

Trabajo Fin de Grado

DISEÑO SUBESTACIÓN ELECTRICA MOVIL
66/12kV, 10MVA

Mobile Substation Design 66/12kV, 10MVA

Autor

Rony Moises Pinedo Cordova

Director

Carmelo Jose Borque Horna

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia
2016



Universidad
Zaragoza

**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

MEMORIA

**DISEÑO SUBESTACIÓN ELECTRICA
MOVIL 66/12kV, 10MVA**

Mobile Substation Design 66/12kV, 10MVA

424.13.131

Autor: Rony Moises Pinedo Cordova

Director: Carmelo Jose Borque Horna

Fecha: 30-11-2016

INDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUCCIÓN	3
3.1. ENUNCIADO	3
3.2. MOTIVACIÓN	4
3.3. OBJETIVO	4
3.4. ANTECEDENTES	5
3.4.1. S.E. Movil 110/13,8 kV, 15 MVA (TFG - Universidad Carlos III de Madrid)	5
3.4.2. Subestación Eléctrica Transportable ABB	6
3.5. SOLUCIONES POSIBLES	7
3.5.1. Según la Modalidad de Transporte	7
3.5.2. Según el tipo de Encerramiento	7
3.5.3. Según el Tipo de Transformador de Potencia	9
3.5.4. Según la Aparamenta Eléctrica	11
3.5.5. Sistemas de Protección y Medición	12
3.5.5.1. Aparamenta de protección	12
3.5.5.2. Sistema de protección con relés	13
3.5.5.3. Protección ante arco eléctrico (Arc flash)	14
3.5.5.4. Sistema de medición	15
3.5.5.5. Sistema de alarmas	15
3.5.5.6. Sistema de comunicaciones	16
3.5.5.7. Servicios auxiliares	18
3.5.5.7.1. Sistema de presurización	18
3.5.5.7.2. Sistema de refrigeración	19
3.5.5.7.3. Sistema contraincendios	19
3.5.5.7.4. Sistema de respaldo de energía	20
3.6. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	21
3.6.1. SEGÚN LA MODALIDAD DE TRANSPORTE	21
3.6.2. SEGÚN EL TIPO DE ENCERRAMIENTO	21
3.6.3. SEGÚN EL TIPO DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA	22
3.6.4. SEGÚN LA APARAMENTA ELÉCTRICA	22
3.6.5. SISTEMA DE PROTECCION Y MEDICION.	23

INDICES

3.6.5.1.	Aparamenta de protección	23
3.6.5.2.	Sistema de protección con relés	23
3.6.5.3.	Protección ante arco eléctrico (Arc flash)	24
3.6.5.4.	Sistema de medición	24
3.6.5.5.	Sistema de alarmas	25
3.6.5.6.	Sistema de comunicaciones	26
3.6.5.7.	Servicios auxiliares	26
3.6.5.7.1.	Sistema de presurización	26
3.6.5.7.2.	Sistema de refrigeración	26
3.6.5.7.3.	Sistema contraincendios	26
3.6.5.7.4.	Sistema de respaldo de energía	27
3.7.	NORMATIVA	28
3.7.1.	NORMAS PARA EL DISEÑO ELECTRICO	28
3.7.2.	NORMAS PARA EL DISEÑO MECANICO	29
4.	DESARROLLO	30
4.1.	EQUIPAMIENTO ELECTRICO Y ELECTRONICO	30
4.1.1.	Transformador de potencia 66/12kV, 10MVA	30
4.1.2.	Seccionador de potencia	34
4.1.3.	Fusibles de potencia	36
4.1.4.	Pararrayos	39
4.1.5.	Resistencia de puesta a Tierra	42
4.1.6.	Interruptor de potencia	43
4.1.7.	Conectores de salida	45
4.1.8.	Relé de protección de transformador	47
4.1.9.	Relé de medición	49
4.1.10.	Relé de protección de alimentador	51
4.1.11.	Transformadores de instrumentación	54
4.1.11.1.	Transformador de potencial para instrumentación	54
4.1.11.1.	Trasformador de corriente de neutro para relé MIG II	56
4.1.11.2.	Transformadores corriente de instrumentación para relé MIG II y medidor ION 8650	57
4.1.11.3.	Transformadores de corriente de instrumentación para relé 760	58
4.1.11.4.	Transformadores de corriente de tierra para relé 760	60
4.1.12.	Transformador de control	61
4.1.13.	Transformador de aislamiento	63
4.1.14.	Baterías	65
4.1.15.	Cargador de baterías	67
4.1.16.	Control eléctrico de los interruptores de potencia.	69

4.2.	DISEÑO MECÁNICO	74
4.2.1.	<i>Pórtico, análisis de esfuerzos.</i>	74
4.2.2.	<i>Caseta, análisis de esfuerzos.</i>	78
4.2.3.	<i>Plataforma, análisis de esfuerzos</i>	81
4.3.	EQUIPAMIENTO MECÁNICO	88
4.3.1.	<i>Gatos mecánicos</i>	89
4.3.2.	<i>Ejes</i>	89
4.3.3.	<i>Aros</i>	89
4.3.4.	<i>King Pin</i>	89
4.4.	ENSAMBLAJE FINAL	90
5.	CONCLUSIONES	93
6.	BIBLIOGRAFÍA	94

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1 - S.E. 110/13,8 kV, 15 MVA, Alstom.	5
Figura 2 - S.E. 33/13,8 kV, 20 MVA, ABB.....	6
Figura 3 - S.E tipo camion y plataforma.....	7
Figura 4 - Encerramiento walk-in y NON walk-in.....	8
Figura 5 - Transf. Seco, transsf. sumergido en aceite.	10
Figura 6 - Aparamenta eléctrica exterior e interior.	11
Figura 7 - Rele termico y Rele digital.....	13
Figura 8 - Sistema REA.	14
Figura 9 - Instrum. de medicion analogicos y digitales.	15
Figura 10 - Sistema de señalizcion y panel de alarmas.	16
Figura 11 - Diag. basico de tablero de comunicaciones.....	17
Figura 12 - Sist. de presurizacion y refrigeracion.....	19
Figura 13 - Sistema contra incendios.	20
Figura 14 - Diag. UPS, Cargador y banco de baterias.	21
Figura 15 - UPS, Cargador y banco de baterias.	21
Figura 16 - Pararrayos en el transformador de potencia.....	23
Figura 17 - Sistema de medicion de alimentadores.	25
Figura 18 - Señalización.....	25
Figura 19 - Seccionador de potencia.	35
Figura 20 - Codigo de seccionador de potencia.....	35
Figura 21 - Mando motorizado.....	36
Figura 22 - Codigo fusibles de potencia.	38
Figura 23 - Codigo Portafusibles de potencia	39
Figura 24 - Pararrayos.	40
Figura 25 - Codigo pararraos lado primario.....	40

Figura 26 - Codigo pararrayos lado secundario.	41
Figura 27 - Resitencia neutro.	43
Figura 28 - Interruptor 27kV, 1200A	44
Figura 29 - Codigo interruptor 27kv, 1200A.	44
Figura 30 - Uso y accesorios de conectores en la mineria.....	45
Figura 31 - Conectores de salida.....	46
Figura 32 - Protecciones del transformador.	48
Figura 33 - Codigo de rele de proteccion de transformador.	48
Figura 34 - Código de relé de medición.....	50
Figura 35 - Codigo de rele de proteccion de alimentador.....	53
Figura 36 - Diagrama de funciones de rele 750.	53
Figura 37 - Código transf. de potencial para instrumentación.	55
Figura 38 - Codigo de tranformador de corriente de neutro.	57
Figura 39 - Codigo Transformador de corriente.....	58
Figura 40 - Codigo Transformador de corriente.....	59
Figura 41 - Codigo de transformador de corriente de neutro.....	60
Figura 42 - Código transformador de control	62
Figura 43 - Codigo de fusibles de MT.	63
Figura 44 - Codigo de transformador de aislamiento.	64
Figura 45 - Código de baterías.....	66
Figura 46 - Codigo cargador de baterias.	68
Figura 47 - Panel de control de interruptor de potencia.....	73
Figura 48 - Esfuerzos en analisis del portico	76
Figura 49 - Desplazamientos en analisis del portico.....	76
Figura 50 - Factor de seguridad en analisis del portico.....	77
Figura 51 - Esfuerzos en analisis de la caseta	79
Figura 52 - Desplazamientos en analisis de la caseta.....	79
Figura 53 - Factor de seguridad en análisis de la caseta.....	80

INDICES

Figura 54 - Perfiles de reticulado y sus respectivas cargas	83
Figura 55 - Perfiles de reticulado y sus respectivas cargas	83
Figura 56 - Esfuerzos en analisis de reticulado	86
Figura 57 - Desplazamientos en analisis de reticulado	86
Figura 58 - Factor de seguridad en análisis de reticulado	87
Figura 59 - Ratio de uso en analisis de reticulado	87
Figura 60 - Distribucion externa	91
Figura 61 - Paneles de control	91
Figura 62 - Distribucion de equipamiento interno	92
Figura 63 - Distribución de equipamiento interno	92

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Transformador seco vs sumergido en aceite.	10
Tabla 2 - Cargas sobre el pórtico	75
Tabla 3 - Cargas sobre la caseta	78
Tabla 4 - Cargas sobre el reticulado	82

1. RESUMEN

En el presente trabajo de fin grado se procede a detallar cada uno de los pasos para el diseño en su totalidad de una subestación eléctrica móvil.

La subestación consiste en un camión sobre el cual va montado un pórtico y sobre este se ubica la entrada de alta tensión, también cuenta con un transformador para reducir el voltaje y por ultimo cuenta con una caseta donde se aloja la mayor parte de aparamenta eléctrica y desde donde salen dos alimentadores.

Se inicia con una introducción donde se detalla las especificaciones técnicas que se usan para la realización del diseño y metodología a emplear.

A continuación en la memoria se detalla la selección de los principales componentes eléctricos y electrónicos (relés), así como los diseños de control eléctrico. También se procede al diseño mecánico de las tres partes más importantes: pórtico, caseta y plataforma tipo camión.

Posteriormente se detallan los cálculos eléctricos según norma para la correcta elección de los equipos. También se procede a detallar todas las cargas físicas y a realizar los cálculos de la estructura mecánica así como simulación por software, lo cual será fundamental para la buena elección de perfiles de acero y el diseño de la estructura en su totalidad.

Por último se detallan las conclusiones obtenidas con la finalización del proyecto así como unas posibles críticas, recomendaciones y soluciones alternativas para problemas críticos y/o comunes en este tipo de proyectos.

También se incluyen planos eléctricos, mecánicos, planificación y presupuesto de la fabricación y así como los catálogos (anexos).

2. ABSTRACT

In this project we proceed to detail each of the steps to design entirely a mobile electrical substation.

This electrical substation is built on a trailer platform on which a steel poles structure is mounted, high voltage incoming is located in this structure, also we have a power transformer in order to reduce voltage level, and finally we have an electrical house where most electrical equipment is located and two feeders come out from it.

This project starts with an introduction which details the technical specifications used for carrying out design and methodology used.

Then in memory we details key electrical and electronic components selection as well as electrical control designs. We also proceed to develop mechanic design of three most important parts: steel poles structure, electrical house and trailer platform.

Later, electrical calculations are detailed as standard codes in order to make an appropriate equipment choice. Also we proceed to detail all physical loads to develop structure calculations as we as software simulation which is critical to the good choice of steel profiles, material and design of the structure in its whole.

Finally, conclusions are detailed with project completion as well as possible critiques, recommendations and alternative solutions for critical and/or common problems in this kind of electrical stations.

Electrical drawings, mechanical drawings, planning, and budgeting are also included, as well as catalogs (annexes).

3. INTRODUCCIÓN

3.1. ENUNCIADO

La subestación eléctrica móvil 66/12kV, 10MVA satisface una serie de especificaciones técnicas demandadas por el cliente. Especificaciones respecto al tipo de trabajo a realizar, lugar de trabajo, condiciones ambientales, etc.

A continuación se detallan algunas de ellas:

- Dos salidas de 12kV, entrada de 66kV, potencia 10MVA.
- Sistema protección mediante relés digitales.
- Sistema de control y protección en corriente directa.
- Compartimiento independiente para banco de baterías.
- Altura de operación: 3600msnm.
- Condiciones Especiales: polvoriento, húmedo.
- Clasificación del área no peligrosa.
- Máxima velocidad de viento: 85.3 Km/h
- Locación de operación: Exterior (tajo y picos)
- Área peligrosa de operación (Si/No): No
- Polución (Si/No): Si
- Máxima temperatura ambiente exterior: 22 °C
- Mínima temperatura ambiente exterior: 4 °C
- Ancho y largo máximo de la subestación: 5 y 7 metros respectivamente

Para satisfacer estas especificaciones técnicas se consultara proyectos precedentes para la determinación de la solución más adecuada, se determina que compañías pueden suministrar el equipamiento apropiado. Se realiza los cálculos estructurales para el adecuado diseño mecánico y para la buena distribución de equipos se consulta las normas para satisfacer las distancias de seguridad.

3.2. MOTIVACIÓN

Dado la experiencia realizando diversos proyectos que constan en fabricación de salas eléctricas y subestaciones móviles en la Empresa Dimatic S.A. en Perú, deseo compartir con esta escuela el conocimiento adquirido y así poder alimentar el interés de sus estudiantes en este rubro y/o mostrar una rama más en la que un ingeniero mecatrónico puede desempeñarse, así como también interesarse en el desarrollo de otros equipos en el rubro de la minería.

También el interés desarrollar este tema es por la poca información que hay disponible respecto a proyectos como este, y en muchos no se especifican ciertos problemas que aparecen para la construcción, mantenimiento y puesta en servicio, y/o los problemas más frecuentes o lista de repuestos para un tiempo de operación determinado.

3.3. OBJETIVO

En la minería, especialmente de tajo abierto, la maquinaria utilizada debe brindar características de gran movilidad para así poder desplazarse en búsqueda de los minerales según varia la demanda día a día, y a lugares donde no es fácil ni barato transportar grandes cantidades de combustible continuamente se recurre a usar la electricidad como fuente de energía. Dado las grandes distancias, la red eléctrica principal son de alto voltaje con lo cual es NECESARIO el uso de subestaciones eléctricas. Y si bien existen subestaciones fijas, son las subestaciones móviles las que pueden realizar una distribución temporal donde se requiera, para así energizar maquinaria como palas eléctricas y demás.

Por lo tanto el objetivo del presente trabajo es mostrar de forma explícita y detallada los pasos para la determinación del equipamiento y la selección de cada uno entre diversos fabricantes, así como el equipamiento electrónico para medición y protección, mostrar las consideraciones en el sistema de control de interruptores de salida los cuales brindan medidas de seguridad para el personal y la propia subestación, diseño del pórtico donde serán montados los equipos del lado primario y los problemas que este tipo de estructura generan en su desplazamiento, así como la caseta en el lado secundario, y finalmente que tengamos dimensionado el pórtico y la caseta se mostrara

como se procede a dimensionar el camión en base a la información de todo el equipamiento, en especial el transformador de potencia que es el equipo más pesado y de mayores dimensiones en la subestación.

3.4. ANTECEDENTES

Dado que una subestación se fabrica a pedido y bajo los requerimientos de cada cliente, estas varían siempre en potencia, voltaje de entrada y salida, tipo de estructura y encerramientos, etc.

A continuación se muestra una alternativa presentada como trabajo final de grado y algunos modelos fabricados por importantes compañías.

3.4.1. S.E. Movil 110/13,8 kV, 15 MVA (TFG - Universidad Carlos III de Madrid)

Este trabajo nos presenta los requerimientos del cliente, lista de los componentes de la subestación, detalle explicativo de cada componente eléctrico, resultados del diseño mecánico, condiciones ambientales, ingeniería básica (planos eléctricos y mecánicos).

No detalla cómo se realiza el cálculo eléctrico en función de normas, ni selección de equipos.

En el diseño mecánico no se muestra las cargas ni menciona problemas comunes en el traslado, montaje o puesta en servicio.

Se muestra la S.E. fabricada por Alstom España (destino Colombia), Figura 1.



Figura 1 - S.E. 110/13,8 kV, 15 MVA, Alstom.

3.4.2. Subestación Eléctrica Transportable ABB

ABB ofrece subestaciones con voltajes en el lado primario de hasta 33kV y en el secundario de 13.8kV por potencia aparente de hasta 20MVA.

ABB puede proveer subestaciones con salas eléctricas walk-in y non walk-in, a solicitud del cliente y con gran versatilidad para puesta en servicio sin necesidad de realizar un montaje en sitio.

Subestación tipo tráiler de las siguientes dimensiones máximas: Largo (17.5m), Ancho (3.5m), Alto (5.2m) y Peso (45000 Kg)

ABB como cualquier otra compañía no da a conocer el cómo desarrolla sus proyectos por ser secreto industrial.

Se muestra una S.E móvil típica fabricada por ABB, figura 2.



Figura 2 - S.E. 33/13,8 kV, 20 MVA, ABB.

3.5. SOLUCIONES POSIBLES

3.5.1. Según la Modalidad de Transporte

Las subestaciones transportables pueden ser tipo camión o tipo plataforma.

En la figura 3 se muestra al lado izquierdo una subestación tipo camión y al lado derecho una subestación tipo plataforma.



Figura 3 - S.E tipo camion y plataforma.

Las subestaciones tipo plataforma para ser transportadas deben ser arrastradas o movilizadas por medio de grúas, mientras que las tipo camión cuentan varios ejes, ruedas y patas hidráulicas con lo que solo necesitan un tracto para ser movilizadas, esto los hace más versátiles lo cual es lo más recomendable para movilizaciones de largas distancias y/o mayor frecuencia, así como por terrenos más estrechos y accidentados.

3.5.2. Según el tipo de Encerramiento

Existen dos tipos de subestaciones móviles basadas en el punto desde el cual el operario pone en servicio la subestación, subestaciones walk-in y las subestaciones NON walk-in.

Se muestran dos tipos de salas, walk-in al lado izquierdo y NON walk-in al lado derecho, figura 4.



Figura 4 - Encerramiento walk-in y NON walk-in.

En las subestaciones walk-in el operario puede desplazarse dentro de la subestación, por lo que el equipamiento de media y/o alta tensión se encuentra dentro de celdas, así se garantiza la seguridad del operario. Estas celdas hacen que el precio se incremente dependiendo si son metal cerrado o enchapado (metal enclosed o metal clad) y demás requerimientos por ejemplo si el cliente solicita que los encerramientos sean a prueba de explosión.

Las salas eléctricas equipadas con celdas suelen ser suministradas con encerramiento que brinde aislamiento térmico, con sistema contra incendio detección y/o extinción, sistema de presurización, sistema de disparo rápido en los interruptores ante la presencia de un arco eléctrico dentro de la sala misma, sistema de alarmas y sistema de comunicaciones. Todos estos sistemas pensados principalmente en la seguridad del personal operario.

Las subestaciones de tipo non walk-in difieren mucho en el tipo de equipamiento eléctrico, este generalmente tiene partes energizadas al aire libre y son peligrosas para los operarios.

3.5.3. Según el Tipo de Transformador de Potencia

Comparativa entre los transformadores secos y sumergidos en aceite, tabla 1.

Característica	Transformador Seco	Transformador en Aceite
Ausencia de líquido de enfriamiento	SI	NO
Inflamabilidad (riesgo de incendio)	NO	SI (alta)
Materiales de fabricación autoextinguibles	SI	NO
Riesgo por contaminación por derrame de aceite	NO	SI
Emisión de gases tóxicos y venenosos	NO	SI
Estabilidad al cortocircuito durante la vida útil.	Alta	Media
Resistencia a las sobrecargas prolongadas	Media	Alta
Resistencia a las sobretensiones	Media	Alta
Instalación a la intemperie	NO	SI
Instalación en interiores	SI	NO
Instalación en medios contaminados	NO	SI
Control de funcionamiento	Medio	Bueno
Perdidas	Alto	Bajo
Ruido	Alto	Bajo
Coste de instalación (debido a obras civiles)	Bajo	Alto
Reducido espacio de instalación	SI	NO

Introducción

Coste de operación y control	Medio	Alto
Coste unitario de fabricación	Alto	Bajo
Mantenimiento periódico	NO	SI
Disminución de las características dieléctricas por efecto del tiempo y del ambiente	NO	SI
Necesidad de mano de obra especializada	NO	SI
Recuperación de materiales después de la vida útil	SI	NO
Permite instalaciones mayores a 36kV	NO	SI
Permite una potencia mayor a 15MVA	NO	SI

Tabla 1 - Transformador seco vs sumergido en aceite.

Diferencias constructivas entre un transformador seco y uno sumergido en aceite, figura 5.



Figura 5 – Transf. Seco, transsf. sumergido en aceite.

3.5.4. Según la Aparamenta Eléctrica

Se puede emplear equipamiento eléctrico para montaje en interiores o para exteriores, mucha de la aparamenta eléctrica para exteriores son dispositivos no protegidos (abiertos), mientras que la aparamenta para interiores son protegidos con envoltente metálico.

Los equipamientos protegidos en la actualidad están disponibles hasta 38kV, mientras que los desprotegidos existen de hasta 450kV dependiendo del dispositivo.

Cabe indicar que a mayores voltajes se necesita mayor distancia entre polos, es por ello la limitación de los equipos protegidos con encerramiento.

Seccionador y fusibles de potencia desprotegidos, ver lado izquierdo de figura 6.

Seccionado y fusibles de potencia protegidos, ver lado derecho de figura 6.



Figura 6 - Aparamenta eléctrica exterior e interior.

3.5.5. Sistemas de Protección y Medición

Un sistema de suministro de energía debe cumplir varios requisitos para suministrar un servicio de buena calidad, no solo en la parte de fabricación y mantenimiento sino también en la parte de operación. El sistema de protección es vital para asegurar el adecuado funcionamiento del sistema.

Si bien cada equipo cuenta con protección propia para fallos internos del equipo, también se presentan sistemas de protección para fallos externos e impredecibles.

Protección primaria: opera cuando uno de sus elementos detecta un fallo, su zona de protección abarca una zona pequeña, casi siempre algunos elementos adicionales al propio.

Protección de respaldo: es instalada para operar cuando el sistema primario no detecta un fallo. Un relé de protección de respaldo cuenta con un circuito de tiempo diferido para así permitir que la protección primaria actúe primero. Un relé también puede brindar protección simultánea a diferentes equipos e incluso actuar como protección primaria para un equipo y como respaldo para otro.

3.5.5.1. Aparamenta de protección

Con frecuencia los circuitos de media tensión están contruidos cerca de circuitos de alta tensión, a veces caen conductores de líneas de alta tensión en las zonas de media tensión lo que puede producir daños en la zona, para proteger ante estos eventos se usan pararrayos. Los pararrayos aíslan la línea de tierra hasta un máximo valor de operación de voltaje (MCOV), cuando en la línea se presente un voltaje superior, este pararrayo se comportara como conductor el cual desviara toda la descarga a tierra y así protegiendo la red.

3.5.5.2. Sistema de protección con relés

Son confiables, rápidos para aislar los fallos, detecta fallos temporales y permanentes.

En un sistema eléctrico se instalan sistemas de protección en los generadores, transformadores, motores, barras, circuitos de transmisión y distribución.

Un relé de protección detecta cambios en la señal que este analizando sea de corriente o voltaje, si esta señal esta fuera del rango de operación normal, el relé actúa.

Relés convencionales (electromecánicos o electromagnéticos, tipo impedancia, tipo admitancia, etc.)

Son contruidos con materiales magnéticos, componentes eléctricos o mecánicos, tienen una bobina de operación y varios contactos, y son robustos y confiables.

Relés en base a microprocesadores y computarizados

Los relevadores computarizados son tecnológicamente superiores a los descritos anteriormente, funcionan en protección, medición, control y supervisión.

Son confiables: operaciones incorrectas poco probables

Registro de eventos y disturbios: registran los eventos en cada operación de fallo, arranque, apagado. Registran incluso cuando la red eléctrica este desenergizada.

Integrables: las diversas funciones como medición, control y comunicaciones pueden integrarse en un sistema digital.

Adaptable: son programables, se pueden cambiar los ajustes del relé dependiendo de las condiciones de trabajo, garantizando así los ajustes convenientes para cada situación.

Relé térmico Schneider 7A y relé digital SEL 351, Figura 7.



Figura 7 - Rele termico y Rele digital.

3.5.5.3. Protección ante arco eléctrico (Arc flash)

Desarrollado por ABB y conocido como SISTEMA REA, lo último desarrollado en detección y actuación ante arco eléctricos, cuyo principio de funcionamiento es:

Sensores ópticos de súper alta velocidad posicionados en lazo cerrado monitorean constantemente cualquier destello de luz ocasionado por un arco eléctrico.

Para corroborar que efectivamente se trata de un arco eléctrico se supervisa la medida de corriente para generar el disparo de los interruptores.

Tiempo de operación 2,5ms

En la figura 8, se muestra un diagrama unifilar donde se detalla para que zonas se usan los relés REA 101, 103 y 105 como se comunican entre ellos y la zona de protección, así como también sus dos tipos sensores de fibra óptica.

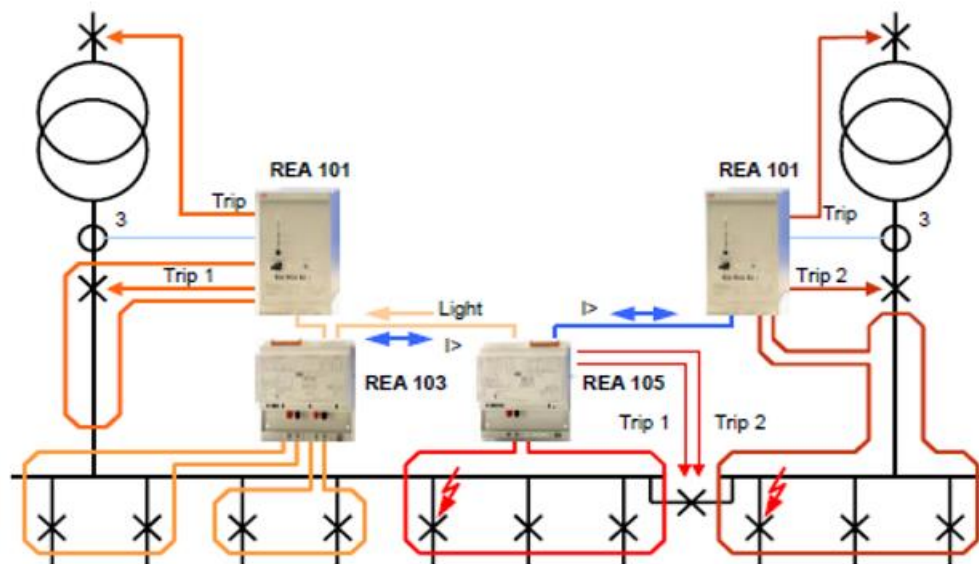


Figura 8 - Sistema REA.

3.5.5.4. Sistema de medición

Los instrumentos de medición muestran las magnitudes para así poder asegurar el buen funcionamiento del sistema.

Los instrumentos de medición convencionales son analógicos, muestran las magnitudes en tiempo real.

Los monitores de energía o relés de medición a diferencia de los de protección no actúan sobre el sistema, permiten tener varias lecturas instantáneas y de forma simultánea. Son integrales y poseen interfaz a PC, los relés de última generación se enfocan también en el registro de datos que es de gran importancia en el ámbito industrial.

A continuación en la figura 9 se muestra las diferencias entre un medidor convencional, en este caso un amperímetro y un voltímetro con un monitor de energía.

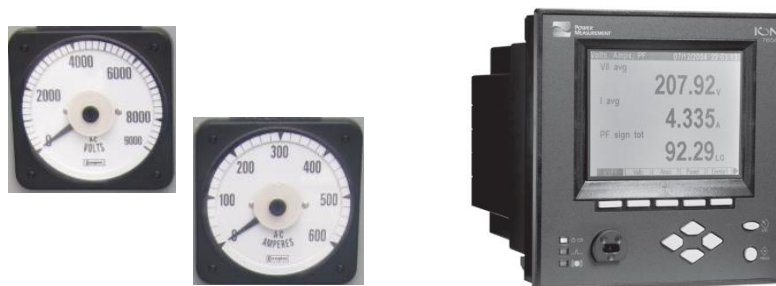


Figura 9 – Instrum. de medición analógicos y digitales.

3.5.5.5. Sistema de alarmas

Todos los sistemas de energía deben disponer un sistema de alarmas, desde los más básicos (pilotos indicadores internos y/o externos) y bocinas que avisan al personal operativo tanto visual como auditivamente de algún problema, hasta paneles de alarmas en los cuales se puede almacenar y tener reunido todas las alarmas de la instalación completa, ya sean alarmas importantes como la apertura de un interruptor o elevado temperatura del aceite del transformador como del sistema de presurización.

Se muestra indicadores luminosos externos y un panel de alarmas SEL 2522, figura 10.



Figura 10 - Sistema de señalización y panel de alarmas.

3.5.5.6. Sistema de comunicaciones

El sistema de comunicaciones a instalarse debe estar configurado respecto al sistema matriz que disponga el cliente, el cual nos debe proporcionar las especificaciones técnicas como protocolos de comunicación, etc.

A continuación algunas características técnicas necesarias para suministrar un tablero de comunicaciones de la subestación.

Puerto de comunicación:	F.O. doble
Puertos para levantar (SCADA):	SI
Protocolos de comunicación para sistema de protección:	IEC61850
Protocolo de comunicación para sistema de medición:	DNP3
Protocolo de comunicación para sistema de instrumentación:	Modbus
GPS:	SI
Control para configuración local/remoto:	SI

La figura 11 muestra un diagrama de comunicaciones usado por la compañía minera Antamina S.A en Perú, con el cual desde la central ubicada a kilómetros de la subestación se puede monitorear la información enviada desde los relés de protección de alimentadores, relé del transformador de potencia, sistema contra incendios y panel de alarmas. El sistema permite cambiar la configuración de forma remota más no la operación por tema de seguridad del personal operativo que se encuentre cerca o dentro de la subestación.

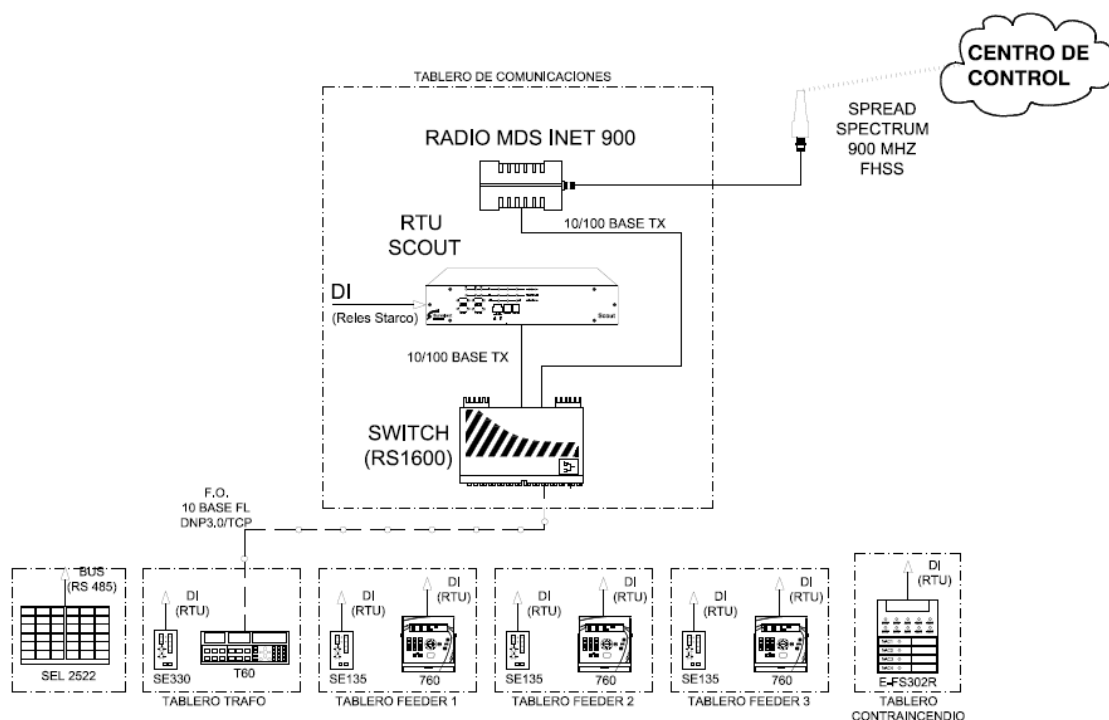


Figura 11 – Diag. basico de tablero de comunicaciones.

Como se ve en la figura anterior, este sistema de comunicaciones que se está tomando de ejemplo, brinda la información más importante del sistema; en este caso información en tiempo real del sistema de protección el cual usa el medio más rápido de transmisión de información (fibra óptica), también se envía información sobre los demás relés de protección (760), relés starco, tablero contra incendios y panel de alarmas.

3.5.5.7. Servicios auxiliares

Como toda instalación eléctrica se debe especificar los sistemas auxiliares que la instalación debe disponer.

Los servicios auxiliares se evalúan cuidadosamente desde la etapa de diseño para garantizar la funcionabilidad, flexibilidad y operatividad de todo el sistema.

Para la selección de la configuración de servicios auxiliares eléctricos se debe mirar tres puntos importantes, debe ser técnicamente realizable, económicamente factible y de alta confiabilidad.

3.5.5.7.1. Sistema de presurización

Un sistema de presurización consiste en bombear constantemente aire hacia el interior de una cabina.

En una sala eléctrica, sala de control o subestación este sistema es usado para mantener el lugar limpio de polvo.

Al bombear aire dentro de la cabina, el aire sale por las rendijas de puertas o rejillas llevándose el polvo acumulado.

La presión de las cabinas debe ser controlada adecuadamente, dado que personal operativo se encontrara trabajando dentro. Para una operación normal en el interior debe existir una presión 25 pascales superior a la presión atmosférica.

Existen diversos modelos de presurizadores, desde básicos con control ON/OFF, hasta auto-limpiantes los cuales usan sistemas para limpiar sus filtros automáticamente.

La sala eléctrica mostrada en la figura 12 cuenta con un sistema de presurización típico.

3.5.5.7.2. Sistema de refrigeración

En sistemas eléctricos de potencia, se suele usar sistemas de refrigeración, las toneladas de refrigeración se calculan dependiendo del equipamiento eléctrico que se disponga (emisión de calor de todos los equipos), la aglomeración, aislamiento térmico, temperatura de medio ambiente, etc. El aire refrigerado se suele dirigir mediante ductos a los equipos que más calor emiten; suelen ser los variadores de velocidad.

En la figura 12 se muestra una sala eléctrica con un equipo de aire acondicionado marca BARD tipo mochila de 5 toneladas de refrigeración.



Figura 12 – Sist. de presurizacion y refrigeracion.

3.5.5.7.3. Sistema contraincendios

Un incendio puede ser causado por un fallo eléctrico a pesar del sistema de protección, por ejemplo ante un arco eléctrico o también puede ser causado por otros motivos.

Ante esto se puede equipar la instalación con sistema contraincendios ya sea solo detección o detección y extinción. Mediante detectores de fuego y humo se puede detectar un incendio y este puede ser mitigado con un agente extintor fm200, el cual es apropiado para instalaciones eléctricas.

La figura 13 muestra un diagrama básico de un sistema contraincendios con detección y extinción y se muestra su aplicación en un transformador de potencia.

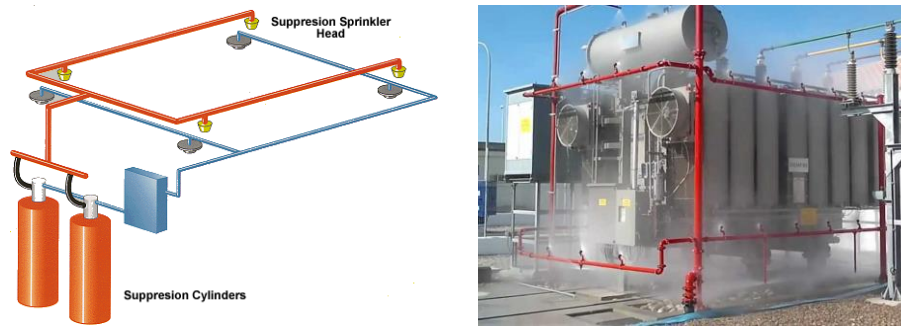


Figura 13 - Sistema contraincendios.

3.5.5.7.4. Sistema de respaldo de energía

En los sistemas eléctricos puramente en corriente alterna cuando un interruptor se abre ya sea manualmente o por disparo de algún relé, todo el sistema aguas abajo queda también desenergizado.

En una subestación el sistema de protección y medición NO puede quedar desenergizado, se debe mantener guardando y transmitiendo los datos del evento y posteriores a este, así como debe seguir enviando las señales de disparo mientras el fallo no se verifique por el personal operativo, también los relés de medición deben seguir mostrando las magnitudes de voltaje y corriente para así no inducir al error a los operarios y someteros a estos a riesgos de electrocución.

Es por todo esto que se establece un sistema de respaldo de energía para el sistema de protección y medición, muchas veces también el sistema de señalización, para instalar un sistema de respaldo de energía se puede recurrir a dos opciones, la primera es un UPS (Uninterruptible Power Supply) y la segunda es un cargador y banco de baterías. Mientras que un UPS brinda un sistema de corriente alterna un banco y cargador de baterías brindan uno de corriente directa.

Diferencia tanto en el principio de funcionamiento como físicas entre un UPS y un cargador de baterías con su banco de baterías, ver figuras 14 y 15.

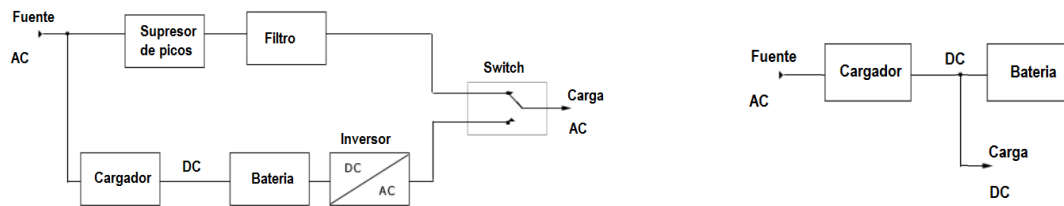


Figura 14 – Diag. UPS, Cargador y banco de baterías.



Figura 15 – UPS, Cargador y banco de baterías.

3.6. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

3.6.1. SEGÚN LA MODALIDAD DE TRANSPORTE

Si bien una subestación tipo plataforma es más económica, debido a que no se gasta en el sistema de tracto (ejes, ruedas, frenos, etc.), para traslados continuos es más costoso dado que se tiene que emplear una grúa.

En este caso optaremos como solución una subestación tipo camión dado a sus ventajas para un traslado frecuente y por rutas de más difícil acceso, así como también aprovechar como se abordan estos tipos de diseños, en el diseño de camiones se toman en cuenta la adecuada elección de los ejes, suspensión, ruedas, etc.

3.6.2. SEGÚN EL TIPO DE ENCERRAMIENTO

Para nuestro caso escogeremos una subestación non walk-in principalmente por el tipo de equipamiento eléctrico que se va a elegir, si bien hubiéramos también podido escoger la otra alternativa, para esta elección de encerramiento hay que realizar un estudio sobre horas continuas de funcionamiento de la subestación, ambiente de operación, periodo de no operatividad y así esté disponible para su mantenimiento, calidad de energía de la red eléctrica y presupuesto.

La gran ventaja que nos brinda este encerramiento es el menor espacio necesario para el montaje de los equipos., dados que los switchgears y switchboars vienes dentro de su propio encerramiento, con lo cual la caseta no solo tendría que tener un mayor tamaño sino que también cambiar de caseta a sala (incluye: cielo raso, espuma aislante, sistema de refrigeración, sistema de presurización y posiblemente sistema contraincendios)

3.6.3. SEGÚN EL TIPO DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Debido a que los transformadores secos solo se fabrican para voltajes de hasta 36kV nos vemos obligados a optar por un transformador de potencia sumergido en aceite con tanque de acero inoxidable, antisísmico. Estos transformadores no presentaran problemas como el movimiento del aceite dentro del trasformador durante su traslado en obra, así como realizar el depósito para el aceite en caso de fisura del tanque, así como realizar un encerramiento enmallado para proteger el transformador de caída de piedras.

El tipo de refrigeración se opta por ONAN (refrigeración natural) y no refrigeración forzada.

3.6.4. SEGÚN LA APARAMENTA ELÉCTRICA

Para el lado primario: Dado que la mayoría de equipamiento eléctrico protegido está disponible para sistemas de hasta 38kV usaremos equipamiento desprotegido (partes vivas descubiertas), estos equipos vienen a ser seccionador de potencia y fusibles de potencia, es por estar desprotegidos que estos equipos se montaran sobre un pórtico y así también estar más cerca de la alimentación el cual viene desde postes.

Para el lado secundario: Si bien existen SwitchGears y SwitchBoards que hasta 38kV, y son sistemas completamente diseñados por los fabricantes, estas son soluciones costosas especialmente si son a prueba de arco. Por lo que optaremos por comprar el equipamiento por separado y realizar la distribución adecuada nosotros mismos.

3.6.5. SISTEMA DE PROTECCION Y MEDICION.

3.6.5.1. Aparamenta de protección

El presente proyecto se diseñara con pararrayos tanto en el lado primario del transformador de potencia así como el lado secundario para proteger ante tensiones superiores al MCOV que se seleccione.

Trasformador de potencia con pararrayos en el lado primario y secundario, pararrayos conectados directamente desde los Bushings de entrada y salida, figura 16.

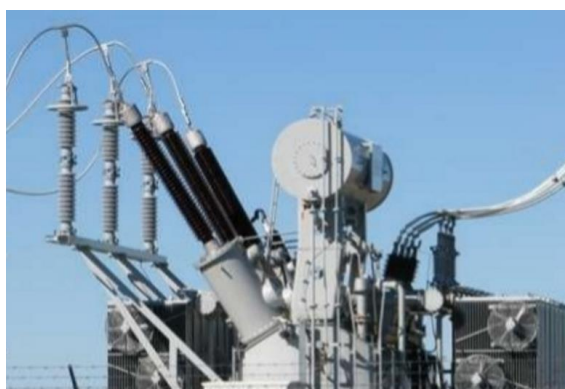


Figura 16 - Pararrayos en el transformador de potencia.

3.6.5.2. Sistema de protección con relés

Introducción

Para el sistema de protección mediante relés, se usaran relés digitales de protección de última generación, un relé de protección para el transformador de potencia en el lado secundario y un relé de protección de alimentador en cada uno de los dos alimentadores.

Se usara también un monitor de fallo a tierra en los alimentadores, los cuales reciben la señal del hilo piloto del cable de salida, para saber si el cable está en perfecto estado o ha sido cortado o se ha desconectado de la carga

Además se instala un sistema de protección por control eléctrico, mediante fines de carrera ubicados en las puertas de acceso se controla la energización de la zona donde se encuentran los operarios.

3.6.5.3. Protección ante arco eléctrico (Arc flash)

Este sistema generalmente se usa cuando los interruptores son extraíbles y en la presente subestación no se contará con este tipo de interruptores, por lo que NO se instalara este sistema de protección.

3.6.5.4. Sistema de medición

Para el sistema de medición, se usara relés para registrar las mediciones de los eventos en el lado secundario del transformador de potencia.

En los alimentadores se usara el relé de protección también como relé de medición, además se instalará amperímetros y voltímetros analógicos.

Tablero de control de interruptor de potencia, cuenta con dispositivos de medición convencionales (amperímetro y voltímetro) y un relé de protección que a su vez trabaja como relé de medición. Figura 17



Figura 17 - Sistema de medición de alimentadores.

3.6.5.5. Sistema de alarmas

El sistema contara con sistema de señalización el cual indicara el estado de los interruptores, estas señales podrán verse desde el exterior de la subestación.

La figura 18 muestra señalización externa sobre la caseta de control.

Señalización roja	- interruptor cerrado - energizado	- peligro
Señalización verde	- interruptor abierto - desenergizado	- seguro



Figura 18 - Señalización.

3.6.5.6. Sistema de comunicaciones

En este caso NO optaremos por implementar un sistema de comunicaciones, dado que no siempre es un requisito solicitado por el cliente ya que no todos cuentan con este sistema en la actualidad en la minería latinoamericana.

3.6.5.7. Servicios auxiliares

3.6.5.7.1. Sistema de presurización

Los sistemas de presurización se suelen usar en subestaciones donde los encerramientos exteriores son tipo sala, son las salas las que cuentan con paredes interiores y exteriores, techo interior y exterior, puertas con cierrapuertas, y demás. Son estas salas las que se fabrican con una buena hermeticidad para que no ingrese agua, polvo, etc. Se usan salas cuando se cuenta con a gran cantidad de equipamiento, MCCs, variadores, etc.

En la caseta que se diseñara (no sala), NO se instalará un sistema de presurización, dado el tipo de encerramiento y los equipos con que se cuentan.

3.6.5.7.2. Sistema de refrigeración

Nuestro sistema solo se cuenta con interruptores de potencia, no se cuenta con switchgears, ni switchboards, ni centro de control de motores, ni variadores de velocidad que son estos últimos los equipos que más generan calor. Este sistema se suele instalar en las subestaciones tipo sala.

En la subestación a diseñar NO se instalará sistema de refrigeración.

3.6.5.7.3. Sistema contraincendios

Por el tipo de equipamiento que se dispone, interruptores fijos (no extraíbles) con lo no existe riesgo de arco eléctrico, no se dispone de equipamiento que generen grandes cantidades de calor, y se evitara tener una gran aglomeración de los equipos.

Por lo que NO se dispondrá ningún sistema contra incendios, ni detección, ni extinción.

3.6.5.7.4. Sistema de respaldo de energía

Debido a que un sistema con cargador de baterías y banco de baterías no necesita un inversor como si lo hace un UPS, el paso de conversión DC/AC no es necesario. Esto incrementa el rendimiento y tiempo de respuesta, el cual depende del tipo y tamaño de baterías, la capacidad de descarga de estas y la eficiencia del inversor.

Sistemas de corriente directa son dominantes en los sistemas de comunicaciones.

La mayoría de relés digitales en la actualidad vienen equipados para trabajar con una alimentación AC y/o DC.

Un sistema de corriente directa se usa generalmente en los siguientes casos:

- Sistema de control
- Sistema de protección
- Con inversores para sistema de comunicaciones
- Alumbrado de emergencia
- Circuitos de disparo de interruptores
- Sistemas de señalización y alarmas

En nuestro sistema se optara por usar un Cargador de baterías y banco de baterías como sistema de respaldo y así proveer de un sistema de corriente directa para la alimentación de relés tanto de protección como medición.

3.7. NORMATIVA

Los fabricantes muchas veces suelen fabricar según sus normas (normas del país fabricante) dado que está más familiarizado con esta, pero en los proyectos a desarrollar, se debe prestar principal atención en cumplir las normativas del lugar donde se ubicara el proyecto (lugar de trabajo), incluso considerar la normativa del transporte dado que muchos proyectos se fabrican en un país y están destinado a otro.

3.7.1. NORMAS PARA EL DISEÑO ELECTRICO

El siguiente proyecto se desarrolla siguiendo las normas de la empresa suministradora de energía.

Líneas Eléctricas de Alta Tensión:

- Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09
- Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.
- Corrección de errores del Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.

- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- Guía de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 02: NORMAS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS
- Guía de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 04: DOCUMENTACION Y PUESTA EN SERVICIO DE LINEAS DE ALTA TENSION.
- Guía de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAC 05 VERIFICACIONES E INSPECCIONES (Edición: oct. 2013, Revisión: 1)
- Guía de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAC 07 LINEAS AEREAS CON CONDUCTORES DESNUDOS (Edición: oct. 2013, Revisión: 1)

3.7.2. NORMAS PARA EL DISEÑO MECANICO

- El CTE DB SE A - Documento Básico de Seguridad Estructural de Acero del Código Técnico de la Edificación.
- La EAE 2011 - Instrucción Española de Acero Estructural - Real Decreto 751/2011, de 27 de mayo de 2011 y publicada por el BOE el 23 de junio de 2011, y que entró en vigor el próximo 23 de diciembre de 2011.
- UNE EN 1990 Eurocódigo 0: Bases de Diseño Estructural.
- UNE-ENV 1991-2-6 Eurocódigo 1: Acciones sobre las Estructuras.
- UNE-EN 1993-1-3:2012 Eurocódigo 3: Diseño de Estructuras de Acero.

4. DESARROLLO

En el siguiente proyecto se detalla los pasos para su desarrollo en orden cronológico, para lo cual realizaremos los cálculos necesarios, se revisará la normativa para el dimensionamiento de los equipos, distancias de seguridad, equipos de seguridad, puesta a tierra, también el diseño estructural para selección de perfiles de acero, ejes, etc.

4.1. EQUIPAMIENTO ELECTRICO Y ELECTRONICO

Se establecerá el tipo de transformador de potencia (seco o sumergido en aceite), los seccionadores de potencia (operado bajo carga o sin carga), determinación del tipo de fusibles de potencia (seccionables), cálculo de pararrayos del lado primario y secundario, cálculo y definición de los interruptores en las salidas, cálculo de la resistencia neutro del transformador de potencia, cálculo de transformadores de potencia de media a baja tensión para control y servicios auxiliares.

Se establecerá las principales protecciones eléctricas que dispondrá la subestación, protecciones como sobrecorriente en tiempo, sobrecorriente instantánea, bajada de tensión, sobrevoltaje en bus principal, desplazamiento de neutro, etc.

Se establecerá un relé de medición el cual nos debe brindar las lecturas de potencia, corriente y voltaje por fase, frecuencia, desfase, además como captura de onda, grabación de eventos, análisis armónico, factor K, etc.

4.1.1. Transformador de potencia 66/12kV, 10MVA

Los transformadores de potencia son equipos costosos y son requeridos con características específicas para cada proyecto, además de ser de baja demanda comparada al resto de equipamiento y poseer un tiempo de fabricación aproximadamente entre 4-6 meses. Todo esto genera la NO posibilidad de encontrarlo en stock con ningún fabricante, por lo que se realizará un requerimiento específico detallando todos los datos técnicos.

A continuación se listan los principales parámetros de selección:

- Potencia del transformador.
- Voltaje lado primario y secundario.
- Nivel de aislamiento lado primario y secundario.
- Frecuencia de operación.
- Altura de operación.
- Grupo de conexión.
- Impedancia.
- Tipo: Seco/ sumergido en aceite.
- Material de devanado.

Selección del transformador de potencia

- Fabricante : WEG EQUIPAMIENTOS ELECTRICOS S.A. - WEG (Brasil)

- Potencia 10 MVA
- Tipo ONAN (Convección Natural)
- Altitud de Operación 3,800 m.s.n.m.
- Tensión Primaria 66 kV
- Tensión Secundaria 12 kV
- Grupo de Conexiones Dyn1
- Frecuencia 60 Hz
- Sumergido en aceite.
- Sobre temperatura en Arrollamientos 65°C
- Temperatura ambiente 30°C Promedio / 40°C Máximo
- Impedancia 7.0% \pm Tolerancia según ANSI Standard
- Nivel de Ruido 68 dB (OA)



Desarrollo

High Voltage

- High Voltage 66000 Delta, 450 kV BIL
- Taps: 62700, 64350, 66000, 67650, 69300
- Copper Conductor Winding
- Cover Mounted TBI Condenser Bushings



Low Voltage

- Low Voltage 12000y/6930 Wye, 95kVBIL
- Copper Conductor Winding
- Bulk Type Porcelain Bushings

Duty

- Seismic Anchoring / Construction
- Outdoor Service

Finish

- ANSI 70 Sky Gray
- 3 Mils
- Standard Paint System Sampler Valve

Fittings

- 2" Drain Valve with 3/8"
- 1" Upper Filter Press Valve

Monitoring

- Dial Type Thermometer
- Liquid Level Gauge
- Pressure Relief Device with Semaphore
- Pressure Vacuum Gauge



Shipping

- Free Carrier

Tank

- Formed Base with Jacking Provisions

- Stainless Steel Ground Pads
- Cork Neoprene – All Gauge Gaskets
- Sealedaire Oil Preservation Systems
- 15 PSI Tank Design
- Standard Welded on Flat Tubular Radiators
- Stainless Steel Hardware with Silicon Bronze Nuts

Accesorios

- Indicador de Temperatura de Aceite, Contactos de Alarma – Disparo
- Detectores de Temperatura de Devanado, Contactos de Alarma – Disparo
- Control de Nivel de Aceite, Contactos de Alarma – Disparo
- Dispositivo de alivio de Presión con Contactos
- Contador de operaciones
- Radiadores Galvanizados y Soldados con válvulas aisladas
- Válvula de drenaje
- Pintura Epóxica, Gris ANSI 61
- Sistema de preservación de aceite, tanque sellado

Normas de Fabricación

- ANSI C57.12.00
- ANSI C57.12.10
- ANSI C57.12.30

Pruebas de Rutina ANSI C57.12.90

- Medición de Resistencia
- Relación
- Polaridad y relación de Fase
- Impedancia y pérdidas en carga
- Perdidas sin carga y Corriente de Excitación
- Tensión Aplicada
- Tensión Intuida
- Presión de vacío

Pruebas Opcionales

- Incremento de Temperatura (Heat Run)
- Impulso
- Nivel de Ruido

Desarrollo

- Factor de potencia
- Corto Circuito
- Tensión de Ruptura de Aceite, Análisis de Gases
- Descarga Parcial

4.1.2. Seccionador de potencia

Dispositivo mecánico empleado para aislar eléctricamente un elemento o parte de la red eléctrica de la red principal. Los seccionadores son de ruptura lenta que opera generalmente sin carga.

Uno de los objetivos puede ser asegurar la vida de las personas que trabajen en la parte aislada, los seccionadores son ideales dado que visiblemente se puede comprobar su estado abierto o cerrado incluso a varios metros.

A continuación se listan los parámetros de selección:

- Operación bajo carga/sin carga
- Refrigeración: aire/ gas
- Voltaje nominal.
- Nivel de aislamiento.
- Corriente nominal.

Selección del seccionador de potencia

- Fabricante : CLEVELAND / PRICE INC. (EEUU)
- Modelo : V2-C
- Código : C06B036G02
- Voltaje : 115 kV
- Aislamiento : 550kV BIL
- Corriente : 1200A

Este seccionador es un conjunto de tres fases, es un seccionador de cobre de apertura vertical para instalaciones en subestaciones o líneas de transmisión, el seccionador se puede montar en posición horizontal o vertical. Este seccionador se puede emplear en una variedad de usos como desconexión de línea y seccionamiento, aislamiento de interruptor aislamiento de transformador de potencia.

Las figuras 19 y 20 muestran el seccionador a ser usado, sus características físicas y eléctricas.

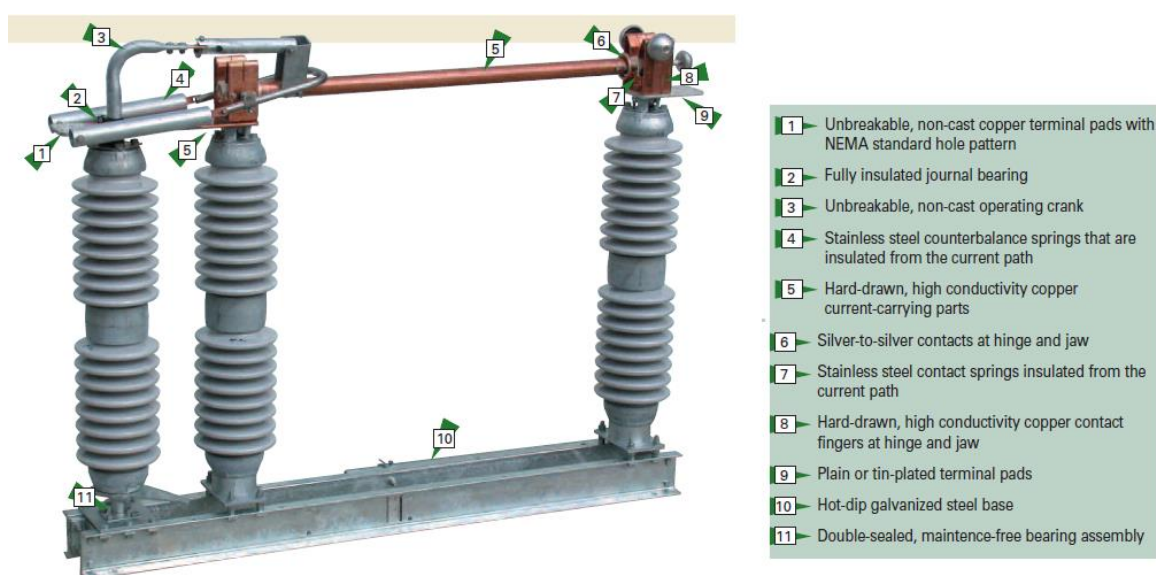


Figura 19 - Seccionador de potencia.

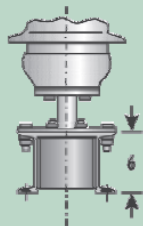
BASE CONFIGURATION	Nom. kV	Max. kV	kV BIL	Ins. TR#	Amp.	Mom. kA	Switch Style Number	A	B	C	D	E	F	G	H	Wt./ Pole
	115	123	550	286	600	40	C06B036G01	57.78	45	88	60	52	126.72	.50	7	915
					1200	61	C06B036G02						128.22			928
					1600	70	C06B036G03						129.72			937
					2000	100	C06B036G04						129.72			942
					2500	100	C06B036G05*						129.97			967
					3000	120	C06B036G06*	58.03					129.97	.75	10	992
	138	145	650	288	600	40	C06B036G07	66.78	54	98	70	62	145.72	.50	7	1013
					1200	61	C06B036G08						147.22			1025
					1600	70	C06B036G09						148.72			1045
					2000	100	C06B036G10						148.72			1050
					2500	100	C06B036G11*						148.97			1075
					3000	120	C06B036G12*	67.03					148.97	.75	10	1091
	161	170	750	291	600	40	C06B036G13	74.78	62	106	78	70	161.72	.50	7	1112
					1200	61	C06B036G14						163.22			1125
					1600	70	C06B036G15						164.72			1140
					2000	100	C06B036G16						164.97			1145
					2500	100	C06B036G17*						164.97			1170
					3000	120	C06B036G18*	75.03					164.97	.75	10	1195

Figura 20 - Código de seccionador de potencia.

Mando de operación de seccionador

- Modelo : TP-C2 (Operador motorizado)
- Código : C11A008G05

Mecanismo motorizado de alto torque y baja velocidad diseñado para la apertura y cierre del seccionador de forma remota (eléctrica) así como manual (mecánica).

El mando motorizado cuenta con las siguientes características:

- Manecilla giratoria u operador manivela.
- Candado en ambas posiciones abierta y cerrada.
- Correa de puesta a tierra para tubo de operación vertical.
- Topes ajustables
- Pinza de abierto / cerrado indicadores.
- Autolubricantes, rodamiento exterior sin necesidad de mantenimiento.
- Palanca de radio de rodamiento exterior ajustable.
- Interface y unidad de ajuste de la palanca de rosca.



Figura 21 - Mando motorizado.

4.1.3. Fusibles de potencia

Los fusibles de potencia brindan una protección contra sobrecarga, son confiables y económicos para transformadores y bancos de condensadores en subestaciones que operan en exteriores.

Diseñados expresamente para los sistemas de distribución, donde las corrientes de fallo, voltajes y potencias son elevadas, generalmente son obligados a trabajar fuera de sus límites. Un fusible de alta potencia significa que puede interrumpir varios kiloamperios.

Los fusibles de gran potencia cuando actúan, el mismo calor que genera el arco también provoca grandes cantidades de volumen de gases a alta presión y los gases de enfriamiento sacian el arco resultante, los gases son expulsados de forma explosiva. Estos tipos de fusibles pueden tener un perno de impacto para operar un mecanismo de interruptor, de modo que las tres fases se interrumpan si se funde un fusible.

A continuación se listan los parámetros de selección:

- Voltaje nominal.
- Nivel de aislamiento.
- Corriente nominal.
- Corriente de corto circuito

Selección del fusible de potencia

Los fusibles de potencia SMD se ofrecen con una capacidad máxima de corriente continua de hasta 300E amperios, en diversas capacidades de interrupción de fallos. Están disponibles en una amplia variedad de capacidades de amperios en tres velocidades diferentes: estándar de S&C, lento y muy lento. Para que puedan coordinarse fácilmente con relés protectores, reconectadores de circuitos y otros fusibles. La amplia selección de capacidades de amperaje y velocidades permite una fusión con menos tolerancia para alcanzar la máxima protección y una óptima coordinación.

- | | |
|------------------------|-------------------|
| • Fabricante | : S&C Power Fuses |
| • Modelo | : SMD-2B |
| • Código | : 468100R4 |
| • Voltaje nominal | : 115kV |
| • Aislamiento | : 550 kV BIL |
| • Corriente | : 100E |
| • Corr. corto circuito | : 16kA |



Desarrollo

La figura 22 es un cuadro de selección del fabricante donde se muestra las características de los fusibles.

SMD-2B FUSE UNITS									
Rating, Amperes ↓	69 kV Nominal			115 kV Nominal			138 kV Nominal		
	Catalog Number			Catalog Number			Catalog Number		
Speed →	S&C Std. TCC 115-1			S&C Std. TCC 115-1			S&C Std. TCC 115-1		
1	466001R4			468001R4			469001R5		
Speed →	S&C Std. TCC 153-1	S&C Slow TCC 119-1	S&C Very Sl. TCC 176-1	S&C Std. TCC 153-1	S&C Slow TCC 119-1	S&C Very Sl. TCC 176-1	S&C Std. TCC 153-1	S&C Slow TCC 119-1	
3E	466003R4			468003R4			469003R5		
5E	466005R4			468005R4			469005R5		
7E	466007R4			468007R4			469007R5		
10E	466010R4			468010R4			469010R5		
13E	466013R4			468013R4			469013R5		
15E	466015R4	486015R4		468015R4	488015R4		469015R5	489015R5	
20E	466020R4	486020R4		468020R4	488020R4		469020R5	489020R5	
25E	466025R4	486025R4		468025R4	488025R4		469025R5	489025R5	
30E	466030R4	486030R4		468030R4	488030R4		469030R5	489030R5	
40E	466040R4	486040R4		468040R4	488040R4		469040R5	489040R5	
50E	466050R4	486050R4	576050R4	468050R4	488050R4	578050R4	469050R5	489050R5	
65E	466065R4	486065R4	576065R4	468065R4	488065R4	578065R4	469065R5	489065R5	
80E	466080R4	486080R4	576080R4	468080R4	488080R4	578080R4	469080R5	489080R5	
100E	466100R4	486100R4	576100R4	468100R4	488100R4	578100R4	469100R5	489100R5	
125E	466125R4	486125R4	576125R4	468125R4	488125R4	578125R4	469125R5	489125R5	
150E	466150R4	486150R4	576150R4	468150R4	488150R4	578150R4	469150R5	489150R5	
175E	466175R4	486175R4	576175R4	468175R4	488175R4	578175R4	469175R5	489175R5	
200E	466200R4	486200R4	576200R4	468200R4	488200R4	578200R4	469200R5	489200R5	
250E	466250R4	486250R4	576250R4	468250R4	488250R4	578250R4	469250R5	489250R5	
300E	466300R4	486300R4							

Figura 22 - Código fusibles de potencia.

Selección de la base portafusible

- Marca : S&C Power Fuses
- Tipo : SMD-2B (Base de apertura vertical)
- Modelo : 186498R3
- Nominal : 115kV
- Asilamiento : 550kV BIL
- Corriente : 250E

La figura 23 es un cuadro de selección brindado por el fabricante para la selección de la base portafusible de acuerdo a los fusibles seleccionados y las características eléctricas deseadas.

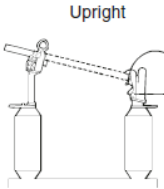
MOUNTINGS—Less Connectors①										
Style	For Fuse Unit	Rating					Catalog Number			Page Reference for Dimensional Information
		kV			Amperes, RMS Symmetrical		Insulator T.R. No.	Complete Mounting (including Live Parts)	Live Parts (including End Fittings)	
		Nom.	Max	BIL	Max	Inter-rupting②				
 Upright	SMD-1A	34.5	38	200	200E	17 500	210	186724R1	3974■	21
		46	48.3	250	200E	13 100	214	186725R1	3975■	
		69	72.5	350	200E	8 750	216	186726R1	3976■	
	SMD-2C	34.5	38	200	300E	33 500	210	186994R1	3994★	21
		46	48.3	250	300E	31 500	214	186995R1	3995★	
		69	72.5	350	300E	17 500	216	186996R1	3996★	
	SMD-2B	115	121	550	250E	10 500	286	186498R3	3948R3▲	22
		138	145	650	250E	8 750	288	186899R3	3949R3▲	
		138	145	750	250E	8 750	291	186499R3	3949R3▲	
	SMD-3	69	72.5	350	300E	25 000	216	192096	3656◆	21

Figura 23 - Código Portafusibles de potencia

4.1.4. Pararrayos

Los pararrayos protegen el equipamiento eléctrico ante sobrevoltajes transitorios causados por eventos externos o internos. Usado para proteger equipamiento eléctrico en transmisión de potencia y sistemas de distribución.

La severidad del fallo depende de la magnitud de la corriente de fallo que es conducida a través del pararrayo y la duración de esta.

El criterio de energía para varios materiales aislantes puede ser comparado por la relación de impulso, el descargador de sobretensiones debe tener una relación de impulso bajo, por lo que un incidente de aumento en el descargador de sobretensión puede ser desviado al suelo en lugar de pasar a través del aparato

A continuación se listan los parámetros de selección:

- MCOV
- Uso para exteriores/interiores

Selección del pararrayo lado primario

- Fabricante : JOSLYN Manufacturing Co. (EEUU)
- Modelo : ZSP
- Código : ZSP0090
- MCOV : 70 kV

La figura 24 muestra detalles físicos y de montaje de los pararrayos tipo ZSP, mientras que la figuras 25 y 26 es un cuadro de selección brindado por el fabricante.

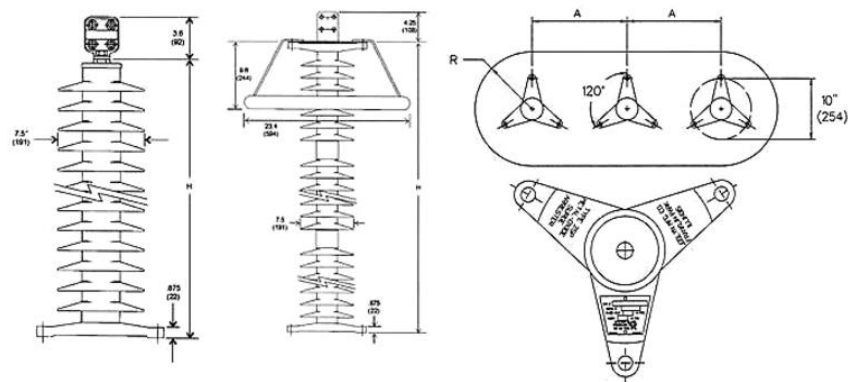


Figura 24 – Pararrayos.

N° Catálogo	Rango kV	MCOV kv rms	TOV ¹		Máximo. Equivalente. FOW ² kV (máximo)	Máximo. Conmutación Sobretensión ³ kV (máximo)	Voltaje de Descarga Máximo (máximo kV) Utilizando un impulso de corriente de µsec de 8/20					
			1 s kV rms	10 s kV rms			1.5kA	3kA	5kA	10kA	20kA	40kA
ZSP0060	60	48.0	70.1	66.7	151.0	116.0	124.0	129.0	133.0	142.0	152.0	166.0
ZSP0063	63	50.0	73.4	69.8	159.0	122.0	130.0	136.0	140.0	149.0	160.0	175.0
ZSP0066	66	54.0	78.8	75.1	167.0	128.0	137.0	143.0	147.0	156.0	168.0	183.0
ZSP0072	72	57.0	83.2	79.2	178.0	136.0	146.0	152.0	157.0	167.0	179.0	196.0
ZSP0072-58"	72	58.0	83.2	79.2	178.0	136.0	146.0	152.0	157.0	167.0	179.0	196.0
ZSP0090	90	70.0	102.0	97.3	224.0	171.0	184.0	192.0	197.0	210.0	225.0	247.0

Figura 25 – Código pararraos lado primario.

Selección del pararrayos lado secundario

- Fabricante : JOSLYN Manufacturing Co. (EEUU)
- Modelo : ZSP
- Código : ZSP0012
- MCOV : 10,2 kV

Los Pararrayos de Polímero de Pedestal- Tipo "ZSP" - Características Eléctricas												
Nº Catálogo	Rango kV	MCOV kv rms	TOV ¹		Máximo. Equivalente. FOW ² kV (máximo)	Máximo. Conmutación Sobretensión ³ kV (máximo)	Voltaje de Descarga Máximo (máximo kV) Utilizando un impulso de corriente de μ sec de 8/20					
			1 s kV rms	10 s kV rms			1.5kA	3kA	5kA	10kA	20kA	40kA
ZSP0003	3	2.55	3.7	3.5	8.1	6.2	6.6	6.9	7.1	7.6	8.1	8.9
ZSP0006	6	5.10	7.4	7.1	16.2	12.4	13.3	13.8	14.2	15.1	16.3	17.8
ZSP0009	9	7.65	11.2	10.6	24.3	18.5	19.9	20.7	21.3	22.7	24.4	26.7
ZSP0010	10	8.40	12.3	11.7	27.0	20.6	22.1	23.1	23.7	25.2	27.1	29.6
ZSP0012	12	10.2	14.9	14.2	32.3	24.7	26.5	27.7	28.4	30.3	32.5	35.6
ZSP0015	15	12.7	18.5	17.7	40.4	30.9	33.2	34.6	35.6	37.8	40.6	44.5
ZSP0018	18	15.3	22.3	21.3	48.5	37.1	39.8	41.5	42.7	45.4	48.8	53.3
ZSP0021	21	17.0	24.8	23.6	53.9	41.2	44.2	46.1	47.4	50.5	54.2	59.3

Figura 26 - Código pararrayos lado secundario.

Otras características de los pararrayos ZSP

- Descarga de la Línea de Transmisión : Superior a clase 2 de ANSI/IEEE y del IEC
- Corr. Corto circuito : 100kA.
- Ciclo de Trabajo para ANSI : 10kA
- Corriente Nominal de Descarga para el IEC : 10kA
- Clase de Descarga para IEC : Clase 2
- Capacidad Mínima de Energía : 6,1 kJ/kV MCOV
- Capacidad de Fallo no Disruptiva : 80kA rms
- Fuerza de Trabajo en Voladizo : 10.000 pulg. - Lb.

4.1.5. Resistencia de puesta a Tierra

Las resistencias de neutro a tierra protegen a los transformadores de potencia y generadores de las corrientes de fallo dañinas. La conexión a tierra de baja resistencia del neutro limita la corriente de fallo a tierra a un nivel alto (típicamente 10 amperios por cada MVA) con el fin de operar relés de compensación de fallos de protección y transformadores de corriente. Estos dispositivos son entonces capaces de eliminar rápidamente el fallo, normalmente en unos pocos segundos.

La importancia de este rápido tiempo de respuesta es que: limita el daño al equipo, evita que se produzcan fallos adicionales, proporciona seguridad al personal, localiza el fallo.

La limitada corriente de fallo y el tiempo de respuesta rápido también evitan el sobrecalentamiento y la tensión mecánica en los conductores.

A continuación se listan los parámetros de selección:

- Voltaje de línea-neutro
- Corriente límite de fallo
- Tiempo de respuesta.

Selección de la resistencia de puesta a tierra.

- Fabricante : POST GLOVER
- Código : NGR6930-10A-10S
- Voltaje : 6930 V
- Corriente : 10A
- Tiempo : 10s
- Encerramiento: Nema 3R

La figura 29 muestra el banco de resistencias y el transformador de corriente dentro de la resistencia neutro.

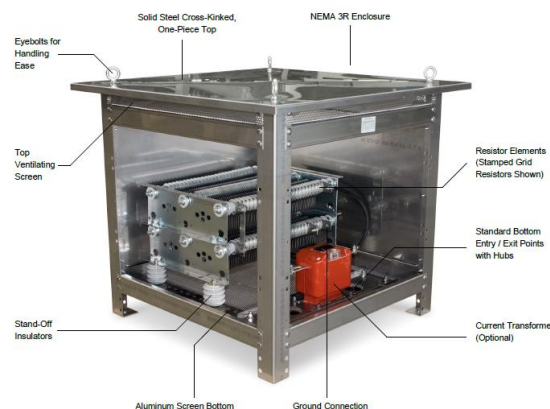


Figura 27 - Resistencia neutro.

4.1.6. Interruptor de potencia

Interruptores de gran capacidad de ruptura, no suelen ser maniobrados tan frecuentemente como los de poca capacidad, estos suelen trabajar bajo ciertas condiciones continuas durante semanas incluso meses.

Uno de los tipos de interruptor de potencia son los de vacío, el interruptor de vacío es hoy reconocido como la mayor tecnología de interrupción de la corriente fiable para celdas de media tensión. Se requiere un mantenimiento mínimo en comparación con otras tecnologías de interruptor de circuito.

La vida de servicio del interruptor de vacío es mucho más largo que otros tipos de interruptores. No hay ninguna posibilidad de peligro de incendio como en el caso de interruptor de aceite.

El uso de interruptor de vacío, es un tipo de interruptor en el que se lleva a cabo extinción del arco en el vacío.

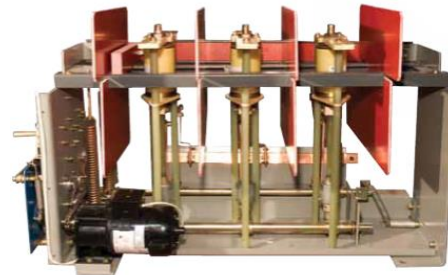
A continuación se listan los parámetros de selección:

- Tipo vacío/aceite, etc.
- Voltaje nominal.
- Nivel de aislamiento.
- Corriente nominal.
- Corriente de corto circuito

Selección del interruptor de potencia

El interruptor de vacío Line Power es robusto y servicial

- Fabricante : LINE POWER
- Código : 20-2119-35G
- Tipo : De vacío
- Voltaje : 27 kV
- Aislamiento : 125 kV BIL
- Corriente : 600A
- Corto circuito : 12,5 kA
- Motor : 120Vac
- Incluye barra de tierra.



La figura 30 muestra algunas características físicas de diseño del interruptor de vacío, mientras la figura 31 es un cuadro de selección según características técnicas.

Figura 28 - Interruptor 27kV, 1200A

LPMS-27kVVCB-1008

ISO9001 Registered

329 Williams Street • Bristol, VA 24201 • Phone (276) 466-8200 • Fax (276) 645-8887
www.linepower.com



SELECTION CHART																			
DESCRIPTION	PART NO.	20-2119-01	20-2119-02	20-2119-03	20-2119-04	20-2119-05	20-2119-06	20-2119-16	20-2119-17	20-2119-18	20-2119-19	20-2119-20	20-2119-21	20-2119-22	20-2119-23	20-2119-24	20-2119-34	20-2119-35	20-2119-36
BASIC		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VISIBLE DISCONNECT		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MOTOR DRIVE																			
NONE		X	X	X	X	X	X	X	X	X									
120V											X	X	X	X	X	X	X	X	X
SHUNT TRIP																			
NONE		X	X	X							X	X	X						
48Vdc - 175Vdc					X	X	X							X	X	X			
CAP TRIP (120Vdc - 375Vdc)*								X	X	X							X	X	X
UNDERVOLTAGE																			
NONE		X			X			X			X			X			X		
120 VAC			X			X			X			X			X			X	
240 VAC				X			X			X			X			X			X
SUFFIX LETTERS																			
G		OUTPUT GROUNDING (NON-ISOLATED)																	
IG		OUTPUT GROUNDING (ISOLATED)																	
K		KIRKLOCK PROVISION																	
KK		2 KEY KIRKLOCK PROVISION																	

Figura 29 - Codigo interruptor 27kv, 1200A.

4.1.7. Conectores de salida

Los conectores son usados para para enlazar las diversas fuentes con sus cargas, la conexión se puede realizar entre diferentes dispositivos, con estos conectores se elimina la necesidad de orientación de los cables macho/hembra.

En la figura 30 se muestra el amplio uso de los conectores en diversas partes del proceso de la industria minera.

- (1) Caja con derivación: 1 entrada con varias salidas
- (2) Conectores : Conectores mineros (5-8-15-25 kV)
- (3) Relé hilo piloto : Con diodo terminal
- (4) Accesorio : sujetador/protector de cable
- (5) Caja de unión : Para montaje con skid universal
- (6) Descarga de tracción: Evita tirones en el cable

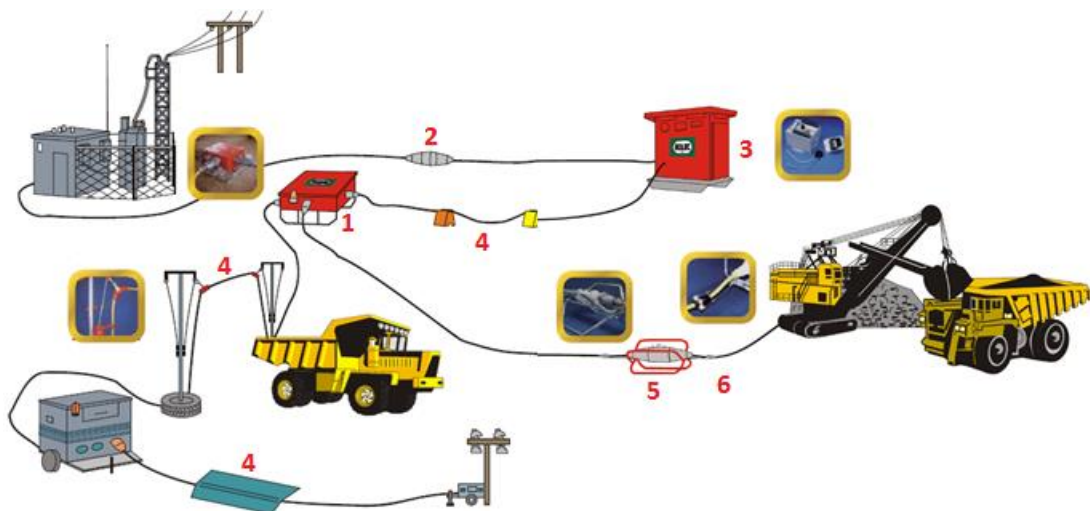


Figura 30 - Uso y accesorios de conectores en la minería

A continuación se listan los parámetros de selección:

- Voltaje nominal.
- Nivel de aislamiento.
- Corriente nominal.
- Corriente de fallo

Selección de los conectores de salida

La marca KonNx es ideal para trabajos en áreas mineras, dispone de las siguientes características:

- Elimina el riesgo de fallos de fase a fase, reducción del riesgo de fallos de fase a tierra, dispone de sistemas de manipulación totalmente integrados, los acopladores no limitan el suministro de energía a las máquinas (todos los acopladores están calibrados continuamente a 800 amperios), aumenta la vida útil del acoplador.
- La segregación en fase completa en todo el acoplador elimina la posibilidad de un fallo de fase a fase.
- Los conectores se atornillan juntos, eliminando los problemas asociados con las conexiones roscadas.
- El perfil de la cara y el conector de goma de silicona expulsan todo el aire cuando están conectados, eliminando la condensación, el polvo y la corona. Esto prolonga la vida del acoplador.
- El mismo conector está instalado en cada extremo del cable, eliminando la posibilidad de que los cables se instalen de manera incorrecta.
- El conector tiene un índice de penetración de agua y polvo de IP68.
- Los materiales de aislamiento han sido diseñados para extinguir arcos.

- Marca : KonNx
- Modelo : 25BD
- Códigos : RS848, RS193 y RS845
- Nominal : 25kV
- Aislam. : 125kV BIL
- Corriente: 800A
- Fallo : 20 kA



Figura 31 - Conectores de salida.

La figura 31 muestra las partes necesarias para una completa y adecuada selección del conector.

4.1.8. Relé de protección de transformador

Los relés de protección forman parte del sistema de protección que evitan la destrucción de los equipos e instalaciones ante un fallo eléctrico, los sistemas deben aislar el fallo al equipo donde se realizó y así evitar que se propague hacia equipos adyacentes y por el resto de la red, de esta forma reducir el riesgo de incendios y daños a personas.

Los relés de protección detectan fallos y ordenan disparos rápidos de apertura de interruptores removiendo cualquier equipo que empieza a operar de forma anormal, y así mantener también la integridad del sistema de potencia.

Todos los relés utilizados funcionan en base a la corriente y voltaje, datos proporcionados por transformadores de corriente y transformadores de potencial respectivamente, conectados al sistema que se pretende proteger.

El transformador de potencia es el dispositivo más importante por lo que su protección es primordial, para lo cual usaremos un relé de protección de transformador y así le brindaremos protección ante fallos externos, protección adicional a la protección propia del transformador.

Los transformadores de hasta 2,5 MVA la protección se hace con fusibles, hasta 5 MVA con fusibles o relés de sobrecorriente, hasta 10MVA con relés de sobrecorriente y protección diferencial, para superiores es obligado la protección diferencial.

Selección del Relé de protección del transformador

La selección de los relés de protección se realiza en función del tipo de protección que sea necesario según la aplicación, así como cuál ha sido el estudio de protección que el cliente previamente está solicitando, o que ellos manejan como estándar dentro de su sistema eléctrico.

Se procederá con un relé MIG II digital de última generación dado que el equipamiento eléctrico es de alto coste por lo tanto los equipos de protección deben ser de gran precisión, confiabilidad y velocidad.

Desarrollo

- Fabricante : General Electric
- Modelo : MIG II
- Código: MIGII-P-A-5-5-E-00-HI-00



Aplicaciones: Protección de transformador, generadores y transformadores pequeños, protección a pequeños motores, componente para paquetes de generación más grandes.

Protecciones para transformador:

- Fase y tierra, sobrecorriente en tiempo (51P, 51G)
- Fase y tierra, sobrecorriente instantánea (50P, 50G)
- Imagen termina (49)
- Desbalance de corriente (46)
- Diferencial de tierra restringida (87R)

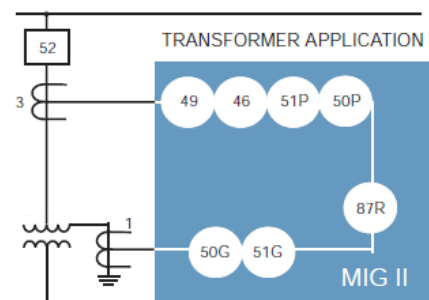


Figura 32 - Protecciones del transformador.

La figura 32 muestra las protecciones para transformador que dispone el MIG II.

La figura 33 es un cuadro de configuración del relé

Ordering

To order select the basic model and the desired features from the Selection Guide below:

MIG II	*	*	*	*	E	0	0	*	0	0	Description
Application	P	Q	A	I	U						Generator protection elements
Curves											Motor protection elements
PHASE CT			5	1							ANSI
GROUND CT					5						IEC
POWER SUPPLY					1						IAC
					N						CT In = 5 A (0.5 - 12 A)
											CT In = 1 A (0.1 - 2.4 A)
											CT In = 5 A (0.5 - 12 A)
											CT In = 1 A (0.1 - 2.4 A)
											CT In = 1 A (0.005 - 0.12 A) *
											24 - 48 Vdc (19.2 - 57.6 Vdc)
											110 - 250 Vdc (88 - 300 Vdc)
											110 - 230 Vac (88 - 264 Vac)

Figura 33 - Código de rele de proteccion de transformador.

Características claves del presente relé:

- Reducido número de disparos erróneos y costo de mantenimiento - grabación de eventos y oscilografía analógica / digital.
- Flexibilidad de diseño - Fácil de usar la lógica de programación
- Acceso a la información - comunicaciones Modbus RTU
- Lógica configurable, curvas, I/O digitales y LEDs
- Sigue la evolución tecnológica - Memoria Flash para actualizar campo del producto
- Grupos de dos ajustes
- Protección de contraseña para la operación local
- Visualización automática de la última información de fallo
- Fuente de alimentación AC / DC
- Acceso mediante teclado del panel frontal o los enlaces de comunicaciones
- Compatible EnerVista™
- Puerto RS232 aislado

4.1.9. Relé de medición

Los relés de medición se utilizan para monitorizar las redes de proveedores de energía eléctrica, entradas de servicio y subestaciones. Son ideales para los productores independientes de energía y aplicaciones de cogeneración que necesitan para medir con precisión la energía de forma bidireccional, tanto en generación y modo de parada.

Estos relés dan las herramientas para administrar y asegurar la entrega de buena calidad de energía.

Selección de relé de medición

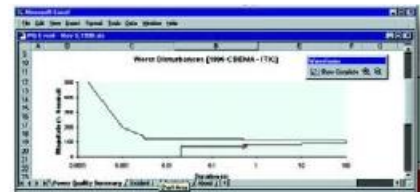
- Fabricante : Schneider Electric
- Modelo : Power Logic ION 8650
- Código : M8650-A-7-CO-H6-C1-A-O-A



Desarrollo

Aplicación:

- Medición de facturación
- Cogeneración y monitoreo IPP
- El control del cumplimiento
- Análisis de calidad de la energía
- Control de la demanda y del factor de potencia.
- Cargar restricción monitoreo y control de equipos
- Pulsante de energía y totalización
- Corrección de transformador de medida.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
M 8 6 5 0 A 1 C 0 E 5 C 1 A 0 A
Example: product part number.

- 1 Model.
- 2 Feature set.
- 3 Form factor.
- 4 Current inputs.
- 5 Voltage inputs.
- 6 Power supply.
- 7 System frequency.
- 8 Communications.
- 9 Input/output options.
- 10 Security.
- 11 Special order options.

La figura 34 muestra las características con las que se puede configurar el relé para su adecuada compra.

Principales características:

- Registro de faltas digital.
- Sistemas de comunicaciones completos.
- Múltiples tarifas y tiempos de uso.
- Múltiples puntos de ajuste para las funciones de alarma y control.
- Resumen de calidad de la energía.
- Se integra con el software.
- Compensación de pérdidas por transformador/línea.
- Corrección de transformador de instrumentación.
- Notificación de alarma por correo electrónico.

Part Numbers		
Item	Code	Description
1 Model	M9500	Schneider Electric advanced tariff meter.
2 Feature Set	A	128MB Memory Class A power quality analysis, waveforms and transient capture with 1024 samples/cycle.
	B	64MB memory, energy meter Class S EH50160 power quality monitoring.
	C	32MB memory, basic tariff/energy metering (4 data recorders, 64 channels).
3 Form Factor (1)	0	Form 95295/365 Base, 57-277 VLN (auto-ranging) 3-Element, 4-Wire / 2 1/2-Element, 4-Wire
	1	Form 355 Base - 120-480 VLL (auto-ranging) 2-Element, 3-Wire
	4	Form 929/35365 FT21 Switchboard (meter + case) with break out panel
	7	Form 929/35365 FT21 Switchboard (meter + case) with break out cable
4 Current Inputs	C	1, 2 or 5-Amp nominal, 20-Amp full scale (24-Amp fault capture, start at 0.001 A)
5 Voltage Inputs	0	Standard (see Form Factor above)
6 Power Supply	E	Form 929/35365 (socket) and Form 30 (FT21 switchboard): 120-277 VAC, Form 355 (socket) and Form 30 (FT21 switchboard): 120-480 VAC. Powered from the meter's voltage connections, low end measurement range limited to 120 V LL.
	H	Auxiliary Power Ptgail: 65-120 VAC or 80-180 VDC (power from external source)
	J	Auxiliary Power Ptgail: 160-277 VAC or 200-300 VDC (power from external source)
7 System Frequency	5	Calibrated for 50 Hz systems.
	6	Calibrated for 60 Hz systems.
8 Communications	A 0	Infrared optical port, RS 232C/RS 485 port, RS 485 port
	C 1	Infrared optical port, Ethernet (10/100 BaseT), RS 232C/RS 485 port, RS 485 port (note: in addition to infrared optical port, Feature Set C can use any two ports (configurable)), 50k universal internal modem (RU11)
	M 1	Infrared optical port, RS 232C/RS 485 port, RS 485 port (note: in addition to infrared optical port, Feature Set C can use any two ports (configurable)), 50k universal internal modem (RU11)
	E 0	Infrared optical port, Ethernet (10/100 BaseT), RS 232C/RS 485 port, RS 485 port (note: in addition to infrared optical port, Feature Set C can use any two ports (configurable))
9 Onboard I/O	A	None
	B	4 Form C digital outputs, 3 Form A digital inputs
	C	4 Form C digital outputs, 1 Form A digital output, 1 digital input
10 Security	0	Password protected, no security lock
	1	Password protected with security lock enabled (requires removal of outer cover to configure billing parameters)
	3	RMICAN (Measurement Canada approved)
	4	RMICAN/SEAL (Measurement Canada approved, and factory sealed)**
11 Special Order	A	None

Figura 34 - Código de relé de medición.

4.1.10. Relé de protección de alimentador

La protección de alimentador o para ser más precisos protección de líneas aéreas y cables, es el tipo de protección más usado. La protección debe asegurar que la red continua brindando energía. En caso de fallo, debe prevenir se propague a partes sanas de la red. Los relés deben minimizar el daño en los cables y equipos conectados para asegurar la seguridad de todos.

Selección de relé de protección de alimentador

Los relés de gestión de alimentadores **Multilin SR760** son unidades basadas en microprocesadores destinadas a la gestión y protección primaria de los alimentadores de distribución, así como a la gestión y protección de respaldo de buses, transformadores y líneas de transmisión.

Cada relé ofrece funciones de protección, control y supervisión con interfaces humanas locales y remotas. También muestran las condiciones actuales de disparo / alarma y la mayoría de los más de 35 parámetros del sistema medidos. También se realiza la grabación de eventos pasados, alarma o control, niveles máximos de demanda y consumo de energía.

Estos relés contienen muchas características innovadoras. Para cumplir con los diversos estándares de servicios públicos y requisitos de la industria, estas características tienen la flexibilidad de ser programados para satisfacer las necesidades específicas de los usuarios. Esta flexibilidad naturalmente lo hará un equipo difícil de aprender. Para ayudar a los nuevos usuarios a que la protección básica funcione rápidamente, los valores de consigna se establecen en los valores predeterminados típicos y las funciones avanzadas están deshabilitadas. Estos ajustes se pueden reprogramar en cualquier momento.

- Fabricante : General Electric
- Modelo : Multilin SR760 Feeder management relay
- Código : 760-P5-G5-S5-HI-A20R

Desarrollo

Aplicaciones:

- Protección primaria y el control de los alimentadores de distribución en permanentemente puestos a tierra, a tierra de alta impedancia o sistemas resonantes.
- Bloqueo de bus / esquemas de enclavamiento, detección de fallos de alta velocidad para el arco eléctrico.
- Protección de respaldo para líneas de transmisión, líneas y transformadores, generación distribuida (GD) la protección de interconexión.



Ofrece y Brinda protección ante:

- Sobreintensidad de fase instantánea, sobreintensidad de tierra instantánea.
- Fallo a tierra restringida.
- Sobreintensidad de secuencia.
- Mínima tensión de línea, sobretensión, sobretensión en neutro.
- Caída de frecuencia, frecuencia mínima.
- Potencia inversa, comprueba sincronismo.
- Control manual, control de arranque en frío.
- Control del factor de potencia.

La figura 35 es un cuadro de configuración del relé para su pedido, mientras que la figura 36 muestra las protecciones que dispone este relé.

Order Code

760-P5-G5-S5-HI-A20-R-E

Estimated Lead Time

10 business day(s)

Login

Add To Cart

Product Info

Local Sales Office



Product Options

Phase Current	P5 - 5 A phase current inputs
Ground Current	G5 - 5 A zero sequence current inputs
Sensitive Ground *	S5 - 5A sensitive ground current input *
Power	HI - 88-300 VDC, 70-265 VAC @ 48-62 Hz
Analog Output	A20 - Eight 4-20 mA analog outputs
LED	R - Red breaker closed LED
Case	With Case
	Case option W is Non Draw out relay
Faceplate / Communication Option	E - Enhanced display with Standard communication
Harsh Environment Option	None

Figura 35 -Codigo de rele de proteccion de alimentador.

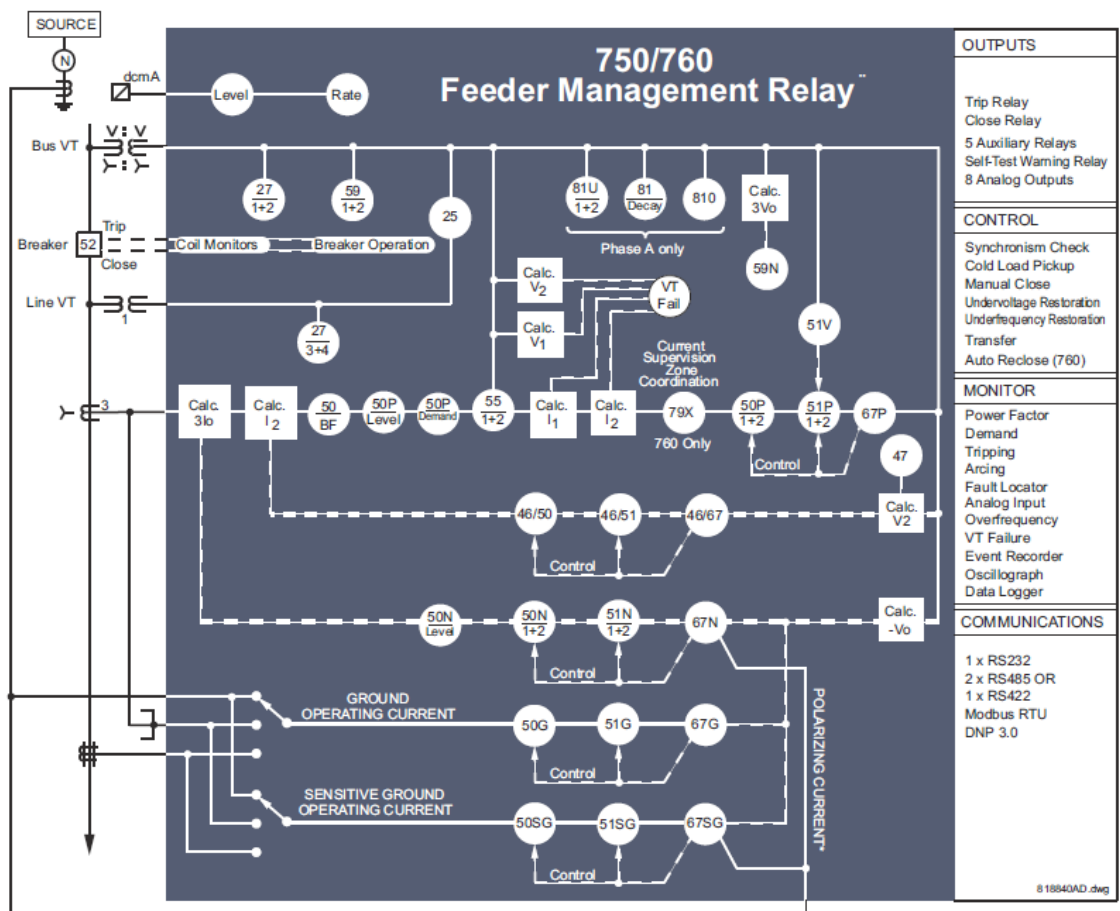


Figura 36 – Diagrama de funciones de rele 750.

4.1.11. Transformadores de instrumentación

Los transformadores de instrumentación son usados en sistemas AC para hacer mediciones eléctricas de voltaje, corriente, potencia, factor de potencia, frecuencia, etc.

Los transformadores de instrumentación también son usados con relés de protección para proteger sistemas de potencia.

La función básica de los transformadores de instrumentación es bajar el nivel de voltaje o de corriente. El voltaje y corriente del sistema de potencial es bastante alto, es muy difícil y costoso diseñar sistemas de medición con estos niveles de voltaje y corriente. Generalmente los instrumentos de medición son diseñados para 5A y 110V

Las mediciones de estas altas cantidades de voltaje y corriente son posibles usando transformadores de instrumentación con medidas de salidas pequeñas.

4.1.11.1. Transformador de potencial para instrumentación

Usados para medir el voltaje de la red, y lleva esta medida a los relés de medición y protección.

A continuación se listan los parámetros de selección:

- Clase
- Interior/exterior
- Potencia
- Voltaje primario
- Nivel de Aislamiento
- Volt. Secundario
- Frecuencia

Selección de transformador de potencial para instrumentación.

- Fabricante : Instrument Transformers Inc
- Modelo : PTW5
- Código : PTW5-2-110-123FF
- Uso en : Interiores
- Clase : 0.3. WXYZ
- Potencia : 1500 VA
- Voltaje primario: 12kV
- Aislamiento : 15,5 kV BIL
- Volt. Secundario: 120V
- Frecuencia : 60 Hz



Nota: Incluye fusibles de media tensión.

La figura 37 es un cuadro de selección brindado por el fabricante para la elección según las características eléctricas.

TWO BUSHING (a)				CATALOG NUMBERS			
GROUP	PRIMARY VOLTAGE	RATIO	SECONDARY VOLTAGE	UNFUSED	FUSES	FUSE CLIPS ONLY	SWITCHGEAR STYLE
1	*7200	60:1	120	PTW5-2-110-722	PTW5-2-110-722FF	PTW5-2-110-722CC	PTW5-2-110-722SS
1	*8400	70:1	120	PTW5-2-110-842	PTW5-2-110-842FF	PTW5-2-110-842CC	PTW5-2-110-842SS
2	11000	100:1	110-50Hz	PTW5-2-110-113	PTW5-2-110-113FF	PTW5-2-110-113CC	PTW5-2-110-113SS
2	*12000	100:1	120	PTW5-2-110-123	PTW5-2-110-123FF	PTW5-2-110-123CC	PTW5-2-110-123SS
2	13200	110:1	120	PTW5-2-110-1322	PTW5-2-110-1322FF	PTW5-2-110-1322CC	PTW5-2-110-1322SS
2	*14400	120:1	120	PTW5-2-110-1442	PTW5-2-110-1442FF	PTW5-2-110-1442CC	PTW5-2-110-1442SS

Figura 37 - Código transf. de potencial para instrumentación.

4.1.11.1. Transformador de corriente de neutro para relé MIG II

Usado para medir la corriente de fallo a tierra y lleva esta señal a los relés de protección.

A continuación se listan los parámetros de selección:

- Clase
- Interior/exterior
- Ratio
- Nivel de Aislamiento
- Frecuencia

Selección de transformador de corriente neutro

- Fabricante : Instrument Transformers Inc
- Modelo : JKM-5C
- Código : 755X142008
- Clase : T200
- Uso en : Interiores
- Ratio : 50:5
- Aislamiento : 15,5 kV BIL
- Frecuencia : 60 Hz



APPLICATION

Designed for indoor service; Suitable for operating meters, instruments and control devices.

INSULATION LEVEL

15.5kV; BIL 110kV full wave

FREQUENCY

50-60 Hz

Nota: Incluido en la resistencia de neutro suministrado por Post Glover.

La figura 38 ha sido brindada por Instrument Transformers Inc para la adecuada selección del transformador de acuerdo a las características eléctricas deseadas.

JKM-5C DATA TABLE										
Current Ratio (Amps) Pri : Sec	ANSI Accuracy Class, 60 Hz			Continuous Thermal Current Rating Factor		Primary Bar Size		Mech. Limit Amps	One Second Thermal Limit, Amps	Catalog Number
	ANSI Meter Class Burden		Relay Class							
	B0.1 to B0.5	B0.9 to 1.8		@ 30 °C Amb.	@ 55 °C Amb.	Width ins.	Thick ins.			
Single Ratio										
5:5	0.3	0.3	T200	1.5	1.33	1.50	0.188	625	465	755X142001
10:5	0.3	0.3	T200	1.5	1.33	1.50	0.188	1250	930	755X142002
30:5	0.3	0.3	T200	1.5	1.33	1.50	0.188	3750	2460	755X142006
40:5	0.3	0.3	T200	1.5	1.33	1.50	0.188	5000	3720	755X142007
50:5	0.3	0.3	T200	1.5	1.33	1.50	0.188	6250	4600	755X142008
75:5	0.3	0.3	T200	1.5	1.33	1.50	0.188	9375	6375	755X142009
100:5	0.3	0.3	T200	1.5	1.33	1.50	0.188	12500	8600	755X142010

Figura 38 - Código de transformador de corriente de neutro.

4.1.11.2. Transformadores corriente de instrumentación para relé MIG II y medidor ION 8650

Usados para medir la corriente en el lado secundario del transformador y lleva esta señal hacia los relés de medición y protección de transformador.

A continuación se listan los parámetros de selección:

- Clase
- Interior/exterior
- Ratio
- Nivel de Aislamiento
- Frecuencia
- Tamaño de ventana

Selección de transformadores de corriente.

- Fabricante : Instrument Transformers Inc
- Modelo : 137
- Código : 137-601
- Clase : C200
- Uso : Interiores
- Ratio : 600:5
- Aislamiento : 10 kV BIL
- Frecuencia : 60 Hz
- Ventana : 5,5" (140mm)



APPLICATION:
Relaying and metering.

FREQUENCY:
50-400 Hz.

INSULATION LEVEL:
600 Volts, 10 kV BIL full wave.

Las figuras 39, 40 y 41 son cuadros de selección para el adecuado seleccionado del transformador de corriente en base a las características eléctricas y de aplicación ya sea medición o protección, línea o neutro.

CATALOG NUMBER	CURRENT RATIO	RELAY CLASS	ANSI METERING CLASS AT 60HZ					SECONDARY WINDING RESISTANCE (OHMS @ 75°C)	CONTINUOUS THERMAL RATING FACTOR	
			BO.1	BO.2	BO.5	BO.9	B1.8		@ 30°C	@ 55°C
137-500	50:5	C10	2.4	4.8	—	—	—	0.019	2.0	2.0
137-201	200:5 *	C50	0.3	0.6	1.2	1.2	2.4	0.078	2.0	2.0
137-301	300:5 *	C100	0.3	0.3	0.6	0.6	1.2	0.116	2.0	2.0
137-401	400:5 *	C100	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.155	2.0	2.0
137-501	500:5 *	C100	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.194	2.0	2.0
137-601	600:5 *	C200	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.233	2.0	2.0

Figura 39 - Código Transformador de corriente.

4.1.11.3. Transformadores de corriente de instrumentación para relé 760

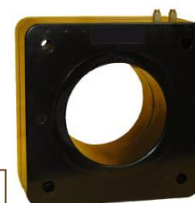
Usados para medir la corriente en cada una de los alimentadores y lleva esta señal hacia los relés de protección de alimentador.

A continuación se listan los parámetros de selección:

- Clase
- Interior/exterior
- Ratio
- Nivel de Aislamiento
- Frecuencia
- Tamaño de ventana

Selección de transformadores de corriente.

- Fabricante : Instrument Transformers Inc
- Modelo : 137
- Código : 137-301
- Clase : C100
- Uso : Interiores
- Ratio : 600:5
- Aislamiento : 10 kV BIL
- Frecuencia : 60 Hz
- Ventana : 5,5" (140mm)



APPLICATION:
Relaying and metering.

FREQUENCY:
50-400 Hz.

INSULATION LEVEL:
600 Volts, 10 kV BIL full wave.

CATALOG NUMBER	CURRENT RATIO	RELAY CLASS	ANSI METERING CLASS AT 60HZ					SECONDARY WINDING RESISTANCE (OHMS @ 75°C)	CONTINUOUS THERMAL RATING FACTOR	
			BO.1	BO.2	BO.5	BO.9	B1.8		③ 30°C	③ 55°C
137-500	50:5	C10	2.4	4.8	—	—	—	0.019	2.0	2.0
137-201	200:5 *	C50	0.3	0.6	1.2	1.2	2.4	0.078	2.0	2.0
137-301	300:5 *	C100	0.3	0.3	0.6	0.6	1.2	0.116	2.0	2.0
137-401	400:5 *	C100	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.155	2.0	2.0
137-501	500:5 *	C100	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.194	2.0	2.0
137-601	600:5 *	C200	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.233	2.0	2.0

Figura 40 - Código Transformador de corriente.

4.1.11.4. Transformadores de corriente de tierra para relé 760

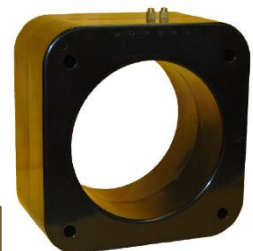
Usados para medir la corriente de fallo de tierra en cada una de los alimentadores y lleva esta señal hacia los relés de protección de alimentador.

A continuación se listan los parámetros de selección:

- Clase
- Interior/exterior
- Ratio
- Nivel de Aislamiento
- Frecuencia
- Tamaño de ventana

Selección de transformadores de corriente.

- Fabricante : Instrument Transformers Inc
- Modelo : 141
- Código : 141-500
- Clase : C10
- Uso : Interiores
- Ratio : 50:5
- Aislamiento : 10 kV BIL
- Frecuencia : 60 Hz
- Ventana : 8" (200mm)



APPLICATION:
Relaying and metering.

FREQUENCY:
50-400 Hz.

INSULATION LEVEL:
600 Volts, 10 kV BIL full wave.

CATALOG NUMBER	CURRENT RATIO	RELAY CLASS	ANSI METERING CLASS AT 60HZ					SECONDARY WINDING RESISTANCE (OHMS @ 75°C)	CONTINUOUS THERMAL RATING FACTOR	
			BO.1	BO.2	BO.5	BO.9	B1.8		@ 30°C	@ 55°C
141-500	50:5	C10	4.8	—	—	—	—	0.033	2.0	2.0
141-101	100:5	C10	2.4	2.4	—	—	—	0.066	2.0	2.0
141-201	200:5	C20	0.6	1.2	1.2	2.4	4.8	0.117	2.0	2.0

Figura 41 - Código de transformador de corriente de neutro.

4.1.12. Transformador de control

El transformador de control será usado para alimentar todos los circuitos de control, también alimentara el transformador de aislamiento el cual a su vez alimenta todos los servicios auxiliares.

A continuación se listan los parámetros de selección:

- Nivel de Aislamiento
- Potencia
- Voltaje primario
- Voltaje secundario
- Frecuencia
- Uso Interior/exterior

Selección del transformador de control

- Fabricante : Instrument Transformers Inc
- Tipo : CPT5
- Código : CPT5-95-10-123
- Aislamiento : 95kV BIL
- Potencia : 10KVA
- Primario : 1200V
- Secundario : 120V /240V
- Frecuencia : 60 Hz
- Uno en : Interiores



En la figura 42 el fabricante indica el tipo de transformador a seleccionar según el nivel de voltaje en el primario, el fabricante también indica el fusible que se debe usar para la protección de este transformador.

APPLICATION:

To provide control power in medium voltage switchgear.

FREQUENCY:

60 Hz.

INSULATION LEVEL:

CPT3: 5 kV, 60 kV BIL full wave.

CPT5: 15 kV, 95 kV BIL full wave.

THERMAL RATING:

10 kVA at 30°C ambient.

8.6 kVA at 55°C ambient.

**CATALOG NUMBER	PRIMARY VOLTAGE	RATIO	SECONDARY VOLTAGE	*FUSE RATING
CPT5-95-10-722**	7200	60:1	120/240	5E
CPT5-95-10-842**	8400	70:1	120/240	5E
CPT5-95-10-123**	12000	100:1	120/240	3E
CPT5-95-10-1242**	12470	104:1	120/240	3E
CPT5-95-10-1322**	13200	110:1	120/240	3E

Figura 42 - Código transformador de control

Fusibles de MT para transformador de control.

Para protección primaria de transformadores, transformadores de servicio pequeño y transformadores de control se usa los fusibles con clasificación E. Estos fusibles ofrecen un alto nivel de interrupción de corriente de fallo en un paquete autónomo sin ventilación que puede montarse en interiores o en un recinto.

Los fusibles de media tensión clasificados por E con bajo amperaje son fusibles limitadores de corriente de uso general. El E-rating define la característica tiempo-corriente de fusión del fusible y permite la intercambiabilidad eléctrica de fusibles con la misma E-Rating.

A continuación se listan los parámetros de selección:

- Voltaje
- Corriente
- Frecuencia
- Uso Interior/exterior

Selección de los fusibles de MT para el transf. de control

- Fabricante : Ferraz Shawmut
- Serie : 9F60
- Código : 9F60CJH003
- Voltaje : 15,5 kV
- Corriente : 3E
- Frecuencia : 60Hz
- Uso : Interiores

La figura 43 muestra los fusibles de clasificación E EJ-1 para transformadores, fusibles tipo 9F60 para un voltaje de 15kV.

Transformer Protection

15.5kV Power Distribution fuses – 9F60 Series, E-Rated EJ-1

12" (305 mm) Clip Centers - Suitable for use indoors or in an enclosure only

Catalog No.	Amp Rating	No. of Barrels	Indicating	Diameter Inches (mm)	Length Inches (mm)	Max Voltage	Max IR RMS Sym	Fuse Support Indoor (EK-1)	Fuse Support Outdoor (EK0-1)	Fuse Disconnect Indoor (EK-3)	Fuse Disconnect Outdoor (EK0-3)
9F60CJH002	2E	1	Yes	2 (50.8)	14.18 (360)	15.5 kV	50kA*	9F61AEG201	N/A	9F61AEG205	N/A
9F60CJH003	3E										
9F60CJH005	5E										
9F60CJH007	7E										
9F60CJH010	10E										

Figura 43 - Código de fusibles de MT.

4.1.13. Transformador de aislamiento

El transformador de aislamiento se encuentra inmediatamente aguas abajo después del transformador de control siendo la única carga de este último, ante un fallo, el transformador de aislamiento debe proteger al transformador de control que es mucho más costoso por ser de media tensión, mientras que el de aislamiento es de baja tensión.

A continuación se listan los parámetros de selección:

- Potencia
- Nivel de aislamiento
- Voltaje primario
- Voltaje secundario
- Frecuencia
- Uso Interior/externo

Selección del transformador de aislamiento.

- Fabricante : Federal Pacific.
- Modelo : SE2N
- Código : SE2N10F
- Potencia : 10 kVA
- Aislamiento : 1000 V
- V. primario : 240x480 V
- V. secundario : 120V / 240V
- Frecuencia : 60 Hz
- Uso : Interiores



Part #	kVA	Height	Width	Depth	Weight (lbs)	Wiring Diagram
SE2T3F	3	13.25	6.25	7.75	60	8
SE2N5FS	5	15	10.1875	10.625	110	10
SE2T5F	5	15	10.1875	10.625	110	8
SE2N7.5F	7.5	15	10.1875	10.625	150	1
SE2T7.5F	7.5	15	10.1875	10.625	150	8
SE2N10F	10	17	13.1875	13.125	175	1
SE2T10F	10	17	13.1875	13.125	175	8

Figura 44 - Código de transformador de aislamiento.

4.1.14. Baterías

Alimentara los relés de medición y protección con lo cual ante un fallo o desenergización del sistema, estos sigan registrando los sucesos posteriores.

Las baterías también pueden usarse para los circuitos de control y sistema de señalización.

A continuación se listan los parámetros de selección:

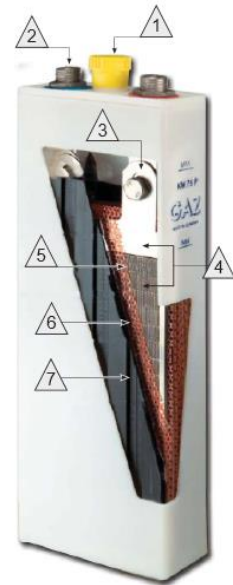
- Material
- Capacidad
- Rango de temperatura de operación
- Tiempo de descarga

Selección de baterías

- Fabricante : Alpha industrial power
- Modelo : KPM
- Código : KPM-70P (92 celdas)
- Material : Níquel - Cadmio
- Capacidad : 70 AH
- Rango : de -40 °C a 50°C
- Descarga : de 5minutos a 8 horas

Más características:

- Presión baja; la ventilación de detección de llama previene la formación de carbono.
- Terminal de la seguridad; la protección contra fugas redundantes minimiza la formación de carbonato.
- Borde del electrodo; conectado al polo a través de hardware de alta estabilidad mecánica.
- Marco de electrodo; Se compone de borde del electrodo y barras laterales. Sella las placas y sirve como un colector de corriente bolsillos horizontales; formado por tiras de acero perforadas que contienen los materiales activos.
- Corrugado, separador de plástico perforado. aísla las placas y permite la libre circulación del electrolito.
- Separador de esterilla de fibra; separador especial aísla las placas y mejora la recombinación interna.
- Distancia de la placa; Evita el movimiento del paquete de electrodo.



La figura 45 brindada por Alpha Industrial Power, para la selección de las baterías en base a los Ah, también brinda información física de las celdas.

Nickel Cadmium Batteries

Cell Type KPM



Cell Designation	C5(Ah)	Cell Dimension WxLxH (mm / in)	Terminals		Cell Weight (kg / lb)	
			No.	M (mm)	With Electrolyte	Electrolyte
KPM-20P	20	85x45x256 / 3.35x1.77x10.1	2	10	1.5 / 3.3	0.2 / 0.44
KPM-30P	30	85x45x256 / 3.35x1.77x10.1	2	10	1.72 / 3.78	0.37 / 0.81
KPM-40P	40	85x85x256 / 3.35x3.35x10.1	2	10	2.8 / 6.16	0.9 / 1.98
KPM-50P	50	85x85x256 / 3.35x3.35x10.1	2	10	2.9 / 6.3	0.67 / 1.47
KPM-70P	70	130x70x310 / 5.12x2.76x12.20	2	10	4.1 / 9.02	0.7 / 1.54
KPM-80P	80	130x70x330 / 5.12x2.76x12.99	2	10	5.0 / 11.0	1.0 / 2.2

Figura 45 - Código de baterías

4.1.15. *Cargador de baterías*

Básicamente su función es cargar el banco de baterías, pero ante una descarga de las baterías o un fallo de estas, el cargador debe brindar a corriente necesaria para alimentar todas las cargas en corriente continua del sistema.

A continuación se listan los parámetros de selección:

- Voltaje de alimentación
- Numero de fases de alimentación
- Voltaje salida
- Corriente salida

Selección del cargador de baterías.

- Fabricante : Alpha industrial power
- Modelo : ST
- Código : 1ST13005031001000
- Voltaje de alim : 240Vac
- Num. de fases : 1
- Voltaje salida : 130 Vdc
- Corriente salida: 50 Adc

Más características:

- Cargador de batería de uso industrial
- Control mediante microprocesador y pantalla digital.
- Tarjeta de control universal, desactivación de control para libre manipulación.
- Ajustes online.
- Construcción modular para fácil mantenimiento e intercambio de piezas.
- Opción de operación sin baterías, alimentar directamente las cargas.



Desarrollo

La figura 46 ha sido brindada por Alpha Industrial Power hacia sus clientes para la adecuada selección del cargador en base a la corriente de salida, además para la adecuada configuración como voltaje de alimentación, etc.

1	ST	1	3	0	0	5	0	3	1	0	0	1	0	0	0
A		B			C			D	E	F	G	H	I	J	K

If a space has no option selected, a zero must be inserted.

Box	ST	Description
A	1	1 Phase
B		Nominal DC Output Voltage
	024	24 Vdc
	048	48 Vdc
C	130	130 Vdc
		Nominal DC Output Current
	006	6 Adc
	012	12 Adc
	020	20 Adc
D	025	25 Adc
	050	50 Adc *
		Input Voltage
E	1	120
	2	208 (not UL listed)
	3	240
F		Filtering
	0	Unfiltered
G	1	Filtered / Eliminator
		Relays
H	0	No Relays
	1	Individual Alarm Relay Contact Board

Box	ST	Description
G		Remote Sensing
	0	Not Supplied
	1	Remote Control Panel
	2	Remote Temperature Compensation
	3	Remote DC Voltage Sensing
	4	Lines 1 & 2
	5	Lines 1 & 3
H	6	Lines 2 & 3
	7	Lines 1, 2 & 3
		Lightning Arrester
	0	Not Supplied
I	1	Included
		Charging
	0	Not Supplied
J	1	Parallel Charging
	2	Series Charging (Consult Factory)
		Special Treatments
K	0	None
	1	Fungus Proofing
	2	Conformal Seal On Electronic PC Board
	3	Lines 1 & 2
L		Other Options
	0	None
	1	Lockable enclosure door
	2	NEMA 4 enclosure
	3	NEMA 12 enclosure
	4	19" Rack flanges @ 6.0" from front
	5	23" Rack flanges @ 6.0" from front
	6	Lines 1 & 4
M	7	Lines 1 & 5

Figura 46 -Codigo cargador de baterias.

4.1.16. *Control eléctrico de los interruptores de potencia.*

Ante cualquiera de los siguientes fallos: corto circuito ya sea fase-fase o fase-tierra, corte completamente de los cables de alimentación entre la subestación y la carga, presencia de algún operario en una zona peligrosa, apertura inesperada del seccionador o más problemas que puedan afectar al sistema, el sistema de control debe detectar estos problemas y accionar los interruptores de salida para separar la carga del sistema así proteger el sistema eléctrico de la subestación.

Para el control de los interruptores de potencia a parte del relé de protección de alimentador se usaran los siguientes equipos:

- Ground monitor

Marca : Line Power

Modelo: 17-0009



Función

Verifica si se presenta un fallo de tierra en la carga, por ejemplo si se ha generado la ruptura del cable de fuerza que alimenta la carga, el monitor de tierra recibirá la señal del hilo piloto y actuará.

Parámetros de selección:

Voltaje de entrada : 115 Vac

Frecuencia de alim : 60 Hz

Potencia : 16VA

- Capacitor Trip

Marca : Instrument Transformers.

Modelo: CTDB-6-120



Función

Proporciona una fuente de energía para el interruptor de circuito y el funcionamiento bobina de disparo del interruptor durante una pérdida de voltaje de control AC.

Parámetros de selección:

Voltaje de entrada : 120/240 Vac
Frecuencia de alim : 60 Hz
Voltaje de salida : 169 Vdc
Potencia : 2 VA

- Control Switch

Marca : Electroschwitch
Modelo: 2441D



Función

Permite un control manual de la apertura del interruptor ideal para pruebas y mantenimiento, así como un control automático controlado por los diversos relés para la puesta en servicio.

Parámetros de selección:

Voltaje de bobina : 125 Vdc

- Lock-out relay

Marca : Electroschwitch
Modelo: 7803E



Función

Cuando un fallo ocurre y el interruptor recibe la señal de disparo (apertura), el lock-out relay bloquea el sistema de control para evitar que el interruptor vuelva a ser cerrado mientras que el fallo siga presente.

Parámetros de selección:

Voltaje de bobina : 125 Vdc

- Bloque de pruebas
Marca : Multilin
Modelo: 515



Función

Con la apertura de los interruptores e insertando los conectores de pruebas, se puede monitorear las señales de corrientes residuales provenientes de los transformadores de corriente.

Durante el comisionamiento se puede inyectar corriente al relé desde un segundo set de pruebas.

- Amperímetro analógico
Marca : Crompton Instruments
Modelo: 077-05FA-LSSJ-C6

Parámetros de selección:

Clasificación : 5 A

Escala : 0-300 A



- Control de amperímetro
Marca : Crompton Instruments
Modelo: 2409

Función

Nos permite seleccionar que fase deseamos medir.



- Voltímetro
Marca : Crompton Instruments
Modelo: 077-08VA-PZWC-C6



Parámetros de selección:

Clasificación : 150 V

Escala : 0-15 kV

- Control de voltímetro

Marca : Crompton Instruments

Modelo: 2404



Función

Nos permite seleccionar que fase deseamos medir.

- Parada de emergencia

Marca : Cutler Hammer

Modelo: 10250T29



- Pilotos indicadores internos

Marca : Cutler Hammer

Modelo: 10250T197L



- Pilotos indicadores externos

Marca : Federal Signal

Modelo: 191XL-120-240G/R



- Fin de carrera

Función

Nos indicara presencia de personal en zonas de media tensión, esta señal se usara para desenergizar el sistema completo por seguridad, tanto interruptor como seccionador.



4.2. DISEÑO MECÁNICO

4.2.1. *Pórtico, análisis de esfuerzos.*

El pórtico (acometida de entrada) tendrá la función de hacer de soporte tanto del seccionador de potencia y fusibles seccionables, el diseño de esto tiene gran importancia por su altura y su influencia para el transporte.

Consideraciones a tomar en cuenta:

- La altura del pórtico no debe ser muy grande dado que para el traslado de la subestación tendría que desmontarse el seccionador y fusibles y posiblemente el mismo pórtico.
- La altura tampoco debe menor a lo establecido por norma, dado que a este pórtico llegan líneas de alta tensión.
- El ancho de la base donde se montara la aparamenta eléctrica dependerá de las distancias de seguridad entre fases.
- Las dimensiones de la base también quedan condicionada a los requerimientos del fabricante del seccionador, dado que necesita ciertos espacios mínimos para su mecanismo de apertura y cierre.
- El peso del pórtico debe ser lo mínimo posible para evitar el balanceo de la subestación en el traslado, recordar que las vías en las minas no son asfaltadas.
- Se debe prestar especial atención en los pernos de anclaje del pórtico.
- Todo el material será galvanizado en caliente, con lo que se consigue evitar presencia de óxido por un periodo de hasta 25 años.
- Todos los perfiles serán de acero estructural al carbono ASTM A-36.
- Se hará uso de perfiles estándares.
- Se establecerá un factor de seguridad como mínimo de tres (3).

Cargas:

- Aparamenta eléctrica (seccionador y fusibles de potencia)
- Se incluye dos personas para mantenimiento.

Tabla 2 - Cargas sobre el pórtico

CARGAS				1624	Kg
It	DESCRIPCION	Unid	Cant	Peso Unit (kg)	Peso (Kg)
1	Seccionador de Potencia	Fases	03	150	450
2	Mando de seccionador	Unid	01	70	70
3	Portafusibles y fusibles	Fases	03	318	954
4	Personal de mantenimiento	Unid	02	75	150

Perfiles a usar:

	Designación métrica	(Designación nominal)
Postes	: Viga W 150mm x 150mm x 22,5 Kg/m	(W 6" x 15 Lb/pie)
Arriostre intermedio	: Viga W 100mm x 100mm x 19,3 Kg/m	(W 4" x 13 Lb/pie)
Base de aparamenta	: Viga U 150mm x 50mm x 15,5 Kg/m	(C6" x 10,5Lb/pie)
Arriostres	: Angulo 100mm x 100mm x 6mm	(L 4" x 4" x 1/4")
Base de postes	: Plancha de 12,5mm	(PL 1/2")
Placas de unión	: Plancha de 10mm	(PL 3/8")

Según los cálculos realizado por el método de Cross (Ver anexos1), todos los elementos cumplen las siguientes verificaciones:

- **Flexión simple:** conforme
- **Flexión compuesta (flexión + corte):** conforme
- **Pandeo lateral:** conforme
- **Interacción (pandeo + flexión):** conforme
- **Interacción (pandeo lateral + flexión):** conforme

Desarrollo

A continuación se muestra un resumen de lo resultados obtenido en la simulación mediante Autodesk Inventor (Ver simulación completa en Anexos)

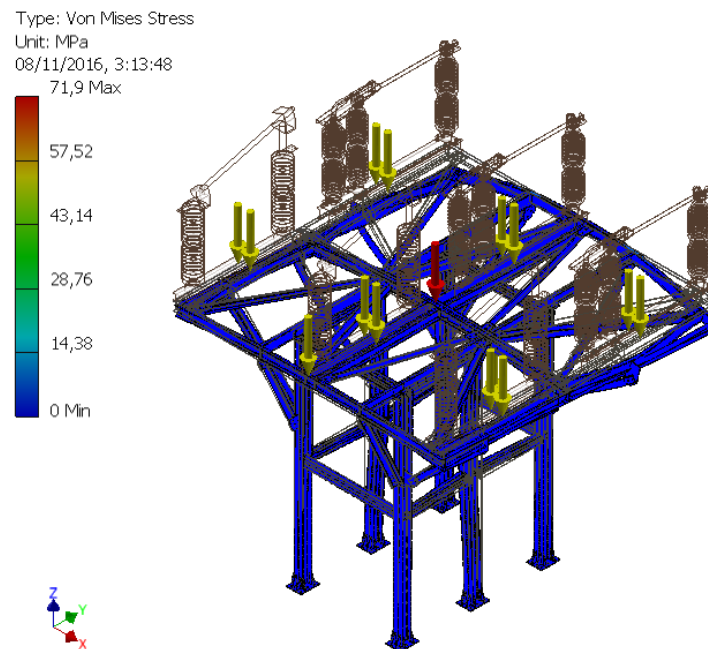


Figura 48 - Esfuerzos en analisis del portico

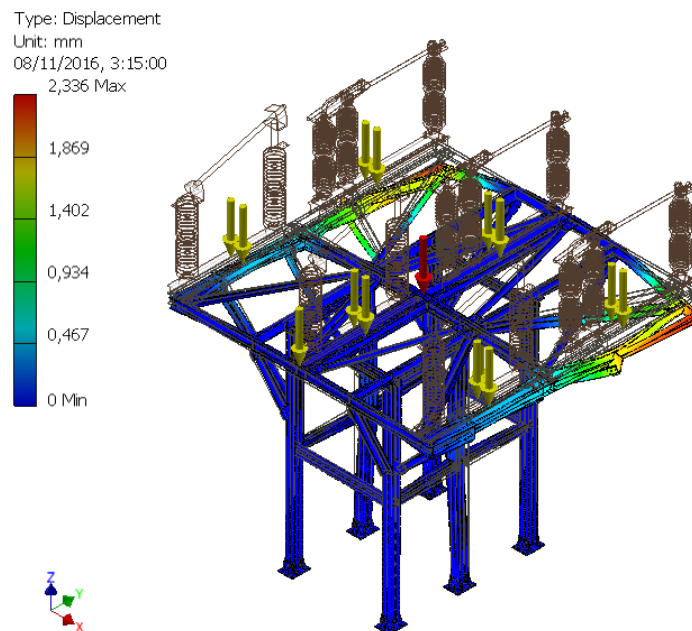


Figura 49 - Desplazamientos en analisis del portico

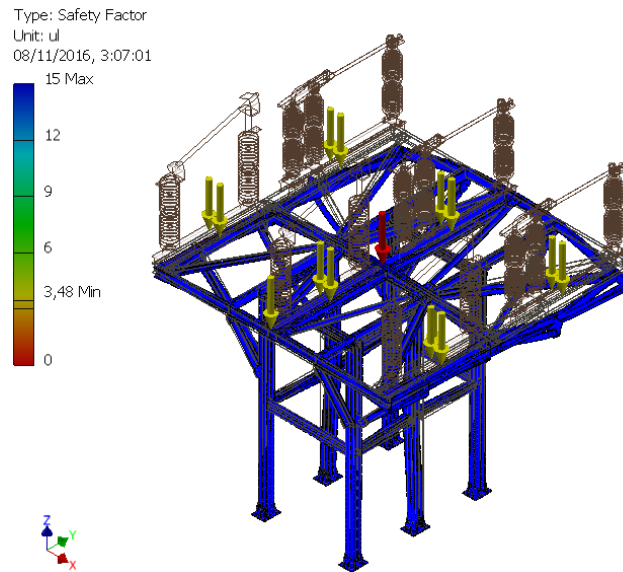


Figura 50 - Factor de seguridad en analisis del portico

La figura 48 muestra que se cuenta con un esfuerzo máximo de 71,9MPa, menor que los 200Mpa del acero Astm A36.

La figura 49 muestra que el desplazamiento máximo es de 2,3mm.

La figura 50 muestra que el sistema cuenta con un factor de seguridad como mínimo de 3,48, lo cual es superior a 3 unidades y cumple con nuestro requisito.

4.2.2. Caseta, análisis de esfuerzos.

La caseta (lado secundario), debe estar diseñada para poder almacenar todos los equipos en el lado secundario y brindar un buen aislamiento ante la lluvia.

Consideraciones a tomar en cuenta:

- Las dimensiones deben ser lo suficiente para cubrir todo el equipamiento eléctrico con sus respectivas distancias de seguridad.
- Las dimensiones deben permitir un normal desenvolvimiento del personal de mantenimiento.
- En el lado frontal estarán ubicado los cuatro paneles de control por lo que se debe considerar las distancias necesarias para evitar el aglomera miento del personal operativo.
- Se usara planchas de acero plegadas para la construcción.
- Se debe prestar atención en la hermeticidad, techo paredes y puertas.

Cargas:

- Equipamiento de control
- Se incluye dos personas sobre el techo para mantenimiento.

Tabla 3 - Cargas sobre la caseta

CARGAS				609 Kg	
It	DESCRIPCION	Unid	Cant	Peso Unit (kg)	Peso (Kg)
1	Resistencia Neutro	Unid	01	194	194
2	Control y Otros	Glb	01	250	250
3	Conectores 7.2Kv	Unid	02	7,5	15
4	Personal de mantenimiento	Unid	02	75	150

Perfiles a usar:

	Designación métrica	(Designación nominal)
Soportes	: Angulo 100mm x 100mm x 6mm	(L 4" x 4" x 1/4")
Paredes y puertas	: Plancha de 3mm	(PL 1/8")
Techo	: Plancha de 3mm	(PL 1/8")

A continuación se muestra un resumen de los resultados obtenidos en la simulación mediante Autodesk Inventor (Ver simulación completa en Anexos).

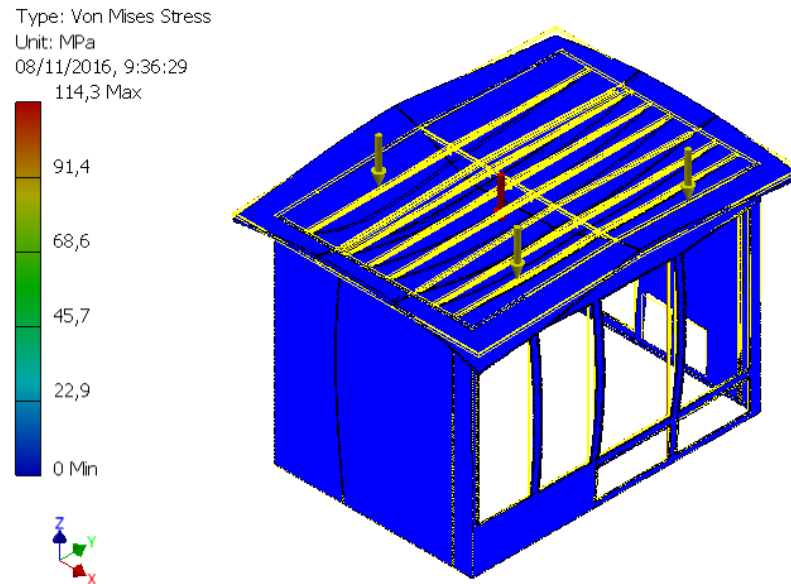


Figura 51 - Esfuerzos en análisis de la caseta

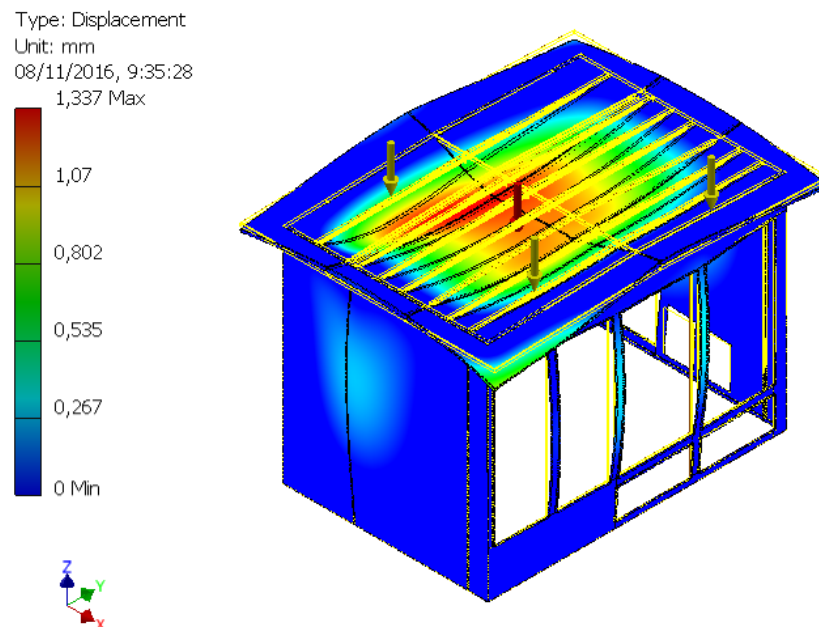


Figura 52 - Desplazamientos en análisis de la caseta

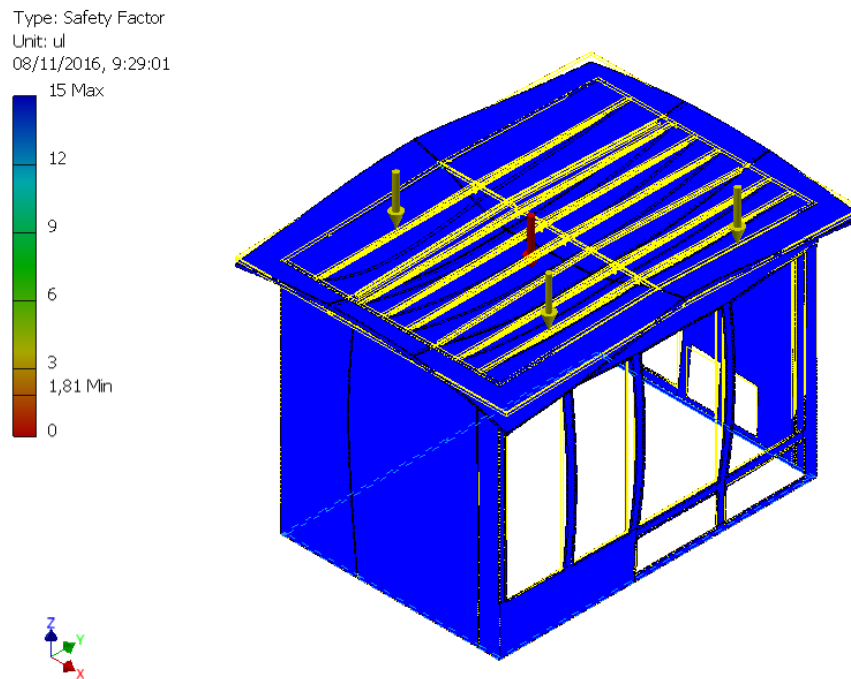


Figura 53 - Factor de seguridad en análisis de la caseta

La figura 51 muestra que se cuenta con un esfuerzo máximo de 71,9MPa, menor que los 200Mpa del acero Astm. A36.

La figura 52 muestra que el desplazamiento máximo es de 2,3mm.

La figura 53 muestra que el sistema cuenta con un factor de seguridad como mínimo de 3,48, lo cual es superior a 3 unidades y cumple con nuestro requisito.

4.2.3. *Plataforma, análisis de esfuerzos*

La plataforma debe contemplar el peso del transformador incluido aceite, pórtico y el balance de este en el traslado, la caseta, caseta de baterías y cerco perimétrico.

Hay que tomar en consideración que la operación se realizara en terrenos no asfaltados, contemplar todas las dimensiones para su traslado por vía publica desde fabrica hasta obra y para ello poder circular por puentes, túneles, etc.

Consideraciones a tomar en cuenta:

- La ruta que se tomara para el traslado de la subestación a mina
 - Puentes : El peso de la subestación debe ser menor al soportado por el puente.
 - Túneles : La altura debe permitir la circulación de la subestación hasta la mina con el mayor equipamiento posible ya montado, especialmente el transformador de potencia.
- La plataforma se diseñara de forma que todas las cargas principales; transformador de potencia y pórtico estén sobre vigas para su anclaje.
- El ancho y largo estarán limitados a lo estipulado por el ministerio de transportes.
- Se hará uso de perfiles estándares así como de perfiles fabricados con planchas de acero.
- Todos los perfiles serán de acero estructural al carbono ASTM A-36.
- Se establecerá un factor de seguridad como mínimo de 1,5
- Se dispondrá de un cuello de cisne en la parte delantera y una pequeña plataforma con un King Pin para su acople al camión.
- Se dispondrá de gatos hidráulicos para su ubicación en sitio.
- El piso de la plataforma será de plancha de acero de 12 mm de espesor.
- El número de ejes así como el número de ruedas que se le asignaran a la plataforma depende del peso total de la subestación.

Desarrollo

Cargas:

- Pórtico, incluido toda la aparamenta eléctrica que va montado sobre este.
- Transformador de potencia.
- Caseta, incluido todo el equipamiento que va dentro.
- Baterías y cargador incluidos sus soportes y casetas.
- Cerco perimétrico.
- Piso.

Tabla 4 - Cargas sobre el reticulado

CARGAS					30646	Kg
It	DESCRIPCION	Unid	Cant	Peso Unit (kg)	Peso Sub Glb (Kg)	Peso (Kg)
1	Pórtico	Unid	01	2.112	2112	3.586,0
	Seccionador de Potencia	Fases	03	150	450	
	Mando de seccionador	Unid	01	70	70	
	Portafusibles y fusibles	Fases	03	318	954	
2	Transformador de potencia	Unid	01	19900	19900	19.954,0
	Pararrayos lado primario	Fases	03	18	54	
3	Caseta lado secundario	Unid	01	1.526	1.526	3.030
	Pararrayos lado secundario	Unid	03	18	54	
	Resistencia neutro	Unid	01	194	194	
	Interruptores de potencia	Unid	02	73	146	
	Transformadores de corriente	Unid	12	13	150	
	Transformadores de corriente neutro	Unid	02	13	25	
	Transformadores de potencial	Unid	02	90	180	
	Transformador de Control	Unid	01	155	155	
	Transformador de Asilamiento	Unid	01	75	75	
	Tablero SS.AA.	Unid	01	35	35	
	Aisladores	Unid	30	0,5	15	
	Barras de cobre	Glb	01	150	150	
	Cable de fuerza	Metros	30	2	60	
	Conectores 7.2Kv	Unid	02	8	15	
	Control y Otros	Glb	01	250	250	
4	Caseta y estante de baterías	Glb	01	177,8	177,8	555,0
	Baterías	Unid	92	4,1	377,2	
5	Caseta cargador de baterías	Unid	01	55	55	209,0
	Cargador de baterías	Unid	01	154	154	
6	Cerco perimétrico	Unid	01	484	484	484
7	Piso (Plancha con espesor de 12mm)	Unid	01	2.828	2.828	2.828

Las figuras 54 y 55 muestran las cargas y los respectivos perfiles de acción.

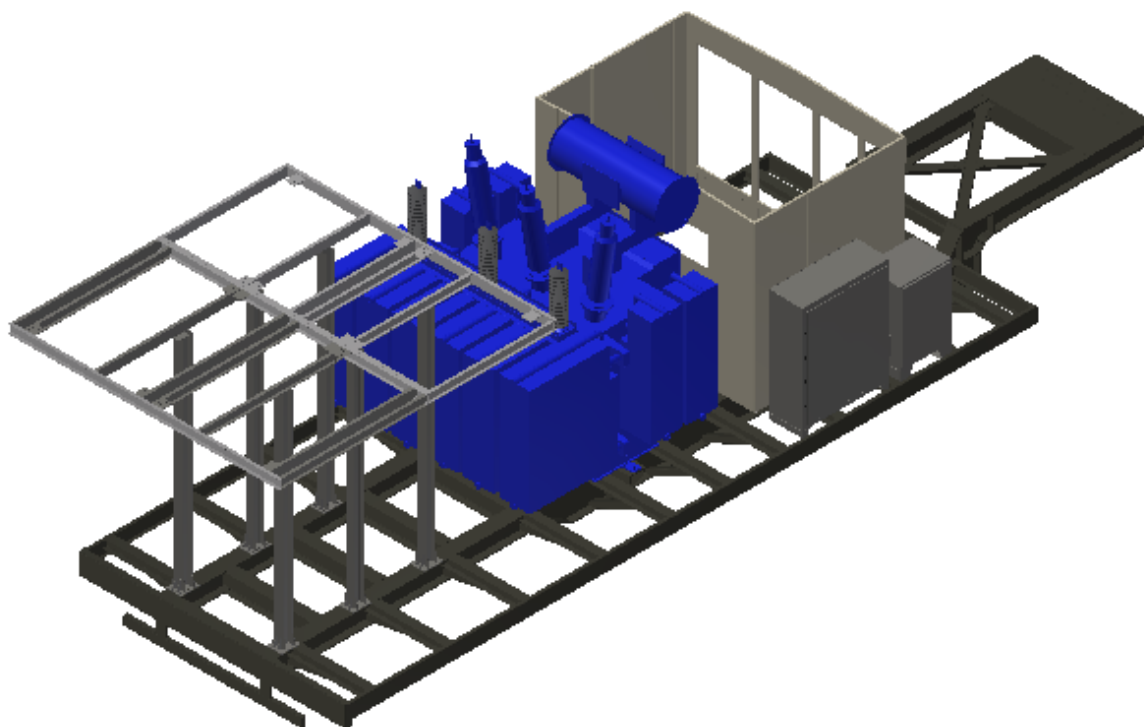


Figura 54 - Perfiles de reticulado y sus respectivas cargas

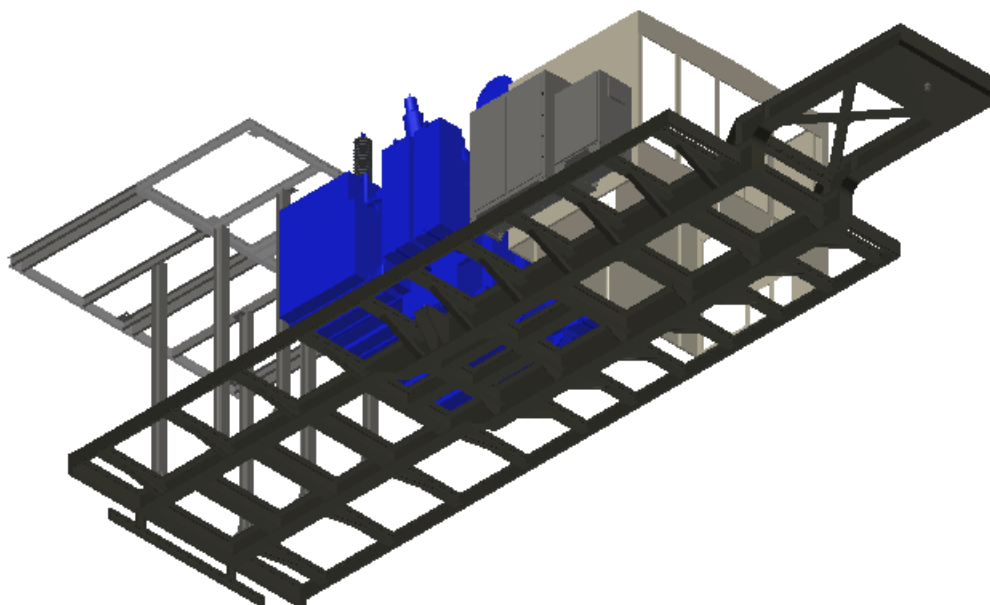


Figura 55 - Perfiles de reticulado y sus respectivas cargas

Desarrollo

Perfiles a usar:

- Vigas longitudinales centrales (parte delantera)
Viga W Prefabricada
Alma : (Alto 490mm) x (Espesor 25mm)
Alas : (Ancho 250mm) x (Espesor 20mm)
- Vigas longitudinales centrales (parte posterior)
Viga W Prefabricada
Alma : (Alto 300mm) x (Espesor 25mm)
Alas : (Ancho 250mm) x (Espesor 20mm)
- Soporte refuerzo para transformador
Viga W Prefabricada
Alma : (Alto 300mm) x (Espesor 8mm)
Alas : (Ancho 200mm) x (Espesor 13mm)
- Vigas transversales centrales :
Viga W Prefabricada
Alma : (Alto 300mm) x (Espesor 8mm)
Alas : (Ancho 200mm) x (Espesor 13mm)
- Vigas transversales laterales
Viga W 150mm x 150mm x 22,5 Kg/m
- Arriostres soporte para vigas transversales laterales
Tubo cuadrado 100mm x 100mm x 6mm

- Perímetro
Viga U prefabricada
Con plancha plegada : Espesor de 6mm
Alma : Alto 250mm
Alas : Ancho 60mm
- Cuello de cisne
Viga U prefabricada
Con plancha plegada : Espesor de 6mm
Alma : (Alto 330mm) x (Espesor 12mm)
Alas : (Ancho 250mm) x (Espesor 20mm)
- Crucetas en zona de King ping
Viga U 150mm x 50 mm x 15,6 Kg/m
- Piso
Plancha de 12mm de espesor

Según los cálculos realizado por el método de Cross (Ver anexos1), todos los elementos cumplen las siguientes verificaciones:

- **Flexión simple:** conforme
- **Flexión compuesta (flexión + corte):** conforme
- **Pandeo lateral:** conforme
- **Interacción (pandeo + flexión):** conforme
- **Interacción (pandeo lateral + flexión):** conforme

A continuación se muestra un resumen de los resultados obtenidos en la simulación mediante Autodesk Inventor (Ver simulación completa en Anexos).

La figura 56 muestra que se cuenta con un esfuerzo máximo de 167,9MPa, menor que los 200Mpa del acero Astm A36.

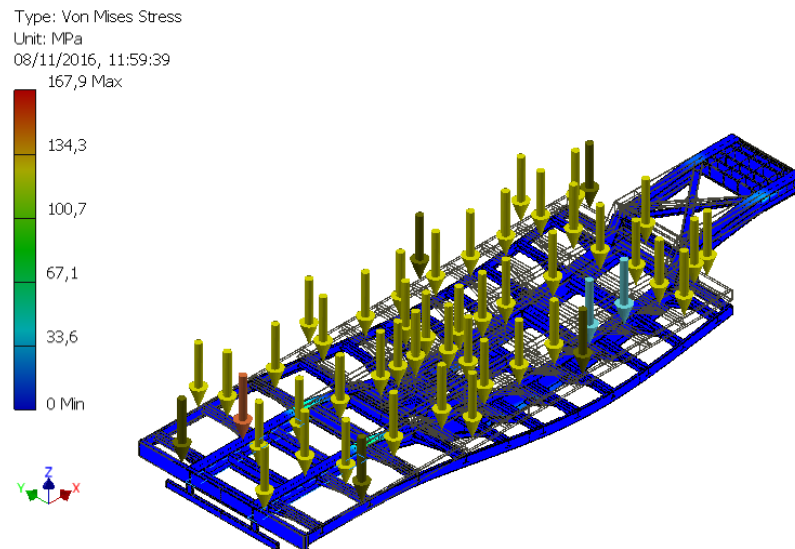


Figura 56 - Esfuerzos en analisis de reticulado

La figura 57 muestra que el desplazamiento máximo es de 6,8mm, según norma el desplazamiento máximo no debe exceder 1mm por cada 1m, dado que el largo de la viga es 14,5 el desplazamiento máximo permitido es 14,5mm, con lo que estamos dentro del rango.

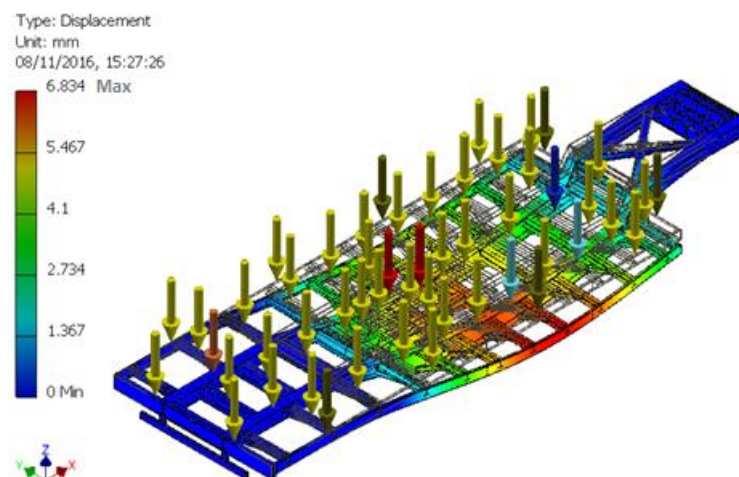


Figura 57 - Desplazamientos en analisis de reticulado

La figura 58 muestra que el sistema cuenta con un factor de seguridad como mínimo de 1,49. Siendo lo requerido como mínimo 1,50.

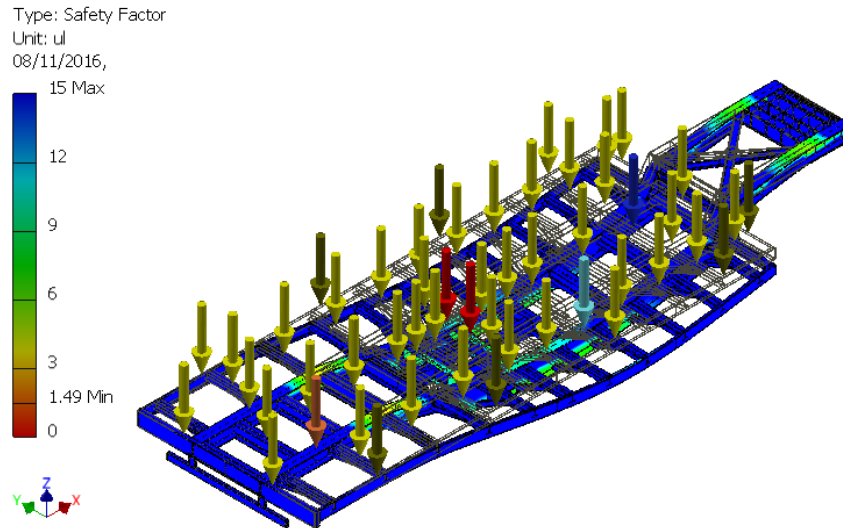


Figura 58 - Factor de seguridad en análisis de reticulado

La figura 59 muestra los ratios de uso, todos los ratios o menores que 1, por lo que cumplen la normativa.

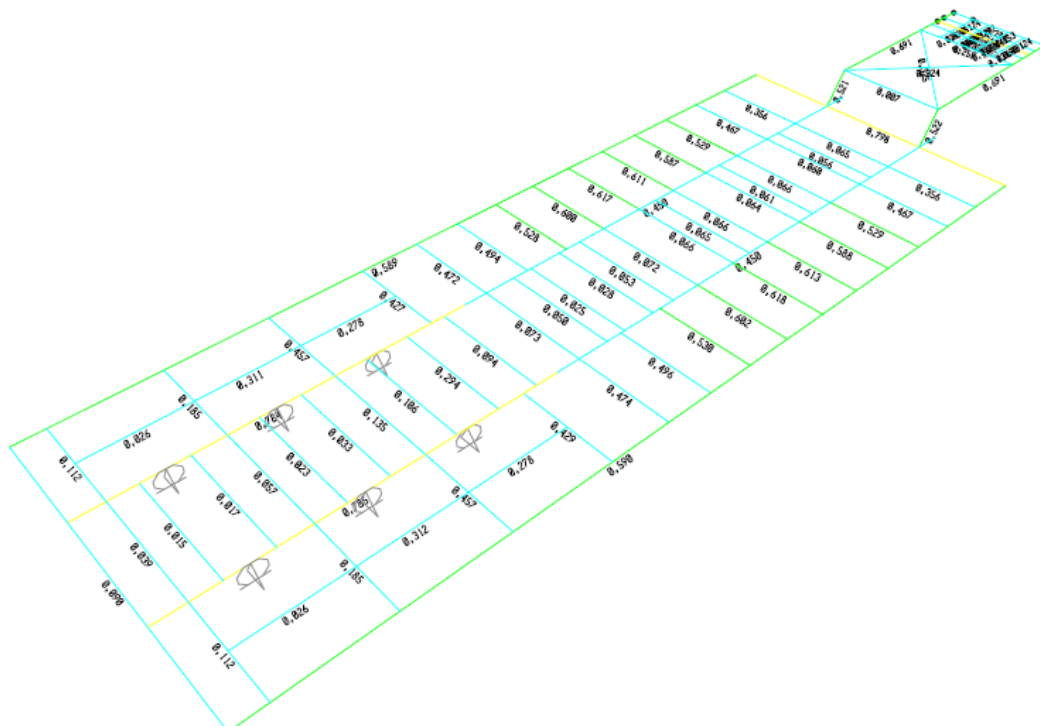


Figura 59 - Ratio de uso en analisis de reticulado

4.3. EQUIPAMIENTO MECÁNICO

Una vez dimensionado toda la estructura mecánica y conociendo sus pesos, se procede a la selección del equipamiento mecánico del tracto, para lo que se usa el peso total de la subestación.

SUBESTACION ELECTRICA MOVIL	39160 Kg
------------------------------------	-----------------

It	EQUIPO ELECTRICOS	Unid	Cant	Peso Unit (kg)	Peso (Kg)
1	Seccionador de Potencia	Fases	03	150	450
2	Mando de seccionador	Unid	01	70	70
3	Portafusibles y fusibles	Fases	03	318	954
4	Pararrayos lado primario	Fases	03	18	54
5	Transformador de potencia	Unid	01	19900	19.900
6	Pararrayos lado secundario	Unid	03	18	54
7	Resistencia Neutro	Unid	01	194	194
8	Interruptores de potencia	Unid	02	73	146
9	Transformadores de corriente	Unid	12	12,5	150
10	Transformadores de corriente neutro	Unid	02	12,5	25
11	Transformadores de potencial	Unid	02	90	180
12	Transformadores de Control	Unid	01	155	155
13	Transformador de Aislamiento	Unid	01	75	75
14	Tablero SS.AA.	Unid	01	35	35
15	Baterías	Unid	92	4,1	377
16	Cargador de baterías	Unid	01	154	154
17	Aisladores	Unid	30	0,5	15
18	Barras de cobre	Glb	01	150	150
19	Cable de fuerza	Metros	30	2	60
20	Conectores 7.2Kv	Unid	02	7,5	15
21	Control y Otros	Glb	01	250	250
					<u>23.463</u>

It	ESTRUCTURAS MECANICAS	Unid	Cant	Peso Unit (kg)	Peso (Kg)
22	Caseta lado secundario	Unid	01	1.526	1.526
23	Caseta y estante de baterías	Glb	01	178	178
24	Caseta cargador de baterías	Unid	01	55	55
25	Pórtico	Unid	01	2.112	2.112
26	Cerco perimétrico	Unid	01	484	484
27	Piso de plataforma	Unid	01	2828	2.828
28	Reticulado	Unid	01	7842	7.842
29	Ejes, ruedas, muelles, etc.	Glb	01	672	672
					<u>15.697</u>

4.3.1. Gatos mecánicos

- Fabricante : Jost
- Modelo : C200.T1.19
- Capacidad estática : 50 Ton
- Cap. levantamiento : 24 Ton
- Desplazamiento : 480mm
- Cantidad de unidades : 03



4.3.2. Ejes

- Fabricante : Ingersoll Axles
- Modelo : F22T
- Capacidad : 12,5 Ton
- Cantidad de unidades : 03



4.3.3. Aros

- Fabricante : Maxion Wheels
- Modelo : Base ancha
- Código : 10045
- Cantidad de unidades : 12



4.3.4. King Pin

- Marca : Jost
- Modelo : KZ 10
- Capacidad : 16,5 Ton
- Cantidad : 01



4.4. ENSAMBLAJE FINAL

Se debe brindar las facilidades para la operación y mantenimiento de la subestación, así como brindar las distancias de seguridad adecuadas tanto interiores y exteriores.

Disposición de equipos

- El transformador de potencia debe estar ubicado en la parte central de la plataforma, así dividiendo físicamente los lados de alta (66 kV) y media tensión (12kV).
- El pórtico por ser más pesado que la caseta se instalara en la parte posterior del camión, exactamente sobre los ejes.
- La caseta se ubicara en la parte delantera del camión, con sus respectivos paneles de control fuera de la caseta, separando así el lado de media tensión (12kV) del de baja tensión (240 V).
- Dado que no es necesario un fácil acceso a la resistencia neutro más que solo para mantenimiento, esta se instalará en el techo de la caseta para ahorrar espacio.
- Se debe crear los diversos accesos tanto al mando de seccionador, panel del transformador de potencia, interior de caseta y paneles de control.
- Los conectores de salida se montarán a un solo lado de la subestación.
- Las baterías por emitir gases deben ir instalados en su propia caseta, fuera de la caseta de media tensión.
- El cargador de baterías también ira montado en su propia caseta, fuera de la caseta de media tensión.
- En la distribución de equipos dentro de la caseta se debe considerar las distancias de seguridad fase-fase y fase-tierra.

En la figura 59 se muestra la distribución externa del equipamiento eléctrico.

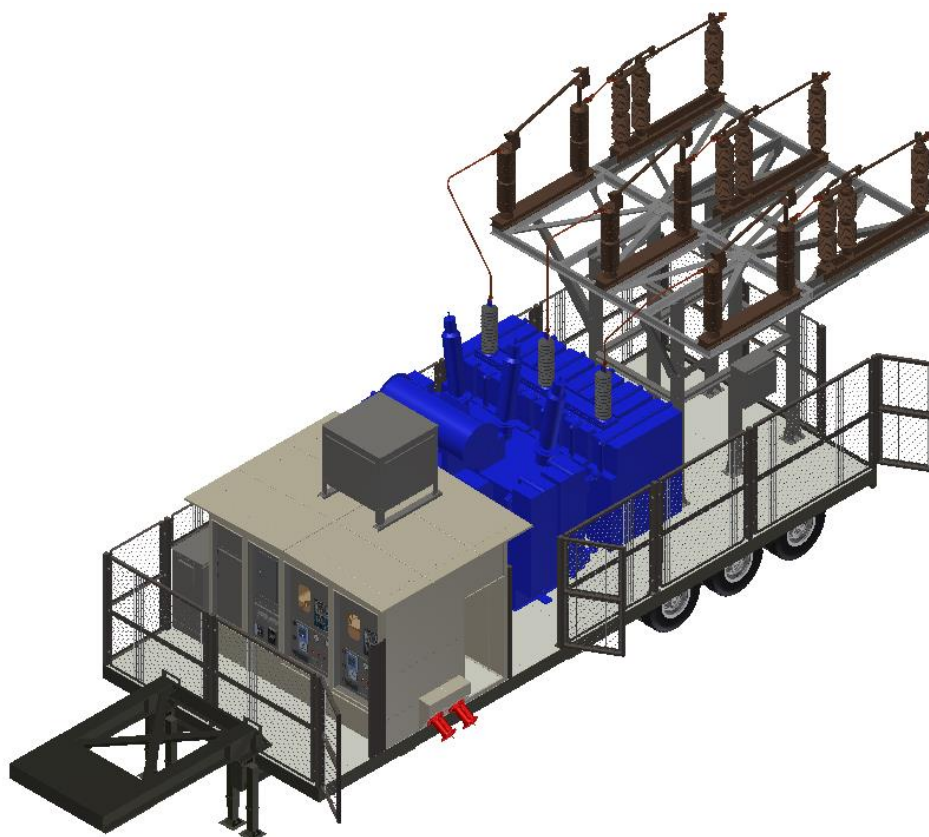


Figura 60 - Distribucion externa

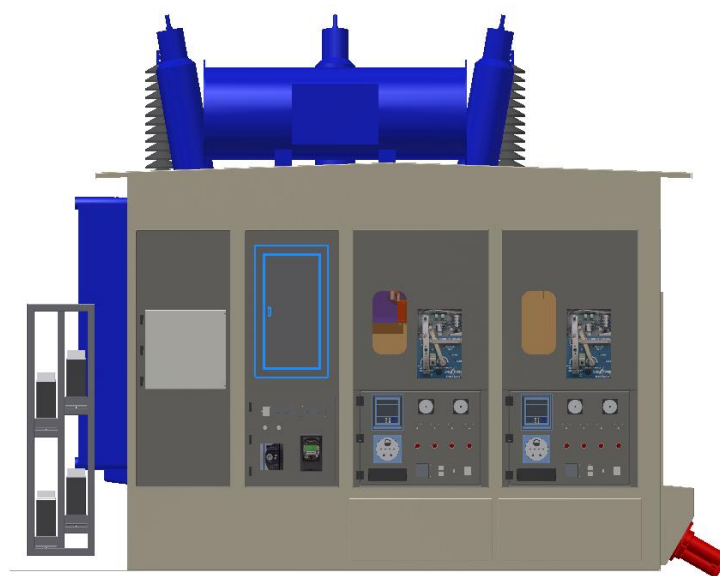


Figura 61 - Paneles de control

Desarrollo

Las figuras 61 y 62 muestran la distribución de equipos eléctricos de media tensión dentro de la caseta.

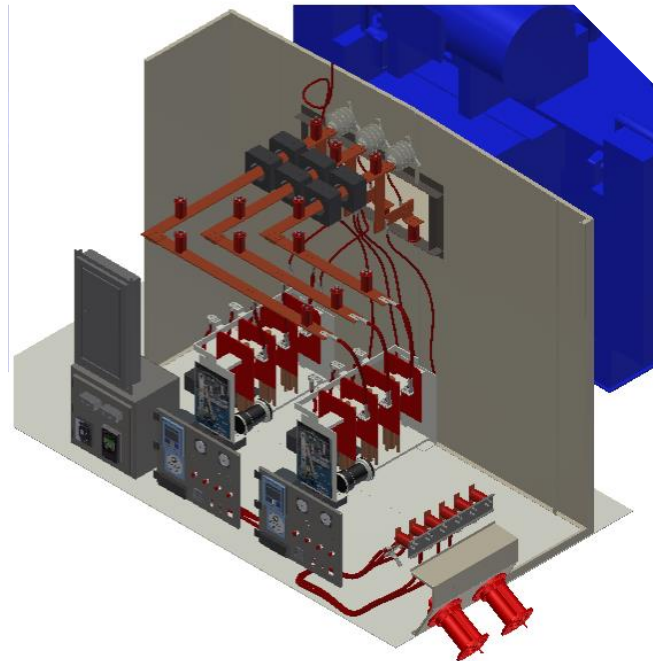


Figura 62 - Distribucion de equipamiento interno

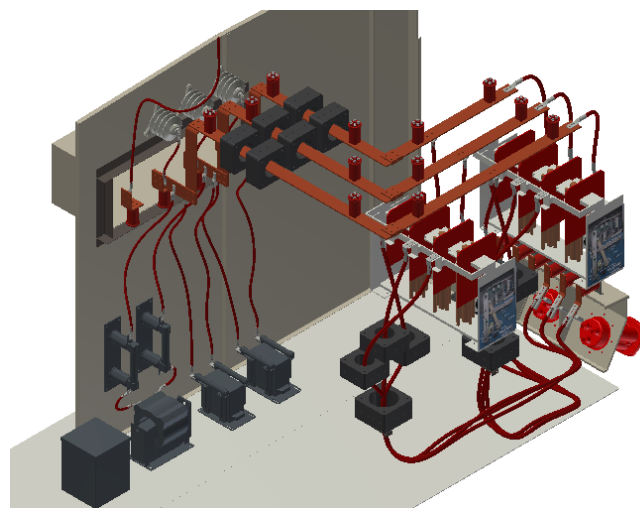


Figura 63 - Distribución de equipamiento interno

5. CONCLUSIONES

- Para el dimensionamiento de los equipos es necesario determinar el nivel de básico de aislamiento según los voltajes nominales, tanto en el lado primario y secundario.
- Las condiciones ambientales, así como la altura de operación es determinante para la selección adecuada del equipamiento.
- Se debe revisar cuidadosamente las especificaciones técnicas del cliente, si bien algún equipo pueda estar bien seleccionado por el vendedor, puede existir alguna preferencia por parte de cliente en marcas o configuración.
- Los sistemas de protección, control y medición deben asegurar el buen funcionamiento de los equipos y brindar la seguridad a todo el personal, este debe ser diseñado incluso para evitar imprudencias por parte de personal no calificado.
- La distribución del equipamiento eléctrico y las distancias de seguridad son de crucial importancia para conservar la seguridad del equipo y más importante aún del personal operativo.
- Se debe evitar las aglomeraciones de personal operativo, por lo que las zonas de mayor concurrencia (paneles de control) deben disponer de pasillos adecuados y vías de escape rápido.
- Para soportar el peso total de la subestación es necesario usar vigas prefabricadas de hasta 530 mm de altura de alma, las cuales no son comerciales.
- En el caso del pórtico, las cargas son fácilmente soportadas por este, sin embargo un análisis dinámico sería el más adecuado en lugar de uno estático, un análisis donde se pueda considerar su pandeo por la inercia del mismo pórtico durante el desplazamiento de la subestación.
- Para la entrega a tiempo del proyecto más crítico y por lo tanto el primer que se debe atacar es la definición del equipamiento, la no realización de esto puede generar pérdidas por penalidades.
- El presupuesto del proyecto asciende a 440 mil euros en materiales y mano de obra, incluyendo impuestos, intereses y demás costos administrativos los costos ascienden a 525 mil euros. El proyecto se puede iniciar con un capital propio de 200 mil euros una financiación de 100 mil euros, sin necesidad de disponer de los 525 mil.

6. BIBLIOGRAFÍA

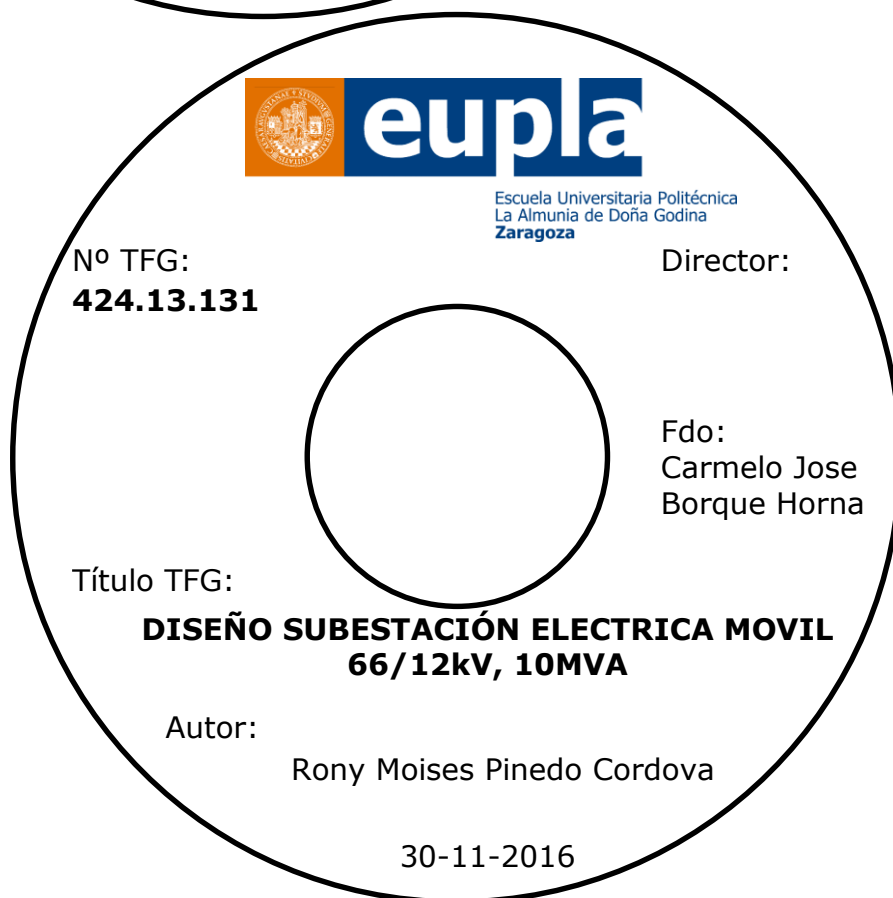
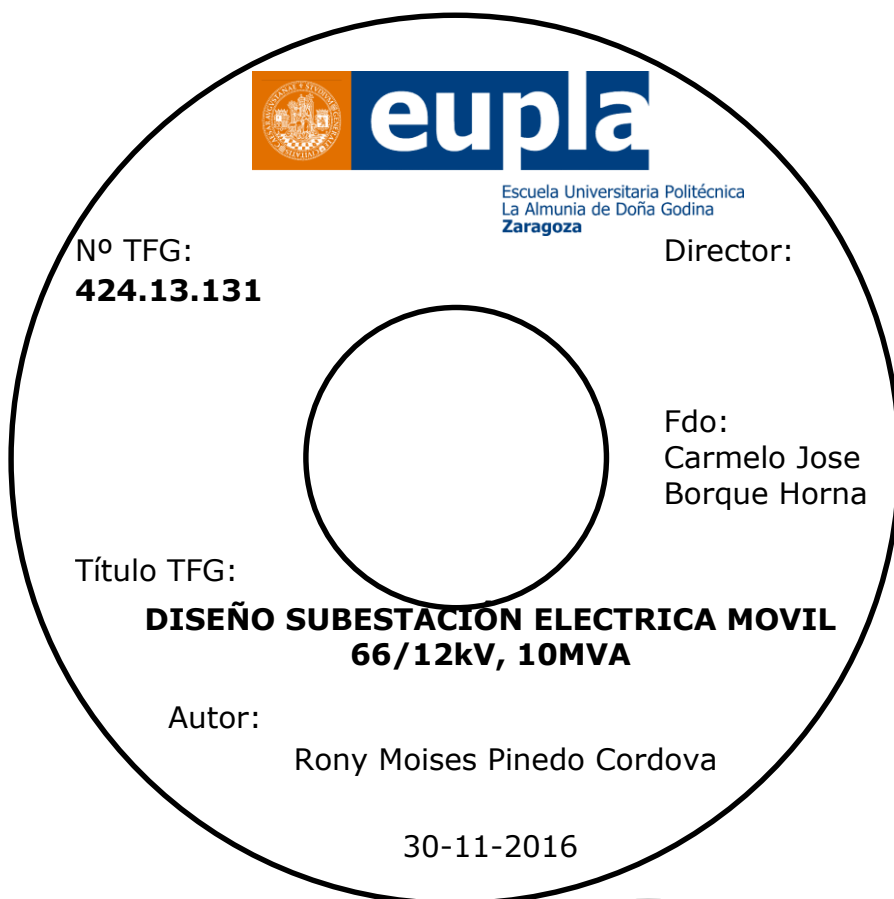
- Fundamentos de protección de transformadores - Guillermo fuentes. Disponible en:
[http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/05c1d59bb4d21a99c1257d0a006acc1c/\\$file/12.+Guillermo+Fuentes.pdf](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/05c1d59bb4d21a99c1257d0a006acc1c/$file/12.+Guillermo+Fuentes.pdf)
- Protección de sistemas eléctricos - Samuel Ramírez Castaño. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/11053566.pdf>
- Protection relay settings management in the modern world Settings – Brad Henderson. Disponible en: http://www.digsilent.com.au/pdf/PSMS_SEAPAC2009.pdf
- Fuseology – Cooper Bussman. Disponible en:
http://www.cooperindustries.com/content/dam/public/bussmann/Electrical/Resources/solution-center/technical_library/BUS_Ele_Tech_Lib_Fuses_E_Rated.pdf
- Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación – mcyt. Disponible en:
http://www.ieec.uned.es/Web_docencia/Archivos/material/RCE.pdf
- Eaton cutler hammer, 2006 consulting application guide. Disponible en:
<http://www.eaton.com/Eaton/ProductsServices/Electrical/YourBusiness/ConsultantsandEngineers/DesignResources/ConsultingApplicationGuide/index.htm>
- Instrument transformer basic technical information and application Disponible en:
<http://www.gegridsolutions.com/products/brochures/ititechinfo.pdf>
- Líneas eléctricas de alta tensión. Legislación nacional- minetur. Disponible en:
http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/Si_ambito.aspx?id_am=4
- Documento básico seguridad estructural acero DB SE-A. Disponible en:
http://www.afme.es/phocadownload/Codigo_Tecnico_de_la_Edificacion/CTE-DB_SE-A.pdf
- Eurocodigos norma europea UNE-ENV 1991 Disponible en:
https://sirio.ua.es/cat/UNE-ENV_1991-2-6=1998.pdf

Relación de documentos

(X) Memoria	94	páginas
(_) Anexos	208	páginas

La Almunia, a 30 de noviembre de 2016

Firmado: Rony Moises Pinedo Cordova





Universidad
Zaragoza

**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

DISEÑO SUBESTACIÓN ELECTRICA MOVIL

66/12kV, 10MVA

**Mobile Substation Design 66/12kV,
10MVA**

424.13.131

Autor:	Rony Moises Pinedo Cordova
Director:	Carmelo Jose Borque Horna
Fecha:	30-11-2016

