is the exclusive property of SCHNEIDER ELECTRIC PERU S.A. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. Only these drawings and diagrams authorized after order booking are binding for execution. All devices shown in this diagram are in open position drawn out, with operating mechanism discharged and all power sources off.

Ind. / Fecha	Edición: Original	Archivo
A	Modificación	

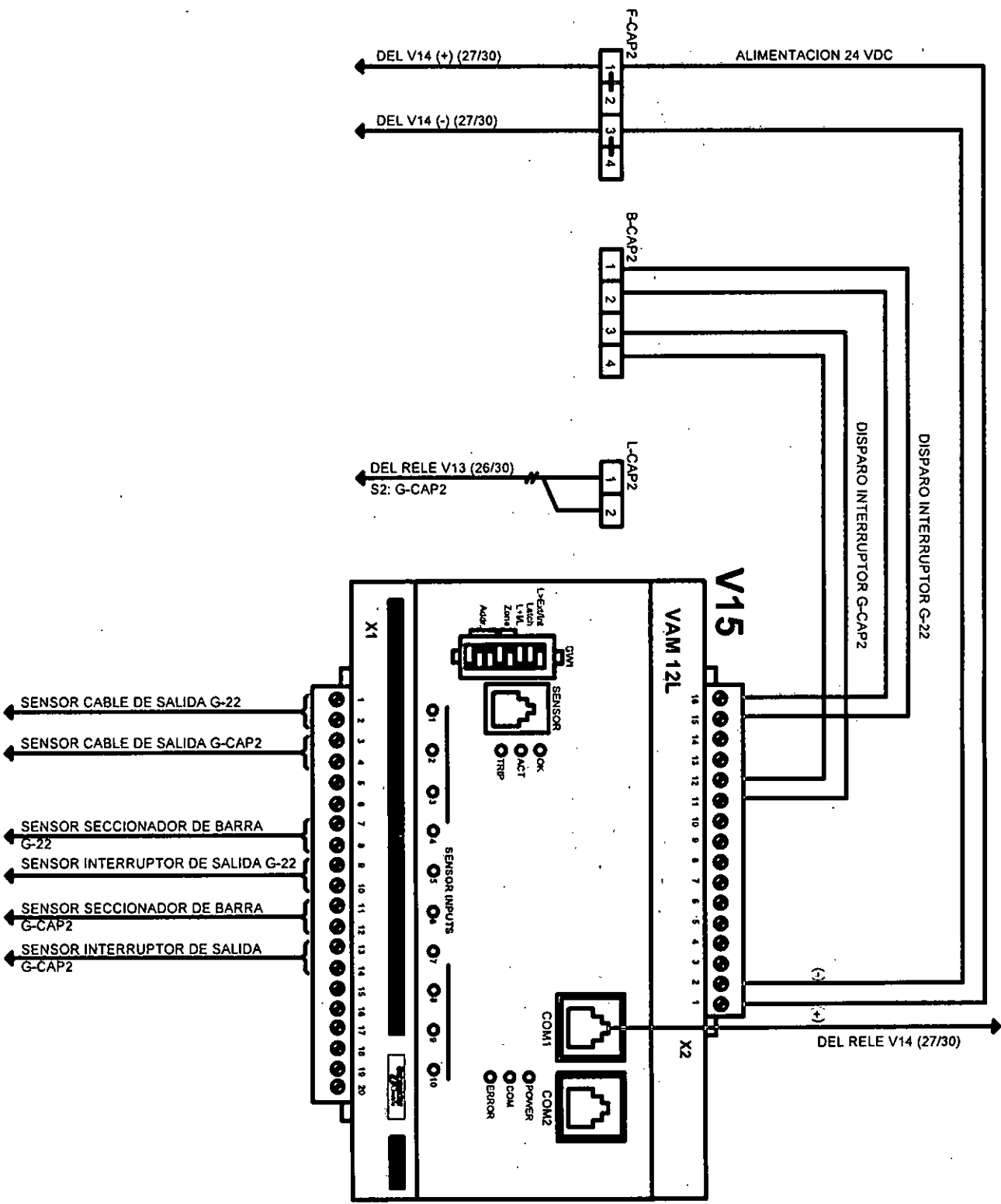
Dibujado:	Revisado:	Aprobado:
Victor Tello y Alvaro Soto	Leonel Martínez	Manro Ramirez

Descripción: S.E. GÁLVEZ

Proyecto: LUZ DEL SUR

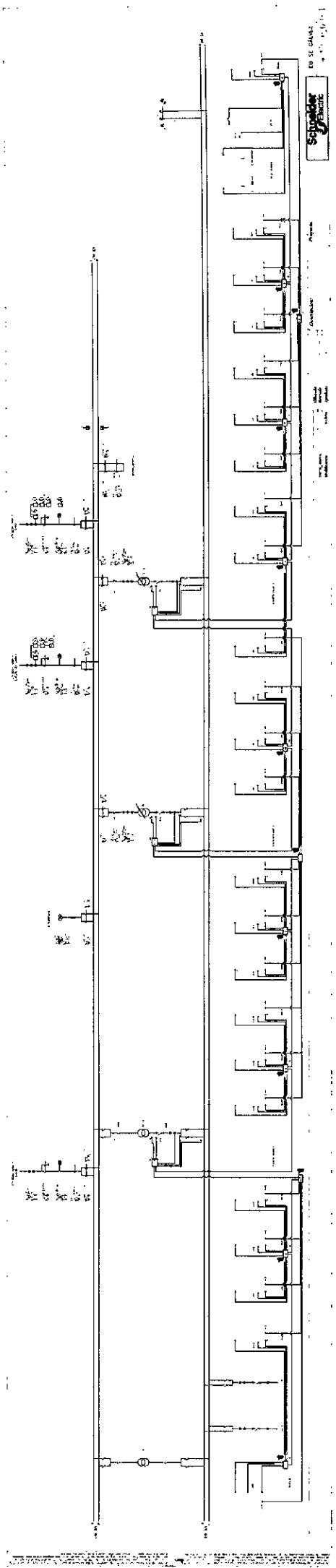


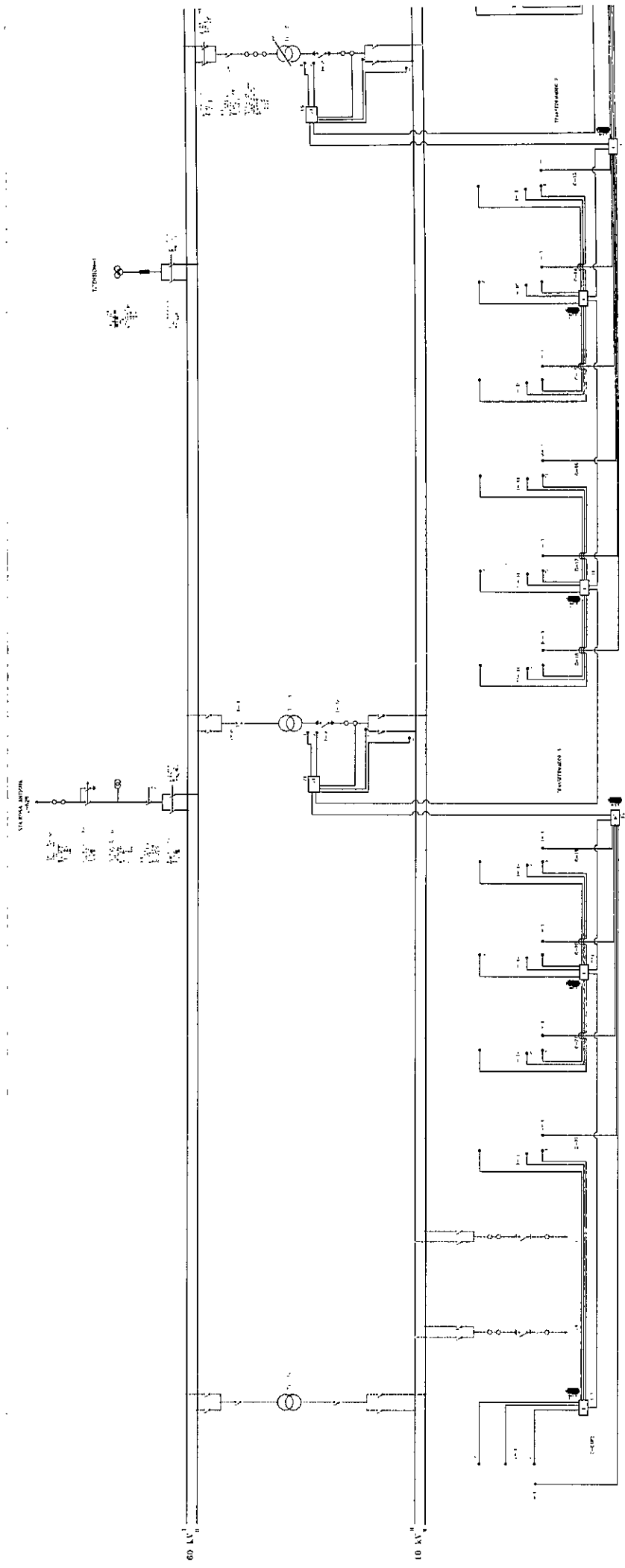
CELDA: G - CAP2	% 30
Indice modif → A 0 0 0 0 0 1	30 %

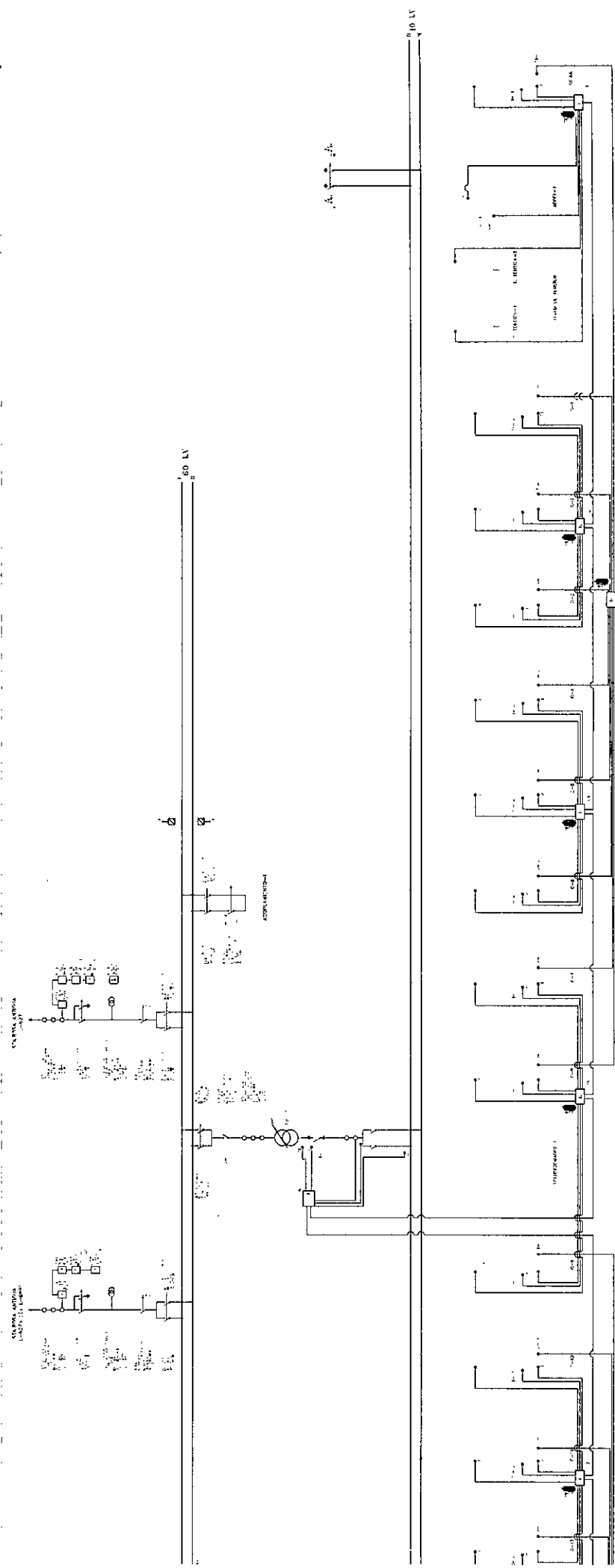


D C B A

D C B A







EU SE GÁLVEZ  
 11/11/11  
 A.0.0.0.1



Proyecto:

Descripción:

Diseñado  
 Revisado  
 Aprobado

Modificado







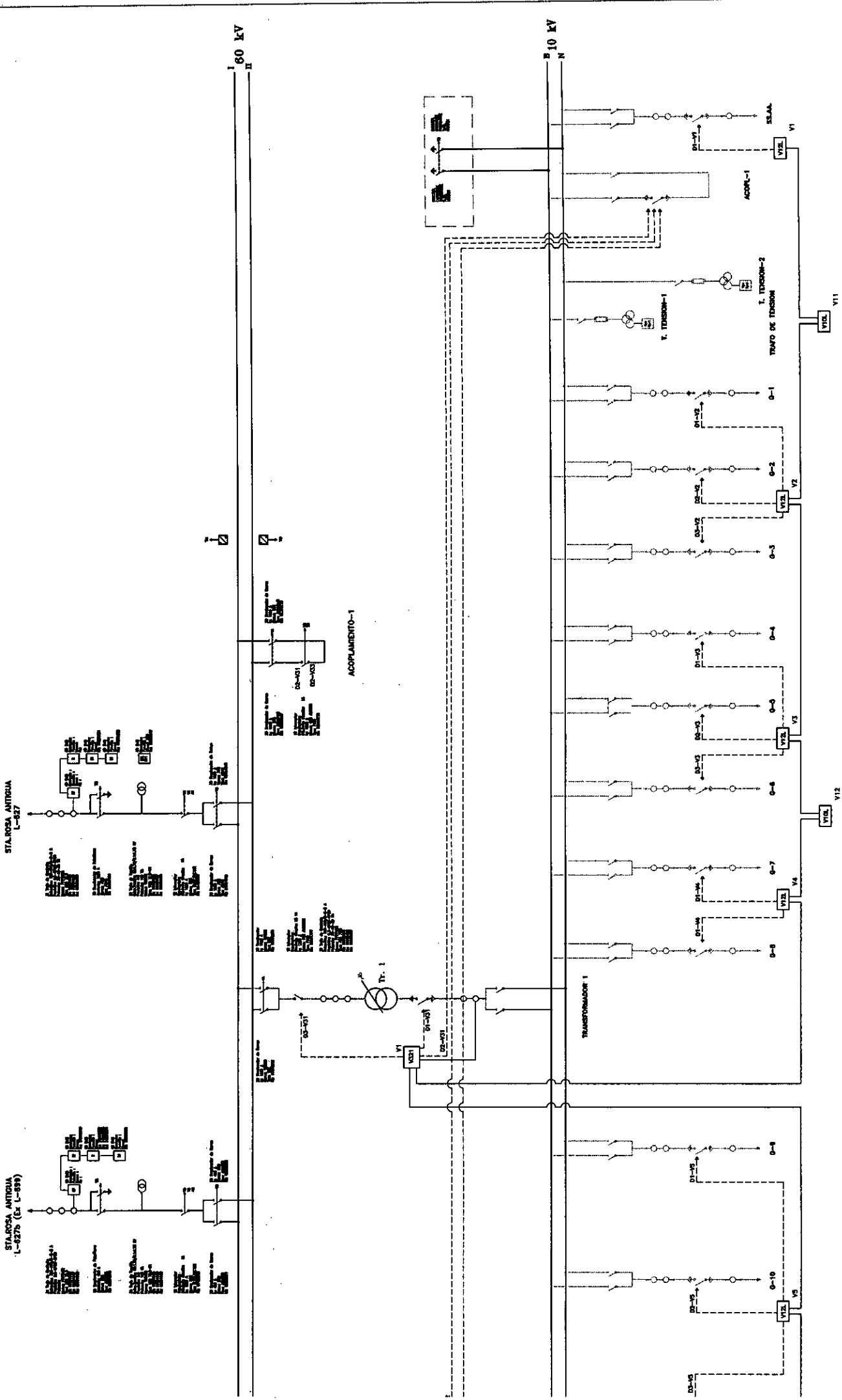


		Fig. 1 2 / 3	
Proyecto: <b>PROTECCIÓN DE ARCO          ELÉCTRICO LDS</b>		EU SE GÁLVEZ Índice modif → <b>A 0 0 0 1</b>	
Descripción: <b>UNIFILAR SE GÁLVEZ          DISPAROS</b>		Dibujado : <i>Aburo Soto</i> Revisado : <i>Leonel Márquez</i> Aprobado : <i>Oscar Peña</i>	
Edición ORIGINAL Modificación		Archivo :	

**Configuración material del Sepam**

tipo de aplicación : Subestación (S20)  
referencia del Sepam : Tottus Cayma  
modelo de Sepam : Modelo UD (con IHM avanzado fijo)  
ES (Módulo de entradas / salidas) : Ausente  
SA141 (Módulo 1 salida analógica) : Ausente  
SM303 (Módulo IHM avanzado periférico) : Ausente  
interface comunicación : Ausente  
modo de sincronización : Red

**lógica de mando**

mando disyuntor : No

selectividad lógica : No

**Asignación de las Entradas Lógicas**

I11 : Inutilizado

I12 : Inutilizado

I13 : Inutilizado

I14 : Inutilizado

I21 : Inutilizado

I22 : Inutilizado

I23 : Inutilizado

I24 : Inutilizado

I25 : Inutilizado

I26 : Inutilizado

**Parametrage salidas**

	Utilizada	Bobina a emisión	Bobina de falta	Modo impulsional
1	Si	X		
2	Si		X	
3	Si	X		
4	Si		X	
11	-	-	-	-
12	-	-	-	-
13	-	-	-	-
14	-	-	-	-

**Características generales**

Frecuencia de red : 60 Hz

Modo de reglaje : A

Autorización telereglaje : No

Idioma de utilización del Sepam : Idioma personalizado

Tipo de captador : TC 1A

Número de TI : I1, I2, I3

Intensidad nominal (In) : 300 A

Intensidad de base (Ib) : 300 A

Periodo de integración : 5 mn

Intensidad residual : Suma 3I

Intensidad nominal residual (In0) : 300 A

Número de ciclos memorizados antes del disparo de la osciloperturbografía : 36 Ciclos

rotección : **Máximo de intensidad de fase (50/51)**

úmero del ejemplar : 1

ctividad del ejemplar : *En servicio*

uego de ajustes A

Curva de disparo : *Tiempo independiente*

Umbr. intensidad : 1200 A

Temporización : 0 ms

Curva de retorno : *Tiempo independiente*

Tiempo de retorno : 0 ms

Retención del armónico 2 : No

Intensidad Icc : 6300 A

uego de ajustes B

Curva de disparo : *Tiempo independiente*

Umbr. intensidad : 1260 A

Temporización : 300 ms

Curva de retorno : *Tiempo independiente*

Tiempo de retorno : 0 ms

Retención del armónico 2 : No

Intensidad Icc : 6300 A

**omportamiento en disparo**

alida O1 - Tipo : *A emisión*

alida O1 - Modo : *Permanente*

nclavamiento : No

ctivación de la salida O1 : *Si*

isparo osciloperturbografía : *Con*

ctivación de las lámparas : *L1*

rotección : Máximo de intensidad de fase (50/51)

úmero del ejemplar : 2

ctividad del ejemplar : Inhibido

uego de ajustes A

Curva de disparo : *Tiempo independiente*

Umbr. intensidad : 1500 A

Temporización : 0 ms

Curva de retorno : *Tiempo independiente*

Tiempo de retorno : 0 ms

Retención del armónico 2 : No

Intensidad Icc : 6300 A

uego de ajustes B

Curva de disparo : *Tiempo independiente*

Umbr. intensidad : 1260 A

Temporización : 300 ms

Curva de retorno : *Tiempo independiente*

Tiempo de retorno : 0 ms

Retención del armónico 2 : No

Intensidad Icc : 6300 A

omportamiento en disparo

alida O1 - Tipo : A emisión

alida O1 - Modo : Permanente

nclavamiento : No

ctivación de la salida O1 : Si

isparo osciloperturbografía : Con

ctivación de las lámparas : L2

rotección : Máximo de intensidad de tierra (50N/51N)

úmero del ejemplar : 1

ctividad del ejemplar : Inhibido

uego de ajustes A

Curva de disparo : IEC tiempo estándar inversa/A

Umbr. intensidad : 150 A

Coeficiente TMS : 4.039044E-02

Curva de retorno : Tiempo independiente

Tiempo de retorno : 0 ms

Retención del armónico 2 : No

uego de ajustes B

Curva de disparo : Tiempo independiente

Umbr. intensidad : 630 A

Temporización : 300 ms

Curva de retorno : Tiempo independiente

Tiempo de retorno : 0 ms

Retención del armónico 2 : No

omportamiento en disparo

alida O1 - Tipo : A emisión

alida O1 - Modo : Permanente

nclavamiento : No

ctivación de la salida O1 : No

isparo osciloperturbografía : Con

ctivación de las lámparas : Sin

rotección : **Máximo de intensidad de tierra (50N/51N)**

úmero del ejemplar : 2

ctividad del ejemplar : *Inhibido*

uego de ajustes A

Curva de disparo : *Tiempo independiente*

Umbr. intensidad : *1230 A*

Temporización : *0 ms*

Curva de retorno : *Tiempo independiente*

Tiempo de retorno : *0 ms*

Retención del armónico 2 : *No*

uego de ajustes B

Curva de disparo : *Tiempo independiente*

Umbr. intensidad : *630 A*

Temporización : *300 ms*

Curva de retorno : *Tiempo independiente*

Tiempo de retorno : *0 ms*

Retención del armónico 2 : *No*

omportamiento en disparo

alida O1 - Tipo : *A emisión*

alida O1 - Modo : *Permanente*

nclavamiento : *No*

ctivación de la salida O1 : *No*

isparo osciloperturbografía : *Con*

ctivación de las lámparas : *Sin*



**protección : Máximo de corriente inversa (46)**  
actividad del ejemplar : *Inhibido*

uego de ajustes

Curva de disparo : *Tiempo independiente*

Umbr. intensidad : *10 % de Ib*

Temporización : *300 ms*

**omportamiento en disparo**

salida O1 - Tipo : *A emisión*

salida O1 - Modo : *Permanente*

enclavamiento : *No*

activación de la salida O1 : *No*

disparo osciloperturbografía : *Con*

activación de las lámparas : *Sin*

**rotección : Reenganchador (79)**

ctividad del ejemplar : *Inhibido*

úmero de ciclos de reenganche : 4

loqueo por entrada I26 : No

ctivación de los ciclos de reenganche

Protección	Ciclo 1	Ciclos 2, 3 et 4
F 50/51 - 1	Inactivo	Inactivo
F 50/51 - 2	-	-
F 50N/51N - 1	-	-
F 50N/51N - 2	-	-

emporización de decalaje : 5000 ms

emporización de bloqueo : 1000 ms

emporización de aislamiento ciclo 1 : 1000 ms

emporización de aislamiento ciclo 2 : 1000 ms

emporización de aislamiento ciclo 3 : 1000 ms

emporización de aislamiento ciclo 4 : 1000 ms

## Equipo en prueba - Ajustes del dispositivo

### Subestación/Bahía:

Subestación: Laboratorio Schneider  
Bahía:

Dirección de subestación:  
Dirección de bahía:

### Dispositivo:

Nombre/descripción: Prueba Laboratorio Schneider Electric  
Tipo de dispositivo: Sepam  
No de serie: 08175144  
Info adicional 1:  
Info adicional 2:

Fabricante: Schneider Electric  
Dirección del dispositivo: S20

## Hardware Configuration

### Equipo en prueba

Tipo	No de serie
CMC356	FK350L

### Comprobación del hardware

Realizado en	Resultado	Detalles
27/03/2017 04:11:28 p.m.	Correcta	

## Ramping: Ajustes de la prueba

### General

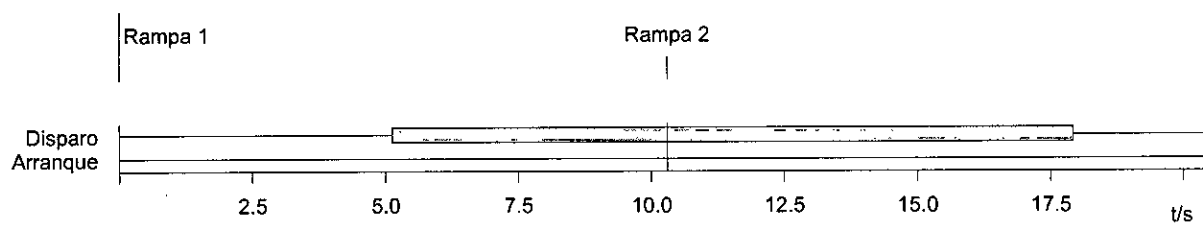
Nº de estados de ramba: 2  
Pasos totales por prueba: 202  
Tiempo total por prueba: 20.200 s  
Nº de ejecuciones de prueba: 1  
Modo de entrada: Directo  
Tipo de falta:

### Magnitudes en ramba

I L1 / Magnitud

### Estados de ramba

Ramba	Ramba 1	Ramba 2
I L1	3.500 A 0.00 ° 60.000 Hz	4.500 A 0.00 ° 60.000 Hz
I L2	0.000 A -120.00 ° 60.000 Hz	0.000 A -120.00 ° 60.000 Hz
I L3	0.000 A 120.00 ° 60.000 Hz	0.000 A 120.00 ° 60.000 Hz
Forzar fases abs	Sí	No
Señ 1 Desde	3.500 A	4.500 A
Señ 1 Hasta	4.500 A	3.500 A
Señ 1 Delta	10.00 mA	-10.00 mA



**Datos del cursor**

	Tiempo	Señal	Valor
Cursor 1	0.00 s	<ninguno>	n/a
Cursor 2	20.40 s	<ninguno>	n/a
C2 - C1	20.40 s		n/a

**Estado de la prueba:**  
**Prueba correcta**