



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“DISEÑO DE UN TABLERO DE CONTROL,
PROTECCIÓN Y MEDICIÓN DE UNA SUBESTACIÓN
ELÉCTRICA”**

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

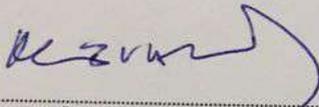
**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**WASHINGTON ANDRÉS ALARCÓN SEGARRA
JANIO DANIEL PALOMINO AYORA**

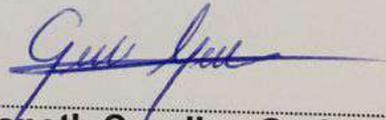
GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

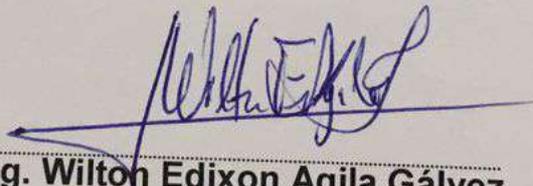
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



Ing. Holger Ignacio Cevallos Ulloa
PROFESOR EVALUADOR



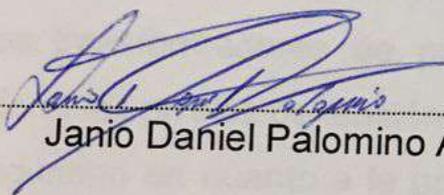
Ing. Janeth Carolina Godoy Ortega
PROFESOR EVALUADOR



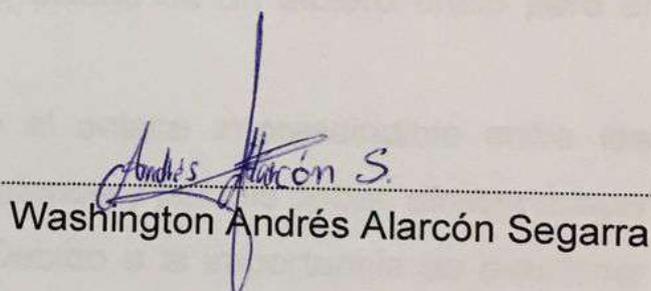
Ing. Wilton Edixon Agila Gálvez
PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Janio Daniel Palomino Ayora



Washington Andrés Alarcón Segarra

RESUMEN

En el presente informe se detalla el diseño del sistema de control, protección y medición de una subestación eléctrica transformadora de 69KV/13.8KV que se construirá en la ciudad de Esmeraldas y abastecerá de energía eléctrica a un hospital ubicado en el sur de la ciudad. El hospital tendrá una demanda de 3.5MVA según estudios de la empresa constructora considerando demandas futuras se necesitará de la construcción de una subestación eléctrica de 5MVA.

Este proyecto específicamente consistirá en el diseño de un tablero único para el control y la protección de la subestación.

Los transformadores de potencia constituyen el enlace imprescindible entre los diferentes niveles de tensión de un sistema de potencia y por ello deben ofrecer mayor seguridad en cuanto a la posibilidad de falla. Debido a la importancia de mantener una calidad y continuidad de energía eléctrica se debe establecer un sistema de protección y monitoreo de la subestación, por lo cual se usará un dispositivo electrónico inteligente (IED, por sus siglas en inglés) SEL787, cuya función principal será la de proteger y supervisar los devanados del transformador de potencia. Este relé inteligente realiza varias funciones, entre las cuales incluyen auto-chequeo, auto-diagnóstico, interfaces de comunicaciones, la habilidad de almacenar datos históricos y unidades terminales remotas integradas para entradas y salidas de datos (I/O).

La metodología empleada para la protección del transformador de potencia se basa en el principio de corriente diferencial, que es la diferencia entre las corrientes del primario y secundario del transformador cuyo valor en condiciones normales de funcionamiento debe ser cero.

El tablero también tendrá un sistema de anunciador de alarmas MIKRO para reportar anomalías en los diferentes equipos de la subestación con un protocolo de comunicación DNP3.

ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	ii
DECLARACIÓN EXPRESA	iii
RESUMEN.....	iv
CAPÍTULO 1.....	1
1. DETERMINACION DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Objetivos	1
1.2.1 Objetivo General:.....	1
1.2.2 Objetivos específicos:.....	1
1.3 Justificación	2
CAPÍTULO 2.....	3
2. PROPUESTA ANTE EL PROBLEMA.....	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Marco teórico.....	4
CAPÍTULO 3.....	10
3. METODOLOGIA DEL TRABAJO.....	10
3.1 Componentes del Sistema.....	10
3.1.1 Diseño del tablero de protección	11
3.1.2 SEL-787	22
3.2 Configuración del sistema de protección y control	26
3.2.1 Creación de un nuevo documento	26
3.2.2 Configuraciones generales	30
3.2.3 Configuración	32
3.2.4 Elementos del control diferencial	32
3.2.5 Sobrecorriente de fase	38
3.2.6 Sobrecorriente de fase con retardo de tiempo.....	42
3.2.7 DNP Maps.....	45

CAPITULO 4.....	50
4. Resultados.....	50
4.1 Accionamiento automático ante posibles fallas.....	50
4.2 Medición continua de señales en el patio de maniobras.	50
4.3 Apertura manual de disyuntores y seccionador tanto en alta como en baja tensión.....	53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
ANEXO.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1: Diagrama unifilar de la subestación eléctrica del hospital.....	10
Figura 3. 2: Diseño del tablero de control.	12
Figura 3. 3: Parte A- interior del tablero.	14
Figura 3. 4: Parte B - interior del tablero.	14
Figura 3. 5: Parte C - interior del tablero.	15
Figura 3. 6: Parte D - interior del tablero.	16
Figura 3. 7: Vista frontal SEL- 787.	22
Figura 3. 8: Vista lateral y posterior SEL-787.....	23
Figura 3. 9 Vista posterior del anunciador de alarmas Mikro.....	26
Figura 3. 10: Pantalla de inicio Acselelator.	28
Figura 3. 11: Selección del dispositivo a programar.	28
Figura 3. 12: Numero de partes del dispositivo.....	29
Figura 3. 13: Conexión con el dispositivo.....	30
Figura 3. 14: Selección de protecciones.	31
Figura 3. 15: Identificación.....	32
Figura 3. 16: Configuración general de parámetros.....	33
Figura 3. 17: Curva de operación diferencial.	36
Figura 3. 18 Parámetros de la protección diferencial.....	38
Figura 3. 19: Estudio de corto circuito.	39
Figura 3. 20: Ajustes sobrecorriente de fase del devanado de alta tensión.....	41
Figura 3. 21: Ajustes de sobrecorriente del devanado de baja tensión.....	42
Figura 3. 22: Ajustes de sobrecorriente con retardo de tiempo en alta tensión.	44
Figura 3. 23: Ajustes de sobrecorriente con retardo de tiempo en baja tensión.	45
Figura 3. 24: Entradas binarias.....	46
Figura 3. 25: Salidas analógicas.....	48
Figura 3. 26: Entradas analógicas.	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Portafusibles de protección	14
Tabla 2: Relés auxiliares.....	15
Tabla 3: Señales del seccionador.	17
Tabla 4: Señales de los transformadores de corriente-69KV.	17
Tabla 5: Señales de los transformadores de corriente-13.8KV.	18
Tabla 6: Señales del disyuntor 69KV.	19
Tabla 7: Señales del disyuntor 13.8KV.	20
Tabla 8: Señales del transformador de potencia.	21
Tabla 9: Detalle de las borneras del SEL-787.....	24
Tabla 10: Señales a ser monitoreadas por el SEL-787.	25
Tabla 11: Señales que pueden disparar una alarma.	27
Tabla 12: Configuraciones de los parámetros de los equipos de medición	34
Tabla 13: Entradas remotas.	47
Tabla 14: Señales del sistema.....	51
Tabla 15: Señales de caja de terminales del tablero Motor-Seccionador.	51
Tabla 16: Señales de caja de terminales disyuntor SF6-69KV.	51
Tabla 17: Señales de caja de terminales disyuntor SF6-13.8KV.	52
Tabla 18: Señales de caja de agrupamiento TC 69KV.....	52
Tabla 19: Señales de agrupamiento TC 13.8KV.....	52

CAPÍTULO 1

1. DETERMINACION DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El monitoreo y control de una subestación eléctrica es muy importante para garantizar tanto la continuidad del servicio de energía eléctrica como la seguridad del personal que labora en el lugar, el problema presente en el hospital es que no existe un control o protección del transformador de la subestación y por tal motivo la imposibilidad técnica de evitar los fallos que se producen en la red, es necesario implementar lo mencionado anteriormente para disminuir los efectos de dichas fallas que se presentan de manera imprevista y aleatoria.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General:

- Diseñar un tablero de control, protección y medición por medio del relé inteligente SEL-787 para la ubicación de los equipos de la Subestación Eléctrica. Además de la configuración del relé SEL-787 para su correcta operación.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Proteger el transformador de potencia de 5MVA mediante equipos electrónicos para evitar daños en el mismo y garantizar una mayor seguridad al personal encargado del monitoreo de la subestación.
- Implementar un sistema de avisos con un anunciador de alarmas MIKRO para la rápida detección de alguna falla en el patio de maniobras.
- Manipular localmente desde el tablero ubicado en el cuarto de control la apertura y cierre de disyuntores y seccionador.

1.3 Justificación

Debido a que la subestación eléctrica será la encargada de proveer de energía a un Hospital ubicado en el sur de Esmeraldas, es importante mantener la estabilidad en el suministro eléctrico para evitar un caos en el mismo. Por ello es necesario implementar un sistema de control y protecciones que garantice la seguridad de los equipos para así impedir posibles pérdidas humanas y económicas.

El sistema de protección evitara daños en el sistema eléctrico principalmente en el transformador ya que el costo por reparar transformadores defectuosos puede ser elevado, además de los problemas de operación que éstos podrían presentar, se justifica el empleo de dispositivos de protección de rápida respuesta y de gran sensibilidad, particularmente en los de mayor tamaño.

En los sistemas convencionales de control, la supervisión y medición en las subestaciones eléctricas tradicionales ha sido realizada por equipos y componentes discretos. La interconexión entre dichos equipos implicaba un arduo trabajo de ingeniería, cableado, montaje y puesta en servicio. Actualmente el uso de IEDs basados en microprocesadores ha reducido notablemente el número de componentes a utilizarse y además de cumplir con la función de protección de los equipos, permitirá obtener un registro de las fallas ocurridas en el sistema eléctrico de potencia, la magnitud y hora de las mismas, esta información será clave para, a corto plazo, solucionar daños y averías al que está expuesto el sistema.

Una de las características importantes del IED SEL787 es que su configuración puede ser personalizada de acuerdo a las exigencias del sistema mediante el uso del software ACSELERATOR QUICKSET. Otra ventaja de este equipo electrónico es que se puede expandir las entradas y salidas analógicas o digitales, además de que sus puertos de comunicación lo convierten en el primer nivel en la integración de la automatización de una subestación.

CAPÍTULO 2

2. PROPUESTA ANTE EL PROBLEMA

2.1 Antecedentes

El control a distancia de los sistemas eléctricos inicio en los años 60 y durante la siguiente década se produjo el reemplazo de los elementos electromecánicos por elementos de estado sólido teniendo un avance considerable.

Hoy en día quedan subestaciones que aún conservan dichos elementos de estado sólido que no se han actualizado totalmente a la tecnología de los elementos electrónicos debido a que la operación entre los dispositivos no es siempre compatible debido a la variedad de protocolos e interfaces.

Los dispositivos relacionados con esta tecnología incluyen a los dispositivos electrónicos inteligentes, sistemas operativos, redes de comunicación, plataformas computacionales, y a las interfaces humano-maquina.

Ante la necesidad de suministrar energía eléctrica al hospital Esmeraldas ya que en la actualidad carece de ella e intentando hacerlo siempre de una manera más eficiente y segura, se ha proyectado la construcción de una subestación eléctrica que cumpla con sus debidas protecciones, para ello se realizará el diseño de un tablero de control, protección y medición que permitirá supervisar y controlar la subestación.

La automatización de estos sistemas de protección tiene las siguientes ventajas:

- Diagnóstico rápido de equipos y eventos.
- Gran flexibilidad de maniobras de operación, de reconexión, de mantenimiento. Tienen un tiempo de respuesta mucho mejor.
- Disponen de señales de medición, control remoto y alarmas.
- Flexibilidad para expansiones futuras.
- Ahorro de costos de operación y mantenimiento de equipos.

2.2 Marco teórico

Equipos mayores de la subestación eléctrica.

Los equipos principales de una subestación eléctrica son los elementos más importantes ya que de ellos depende la calidad de la energía eléctrica que será entregada al usuario. Cada uno desempeña un papel sumamente importante en el sistema eléctrico nacional, esto va desde los transformadores que sirven para aumentar o disminuir valores de voltaje y corriente hasta los interruptores que son usados para protección y maniobras para mantener a los equipos en un óptimo estado [1].

Pararrayos:

El pararrayos es un dispositivo conectado al sistema eléctrico y ubicado en lo alto de la subestación, dirigen la elevada corriente que produce un rayo a través de un cable hasta la tierra para que no cause daños en los equipos conectados al sistema.

Seccionador tripolar motorizado:

El seccionador motorizado MORPAC el cual es de tres polos, es un dispositivo mecánico capaz de mantener aislada una instalación eléctrica de su red de alimentación. Este dispositivo, por sus características, debe ser utilizado siempre sin carga o en vacío debido a que no tiene una forma de atenuar el arco eléctrico. Desde el punto de vista del sistema de protección y control se distingue entre seccionadores de accionamiento motorizado y manual, en el modo manual la apertura y cierre se hacen con palancas o manivelas a un lado del pórtico donde se encuentran ubicados y los motorizados pueden maniobrarse mediante circuitos eléctricos de control.

Transformador de corriente:

El transformador de corriente o "CT" es un dispositivo que se utiliza para tomar muestras de corriente de la línea de alta tensión y reducirlas a un nivel seguro y medible, para los instrumentos de protección y medición. El arrollamiento primario se conecta en serie al circuito de potencia y el arrollamiento secundario se

conecta a los instrumentos de medida y relés de protección. Hay dos tipos de transformadores de corriente que son los siguientes:

Transformador de medida: Se diseña para conseguir un nivel de incertidumbre pequeño en la medida. El secundario alimenta aparatos de medida.

Transformador de protección: Se diseña para conseguir un nivel de incertidumbre aceptable en la medida, incluso para corrientes varias veces la nominal. El secundario alimenta a relés de protección.

Transformador de potencial: Los transformadores de Potencial se usan para reducir el voltaje de valores elevados de la línea de alta tensión a los valores bajos o de baja tensión para medición, protección y control. El devanado primario del transformador de potencial se conecta directamente al circuito de potencia entre fase y tierra dependiendo del voltaje nominal y de la aplicación. La capacidad en VA del transformador de potencial es prácticamente despreciable, comparada con los transformadores de potencia.

Disyuntor de potencia (SF6):

El disyuntor de potencia o llamado también interruptor de potencia es un dispositivo encargado de desconectar una carga o una parte del sistema eléctrico, tanto en condiciones de operación normal (máxima carga o en vacío) como en condición de cortocircuito. La operación del equipo puede ser manual o accionada por la señal de un relé de protección encargado de vigilar la correcta operación del sistema eléctrico, donde está conectado.

El interruptor conforma una de los elementos más importantes de la subestación y su comportamiento determina el nivel de fiabilidad que puede tener el sistema eléctrico de potencia.

Una de las características principales del interruptor es el medio que utiliza para la extinción del arco, de acuerdo a la cámara extintora se pueden diferenciar los siguientes tipos:

- Interruptores de intemperie (aire).
- Interruptores de aceite.
- Interruptores de gas SF6 (hexafluoruro de azufre).

- Interruptores de vacío.

Transformador de potencia:

El transformador de Potencia cumple con una función muy importante en la subestación eléctrica, transforman el nivel de voltaje del sistema de un nivel nominal a otro y deben ser capaces de conservar el flujo de potencia en forma continua hacia otra parte del sistema. Para cumplir con este requerimiento específico, resulta que el transformador de potencia es el equipo más grande, pesado, complejo y también más costoso de los equipos usados en la subestación eléctrica.

Relé de protección SEL-787:

El relé de protección es un elemento sumamente importante en los sistemas de protección, ya que es el encargado de recibir y procesar la información, es capaz de tomar decisiones y es quien ordena la actuación de las protecciones en todo sentido [2].

Para que una protección pueda realizar todo lo que ha sido mencionado previamente es necesario que posea estas etapas fundamentales:

1. Adaptación de señales.
2. Funciones específicas de protección.
3. Lógica de disparo.

Debido a que los datos proporcionados por los transformadores de corriente y potencial no pueden ser procesados debido a la magnitud de los mismos, se debe adecuar estas señales de entrada al formato que el relé use para que su funcionamiento sea el correcto. Normalmente los datos que se manejan son las magnitudes de voltaje y tensión en la línea. Esto sirve para determinar los valores nominales, fundamentales, armónicos, valores máximos y mínimos, etc. Todo dependiendo de nuestras necesidades.

Una vez que la protección dispone de los datos necesarios inicia la ejecución de cada una de las tomas de decisiones que le hayan sido programados previamente, esta programación se la realiza por medio de funciones de protección básicas.

Protección de diferencial de corriente de dos devanados, sobrecorriente y falla de interruptor.

Emplea una protección diferencial la cual es una comparación entre la corriente que entra y la que sale del transformador, posee una protección de sobrecorriente de fase, puede manejar secuencias tanto negativa como positiva, posee protección de sobrecorrientes con fallas a tierra.

Medición y reporte

Integra dispositivos de medición. Monitorea los reportes de eventos secuenciales y oscilográficos para obtener una puesta en servicio de forma rápida, provee de diagnósticos post-falla. El SEL-787 incorpora las mediciones como, armónicos, frecuencia y energía, voltajes y corrientes de fase y neutro, potencia, voltajes y corrientes de secuencia y los valores máximos y mínimos de los valores seleccionados.

Diseño robusto

El SEL-787 posee un diseño robusto el cual le permite sobrevivir en ambientes rústicos, tales como una subestación, soporta transitorios rápidos, sobrecargas y altas temperaturas.

Supervisión de transformador

Guarda un registro de todas las fallas del transformador, para no solo contabilizar el número de fallas que este posee sino también para saber en qué magnitud los mismos han fallado, también posee un monitoreo constante de la temperatura del aceite del transformador para esta función posee una entrada analógica de 4-20 mA o entradas para RTd.

Control del operador:

En su panel frontal posee cuatro botones programables, cada uno posee una amplia variedad de aplicaciones que incluyen el esquema de control para interruptor de "cierre-disparo".

Seguridad y confiabilidad:

Ofrece una alta seguridad a fallas externas o magnetización del transformador. Posee una rápida detección de fallas internas en procesos de energización u operación normal para esto combina el uso de elementos de restricción de elementos diferenciales y bloqueo de armónicas.

ACSELERATOR QuickSet

Para los ajustes de nuestro relé y la programación lógica del mismo utilizamos el software ASCELERATOR Quickset el cual no solo reducirá los costes de ingeniería en materiales de protección, sino que permitirá cambiar los ajustes de los valores que necesitemos configurar [3].

Funciones de protección estándar:

Protección de sobre voltaje (59)

Protección de subvoltaje (27)

Protección direccional de potencia (32)

Protección de (V/Hz) sobreexcitación (24)

Protección de frecuencia (81)

Protección de sobrecorriente de fase instantánea (50)

Protección de sobrecorriente con retardo de tiempo (51)

Protección de corriente diferencial (87)

Protección Sobrecorriente fallas a tierra instantánea (50N)

Protección Sobrecorriente de fallas a tierra con retardo de tiempo (51N)

Protección diferencial de tierra (87G)

Anunciador de alarmas MIKRO:

Un anunciador de alarmas se utiliza para alertar sobre las condiciones anormales en el proceso. Este anunciador de alarmas consta de indicadores visuales los cuales tendrán la etiqueta correspondiente para identificar la variable monitoreada y un dispositivo audible. Posee la característica de anunciar sobre el retorno a las condiciones normales del proceso [4].

Una forma de detectar visualmente cuando hay una anomalía en el proceso es que el indicador empieza a parpadear. Consta de botones para una operación

manual ya que normalmente se requiere de esta acción para silenciar alarmas audibles y reconocer nuevas alarmas. En procesos normales de funcionamiento los indicadores dejan de parpadear una vez haya sido reconocida la alarma.

El sistema de anunciador de alarma MIKRO serie AN120 puede realizar todas las funciones de cualquier anunciador estándar con un alto grado de seguridad. Una característica importante es que posee la capacidad de configuración de los diferentes ajustes a través de un computador o simplemente de pulsadores.

Características

El anunciador MIKRO AN120 posee una carcasa compacta, un panel con ventanas extraíbles con la opción de etiquetado, posee pulsadores integrados, módulo de led reemplazable, led de estado, entradas opto aisladas para protección, zumbador interno, y salidas de relé.

Ventanas (presentación visual) flash y el zumbador interno (dispositivos audibles) para indicar las condiciones de proceso anormales. La operación manual de pulsadores se requiere generalmente para silenciar dispositivos audibles y reconocer nuevas alarmas.

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Como se mencionó previamente es de vital importancia proteger los equipos de una subestación principalmente su transformador ya que es el elemento principal de todo el sistema y el más costoso a la vez, pueden existir fallas de operación tanto en el devanado de alta tensión como en el devanado de baja tensión, ya sea por fallas de operación del mismo o fallas externas como corto circuitos de cualquier lado del transformador, la medición o chequeo continuo del transformador se lo realizara con transformadores de corriente.

El objetivo principal del proyecto será crear una protección automática para cuando ocurran estas fallas, para lo cual se diseñará un tablero de protección que contará con un anunciador de alarmas Mikro para la visualización de las potenciales fallas del sistema y un relé inteligente SEL-787, el mismo se programará de manera que con los valores medidos de las corrientes instantáneas en los TC's pueda determinar si existe una sobrecorriente, o una corriente diferencial en el transformador para ejecutar su función de apertura.

3.1 Componentes del Sistema

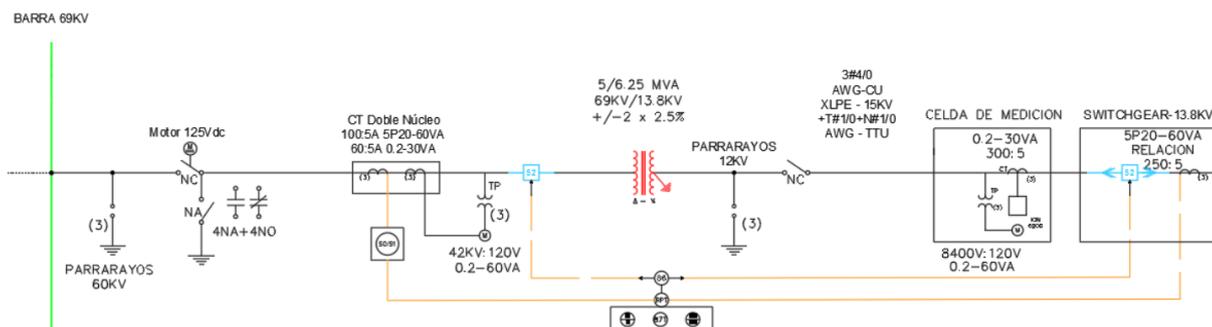


Figura 3. 1: Diagrama unifilar de la subestación eléctrica del hospital.

Como podemos observar en el diagrama unifilar (ver figura 3.1), la principal función del diseño será proteger el transformador por ser el elemento más importante, para lo cual se usará las mediciones en tiempo real de los TC's tanto en alta como en baja tensión.

Para brindar una total confiabilidad al sistema, el diseño contará con un listado de protecciones, que incluye las siguientes protecciones de manera general: (87) protección diferencial, (50) protección de sobrecorriente de fase instantánea, (51) protección de sobrecorriente con retardo de tiempo, (51N) protección de sobrecorriente de fallas a tierra con retardos de tiempo, (50N) protección de sobrecorriente de fallas a tierra instantánea [5].

3.1.1 Diseño del tablero de protección

El diseño de construcción del tablero posee las características de ser ensamblado totalmente con material metálico, sus dimensiones son 200x60x61.2 cm, tiene protección IP44 y es color beige.

En la parte frontal del tablero se encuentran ubicados los equipos de control, protección y medición.

Como se puede observar en la figura 3.2 en la parte frontal superior izquierda de la puerta del tablero estará ubicado el IED SEL 787, que cumplirá la función de protección y medición de la subestación eléctrica, a su lado derecho a 14.2cm se ubicará el anunciador de alarmas MIKRO AN120, el cual notificará las alarmas de fallas que presenten los equipos de patio.

Existe un diagrama unifilar dibujado en la puerta del tablero donde se representan los equipos mayores de patio, de arriba hacia abajo podemos distinguir la barra de 69KV, seccionador de 69KV, disyuntor de 69KV, transformador de potencia de 5MVA y disyuntor de 13.8KV. Junto a cada representación de los equipos de patio con excepción del transformador, se colocará un selector de dos posiciones con retorno para controlar de manera remota la apertura y cierre de los equipos, también existirá a un

lado de ellos una señal de confirmación mediante luces piloto para verificar si en realidad se realizó la apertura o cierre de los mismos.

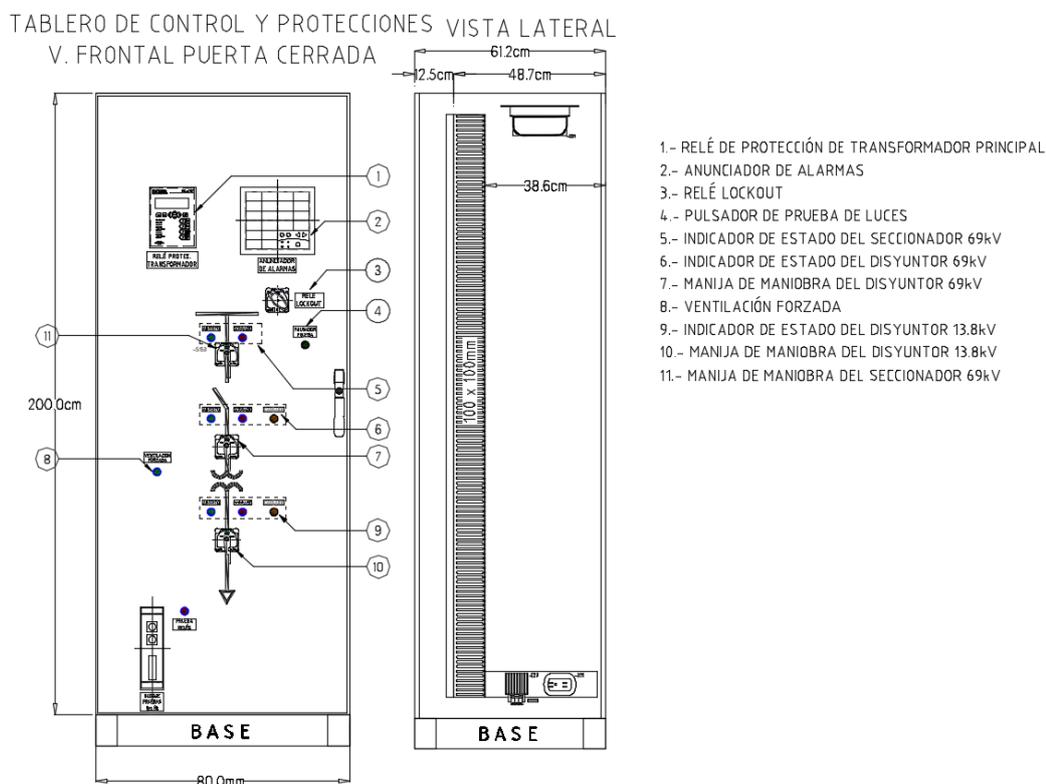


Figura 3. 2: Diseño del tablero de control.

Por último, está el relé lock out, cuyo objetivo es disparar los interruptores de potencia como consecuencia de energizar su bobina de disparo de 125Vdc, mientras que el reseteo se lo hará manualmente.

También existirá un pulsador de prueba de luces, cuya función es confirmar el buen funcionamiento de las luces pilotos indicadores de estado de todo el tablero.

En la parte baja de la puerta del tablero se ubicarán las borneras de prueba en donde se conectarán las líneas del transformador de corriente y voltaje para hacer las respectivas pruebas del relé de protección.

En el interior del tablero tendrá una lámpara de 120Vac controlada por un switch ubicado en el filo de la puerta y un tomacorriente de 120Vac 15A

en la parte baja del interior del tablero para usos varios. Todos los cables de control y conexionado de anunciadores serán de cobre, monopolares y de calibre #14 AWG y los cables para circuitos de corriente serán de calibre #10 AWG [6].

El diseño contiene un cableado de control que se explicará brevemente y será de ayuda para interpretar los planos del interior del tablero que se adjuntará en la sección de anexos 1.

En la parte superior se ubicará en posición horizontal la primera riel de 35mm, en ella se instalará un breaker principal de 2 polos que será la protección de la alimentación de 125Vdc para todo el tablero, este se conectará a un repartidor de carga DC ubicado a continuación que se usará para distribuir la alimentación directa a los 8 portafusibles de dos polos (ver figura 3.3), los cuales protegerán a los equipos y circuitos que se detallan en la tabla 1

En la segunda riel de 35mm que se ubicará a 18.5cm debajo de la primera en forma horizontal se instalará un breaker de 1 polo para la protección de la alimentación de 120Vac que se usará para la lámpara del tablero y tomacorriente. A su lado derecho se encontrarán los 8 relés auxiliares (ver figura 3.4), estos tendrán una alimentación de 125Vdc, cada uno tiene tres juegos de contactos tipo C, que servirán para multiplicar nuestras señales de control y confirmación de los equipos ubicados en el patio.

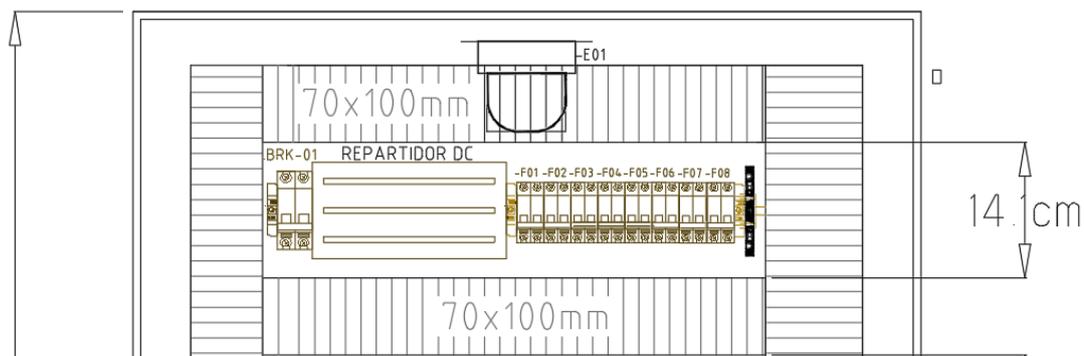


Figura 3. 3: Parte A- interior del tablero.

Portafusible 1	Relé SEL-787
Portafudible 2	Anuncaidor de alarmas Mikro
Portafusible 3	Relé Lock Out
Portafusible 4	Circuito seccionador
Portafusible 5	Circuito del disyuntor 69Kv
Portafusible 6	Circuito del disyuntor 13.8Kv
Portafusible 7	Control de relés auxiliares
Portafisuble 8	Circuito de transformador de potencia

Tabla 1: Portafusibles de protección

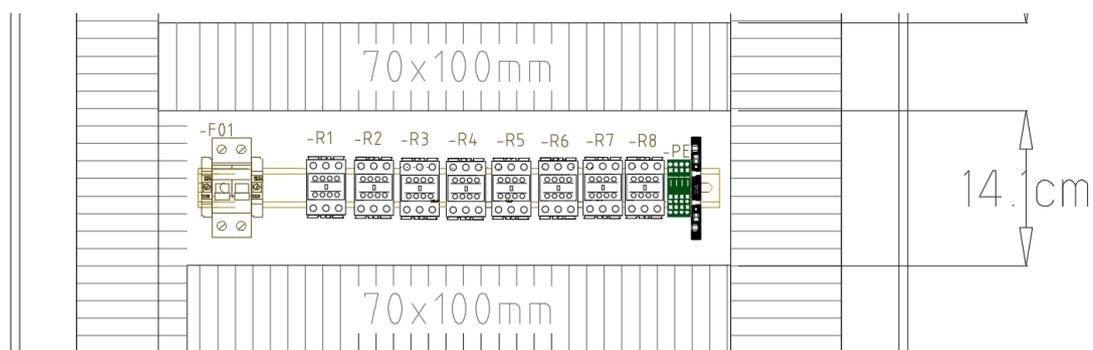


Figura 3. 4: Parte B - interior del tablero.

Relés Auxiliares	Condición de energización de la bobina
R1	Contacto de confirmación del seccionador de 69KV abierto se encuentre activo
R2	Contacto de confirmacion del seccionador de 69KV cerrado se encuentra activo
R3	Contacto de confirmacion del disyuntor de 69KV abierto se encuentra activo
R4	Contacto de confirmacion del disyuntor de 69Kv cerrado se encuentra activo
R5	Contacto de confirmacion del disyuntor de 69KV cargado se encuentra activo
R6	Contacto de confirmacion del disyuntor de 13.8Kv abierto se encuentra activo
R7	Contacto de confirmacion del disyuntor de 13.8KV cerrado se encuentra activo
R8	Contacto de confirmacion del disyuntor de 13.8KV cargado se encuentra activo

Tabla 2: Relés auxiliares.

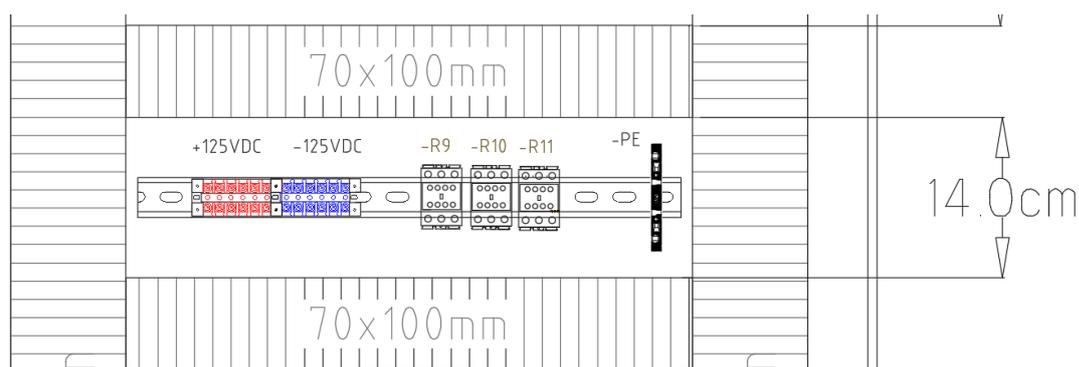


Figura 3. 5: Parte C - interior del tablero.

En la tercera Riel se dispondrá de un bloque de 6 borneras con +125Vdc y 6 borneras con -125Vdc para alimentaciones extras, a su lado derecho se ubicará 3 relés auxiliares de 125Vdc con 3 juegos de contactos tipo C,

que se usarán para hacer un circuito de prueba de luces piloto de todo el tablero que servirá para verificar si funcionan correctamente. Estos relés son los R9, R10 y R11 (ver figura 3.5).

En la parte inferior del tablero se ubicará dos rieles verticales 113.2cm, en el riel del lado izquierdo ubicaremos 159 borneras para usarlas como pines de entrada hacia los equipos electrónicos como son el relé sel 787 y el anunciador de alarmas.

En el riel derecha se ubicarán grupos de borneras para las señales de patio, el bloque de borneras de señales del disyuntor de 69KV con 27 unidades, bloque de borneras de señales del disyuntor de 13.8KV con 15 unidades, bloque de borneras de señales del transformador con 24 unidades, bloque de borneras de contactos libres de los relés auxiliares con 16 unidades (ver figura 3.6).

En el anexo 3 encontraremos el plano estructural del tablero completo, mediante las tablas 3, 4, 5, 6, 7 y 8 se detallan todas las señales del patio de maniobras que se van a controlar y monitorear.

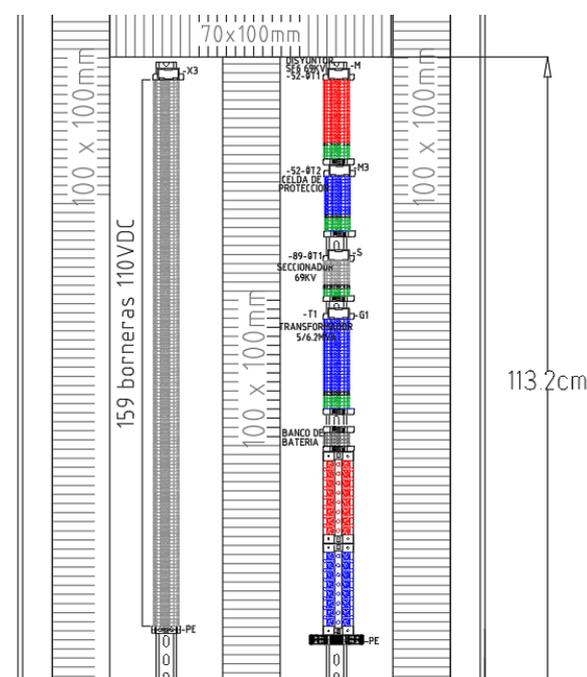


Figura 3. 6: Parte D - interior del tablero.

Equipo	Ubicación	Bornera	Señal
Seccionador de 69KV	Caja de terminales del Tablero Motor-Seccionador 69KV	TB2-3	Apertura Remota
Seccionador de 69KV	Caja de terminales del Tablero Motor-Seccionador 69KV	TB2-5	Cierre Remoto
Seccionador de 69KV	Caja de terminales del Tablero Motor-Seccionador 69KV	TB3-7	Indicador Seccionador Abierto
Seccionador de 69KV	Caja de terminales del Tablero Motor-Seccionador 69KV	TB3-1	Indicador Seccionador Cerrado
Seccionador de 69KV	Caja de terminales del Tablero Motor-Seccionador 69KV	TB3-8	Común1 +125VDC
Seccionador de 69KV	Caja de terminales del Tablero Motor-Seccionador 69KV	TB3-4	Común2 +125VDC

Tabla 3: Señales del seccionador.

Como se detalla en la tabla 3 corresponden a todas las señales del seccionador de la parte de alta tensión del transformador.

Equipo	Ubicación	Bornera	Señal
Transformador de corriente A– 69KV	Caja de agrupamiento TC- fase A-Núcleo de protección	P-XS1	Corriente fase A – 69KV- Núcleo de protección
Transformador de corriente B – 69KV	Caja de agrupamiento TC- fase B-Núcleo de protección	P-YS1	Corriente fase B – 69KV- Núcleo de protección
Transformador de corriente C– 69KV	Caja de agrupamiento TC- fase C-Núcleo de protección	P-ZS1	Corriente fase C – 69KV- Núcleo de protección
Transformador de corriente C– 69KV	Caja de agrupamiento TC- Núcleo protección	P-ZS3	Corriente NEUTRO común – 69KV – Núcleo protección

Tabla 4: Señales de los transformadores de corriente-69KV.

Como se detalla en la tabla 4 corresponde a todas las señales obtenidas de los transformadores de corriente de alta tensión.

Equipo	Ubicación	Bornera	Señal
Celda de Protección –13.8KV	Caja de agrupamiento TC-fase A-Núcleo de protección	S-XS1	Corriente fase A – 69KV- Núcleo de protección
Celda de Protección –13.8KV	Caja de agrupamiento TC-fase B-Núcleo de protección	S-YS1	Corriente fase B – 69KV- Núcleo de protección
Celda de Protección –13.8KV	Caja de agrupamiento TC-fase C-Núcleo de protección	S-ZS1	Corriente fase C – 69KV- Núcleo de protección
Celda de Protección –13.8KV	Caja de agrupamiento TC-Común-Núcleo de protección	S-ZS2	Corriente NEUTRO común – 69KV – Núcleo protección

Tabla 5: Señales de los transformadores de corriente-13.8KV.

Como se detalla en la tabla 5 corresponden a todas las señales obtenidas de los transformadores de corriente de baja tensión, en la tabla 6 todas las señales del disyuntor de alta tensión, en la tabla 7 las señales del disyuntor de baja tensión y en la tabla 8 las señales del transformador de potencia.

Equipo	Descripción	Bornera	Señal
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X1-8	Apertura remota
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X1-7	Cierre remoto
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X1-9	Disparo de protección
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	Sbt1-1	Indicador disyuntor abierto
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	Sbt2-2	Indicador disyuntor cerrado
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X1-21	Indicador disyuntor cargado
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-6	Alarma baja presión (NC)
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-8	Alarma sobretiempo motor
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-10	Alarma falla de alimentación Circ. Control
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-12	Alarma falla alimentación Calefacción
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-14	Alarma falla Alimentación Motor
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-16	Bloqueo baja presión SF6
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-18	Bloqueo de baja presión SF6
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-21	Indicador Resorte Cargado
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-22	Indicador Motor Funcionando
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X1-28	Falla Resorte Cargado
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-71	Remoto
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-73	Local
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-7	Común(+125Vdc)
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-37	Contacto Auxiliar SBT1
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-57	Contacto Auxiliar SBT1
Disyuntor - 69KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-47	Contacto Auxiliar SBT2

Tabla 6: Señales del disyuntor 69KV.

Equipo	Descripción	Bornera	Señal
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X1-8	Apertura remota
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X1-7	Cierre remoto
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X1-9	Disparo de protección
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	Sbt1-1	Indicador disyuntor abierto
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	Sbt2-2	Indicador disyuntor cerrado
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X1-21	Indicador disyuntor cargado
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-6	Alarma baja presión (NC)
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-10	Alarma falla de alimentación Circ. Control
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-16	Bloqueo baja presión SF6
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-18	Bloqueo de baja presión SF6
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-21	Indicador Resorte Cargado
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-22	Indicador Motor Funcionando
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X1-28	Falla Resorte Cargado
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-7	Común(+125Vdc)
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-37	Contacto Auxiliar SBT1
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-57	Contacto Auxiliar SBT1
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-47	Contacto Auxiliar SBT2
Disyuntor – 13.8KV	Caja de terminales Disyuntor -69KV	X2-67	Contacto Auxiliar SBT2

Tabla 7: Señales del disyuntor 13.8KV.

Equipo	Descripción	Bornera	señal
Transformador 5MVA	Caja de terminales de transformador 5MVA	X1-2	Alarma nivel de aceite
Transformador 5MVA	Caja de terminales de transformador 5MVA	X1-4	Disparo nivel de aceite
Transformador 5MVA	Caja de terminales de transformador 5MVA	X1-6	Alarma Relé Buzhholz
Transformador 5MVA	Caja de terminales de transformador 5MVA	X1-8	Disparo Relé Buzhholz
Transformador 5MVA	Caja de terminales de transformador 5MVA	X1-10	Alarma Temperatura Aceite
Transformador 5MVA	Caja de terminales de transformador 5MVA	X1-12	Disparo Temperatura Aceite
Transformador 5MVA	Caja de terminales de transformador 5MVA	X1-14	Disparo válvula de sobrepresión
Transformador 5MVA	Caja de terminales de transformador 5MVA	X1-16	Disparo válvula de sobrepresión
Transformador 5MVA	Caja de terminales de transformador 5MVA	X1-30	Falla corriente ventiladores
Transformador 5MVA	Caja de terminales de transformador 5MVA	X1-23	Alarma3-1100C-Temperaruta
Transformador 5MVA	Caja de terminales de transformador 5MVA	X1-25	Alarma3-1100C-Temperaruta (NC)
Transformador 5MVA	Caja de terminales de transformador 5MVA	X1-26	Disparo-1200C-Temperaruta
Transformador 5MVA	Caja de terminales de transformador 5MVA	X1-28	Disparo-1200C-Temperaruta (NC)
Transformador 5MVA	Caja de terminales de transformador 5MVA	X1-1	Común +125VDC

Tabla 8: Señales del transformador de potencia.

Una vez identificadas todas las señales de los equipos de patio procedemos a diseñar los planos de control para el tablero, para esto debemos conocer el IED SEL 787 y el anunciador de alarmas MIKRO.

Se debe tener en cuenta que los equipos como el SEL – 787, el anunciador de alarmas y el relé lockt out funcionan con un voltaje de alimentación de 125VDC.

3.1.2 SEL-787

Este dispositivo electrónico tendrá un puerto serial en su parte frontal que se conectará al ordenador mediante USB para las configuraciones, también contiene tarjetas de entradas y salidas digitales, además de entradas analógicas.

En la parte frontal tiene una pequeña pantalla Led para visualizar los ajustes de parámetros y ver las mediciones de voltaje, corriente y potencia, también incluye botones para desplazarse y realizar los ajustes necesarios, así como también teclas configurables para disparar o cerrar el disyuntor localmente.

Tiene 8 luces de aviso para indicar disparos, alarmas y estados presentes tal como indica la figura 3.7.

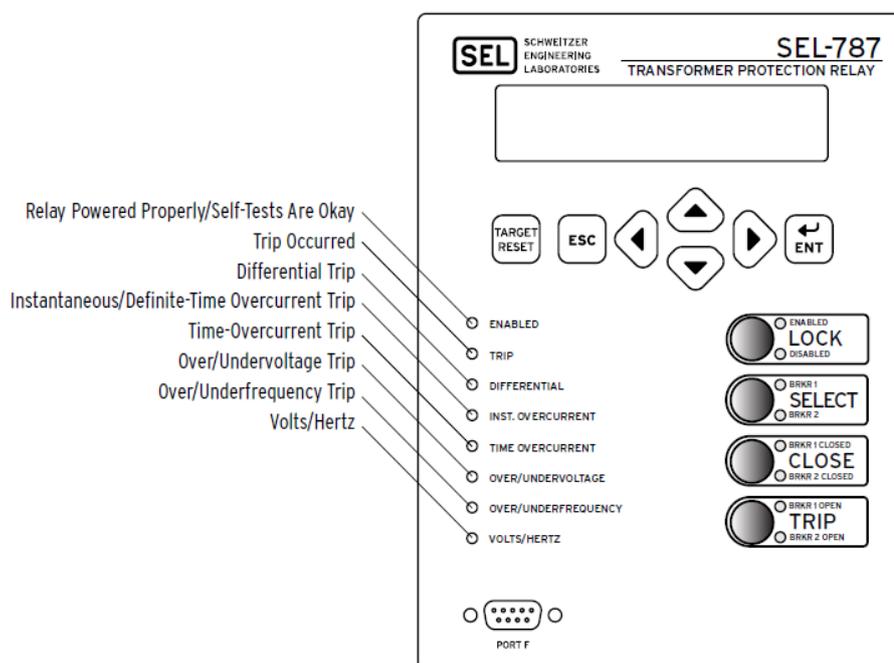


Figura 3. 7: Vista frontal SEL- 787.

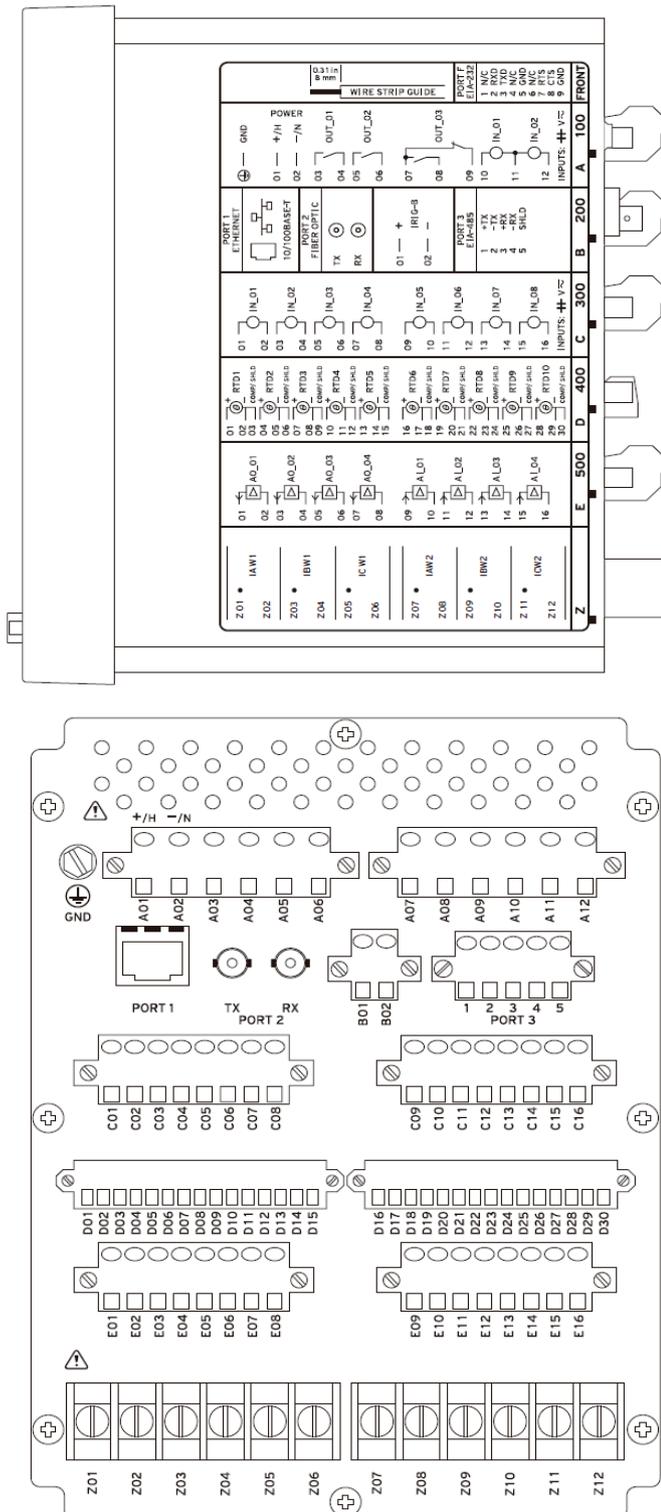


Figura 3. 8: Vista lateral y posterior SEL-787.

En su parte posterior (ver figura 3.8) se ubican las borneras de todas las tarjetas que contiene este equipo y en la tabla 9 se detallan el tipo de señales que estas poseen y donde estarán ubicadas.

Slot	Entradas digitales	Salidas digitales	Entradas analógicas	Puertos de comunicación
SLOT A	A09-A12	A03-A08		
SLOT B				Ethernet y fibra óptica
SLOT C	C09-C16	C01-C08		
SLOT D	D01-D16			
SLOT E	E01-E16			
SLOT Z			Transformadores de corriente en alta y baja tensión, conexionado para el transformador de potencia para medición	

Tabla 9: Detalle de las borneras del SEL-787.

A continuación, en la tabla 10 se detalla todas las señales que serán supervisadas mediante el Relé 787.

3.1.3 Anunciador de Alarmas MIKRO

Por otra parte, el anunciador de alarmas MIKRO dispone de 20 canales para la visualización de alarmas, cada canal o ventana es totalmente programable y dos puertos de comunicación RS232 Y RS485. Este dispositivo tiene la facilidad de trasladar una réplica de cada una de sus alarmas para utilizarla para cualquier otro circuito de control. Hay que tener claro que todo el control y alimentación es a 125VDC.

Como se puede observar en la imagen (ver imagen 3.9) este dispositivo no solo cuenta con réplicas para el traslado de su señal, sino también un puerto RS232 para que pueda ser comunicado con otro equipo. Para el presente proyecto solo será utilizado como un anunciador de alarmas visual. Las señales que pueden disparar una alarma están detalladas en la tabla 11

Señal	Tipo	Ubicación
Seccionador 69KV abierto	discreto	D01
Seccionador 69KV cerrado	discreto	D03
Disyuntor 69KV abierto	discreto	D05
Disyuntor 69KV cerrado	discreto	D07
Disyuntor 69KV cargado	discreto	D09
Disyuntor 13.8KV abierto	discreto	D11
Disyuntor 13.8KV cerrado	discreto	D13
Disyuntor 13.8KV cargado	discreto	D15
Baja presión disyuntor 69KV	discreto	E01
Baja presión disyuntor 69KV	discreto	E03
Motor funcionando Disyuntor 69Kv	discreto	E05
Falla resorte cargado Disyuntor 69Kv	discreto	E07
Alarma nivel de aceite	discreto	E09
Alarma relé Buchholz	discreto	E11
Alarme temp. 95 grados	discreto	E13
Alarma imagen térmica 80 grados	discreto	E15
Alarma imagen térmica 90 grados	discreto	C01
Alarma imagen térmica 110 grados	discreto	C03
Falla corriente ventiladores	discreto	C05
Relé lock-out	discreto	C07
sel 787 digital input		
sel 787 digital input		

Tabla 10: Señales a ser monitoreadas por el SEL-787.

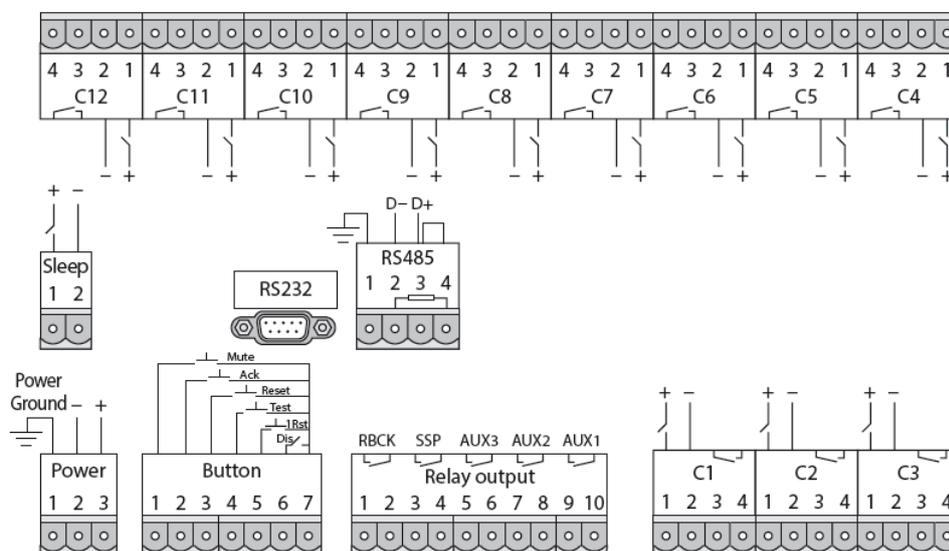


Figura 3. 9 Vista posterior del anunciador de alarmas Mikro

3.2 Configuración del sistema de protección y control

Para realizar las configuraciones del IED SEL 787 es necesaria la instalación del software ACSELERATOR QUICKSET que se lo puede descargar en la página del proveedor de forma gratuita.

3.2.1 Creación de un nuevo documento

Una vez ejecutado el programa observaremos la pantalla de inicio (ver figura 3.10) donde encontraremos las siguientes opciones:

Nuevo: Crear un nuevo proyecto.

Lectura: Leer ajustes de IEDs SEL conectados al ordenador.

Abrir: Visualizar y editar configuraciones guardadas previamente.

Comunicación: Sirve para establecer la conexión con un equipo cada vez que se necesite configurar el mismo.

Administrar: Sirve para llevar una base de datos de todos los proyectos creados.

Actualizar: Sirve para descargar las actualizaciones de cualquier driver de cualquier dispositivo que sea necesario.

SEÑAL	TIPO	UBICACIÓN
Relé LOCK-OUT	discreta	C1
Falla salida DC	discreta	C2
Protección Sobrecorriente	discreta	C3
Protección Diferencial	discreta	C4
Alarma temperatura 95 grados	discreta	C5
Falla corriente ventiladores	discreta	C6
Falla disyuntor 13.8KV	discreta	C7
Falla disyuntor 13.8KV	discreta	C8
Alarma Relé BUCHHOLZ	discreta	C9
Alarma Imagen térmica 80 grados	discreta	C10
Alarma imagen térmica 90 grados	discreta	C11
Alarma imagen térmica 110 grados	discreta	C12
Falla circuito control disyuntor 69Kv	discreta	C13
Falla circuito de calefacción disyuntor 69Kv	discreta	C14
Falla alimentación motor disyuntor 69V	discreta	C15
Alarma nivel de aceite	discreta	C16
Baja presión disyuntor 69KV	discreta	C17
Bloqueo baja presión disyuntor 69Kv	discreta	C18
Falla resorte cargado disyuntor 69KV	discreta	C19
Alarma sobretiempo motor Disyuntor 69Kv	discreta	C20

Tabla 11: Señales que pueden disparar una alarma.

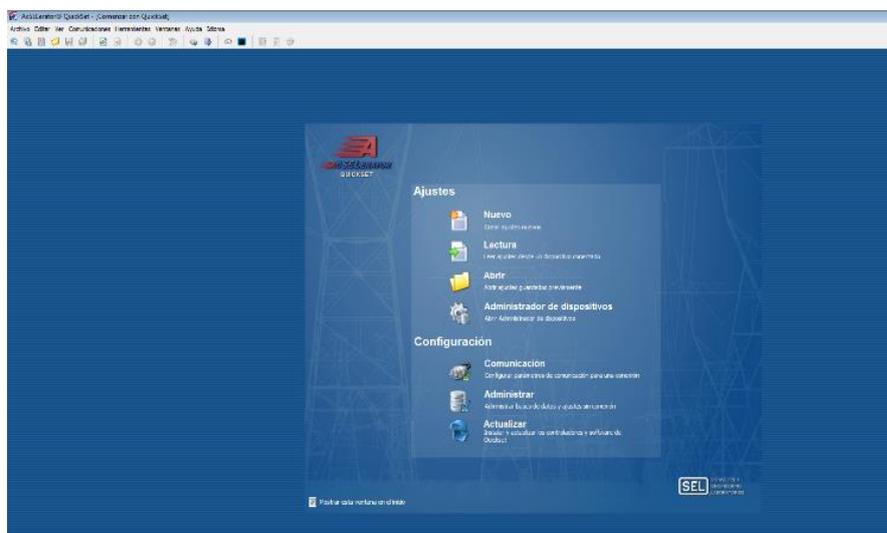


Figura 3. 10: Pantalla de inicio Acceleator.

En este caso se escogerá la opción **Nuevo**, ya que configuraremos desde cero un proyecto. Al elegir dicha opción aparecerá una ventana de ajustes (ver figura 3.10) en donde se escogerá el modelo de IED con el cual se trabajará, en este caso usaremos el SEL 787 versión 003 (ver figura 3.11).

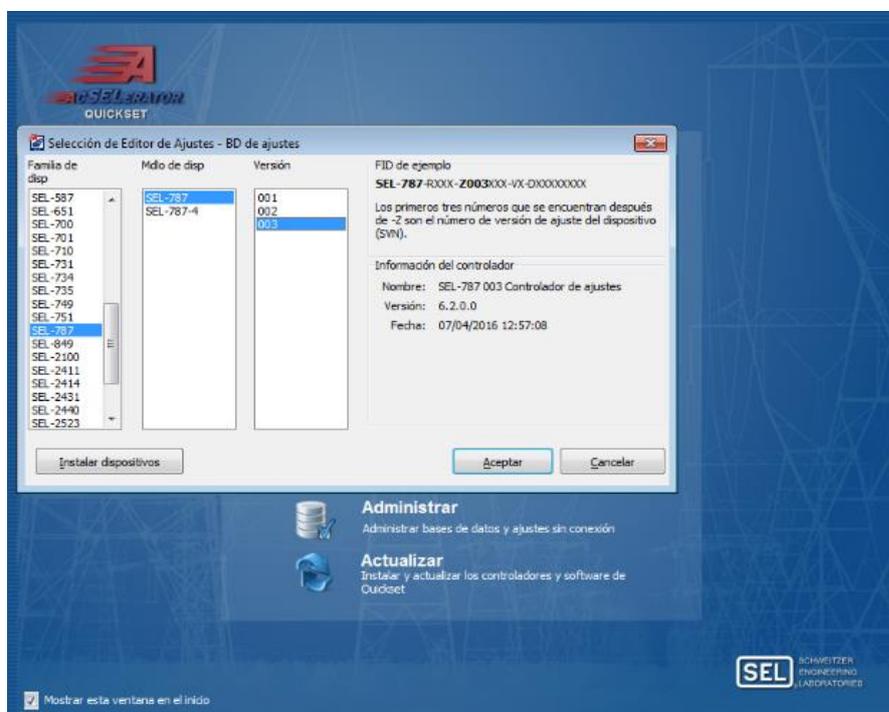


Figura 3. 11: Selección del dispositivo a programar.

Luego de seleccionar el modelo, el software solicitará que se especifique el número de partes del dispositivo (ver figura 3.12), el cual es un número de serie que se encuentra marcado a un lado del equipo. Esta serie indicará que tarjetas contiene el equipo según a pedido del usuario, y viene definido el número de entradas y salidas digitales y analógicas por cada slot, tal y como se detallan en la sección 3.1.2.

Núm de parte de disp

Núm de parte 0787 * * * * C * 3 * 3 * 8 5 * 3 3 *

Position C
C = 4 Fast High Current Interrupting Digital Output, 4 Digital Inp

Position D
3 = 8 Digital Input

Position E
3* = 8 Digital Input

Position Z
85 = 5 A Winding 1, 5 A Winding 2

Communications Ports and Protocols
33 = EIA-232 Front, EIA-485 Rear, 10/100BASE-T, SEL Proto

Editar Aceptar

Figura 3. 12: Numero de partes del dispositivo.

En la opción de Comunicación editaremos los siguientes parámetros para poder realizar una conexión correcta entre el IED y el ordenador (ver figura 3.9). Se seleccionará el tipo de conexión Serial, ya que se conectará el IED desde el puerto frontal PORT F hacia el puerto USB del ordenador, para aquello se necesitará de un cable de comunicación de Puerto Serial cruzado a puerto USB. Luego de esto se seleccionará el puerto USB que se conectó en la PC.

También seleccionaremos la velocidad del equipo, en este caso se elegirá 9600 baudios que es la velocidad máxima que posee el equipo y la podemos visualizar en las características del mismo mediante la pantalla frontal que posee.

En la selección de bits de información vendrá por defecto del software 8 bits de datos 1 bit de paro y no existirá bit de paridad ya que el dispositivo

no cuenta con dicha característica, aunque esto se puede ajustar como se muestra en la figura 3.13, se trabajará con los parámetros que ya tiene el software.

Al final se podrá crear dos contraseñas para permiso de ajustes cada uno con su respectivo nivel de Ingeniero u operador. Por defecto estas contraseñas ya vienen establecidas de fábrica que para el nivel1 es "OTTER" y para el nivel2 es "TAIL". Posteriormente, se da click en aceptar e iniciará la conexión, si todo es correcto el equipo se conectará con éxito.

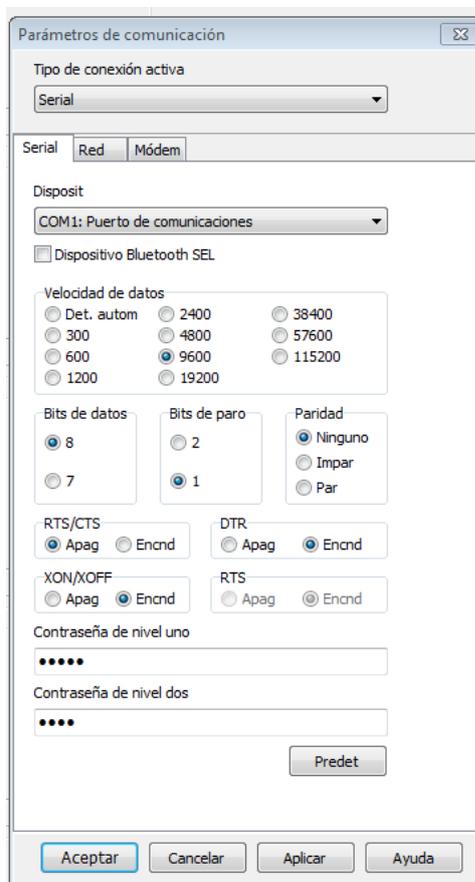


Figura 3. 13: Conexión con el dispositivo.

3.2.2 Configuraciones generales

Una vez elegido el modelo y la serie del equipo, se procederá a realizar las configuraciones generales del proyecto (ver figura 3.14), las cuales

son: secuencia de fase, frecuencia, formato de fecha y protecciones a usarse.

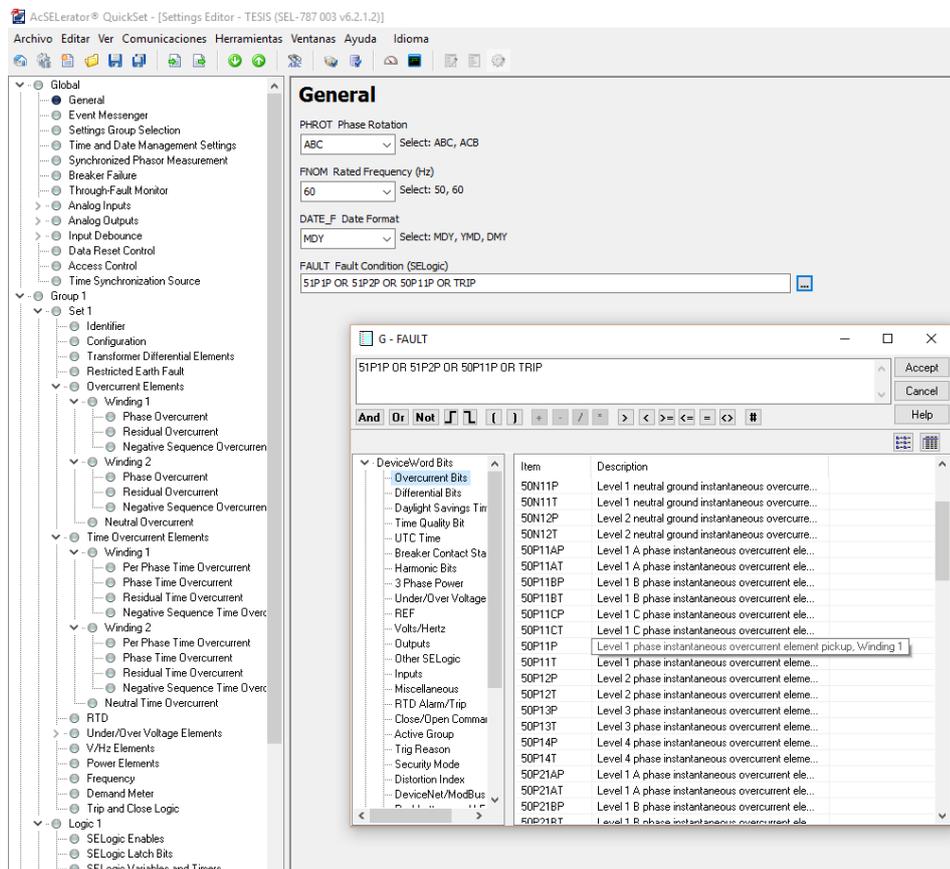


Figura 3. 14: Selección de protecciones.

Las protecciones que se requieren para la subestación eléctrica son las siguientes:

51P1P: Esta es una función que posee el relé para fallas de sobrecorriente de fase temporizada y será usada en el primario del transformador.

51P2P: Esta es una función que posee el relé para fallas de sobrecorriente de fase temporizada y será usada en el secundario del transformador.

50P11P: Este ajuste define el tamaño de operación de una unidad de sobrecorriente de fase instantánea, que también puede ser utilizada como unidad de sobrecorriente de tiempo definido de algún elemento, es usada en el primario del transformador.

TRIP: Disparo propio del relé en cual es accionado localmente en el equipo.

En la pestaña de Group1 configuraremos los parámetros del sistema de potencia, tal como fue diseñado el diagrama unifilar de la subestación eléctrica de 5MVA [7].

En Identifier digitaremos las etiquetas para la identificación del IED (ver figura 3.15).

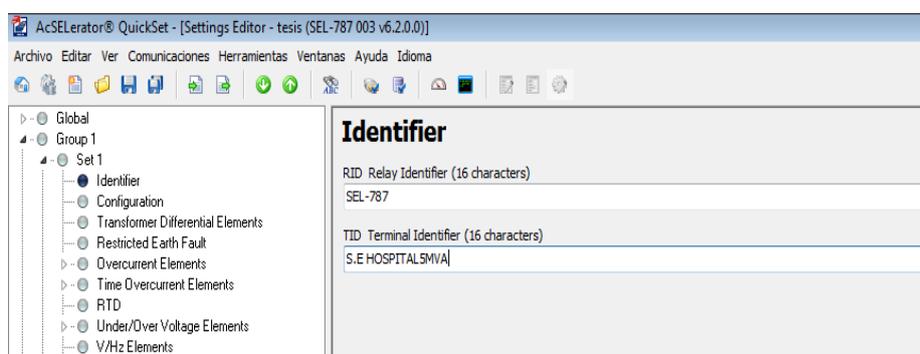


Figura 3. 15: Identificación.

3.2.3 Configuración

Se ajustará los parámetros de los equipos de patio como el transformador de potencia, transformador de potencial y transformadores de corriente a nivel de 69KV y 13.8KV (ver figura 3.16).

Se procede a llenar las casillas como se detalla en la tabla 12.

3.2.4 Elementos del control diferencial

En esta sección es donde se establecerán los parámetros para que exista una protección diferencial (ver figura 3.18). Se procede a llenar las casillas de la siguiente manera:

TAP1 winding Current tap

Es la máxima corriente que puede circular por el transformador de corriente en la parte de alta tensión, su valor está definido por la ecuación 3.1.

$$TAP1 = \frac{\text{potencia}}{(\text{tension de la linea alta tension})(\text{relacion del CT})\sqrt{3}} \quad (3.1)$$

$$TAP1 = \frac{5000MVA}{69KV * 20 * \sqrt{3}}$$

$$TAP1 = 2.09$$

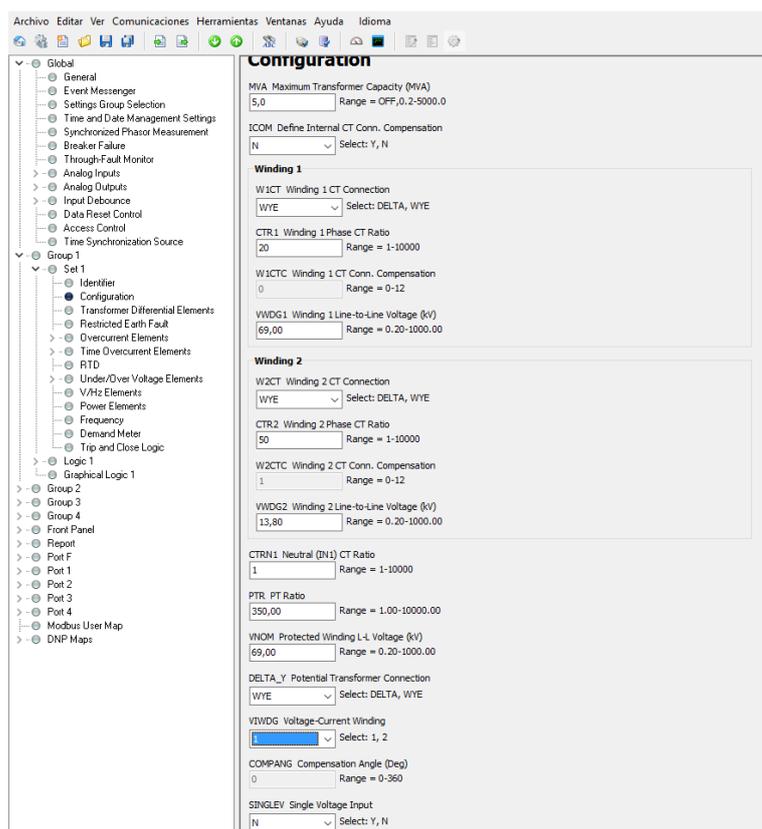


Figura 3. 16: Configuración general de parámetros.

Casilla	Descripción
MVA Maximum Transformer Capacity (MVA)	Se digitará la capacidad máxima del transformador de potencia que es de 5MVA.
ICOM Define Internal CT	Se escogerá la opción N ya que no tenemos ningún devanado compensación.
Winding 1	En esta sección configuraremos nuestros transformadores de corriente en el lado de 69KV.
W1CT winding 1 CT connection	Se establece el tipo de conexión de los transformadores en este caso seleccionaremos la opción estrella.
W1CT winding 1 phase CT ratio	Se escoge la relación de transformación de los transformadores de corriente, en este caso esa relación será de $100/5=20$.
W1CTC winding 1 CT compensation	Ya que previamente se estableció que el diseño no tendrá devanados de compensación esta casilla será deshabilitada.
VWDG1	Se coloca el valor de voltaje en el lado de alta tensión donde será ubicado el transformador de corriente en este caso es 69KV.
Winding 2	En esta sección configuraremos nuestros transformadores de corriente en el lado de 13.8KV.
W2CT winding 2 CT connection	Se establece el tipo de conexión de los transformadores en este caso seleccionaremos la opción Delta.
W2CT winding 2 phase CT ratio	Se escoge la relación de transformación de los transformadores de corriente, en este caso la relación será de $250/5=50$.
W2CTC winding 2 CT compensation	Ya que previamente se estableció que el diseño no tendrá devanados de compensación esta casilla será deshabilitada.
PTR PT RATIO	Es la relación de transformación del transformador de potencial, la cual es de 42KV/120V la cual es de 350.
VWDG2	Se coloca el valor de voltaje en el lado de alta tensión donde será ubicado el transformador de corriente en este caso es 69KV.
DELTA_Y	Se escoge la configuración de conexión del transformador de potencia en este caso se coge la configuración Y.
VIWG	Es el devanado en el cual se tiene instalado el transformador de potencial para realizar las medidas correspondientes.

Tabla 2: Configuraciones de los parámetros de los equipos de medición

TAP2 winding Current tap

Es la máxima corriente que puede circular por el transformador de corriente en la parte de baja tensión y su valor viene dado por la ecuación 3.2.

$$TAP1 = \frac{\text{potencia}}{(\text{tension de la linea baja tension})(\text{relacion del CT})\sqrt{3}} \quad (3.2)$$

$$TAP1 = \frac{5000MVA}{13.8KV * 20 * \sqrt{3}}$$

$$TAP1 = 4.18$$

O87P

Este ajuste debe ser configurado para evitar el funcionamiento no deseado debido a errores de CT o de corriente de excitación del transformador y es la relación entre el TAP mínimo y la corriente de funcionamiento o nominal y multiplicados por 0.1 como se muestra en la inequación 3.3.

$$O87P_{min} \geq \frac{0.1 X IN}{TAP_{min}} \quad (3.3)$$

$$O87P_{min} \geq \frac{0.1x(5)}{2.08}$$

$$O87P_{min} \geq 0.24$$

Como se demuestra en las ecuaciones previas el ajuste O87Pmin debe ser de 0.24, por sugerencia del fabricante se ajustará al valor de O87P=0.3, dicho valor se podrá observar en la curva de operación del relé (ver figura 3.17).

87AP

Es un ajuste que activará una alarma interna en el sistema, está por encima de la corriente diferencial establecida, que es un valor múltiplo de los TAPs definidos previamente.

$$87AP = 0.15$$

87AD

Es el tiempo de retardo para el funcionamiento de la alarma 87AP.

$$87AD = 5$$

SLP1 y SLP2

Definen los porcentajes de las rampas de la curva de restricción porcentual, donde se hace la comparación entre, la corriente de operación

(IOP) que no es nada más que la diferencia entre las corrientes del secundario y primario de una misma fase tal como se muestra en la ecuación 3.4 y un porcentaje de la corriente de estabilización (IRT) que es el promedio de las mismas como se muestra en la ecuación 3.5, los valores del SLP1 y SLP2 en este caso 25% y 60%, corresponden al porcentaje de la corriente IRT que va a ser comparada, como se muestran en la figura 3.17. Si este valor de IOP supera al porcentaje de IRT entonces el relé entra en operación.

IRS1

En esta casilla se configura el límite de la corriente de restricción para el punto de la cuesta uno y donde comienza la cuesta dos (ver figura 3.17) en este caso 3, es un valor sugerido por el software pero que tiene cierta restricción como se muestra en la inecuación 3.6.

$$IRS1 \leq \frac{\text{rango máximo de la variación del TAP}}{TAP_{max}} \quad (3.6)$$

$$IRS1 \leq \frac{31}{4.17}$$

$$IRS1 \leq 7.34$$

$$IRS1 = 3$$

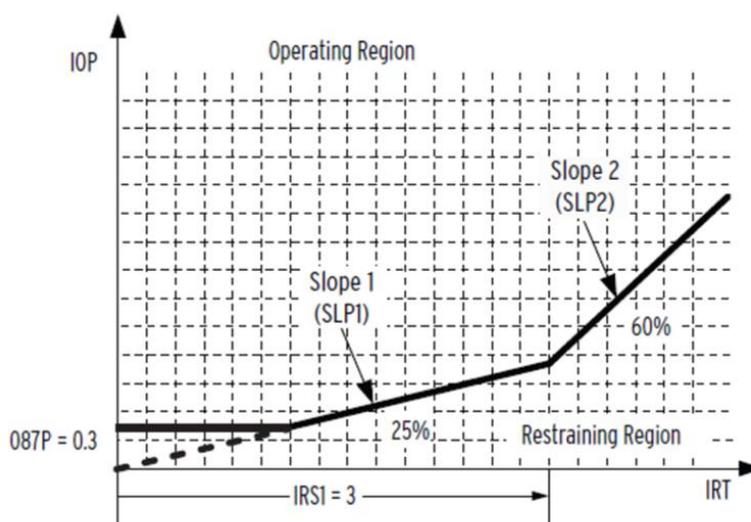


Figura 3. 17: Curva de operación diferencial.

$$IOP = IFA - IFa \quad (3.4)$$

$$IRT = \frac{IFA + IFa}{2} \quad (3.5)$$

U87P

Es el elemento de corriente diferencial sin restricción, compara el valor de la corriente diferencial que funciona con un valor determinado, normalmente 10 veces el ajuste del TAP, sirve para procesos de energización en los que la corriente se incrementa y puede haber una diferencia significativa entre la medición de las corrientes de alta y baja tensión del transformador.

$$U87P = 10$$

PCT2, PCT4 Y PCT5

Son ajustes que sirven para bloquear los armónicos, 2, 4 y 5 respectivamente pero no solo sirve para bloqueo, el relé tiene la capacidad de diferenciar cuando existe una falla en el sistema, sea externa o interna y cuando hay una variación de corrientes por procesos de energización. Durante este proceso la magnitud del segundo armónico es mucho mayor que cuando existen fallas, aun cuando estas vayan acompañadas de alguna saturación en los transformadores de corriente.

$$PCT2 = 15$$

$$PCT4 = 15$$

$$PCT5 = 35$$

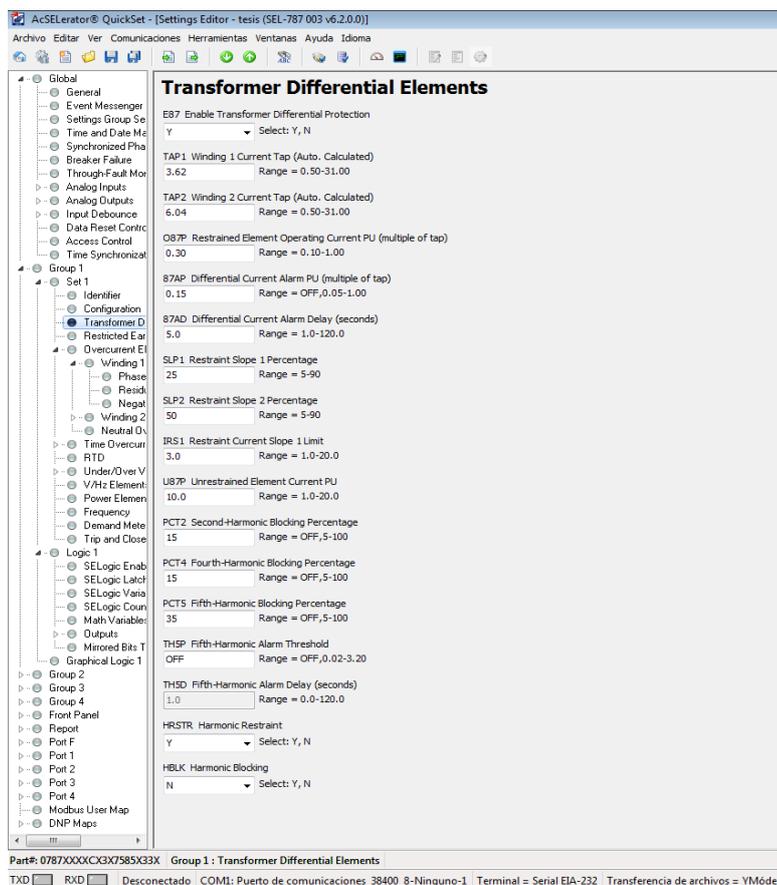


Figura 3. 18 Parámetros de la protección diferencial.

No se dejará habilitado el TH5P del quinto armónico ya que es una alarma interna del sistema que no usaremos, y por el mismo motivo no se encontrara habilitada la casilla de Alarm Delay (ver figura), obviamente se dejarán habilitadas las casillas HRSTR (restricción de armónico) y HKLK(bloque de armónico).

3.2.5 Sobrecorriente de fase

Este ajuste define la magnitud de sobrecorriente de fase instantánea, para poder configurar estos valores se necesitan los valores que refleja el estudio de corto circuito (ver figura 3.19)

Bus (A) -3P Fault - ANSI/IEEE Method at the Following Times

Bus Name	Pre-Flt		1/2-Cycle			5-Cycle			
	V	X/R	Sym	DC	Iasym	X/R	Sym	DC	Iasym
BUS_13.8 Kv	13800	10.89	3158	3347	4601	10.89	3158	249	3167
CNEL_69 Kv	69000	20.00	7980	9645	12518	20.00	7980	2346	8318

Short Circuit Detailed Report

Figura 3. 19: Estudio de corto circuito.

Sobrecorriente de fase en el devanado primario (Phase overcurrent winding 1).

En esta sección se configurarán los valores de sobrecorriente máxima en el primario del transformador (ver figura 3.20).

50P11P

En esta sección se colocará el valor máximo de sobrecorriente en amperios en el devanado de alta tensión que viene definida por la ecuación 3.7.

$$50P11P \geq 1.25 * \frac{I_{trifasica\ max}}{Relacion\ TC} \quad (3.7)$$

Debido a que el valor de corriente de corto-circuito del estudio de potencia del relé (ver figura 3.19) está dado del lado de baja tensión hay que referir nuestra corriente hacia el primario, por lo que empleamos la ecuación (3.8).

$$I_{primario} = \frac{I_{secundario}}{5} \quad (3.8)$$

$$I_{primario} = \frac{3158}{5}$$

$$I_{primario} = 631.6$$

$$50P11P \geq 1.25 * \frac{631.6}{20}$$

$$50P11P \geq 39.47$$

$$50P11P = 40$$

50P11D

En esta casilla se establecerá un valor de retardo de tiempo para la acción de la protección 50P11P, pero en este caso se necesita que sea instantánea, así que no se adicionara ningún valor de tiempo.

$$50P11D = 0$$

50P11TC

En esta sección se puede definir si la protección se activa de manera remota o no, en este proyecto se dejará habilitadas las entradas para el control remoto, pero no la conexión definida, así que no podemos asignarle una entrada remota por el momento, por lo que no la dejamos habilitada con el valor 1.

$$50P11TC = 1$$

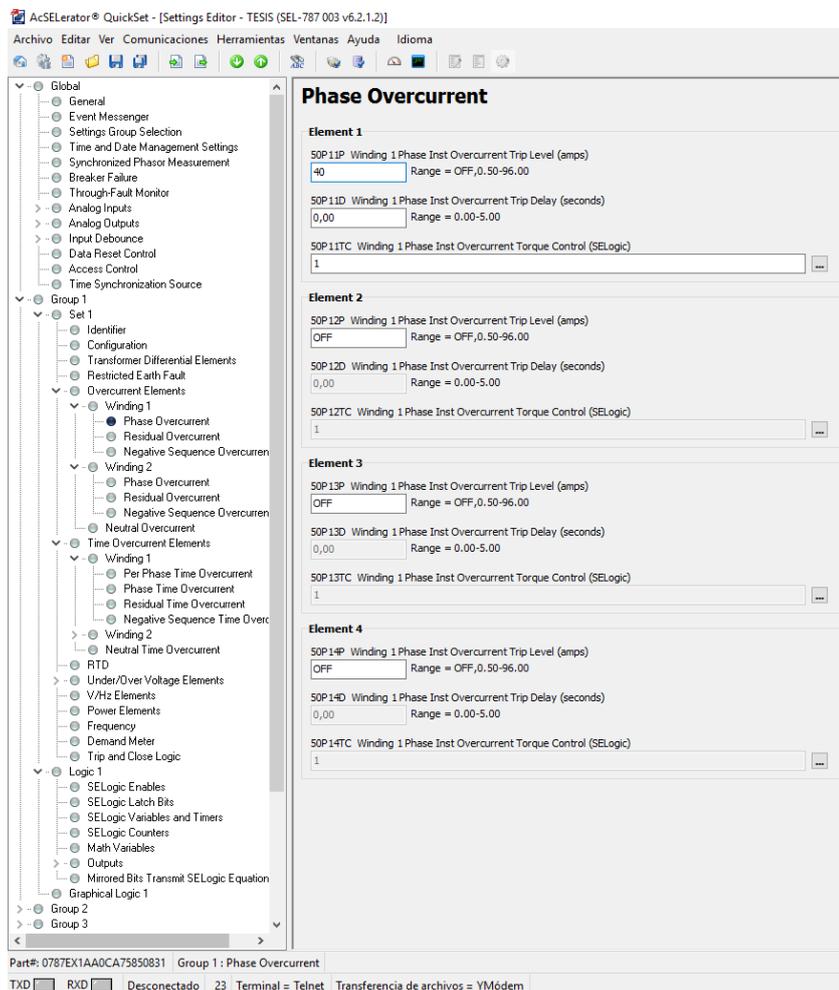


Figura 3. 20: Ajustes sobrecorriente de fase del devanado de alta tensión.

Sobrecorriente de fase en el devanado secundario (Phase overcurrent winding 2).

Esta sección no es necesario usar ya que la protección de sobrecorriente solo se la hará en el devanado primario del transformador, debido a que los valores de corriente de cortocircuito simplemente están referidos al secundario, por lo tanto, sería redundante, las casillas quedan deshabilitadas como se muestra en la figura 3.21.

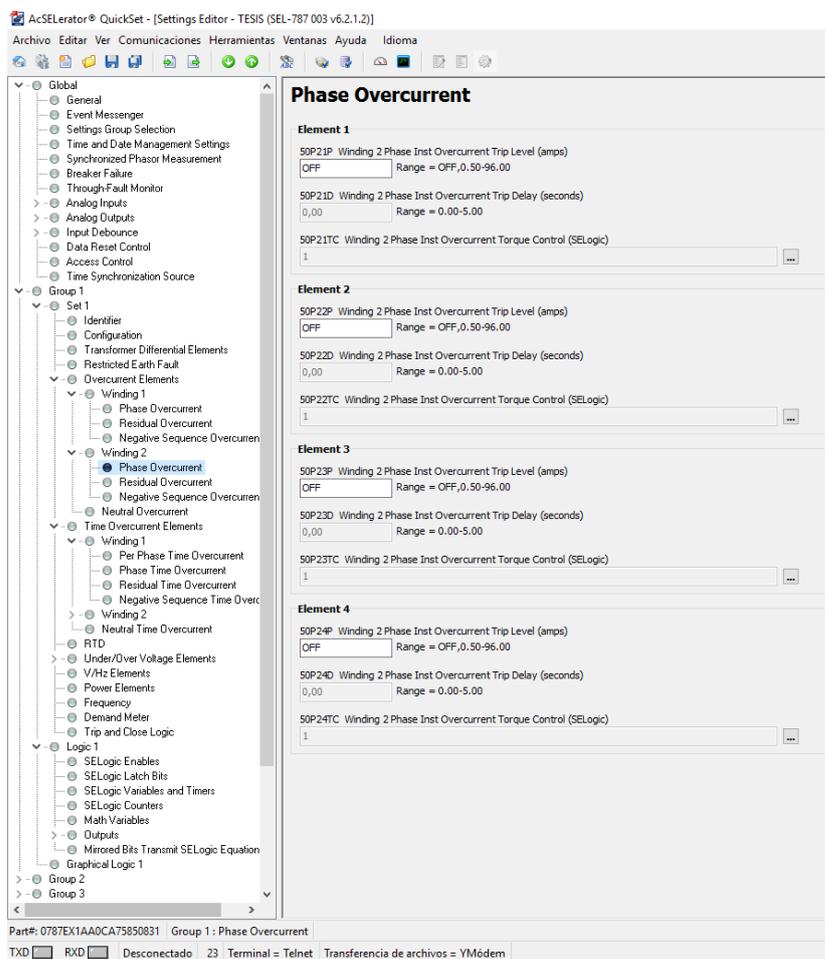


Figura 3. 21: Ajustes de sobrecorriente del devanado de baja tensión.

50P21P=OFF

3.2.6 Sobrecorriente de fase con retardo de tiempo

En esta sección se establecerán los valores de sobrecorriente con retardo de tiempo, es decir los valores de corriente para los que el relé tendrá que esperar un tiempo determinado para entrar en estado de operación, se establece llenar las casillas como se muestra en la figura 3.22 y figura 3.23.

51P1P

En esta casilla se ubicará el valor de corriente máximo en el primario del transformador que tendrá un valor definido de tiempo de retardo cuando ocurre la falla, el cual se define por la ecuación 3.9.

$$51P1P \geq \frac{(\text{potencia del transformador}) * 1.4}{(\text{Relacion del TC}) * (\text{voltaje del devanado}) * (\sqrt{3})} \quad (3.9)$$

$$51P1P \geq \frac{(5000) * 1.4}{(20) * (69) * \sqrt{3}}$$

$$51P1P \geq 2.92$$

$$51P1P = 3$$

51P1C

En esta sección se selecciona el tipo de curva con la que trabajamos, en este caso se selecciona C2 ya que es una curva estrictamente inversa (ver anexo 3).

$$51P1C=C2$$

51P1TD

En ajuste define la curva de tiempo utilizada (ver anexo 3), y se adopta el tiempo de retardo de la curva utilizada.

$$51P1TD=0.35$$

51P2P

En esta casilla se ubicará el valor de corriente máximo en el secundario del transformador que tendrá un valor definido de tiempo de retardo cuando ocurre la falla, el cual se define por la ecuación 3.10.

$$51P2P \geq \frac{(\text{potencia del transformador}) * 1.1}{(\text{Relacion del TC}) * (\text{voltaje del devanado}) * (\sqrt{3})} \quad (3.10)$$

$$51P2P \geq \frac{(5000) * 1.1}{50 * 13.8 * \sqrt{3}}$$

$$51P2P \geq 4.6$$

$$51P2P = 5$$

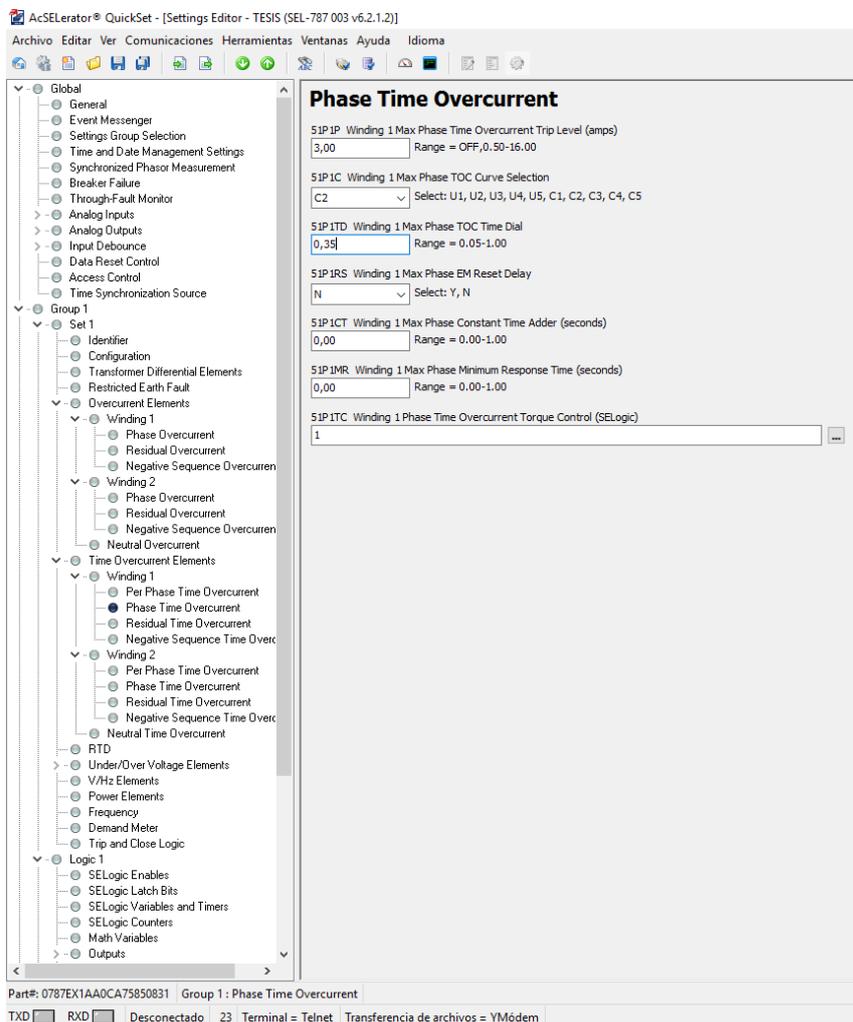


Figura 3. 22: Ajustes de sobrecorriente con retardo de tiempo en alta tensión.

51P2C

En esta sección se selecciona el tipo de curva con la que trabajamos, en este caso se selecciona C2 ya que es una curva estrictamente inversa (ver anexo 3)

51P2TD

En ajuste define la curva de tiempo utilizada (ver anexo 3), y se adopta el tiempo de retardo de la curva utilizada.

$$51P2TD = 0.25$$

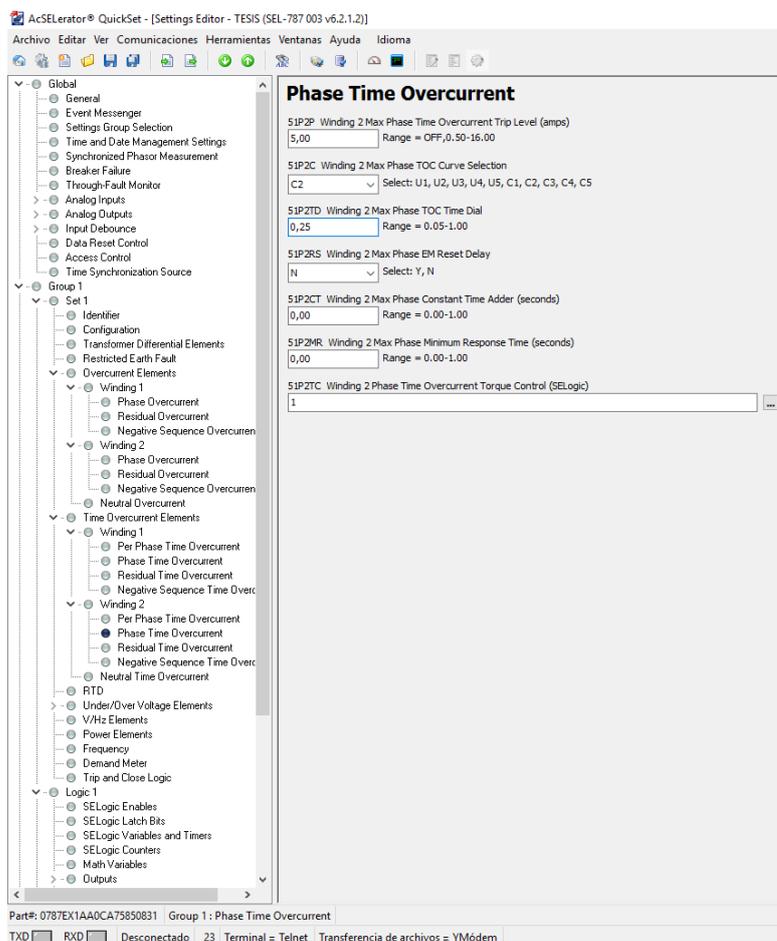


Figura 3. 23: Ajustes de sobrecorriente con retardo de tiempo en baja tensión.

3.2.7 DNP Maps

En la sección DNP maps vamos a definir nuestra comunicación maestro-esclavo y todas las señales que se necesite trasladar en dicha comunicación.

Entradas Binarias

En la sección Binary Inputs se dejará la configuración lista para que todas las señales digitales que ingresen al SEL-787 así como señales de disparo puedan ser monitoreadas desde alguna localidad remota (ver figura 3.24, ver tabla 3.13).

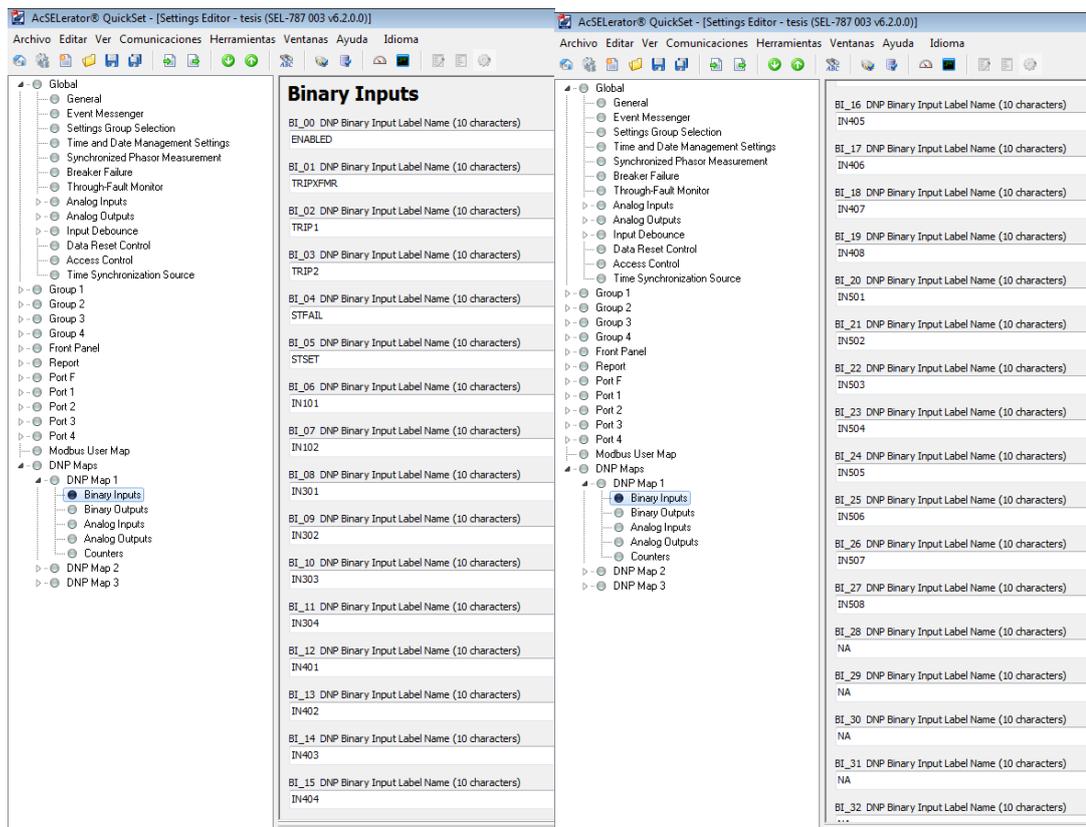


Figura 3. 24: Entradas binarias.

Salidas Binarias

En esta sección se configurará las entradas remotas del relé, se llama binary outputs (salidas binarias en español), ya que son las salidas binarias del dispositivo remoto, el diseño contempla una futura conexión, por dicho motivo se dejará lista la configuración (ver figura 3.25).

Los primeros dígitos serán oc1 (open command 1) apertura del disyuntor primario, oc2 (open command 2) apertura del disyuntor secundario, cc1 (close command 1) cierre del disyuntor primario, cc2 (close command 2) cierre disyuntor secundario. Luego encontramos un listado de salidas binarias ya establecidas por el software las cuales van desde RB05 a RB31, las cuales pueden ser usadas en el código para cualquier accionamiento remoto que se quiera realizar, para completar su

configuración, es decir, definir qué control realizaran estas señales, esto se debe realizar desde el dispositivo maestro de la comunicación.

Señal	Entrada binaria	Label name
	BI_00	Enabled
Disparo	BI_01	TRIPXFMR
Disparo disyuntor 1	BI_02	TRIP 1
Disparo disyuntor 2	BI_03	TRIP 2
Falla de sistema	BI_04	STFAIL
Configuración del sistema	BI_05	STSET
Alarma imagen térmica 90 grados	BI_06	IN101
Alarma imagen térmica 110 grados	BI_07	IN102
Falla corriente ventiladores	BI_08	IN301
Relé lock-out	BI_09	IN302
Seccionador 69KV abierto	BI_10	IN303
Seccionador 69KV cerrado	BI_11	IN304
Disyuntor 69KV abierto	BI_12	IN401
Disyuntor 69KV cerrado	BI_13	IN402
Disyuntor 69KV cargado	BI_14	IN403
Disyuntor 13.8KV abierto	BI_15	IN404
Disyuntor 13.8KV cerrado	BI_16	IN405
Disyuntor 13.8KV cargado	BI_17	IN406
Baja presión disyuntor 69KV	BI_18	IN407
Baja presión disyuntor 13.8KV	BI_19	IN408
Motor funcionando Disyuntor 69Kv	BI_20	IN501
Falla resorte cargado Disyuntor 69Kv	BI_21	IN502
Alarma nivel de aceite	BI_22	IN503
Alarma relé Buchholz	BI_23	IN504
Alarma temp. 95 grados	BI_24	IN505
Alarma imagen térmica 80 grados	BI_25	IN506
Digital input	BI_26	IN507
Digital input	BI_27	IN508

Tabla 13: Entradas remotas.

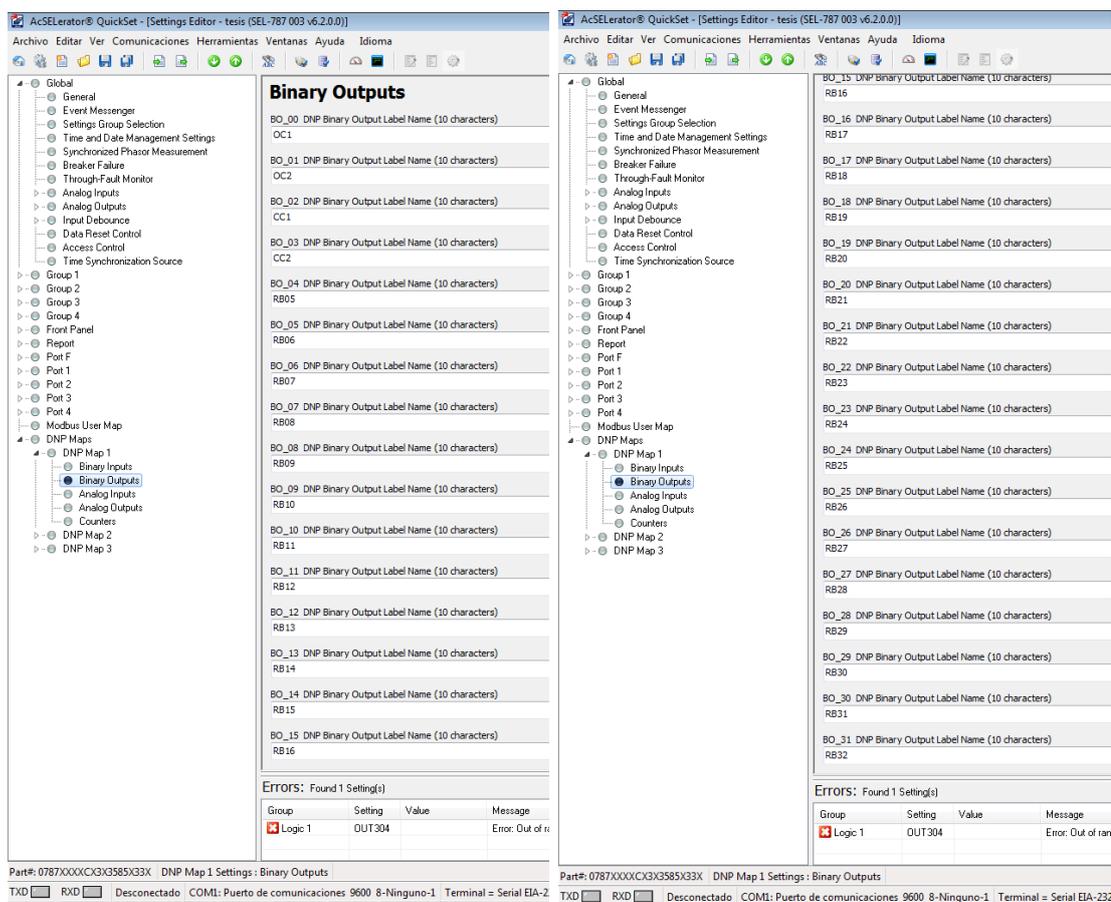


Figura 3. 25: Salidas analógicas.

Entradas Analógicas

Esta sección servirá para trasladar nuestras señales medidas que en sí son las señales análogas de los transformadores de corriente del primario y secundario del transformador. Las tres primeras son las corrientes de fase del primario seguido de la corriente a tierra, las siguientes tres corresponden a las corrientes de fase del secundario, seguido por la corriente a tierra del mismo, las dos siguientes son los valores de corriente promedio tanto del primario como secundario del transformador, los dos últimos son las magnitudes de corriente en secuencia negativa (ver figura 3.26).

AcSELErator® QuickSet - [Settings Editor - tesis (SEL-787 003 v6.2.0.0)]

Archivo Editar Ver Comunicaciones Herramientas Ventanas Ayuda Idioma

Analog Inputs

AI_00 DNP Analog Input Label Name (24 characters)
IAW1_MAG

AI_01 DNP Analog Input Label Name (24 characters)
IBW1_MAG

AI_02 DNP Analog Input Label Name (24 characters)
ICW1_MAG

AI_03 DNP Analog Input Label Name (24 characters)
IGW1_MAG

AI_04 DNP Analog Input Label Name (24 characters)
IAW2_MAG

AI_05 DNP Analog Input Label Name (24 characters)
IBW2_MAG

AI_06 DNP Analog Input Label Name (24 characters)
ICW2_MAG

AI_07 DNP Analog Input Label Name (24 characters)
IGW2_MAG

AI_08 DNP Analog Input Label Name (24 characters)
IAVW1MAG

AI_09 DNP Analog Input Label Name (24 characters)
IAVW2MAG

AI_10 DNP Analog Input Label Name (24 characters)
3I2W1MAG

AI_11 DNP Analog Input Label Name (24 characters)
3I2W2MAG

AI_12 DNP Analog Input Label Name (24 characters)
NA

AI_13 DNP Analog Input Label Name (24 characters)
NA

AI_14 DNP Analog Input Label Name (24 characters)
NA

AI_15 DNP Analog Input Label Name (24 characters)
NA

ERRORS: Found 1 Setting(s)

Group	Setting	Value	Message
Logic 1	OUT304		Error: Invalid syntax.

Part#: 0787XXXXC3X3585X33X | DNP Map 2 Settings : Analog Inputs

TXD RXD Desconectado | COM1: Puerto de comunicaciones 9600 8-Ninguno-1 | Terminal = Serial EIA-232 | Transferencia de archivos = YModem

Figura 3. 26: Entradas analógicas.

CAPITULO 4

4. RESULTADOS

En este capítulo se hablará de los beneficios y resultados que produce la instalación del tablero de control en una subestación eléctrica del hospital ya que previo a este diseño no contaba con ningún tipo de seguridad, entre los beneficios encontramos los siguientes:

- Accionamiento automático ante posibles fallas en la subestación.
- Medición continua de señales del patio de maniobras
- Apertura manual de disyuntores y seccionador tanto en alta como en baja tensión.

4.1 Accionamiento automático ante posibles fallas

Como se detalló en la sección de configuraciones generales el diseño cuenta con la protección 50 que es una protección de sobrecorriente instantáneas, 51 que es una protección de sobrecorriente con retardo de tiempo, y la protección 87 que es la protección diferencial que compara los valores que proporcionan los transformadores de corriente en los devanados de alta y baja tensión.

4.2 Medición continua de señales en el patio de maniobras.

El principal beneficio que este proyecto trae consigo, es que, el tablero no solo ofrece una supervisión para las distintas fallas que pueden ocurrir en el funcionamiento de la subestación eléctrica, sino que ofrece un monitoreo de las posibles alarmas o fallas en la subestación de manera local mediante el anunciador de alarmas Mikro, como de manera remota mediante la configuración DNP MAPS en la sección de entradas binarias (ver sección 3.1.2.5).

Las señales monitoreadas son las siguientes:

Señales del sistema

Estas señales no son originarias del patio de maniobras, sino que son generadas por el SEL-787 cuando ocurre algún tipo de evento como se detalla en la tabla 14.

Señales del seccionador

Son las señales adquiridas del patio de maniobras de la caja de terminales del tablero del seccionador de 69KV y están detalladas en la tabla 15.

Señal	Tipo
Disparo	Discreto
Disparo disyuntor 1	Discreto
Disparo disyuntor 2	Discreto
Falla del sistema	Discreto
Configuración del sistema (ocurre cuando se cambia la configuración del relé)	Discreto

Tabla 14: Señales del sistema.

Señal	Tipo
Seccionador 69KV abierto	Discreto
Seccionador 69KV cerrado	Discreto

Tabla 15: Señales de caja de terminales del tablero Motor-Seccionador.

Señales del disyuntor 69KV

Son las señales adquiridas del patio de maniobras de la caja de terminales del tablero del disyuntor 69KV y están detalladas en la tabla 16.

Señal	Tipo
Disyuntor 69KV abierto	Discreto
Disyuntor 69KV cerrado	Discreto
Disyuntor 69KV cargado	Discreto
Motor funcionando disyuntor 69KV	Discreto
Baja presión disyuntor 69KV	Discreto
Falla de resorte cargado disyuntor 69KV	Discreto

Tabla 16: Señales de caja de terminales disyuntor SF6-69KV.

Señales del disyuntor 13.8KV

Son las señales adquiridas del patio de maniobras de la caja de terminales del tablero disyuntor 13.8KV y están detalladas en la tabla 17.

Señal	Tipo
Disyuntor 13.8KV abierto	Discreto
Disyuntor 13.8KV cerrado	Discreto
Disyuntor 13.8KV cargado	Discreto
Baja presión disyuntor 13.8KV	Discreto

Tabla 17: Señales de caja de terminales disyuntor SF6-13.8KV.

Corrientes de fase TC 69KV

Son las señales provenientes de los transformadores de corriente en el primario del transformador de potencia. Se detallan en la tabla 18.

Señal	Tipo
Corriente de fase A	Analógica
Corriente de fase B	Analógica
Corriente de fase C	Analógica
Corriente de neutro	Analógica

Tabla 18: Señales de caja de agrupamiento TC 69KV.

Corrientes de fase TC 13.8KV

Son las señales provenientes de los transformadores de corriente en el secundario del transformador de potencia. Se detallan en la tabla 19.

Señal	Tipo
Corriente de fase A	Analógica
Corriente de fase B	Analógica
Corriente de fase C	Analógica
Corriente de neutro	Analógica

Tabla 19: Señales de agrupamiento TC 13.8KV.

4.3 Apertura manual de disyuntores y seccionador tanto en alta como en baja tensión

Con la finalidad de controlar y supervisar los estados de los equipos principales de la subestación, en la parte frontal del tablero se incorpora switch de dos posiciones con retorno esto facilitara al operador manipular a distancia los equipos de patio desde la comodidad del cuarto de control e visualizar su estado si está abierto o cerrado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de realizar el diseño tanto físico como eléctrico de nuestro tablero de control, protección y medición mediante herramientas computacionales como el software acselerator Quickset y autocad electrical, podemos concluir que nuestro diseño no solo está definido para la subestación eléctrica sobre la cual se ha trabajado, sino que debido a la similitud que poseen todas las ellas, este tablero puede ser implementado en cualquier subestación ya que el control de las mismas se realizan mediante los valores que son receptados de los transformadores de corriente, se conoce que los valores que varían entre una subestación y otra, son los valores de potencia máxima dado por el transformador de potencia y la relación de transformación de los transformadores de corriente y voltaje tanto de alta tensión como de baja, dichos valores son modificables en el software y las protecciones diferenciales y de sobrecorriente podrán ser configuradas mediante los pasos que se indican a lo largo del proyecto sin cambiar absolutamente en nada la estructura del tablero.

Concluimos que este sistema de control, monitoreo y protección amplia del patio de maniobras de la subestación es vital para que el sistema eléctrico de potencia opere dentro de los parámetros de funcionamiento normal. El monitoreo en tiempo real de todas las alarmas de falla de los equipos y la operación automática de los aparatos de protección, permiten detectar las fallas en el menor tiempo posible para poder minimizar los daños y a su vez disponer de un sistema seguro que brinda mayores facilidades de operación a la persona encargada del cuarto de control.

Se concluye que el relé de protección opera cuando existe una diferencia entre la corriente de entrada al transformador de potencia y la corriente que sale del mismo, mediante la utilización de transformadores de corriente nivelados diferentes niveles de tensión, si excede un valor determinado, el relé compara las corrientes de entrada y salida del transformador de potencia, el relé opera abriendo los disyuntores de 69kv y 13.8KV de ambos extremos del elemento protegido que en este caso sería el transformador de potencia.

El relé opera de manera de protección diferencial por las siguientes causas:

Paso de corriente de cortocircuito.

Equipo de protección defectuoso.

Daño en el devanado interior del transformador.

Para el diseño del tablero de control es recomendable dejar establecidas las dimensiones del mismo y detallar mediante planos la ubicación física de cada elemento para que cualquier persona que lo desee implementar lo pueda hacer simplemente leyendo este documento.

Los parámetros TAP1 winding1 current tap y TAP winding2 current tap son parámetros que son auto calculados por el software que difieren muy poco con las curvas características que nos da el estudio de protecciones, por lo tanto, es recomendable dejarlo como el software sugiere, ya que este realiza el cálculo con los parámetros de voltajes y relaciones de transformación tanto para el primario como secundario del transformador que hayan sido introducidos.

La conexión con la PC se la puede realizar por medio de un puerto serial (Port f) ubicado en la parte frontal del SEL-787 o mediante Ethernet (port1) ubicado en la parte posterior, pero es recomendable hacerla por el primero mencionado ya que en el manual viene especificado sus conexiones, además en las configuraciones manuales del equipo viene listo para poder realizarse.

Un detalle a tomar en cuenta es que para la conexión con la PC se necesita USB-serial, pero debe ser cruzado, de otra forma el equipo jamás se conectara y no podremos realizar su configuración.

Es de suma importancia dejar habilitadas las salidas binarias (que son entradas para nuestro IED SEL-787), ya que así podremos disponer de acciones o mandos de una manera remota, para evitar tener que ir al sitio de instalación. Sobre todo, señales como el oc1(open comand 1) apertura del disyuntor primario, cc2 (open comand) apertura disyuntor secundario, cc1(close comand 1) cierre disyuntor primario, cc2(close comand 2) cierre disyuntor secundario, como se detalla en la sección

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gilberto Enriquez Harper, Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión, 2006.
- [2] Schweitzer Engineering laboratories, (2008, noviembre). SEL 787 Transformer Protection Relay Manual del producto [online]. Disponible en: <https://selinc.com/products/787/>
- [3] Schweitzer Engineering laboratories, (2014, mayo). Acselelator Quickset Software [online]. Disponible en: <https://selinc.com/products/5030/>
- [4] Mikro, (2014, mayo). Panel Anunciador de Alarmas AN112/120 Manual del producto [online]. Disponible en: <http://itmikro.com/Contents/view/21>
- [5] ABB Group, (2012, abril). Protección, control y telecomunicaciones subestaciones [online]. Disponible en: [http://www02.abb.com/global/clabb/clabb151.nsf/0/ddff6ae964f1b91bc12579f300694c59/\\$file/Control+&+Protection+Subestaciones+ABB.pdf](http://www02.abb.com/global/clabb/clabb151.nsf/0/ddff6ae964f1b91bc12579f300694c59/$file/Control+&+Protection+Subestaciones+ABB.pdf)
- [6] CNEL, Especificaciones técnicas par tableros de control, protección y medición, 2014.
- [7] Schneider-electric, (2013, abril). Descripción de los números ANSI/IEEE. Disponible en: http://www2.schneiderelectric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/222000/FA222080/es_ES/Tabla%20de%20Codigos%20ANSI.PDF

ANEXO

Anexo 1

Tablero de distribución

Repartidor 125 VDC

Diagrama Indicadores seccionador 69KV

Tablero del transformador

Diagrama del circuito de prueba de luces

Entradas digitales SEL-787 slot D

Entradas digitales SEL-787 slot E

Entradas digitales SEL-787 slot C

Anunciador de alarmas C1-C8

Anunciador de alarmas C9-C16

Anunciador de alarmas C17-C20

Relé lock out

Seccionador 69KV

Abertura, cierre y disparo disyuntores de 69V y 13.8KV

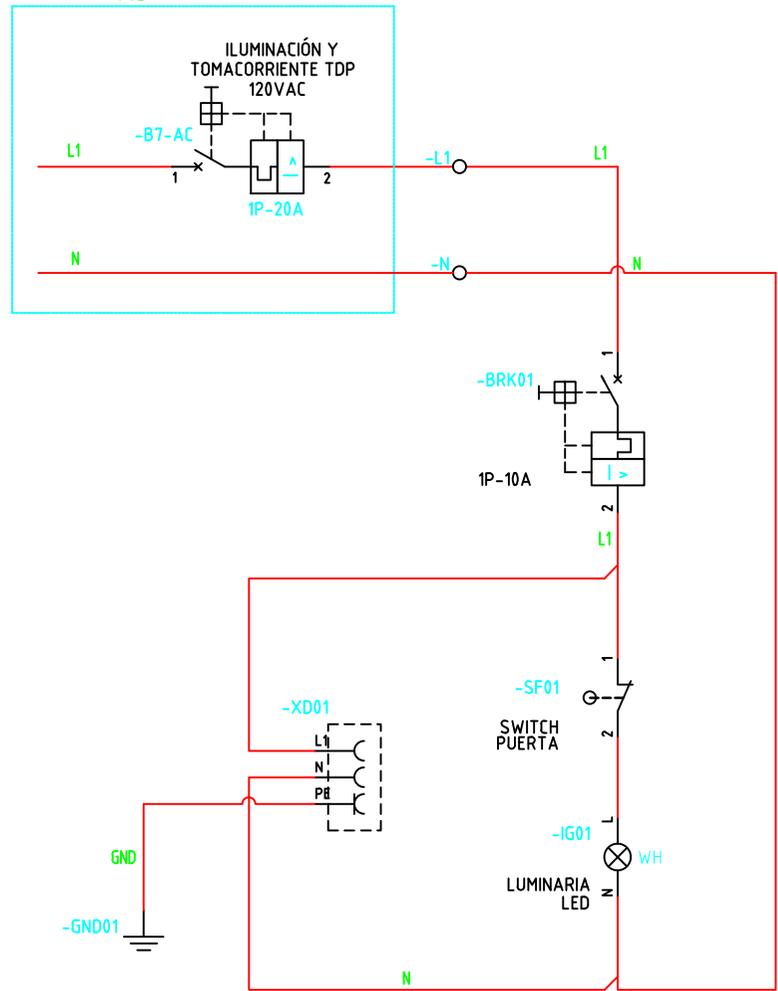
Contactos libres

Relés auxiliares 01

Relés auxiliares 02

Relés auxiliares 03

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN AC



Nota 1: No es posible modificaciones manuales en los planos.

LA REVELACIÓN DE ESTE DOCUMENTO Y SU CONTENIDO, ES PROPIEDAD, SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA, DE LOS INGENIEROS RESPONSABLES POR FORTALEZAS Y DIBUOS

Fecha: 20/06/2016
 Dibujo: A. Alarcón
 Revisó: J. Palomino
 Aprobó: RL

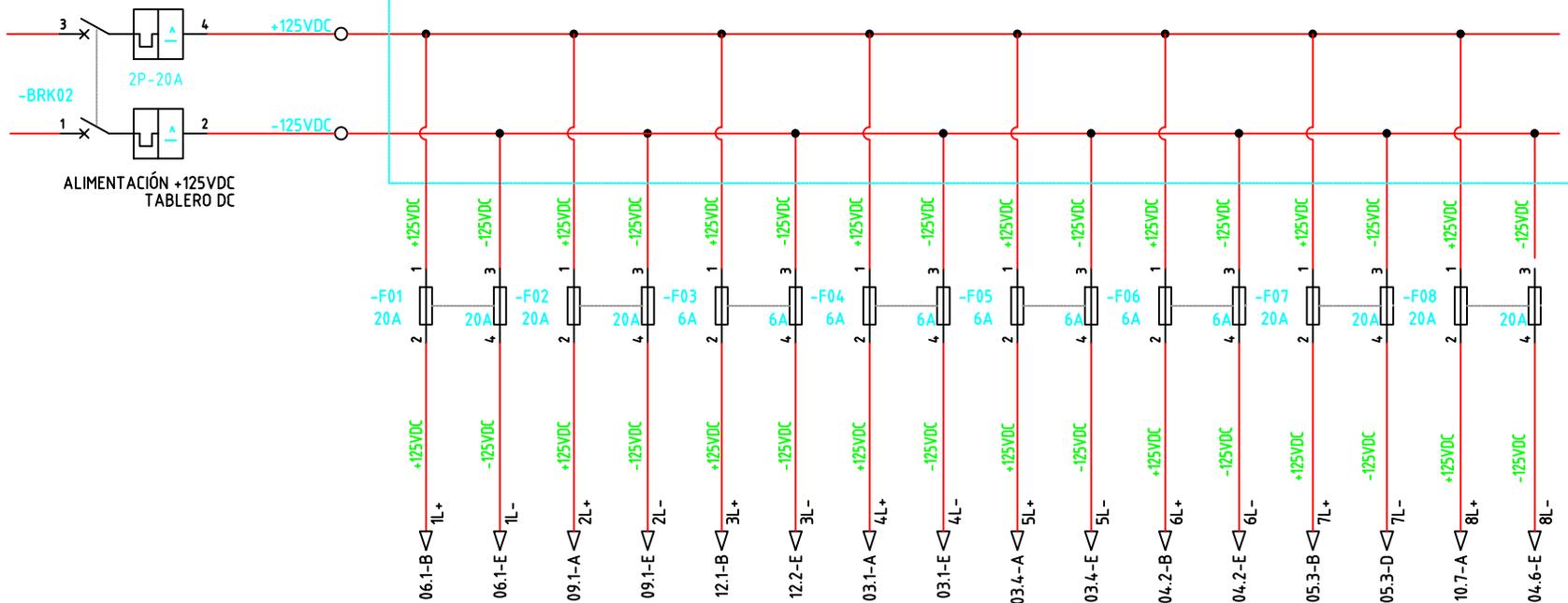
S.E. HOSPITAL

Denominación de circuito: Iluminación y Tomacorriente = N/A
 + CASA CONTROL
 Cod. dibujo: 01 Hoja 01
 Hojas 18

REV			

RELÉ DE PROTECCIÓN SEL-787 ANUNCIADOR DE ALARMAS RELÉ LOCK-OUT CIRCUITO SECCIONADOR 69KV CIRCUITO DISYUNTOR 69KV DISYUNTOR 13.8KV CONTROL RELÉS AUXILIARES CIRCUITO TRANSFORMADOR 6.25/7MVA

ALIMENTACIÓN 125VDC DESDE EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DC



REPARTIDOR 125VDC

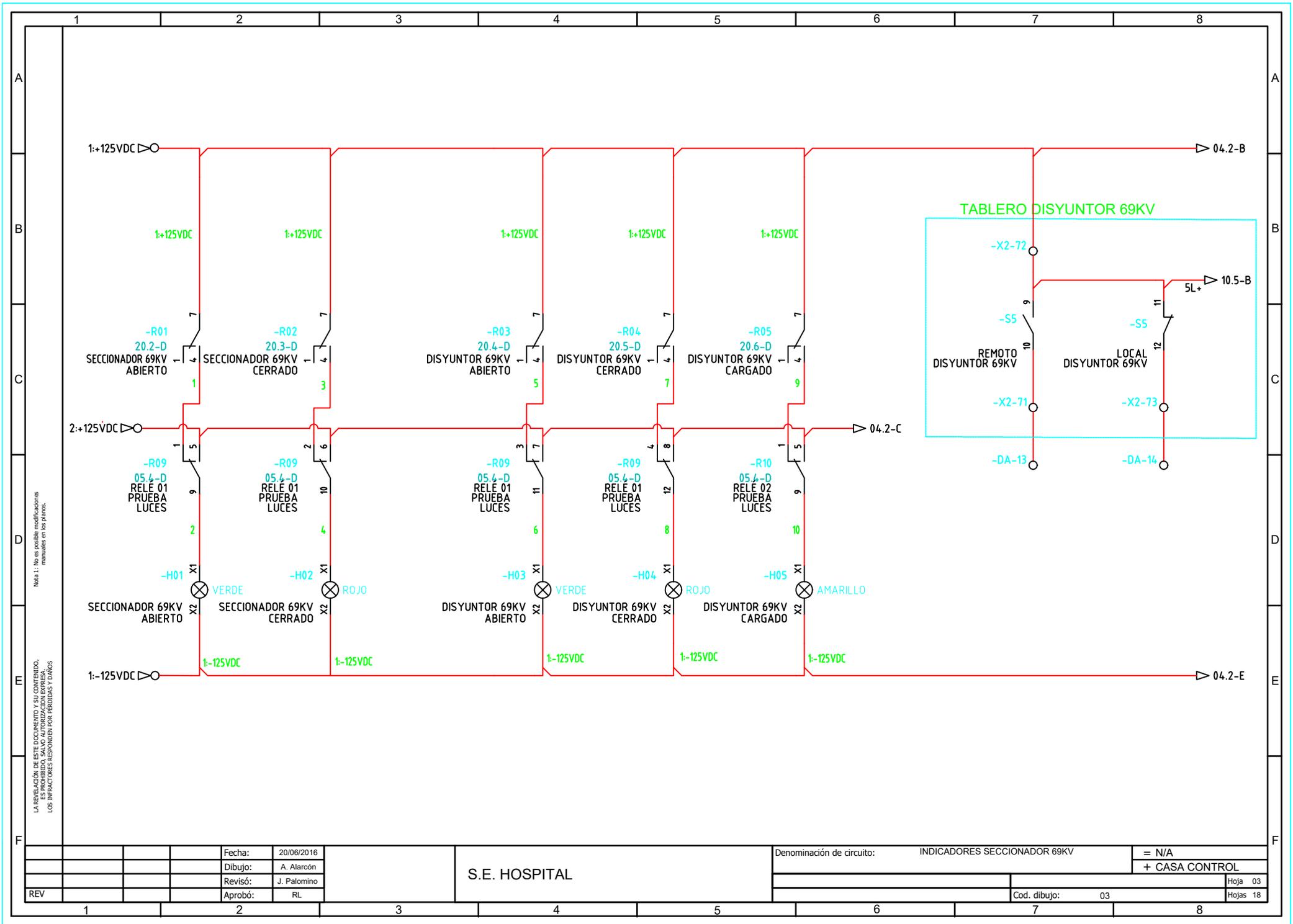
Nota 1: No es posible modificaciones manuales en los planos.

LA REVELACIÓN DE ESTE DOCUMENTO Y SU CONTENIDO, ES PROPIEDAD, SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA, DE LOS INGENIEROS RESPONSABLES POR DISEÑOS Y DIBUJOS.

S.E. HOSPITAL

Denominación de circuito:	DISTRIBUCIÓN 125VDC	= N/A
		+ CASA CONTROL
		Hoja 02
	Cod. dibujo: 00	Hojas 18

Fecha:	20/06/2016
Dibujo:	A. Alarcón
Revisó:	J. Palomino
Aprobó:	RL



Nota 1: No es posible modificaciones manuales en los planos.

LA REVELACION DE ESTE DOCUMENTO Y SU CONTENIDO, ES PROPIEDAD, SALVO AUTORIZACION EXPRESA, DE LOS SERVICIOS RESPONSABLES POR FORTALEZAS Y DIGNOS

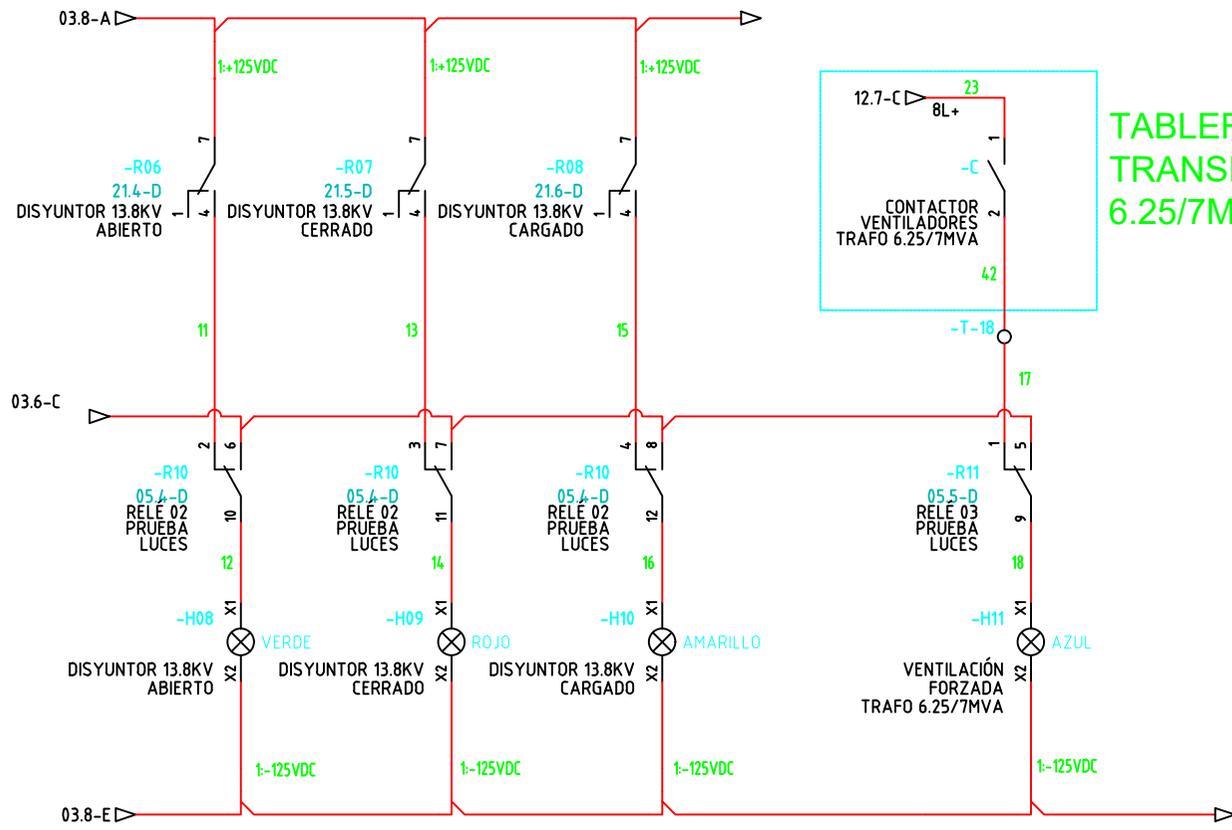
Fecha:	20/06/2016
Dibujo:	A. Alarcón
Revisó:	J. Palomino
Aprobó:	RL

S.E. HOSPITAL

Denominación de circuito:	INDICADORES SECCIONADOR 69KV	= N/A
		+ CASA CONTROL
		Hoja 03
	Cod. dibujo: 03	Hojas 18

Nota 1: No es posible modificaciones manuales en los planos.

LA REVELACIÓN DE ESTE DOCUMENTO Y SU CONTENIDO, ES PROPIEDAD, SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA, DE LOS INGENIEROS RESPONSABLES POR DISEÑOS Y DIBUJOS.



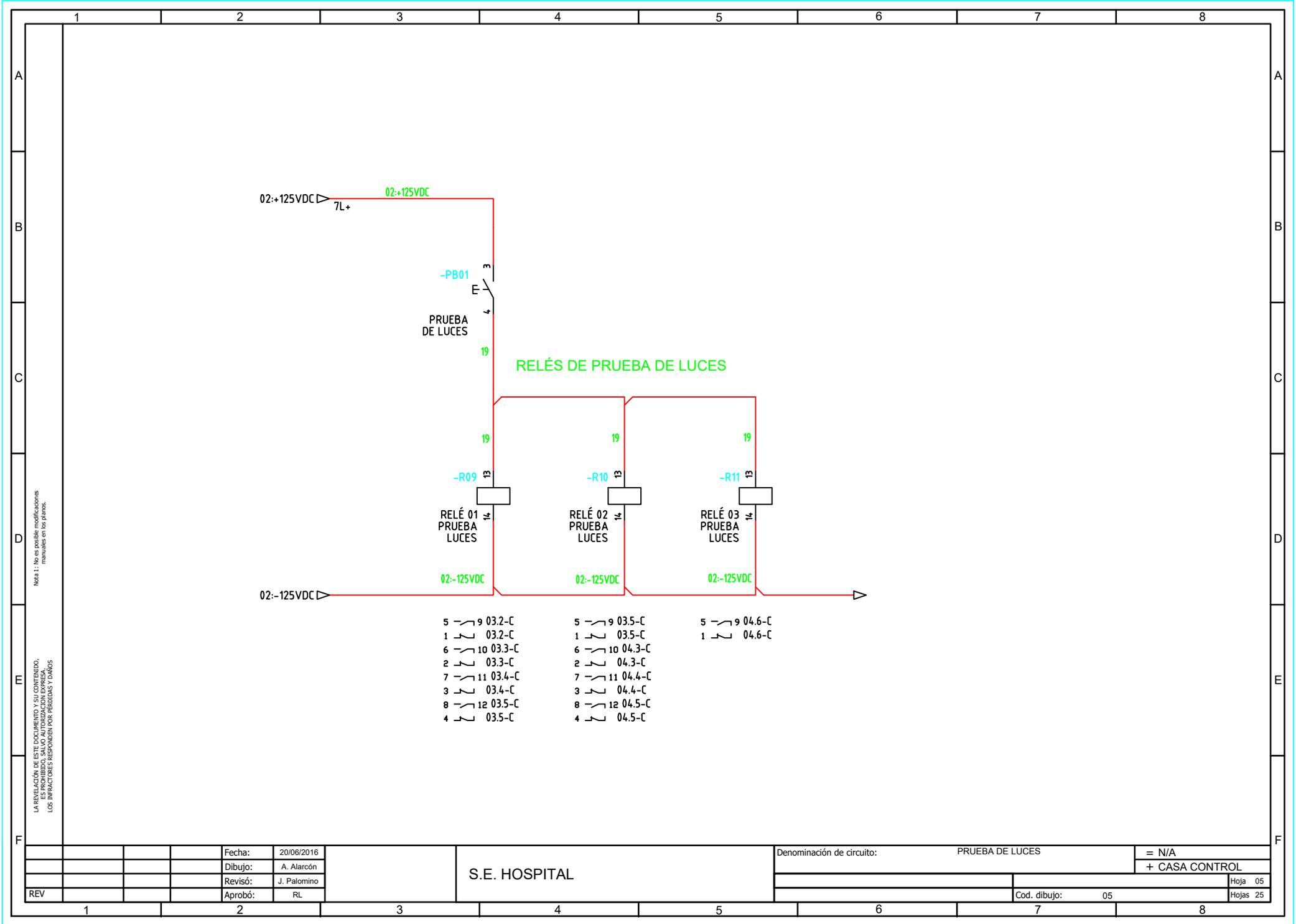
TABLERO DEL TRANSFORMADOR 6.25/7MVA

S.E. HOSPITAL

Denominación de circuito:	INDICADORES DISYUNTOR 13.8KV	= N/A
		+ CASA CONTROL
		Hoja 04
	Cod. dibujo: 04	Hojas 18

Fecha:	20/06/2016
Dibujo:	A. Alarcón
Revisó:	AAS
Aprobó:	RL

REV			
-----	--	--	--



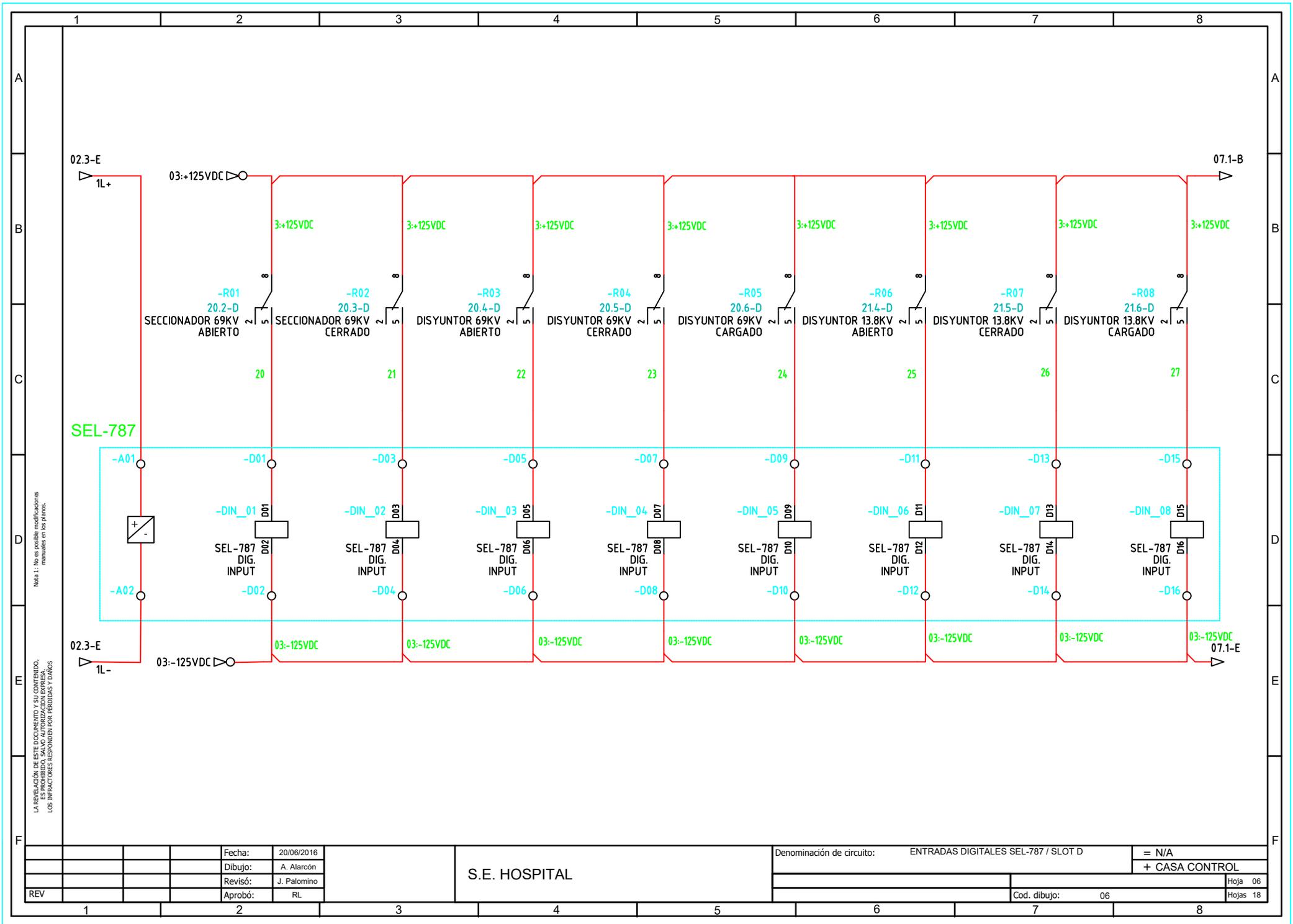
Nota 1: No es posible modificaciones manuales en los planos.

LA REVELACIÓN DE ESTE DOCUMENTO Y SU CONTENIDO, ES PROPIEDAD, SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA, DE LOS INGENIEROS RESPONSABLES POR FIRMADOS Y DIBUJOS.

Fecha:	20/06/2016
Dibujo:	A. Alarcón
Revisó:	J. Palomino
Aprobó:	RL

S.E. HOSPITAL

Denominación de circuito:	PRUEBA DE LUCES	= N/A
		+ CASA CONTROL
		Hoja 05
	Cod. dibujo: 05	Hojas 25

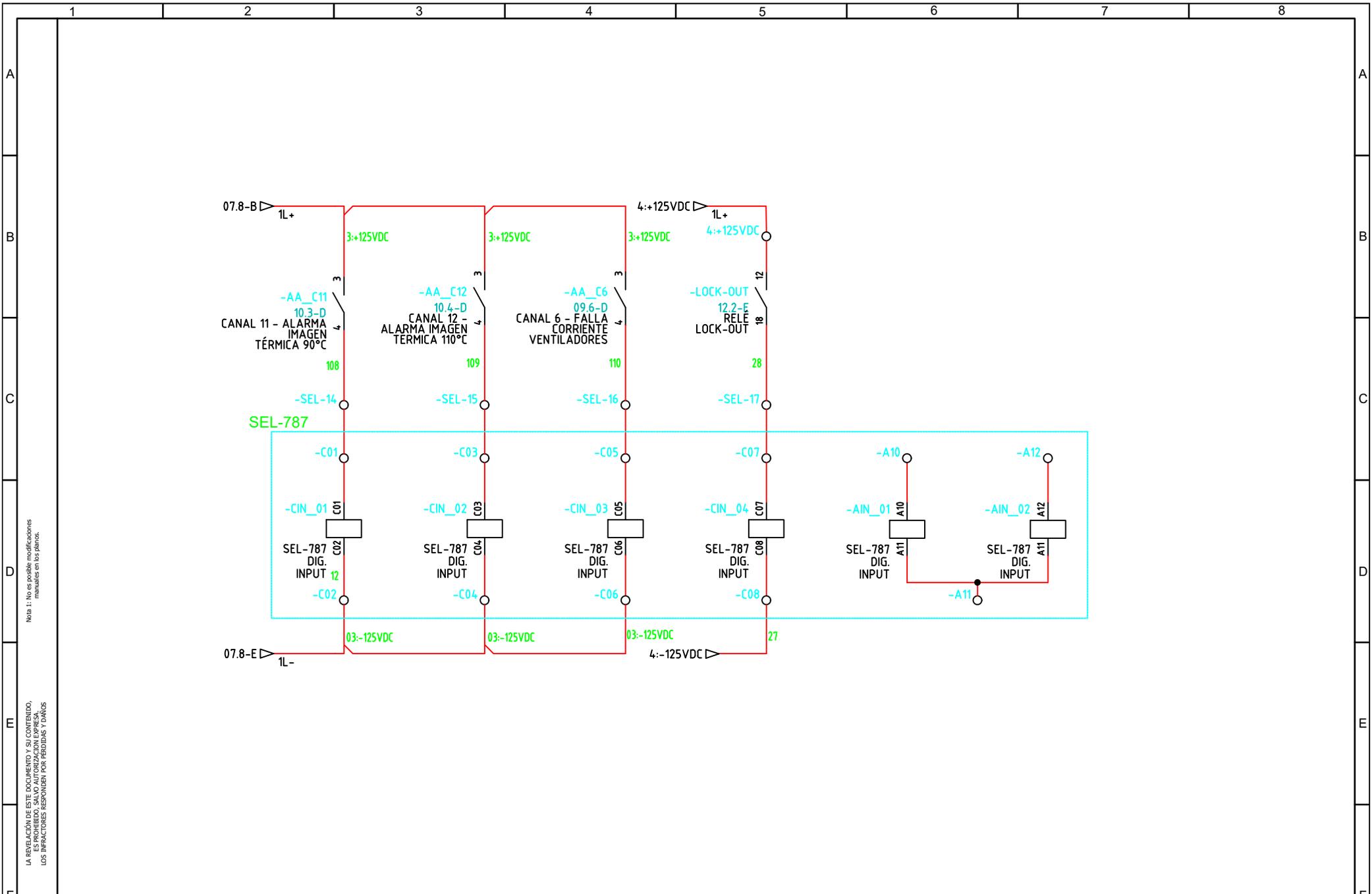


LA REVELACION DE ESTE DOCUMENTO Y SU CONTENIDO, ES PROPIEDAD, SALVO AUTORIZACION EXPRESA, DE LOS INGENIEROS RESPONSABLES POR DISEÑOS Y PLANOS.

Fecha:	20/06/2016
Dibujo:	A. Alarcón
Revisó:	J. Palomino
Aprobó:	RL

S.E. HOSPITAL

Denominación de circuito:	ENTRADAS DIGITALES SEL-787 / SLOT D	= N/A
		+ CASA CONTROL
		Hoja 06
	Cod. dibujo: 06	Hojas 18



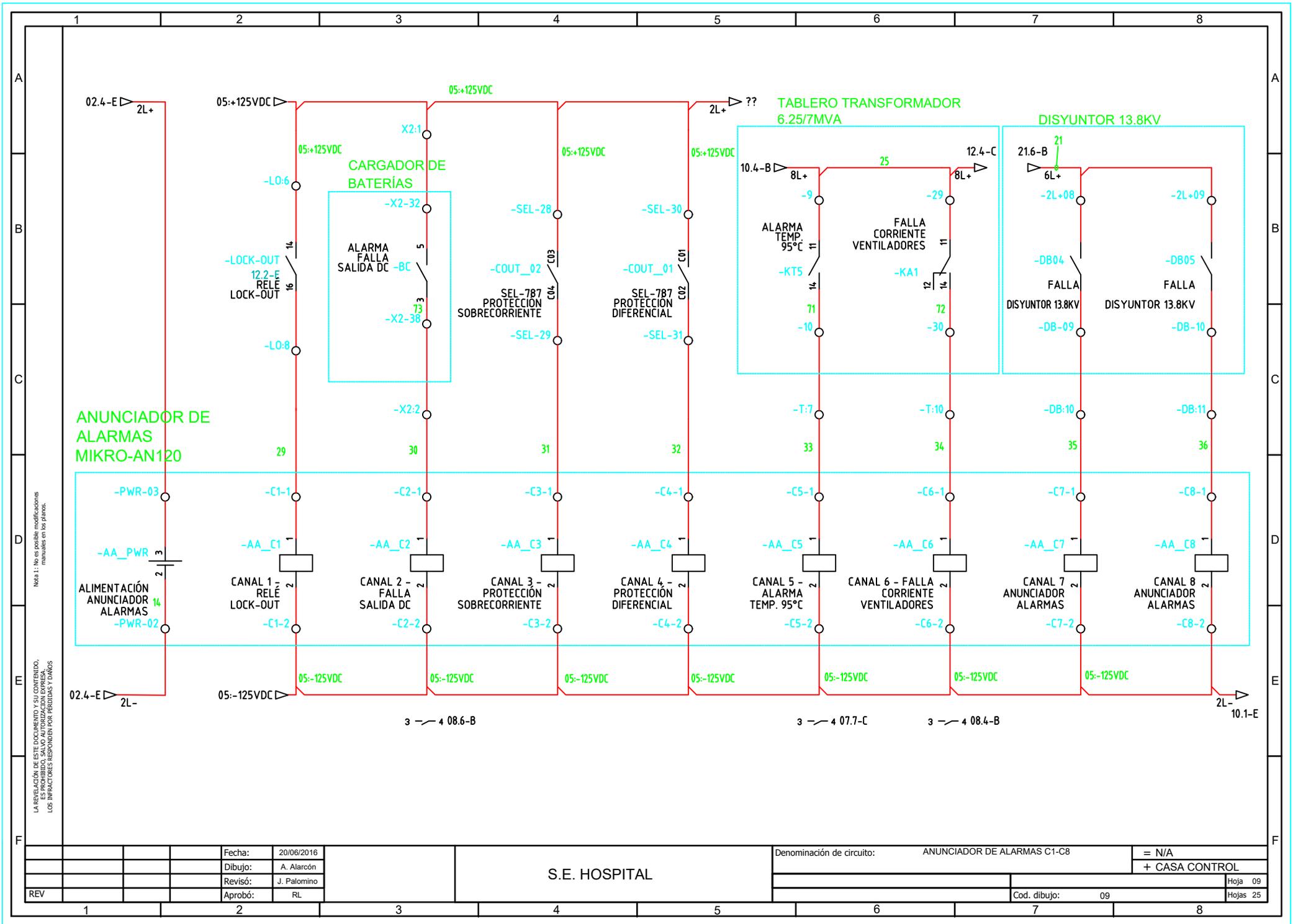
Nota 1: No es posible modificaciones manuales en los planos.

LA REVELACIÓN DE ESTE DOCUMENTO Y SU CONTENIDO, ES PROHIBIDO, SALVO AUTORIZACIÓN EMPRESA. LOS INFRACTORES RESPONDERÁN POR PERJUICIOS Y DAÑOS

Fecha:	20/06/2016
Dibujo:	A. Alarcón
Revisó:	J. Palomino
Aprobó:	RL

S.E. HOSPITAL

Denominación de circuito:	ENTRADAS DIGITALES SEL-787 / SLOT C&A	= N/A
		+ CASA CONTROL
	Cod. dibujo: 08	Hoja 08
		Hojas 18



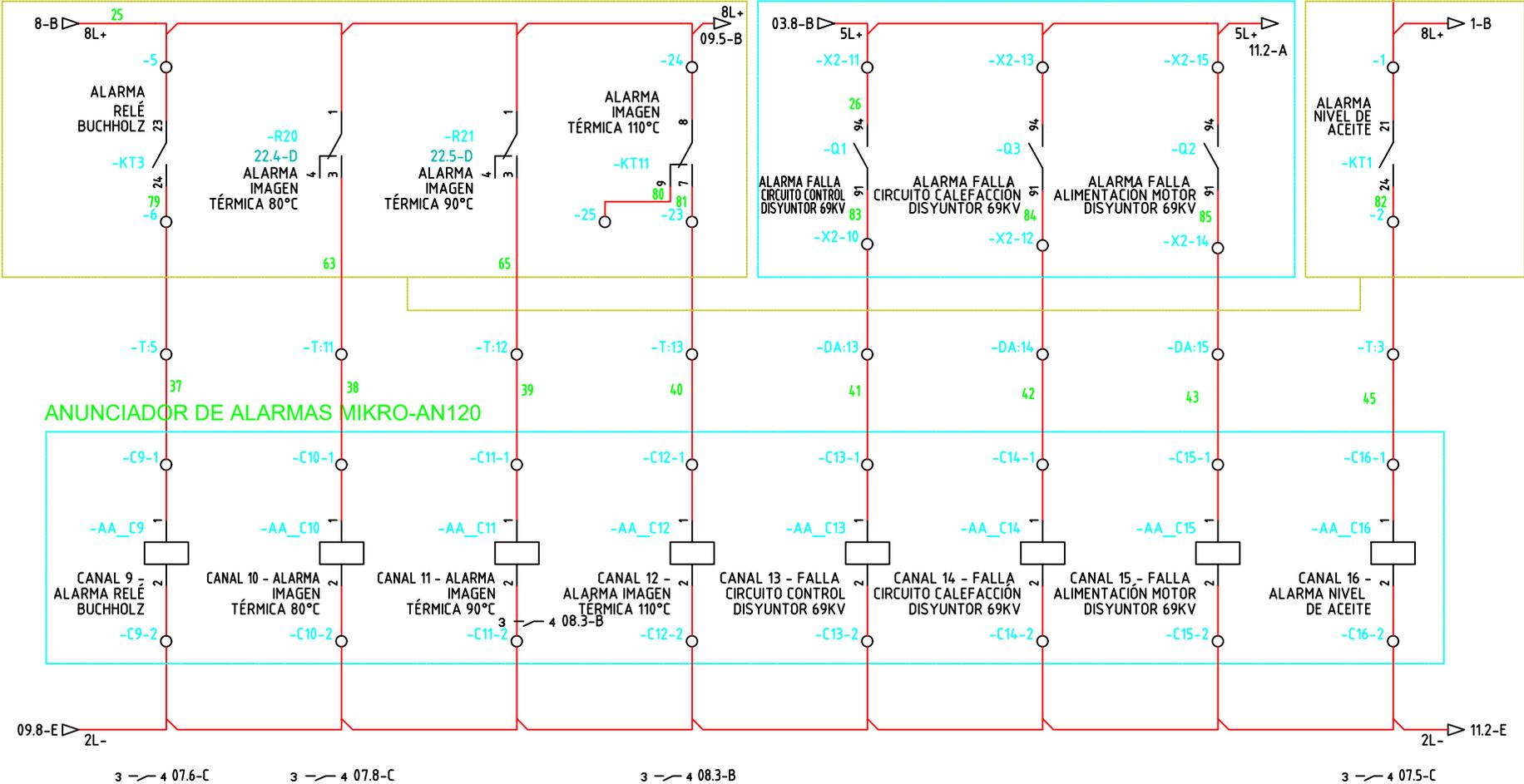
Nota 1: No es posible modificaciones manuales en los planos.

LA REVELACION DE ESTE DOCUMENTO Y SU CONTENIDO, ES PROPIEDAD, SALVO AUTORIZACION EXPRESA, DE LOS INGENIEROS RESPONSABLES POR DISEÑOS Y PLANOS.

	Fecha:	20/06/2016		Denominación de circuito:	ANUNCIADOR DE ALARMAS C1-C8	= N/A
	Dibujó:	A. Alarcón	S.E. HOSPITAL			+ CASA CONTROL
	Revisó:	J. Palomino				
REV	Aprobó:	RL			Cod. dibujo:	09
						Hojas 25

TABLERO TRANSFORMADOR 6.25/7MVA

TABLERO DISYUNTOR 69KV



Nota 1: No es posible modificaciones manuales en los planos.
 LA REVELACIÓN DE ESTE DOCUMENTO Y SU CONTENIDO, ES PROHIBIDO, SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE LOS INGENIEROS RESPONSABLES POR FIRMADOS Y DIBUJOS.

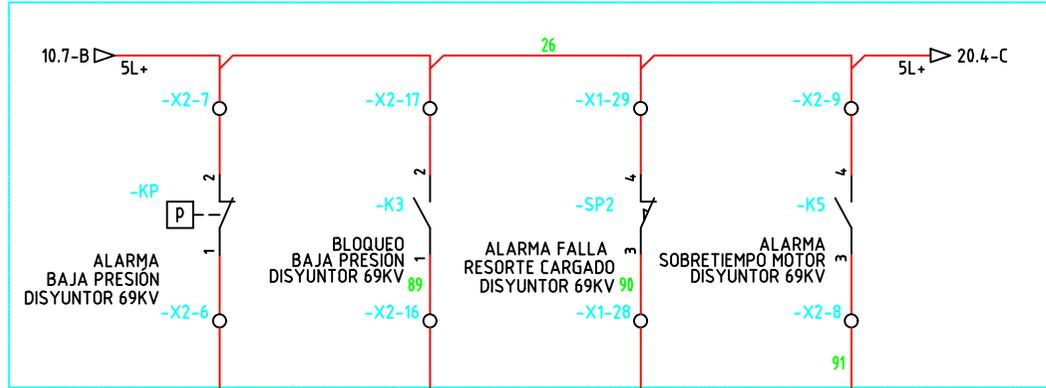
S.E. HOSPITAL

Denominación de circuito:	ANUNCIADOR DE ALARMAS C9-C16	= N/A
		+ CASA CONTROL
		Hoja 10
	Cod. dibujo: 10	Hojas 25

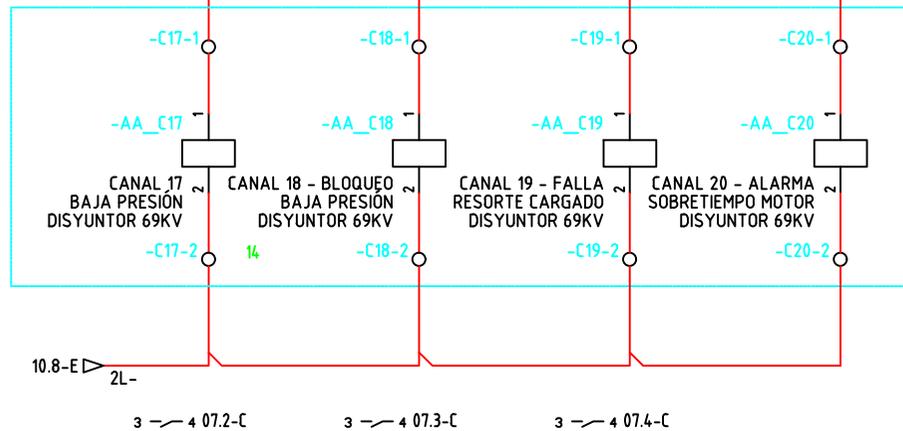
Fecha:	20/06/2016
Dibujó:	A. Alarcón
Revisó:	J. Palomino
Aprobó:	RL

REV	1	2	3	4	5	6	7	8
-----	---	---	---	---	---	---	---	---

TABLERO DISYUNTOR 69KV



ANUNCIADOR DE ALARMAS MIKRO-AN120



Nota 1: No es posible modificaciones manuales en los planos.

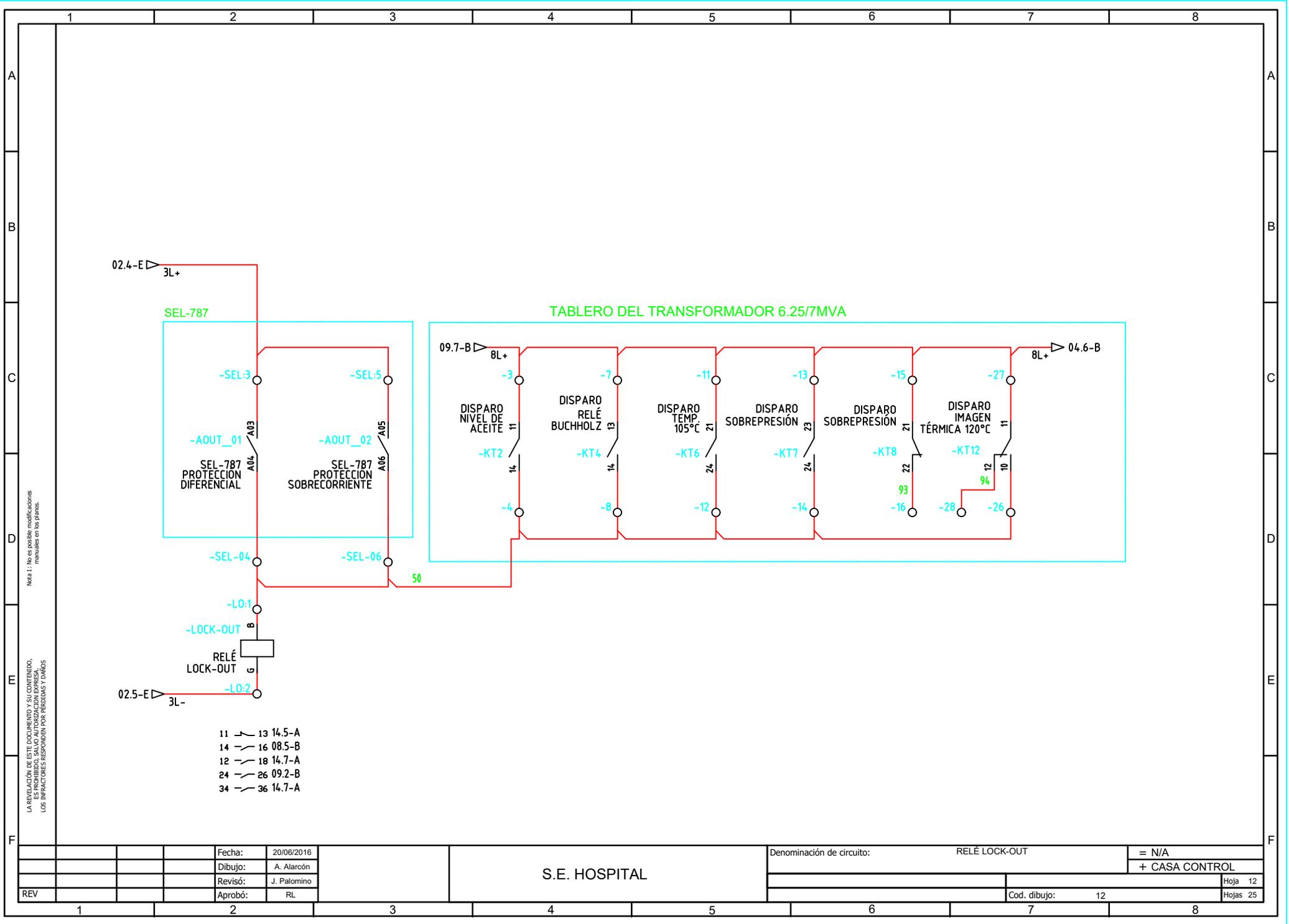
LA REVELACION DE ESTE DOCUMENTO Y SU CONTENIDO, ES PROPIEDAD, SALVO AUTORIZACION EXPRESA, DE LOS SERVICIOS RESPONSABLES POR FORTALEZAS Y DANGOS

S.E. HOSPITAL

Denominación de circuito:	ANUNCIADOR DE ALARMAS C17-C20	= N/A
		+ CASA CONTROL
		Hoja 11
	Cod. dibujo: 11	Hojas 25

Fecha:	20/06/2016
Dibujo:	A. Alarcón
Revisó:	J. Palomino
Aprobó:	RL

REV			
-----	--	--	--

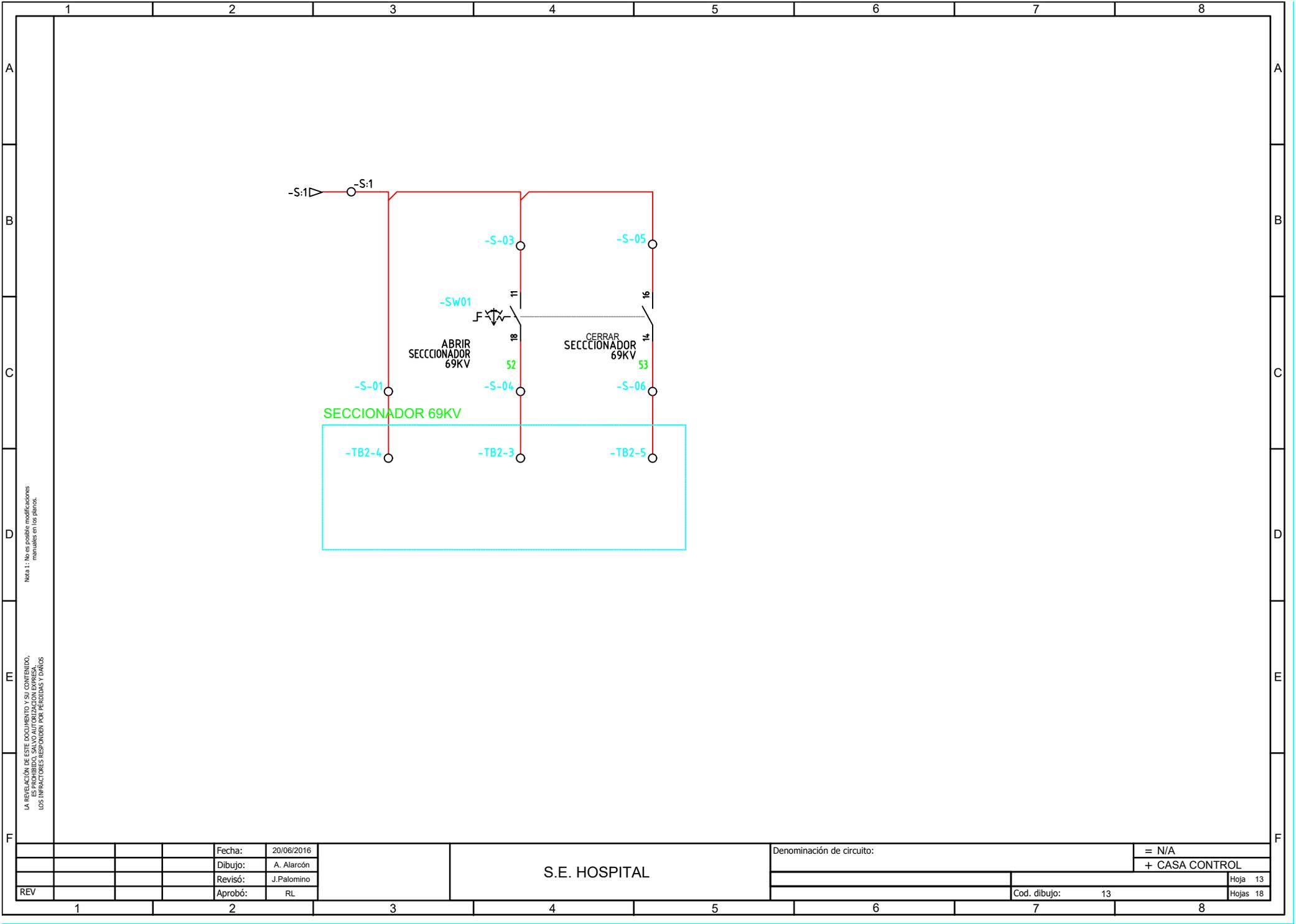


Nota 1: No es posible modificaciones manuales en los planos.

LA REVELACIÓN DE ESTE DOCUMENTO Y SU CONTENIDO, ES PROHIBIDO, SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE LOS INGENIEROS RESPONSABLES POR FIRMADOS Y DIBUJOS

- 11 → 13 14.5-A
- 14 → 16 08.5-B
- 12 → 18 14.7-A
- 24 → 26 09.2-B
- 34 → 36 14.7-A

	Fecha:	20/06/2016		Denominación de circuito:	RELÉ LOCK-OUT	= N/A
	Dibujó:	A. Alarcón	S.E. HOSPITAL	+ CASA CONTROL		
	Revisó:	J. Palomino				
REV	Aprobó:	RL		Cod. dibujo:	12	Hoja 12 Hojas 25



Nota 1: No es posible modificaciones manuales en los planos.

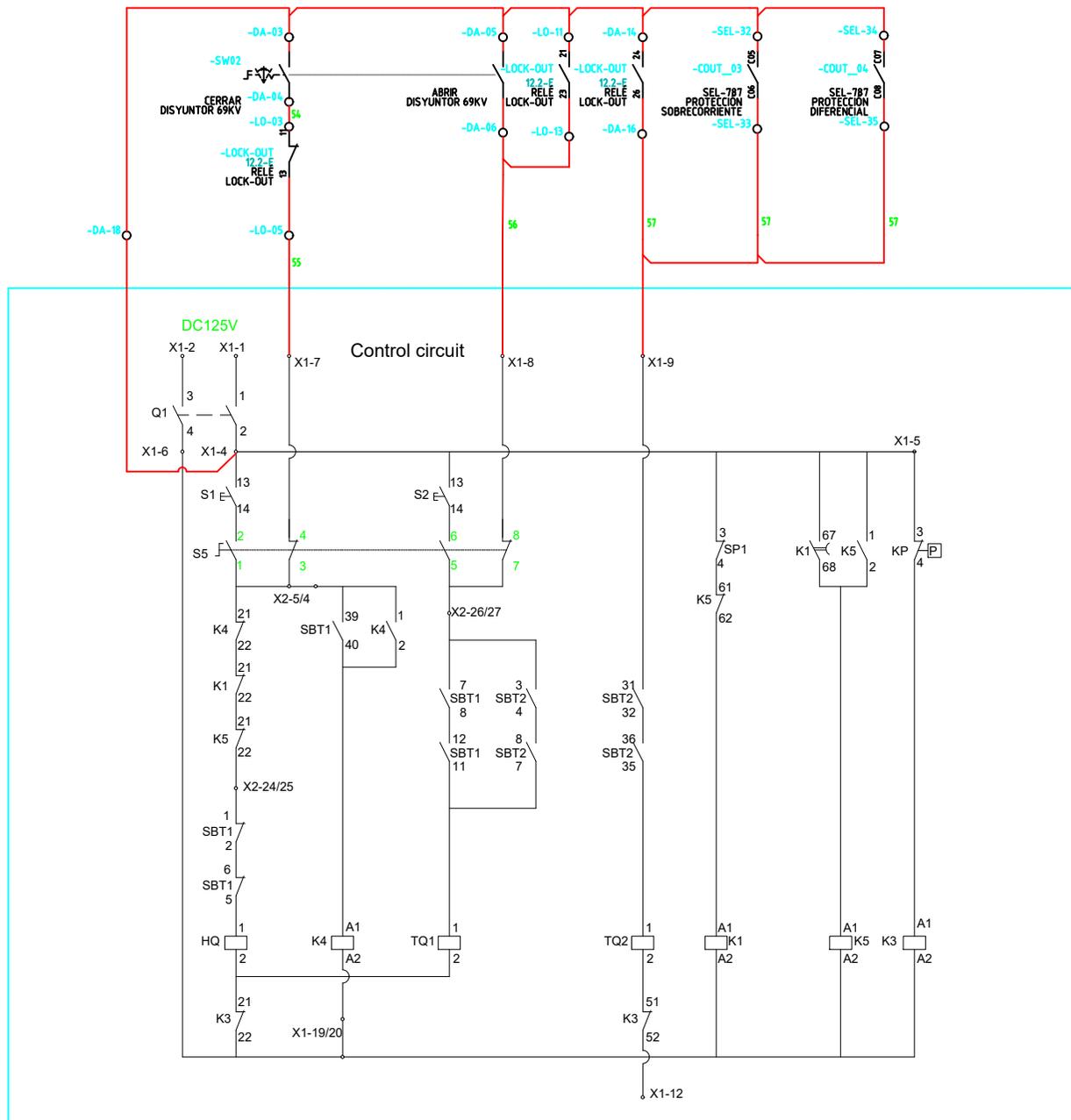
LA REVELACIÓN DE ESTE DOCUMENTO Y SU CONTENIDO, ES PROHIBIDO, SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA. LOS IMPACTORES RESPONDEN POR PERJUICIOS Y DAÑOS

S.E. HOSPITAL

Fecha:	20/06/2016	Denominación de circuito:	= N/A
Dibujo:	A. Alarcón		+ CASA CONTROL
Revisó:	J.Palomino		
Aprobó:	RL	Cod. dibujo:	13
REV			Hoja 13
			Hojas 18

Nota 1: No es posible modificaciones manuales en los planos.

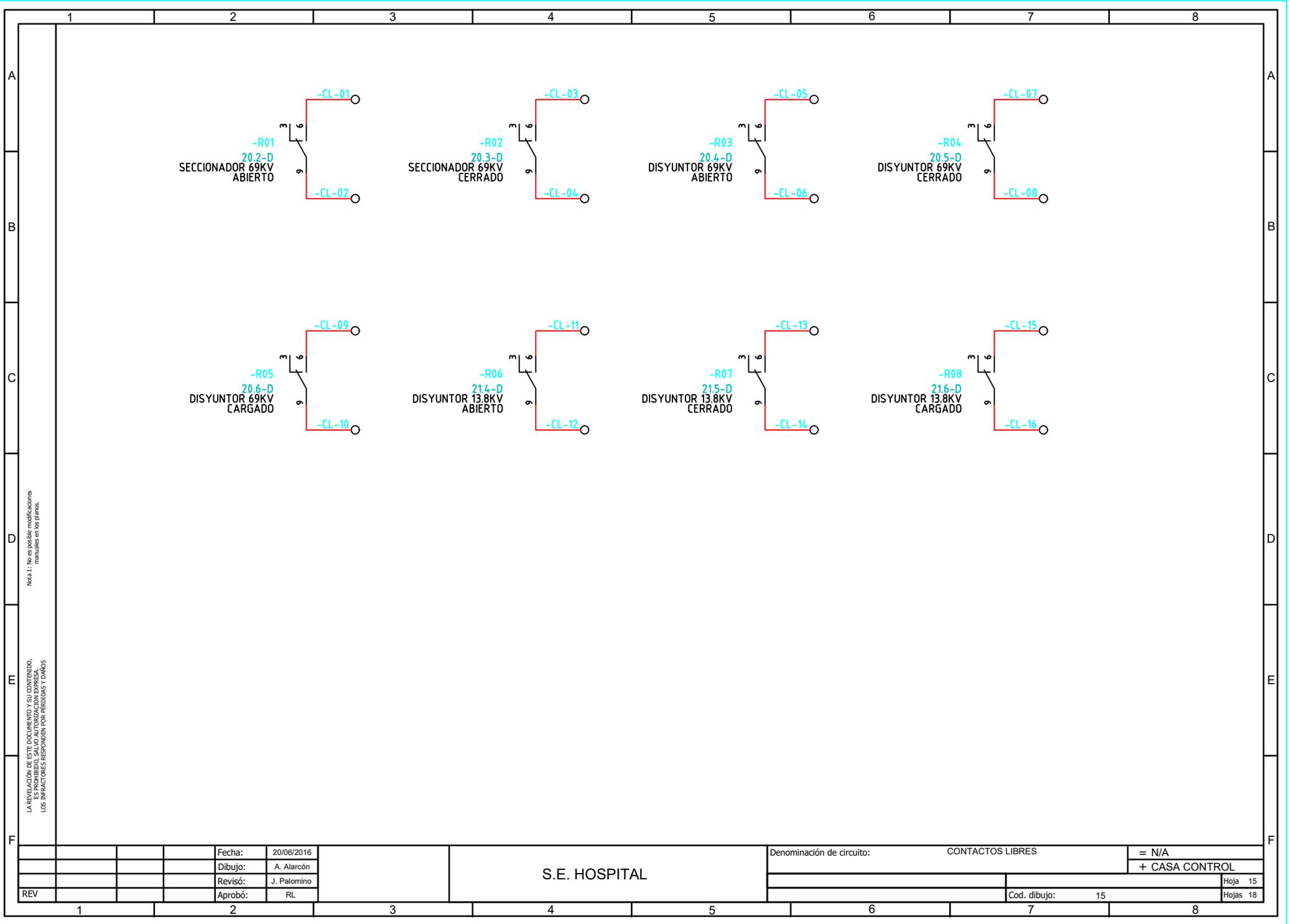
LA REVELACIÓN DE ESTE DOCUMENTO Y SU CONTENIDO, ES PROPIEDAD, SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA, DE LOS SERVICIOS RESPONSABLES POR FORTALEZAS Y DIGNOS



S.E. HOSPITAL

Denominación de circuito:	= N/A
APERTURA, CIERRE Y DISPARO DISYUNTORES 69 & 13.8KV	+ CASA CONTROL
Cod. dibujo:	14
	Hoja 14
	Hojas 18

Fecha:	20/06/2016
Dibujo:	A. Alarcón
Revisó:	J. Palomino
Aprobó:	RL



Nota 1: No es posible modificaciones manuales en los planos.

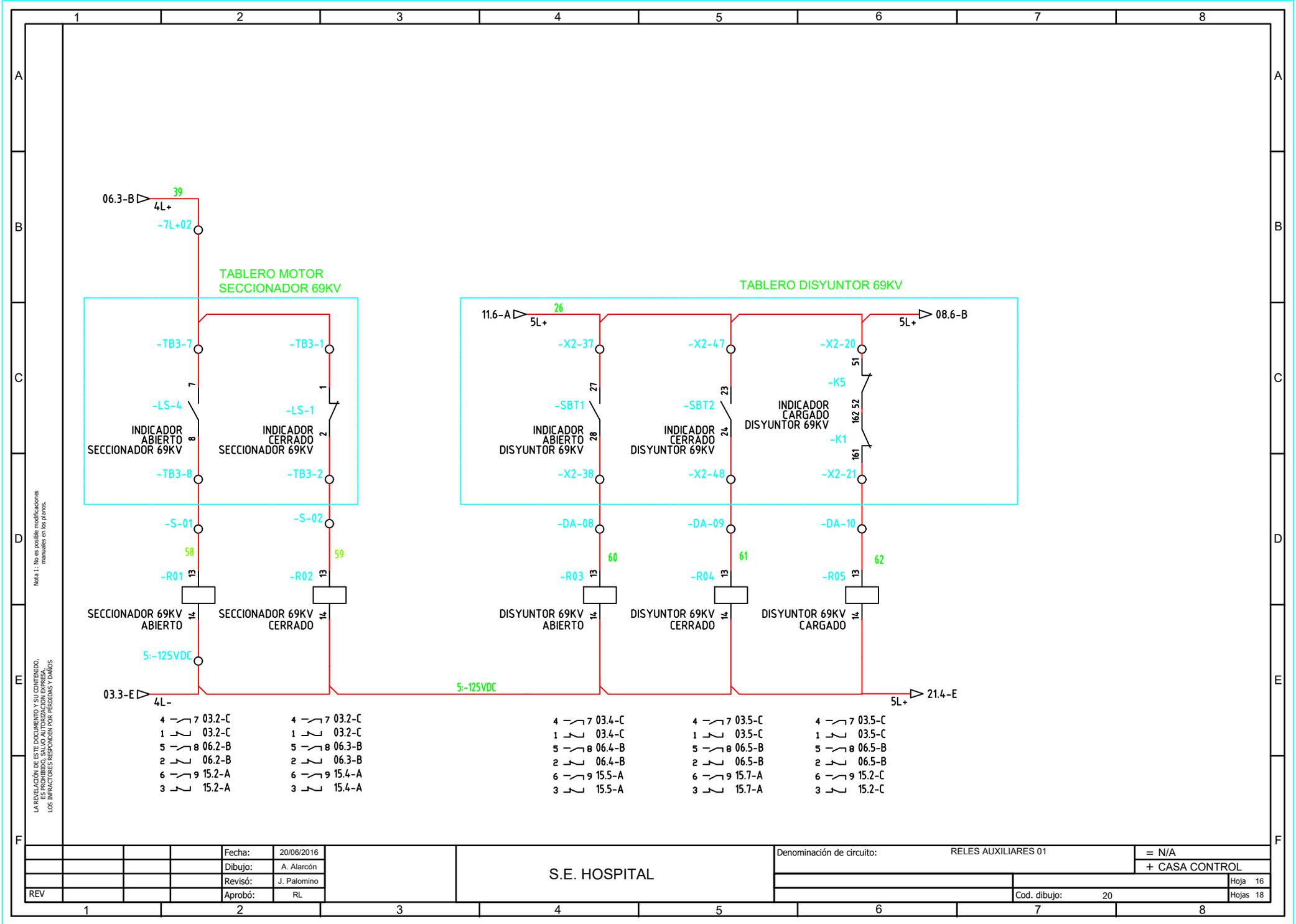
LA REVELACION DE ESTE DOCUMENTO Y SU CONTENIDO, ES PROPIEDAD, SALVO AUTORIZACION EXPRESA, DE LOS SERVICIOS RESPONSABLES POR FORTALEZAS Y DANOS

S.E. HOSPITAL

Denominación de circuito:	CONTACTOS LIBRES	= N/A
		+ CASA CONTROL
		Hoja 15
	Cod. dibujo: 15	Hojas 18

Fecha:	20/06/2016
Dibujo:	A. Alarcón
Revisó:	J. Palomino
Aprobó:	RL

REV	
-----	--



Nota 1: No es posible modificaciones manuales en los planos.

LA REVELACION DE ESTE DOCUMENTO Y SU CONTENIDO, ES PROPIEDAD, SALVO AUTORIZACION EXPRESA, DE LOS SERVICIOS RESPONSABLES POR FORTALEZAS Y DANEOS

- | | | | | | | | |
|---|---|---|--------|---|---|---|--------|
| 4 | ↗ | 7 | 03.2-C | 4 | ↗ | 7 | 03.2-C |
| 1 | ↗ | 8 | 03.2-C | 1 | ↗ | 8 | 03.2-C |
| 5 | ↗ | 8 | 06.2-B | 5 | ↗ | 8 | 06.3-B |
| 2 | ↗ | 8 | 06.2-B | 2 | ↗ | 8 | 06.3-B |
| 6 | ↗ | 9 | 15.2-A | 6 | ↗ | 9 | 15.4-A |
| 3 | ↗ | 9 | 15.2-A | 3 | ↗ | 9 | 15.4-A |

- | | | | | | | | |
|---|---|---|--------|---|---|---|--------|
| 4 | ↗ | 7 | 03.4-C | 4 | ↗ | 7 | 03.5-C |
| 1 | ↗ | 8 | 03.4-C | 1 | ↗ | 8 | 03.5-C |
| 5 | ↗ | 8 | 06.4-B | 5 | ↗ | 8 | 06.5-B |
| 2 | ↗ | 8 | 06.4-B | 2 | ↗ | 8 | 06.5-B |
| 6 | ↗ | 9 | 15.5-A | 6 | ↗ | 9 | 15.7-A |
| 3 | ↗ | 9 | 15.5-A | 3 | ↗ | 9 | 15.7-A |

- | | | | | | | | |
|---|---|---|--------|---|---|---|--------|
| 4 | ↗ | 7 | 03.5-C | 4 | ↗ | 7 | 03.5-C |
| 1 | ↗ | 8 | 03.5-C | 1 | ↗ | 8 | 03.5-C |
| 5 | ↗ | 8 | 06.5-B | 5 | ↗ | 8 | 06.5-B |
| 2 | ↗ | 8 | 06.5-B | 2 | ↗ | 8 | 06.5-B |
| 6 | ↗ | 9 | 15.2-C | 6 | ↗ | 9 | 15.2-C |
| 3 | ↗ | 9 | 15.2-C | 3 | ↗ | 9 | 15.2-C |

TABLERO MOTOR SECCIONADOR 69KV

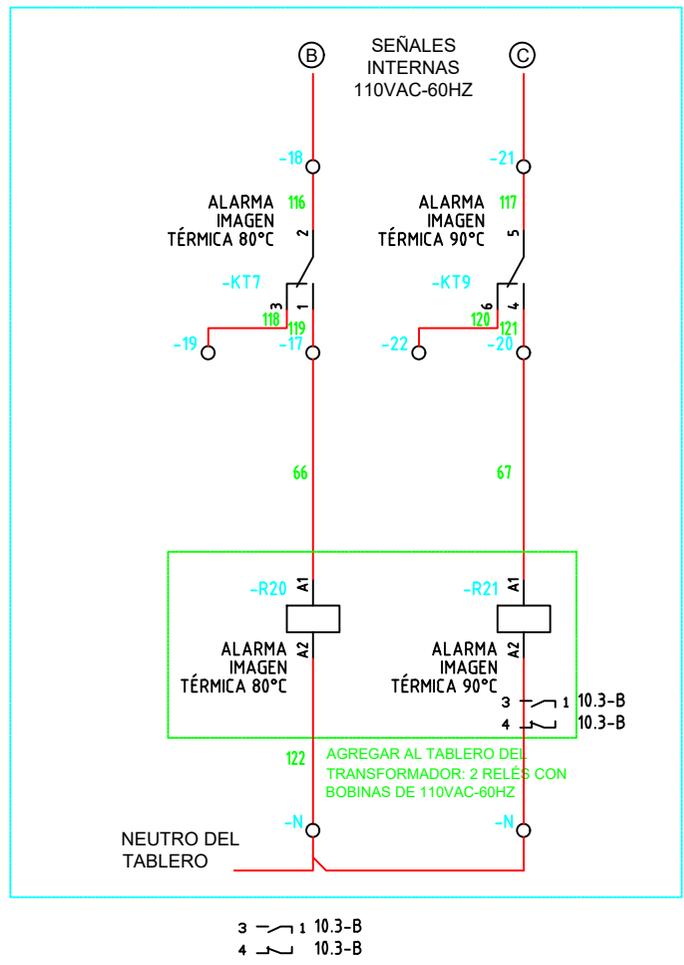
TABLERO DISYUNTOR 69KV

S.E. HOSPITAL

Denominación de circuito:	RELES AUXILIARES 01	= N/A
		+ CASA CONTROL
		Hoja 16
	Cod. dibujo: 20	Hojas 18

Fecha:	20/06/2016
Dibujo:	A. Alarcón
Revisó:	J. Palomino
Aprobó:	RL

TABLERO DEL TRANSFORMADOR 6.25/7MVA



Nota 1: No es posible modificaciones manuales en los planos.

LA REVELACIÓN DE ESTE DOCUMENTO Y SU CONTENIDO, ES PROHIBIDO, SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA. LOS INFRACTORES RESPONDERÁN POR FERTIDAS Y DANOS

S.E. HOSPITAL

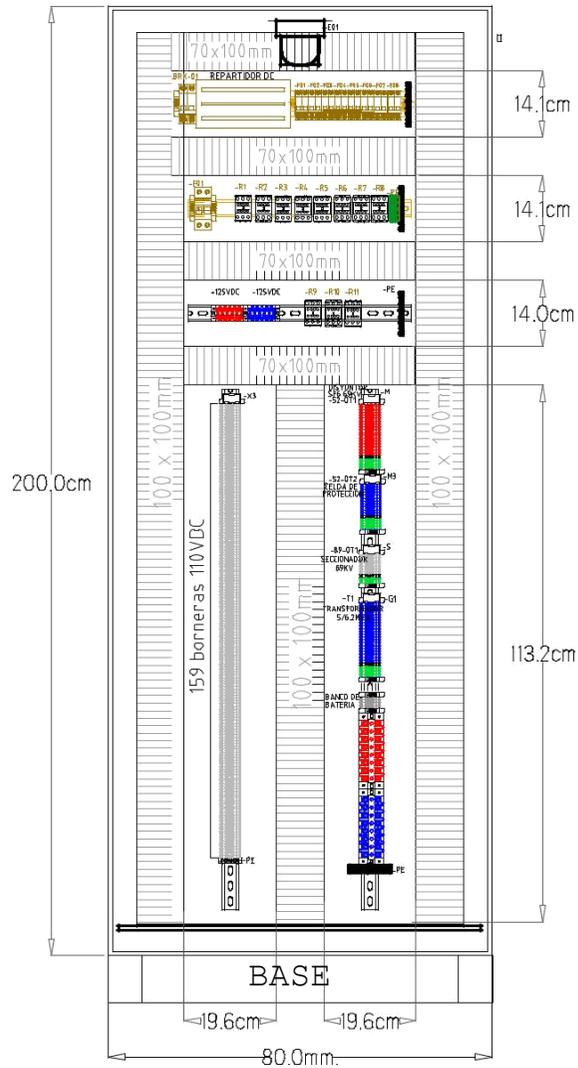
Denominación de circuito:	RELES AUXILIARES 03	= N/A
		+ CASA CONTROL
		Hoja 18
	Cod. dibujo: 22	Hojas 18

Fecha:	20/06/2016
Dibujó:	A. Alarcón
Revisó:	J. Palomino
Aprobó:	RL

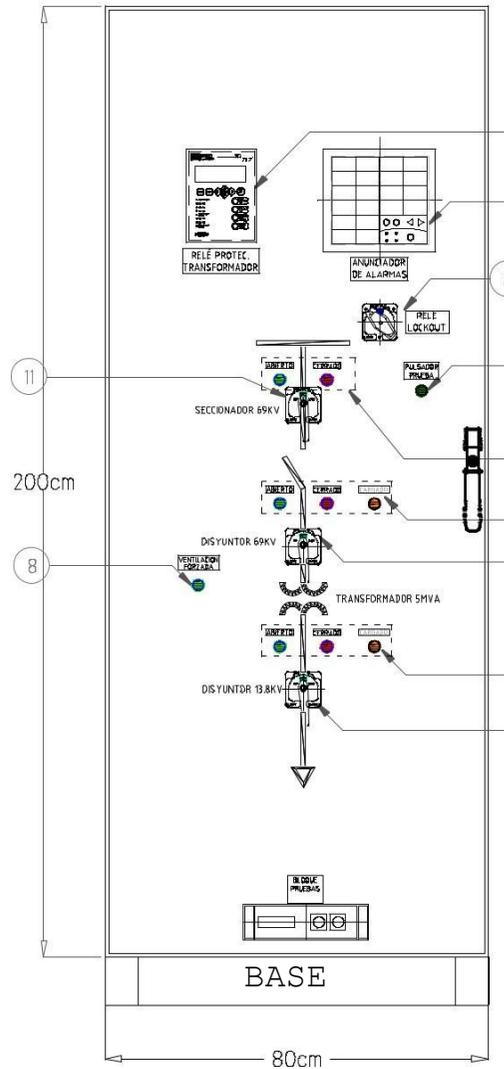
REV							

Anexo 2
Diseño físico del tablero

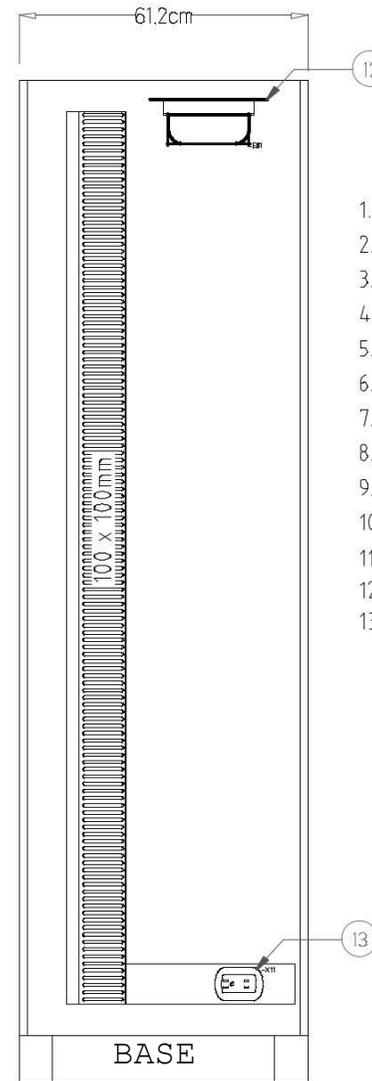
TABlero DE CONTROL Y PROTECCIONES
V. FRONTAL PUERTA ABIERTA



V. FRONTAL PUERTA CERRADA

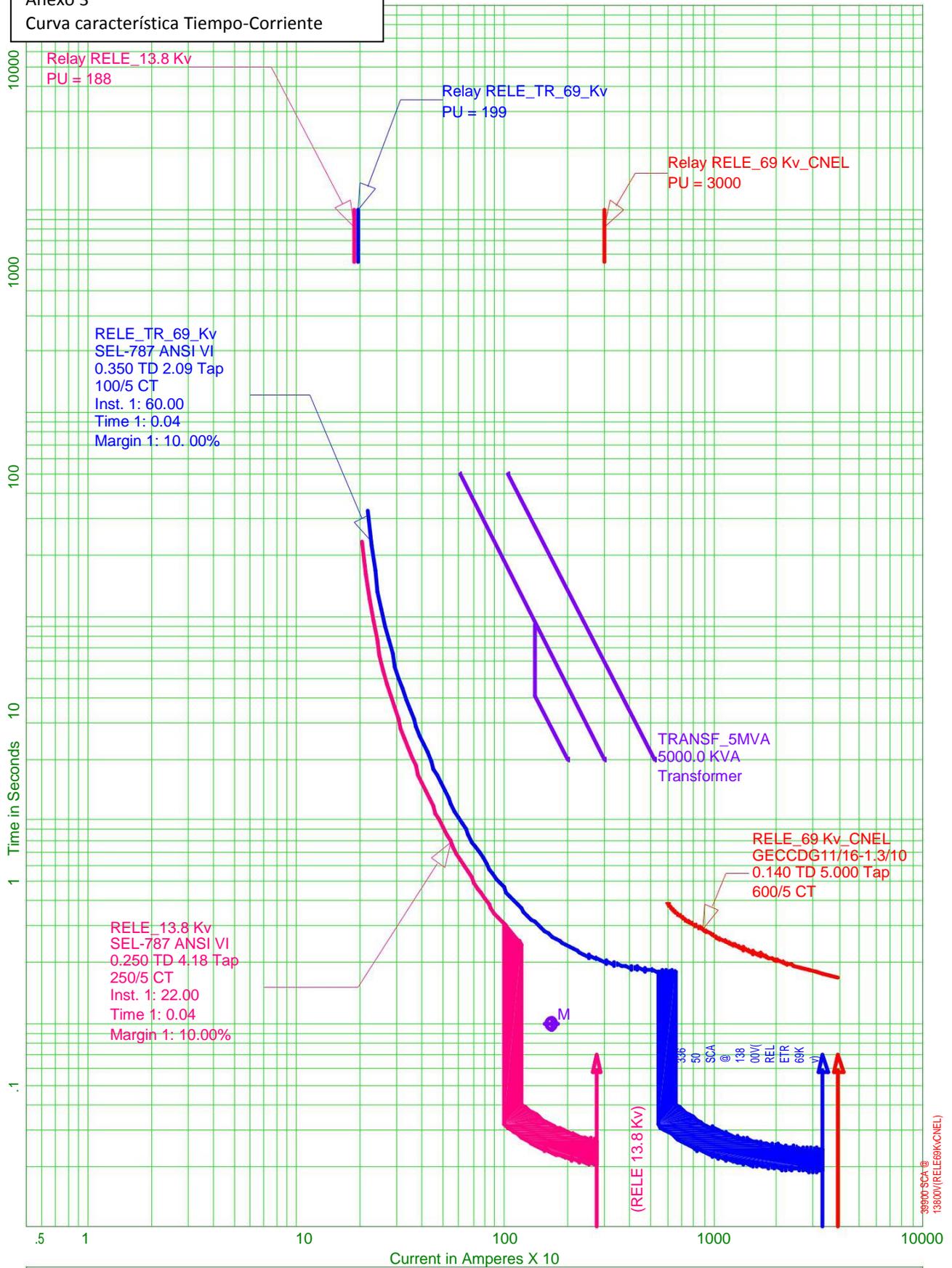


VISTA LATERAL



- 1.- RELÉ DE PROTECCIÓN SEL - 787
- 2.- ANUNCIADOR DE ALARMAS
- 3.- RELÉ LOCKOUT
- 4.- PULSADOR DE PRUEBA DE LUCES
- 5.- INDICADOR DE ESTADO DEL SECCIONADOR 69kV
- 6.- INDICADOR DE ESTADO DEL DISYUNTOR 69kV
- 7.- MANIJA DE MANIOBRA DEL DISYUNTOR 69kV
- 8.- INDICADOR DE VENTILACIÓN FORZADA
- 9.- INDICADOR DE ESTADO DEL DISYUNTOR 13.8kV
- 10.- MANIJA DE MANIOBRA DEL DISYUNTOR 13.8kV
- 11.- MANIJA DE MANIOBRA DEL SECCIONADOR 69kV
- 12.- LAMPARA 120VAC - TIPO TORTUGA
- 13.- TOMACORRIENTE 120VAC

Anexo 3
Curva característica Tiempo-Corriente



13800 Volt Phase
S/E HOSPITAL ESTANDAR - 0
ESMERALDAS
ECUADOR

Time-Current Characteristic Curves

08-03-2015
14:28:41

SE HOSPITAL ESTANDAR 200 CAMAS ESMERALDAS

GRID
CNEL 69 Kv



RELE_69_Kv_CNEL
DLA : 1200
Man.: GEC
Type: CDG11/16-1.3/10
CTR: 600/5
TD/Tap: 0.14 / 5



RELE_TR_69_Kv
DLA: 1200
Man.: SEL
Type: RET615 ANSI VI
CTR: 100/5
TD/Tap: 0.35 / 2.09

TRANSF_5MVA
DLA: 41.84
5000 KVA
Z%: 6



RELE_13.8 Kv
DLA : 630
Man.: SEL
Type: RET615 ANSI VI
CTR: 250/5
TD/Tap: 0.25 / 4.18



BUS_13.8 K v