

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIE
Facultad de
Ingeniería Eléctrica

Centro de Estudios Electroenergéticos
Departamento de Electroenergética

TRABAJO DE DIPLOMA

**Título: Diagnóstico de conductores ante cortocircuitos en la
fábrica "Cemento Cienfuegos S.A".**

Autor: Marcos León Fuentes

Tutor: MSc. Ing. Emilio Francesena Bacallao

Santa Clara, diciembre 2021
Copyright©UCLV

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIE
Facultad de
Ingeniería Eléctrica

Electrical Researchs Center
Electroenergetic Department

TRABAJO DE DIPLOMA

**Title: Diagnosis of cables for shortcircuits in the factory
"Cemento Cienfuegos S.A".**

Author: Marcos León Fuentes

Thesis Director: MSc. Ing. Emilio Francesena Bacallao

Santa Clara, diciembre 2021
Copyright©UCLV



Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

PENSAMIENTO

" LA ELECTRICIDAD ES EL ALMA DEL UNIVERSO,"

JOHN WESLEY

DEDICATORIA

Dedico a mis padres y a mi tío, por el gran ejemplo que me han dado, y a mi esposa por estar siempre presentes en los momentos cruciales de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a todos los profesores que tuvieron que ver en mi formación como profesional.

A los miembros de mi familia y amistades que estuvieron conmigo en cada una de las batallas libradas para lograr este proyecto.

A todos los que de un modo u otro me brindaron su apoyo incondicional.

A todos, un millón de gracias.

RESUMEN

En la fábrica de Cemento Cienfuegos S.A el incremento de cargas motoras y modificaciones en las redes de suministro, ocasionan en general, un incremento en las corrientes de cortocircuito. Partiendo de lo antes mencionado en el presente trabajo se chequean los cables en media y baja tensión ante estas fallas, para lo cual se actualiza su diagrama monolineal, con énfasis en detalles de conductores y sus protecciones, acorde a varios escenarios de operación, se realiza un actualizado estudio de cortocircuitos en 6 kV y 0.48 kV mediante el software IPA, encaminado al chequeo de los conductores de acuerdo a la velocidad de operación de sus protecciones. Se emplean en la investigación métodos del nivel teórico, empírico y matemático-estadístico, que permiten arribar a la conclusión, de que existen algunos elementos conductores, fundamentalmente en baja tensión, que pueden afectarse, debido que la capacidad de estos para resistir los esfuerzos térmicos y/o dinámicos de las altas corrientes, acorde a los tiempos de desconexión de las fallas más violentas esperadas, está un poco por debajo de la recomendada por las normativas vigentes, situación que se puede acentuar con crecimientos futuros en fuentes de cortocircuito. Se emiten recomendaciones sobre acciones a tomar en tal sentido. Esta investigación da una medida de lo importante que es el estudio de los cables tanto en el diseño de una industria regularmente, como en la actualización de los cambios que se realicen.

Palabras Claves: cables; cortocircuitos.

ABSTRACT

Due to the increase in motor loads and modifications in the supply networks, Empresa Mixta Cemento Cienfuegos S.A generally causes an increase in short-circuit currents. Starting from the aforementioned, in the present work, the cables in medium and low voltage are checked. For which its monolinear diagram is updated, with emphasis on details of conductors and their protections, according to various operating scenarios, an updated study of short circuits in 6 kV and 0.48kV is carried out using the IPA software, aimed at checking the conductors of according to the speed of operation of its protections. Methods of the theoretical, empirical and mathematical-statistical level are used in the investigation, which allow to reach the conclusion that there are some conductive elements, mainly in low voltage, that can be affected, due to their ability to resist thermal stress and / or dynamics of high currents according to the disconnection times of the most violent faults expected, is slightly below that recommended by current regulations, a situation that can be accentuated with future growth in short-circuit sources. Recommendations are issued on actions to be taken in this regard. This research gives a measure of how important the study of cables is both in the design of an industry regularly, and in updating the changes that are made.

Key Words: cables; shortcircuits

ÍNDICE

PENSAMIENTO.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES SOBRE LA SELECCIÓN DE CABLES CONDUCTORES EN SISTEMAS ELÉCTRICOS	6
Introducción	6
1.2 Selección de conductores de cables.....	7
1.2.1 Selección de conductores por corriente de cortocircuito	10
1.2.2 Selección de conductores por caída de tensión	14
1.2.3 Selección de conductores por corriente admisible	17
1.3 Conclusiones parciales	21
CAPÍTULO 2. SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA “CEMENTO CIENFUEGOS S.A.”. CONDUCTORES Y SUS PROTECCIONES, METODOLOGÍA DE SU DIAGNÓSTICO ANTE CORTOCIRCUITOS.....	22
Introducción	22
2.1 Descripción del sistema de suministro eléctrico de la empresa	22
2.2 Cables utilizados y protecciones asociadas.....	26
2.2.1 Características de conductores en media tensión y protecciones asociadas. ...	26
2.2.2 Protecciones de media tensión	38
2.2.3 Protecciones de baja tensión	38
2.3 Descripción del software IPA	39
2.4 Metodología de diagnóstico de conductores que se utiliza	40
2.4.1 Límites de temperatura a considerar	41
2.4.2 Calentamiento del conductor	42
2.5. Conclusiones Parciales	44

CAPÍTULO 3. CÁLCULO DE CORTOCIRCUITOS Y DIAGNÓSTICO DE CABLES DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN	45
Introducción	45
3.1 Escenarios de operación del sistema eléctrico de la empresa “Cemento Cienfuegos S.A” ...	45
3.2 Diagnóstico de cables conductores en media tensión.....	46
3.2.1 Cables fallados y propuesta de calibre de los nuevos cables.....	50
3.3 Diagnóstico de cables conductores en baja tensión	50
3.3.1 Cables fallados a sustituir y calibre de los nuevos	59
3.4 Conclusiones Parciales	62
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFÍA.....	65
ANEXOS.....	66

INTRODUCCIÓN

Uno de los sistemas bases y de los más importantes en una industria es el sistema eléctrico, por lo que es fundamental que se garantice su disponibilidad en todo momento. Los sistemas eléctricos industriales, desempeñan un papel importante para el pleno desarrollo de un país, apoyando a los principales sectores industriales como la industria Siderúrgica, Metalúrgica, Cementera, Química, Petroquímica, Alimentaria y Textil principalmente.

El continuo crecimiento de plantas industriales por el aumento en su producción se realiza en forma paralela al aumento de potencia instalada en los equipos, principalmente en motores. Un sistema eléctrico industrial moderno requiere tener características técnicas de funcionamiento aceptables, algunas de las cuales pueden ser: seguridad, confiabilidad, regulación de tensión, calidad de la energía eléctrica, etc.

Tal situación requiere la realización de estudios eléctricos en sistemas industriales, tanto en la etapa de planificación, como en la de operación, ampliación y mantenimiento. Un aspecto que interesa es el dimensionamiento de conductores y equipos de protección, particularmente interruptores, ante la eventualidad de una falla, considerando la influencia de equipos rotatorios (motores y generadores).

Existen muchas herramientas y análisis del sistema eléctrico, uno de ellos es el estudio de cortocircuito, que tiene como principal objetivo analizar el comportamiento del sistema en un evento de este tipo, con el fin de garantizar que todos sus componentes sean capaces de soportar grandes niveles de energía a los que se somete el sistema en estos casos.

Este tipo de estudio es importante pues una inadecuada selección de un alimentador, interruptor o una protección, puede provocar daños irreversibles, inclusive su destrucción, donde la avería en estos puede derivar en una explosión y ocasionar un incendio.

Los estudios de cortocircuito se deben realizar al momento de diseñar el sistema eléctrico, y luego actualizarse cuando se realicen modificaciones importantes o remodelaciones como sería el caso de:

- Cambios en la capacidad de cortocircuito de la red de distribución o suministro, debido a que por nuevos generadores y líneas de transmisión que se incorporan al sistema, la capacidad de cortocircuito tiende a crecer.
- Cambios en la configuración del sistema primario o secundario de la instalación industrial.
- Cambio en los transformadores o en las impedancias de los mismos.
- Cambio en la longitud o dimensiones de los conductores.
- Aumento de los motores internos de la empresa.

Sin embargo, la buena práctica aconseja, que dichos estudios se deben de realizar por lo menos cada cinco años en las instalaciones. Es a consecuencia de las ampliaciones y modificaciones del sistema, donde los ingenieros a cargo del mantenimiento adquieren responsabilidad, de hacer el reemplazo de conductores, interruptores o fusibles, o dotar la instalación de dispositivos limitadores de corriente, como los reactores.

El presente trabajo se desarrolla en la fábrica de Cemento Cienfuegos S.A, empresa mixta que radica en Guabairo en el municipio Cienfuegos, extendida sobre áreas de la Llanura de Cienfuegos a los 220 09´ 20” de Latitud Norte y los 800 15´ 19” de Longitud Oeste.

Esta instalación industrial, una de las mayores en Cuba y Latinoamérica, se encuentra muy cercana a asentamientos poblacionales tanto urbanos como rurales, entre los que se destacan:

- ✓ Al Norte, viviendas rurales dispersas, cultivo de cañas y potreros.
- ✓ Al Este, los asentamientos, Dolores, Codicia y Cumanayagua.
- ✓ Al Sur, los asentamientos, Guaos, Pepito Tey y las instalaciones del Jardín Botánico.
- ✓ Al Oeste, los asentamientos, Lagunillas, La Josefa y la ciudad de Cienfuegos, ubicada aproximadamente a 14 km de la fábrica.

En el mes de Junio de 1975, se confeccionó el expediente de Tarea de Inversión para la Fábrica de Cemento de Cienfuegos, donde se planteó la localización del lugar destinado para la construcción de las instalaciones, la red de comunicación vial necesaria, las fuentes de abasto de agua y las soluciones a gestionar para la fábrica. También fueron analizados los indicadores tales como los requerimientos de abastecimiento de materias primas y factores socio - económicos para la ejecución y puesta en marcha de la industria.

El 8 de marzo de 1980 comienza la explotación del primero de los tres hornos de la Fábrica de Cemento de Cienfuegos, lo cual permitió un aumento considerable en la producción nacional de este renglón.

Después de 21 años de explotación, en el año 2001 se crea la empresa con capital mixto Cemento Cienfuegos S.A., perteneciente al Ministerio de la Construcción y comienza un proceso de rehabilitación de la línea 3 con vistas a la modernización para restablecer su capacidad productiva y alcanzar una producción total de la fábrica de 1 500 000 t *clinker*. En noviembre del 2004 se pone en operación la línea con resultados productivos y ambientales muy favorables.

El comportamiento productivo de la fábrica ha ido en ascenso. El año 2007 cerró con una producción superior al millón de toneladas de *clinker* y se implantaron nuevos récords históricos de producción para un mes. En el año 2009 se alcanzó la mayor producción registrada desde su restructuración llegando a 1 106 000 t de *clinker*.

Las instalaciones de Cemento Cienfuegos SA han pasado procesos de algunas inversiones y modernizaciones, lo que como es lógico involucra también el sistema eléctrico, además la no existencia de información actualizada y organizada sobre los regímenes actuales de explotación, el deterioro de esquemas y monolineales de que se dispuso anteriormente en copia dura, inducen el necesario estudio de los niveles de cortocircuito en distintas condiciones y el análisis de nuevos conductores y protecciones asociadas, así como, los existentes por las normas correspondientes.

De lo anterior surge el **problema científico y su interrogante** a resolver:

¿Cuál debe ser la capacidad de los conductores ante cortocircuitos en las condiciones actuales en la fábrica: “Cemento Cienfuegos S.A”?

Para dar respuesta a esta interrogante en el presente trabajo se plantea como **objetivo general** el siguiente:

- ☞ Determinar la capacidad necesaria de los conductores ante cortocircuitos máximos en las condiciones actuales en la empresa “Cemento Cienfuegos S.A”

De este objetivo general se derivan los **objetivos específicos** siguientes:

1. Fundamentar teóricamente el cálculo de los niveles de cortocircuito máximos y su influencia en la selección de conductores en la industria.

2. Elaborar y/o actualizar el diagrama monolinear de la Industria “Cemento Cienfuegos S.A.” acorde a los nuevos escenarios de operación, detallando fundamentalmente conductores y la protección asociada.
3. Obtener las corrientes de cortocircuito en 6.3 kV y 0.48kV empleando el software IPA en la simulación del sistema eléctrico, para comprobar la capacidad en conductores, según su protección.
4. Proponer posibles soluciones a los problemas detectados.

Tareas técnicas:

- Revisión de la literatura relacionada con el tema del aumento de generación, redes y consumidores en sistemas industriales, su influencia en selección de conductores.
- Actualización detallada de datos sistema eléctrico de la Industria “Cemento Cienfuegos S.A.”, fundamentalmente en conductores y su protección.
- Elaboración del diagrama unifilar de la industria “Cemento Cienfuegos S.A.”.
- Obtención de los valores de cortocircuito empleando productos de software para la simulación del sistema eléctrico en distintos escenarios.
- Influencia de las fallas en conductores y análisis de la capacidad necesaria según su protección ante cortocircuitos. Proponer posibles soluciones a los problemas detectados.
- Confección del informe de la investigación según normativas vigentes en la actualidad.

Organización del trabajo:

El contenido del informe de investigación se estructura primeramente por la Introducción, que contiene el tema de investigación, la situación problemática a resolver, así como el objetivo general y los objetivos específicos del trabajo.

El Desarrollo del trabajo se organizará a través de tres capítulos.

En el Capítulo 1 se realiza una fundamentación teórica sobre la selección de elementos conductores tipo cables, destacando el chequeo de su capacidad ante los cortocircuitos máximos a que se enfrentan.

En el Capítulo 2 se actualiza en diagrama monolineal de la empresa y con una descripción del sistema que se va a analizar en cuanto a la configuración de la red, se definen los escenarios de operación de la planta que establecen las condiciones extremas de operación del sistema eléctrico. Se muestran detalles del producto de software IPA que se usa para los cálculos.

En el Capítulo 3 se ejecutan las simulaciones y se selecciona el escenario más crítico para mostrar los valores de corrientes de falla en el chequeo de conductores de 6.3 kV y 0.48 kV.

Se arriba a Conclusiones y se emiten Recomendaciones para trabajos inmediatos y futuros.

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES SOBRE LA SELECCIÓN DE CABLES CONDUCTORES EN SISTEMAS ELÉCTRICOS

Introducción

Las redes eléctricas deben ser capaces de soportar sin daño permanente, no solamente las corrientes de trabajo o carga, sino también las intensas corrientes que se producen en condiciones de fallas (cortocircuitos) en la propia red o en los receptores a ella conectados, estas corrientes son de corta duración (algunos segundos como máximo) y desaparecen al actuar los dispositivos de protección que deben existir para estos efectos, pero a pesar de ello, sus efectos térmicos y dinámicos sobre conductores deben chequearse según el caso, por el tiempo de duración, particularmente su efecto térmico puede ser muy importante por el hecho de ser la intensidad en estas condiciones un múltiplo elevado de la de trabajo normal y depender la producción de calor por unidad de tiempo del cuadrado de la intensidad de la corriente [1].

En las redes trifásicas los cortocircuitos pueden ser de diversos tipos, dependiendo de los conductores que entran en contacto accidental. En la mayoría de los puntos de un sistema eléctrico, el caso más desfavorable es el cortocircuito trifásico limpio, en el sentido de que en él se desarrollan las intensidades más elevadas, cuando hay generación interna y esta es aterrada a través de baja impedancia los cortocircuitos que involucran tierra pueden ser superiores al trifásico, es por ello que este diagnóstico debe ser cuidadoso en cada escenario [1].

Los cables de potencia son conductores de cobre o aluminio, aislados por diversos tipos de materiales que son fundamentalmente derivados de la goma o sintéticos. Pueden instalarse en canales, tuberías, bandejas, conductos soterrados o directamente enterrados, cables armados, con conductor mensajero, etc. [2]

La función principal del cable es llevar la energía de un modo seguro entre la fuente de energía y determinado equipo a utilizar, al conducir esta energía hay pérdidas de calor generadas en el cable que debe disiparse. La habilidad de disipar estas pérdidas depende

de cómo los cables se instalan, se pueden instalar los cables en bandejas, directamente enterrados o subsuelo en conducto.

El aislante es el material que separa el alma conductora del exterior. Si los cables no tuvieran aislantes sería muy difícil la distribución de los circuitos en las instalaciones eléctricas. Esto permite que en la instalación no se energicen la carcasa de los equipos, canalizaciones metálicas, evitar cortocircuitos, así como la electrocución de las personas. Por lo que se puede notar que sin un buen aislante, la instalación no estaría muy segura.[3]

Los aislamientos pueden ser clasificados en categorías como los aislamientos sólidos, aislamientos combinados y los aislamientos de propósitos especiales. Los cables que incorporan estos aislamientos cubren un rango de máxima temperaturas de funcionamiento normales y exhiben variantes de flexibilidad, grado mecánico de resistencia, de fuego y de protección del ambiente [2]

1.2 Selección de conductores de cables

Los conductores de cables y líneas aéreas, se dimensionan a partir de su sección expresada en mm^2 o kcmil (mil milésimas circulares) ($1 \text{ mm}^2 = 1973 \text{ cmil}$) o utilizando la numeración de la galga americana AWG.

La selección de tamaño del conductor requiere la carga a llevar en condiciones normales de trabajo, en estado de emergencia qué carga excesivamente podría soportar y su duración, la capacidad de la protección de sobrecorriente del cable, la capacidad de la fuente y las temperaturas ambientes para las condiciones de la instalación particulares. Se debe tener cautela al localizar conductores en áreas de alta temperatura ambiente, para que la temperatura de funcionamiento no exceda la designada para el tipo de conductor aislado involucrado[2]

Para la selección del calibre del conductor se deben considerar entonces diferentes aspectos, como: la distancia, temperaturas, lugar de instalación y factores de agrupamiento. Se determina el calibre mínimo de los conductores según el nivel de tensión al cual van a estar operando. En las figuras 1.1 y 1.2 se muestran dos tipos de cable conductor como los utilizados en la actualidad [4]



Figura 1.1 Cable de un solo conductor

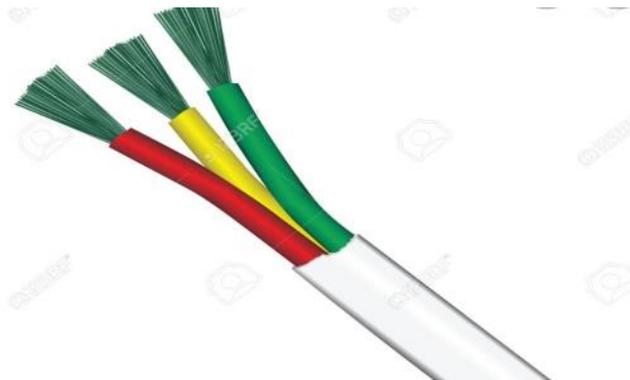


Figura 1.2 Cable de tres conductores

Métodos y/o criterios de selección de conductores

La selección de tamaño del conductor se basa en las siguientes consideraciones:

- a) El criterio de corriente nominal relacionado a las cargas, efectos termal de la carga, la calefacción mutua, pérdidas producidas por la inducción magnética y las pérdidas dieléctricas.
- b) Las limitaciones de caída de tensión.
- c) El criterio de corriente de falla (cortocircuito).
- d) El criterio de frecuencia.

- e) El criterio de calentamiento del lugar de instalación del cable.
- f) La longitud de cable en las áreas de temperatura ambientes elevadas.
- g) Los requisitos de terminación de equipo
- h) El criterio de carga excesiva de emergencia. [2].

Existen varios criterios para la selección de conductores y es lo más importante a considerar antes de realizar la instalación, por lo cual se debe tener la suficiente información, para elegir los criterios adecuados al seleccionar el conductor que se requiere [5]

El nivel de aislamiento es un criterio de selección del cable poco considerado, sin embargo, es de vital importancia fundamentalmente a partir de media tensión, ya que tiene que ver con el espesor que tendrá el cable, y sobre todo el tiempo en el que una falla se liberará, tomando como referencia la tensión de operación entre fases y las características del sistema. [5]

- En la Categoría I Nivel 100 % se encuentran los cables que tienen un sistema de protección con relevadores que liberan una falla rápidamente, en un tiempo menor a un minuto. Se puede aplicar a la mayoría de los sistemas que tienen el neutro conectado a tierra.
- En la Categoría II Nivel 133% donde las condiciones de tiempo de operación de las protecciones liberan una falla que ocurra en un tiempo menor a una hora. Se puede utilizar éste nivel de aislamiento en las instalaciones en donde se desee un nivel de espesor mayor al 100%, como por ejemplo los cables submarinos o subacuáticos. El nivel del 133% se utiliza para sistemas conocidos formalmente como sistemas no aterrados, se utiliza cuando el tiempo para despeje de fallas no encaja para un aislamiento del 100% y el tiempo de despeje de la falla no excede una hora de duración.
- La Categoría III Nivel 173% se utiliza en los sistemas en los que el tiempo para liberar una falla es mayor a una hora. Se recomienda usar este nivel para los sistemas que tienen problemas de resonancia, en los que se pueden presentar niveles de sobretensiones de gran magnitud.

La sección necesaria de un conductor de fase se determina en función de la corriente que se puede transmitir en servicio continuo sin superar la temperatura máxima soportada por el aislante, luego se debe comprobar que con esa sección no se supere la máxima caída de tensión que se admita, también que supere la sección necesaria para transmitir la intensidad de cortocircuito admisible y que supere la sección mínima permitida por las normas [6]

A continuación, se presentan cuestiones fundamentales de los criterios de selección de conductores.

1.2.1 Selección de conductores por corriente de cortocircuito

En general a circulación de corrientes de cortocircuito por el sistema, impone una gran sobrecarga térmica a los conductores que depende de tres factores fundamentales:

- La magnitud de la corriente de cortocircuito.
- La sección del conductor.
- La duración del flujo de corriente.

Bajo condiciones de cortocircuito se incrementa con rapidez la temperatura de los elementos metálicos de los cables de energía (conductor y pantalla o cubierta metálica), cuando están diseñados para soportar tal incremento; el límite dependerá de la temperatura máxima admisible para la cual no se deteriore el material de las capas vecinas, esto es, la que resulte menor entre la del conductor, que no dañe al aislamiento, o la de la pantalla, para no deteriorar el aislamiento, pantalla semiconductor o cubierta [5]

La literatura tradicional plantea, que la temperatura pico transitoria que puede alcanzar el cable durante un cortocircuito sin dañar su aislamiento es aproximadamente de 150°C. A una temperatura ligeramente superior (175°C) puede ocurrir la desintegración destructiva del material orgánico del aislamiento acompañada de humo y vapores combustibles. A una mayor temperatura se expelen grandes cantidades de vapor que incrementan el peligro de explosión o fuego.

Es importante notar que la temperatura anormal persiste mucho más tiempo que la duración del cortocircuito. El flujo de 20 000 A en un conductor de cobre #4 AWG elevará la temperatura del cobre de 75 a 150°C en solo 1/3 de segundo, mientras que esta demora 1000 segundos en retornar a 75°C en un ambiente de 30°C.

De esta forma, la corriente de cortocircuito, la sección del conductor y el tiempo de apertura de la protección deben coordinarse para que el efecto del cortocircuito sobre el aislamiento se limite a la reducción de su vida útil en solo un 1%.

La sección necesaria en el conductor ante cortocircuitos se obtiene igualando la energía disipada en el conductor durante el corto circuito con la que es capaz de almacenar sin que su temperatura supere la máxima permitida. A partir de lo cual se obtiene la siguiente ecuación:

[7]

$$\left(\frac{I_{rms}}{cmils}\right)^2 \cdot t = k \log\left(\frac{T_2 + T}{T_1 + T}\right) \quad (1.1)$$

Donde:

I_{rms} = Intensidad de corriente medio cuadrática o efectiva de cortocircuito de falla en Ampere, durante el tiempo en que está presente el cortocircuito.

S = sección del conductor, en cmils.

t = duración del cortocircuito, en s.

T = Temperatura en °C (bajo cero), en la cual el material del que se trate tiene resistencia eléctrica teóricamente nula.

T_1 = Temperatura de operación normal o inicial del conductor, °C.

T_2 = Temperatura máxima o final de cortocircuito que soporta el cable, °C.

El valor de k es una constante que depende del material del conductor y de los que están en contacto con dicho conductor, de forma resumida se ofrecen en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Constantes y temperaturas que dependen del material conductor [5]

Material	K	T
Cobre	0.0297	234.5
Aluminio	0.0125	228.0
Plomo	0.00108	236.0
Acero	0.00355	180.0

La relación de la corriente I_{rms} de cortocircuito y su valor estable o simétrico, depende de la duración del cortocircuito, de la relación X/R del circuito, etc. No obstante, de forma práctica se emplean los siguientes elementos para el cálculo de la corriente.

$$I_{rms} = K_1 \cdot I_{ccsim} \quad (1.2)$$

Donde K_1 toma los valores:

Interruptores de bajo voltaje con disparo instantáneo	– 1.25
Interruptores de potencia instantáneos	– 1.10
Disparo con retardo de 0.5 segundos o más	– 1.00

El chequeo de los cables por cortocircuito debe realizarse fundamentalmente en el inicio del alimentador, donde debe existir un mayor nivel de cortocircuito. No obstante, si el alimentador es de gran longitud, el nivel de cortocircuito puede disminuir considerablemente en su extremo final y puede suceder que la protección a la cabeza del alimentador dispare con mucho mayor retardo, lo que incrementa el efecto térmico del cortocircuito en el aislamiento. Es por esto que se recomienda chequear el cortocircuito en ambos extremos del conductor.

Si la sección del conductor o de la pantalla no es la adecuada para soportar las condiciones de cortocircuito, el intenso calor generado en tan poco tiempo produce un daño severo en forma permanente en el aislamiento e incluso forma cavidades entre la pantalla semiconductora y el aislamiento, las cuales provocan serios problemas de ionización [5]. Así mismo, de acuerdo al tipo de falla, se deben verificar los distintos componentes de la siguiente manera:

- Para el conductor:

Cortocircuito trifásico balanceado y desbalanceado, calculando la corriente de falla de secuencia cero.

- Para la pantalla:

Cortocircuito de fase a tierra y cortocircuito trifásico desbalanceado, calculando la corriente de falla de secuencia cero.

En las figuras 1.3 y 1.4 se muestran, a modo de ejemplo, las intensidades de corto circuito admisibles por cables más modernos VULPREN y HERSATENE con conductores de cobre y de aluminio, en función del tiempo de duración del cortocircuito (en s) y de la sección nominal del conductor, en este caso en mm^2 . [1]

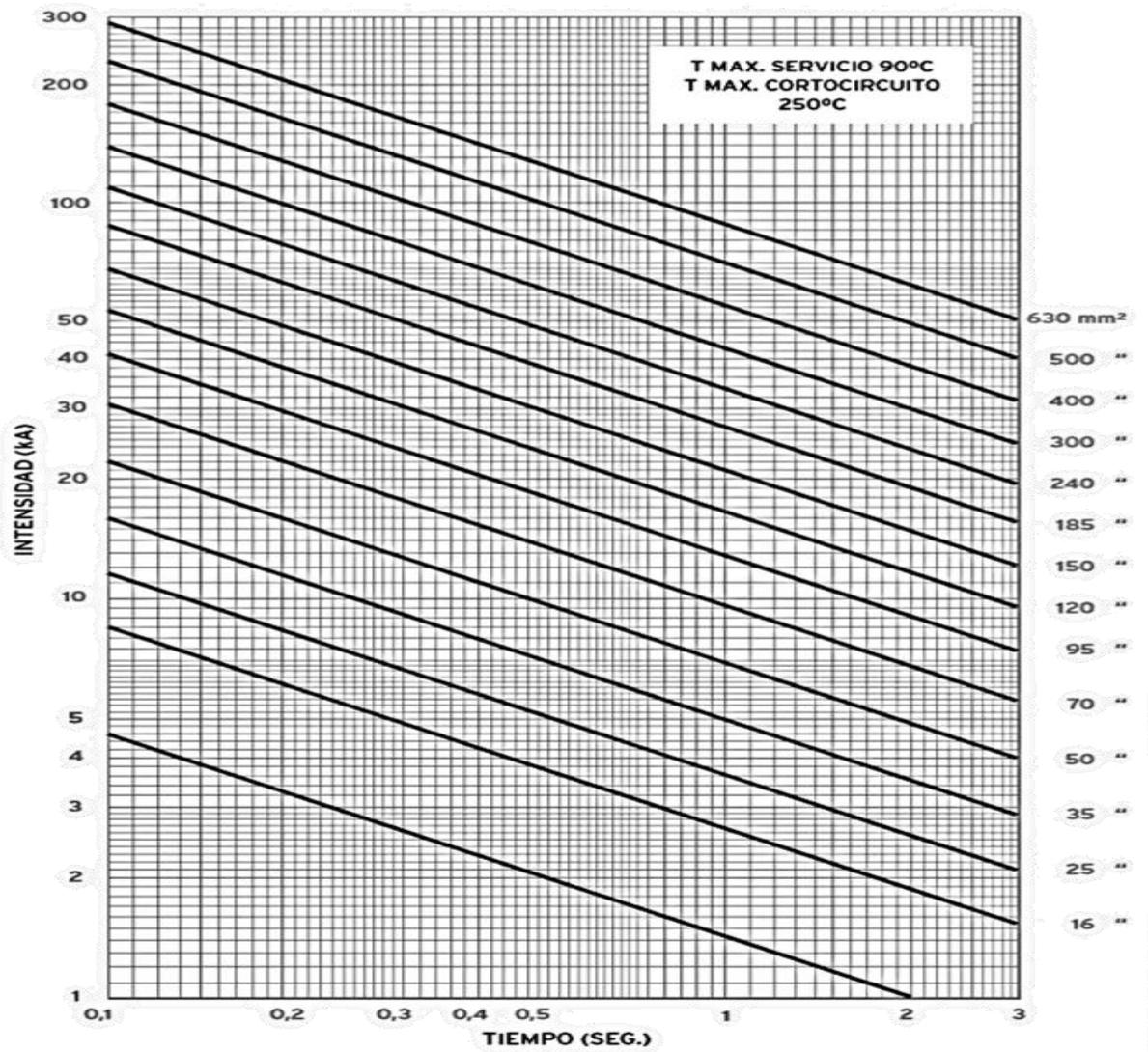


Figura 1.3 Intensidad de cortocircuito admisible en los conductores de los cables Vulpren y Hersaten (conductores de cobre).[1]

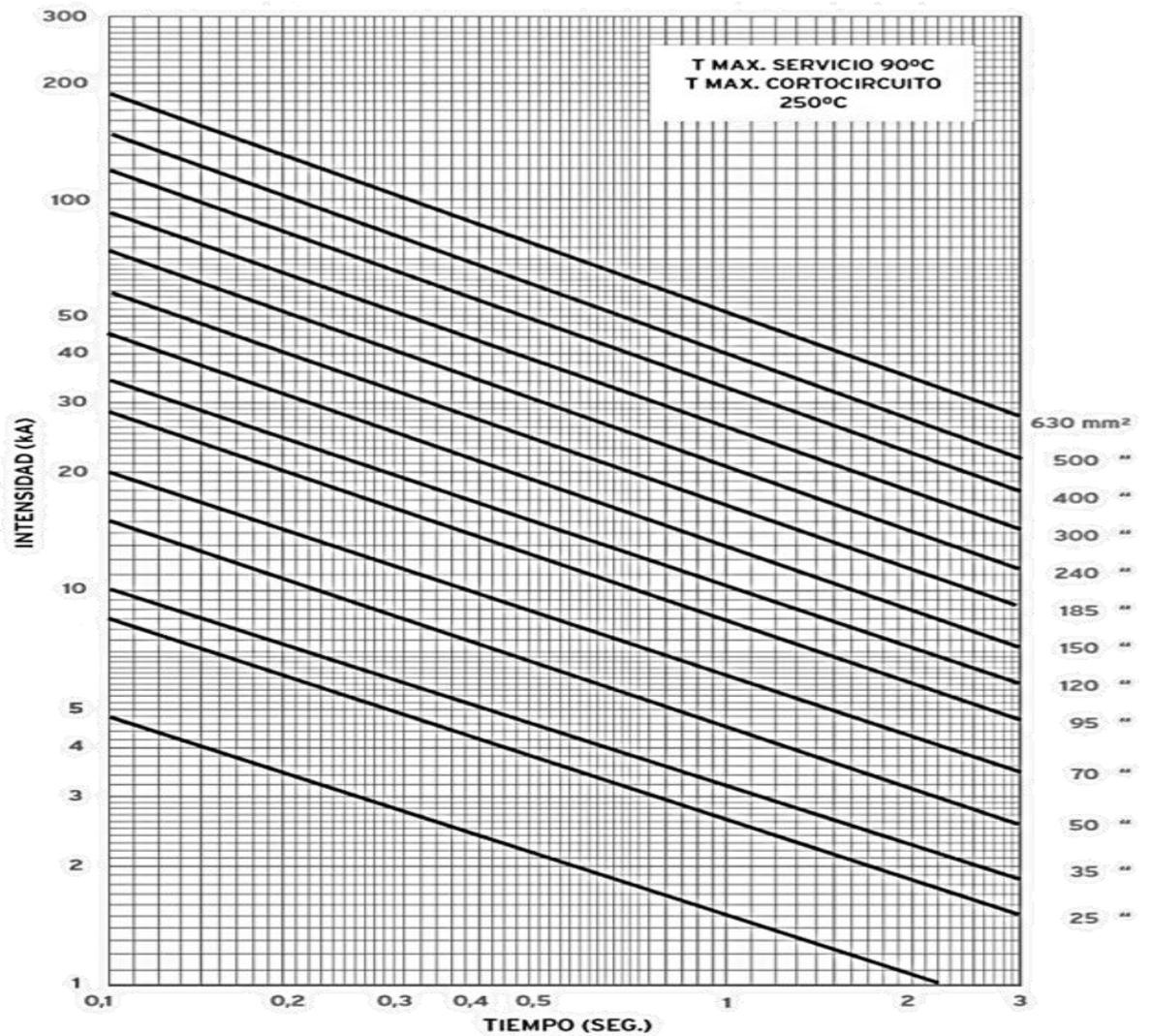


Figura 1.4 Intensidad de cortocircuito admisible en los conductores de los cables Vulpren y Hersaten (conductores de aluminio). [1]

1.2.2 Selección de conductores por caída de tensión

Otro criterio que se considera para la selección del cable es el que tiene que ver con las pérdidas por efecto Joule y la caída de tensión, ya que cuando una corriente circula a través de un conductor, éste se calienta y dichas pérdidas se traducen en calor y la caída de tensión es la diferencia de potencial que se va acumulando en toda la longitud del cable, que finalmente se manifiesta en los extremos [5]

De esta manera, es muy importante considerar el calibre y tipo de cable adecuado para evitar que las pérdidas por efecto Joule no sean muy altas y también mantener una caída de

tensión que sea aceptable, de acuerdo a las necesidades para las cuales fue diseñado el circuito [2]

La caída de tensión se puede calcular mediante las expresiones 1.3 y 1.4 o con el uso de tablas y gráficos que aparecen en distintas bibliografías [4, 5, 7]

De manera general la caída de tensión ΔV en un conductor que alimenta una carga está dada por:

$$\Delta V = \frac{(R*P+X*Q)}{Vn} \quad (1.3)$$

$$\Delta V = \frac{\Delta V_{\text{tabla}} \cdot Inom \cdot long}{10000 A - pies} \quad (1.4)$$

Donde:

Vn = Tensión nominal del sistema (V).

Q = potencia reactiva (VAr).

P = potencia activa (W).

R y X = Resistencia y reactancia del conductor (Ω).

ΔV = Caída de tensión (V)

O de manera más específica, acorde al tipo de circuito en que se encuentra:

Además, como se dijo, en varias bibliografías aparecen tablas y gráficos que permiten estimar las caídas de tensión en los conductores, como, por ejemplo, las figuras 4.31, 4.32, 4.33 y 4.34 de las páginas 238 a 241 del Industrial Power Systems Handbook de Donald Beeman, permiten calcular las caídas de tensión en cables de baja y media tensión, muestras de las cuales se presentan en las figuras 1.5 y 1.6.

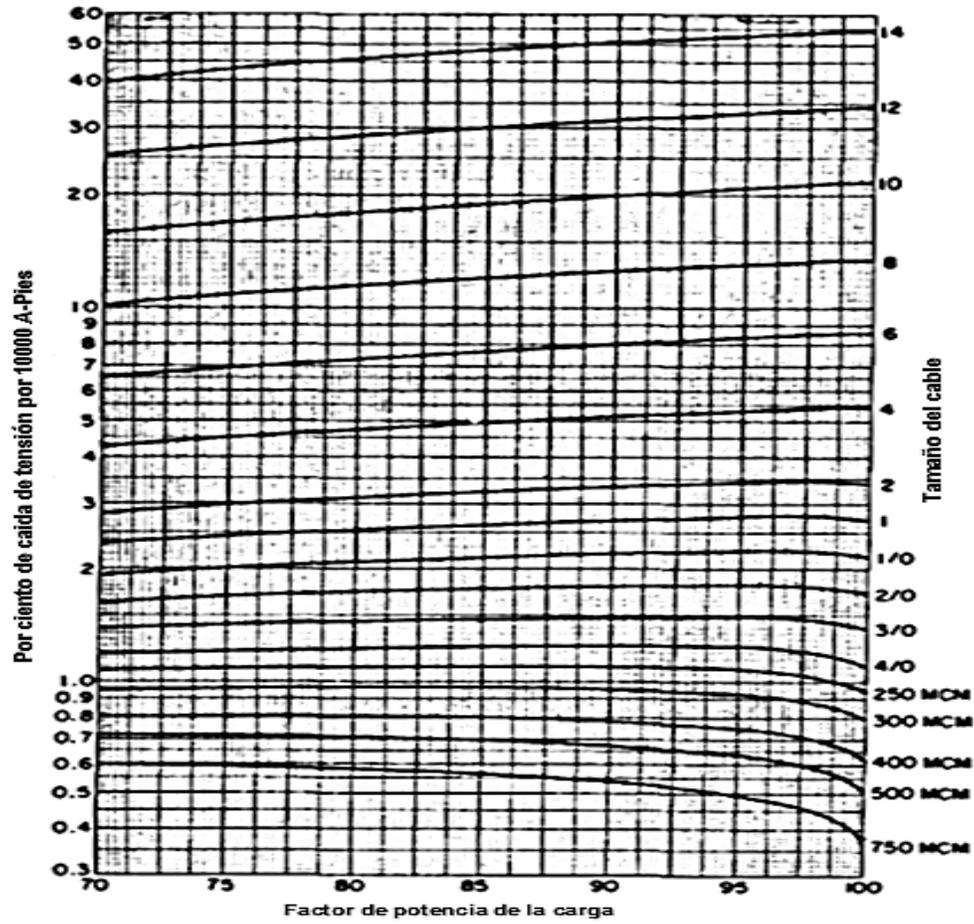


Figura 1.5 Caída de tensión en 3 conductores por conducto para tensión de 600 V [7].

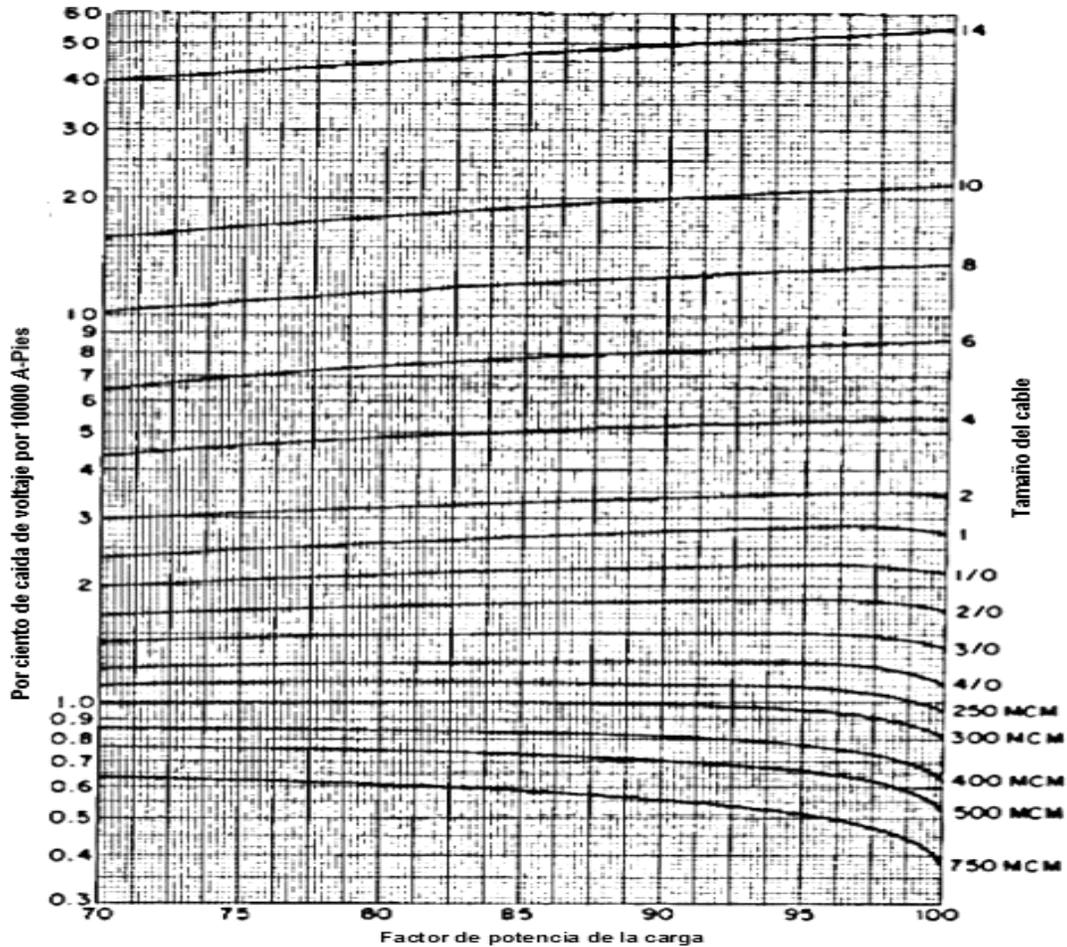


Figura 1.6 Caída de tensión en 3 conductores por conducto para tensión de 5000 V [7].

En otra bibliografía [9], se ofrece de manera directa el conductor necesario para alimentar una carga a una distancia determinada, según la caída de tensión máxima permitida en circuitos de baja tensión.

1.2.3 Selección de conductores por corriente admisible

El principal elemento que se debe considerar para definir el cable que ha de ser seleccionado, es la corriente que va a circular por el conductor en el sistema donde se va a instalar, para ello hay que considerar la siguiente expresión [5][7]:

$$I_{nom} = \frac{kVA_{nom}}{\sqrt{3} \cdot V_{nom}} \approx \frac{HP}{\sqrt{3} \cdot V_{nom}} \quad (1.5)$$

Donde:

S_{nom} - Potencia del sistema (kVA_{nom})

Vnom - Tensión del sistema (kV)

Inom - Corriente nominal o de carga máxima del sistema (A)

De ésta manera, el valor de la corriente Inom determina el calibre del cable a utilizar, si es que solamente se fuera a tomar en cuenta éste criterio para la selección del tipo de conductor o cable. En la tabla 1.2 se muestran las corrientes permisibles en conductores aislados de diversos tipos de cobre y aluminio, con diferentes temperaturas nominales de trabajo y temperatura ambiente de 30°C. [7]

Tabla 1.2 Capacidades o Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 V y temperaturas de 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores en una canalización, cableo directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C. [8].

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THW, THHW-LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
0,824	18**	—	—	14	—	—	—
1,31	16**	—	—	18	—	—	—
2,08	14**	15	20	25	—	—	—
3,31	12**	20	25	30	—	—	—
5,26	10**	30	35	40	—	—	—
8,37	8	40	50	55	—	—	—
13,3	6	55	65	75	40	50	55
21,2	4	70	85	95	55	65	75
26,7	3	85	100	115	65	75	85
33,6	2	95	115	130	75	90	100
42,4	1	110	130	145	85	100	115
53,49	1/0	125	150	170	100	120	135
67,43	2/0	145	175	195	115	135	150
85,01	3/0	165	200	225	130	155	175
107,2	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	195	230	260
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	350	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	315	375	425
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	445
456	900	435	520	585	355	425	480
507	1000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	525	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1013	2000	555	665	750	470	560	630

La protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con (**) no deberá exceder valores preestablecidos por normas.

La corriente del conductor a seleccionar en la tabla 1.2 se calcula por la ecuación [7] :

$$I_{\text{tabla}} \geq 1.25 \frac{I_{\text{nom}}}{FT \cdot FC} \quad (1.6)$$

Donde FT es factor de corrección por temperatura y FC es factor de corrección por número de conductores.

Cuando las condiciones de temperatura reales difieren de las de la tabla 1.2, hay que calcular un factor de corrección de temperatura (FT) como muestra la expresión 1.7

$$FT = \sqrt{\frac{T_c - T_{a'}}{T_c - T_a}} \quad (1.7)$$

Donde T_c es temperatura del conductor, T_a es temperatura ambiente establecida en la tabla 1.2 y T_{a'} es la temperatura ambiente distinta a la que fue confeccionada la tabla 1.2.

También estas variaciones en la corriente permisible debidas a las variaciones en la temperatura ambiente, se pueden tener en cuenta a partir de la tabla 1.3.

Tabla 1.3 Factores de corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C

Para temperaturas ambiente distintas de 30 °C, multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:			
Temperatura ambiente (°C)	Rango de temperatura del conductor		
	60 °C	75 °C	90 °C
10 o menos	1,29	1,20	1,15
11-15	1,22	1,15	1,12
16-20	1,15	1,11	1,08
21-25	1,08	1,05	1,04
26-30	1,00	1,00	1,00
31-35	0,91	0,94	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76
56-60	-	0,58	0,71
61-65	-	0,47	0,65
66-70	-	0,33	0,58
71-75	-	-	0,50
76-80	-	-	0,41
81-85	-	-	0,29

[8]

En la tabla 1.2 se considera que hay solo 3 conductores en un conducto o tubería, entonces el factor de corrección por número de conductores $FC = 1$, de lo contrario cuando el número de conductores en un cable o en una canalización excede de 3, la corriente de carga máxima permisible de cada conductor se reduce, multiplicándola por el Factor de Corrección por Número o Agrupamiento de Conductores correspondiente, el cual se indica en la tabla 1.4. [9]

Tabla 1.4: Factores de corrección por número o agrupamiento de conductores

Número de conductores portadores de corriente	Porcentaje del valor de las Tablas ajustado para la temperatura ambiente, si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

La selección de la sección del conductor neutro (Sc_n) depende del tipo de circuito y la sección de los conductores de fase (Sc_f). En la tabla 1.5 se muestra como seleccionar el neutro acorde a distintos tipos de circuitos y escenarios de cargas.[9]

Tabla 1.5 Sección del conductor neutro a seleccionar.

Fases	Escenario	Sección
3F+N	Carga balanceada sin armónicos triples	$Sc_n = \frac{1}{2} Sc_f$
	Carga desbalanceada o que opera entre una fase y neutro.	$Sc_n = Sc_f$
	Carga con gran contenido de armónicos triples.	$Sc_n \geq Sc_f$
2F+N	Carga balanceada entre las dos fases	$Sc_n = \frac{1}{2} Sc_f$
	Carga desbalanceada o que opera entre una fase y neutro.	$Sc_n = Sc_f$
1F+N	Siempre	$Sc_n = Sc_f$

Todas las tablas de ampacidad muestran el tamaño del conductor mínimo requerido, pero en la práctica ingenieril, se consideran los crecimientos de cargas futuras, caídas de tensión y las corrientes de cortocircuito, que pueden hacer necesario el uso de los conductores mayores.[2]

1.3 Conclusiones parciales

Se concluye hasta aquí, que acorde a la bibliografía consultada en la selección de cables para un sistema de suministro, intervienen varios factores que dependen tanto de los materiales utilizados como de las condiciones técnicas y ambientales en que serán instalados, dentro de ellos la capacidad necesaria ante los cortocircuitos en un conductor depende fundamentalmente de su área o sección transversal, su aislamiento, la magnitud de la corriente de cortocircuito y el tiempo en que este está presente.

CAPÍTULO 2. SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA “CEMENTO CIENFUEGOS S.A.”. CONDUCTORES Y SUS PROTECCIONES, METODOLOGÍA DE SU DIAGNÓSTICO ANTE CORTOCIRCUITOS.

Introducción

Una de las principales industrias dentro de la provincia de Cienfuegos es la Empresa “Cemento Cienfuegos S.A.” Cuenta actualmente con un nuevo horno con una capacidad de 3100 ton/días y molino de carbón vertical: primero en el país para el uso de un combustible más limpio y económico. Se realizó la reestructuración del área de materias primas y el sistema de control distribuido con tecnologías de las más modernas del mundo, así como, la rehabilitación de la línea 1. Todo lo cual se realizó con vistas a lograr una producción de 1.5 millones de toneladas de clinker y cemento, de una manera más segura limpia y eficiente.

La mayor parte del consumo energético para la fabricación de cemento se centra en la descarbonatación y la clinkerización de las materias primas en el horno, operación que consume cerca del 90% de la energía total consumida en la fábrica.

La energía eléctrica se consume en su mayor parte en las operaciones de molienda, tanto de materias primas como de cemento, que representan aproximadamente el 75% de la energía eléctrica total consumida. La impulsión de gases, la manipulación y transporte de materiales suman prácticamente el 25% restante.

2.1 Descripción del sistema de suministro eléctrico de la empresa

La empresa Cemento Cienfuegos S.A. cuenta con una subestación principal de 115 kV, la cual se basa en el esquema de conexión H con dos líneas de alimentación como se observa en la figura 2.1, la línea Expreso que transfiere la energía total consumida por la fábrica, mientras la otra es un ramal de la línea Trinidad que entrega 20 MW en caso de averías, en la operación normal esta línea se mantiene desconectada. Las líneas son introducidas en la subestación de la empresa a través de pasa muros de cobre tipo MDF110/250, que alimentan las barras de donde se instalan los transformadores de fuerza *Tr-101* y *Tr-102* de 115/6 kV, separados por interruptores de soplo de aire tipo *D3AF7* de 2000 A.[10]

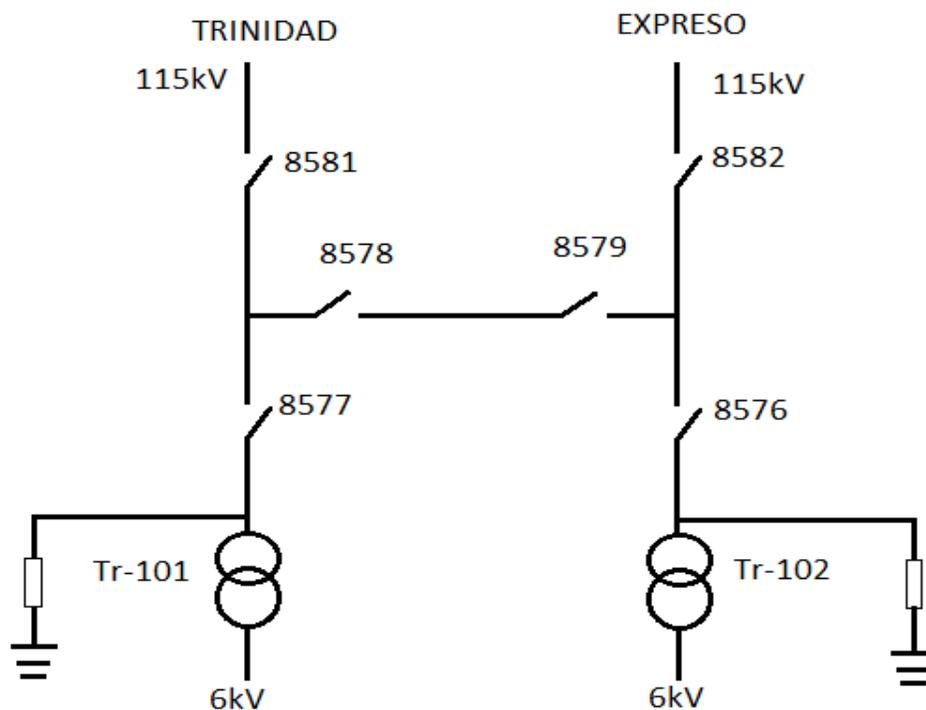
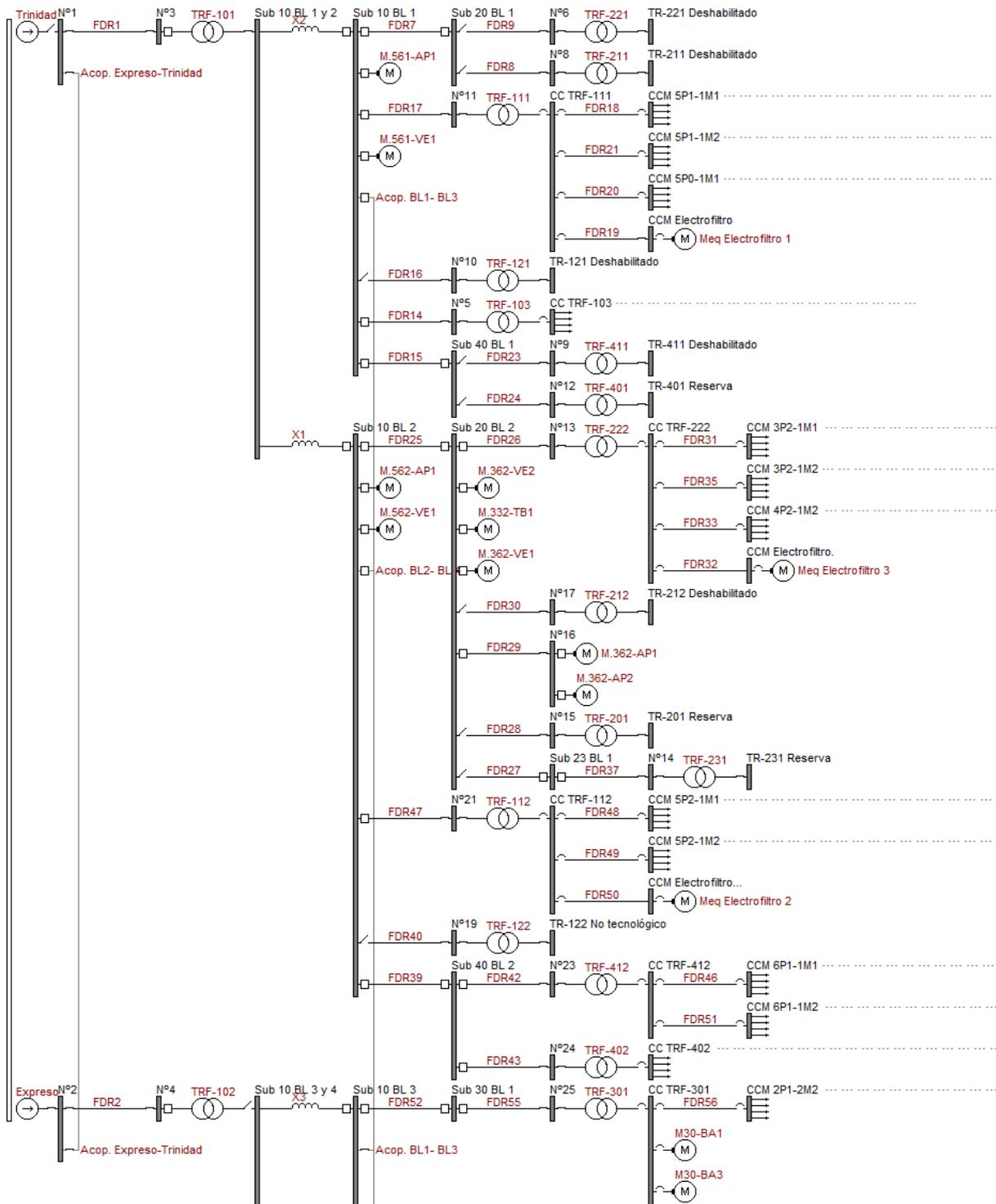


Figura 2.1 Esquema de conexión H de la alimentación de la red nacional a la Sub. Principal.

En la figura 2.2 se observa una muestra del monolineal del sistema de suministro eléctrico interno de la fábrica, como se simula en el software IPA.

A partir de los transformadores de entrada *Tr-101* y *Tr-102* en la subestación 10 (principal), se alimentan cinco subestaciones y doce centros de cargas que son los encargados de distribuir a las líneas de 480 V mediante transformadores, hacia los CCM (Centro de Control de Motores) y las fuerzas tecnológicas y no tecnológicas.

En general, la empresa cuenta con 40 transformadores distribuidos en las subestaciones y en centros de carga, 22 motores de 6 kV y un gran número de motores de 480 V. Las especificidades de estas subestaciones y centros de carga se encuentran en el Anexo 6.



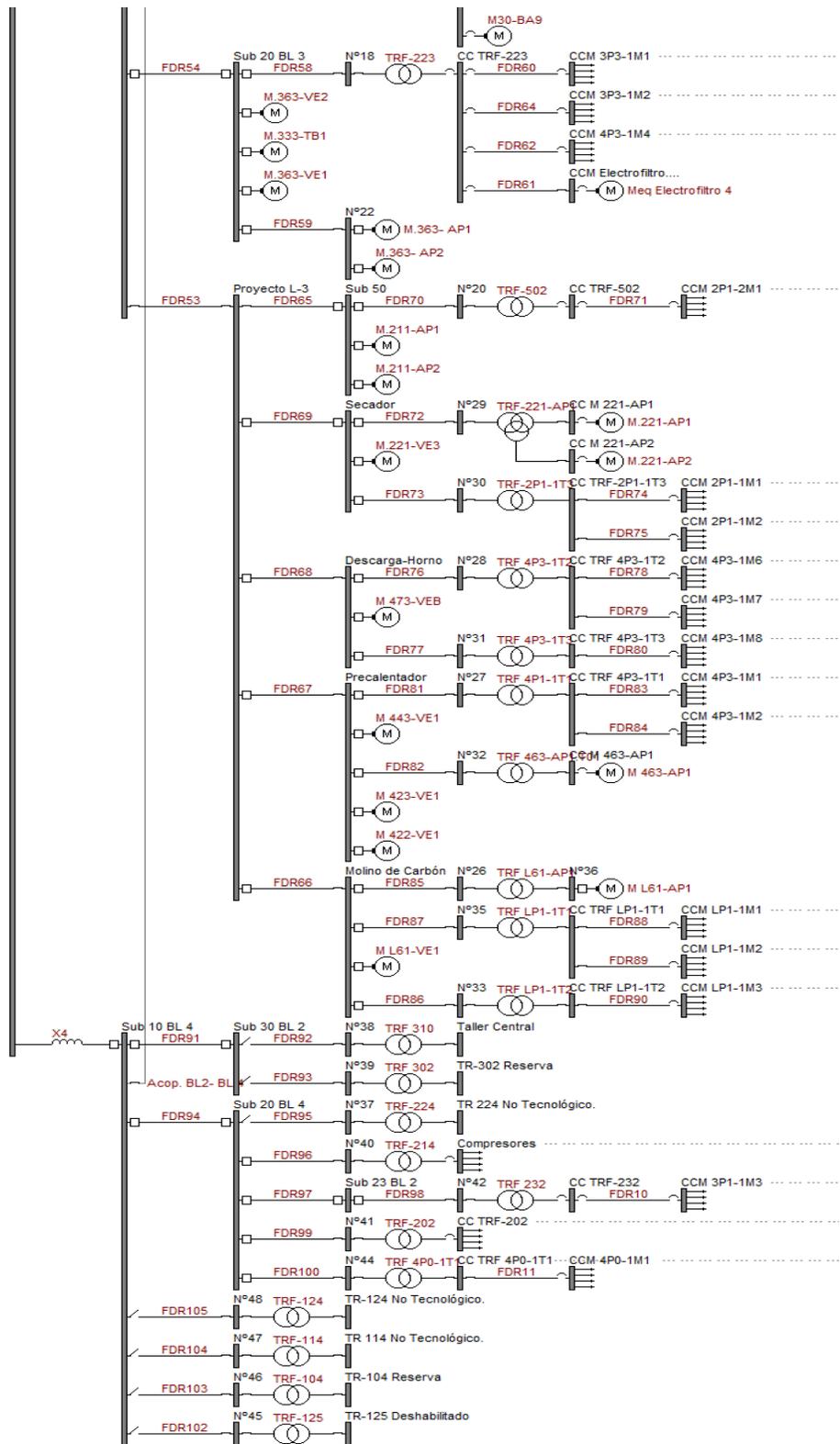


Figura 2.2. Monolineal de la fábrica en el software IPA.

2.2 Cables utilizados y protecciones asociadas.

En la fábrica existen en general cables conductores en la zona de media tensión (6kV) desde la subestación principal a cada una de las subestaciones auxiliares y los centros de carga, así como numerosos conductores en la zona de baja tensión, para los centros de distribución, de control de motores y otros consumidores más específicos, muestras de los conductores utilizados en ambas tensiones de suministro se pueden ver en las figuras C y D del Anexo 4.

2.2.1 Características de conductores en media tensión y protecciones asociadas.

En las siguientes tablas se muestran los conductores utilizados en 6 KV:

Tabla 2.1 Subestación 10

Tramo	Calibre	Material	Cant./Cond	Longitud (m)	
Desde	Hasta				
Bloque 1	Bloque 3	Barra			
	Sub 20 BL 1	300 mm ²	Al	5xFase	420
	TR 111	120 mm ²	Al	1xFase	100
	TR 121	185 mm ²	Al	1xFase	315
	M 561 AP1	300 MCM	Cu	1xFase	120
	M 561 VE1	250 MCM	Cu	1xFase	160
	TR 103	120 mm ²	Al	1xFase	50
	Sub 40 BL 1	240 mm ²	Al	2xFase	255
Bloque 2	Bloque 4	Barra			
	Sub 20 BL 2	300 mm ²	Al	5xFase	423
	TR 112	120 mm ²	Al	1xFase	115
	TR 122	185 mm ²	Al	1xFase	325
	M 562 AP1	300 MCM	Cu	1xFase	120
	M 562 VE1	250 MCM	Cu	1xFase	160
	Sub 40 BL 2	240 mm ²	Al	2xFase	275
Bloque 3	Sub 30 BL 1	300 mm ²	Al	2xFase	750
	Sub 20 BL 3	300 mm ²	Al	5xFase	428
	Proyecto L3	Barra			
Bloque 4	Sub 30 BL 2	300 mm ²	Al	2xFase	750
	Sub 20 BL4	300 mm ²	Al	5xFase	430
	TR 124	185 mm ²	Al	1xFase	335
	TR 114	120 mm ²	Al	1xFase	125
	TR 104	120 mm ²	Al	1xFase	70

	TR 125	185 mm ²	Al	1xFase	335
--	--------	---------------------	----	--------	-----

Tabla 2.2 Subestación 20

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond	Longitud
Desde	Hasta				
Bloque 1	Bloque 3	Barra			
	TR 221	185 mm ²	Al	1xFase	156
	TR 211	120 mm ²	Al	1xFase	172
Bloque 2	Bloque 4	Barra			
	TR 222	185 mm ²	Al	1xFase	216
	TR 212	120 mm ²	Al	1xFase	213
	M 362 AP1,2	300 mm ²	Al	1xFase	38
	M 362 VE2	250 MCM	Cu	1xFase	140
	M 332 TB1	250 MCM	Cu	1xFase	140
	M 362 VE1	250 MCM	Cu	1xFase	140
	TR 201	120 mm ²	Al	1xFase	34
Sub 23 BL 1	185 mm ²	Al	2xFase	360	
Bloque 3	TR 223	185 mm ²	Al	1xFase	261
	M 363 AP1,2	300 mm ²	Al	1xFase	45
	M 363 VE2	250 MCM	Cu	1xFase	170
	M 333 TB1	250 MCM	Cu	1xFase	170
	M 363 VE1	250 MCM	Cu	1xFase	170
Bloque 4	TR 224	185 mm ²	Al	1xFase	151
	TR 214	185 mm ²	Al	1xFase	164
	Sub 23 BL 2	185 mm ²	Al	2xFase	359
	TR 202	120 mm ²	Al	1xFase	35
	TR 4P0-1T1	4/0 AWG	Cu	1xFase	80
M 362 AP1,2	M 362 AP1	300 MCM	Cu	1xFase	140
	M 362 AP2	300 MCM	Cu	1xFase	140
M 363 AP1,2	M 363 AP1	300 MCM	Cu	1xFase	170
	M 363 AP2	300 MCM	Cu	1xFase	170

Tabla 2.3 Subestación 23

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond	Longitud
Desde	Hasta				
Bloque 1	Bloque 2	Barra			
	TR 231	185 mm ²	Al	1xFase	28
Bloque 2	TR 232	120 mm ²	Al	1xFase	29

Tabla 2.4 Subestación 30

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond	Longitud
Desde	Hasta				

Bloque 1	Bloque 2	Barra			
	TR 301	185 mm2	Al	1x Fase	30
Bloque 2	TR 302	120 mm2	Al	1x Fase	30
	TR 310	185 mm2	Al	1x Fase	200

Tabla 2.5 Subestación 40

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond	Longitud
Desde	Hasta				
Bloque 1	Bloque 2	Barra			
	TR 411	185 mm2	Al	1xFase	220
	TR 401	185 mm2	Al	1xFase	30
Bloque 2	TR 412	185 mm2	Al	1xFase	210
	TR 402	185 mm2	Al	1xFase	24

Tabla 2.6 Subestación 50

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond	Longitud
Desde	Hasta				
Bloque 1	M 211 AP1	300 MCM	Cu	1xFase	150
	M 211 AP2	300 MCM	Cu	1xFase	150
	TR 502	250 mm2	Al	1xFase	30

Tabla 2.7 Proyecto Línea 3

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond	Longitud
Desde	Hasta				
Proyecto L3	Descarga-Horno	500 MCM	Cu	1xFase	500
	Precalentador	350 MCM	Cu	2xFase	800
	Molino de Carbón	350 MCM	Cu	2xFase	800
	Secador	500 MCM	Cu	5xFase	4500
	Sub 50	300 mm2	Al	2xFase	4800
Descarga-Horno	TR 4P3-1T2	4/0 AWG	Cu	1xFase	20
	M 473-VEB	4/0 AWG	Cu	1xFase	100
	TR 4P3-1T3	4/0 AWG	Cu	1xFase	20
Precalentador	TR 4P1-1T1	4/0 AWG	Cu	1xFase	20
	M 443-VE1	350 MCM	Cu	1xFase	95
	TR 463-AP1.T01	4/0 AWG	Cu	1xFase	20
	M 423-VE1	4/0 AWG	Cu	1xFase	80
	M 422-VE1	4/0 AWG	Cu	1xFase	120
Molino de Carbón	TR L61-AP1	4/0 AWG	Cu	1xFase	50
	TR LP1-1T1	4/0 AWG	Cu	1xFase	50
	M L61-VE1	4/0 AWG	Cu	1xFase	180

	TR LP1-1T2	4/0 AWG	Cu	1xFase	50
Secador	TR 221-AP1	4/0 AWG	Cu	1xFase	20
	M 221-VE3	4/0 AWG	Cu	1xFase	140
	TR 2P1-1T3	4/0 AWG	Cu	1xFase	20
	TR463-AP1.T01	M 463-AP1	350 MCM	Cu	2xFase
TR L61-AP1	M L61-AP1	350 MCM	Cu	1xFase	150
TR 221-AP1	M 221-AP1	250 MCM	Cu	3xFase	100
	M 221-AP2	250 MCM	Cu	3xFase	100

A continuación las características de los conductores de 480V:

Tabla 2.8 Subestación 10

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond	Longitud
Transformador	CCM				
111	5P1-1M1	120 mm ²	Cu	3 x Fase	80
	5P1-1M2	240 mm ²	Cu	3 x Fase	30
	Electrofiltro Cemento Línea 1	150 mm ²	Cu	1 x Fase	30
	5P0-1M1	240 mm ²	Cu	2 x Fase	30
112	Electrofiltro Cemento Línea 2	150 mm ²	Cu	1 x Fase	30
	5P2-1M1	150 mm ²	Cu	1 x Fase	80
	5P2-1M2	240 mm ²	Cu	3 x Fase	30
122	4P1-1M5	240 mm ²	Cu	2 x Fase	20
	4P1-1M6	240 mm ²	Cu	2 x Fase	20

Tabla 2.9 Subestación 20

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond	Longitud
Transformador	CCM				
222	Electrofiltro Horno Línea 3	150 mm ²	Cu	1 x Fase	70
	3P2-1M1	150 mm ²	Cu	2 x Fase	140
	3P2-1M2	240 mm ²	Cu	3 x Fase	50
	4P2-1M2	300 mm ²	Cu	2 x Fase	70
223	Electrofiltro Horno Línea 1	150 mm ²	Cu	1 x Fase	70
	3P3-1M1	120 mm ²	Cu	3 x Fase	140
	3P3-1M2	240 mm ²	Cu	3 x Fase	50
	4P3-1M4	150 mm ²	Cu	1 x Fase	70
4P0-1T1	4P0-1M1	300 mm ²	Cu	8 x Fase	40

Tabla 2.10 Subestación 23

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond	Longitud
Transformador	CCM				

232	3P1-1M3	240 mm ²	Cu	2 x Fase	165
------------	---------	---------------------	----	----------	-----

Tabla 2.11 Subestación 30

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond	Longitud
Transformador	CCM				
301	2P1-2M2	150 mm ²	Cu	1 x Fase	140

Tabla 2.12 Subestación 40

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond	Longitud
Transformador	CCM				
412	6P1-1M1	240 mm ²	Al	1 x Fase	50
	6P1-1M2	240 mm ²	Al	3 x Fase	150

Tabla 2.13 Subestación 50

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond	Longitud
Transformador	CCM				
502	2P1-2M1	240 mm ²	Cu	2 x Fase	150

Tabla 2.14 Proyecto Línea 3

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond	Longitud
Transformador	CCM				
TR 4P3-1T2	4P3-1M6	600 MCM	Cu	3 x Fase	50
	4P3-1M7	600 MCM	Cu	3 x Fase	50
TR 4P3-1T3	4P3-1M8	600 MCM	Cu	3 x Fase	50
LP1-1T1	LP1-1M1	600 MCM	Cu	3 x Fase	30
	LP1-1M2	600 MCM	Cu	3 x Fase	30
LP1-1T2	LP1-1M3	600 MCM	Cu	3 x Fase	30
4P1-1T1	4P3-1M1	600 MCM	Cu	3 x Fase	20
	4P3-1M2	600 MCM	Cu	3 x Fase	20
2P1-1T3	2P1-1M1	600 MCM	Cu	3 x Fase	20
	2P1-1M2	600 MCM	Cu	3 x Fase	20

Tabla 2.15 Subestación 10 transformador 103

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond.	Longitud
Desde	Hasta				
TRF 103	Vent. Reactor 1 y 2	33,62 mm ²	Cu	1 x fase	70
	Vent. Reactor 3 y 4	33,62 mm ²	Cu	1 x fase	70

Vent. Sala 6KV	6 AWG	Cu	1 x fase	70
Vent. Transformador 101 y 102	2/0 AWG	Cu	1 x fase	70
Vent. Condensadores	33,62 mm2	Cu	1 x fase	70
Vent. Transformador 102 (24 vent.)	12 AWG	Cu	1 x fase	70
Vent. Transformador 101 (13 vent.)	12 AWG	Cu	1 x fase	70
motor compresor 2	33,62 mm2	Cu	1 x fase	70
motor compresor 3	33,62 mm2	Cu	1 x fase	70

Tabla 2.16 Subestación 10 transformador 111

Tramo		Calibre	Material	Cant/Cond.
Desde	Hasta			
5P1-1M1	K11-BT3	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	521-BT1	4 AWG	Cu	1 x fase
	521-BT6	4 AWG	Cu	1 x fase
	K11-BT2	4 AWG	Cu	1 x fase
	K11-BT1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	521-BT2	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	531-RE1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	K91-RE1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
5P1-1M2	561-VE2	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	561-GU1	4 AWG	Cu	1 x fase
	561-EC1_M01	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	561-EC1_M02	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	561-EL1-M01	6 AWG	Cu	1 x fase
	561-EL2_M01	6 AWG	Cu	1 x fase
	531-BT1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	561-EL3	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	561-AK1	33,62 mm2	Cu	2 x fase
	591- GU4	6 AWG	Cu	1 x fase
	591-GU5	6 AWG	Cu	1 x fase
5P0-1M1	591-VE4	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	591-VE3	33,62 mm2	Cu	2 x fase
	591-VT1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	591-VT2	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	591-VT3	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	591-VT4	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	591-VT5	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	591-BT2	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	591-GU7	33,62 mm2	Cu	1 x fase

	591-BT1	4/0 AWG	Cu	2 x fase
TRF 111	Electrofiltro	150 mm2	Cu	1 x fase

Tabla 2.17 Subestación 10 transformador 112

Tramo	Calibre	Material	Cant/Cond.	
Desde	Hasta			
TRF112	Electrofiltro	150 mm2	Cu	1 x fase
5P2-1M1	532-RE1.U01	4 AWG	Cu	1 x fase
	K92-RE1.U01	4 AWG	Cu	1 x fase
	K92-BT1.M01	33,62 mm2	Cu	1 x fase
5P2-1M2	562-EL1.M01	6 AWG	Cu	1 x fase
	562-EL2.M01	6 AWG	Cu	1 x fase
	532-BT1.M01	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	562-AK1.M01	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	562-AK2.M01	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	562-EL3.M01	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	562-EL3.M02	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	562-CE1	240 mm2	Cu	1 x fase
	562-GU1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	562-VE2	4/0 AWG	Cu	2 x fase

Tabla 2.18 Subestación 20 transformador 202

Tramo	Calibre	Material	Cant/Cond.	
Desde	Hasta			
TRF 202	M30-BAJ	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	M30-BAK	4/0 AWG	Cu	1 x fase
	M30-BAL	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	M30-BAI	4/0 AWG	Cu	1 x fase
	M30-BAH	4/0 AWG	Cu	1 x fase
	M30-BAG	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	M30-BAF	2/0 AWG	Cu	1 x fase

Tabla 2.19 Subestación 20 transformador 214

Tramo	Calibre	Material	Cant/Cond.	
Desde	Hasta			
TRF 214	Electrofiltro	150 mm2	Cu	1 x fase
	Compresor 1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	Compresor 2	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	D31-CN1	240 mm2	Cu	1 x fase
	D31-CN2	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	D31-CN3	4/0 AWG	Cu	2 x fase

D31-CN4	4/0 AWG	Cu	2 x fase
---------	---------	----	----------

Tabla 2.20 Subestación 20 transformador 222

Tramo	Calibre	Material	Cant./Cond	
Desde	Hasta			
TRF 222	Electrofiltro	150 mm2	Cu	1 x fase
3P2-1M1	332-RE1.U01	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	332-VE1	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	332-BT3	6 AWG	Cu	1 x fase
	332-BT2	6 AWG	Cu	1 x fase
3P2-1M2	362-EL1.M01	4 AWG	Cu	1 x fase
	362-EL2.M01	4 AWG	Cu	1 x fase
	362-VT1	6 AWG	Cu	1 x fase
	332-BT1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
4P2 1M2	422-GU7	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	422-GU8	12 AWG	Cu	1 x fase
	422-GU6.M01	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	422-GU6.M02	33,62 mm2	Cu	1 x fase

Tabla 2.21 Subestación 20 transformador 223

Tramo	Calibre	Material	Cant/Cond.	
Desde	Hasta			
TRF 223	Electrofiltro	150 mm2	Cu	1 x fase
3P3-1M1	333-RE1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	333-VE1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	333-BT2	6 AWG	Cu	1 x fase
	333-BT3	6 AWG	Cu	1 x fase
3P3-1M2	363-EL1_M01	6 AWG	Cu	1 x fase
	363-EL2_M01	6 AWG	Cu	1 x fase
	393-GU1	6 AWG	Cu	1 x fase
	333-BT1	33,62 m m2	Cu	1 x fase
	363-AK1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	363-AK2	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	363-EL4.M01	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	363-EL4.M02	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	393-EC1	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	393-VE1	2/0 AWG	Cu	1 x fase
4P3-1M4	423-GU7	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	423-GU6.M01	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	423-GU6.M02	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	423-BM3	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	423-BM4	2/0 AWG	Cu	1 x fase

Tabla 2.22 Subestación 20 transformador 4P0-1T1

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond.
Desde	Hasta			
4P0-1M1	380-VX4	4 AWG	Cu	1 x fase
	380-CN8	4/0 AWG	Cu	4 x fase
	380-CN9	4/0 AWG	Cu	4 x fase
	380-CN7	4/0 AWG	Cu	4 x fase
	380-CN6	4/0 AWG	Cu	4 x fase

Tabla 2.23 Subestación 23 transformador 232

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond.
Desde	Hasta			
3P1-1M3	311-BT3	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	311-BT4	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	311-BT1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	311-BT2	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	311-BT5	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	311-BT6	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	311-RC1	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	311-RC2	4/0 AWG	Cu	2 x fase

Tabla 2.24 Subestación 30 transformador 301

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond.
Desde	Hasta			
2P1-2M2	291-BT7	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	291-BT8	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	291-BT9	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	291-BT4	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	291-BT5	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	291-BT6	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	291-BTA	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	291-BTD	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	291-BTB	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	291-BTC	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	291-VE3	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	291-VE2	4 AWG	Cu	1 x fase
	Tratamiento de agua	M30-BA1	4 AWG	Cu
M30-BA3		4 AWG	Cu	1 x fase
M30-BA9		4 AWG	Cu	1 x fase

Tabla 2.25 Subestación 40 transformador 402

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond.
Desde	Hasta			
Compresores	M0508	4/0 AWG	Cu	4 x fase
	M0509	4/0 AWG	Cu	4 x fase
	611-CN2	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	Compresor 1	4 AWG	Cu	1 x fase
	Compresor 2	2/0 AWG	Cu	1 x fase

Tabla 2.26 Subestación 40 transformador 412

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond.
Desde	Hasta			
6P1-1M1	621-VE1.M01	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	621-VE2.M01	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	621-VE3.SP1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	621-VTB.SP1	4 AWG	Cu	1 x fase
	621-VTC.SP2	4 AWG	Cu	1 x fase
6P1-1M2	611-VTE.SP1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	611-VTF.SP2	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	611-VTG.SP1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	661-EC1.M01	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	661-EC2.SP1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	661-VE1.M01	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	661-VE2.SP1	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	661-GU1.M01	12 AWG	Cu	1 x fase
	691-BT3.M01	4 AWG	Cu	1 x fase
	691-BT7.SP3	4 AWG	Cu	1 x fase
	681-BT1.M01	4 AWG	Cu	1 x fase
	663-EC1.M01	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	663-VE1.M01	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	693-BT2.M01	4 AWG	Cu	1 x fase
	693-BT4.M01	4 AWG	Cu	1 x fase
	682-BT1.M01	33,62 mm2	Cu	1 x fase

Tabla 2.27 Subestación 50 transformador 502

Tramo		Calibre	Material	Cant./Cond.
Desde	Hasta			
2P1-2M1	291-BT1	4/0 AWG	Cu	1 x fase
	211-VE1	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	291-BT2	4/0 AWG	Cu	2 x fase

Proyecto Línea 3, Descarga-Horno

Tabla 2.28 Transformador 4P3-1T2

Tramo	Calibre	Material	Cant./Cond.
-------	---------	----------	-------------

Desde	Hasta			
4P3-1M6	473-UH1.M02	4 AWG	Cu	1 x fase
	473-VE4	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	473-VE1	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	473-UH2	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	473-VE2	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	473-VE3	4/0 AWG	Cu	2 x fase
4P3-1M7	473-TS1	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	473-VE7	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	493-GU9	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	493-TC1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	463-VE2	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	473-VE8	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	473-VE9	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	483 VE1.M01	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	473-VEA	4 AWG	Cu	1 x fase
	473-VE5	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	473-VE6	2/0 AWG	Cu	1 x fase

Tabla 2.29 Transformador 4P3-1T3

Tramo	Calibre	Material	Cant./Cond.	
Desde	Hasta			
4P3-1M8	473-VX1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	473-VX2	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	473-VX3	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	473-VX4	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	473-VX5	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	473-VX6	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	473-VX7	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	473-VX8	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	493-EC1_M01	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	493-GU8	6 AWG	Cu	1 x fase
	493-GUA	4 AWG	Cu	1 x fase
	493-VE1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	493-VE2	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	493-VE3	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	493-TK1	2/0 AWG	Cu	1 x fase

Proyecto Línea 3, Molino de Carbón

Tabla 2.30 Transformador LP1-1T1

Tramo	Calibre	Material	Cant./Cond.	
Desde	Hasta			
LP1-1M1	L61-EL1	33,62 mm2	Cu	1 x fase
	L51-VE1	4/0 AWG	Cu	3 x fase
	D33-CN2	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	D33-CN3	4/0 AWG	Cu	2 x fase

LP1-1M2	L11-BT1	33,62 mm ²	Cu	1 x fase
	L11-BT2	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	L61-VT1	4 AWG	Cu	1 x fase
	L61-UH1.M02	33,62 mm ²	Cu	1 x fase
	L91-GU3	4 AWG	Cu	1 x fase
	L61-SP1	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	L91-GU1	4 AWG	Cu	1 x fase

Tabla 2.31 Transformador LP1-1T2

Tramo	Calibre	Material	Cant./Cond.	
Desde	Hasta			
LP1-1M3	453-SR1	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	481-SR1	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	481-SR2	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	483-SR1	4/0 AWG	Cu	1 x fase
	L91-VR3	4 AWG	Cu	1 x fase
	483-SR2	4/0 AWG	Cu	1 x fase

Proyecto Línea 3, Precalentador

Tabla 2.32 Transformador 4P1-1T1

Tramo	Calibre	Material	Cant./Cond.	
Desde	Hasta			
4P3-1M2	433-VR1.M02	6 AWG	Cu	1 x fase
	453-VE1	4 AWG	Cu	1 x fase
	453-VE2	4 AWG	Cu	1 x fase
	463-VE1	4 AWG	Cu	1 x fase
	463-VX3	6 AWG	Cu	1 x fase
	463-VX4	6 AWG	Cu	1 x fase
	463-VX5	6 AWG	Cu	1 x fase
	463-VX6	6 AWG	Cu	1 x fase
	463-VX7	6 AWG	Cu	1 x fase
	463-VX8	6 AWG	Cu	1 x fase
	463-VX9	6 AWG	Cu	1 x fase
	463-VXA	6 AWG	Cu	1 x fase
	463-VXB	6 AWG	Cu	1 x fase
	463-VXC	6 AWG	Cu	1 x fase
	463-VXD	6 AWG	Cu	1 x fase
	463-VXE	6 AWG	Cu	1 x fase
	463-VXF	6 AWG	Cu	1 x fase

Proyecto Línea 3, Secador.

Tabla 2.33 Transformador 2P1-1T3

Tramo	Calibre	Material	Cant/Cond.	
Desde	Hasta			
2P1-1M1	221-BT1	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	221-BT2	2/0 AWG	Cu	1 x fase

	221-BT3	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	221-BT4	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	221-CT1	4/0 AWG	Cu	2 x fase
	221-SR1	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	221-SR2	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	221-VE2	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	221-TP1	4/0 AWG	Cu	1 x fase
	221-TP2	4/0 AWG	Cu	1 x fase
	L91-VE2	6 AWG	Cu	1 x fase
2P1- 1M2	221-CN1	4/0 AWG	Cu	1 x fase
	221-CN2	4/0 AWG	Cu	1 x fase
	291-VE1	4 AWG	Cu	1 x fase
	291-GU4.M01	33,62 mm ²	Cu	1 x fase
	291-GU4.M02	33,62 mm ²	Cu	1 x fase
	291-GU2	33,62 mm ²	Cu	1 x fase
	291-GU3	2/0 AWG	Cu	1 x fase
	291-GU5	2/0 AWG	Cu	1 x fase

Nota: En las tablas donde se muestran los datos de los conductores a los motores de 480 V no se muestran las longitudes de estos debido a que se asumió para el estudio una distancia media de 70 m, puesto que fue imposible la medida exacta de estas distancias por no estar en la empresa las trazas originales de estos cables y la medición de estas longitudes sería muy engorroso, debido al gran entramado y cantidad de conductores.

2.2.2 Protecciones de media tensión

Las protecciones que se usan en media tensión son fundamentalmente de sobrecorriente, con disparo instantáneo y tiempo inverso de los tipos electromecánicas y más modernas electrónicas, que disparan interruptores de 8 ciclos y algunos cuentan además con fusibles rápidos, pero a los efectos del diagnóstico de conductores de media tensión, estos últimos no se tendrán en cuenta si no es necesario.

El tiempo que se demora en operar la protección y el interruptor para eliminar una falla, es el interruptor con un tiempo de 8 ciclos más el tiempo de relé en su disparo instantáneo y eso da un tiempo aproximado de para abrir una falla en un cable de 0,14 s, o sea, ese sería el tiempo que tiene que resistir el cable ante la falla.

2.2.3 Protecciones de baja tensión

Existe una gran diversidad de protecciones en baja tensión, fundamentalmente con interruptores automáticos de distintos fabricantes, según el área en que están situados y si esta fue modernizada o no.

Todos los interruptores automáticos de 480 V se consideran instantáneos, por tanto el tiempo de protección es mínimo y el programa que se utiliza en el diagnóstico los trae incluido internamente en su biblioteca.

En las tablas del Anexo 2 y 3 se muestran los numerosos datos de los interruptores de media y baja tensión.

2.3 Descripción del software IPA

El analizador de redes industriales IPA, es un software que se desarrolla por el Centro de Estudios de Electroenergética, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, permite la descripción interactiva del diagrama monolineal de un Sistema de Suministro Eléctrico Industrial. Puede describir el diagrama monolineal de cualquier tipo de circuito utilizado en la industria, aunque está fundamentalmente orientado a la descripción de circuitos radiales y magistrales; sus cálculos siguen los estándares planteados por la norma ANSI/IEEE. La red puede fragmentarse en varias "islas eléctricas".

El editor de redes se basa en un editor gráfico orientado a componentes que se ofrecen en un conjunto de paletas en que pueden escogerse librementem para ser insertados en el monolineal, siempre sobre alguno de los componentes ya insertados. Todos los componentes insertados tienen un nombre que puede ser modificado libremente.

El editor permite tanto la edición de los datos de los componentes y de la propia configuración del circuito, como la visualización de los resultados que se obtienen de cualquiera de los estudios disponibles. Una vez calculado el estudio, los componentes cambian de color según se muestra en la figura 2.3 para denotar que poseen resultados. En este caso, el menú contextual del componente incorpora la opción implícita de Cálculos, la que permite visualizar los resultados correspondientes al componente seleccionado para el estudio previamente ejecutado.

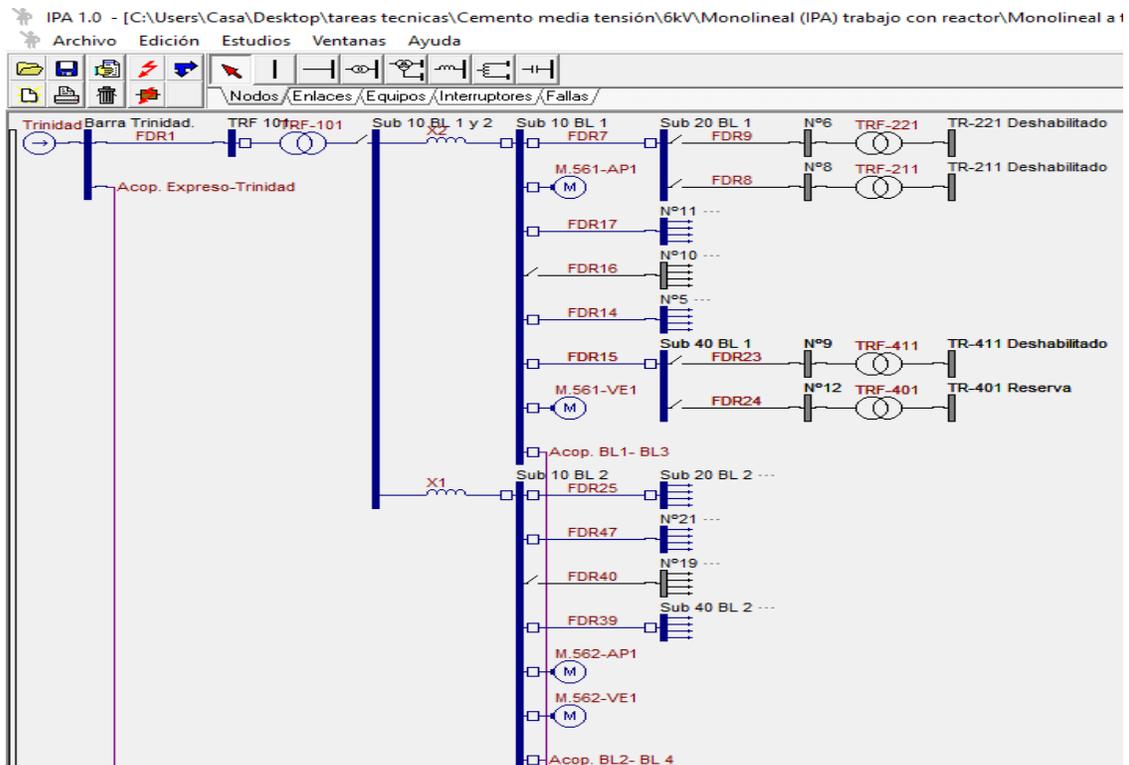


Figura 2.3: Vista de un sistema de prueba después de corrido.

2.4 Metodología de diagnóstico de conductores que se utiliza

El flujo de corriente de cortocircuito en un sistema eléctrico impone tensiones mecánicas y térmicas (calentamiento) en todos los componentes del sistema a través del cual fluyen tales corrientes. Esto incluye cables, barras, transformadores de corriente, interruptores de desconexión, así como disyuntores, fusibles y arrancadores de motor. Los cables de alimentación de múltiples conductores poseen una alta resistencia mecánica debido a la disposición compacta de los conductores y la unión concéntrica continua, muchas veces envueltos por una armadura o una funda de plomo. No se ha asignado ningún límite a las tensiones mecánicas en tales cables, esto no es cierto con respecto a los efectos térmicos. En común con otras partes del sistema eléctrico que transportan corriente durante el flujo de corriente de cortocircuito, la elevación brusca de la temperatura del conductor se limita solo por la capacidad del metal conductor de absorber el calor desarrollado.

La magnitud del aumento de la temperatura es mayor:

- A medida que la magnitud de la corriente aumenta (con el cuadrado de la corriente).
- A medida que la sección transversal del conductor se hace más pequeña.
- A medida que aumenta la duración del flujo de corriente.

2.4.1 Límites de temperatura a considerar

Las magnitudes de la corriente de cortocircuito del sistema de energía, la sección transversal del conductor y el tiempo de interrupción del dispositivo de protección contra cortocircuitos se deben coordinar, para evitar daños severos y permanentes al aislamiento del cable durante un intervalo de flujo de corriente de cortocircuito en el sistema, el efecto debe limitarse a una reducción moderada de la vida útil del cable (posiblemente el 1% de la vida normal).

Se han designado temperaturas transitorias máximas y razonables para distintos aislamientos de cables y tensiones de operación, en general son aproximadamente 150°C. A una temperatura ligeramente más alta (aproximadamente 175°C), puede producirse una desintegración destructiva de los materiales orgánicos, acompañada por humo y vapores combustibles (ver tabla 2.34).

Tabla 2.34 Temperatura de operación continua máxima nominal del conductor y temperatura transitoria máxima (momentánea) para varios tipos de cable y tensiones de operación.

Tipo de cable	Nivel de tensión (kV)	Temperatura máxima continua del cobre (°C)	Temperatura máxima transitoria del cobre (°C)
Vc tipo V o VI, un solo conductor o tres conductores	1	85	150
	5	85	145
	8	84	135
	15	77	120
Papel impregnado (solido) un solo conductor	1	85	150
	5	85	145
	8	85	140
	15	81	135
Papel impregnado (solido) tres conductores	1	85	140
	5	85	135
	8	85	130
	15	81	125
Tipo R	1	60	140
	5	60	135
	8	60	130
	15	60	125
Tipo RH	1	75	150
	5	75	145
	8	75	140
Coronol	1	80	150
	5	80	145
	8	80	140
	15	80	135

2.4.2 Calentamiento del conductor

Desde la base de que todo el calor producido por el flujo de corriente de cortocircuito se absorbe inicialmente por el metal conductor (que ha demostrado ser válido para tamaños de conductores de No. 8 Awg o mayores), el calentamiento del conductor se rige por lo siguiente:

$$\left(\frac{I_{rms}}{cmils}\right)^2 \cdot t = k \log\left(\frac{T_2 + T}{T_1 + T}\right) \quad (2.1)$$

Y el tiempo permitido por el cable ante las corrientes de fallas está dado por:

$$t = \frac{k}{\left(\frac{I}{cmils}\right)^2} * \log\left(\frac{T_2 + T}{T_1 + T}\right) \quad (2.2)$$

Donde:

t = tiempo de duración del flujo de corriente, en s

I = corriente rms durante todo el intervalo de flujo de corriente

cmils = sección transversal del conductor, en milésimas circular

T₁ = temperatura inicial del cobre, °C

T₂ = temperatura final del cobre, °C

T = Temperatura en °C, en la cual el material tiene resistencia eléctrica teórica nula.

Para simplificar una aplicación, estas relaciones se presentan gráficamente (ver figura 2.4).

La corriente rms, aquí se define como el valor cuadrático medio para el intervalo total de flujo de corriente de cortocircuito. La componente de corriente directa temporal encontrada en los circuitos de corriente alterna aumenta la corriente rms.

Las curvas de la figura 2.4 están proyectadas para el conductor de cobre, para el conductor de aluminio el tiempo es 45% el del cobre

El factor K1, por el cual se debe multiplicar el valor de la corriente simétrica para determinar la corriente rms verdadera, se muestra en la figura 2.5, para varias relaciones típicas de la reactancia a la resistencia del circuito (los circuitos de distribución generalmente caerán en la región de X / R = 10 o menos).

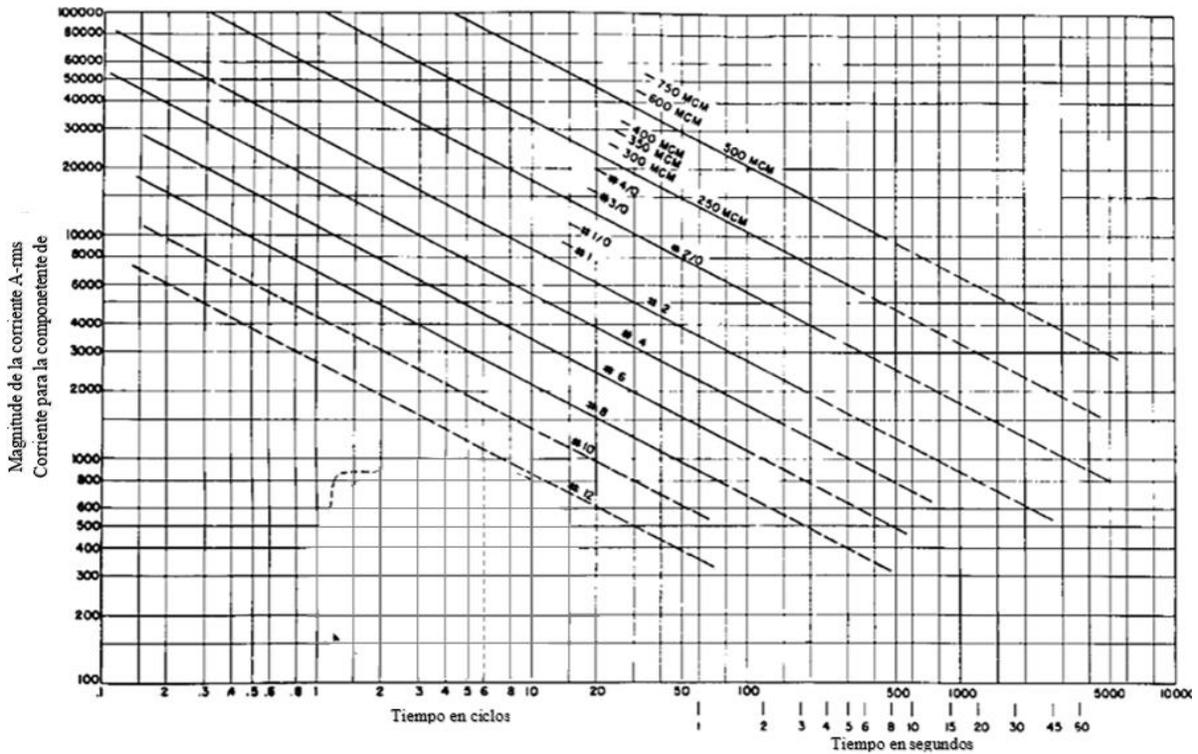


Figura 2.4: Límites de cables cobre (cortocircuito de corto-tiempo) conductores con temperatura elevada de (75 a 150 °C).

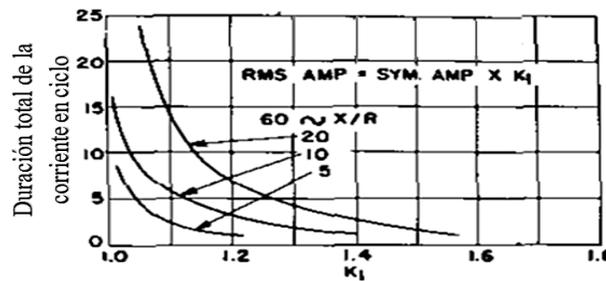


Figura 2.5: Corrección para la componente DC de la corriente.

La relación X/R del circuito generalmente no se conoce y requiere numerosas constantes de circuito para una evaluación. Por otro lado, como se menciona anteriormente, los factores conservadores (K_1) para las condiciones de aplicación más comunes son:

- Interruptores automáticos de bajo voltaje disparados instantáneamente $K_1 = 1.25$
- Interruptores automáticos de potencia, ocho ciclos, disparados instantáneamente $K_1 = 1.1$
- Cualquier problema en distribución de energía industrial con tiempo de duración de la corriente $\frac{1}{2}$ s o más $K_1 = 1.0$

Procedimiento a realizar de manera resumida:

- 1) Se evalúa la corriente de cortocircuito simétrica o las corrientes que pueden ser críticas.
- 2) Se define el tiempo de limpieza del dispositivo de protección contra cortocircuitos que protege el conductor.
- 3) Se aplica el factor de corrección de la corriente rms para permitir la componente de corriente directa (DC) a cada intervalo de tiempo involucrado.
- 4) Se realiza una comprobación de tiempo para el tamaño de conductor más pequeño que se puede instalar y el tiempo de interrupción del dispositivo de protección contra cortocircuitos, debe ser menor que el tiempo de falla que puede soportar el cable ante un régimen anormal.
- 5) Si es crítico, se recomienda reanalizar el rango exacto de temperatura, dimensiones y recalcular por las tablas y curvas de manera más exacta.

2.5. Conclusiones Parciales

Al terminar el desarrollo de este capítulo, se puede concluir que en la Fábrica “Cemento Cienfuegos S.A.” existen conductores asociados a los dos niveles de tensión encontrados en su extenso sistema de suministro, los cuales están protegidos por dispositivos antiguos, cuyo tiempo de operación es ya algo lento en comparación con los más actuales. La simulación en el software IPA de todos los componentes necesarios para el análisis demanda un riguroso trabajo de adquisición de datos y tablas auxiliares para la diferenciación de los mismos. La interpretación de los resultados automatizados que brinda el IPA al analizar la capacidad de los conductores ante los cortocircuitos, debe partir del conocimiento detallado del procedimiento utilizado para realizar el mismo, de no ser así las medidas correctivas pueden ser menos económicas o prácticas.

CAPÍTULO 3. CÁLCULO DE CORTOCIRCUITOS Y DIAGNÓSTICO DE CABLES DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

Introducción

El presente capítulo muestra el comportamiento de los cables una vez realizado el estudio de cortocircuito en los niveles de tensión de 6 kV y 0,48 kV, en las ejecuciones realizadas en el software IPA en régimen de cortocircuito máximo y para cada uno de los escenarios de operación en que puede funcionar la fábrica, en el trabajo se expone el más crítico.

3.1 Escenarios de operación del sistema eléctrico de la empresa “Cemento Cienfuegos S.A”.

Para el análisis de las corrientes de cortocircuito en los cables se definen los diferentes escenarios de operación actual y futuro de la planta. De manera general y previa consulta con la dirección técnica de la empresa, los seis posibles estados de operación actual y futuro de la industria son:

- 1) Alimentación por la línea Expreso y funcionando los dos transformadores principales (101 y 102), alimentando el primero los bloques 1 y 2 y el segundo los bloques 3 y 4 desde la subestación principal.
- 2) Alimentación por la línea Expreso funcionando solamente el transformador 101 y llevando la carga de los cuatro bloques de la subestación principal.
- 3) Alimentación por la línea Expreso funcionando solamente el transformador 102 y llevando la carga de los cuatro bloques de la subestación principal.
- 4) Alimentación por la línea Trinidad y funcionando los dos transformadores principales (101 y 102), alimentando el primero los bloques 1 y 2 y el segundo los bloques 3 y 4 de la subestación principal.
- 5) Alimentación por la línea Trinidad funcionando solamente el transformador 101 y llevando la carga de los cuatro bloques de la subestación principal.

- 6) Alimentación por la línea Trinidad funcionando solamente el transformador 102 y llevando la carga de los cuatro bloques de la subestación principal.

Al examinar los cortocircuitos se puede apreciar que las mayores coincidencias de máximo valor se encuentran en el estado de operación o escenario 3, o sea, con la línea Expreso de suministro y el transformador 102 alimentando los 4 bloques de la subestación 10 y en el estado de operación 6 con la línea de Trinidad como suministro y el transformador 102 alimentando los 4 bloques de la subestación 10.

Pero debido a que por la línea Expreso es por donde mayormente está conectada la planta, se decide tomar la corrida 3 para mostrar el diagnóstico de cables en media y baja tensión.

3.2 Diagnóstico de cables conductores en media tensión.

En las tablas que se muestran a continuación, se puede obtener la comparación de la capacidad del cable ante las fallas máximas en todos los niveles de tensión, con las corrientes obtenidas según los cálculos implementados en el producto del software IPA, a partir de la norma ANSI, la última columna expresa OK o ERROR, según se satisfacen o no las condiciones de los conductores alimentadores para el tiempo de operación de la protección, las corrientes de falla calculadas según la norma ANSI/IEEE son:

- I''_{sim} : Corriente de cortocircuito simétrica del ciclo de interrupción.
- I''_{sim} : Corriente de cortocircuito simétrica de primer ciclo.
- I''_{total} : Corriente de cortocircuito momentánea rms asimétrica.

Para el cálculo de la I''_{total} se utiliza el factor de asimetría momentáneo siguiente:

$$FM_{mom} = \sqrt{1 + 2 * e^{-2\pi/(X/R)}} \quad (3.1)$$

- I''_{pico} : Corriente de cortocircuito pico asimétrica.

Para el cálculo de la I''_{pico} se utiliza el factor de asimetría pico siguiente:

$$FM_{pico} = \sqrt{2} * (1 + e^{-\pi/(X/R)}) \quad (3.2)$$

Los resultados del diagnóstico de los conductores de media tensión en el modo de operación o escenario 3, se muestran en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Chequeo de los alimentadores en media tensión para el tercer escenario mediante el software IPA:

Alimentadores	Nomenclatura en el IPA	I ^{pico} (kA)	I ^{total} (kA)	I ^{sim} (kA)	I ^{sim} (kA)	Diagnóstico
Sub 10 BL1 Hasta Motor Princ Molino1	M.561-AP1.Fdr	74	44	28	24	OK
Sub 10 BL1 Hasta Motor Ventilador Succionador	M.561-VE1.Fdr	78	47	29	25	OK
Enlace.BL1-BL3	Acop. BL1-BL3	56	34	21	17	OK
Sub 10 BL1 Hasta Sub 20 BL1	FDR7	78	47	29	25	OK
Sub 20 BL1 Hasta TRF 211	FDR8	42	25	17	15	OK
Sub 20 BL1 Hasta TRF 221	FDR9	42	25	17	15	OK
Sub 10 BL1 Hasta TRF-111	FDR17	77	46	29	25	ERROR
Sub 10 BL1 Hasta TRF-103	FDR14	78	47	29	25	ERROR
Sub 10 BL1 Hasta Sub 40 BL1	FDR15	78	47	29	25	OK
Sub 10 BL2 Hasta Motor Princ Molino 2	M.562-AP1.Fdr	68	41	25	23	OK
Sub 10 BL2 Hasta Motor Vent Succionador 2	M.562-VE1.Fdr	72	43	27	24	OK
Enlace BL2-BL4	Acop.BL2-BL4	42	25	16	15	OK
Sub 10 BL 2 Hasta Sub 20 BL2	FDR25	67	40	25	23	OK
Sub 20 BL2 Hasta Ventilador exhaustor 2	M.362-VE2.Fdr	43	26	17	15	OK
Sub 20 BL2 Hasta Triturador de Martillo (Acc. Princ. Molinillo)	M.332-TB1	44	26	17	15	OK
Sub 20 BL2 Hasta Ventilador exhaustor 1	M.362-VE1.Fdr	44	26	17	15	OK
Sub 20 BL2 Hasta TRF-222	FDR26	44	26	17	15	OK
Sub 20 BL2 Hasta Accio Principal Crudo 2	FDR 29	41	24	16	14	OK
Accio Principal Crudo 2 Hasta Molino Crudo 2.	M.362-AP1.Fdr	36	21	14	13	OK
Accio Principal Crudo 2 Hasta Molino Crudo 2.	M.362-AP2.Fdr	36	21	14	13	OK
Sub 20 BL2 Hasta Sub 23 BL1	FDR 27	44	26	17	15	OK
Sub 10 BL2 Hasta TRF-112	FDR 47	72	43	27	24	ERROR
Sub 10 BL2 Hasta Sub 40 BL2	FDR 39	71	43	26	23	OK
Sub 40 BL2 Hasta TRF 412	FDR 42	26	15	10	10	OK

Sub 40 BL2 Hasta TRF 402	FDR 43	25	15	10	9	OK
Sub 10 BL3 Hasta Sub30 BL1	FDR 52	78	47	29	25	OK
Sub 30 BL1 Hasta TRF 301	FDR 55	16	9	7	6	OK
Sub 10 BL3 Hasta Sub20 BL3	FDR 54	72	43	27	24	OK
Sub 20 BL3 Hasta Ventilador Exhaustor 2	M.363-VE2.Fdr	45	27	18	15	OK
Sub 20 BL3 Hasta Triturador de Martillo (Acc. Princ. Molinillo)	M.333-TB1.Fdr	46	27	18	15	OK
Sub 20 BL3 Hasta Ventilador Exhaustor 1	M.363-VE1.Fdr	45	27	18	15	OK
Sub 20 BL3 Hasta TRF-223	FDR 58	46	27	18	16	OK
Sub 20 BL3 Hasta Acc. Principal Crudo 3	FDR 59	43	25	17	15	OK
Acc. Principal Crudo 3 Hasta Molino de Crudo 3	M.363-AP1.Fdr	37	22	15	13	OK
Acc. Principal Crudo 3 Hasta Molino de Crudo 3	M.363-AP2.Fdr	37	22	15	13	OK
Sub10 BL3 Hasta Proyecto L-3	FDR 53	66	39	24	22	OK
Proyecto L3 Hasta Sub50	FDR 65	77	46	29	24	OK
Sub50 Hasta Trituradora	M.211-AP1.Fdr	4	2	2	1	OK
Sub50 Hasta Trituradora	M.211-AP2.Fdr	4	2	2	1	OK
Sub50 Hasta TRF 502	FDR70	4	3	2	2	OK
Proyecto L3 Hasta Secador	FDR69	76	46	28	24	OK
Secador Hasta TRF 221- AP1	FDR72	8	5	3	3	OK
Secador Hasta Vent. Casa de Bolsa	M.221-VE3.Fdr	8	5	3	3	OK
Secador Hasta TRF 2P1-1T3	FDR73	8	4	3	3	OK
Proyecto L3 Hasta Descarga-Horno	FDR68	76	45	28	24	OK
Descarga-Horno Hasta TRF 4P3-1T2	FDR76	11	7	4	4	OK
Descarga-Horno Hasta Ventilador	M.473-VEB.Fdr	12	7	5	4	OK
Descarga-Horno Hasta TRF 4P3-1T3	FDR77	12	7	5	4	OK
Proyecto L3 Hasta Precalentador	FDR67	74	45	28	24	OK
Precalentador Hasta Ventilador	M443-VE1.Fdr	14	8	5	5	OK

Gas Caliente						
Precalentador Hasta Ventilador	M423-VE1.Fdr	16	10	6	5	OK
Precalentador Hasta Ventilador	M422-VE1.Fdr	16	10	6	5	OK
Precalentador Hasta TRF 4P1-1T1	FDR81	16	10	6	5	OK
Precalentador Hasta TRF 463-AP1.T01	FDR82	16	10	6	5	OK
Proyecto L3 Hasta Molino de Carbón	FDR66	75	45	28	24	OK
Molino de Carbón Hasta TRF L61-AP1	FDR85	14	8	6	5	OK
Molino de Carbón Hasta TRF LP1-1T1	FDR87	14	8	6	5	OK
Molino de Carbón Hasta Ventilador de Gases de Entrada al Molino	M L61-VE1.Fdr	14	8	6	5	OK
Molino de Carbón Hasta TRF LP1-1T2	FDR86	15	9	6	5	OK
Sub10 BL4 Hasta Sub30 BL2	FDR91	72	44	27	24	OK
Sub30 BL2 Hasta TRF 310	FDR92	16	9	7	6	OK
Sub30 BL2 Hasta TRF 302	FDR93	16	9	7	6	OK
Sub10 BL4 Hasta Sub20 BL4	FDR94	69	41	26	23	OK
Sub20 BL4 Hasta TRF 224	FDR95	42	25	17	15	OK
Sub20 BL4 Hasta TRF 214	FDR96	41	24	17	15	OK
Sub20 BL4 Hasta Sub23 BL2	FDR97	42	25	17	15	OK
Sub23 BL2 Hasta TRF 232	FDR98	17	10	7	7	OK
Sub20 BL4 Hasta TRF 202	FDR99	41	24	17	15	OK
Sub20 BL4 Hasta TRF 4P0-1T1	FDR100	40	24	16	14	OK
Sub10 BL4 Hasta TRF 124	FDR105	72	44	27	24	OK
Sub10 BL4 Hasta TRF 114	FDR104	72	44	27	24	ERROR
Sub10 BL4 Hasta TRF 104	FDR103	72	44	27	24	ERROR
Sub10 BL4 Hasta TRF 125	FDR102	72	44	27	24	OK

Como se observa, los alimentadores FDR17 que va desde Sub 10 BL1 hasta TRF-111, el FDR14 que va desde Sub 10 BL1 hasta TRF-103, FDR47 que va desde Sub 10 BL2 hasta TRF-112, FDR104 que va desde Sub 10 BL4 hasta TRF114 y FDR103 que va desde Sub 10 BL4 hasta TRF 104, en el estado actual de la empresa puede que estos alimentadores no

aguanten un cortocircuito máximo en ellos, según el tiempo de operación en que se eliminaría la falla.

3.2.1 Cables fallados y propuesta de calibre de los nuevos cables

En el nivel de media tensión, como medida correctiva se puede aplicar, entre otras, la sustitución de cables fallados por otros de mayor calibre, como se muestra en la tabla 3.2

Tabla 3.2 Propuesta para los cables de media tensión fallados.

Cables fallados	Nomenclatura en el IPA	Centro carga	Calibre actual (mm ²)	Calibre recomendado (mm ²)
Sub10 BL1 Hasta TRF 111	FDR17	Sub10 BL1	120	152 o 300 MCM
Sub10 BL1 Hasta TRF 103	FDR14	Sub10 BL1	120	152 o 300 MCM
Sub 10 BL2 Hasta TRF-112	FDR47	Sub10 BL2	120	140
Sub10 BL4 Hasta TRF 114	FDR104	Sub10 BL4	120	140
Sub10 BL4 Hasta TRF 104	FDR103	Sub10 BL4	120	140

3.3 Diagnóstico de cables conductores en baja tensión

Los resultados del diagnóstico de los conductores de baja tensión en el modo de operación o escenario 3, se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Diagnóstico de los alimentadores en baja tensión para el tercer escenario mediante el software IPA.

Alimentadores	Nomenclatura en el IPA	I ^{pico} (kA)	I ^{total} (kA)	I ^{sim} (kA)	I ^{sim} (kA)	Diagnóstico
CC TRF 111 Hasta CCM5P1-1M1	FDR18	82	47	37	35	OK
CCM 5P1-1M1 Hasta Banda Larga Puzolana	MK11-BT3.Fdr	57	33	31	26	ERROR
CCM5P1-1M1 Hasta Banda Transporte de Yeso	521-BT1.Fdr	57	33	31	26	ERROR
CCM 5P1-1M1 Hasta Banda Transporte de Yeso	521-BT6.Fdr	57	33	31	26	ERROR
CCM 5P1-1M1 Hasta Banda Transporte Puzolana	K11-BT2.Fdr	57	34	31	26	ERROR
CCM 5P1-1M1 Hasta Banda Transversal de Puzolana	K11-BT1.Fdr	57	33	31	26	ERROR
CCM 5P1-1M1 Hasta Banda Transporte de Yeso	521-BT2.Fdr	57	33	31	26	ERROR
CCM 5P1-1M1 Hasta Motor ASPA Carro Clinker	531-RE1.Fdr	57	34	31	26	ERROR
CCM 5P1-1M1 Hasta Motor ASPA Puzolana	K91-RE1Fdr	57	34	31	26	ERROR

CC TRF 111 Hasta CCM 5P1-1M2	FDR21	79	46	35	34	OK
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Ventilador Succion E	561-VE2.Fdr	64	37	31	27	OK
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Ventilador Sinfín 60	561-GU1.Fdr	67	38	32	28	ERROR
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Elevador de Cangilones	561-EC1.M01.Fdr	66	38	32	27	OK
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Elevador de Cangilones	561-EC1.M02.Fdr	66	38	32	27	OK
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Bomba de Alta	561-EL1.M01.Fdr	67	39	32	28	ERROR
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Bomba de Alta	561.EL2.M01.Fdr	67	39	32	28	ERROR
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Banda Alimentación M1	531-BT1.Fdr	66	38	32	28	ERROR
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Bomba Reductor Principal	561-EL3.Fdr	66	38	32	28	ERROR
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Auxiliar del Molino	561-AK1.Fdr	66	38	32	28	ERROR
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Sinfín Desc. Electrofiltro.	591-GU4.Fdr	67	39	32	28	ERROR
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Sinfín Desc. Electrofiltro.	591-GU5.Fdr	67	39	32	28	ERROR
CC TRF 111 Hasta CCM 5P0-1M1	FDR 20	78	45	35	34	OK
CCM 5P0-1M1 Hasta Ventilador del Filtro 591-FT1	591-VE4.Fdr	61	35	31	26	ERROR
CCM 5P0-1M1 Hasta Motor Ventilador de Canaleta	591-VT1.Fdr	61	35	31	26	ERROR
CCM 5P0-1M1 Hasta Motor Ventilador de Canaleta	591-VT2.Fdr	61	35	31	26	ERROR
CCM 5P0-1M1 Hasta Motor Ventilador de Canaleta	591-VT3.Fdr	61	35	31	26	ERROR
CCM 5P0-1M1 Hasta Motor Ventilador de Canaleta	591-VT4.Fdr	61	35	31	26	ERROR
CCM 5P0-1M1 Hasta Motor Ventilador de Canaleta	591-VT5.Fdr	61	35	31	26	ERROR
CCM 5P0-1M1 Hasta Banda Transportadora	591-BT2.Fdr	59	34	30	26	OK
CCM 5P0-1M1 Hasta Transportador Tornillo Sinfín	591-GU7.Fdr	61	35	31	26	ERROR
CCM 5P0-1M1 Hasta Banda Transportadora	591-BT1.Fdr	59	34	30	26	OK
CC TRF 111 Hasta CCM Electrofiltro 1	FDR19	83	48	38	35	OK
CCM Electrofiltro 1 Hasta Meq. Electrofiltro 1	Meq Electrofiltro 1.Fdr	37	23	23	20	OK
CC TRF 103 Hasta Vent. Reactor 1 y 2	Vent. Reactor 1 y 2.Fdr	24	14	12	11	OK
CC TRF 103 Hasta Vent.	Vent. Reactor 3 y	24	14	12	11	OK

Reactor 3 y 4	4.Fdr					
CC TRF 103 Hasta Vent.Sala 6KV	Vent.Sala 6KV.Fdr	24	14	12	11	ERROR
CC TRF 103 Hasta Vent. TRF 101 y 102.	Vent. TRF 101 y 102.Fdr	23	13	11	11	OK
CC TRF 103 Hasta Vent. Condensadores	Vent. Condensadores.Fdr	24	14	12	11	OK
CC TRF 103 Hasta Compresor 2	Compresor 2.Fdr	24	14	12	11	OK
CC TRF 103 Hasta Compresor 3	Compresor 3.Fdr	24	14	12	11	OK
CC TRF 103 Hasta Meq. Ventilacion TRF 102	Meq. Ventilacion TRF 102.Fdr	24	14	12	11	ERROR
CC TRF 103 Hasta Meq. Ventilacion TRF 101	Meq. Ventilacion TRF 101.Fdr	24	14	12	11	ERROR
CC TRF 222 Hasta CCM 3P2-1M1	FDR31	65	38	30	29	OK
CCM 3P2-1M1 Hasta ASPA Rueda Extractora Caliza	332-RE1.U01.Fdr	20	13	13	12	OK
CCM 3P2-1M1 Hasta Vent. Del Filtro de Mangas 332-FT1	332-VE1.Fdr	20	13	13	12	OK
CCM 3P2-1M1 Hasta Banda Alimentación de Hierro	332-BT3.Fdr	21	13	13	13	ERROR
CCM 3P2-1M1 Hasta Banda Alimentación Marga	332-BT2.Fdr	21	13	13	13	ERROR
CC TRF 222 Hasta CCM 3P2-1M2	FDR35	66	38	30	29	OK
CCM 3P2-1M2 Hasta Bomba Lubricacion Chumacera Molino	362-EL1.M01.Fdr	45	26	23	22	ERROR
CCM 3P2-1M2 Hasta Bomba Lubricacion Chumacera Molino	362-EL2-M01.Fdr	45	26	23	22	ERROR
CCM 3P2-1M2 Hasta Ventilador Aireación Canaleta	362-VT1.Fdr	45	26	23	22	ERROR
CCM 3P2-1M2 Hasta Banda Alimentación Molino.	332-BT1.Fdr	45	26	23	21	OK
CC TRF 222 Hasta CCM 4P2-1M2	FDR33	66	38	30	29	OK
CCM 4P2-1M2 Hasta Tornillo Sinfin	422-GU7.Fdr	37	21	19	19	OK
CCM 4P2-1M2 Hasta Tornillo Sinfin	422-GU8.Fdr	37	21	19	19	ERROR
CCM 4P2-1M2 Hasta Tornillo Sinfin	422-GU6.M01.Fdr	37	21	19	19	OK
CCM 4P2-1M2 Hasta Tornillo Sinfin	422-GU6.M02.Fdr	36	21	19	19	OK
CC TRF 222 Hasta CCM Electrofiltro 2	FDR32	67	38	30	29	OK
CCM Electrofiltro 2 Hasta Meq. Electrofiltro 2	Meq. Electrofiltro 2.Fdr	20	13	13	12	OK

CC TRF 112 Hasta CCM 5P2-1M1	FDR48	75	43	34	33	OK
CCM 5P2-1M1 Hasta ASPA Carro Dosificador de Clinker	532-RE1.U01.Fdr	19	13	13	12	OK
CCM 5P2-1M1 Hasta ASPA Carro Dosificador Puzolana	K92-RE1.U01.Fdr	19	13	13	12	OK
CCM 5P2-1M1 Hasta Banda Transversal de Puzolana	K92-BT1.M01.Fdr	19	13	13	12	OK
CC TRF 112 Hasta CCM 5P2-1M2	FDR49	70	40	32	32	OK
CCM 5P2-1M2 Hasta Bomba de Alta Presion	562-LE1.M01.Fdr	60	34	29	26	ERROR
CCM 5P2-1M2 Hasta Bomba de Alta Presion	562-EL2.M01.Fdr	60	34	29	26	ERROR
CCM 5P2-1M2 Hasta Banda Transportadora	532-BT1.M01.Fdr	60	34	29	26	ERROR
CCM 5P2-1M2 Hasta Motor Auxiliar del Molino	562-AK1.M01.Fdr	60	34	29	26	ERROR
CCM 5P2-1M2 Hasta Motor Auxiliar del Molino	562-AK2.M01.Fdr	60	34	29	26	ERROR
CCM 5P2-1M2 Hasta Bomba de Aceite de Reductor	562-EL3.M01.Fdr	60	34	29	26	ERROR
CCM 5P2-1M2 Hasta Bomba de Aceite de Reductor	562-EL3.M02.Fdr	60	34	29	26	ERROR
CCM 5P2-1M2 Hasta CCM 5P2-1M2 Hasta Motor Separador Dinámico.	562-CE1.Fdr	58	34	28	26	OK
CCM 5P2-1M2 Hasta Motor Sinfin 60	562-GU1.Fdr	60	34	29	26	ERROR
CCM 5P2-1M2 Hasta Motor Ventilador Barrido	562-VE2.Fdr	57	33	28	26	OK
CC TRF 112 Hasta CCM Electrofiltro 3	FDR50	75	43	34	33	OK
CCM Electrofiltro 3 Hasta Meq. Electrofiltro 3	Meq. Electrofiltro 3.Fdr	35	22	21	20	OK
CC TRF 412 Hasta CCM 6P1-1M1	FDR46	45	26	21	20	OK
CCM 6P1-1M1 Hasta Ventilador Filtro de Mangas 621-FT1	621-VE1.M01.Fdr	22	13	12	11	OK
CCM 6P1-1M1 Hasta Ventilador Filtro de Mangas 621-FT2	621-VE2.M01.Fdr	22	13	12	11	OK
CCM 6P1-1M1 Hasta Ventilador Filtro de Mangas	621-VE3.SP1.Fdr	22	13	12	11	OK
CCM 6P1-1M1 Hasta Ventilador para Canaleta	621-VTB.SP1.Fdr	22	13	12	11	OK
CCM 6P1-1M1 Hasta Ventilador para Canaleta	621-VTC.SP2.Fdr	22	13	12	11	OK
CC TRF 412 Hasta CCM	FDR51	42	25	19	19	OK

6P1-1M2						
CCM 6P1-1M2 Hasta Ventilador para Canaleta	611-VTE.SP1.Fdr	25	14	13	11	OK
CCM 6P1-1M2 Hasta Ventilador para Canaleta	611-VTESP2.Fdr	25	14	13	11	OK
CCM 6P1-1M2 Hasta Ventilador para Canaleta	611-VTG.SP1.Fdr	25	14	13	11	OK
CCM 6P1-1M2 Hasta Elevador de Canjilones	661-EC1.M01.Fdr	25	14	13	11	OK
CCM 6P1-1M2 Hasta Elevador de Canjilones	661-EC2.SP1.Fdr	25	14	13	11	OK
CCM 6P1-1M2 Hasta Ventilador Filtro de Mangas 661-FT1	663- EC1.M01.Fdr	25	14	13	11	OK
CCM 6P1-1M2 Hasta Ventilador Filtro de Mangas	661-VE1.M01.Fdr	24	14	13	11	OK
CCM 6P1-1M2 Hasta Banda Transportadora a Camiones	661-VE2.SP1.Fdr	24	14	13	11	OK
CCM 6P1-1M2 Hasta Banda Transportadora a Camiones	663-VE1.M01.Fdr	24	14	13	11	OK
CCM 6P1-1M2 Hasta Banda Transportadora a FFCC	691.BT3.M01.Fdr	25	14	13	11	OK
CCM 6P1-1M2 Hasta Elevador de Canjilones	691-BT7.SP3.Fdr	25	14	13	11	OK
CCM 6P1-1M2 Hasta Ventilador Filtro de Mangas 663-FT1	681-BT1.M01.Fdr	25	14	13	11	OK
CCM 6P1-1M2 Hasta Banda Transportadora a Camiones	693-BT2.M01.Fdr	25	14	13	11	OK
CCM 6P1-1M2 Hasta Banda Transportadora a Camiones	693.BT4.M01.Fdr	25	14	13	11	OK
CCM 6P1-1M2 Hasta Banda Transportadora a FFCC	682-BT1.M01.Fdr	25	14	13	11	OK
CC TRF 402 Hasta Compresores	M0508.Fdr	30	17	14	12	OK
CC TRF 402 Hasta Compresores	M0509.Fdr	30	17	14	12	OK
CC TRF 402 Hasta Compresores	611-CN2.Fdr	35	20	16	13	OK
CC TRF 402 Hasta Compresores	Compresor1.Fdr	35	20	16	13	ERROR
CC TRF 402 Hasta Compresores	Compresor2.Fdr	36	21	17	13	OK
CC TRF 301 Hasta CCM 2P1-2M2	FDR56	62	36	29	29	OK
CC TRF301 Hasta Tratamiento de Agua	M30-BA1.Fdr	68	39	31	30	ERROR
CC TRF301 Hasta Tratamiento de Agua	M30-BA3.Fdr	68	39	31	30	ERROR

CC TRF301 Hasta Tratamiento de Agua	M30-BA9.Fdr	68	39	31	30	ERROR
CC TRF 223	FDR60	68	39	31	29	OK
CC TRF 223	333-RE1.Fdr	24	15	15	14	OK
CC TRF 223	333-VE1.Fdr	24	15	15	14	OK
CC TRF 223	333-BT2.Fdr	24	15	15	14	ERROR
CC TRF 223	333-BT3.Fdr	24	15	15	14	ERROR
CC TRF 223	FDR64	66	38	30	29	OK
CC TRF 223	363-EL1.M01.Fdr	48	28	24	21	ERROR
CC TRF 223	363-EL2.M01.Fdr	48	28	24	21	ERROR
CC TRF 223	393-GU1.Fdr	48	28	24	21	ERROR
CC TRF 223	333-BT1.Fdr	47	27	24	21	ERROR
CC TRF 223	363-AK1.Fdr	47	27	24	21	ERROR
CC TRF 223	363-AK2.Fdr	47	27	24	21	ERROR
CC TRF 223	363-EL4.M01.Fdr	47	27	24	21	ERROR
CC TRF 223	363-EL4.M02.Fdr	47	27	24	21	ERROR
CC TRF 223	393-EC1.Fdr	47	27	23	21	OK
CC TRF 223	393-VE1.Fdr	47	27	23	21	OK
CC TRF 223	FDR62	67	39	30	29	OK
CC TRF 223	423-GU7.Fdr	22	14	14	12	OK
CC TRF 223	423-GU6.M01.Fdr	22	14	14	12	OK
CC TRF 223	423-GU6.M02.Fdr	22	14	14	12	OK
CC TRF 223	423-BM3.Fdr	21	14	13	12	OK
CC TRF 223	423-BM4.Fdr	21	14	13	12	OK
CC TRF 223	FDR61	69	40	31	30	OK
CC TRF 223	Meq.Electrofiltro4.Fdr	20	13	13	12	OK
CC TRF 502	FDR71	32	19	15	14	OK
CC TRF 502	291-BT1.Fdr	17	10	9	8	OK
CC TRF 502	211-VE1.Fdr	18	10	9	8	OK
CC TRF 502	291-BT2.Fdr	16	10	8	7	OK
M221-AP1	M.221-AP1.Fdr	34	20	15	15	OK
CCM221-AP2	M.221-AP2.Fdr	29	17	13	11	OK
CC TRF-2P1-1T3	FDR74	70	41	29	27	OK
CCM 2P1-1M1	221-BT1.Fdr	61	35	26	24	OK
CCM 2P1-1M1	221-BT2.Fdr	61	35	26	24	OK
CCM 2P1-1M1	221-BT3.Fdr	60	35	26	24	OK
CCM 2P1-1M1	221-BT4.Fdr	61	35	26	24	OK
CCM 2P1-1M1	221-CT1.Fdr	59	34	26	24	OK
CCM 2P1-1M1	221-SR1.Fdr	61	35	26	24	OK
CCM 2P1-1M1	221-SR2.Fdr	61	35	26	24	OK

CCM 2P1-1M1	221-VE2.Fdr	61	35	26	24	OK
CCM 2P1-1M1	221-TP1.Fdr	60	35	26	24	OK
CCM 2P1-1M1	221-TP2.Fdr	60	35	26	24	OK
CCM 2P1-1M1	L91-VE2.Fdr	61	36	26	24	ERROR
CC TRF-2P1-1T3	FDR75	73	43	31	28	OK
CCM 2P1-1M2	221-CN1.Fdr	53	31	26	23	OK
CCM 2P1-1M2	221-CN2.Fdr	53	31	26	23	OK
CCM 2P1-1M2	291-GU4.M01.Fdr	54	31	26	24	ERROR
CCM 2P1-1M2	291-GU4.M02.Fdr	54	31	26	24	ERROR
CCM 2P1-1M2	291-GU2.Fdr	54	31	26	24	ERROR
CCM 2P1-1M2	291-GU3.Fdr	54	31	26	24	OK
CCM 2P1-1M2	291-GU5.Fdr	53	31	26	23	OK
CC TRF4P3-1T2	FDR78	83	48	36	34	OK
CCM 4P3-1M6	473-UH1.M02.Fdr	61	35	29	23	ERROR
CCM 4P3-1M6	473-VE4.Fdr	59	34	28	22	OK
CCM 4P3-1M6	473-VE1.Fdr	60	35	28	23	OK
CCM 4P3-1M6	473-UH2.Fdr	59	34	28	23	OK
CCM 4P3-1M6	473-VE2.Fdr	59	34	28	22	OK
CCM 4P3-1M6	473-VE3.Fdr	58	34	27	22	OK
CC TRF4P3-1T2	FDR79	82	48	35	33	OK
CCM 4P3-1M7	473-TS1.Fdr	61	35	29	23	OK
CCM 4P3-1M7	473-VE7.Fdr	61	35	29	23	OK
CCM 4P3-1M7	493-GU9.Fdr	62	36	29	23	ERROR
CCM 4P3-1M7	493-TC1.Fdr	62	36	29	23	ERROR
CCM 4P3-1M7	463-VE2.Fdr	62	36	29	23	ERROR
CCM 4P3-1M7	473-VE8.Fdr	61	35	29	23	OK
CCM 4P3-1M7	473-VE9.Fdr	61	35	29	23	OK
CCM 4P3-1M7	483-VE1.M01.Fdr	60	35	29	23	OK
CCM 4P3-1M7	473-VEA.Fdr	62	36	29	23	ERROR
CCM 4P3-1M7	473-VE5.Fdr	60	35	28	23	OK
CCM 4P3-1M7	473-VE6.Fdr	61	35	28	23	OK
CC TRF 4P3-1T3	FDR80	41	24	19	18	OK
CCM 4P3-1M8	473-VX1.Fdr	35	20	17	14	OK
CCM 4P3-1M8	473-VX2.Fdr	35	20	17	14	OK
CCM 4P3-1M8	473-VX3.Fdr	35	20	17	14	OK
CCM 4P3-1M8	473-VX4.Fdr	35	20	17	14	OK
CCM 4P3-1M8	473-VX5.Fdr	35	20	17	14	OK
CCM 4P3-1M8	473-VX6.Fdr	35	20	17	14	OK
CCM 4P3-1M8	473-VX7.Fdr	35	20	17	14	OK

CCM 4P3-1M8	473-VX8.Fdr	35	20	17	14	OK
CCM 4P3-1M8	493-EC1.M01.Fdr	34	20	16	14	OK
CCM 4P3-1M8	493-GU8.Fdr	35	20	17	14	ERROR
CCM 4P3-1M8	493-GUA.Fdr	35	20	17	14	ERROR
CCM 4P3-1M8	493-VE1.Fdr	35	20	17	14	OK
CCM 4P3-1M8	493-VE2.Fdr	35	20	17	14	OK
CCM 4P3-1M8	493-VE3.Fdr	35	20	17	14	OK
CCM 4P3-1M8	493-TK1.Fdr	35	20	16	14	OK
CC TRF 4P3-1T1	FDR83	66	38	29	28	OK
CCM 4P3-1M1	412-VE1.Fdr	55	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M1	412-VT4.Fdr	55	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M1	413-EC1.M01.Fdr	55	32	25	23	OK
CCM 4P3-1M1	413-VE1.Fdr	55	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M1	413-VE2.Fdr	55	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M1	433-EC1.M01.Fdr	54	31	25	23	OK
CCM 4P3-1M1	433-SR1.M01.Fdr	55	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M1	423-GU8.Fdr	55	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M1	423-GUA.Fdr	55	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M1	423-GUB.Fdr	55	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M1	433-VE2.Fdr	55	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M1	433-VE1.Fdr	55	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M1	423-GU9.Fdr	55	32	25	23	ERROR
CC TRF 4P3-1T1	FDR84	68	39	30	29	OK
CCM 4P3-1M2	433-VR1.M02.Fdr	55	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M2	453.VE1.Fdr	54	31	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M2	453.VE2.Fdr	54	31	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M2	463.VE1.Fdr	54	31	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M2	463.VX3.Fdr	54	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M2	463.VX4.Fdr	54	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M2	463.VX5.Fdr	54	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M2	463.VX6.Fdr	54	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M2	463.VX7.Fdr	54	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M2	463.VX8.Fdr	54	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M2	463.VX9.Fdr	54	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M2	463.VXA.Fdr	54	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M2	463.VXB.Fdr	54	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M2	463.VXC.Fdr	54	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M2	463.VXD.Fdr	54	32	25	23	ERROR
CCM 4P3-1M2	463.VXE.Fdr	54	32	25	23	ERROR

CCM 4P3-1M2	463.VXF.Fdr	54	32	25	23	ERROR
CCM 463-AP1	M 463-AP1.Fdr	27	16	12	12	OK
CCM L61-AP1	M L61-AP1.Fdr	7	4	3	3	OK
CC TRF LP1-1T1	FDR88	78	45	34	33	OK
CCM LP1-1M1	L61-EL1.Fdr	63	36	29	25	ERROR
CCM LP1-1M1	L51-VE1.Fdr	59	34	27	24	OK
CCM LP1-1M1	D33-CN2.Fdr	61	35	28	25	OK
CCM LP1-1M1	D33-CN3.Fdr	61	35	28	24	OK
CC TRF LP1-1T1	FDR89	82	48	36	34	OK
CCM LP1-1M2	L11-BT1.Fdr	60	35	28	24	ERROR
CCM LP1-1M2	L11-BT2.Fdr	60	35	28	24	OK
CCM LP1-1M2	L61-VT1.Fdr	60	35	28	24	ERROR
CCM LP1-1M2	L61-UH1.M02.Fdr	60	35	28	24	ERROR
CCM LP1-1M2	L91-GU3.Fdr	60	35	28	24	ERROR
CCM LP1-1M2	L61-SP1.Fdr	58	33	27	24	OK
CCM LP1-1M2	L91-GU1.Fdr	60	35	28	24	ERROR
CC TRF LP1-1T2	FDR90	42	24	19	19	OK
CCM LP1-1M3	453-SR1.Fdr	41	24	19	16	OK
CCM LP1-1M3	481-SR1.Fdr	41	24	19	16	OK
CCM LP1-1M3	481-SR2.Fdr	41	24	19	16	OK
CCM LP1-1M3	483-SR1.Fdr	42	24	19	17	OK
CCM LP1-1M3	L91-VR3.Fdr	43	25	20	17	ERROR
CCM LP1-1M3	4813-SR2.Fdr	42	24	19	17	OK
TRF214 Compresores	Meq.Electrofiltro 5.Fdr	73	42	33	32	OK
TRF214 Compresores	Compresor1.Fdr	73	42	33	32	ERROR
TRF214 Compresores	Compresor2.Fdr	73	42	33	32	ERROR
TRF214 Compresores	D31-CN1.Fdr	72	41	32	31	OK
TRF214 Compresores	D31-CN2.Fdr	71	41	32	31	OK
TRF214 Compresores	D31-CN3.Fdr	72	41	32	31	OK
TRF 214 Compresores	D31-CN4.Fdr	72	41	32	31	OK
CC TRF 232	FDR10	42	25	20	20	OK
CCM 3P1-1M3	311-BT3.Fdr	24	14	13	11	OK
CCM 3P1-1M3	311-BT4.Fdr	24	14	13	11	OK
CCM 3P1-1M3	311-BT1.Fdr	25	15	14	12	OK
CCM 3P1-1M3	311-BT2.Fdr	25	15	14	12	OK
CCM 3P1-1M3	311-BT5.Fdr	25	15	14	12	OK
CCM 3P1-1M3	311-BT6.Fdr	25	15	14	12	OK
CCM 3P1-1M3	311-RC1.Fdr	24	14	13	11	OK
CCM 3P1-1M3	311-RC2.Fdr	24	14	13	11	OK

CC TRF 202	M30-BAJ.Fdr	53	30	24	23	OK
CC TRF 202	M30-BAK.Fdr	52	30	24	23	OK
CC TRF 202	M30-BAL.Fdr	53	30	24	23	OK
CC TRF 202	M30-BAI.Fdr	52	30	24	23	OK
CC TRF 202	M30.BAH.Fdr	52	30	24	23	OK
CC TRF 202	M30-BAG.Fdr	53	30	24	23	OK
CC TRF 202	M30-BAF.Fdr	53	30	24	23	OK
CC TRF 4P0-1T1	FDR11	107	62	47	46	OK
CCM 4P0-1M1	380-VX4.Fdr	112	65	50	43	ERROR
CCM 4P0-1M1	380-CN8.Fdr	105	61	47	42	OK
CCM 4P0-1M1	380-CN9.Fdr	105	61	47	42	OK
CCM 4P0-1M1	380-CN7.Fdr	105	61	47	42	OK
CCM 4P0-1M1	380-CN6.Fdr	105	61	47	42	OK

De la tabla anterior en los alimentadores de baja tensión, según las pruebas realizadas, hay varios mal seleccionados para la condición más crítica del escenario actual.

3.3.1 Cables fallados a sustituir y calibre de los nuevos

También en baja tensión, como medida correctiva se puede aplicar, la sustitución de cables fallados por otros de mayor calibre, como se muestra en la tabla 3.4

Tabla 3.4 Propuesta para los cables fallados en baja tensión para los distintos centros de carga

Cables fallados	Nomenclatura en el IPA	Centro de carga	Calibre actual (mm ²)	Calibre recomendado (mm ²)
CCM 5P1-1M1	MK11-BT3.Fdr	CCM 5P1-1M1	34	50
CCM 5P1-1M1 Hasta Banda Transporte de Yeso	521-BT1.Fdr	CCM 5P1-1M1	21.20	50
CCM 5P1-1M1 Hasta Banda Transporte de Yeso	521-BT6.Fdr	CCM 5P1-1M1	21.20	50
CCM 5P1-1M1 Hasta Banda Transporte Puzolana	K11-BT2.Fdr	CCM 5P1-1M1	21.20	50
CCM 5P1-1M1 Hasta Banda Transversal de Puzolana	K11-BT1.Fdr	CCM 5P1-1M1	34	50
CCM 5P1-1M1 Hasta Banda Transporte de Yeso	521-BT2.Fdr	CCM 5P1-1M1	34	50
CCM 5P1-1M1 Hasta Motor ASPA Carro Clinker	531-RE1.Fdr	CCM 5P1-1M1	34	50
CCM 5P1-1M1 Hasta Motor ASPA Puzolana	K91-RE1Fdr	CCM 5P1-1M1	34	50
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Ventilador Sinfín 60	561-GU1.Fdr	CCM 5P1-1M2	21.20	50
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Bomba de Alta	561-EL1.M01.Fdr	CCM 5P1-1M2	13.30	50
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Bomba de Alta	561.EL2.M01.Fdr	CCM 5P1-1M2	13.30	50
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Banda Alimentación M1	531-BT1.Fdr	CCM 5P1-1M2	34	50
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Bomba Reductor	561-EL3.Fdr	CCM 5P1-1M2	13.30	50

Principal				
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Sinfín Desc. Electrofiltro.	591-GU4.Fdr	CCM 5P1-1M2	13.30	50
CCM 5P1-1M2 Hasta Motor Sinfín Desc. Electrofiltro.	591-GU5.Fdr	CCM 5P1-1M2	13.30	50
CCM 5P0-1M1 Hasta Ventilador del Filtro 591-FT1	591-VE4.Fdr	CCM 5P0-1M1	34	50
CCM 5P0-1M1 Hasta Motor Ventilador de Canaleta	591-VT1.Fdr	CCM 5P0-1M1	34	50
CCM 5P0-1M1 Hasta Motor Ventilador de Canaleta	591-VT3.Fdr	CCM 5P0-1M1	34	50
CCM 5P0-1M1 Hasta Motor Ventilador de Canaleta	591-VT4.Fdr	CCM 5P0-1M1	34	50
CCM 5P0-1M1 Hasta Motor Ventilador de Canaleta	591-VT5.Fdr	CCM 5P0-1M1	34	50
CCM 5P0-1M1 Hasta Transportador Tornillo Sinfín	591-GU7.Fdr	CCM 5P0-1M1	34	45
CC TRF 103 Hasta Vent.Sala 6KV	Vent.Sala 6KV.Fdr	CC TRF 103	13.30	50
CC TRF 103 Hasta Meq. Ventilacion TRF 102	Meq. ventilación TRF 102.Fdr	CC TRF 103	3.31	50
CCM 3P2-1M1 Hasta Banda Alimentación de Hierro	332-BT3.Fdr	CCM 3P2-1M1	13.30	50
CCM 3P2-1M1 Hasta Banda Alimentación Marga	332-BT2.Fdr	CCM 3P2-1M1	13.30	50
CCM 3P2-1M2 Hasta Bomba Lubricacion Chumacera Molino	362-EL1.M01.Fdr	CCM 3P2-1M2	21.20	50
CCM 3P2-1M2 Hasta Bomba Lubricacion Chumacera Molino	362-EL2-M01.Fdr	CCM 3P2-1M2	21.20	50
CCM 3P2-1M2 Hasta Ventilador Aireacion Canaleta	362-VT1.Fdr	CCM 3P2-1M2	13.30	50
CCM 4P2-1M2 Hasta Tornillo Sinfin	422-GU8.Fdr	CCM 4P2-1M2	3.31	50
CCM 5P2-1M2 Hasta Bomba de Alta Presion	562-LE1.M01.Fdr	CCM 5P2-1M2	13.30	50
CCM 5P2-1M2 Hasta Bomba de Alta Presion	562-EL2.M01.Fdr	CCM 5P2-1M2	13.30	50
CCM 5P2-1M2 Hasta Banda Transportadora	532-BT1.M01.Fdr	CCM 5P2-1M2	34	50
CCM 5P2-1M2 Hasta Motor Auxiliar del Molino	562-AK1.M01.Fdr	CCM 5P2-1M2	34	50
CCM 5P2-1M2 Hasta Motor Auxiliar del Molino	562-AK2.M01.Fdr	CCM 5P2-1M2	34	50
CCM 5P2-1M2 Hasta Bomba de Aceite de Reductor	562-EL3.M01.Fdr	CCM 5P2-1M2	34	50
CCM 5P2-1M2 Hasta Bomba de Aceite de Reductor	562-EL3.M02.Fdr	CCM 5P2-1M2	34	50
CCM 5P2-1M2 Hasta Motor Sinfín 60	562-GU1.Fdr	CCM 5P2-1M2	34	50
CC TRF 402 Hasta Compresores	Compresor1. Fdr	CC TRF 402	21.20	50
CC TRF301 Hasta Tratamiento de Agua	M30-BA1.Fdr	CC TRF301	21.20	50
CC TRF301 Hasta Tratamiento de Agua	M30-BA3.Fdr	CC TRF301	21.20	50
CC TRF301 Hasta Tratamiento de Agua	M30-BA9.Fdr	CC TRF301	21.20	50
CC TRF 223	333-BT2.Fdr	CC TRF 223	13.30	50
CC TRF 223	333-BT3.Fdr	CC TRF 223	13.30	50
CC TRF 223	363-EL1.M01.Fdr	CC TRF 223	13.30	50
CC TRF 223	363-EL2.M01.Fdr	CC TRF 223	13.30	50

CAPÍTULO 3

CC TRF 223	393-GU1.Fdr	CC TRF 223	13.30	50
CC TRF 223	333-BT1.Fdr	CC TRF 223	34	50
CC TRF 223	363-AK1.Fdr	CC TRF 223	34	50
CC TRF 223	363-AK2.Fdr	CC TRF 223	34	50
CC TRF 223	363-EL4.M01.Fdr	CC TRF 223	34	50
CC TRF 223	363-EL4.M02.Fdr	CC TRF 223	34	50
CCM 2P1-1M1	L91-VE2.Fdr	CCM 2P1-1M1	34	40
CCM 2P1-1M2	291-GU4.M01.Fdr	CCM 2P1-1M2	34	40
CCM 2P1-1M2	291-GU4.M02.Fdr	CCM 2P1-1M2	34	40
CCM 2P1-1M2	291-GU2.Fdr	CCM 2P1-1M2	34	40
CCM 4P3-1M6	473-UH1.M02.Fdr	CCM 4P3-1M6	21.20	50
CCM 4P3-1M7	493-GU9.Fdr	CCM 4P3-1M7	34	50
CCM 4P3-1M7	493-TC1.Fdr	CCM 4P3-1M7	34	50
CCM 4P3-1M7	463-VE2.Fdr	CCM 4P3-1M7	34	50
CCM 4P3-1M7	473-VEA.Fdr	CCM 4P3-1M7	21.20	50
CCM 4P3-1M8	493-GU8.Fdr	CCM 4P3-1M8	13.30	40
CCM 4P3-1M8	493-GUA.Fdr	CCM 4P3-1M8	21.20	40
CCM 4P3-1M1	412-VE1.Fdr	CCM 4P3-1M1	21.20	40
CCM 4P3-1M1	412-VT4.Fdr	CCM 4P3-1M1	13.30	40
CCM 4P3-1M1	413-VE1.Fdr	CCM 4P3-1M1	21.20	40
CCM 4P3-1M1	413-VE2.Fdr	CCM 4P3-1M1	21.20	40
CCM 4P3-1M1	433-SR1.M01.Fdr	CCM 4P3-1M1	34	40
CCM 4P3-1M1	423-GU8.Fdr	CCM 4P3-1M1	21.20	40
CCM 4P3-1M1	423-GUA.Fdr	CCM 4P3-1M1	21.20	40
CCM 4P3-1M1	423-GUB.Fdr	CCM 4P3-1M1	21.20	40
CCM 4P3-1M1	433-VE2.Fdr	CCM 4P3-1M1	21.20	40
CCM 4P3-1M1	433-VE1.Fdr	CCM 4P3-1M1	34	40
CCM 4P3-1M1	423-GU9.Fdr	CCM 4P3-1M1	21.20	40
CCM 4P3-1M2	433-VR1.M02.Fdr	CCM 4P3-1M2	13.30	40
CCM 4P3-1M2	453.VE1.Fdr	CCM 4P3-1M2	21.20	40
CCM 4P3-1M2	453.VE2.Fdr	CCM 4P3-1M2	21.20	40
CCM 4P3-1M2	463.VE1.Fdr	CCM 4P3-1M2	21.20	40
CCM 4P3-1M2	463.VX3.Fdr	CCM 4P3-1M2	13.30	40
CCM 4P3-1M2	463.VX4.Fdr	CCM 4P3-1M2	13.30	40
CCM 4P3-1M2	463.VX5.Fdr	CCM 4P3-1M2	13.30	40
CCM 4P3-1M2	463.VX6.Fdr	CCM 4P3-1M2	13.30	40
CCM 4P3-1M2	463.VX7.Fdr	CCM 4P3-1M2	13.30	40

CCM 4P3-1M2	463.VX8.Fdr	CCM 4P3-1M2	13.30	40
CCM 4P3-1M2	463.VX9.Fdr	CCM 4P3-1M2	13.30	40
CCM 4P3-1M2	463.VXA.Fdr	CCM 4P3-1M2	13.30	40
CCM 4P3-1M2	463.VXB.Fdr	CCM 4P3-1M2	13.30	40
CCM 4P3-1M2	463.VXC.Fdr	CCM 4P3-1M2	13.30	40
CCM 4P3-1M2	463.VXD.Fdr	CCM 4P3-1M2	13.30	40
CCM 4P3-1M2	463.VXE.Fdr	CCM 4P3-1M2	13.30	40
CCM 4P3-1M2	463.VXF.Fdr	CCM 4P3-1M2	13.30	40
CCM LP1-1M1	L61-EL1.Fdr	CCM LP1-1M1	34	50
CCM LP1-1M2	L11-BT1.Fdr	CCM LP1-1M2	34	50
CCM LP1-1M2	L61-VT1.Fdr	CCM LP1-1M2	21.20	50
CCM LP1-1M2	L61-UH1.M02.Fdr	CCM LP1-1M2	34	50
CCM LP1-1M2	L91-GU3.Fdr	CCM LP1-1M2	21.20	50
CCM LP1-1M2	L91-GU1.Fdr	CCM LP1-1M2	21.20	50
CCM LP1-1M3	L91-VR3.Fdr	CCM LP1-1M3	21.20	40
TRF 214 Compresores	Compresor1. Fdr	TRF 214 Compresores	34	50
TRF 214 Compresores	Compresor2. Fdr	TRF 214 Compresores	34	50

3.4 Conclusiones Parciales

En el nivel de media tensión los cables están por lo general bien seleccionados ante fallas severas, no así, en baja de tensión, ya que a pesar de la fábrica ser muy grande, existe una considerable cantidad de conductores en riesgo de deterioro por dichos cortocircuitos.

CONCLUSIONES

- ☞ Según los basamentos teóricos actuales, en la selección de cables, intervienen varios factores que dependen tanto de los materiales utilizados como de las condiciones técnicas y ambientales en que se instalan.
- ☞ La capacidad de los conductores para resistir las grandes corrientes de cortocircuitos depende fundamentalmente de su sección transversal, su aislamiento, la magnitud de la corriente de cortocircuito y el tiempo en que este está presente.
- ☞ La simulación en el software IPA demandó un gran trabajo de adquisición de datos, para la interpretación de los resultados se debe partir del conocimiento del procedimiento y normas utilizadas.
- ☞ En el nivel de 6.3 kV los cables están bien seleccionados, exceptuando 5 cables, los cuales, tal vez podrían mantenerse si se modernizan los desconectivos existentes.
- ☞ En las redes de baja tensión, existe un número considerable de conductores que están en riesgo ante fallas severas, lo cual pudiera deberse al incremento de los niveles de cortocircuito producto de inversiones y modificaciones realizadas en el sistema.

RECOMENDACIONES

- ☞ Se deben tomar medidas para que no exista el riesgo de cables deteriorados por las altas corrientes de cortocircuito máximo, las cuales pueden ser encaminadas también a reducir los tiempos de exposición de los conductores al cortocircuito o reducir la magnitud de dicha corriente.
- ☞ Las medidas anteriores deben vincularse en un estudio general de aplicación para soluciones puntuales en cada alimentador, centro de carga o subestación, teniendo en cuenta trabajos previos realizados sobre los interruptores, limitación de los efectos de las altas corrientes en la fábrica y de forma integral con análisis económicos al respecto.
- ☞ Realizar un estudio de coordinación de protecciones en ambos niveles de tensión.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. L. Serrano, Instalaciones eléctricas:soluciones a problemas en baja y alta tensión.,
- [2] A. N. S. Institute, "IEEE Recomend Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants," 1986.
- [3] Electrotec, "Aislamiento en cables eléctricos.Tipos de aislamientos.aplicaciones," 2021.
- [4] L. B. Q. a. S.Giraldo, Características del modelo de dirección estratégica desarrollado por la empresa Centesla como aporte a otras empresas vallecaucanas. vol. 3.
- [5] S.R.Castaño, "Redes de distribución de energía," 2004.
- [6] A.L.Marqués, "Instalaciones eléctricas de baja tensión comerciales e industiales: cálculos eléctricos y esquemas unifiliares," 2005.
- [7] D. B. a. D.Beeman, Industrial power systems handbok vol. 2.
- [8] C. D. E. C. a. S.Telecomunicaciones, "Cables para media tensión," 2008.
- [9] V. C. Monterrey, "Manual Eléctrico," 2011.
- [10] "Proyecto eléctrico de Cementos Cienfuegos, Karl Marx," ed, 1975.

ANEXOS

Anexo 1: Datos de los motores trifásicos de inducción de 6 kV y 480 V.

Tabla 1 Motores trifásicos de inducción de 6 kV.

Ubicación		Nombre equipo	Nombre en el IPA	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)	FP	η (%)
Sub 10	Bloque 1	Motor Principal Molino 1	M 561-AP1	2500	295	6000	715	0,857	95,2
		Motor Ventilador Succionador	M 561-VE1	200	26	6000	890	0,792	93,4
	Bloque 2	Motor Principal Molino 2	M 562-AP1	2500	295	6000	715	0,857	95,2
		Motor Ventilador Succionador	M 562-VE1	200	26	6000	890	0,792	93,4
Sub 20	Bloque 2	Triturador de martillo (Acc. Princ. Molinillo)	M 332-TB1	314	40	6000	889	0,807	93,6
		Ventilador Exahustor 1	M 362-VE1	280	37	6000	710	0,78	93,4
		Ventilador Exahustor 2	M 362-VE2	630	75	6000	710	0,87	92,9
		Accionamiento Principal Molino de Crudo 2	M 362-AP1	900	109	6000	890	0,843	94,3
		Accionamiento Principal Molino de Crudo 2	M 362-AP2	900	109	6000	890	0,843	94,3
	Bloque 3	Triturador de martillo (Acc. Princ. Molinillo)	M 333-TB1	315	41	6000	888	0,8	92,4
		Ventilador Exahustor	M 363-VE1	630	75	6000	893	0,861	93,9
		Ventilador Exahustor	M 363-VE2	630	75	6000	893	0,861	93,9
		Accionamiento Principal Molino de Crudo 3	M 363-AP1	900	110	6000	890	0,83	94,9
		Accionamiento Principal Molino de Crudo 3	M 363-AP2	900	110	6000	890	0,83	94,9
Sub 50	Bloque 2	Trituradora	M 211-AP1	400	53	6000	712	0,778	93,3
		Trituradora	M 211-AP2	400	53	6000	712	0,778	93,3
Proyecto Línea 3	Secador	Ventilador Casa de Bolsa	M 221-VE3	525	64	6000	892	0,82	96,1
	Molino de carbón	Ventilador de gases de entrada al molino	M L61-VE1	650	74	6000	1193	0,87	96,7
		Accionamiento Principal del molino	M L61-AP1	815	177	3300	896	0,83	96,8
	Precalentador	Ventilador	M 422-VE1	250	35,8	6000	592	0,71	94,6
		Ventilador	M 423-VE1	250	38	6000	590	0,73	86,7
		Ventilador Gas Caliente	M 443-VE1	1700	199	6000	895	0,85	96,7
	Descarga-Horno	Ventilador	M 473-VEB	525	64	6000	892	0,82	96,1

Tabla 2 Motores trifásicos de inducción de 480 V. Subestación 10 transformador 111

Panel	Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
Electrofiltros Línea 1	Motores Sacudidor Electrofiltro 1		0,14	0.6	460	
	Motores Sacudidor Electrofiltro 2		0,14	0.6	460	
	Motores Sacudidor Electrofiltro 3		0,14	0.6	460	
	Motores Sacudidor Electrofiltro 4		0,14	0.6	460	
	Motores Golpeador Electrofiltro 1		0,14	0.6	460	
	Motores Golpeador Electrofiltro 2		1,14	0.7	460	
	Motores Golpeador Electrofiltro 3		2,14	0.8	460	
	Motores Golpeador Electrofiltro 4		3,14	0.9	460	
5P1-1M1 Dosificación Línea 1	Banda Larga Puzolana	K11-BT3	22	38	460	1160
	Banda Transporte De Yeso	521-BT1	9	23.6	460	1160
	Banda Transporte De Yeso	521-BT6	9	23.6	460	1160
	Banda Transporte De Puzolana	K11-BT2	6,6	17.3	460	1160
	Banda Transversal De Puzolana	K11-BT1	11,5	30.1	460	1160
	Banda Transporte De Yeso	521-BT2	22	38	460	1160
	Motor Aspa Carro Clinker	531-RE1	11	63	460	3490
	Motor Aspa Puzolana	K91-RE1	11	63	460	3490
5P1-1M2 Cemento Línea 1	Motor Ventilador Succión E	561-VE2	160	200	460	890
	Motor Sinfín 60	561-GU1	13	24	460	1760
	Motor Elevador De Cangilones	561- EC1_M01	54	105	460	890
	Motor Elevador De Cangilones	561- EC1_M02	54	105	460	890
	Motor Bomba De Alta	561-EL1- M01	8,6	14,7	460	1755
	Motor Bomba De Alta	561- EL2_M01	8,6	14,7	460	1755
	Motor Banda Alimentación M1	531-BT1	22	38	440	1160
	Motor Bomba Reductor Principal	561-EL3	25,5	43	460	1760
	Motor Auxiliar Del Molino	561-AK1	22	37,5	440	1760
	Motor Sinfín Desc. Electrofiltro	591- GU4	6,6	12,5	460	1750
	Motor Sinfín Desc. Electrofiltro	591-GU5	6,6	12,5	460	1750
5P0-1M1 Transporte	Ventilador Del Filtro 591-Ft1	591-VE4	22	38	460	1760
	Ventilador Del Filtro 591-Fs2	591-VE3	22	38	460	1760
	Motor Ventilador De Canaleta	591-VT1	22	38	460	1160
	Motor Ventilador De Canaleta	591-VT2	22	38	460	1160
	Motor Ventilador De Canaleta	591-VT3	22	38	460	1160
	Motor Ventilador De Canaleta	591-VT4	22	38	460	1160
	Motor Ventilador De Canaleta	591-VT5	22	38	460	1160
	Banda Transportadora	591-BT2	90	235.7	460	890
	Transportador Tornillo Sinfín	591-GU7	22	38	460	1160
	Banda Transportadora	591-BT1	90	235.7	460	890

Tabla 3 Subestación 10 transformador 112

Panel	Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
Electrofiltros Línea 2						
5P2-1M1 Dosificación	Aspa Carro Dosificador De Clinker	532-RE1.U01	12,6	24	460	1160
	Aspa Carro Dosificador Puzolana	K92-RE1.U01	12,6	24	460	1160

Línea 2	Banda Transversal De Puzolana	K92-BT1.M01	18	47,1	460	1160
5P2-1M2 Cemento Línea 2	Bomba De Alta Presión	562-EL1.M01	8,6	14,7	460	1755
	Bomba De Alta Presión	562-EL2.M01	8,6	14,7	460	1755
	Banda Transportadora	532-BT1.M01	22	38	460	1160
	Motor Auxiliar Del Molino	562-AK1.M01	22	37,5	460	1760
	Motor Auxiliar Del Molino	562-AK2.M01	22	37,5	460	1760
	Bomba De Aceite Del Reductor	562-EL3.M01	22	38	460	1160
	Bomba De Aceite Del Reductor	562-EL3.M02	22	38	460	1160
	Motor Separador Dinámico	562-CE1	105	165	460	1191
	Motor Sinfín 60	562-GU1	17,3	28	460	1745
	Motor Ventilador Barrido	562-VE2	160	200	460	890

Tabla 4 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Subestación 10 transformador 103.

Nombre equipo	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
Vent. Reactor 1 Y 2	18	32,5	460	1160
Vent. Reactor 3 Y 4	18	32,5	460	1160
Vent. Sala 6 kV	6,6	12,5	460	1140
Vent. Transformador 101 Y 102	66	118	460	890
Vent. Condensadores	18	32,5	460	1160
Vent. Transformador 102 (24 Vent.)	0,49 (c/u)	1,25 (c/u)	460	3350
Vent. Transformador 101 (13 Vent.)	0,42 (c/u)	0,84 (c/u)	460	1010
Motor Compresor 3	22	40	460	870
Motor Compresor 2	22	40	460	870

Tabla 5 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Subestación 20 Transformador 214.

Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
Electrofiltros					
Compresores	Compresor 1	13.9	36.4	460	1750
	Compresor 2	13.9	36.4	460	1750
	D31-CN1	90	165	460	1487
	D31-CN2	149	246	460	1789
	D31-CN3	90	165	460	1487
	D31-CN4	90	165	460	1487

Tabla 6 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Subestación 20 Transformador 222.

Panel	Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
Electrofiltros						
3P2-1M1 Dosificación Línea 2 Molino De	Aspa Rueda Extractora Caliza	332-RE1.U01	23	67	460	1800
	Ventilador Del Filtro De Mangas 332-Ft1	332-VE1	37	70	460	1800

Crudo	Banda Alimentación Hierro	332-BT3	7,5	13,3	460	1755
	Banda Alimentación Marga	332-BT2	7,5	13,3	460	1755
3P2-1M2 Transporte A Silos Línea 2 Molino De Crudo	Bomba Lubricación Chumacera Molino	362-EL1.M01	8,6	14,7	460	1755
	Bomba Lubricación Chumacera Molino	362-EL2.M01	8,6	14,7	460	1755
	Ventilador Aireación Canaleta	362-VT1	7,5	12,9	460	3510
	Banda Alimentación Molino	332-BT1	37	63	440	1180
4P2 1M2 Silos De Mezcla	Tornillo Sinfín	422-GU7	18,65	31,0	460	1765
	Tornillo Sinfín	422-GU8	15	24,4	460	1755
	Tornillo Sinfín	422-GU6.M01	18,65	31,0	460	1765
	Tornillo Sinfín	422-GU6.M02	18,65	31,0	460	1765

Tabla 7 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Subestación 20 Transformador

223.

Panel	Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
Electrofiltros						
3P3-1M1 01	Aspa Rueda Extractora Caliza	333-RE1	22	36,5	460	1775
	Ventilador Del Filtro De Mangas 333-Ft1	333-VE1	34	55	460	1764
	Banda Alimentación Marga (Extractora)	333-BT2	7,5	13,3	460	1775
	Banda Alimentación Hierro (Extractora)	333-BT3	7,5	13,3	460	1775
3P3-1M2 Molino de Carbón	Bomba Lubricación Chumacera Molino	363-EL1_M01	8,6	14,7	460	1755
	Bomba Lubricación Chumacera Molino	363-EL2_M01	8,6	14,7	460	1755
	Tornillo Sinfín	393-GU1	6,6	13	460	777
	Banda Alimentación Molino	333-BT1	34	57	460	1165
	Accionamiento Auxiliar 1 Molino	363-AK1	18	31	460	1765
	Accionamiento Auxiliar 2 Molino	363-AK2	18	31	460	1765
	Bomba De Aceite Del Reductor	363-EL4.M01	13	34	460	1755
	Bomba De Aceite Del Reductor	363-EL4.M02	13	34	460	1755
4P3-1M4	Elevador De Cangilones	393-EC1	54	97,5	440	880
	Ventilador Filtro Manga 393-Ft1	393-VE1	37	70	440	1800
	Tornillo Sinfín	423-GU7	18	29,5	460	1760
	Tornillo Sinfín	423-GU6.M01	18,65	31,0	460	1765
	Tornillo Sinfín	423-GU6.M02	18,65	31,1	460	1765
	Bomba Agua Torre Estabilizadora	423-BM3	62	96	460	3570
	Bomba Agua Torre Estabilizadora	423-BM4	62	96	460	3570

Tabla 8 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Subestación 20 Transformador

4P0-1T1.

Panel	Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
4P0-1M1	Soplador	380-VX4	5.6	14.7	460	1780
	Soplador	380-CN8	230	602.4	460	1784
	Soplador	380-CN9	230	602.4	460	1784
	Soplador	380-CN7	230	602.4	460	1784
	Soplador	380-CN6	230	602.4	460	1784

Tabla 9 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Subestación 23 Transformador

232.

Panel	Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
3P1-1M3 Nave de marga	Banda Transp. De Hierro A Tolva	311-BT3	63	105	460	1180
	Banda Transp. De Marga A Tolva	311-BT4	63	105	460	1180
	Banda Transp. De Hierro Salida Almac.	311-BT1	22	38	460	1160
	Banda Transp. De Marga Salida Almac.	311-BT2	22	38	460	1160
	Banda Distrib. De Hierro L1 Y L3	311-BT5	13	23,5	460	1160
	Banda Distrib. De Marga L1 Y L3	311-BT6	13	23,5	460	1160
	Rascador De Hierro	311-RC1	71	200	460	890
	Rascador De Marga	311-RC2	71	200	460	890

Tabla 10 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Subestación 30 Transformador 301.

Panel	Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
2P1-2M2 Silos de caliza	Banda Transportadora	291-BT7	34	57	460	1165
	Banda Transportadora	291-BT8	34	57	460	1165
	Banda Transportadora	291-BT9	34	57	460	1165
	Banda Transportadora	291-BT4	140	222	460	1180
	Banda Transportadora	291-BT5	140	222	460	1180
	Banda Transportadora	291-BT6	140	222	460	1180
	Banda Transportadora	291-BTA	22.37	37,8	460	1765
	Banda Transportadora	291-BTD	22.37	37,8	460	1765
	Banda Transportadora	291-BTB	22	38	460	1160
	Banda Transportadora	291-BTC	22	38	460	1160
	Vent. F.M Torres 2	291-VE3	21,3	35	460	1765
	Vent. F.M silos	291-VE2	17,3	20	460	1760
Tratamiento de agua		M30-BA1	13	23.5	460	1460
	Llenado de cisterna	M30-BA3	12.5	22.5	460	1750
	Soplador lavado de filtro	M30-BA9	13	23.5	460	1460

Tabla 11 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Subestación 40 Transformador 302.

Panel	Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
CC TRF-402	Compresor	M0508	362	574	460	1785
	Compresor	M0509	362	574	460	1785
	Compresor	611-CN2	30	78.6	460	3600

	Compresor	Compresor 1	30	78.6	460	3600
	Compresor	Compresor 2	8.13	21.3	460	1785

Tabla 12 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Subestación 40 Transformador 412.

Panel	Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
6P1-1M1 Despacho A Granel (FFCC y Camiones)	Ventilador Filtro de Mangas 621-FT1	621-VE1.M01	22	43	460	1785
	Ventilador Filtro de Mangas 621-FT2	621-VE2.M01	22	43	460	1785
	Ventilador Filtro de Mangas	621-VE3.SP1	22	43	460	1785
	Ventilador para Canaleta	621-VTB.SP1	7	15	460	3500
	Ventilador para Canaleta	621-VTC.SP2	7	15	460	3500
6P1-1M2 Despacho Por Sacos	Ventilador para Canaleta	611-VTE.SP1	7	15	460	3500
	Ventilador para Canaleta	611-VTF.SP2	7	15	460	3500
	Ventilador para Canaleta	611-VTG.SP1	7	15	460	3500
	Elevador de Canjilones	661-EC1.M01	26,5	45	460	1200
	Elevador de Canjilones	661-EC2.SP1	26,5	45	460	1200
	Ventilador Filtro de Mangas 661-FT1	661-VE1.M01	37	70	460	1700
	Ventilador Filtro de Mangas	661-VE2.SP1	37	70	460	1700
	Banda Transportadora a Camiones	691-BT3.M01	8,5	15,8	460	1800
	Banda Transportadora a Camiones	691-BT7.SP3	8,5	15,8	460	1800
	Banda Transportadora a FFCC	681-BT1.M01	8,5	15,8	460	1800
	Elevador de Canjilones	663-EC1.M01	26,5	45	460	1200
	Ventilador Filtro de Mangas 663-FT1	663-VE1.M01	37	70	460	1700
	Banda Transportadora a Camiones	693-BT2.M01	8,5	15,8	460	1800
	Banda Transportadora a Camiones	693-BT4.M01	8,5	15,8	460	1800
	Banda Transportadora a FFCC	682-BT1.M01	15	30	460	1800

Tabla 13 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Subestación 50 Transformador 502.

Panel	Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
2P1-2M1 Trituración de caliza	Banda Transportadora	291-BT1	90	142	460	1130
	Vent. Desemp. Triturad	211-VE1	26	68	460	1730

	Banda Transportadora	291-BT2	140	222	460	1180
--	----------------------	---------	-----	-----	-----	------

Tabla 14 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Proyecto Línea 3, Descarga del Horno, transformador 4P3 1T2.

Panel	Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
4P3-1M6	Bomba hidráulica	473-UH1.M02	5.7	14.9	460	1780
	Ventilador	473-VE4	150	240	460	1780
	Ventilador	473-VE1	55	86,1	460	1775
	Bomba hidráulica	473-UH2	82	215	460	1780
	Ventilador	473-VE2	150	240	460	1780
	Ventilador	473-VE3	185	295	460	1780
4P3-1M7	Triturador Martillo	473-TS1	88	141	460	1781
	Ventilador	473-VE7	90	144	460	1780
	Tornillo Sinfín	493-GU9	15	24,4	460	1755
	Transportador de placas	493-TC1	11.5	30	460	1780
	Ventilador	463-VE2	17,3	27,3	460	3543
	Ventilador	473-VE8	90	144	460	1780
	Ventilador	473-VE9	75	120	460	1775
	Ventilador Aire Primario	483 VE1.M01	150	221	460	3564
	Ventilador	473-VEA	8	21	460	3550
	Ventilador	473-VE5	150	240	460	1780
	Ventilador	473-VE6	110	175	460	1780

Tabla 15 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Proyecto Línea 3, Descarga del Horno, transformador 4P3 1T3.

Panel	Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
4P3-1M8	Ventilador	473-VX1	25,3	41	460	1765
	Ventilador	473-VX2	25,3	41	460	1765
	Ventilador	473-VX3	25,3	41	460	1765
	Ventilador	473-VX4	25,3	41	460	1765
	Ventilador	473-VX5	25,3	41	460	1765
	Ventilador	473-VX6	25,3	41	460	1765
	Ventilador	473-VX7	25,3	41	460	1765
	Ventilador	473-VX8	25,3	41	460	1765
	Principal Elevador Cangilones	493-EC1_M01	62	107	460	1780

	Tornillo Sinfín	493-GU8	5,5	9,5	460	1765
	Tornillo Sinfín	493-GUA	11	17,8	460	1760
	Ventilador Filtro 493-FT1	493-VE1	17,3	28	460	1760
	Ventilador Filtro 493-FT2	493-VE2	13	35	460	1765
	Ventilador	493-VE3	21.3	35	460	1765
	Transportador cadena de arrastre	493-TK1	25	65.5	460	1765

Tabla16 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Proyecto Línea 3, Molino de Carbón, transformador LP1-1T1.

Panel	Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
LP1-1M1	Bomba De Lubricación	L61-EL1	15	39.3	460	1760
	Ventilador De Gases De Entrada Al Molino	L51-VE1	230	370	460	1191
	Compresor De Aire De Planta	D33-CN2	94.5	250	460	1760
	Compresor De Aire De Planta	D33-CN3	94.5	250	460	1760
LP1-1M2	Banda Corta (Patio De Carbón)	L11-BT1	18,8	31,3	460	1765
	Banda Larga (De Patio Carbón a Molino)	L11-BT2	37,5	61,7	460	1770
	Ventilador Aire Sellado	L61-VT1	9.0	15.0	460	3495
		L61-UH1.M02	11.5	30	460	1760
	Tornillo Sinfín	L91-GU3	11	17.9	460	1760
	Separador Mesa	L61-SP1	150	236	460	1785
	Tornillo Sinfín Tolva 1	L91-GU1	7	18	460	3495

Tabla 17 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Proyecto Línea 3, Molino de Carbón, transformador LP1-1T2.

Panel	Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
LP1-1M3		453-SR1	76	199	460	1760
		481-SR1	76	199	460	1760
		481-SR2	76	199	460	1760
		483-SR1	52.6	138	460	1760
	Exclusa Celular Casa Bolsa	L91-VR3	8.4	22	460	3550
		483-SR2	52.6	138	460	1760

Tabla 18 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Proyecto Línea 3, Precalentador, transformador 463-AP1.T01.

Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
---------------	--------	--------	-------	-------	-----------

Accionamiento Principal Horno 463-AP1 600 620 660 1793

Tabla 19 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Proyecto Línea 3, Precalentador, transformador 4P3-1T1.

Panel	Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
4P3-1M1	Ventilador	412-VE1	8.6	14.7	460	1755
	Ventilador	412-VT4	6.3	10.2	460	3530
	Motor 1 Elevador Cangilones	413-EC1_M01	43	74	460	1770
	Ventilador Filtro 413-FT1	413-VE1	8,6	14,7	460	1755
	Ventilador Filtro 413-FT2	413-VE2	12,6	21	460	1760
	Motor Principal Elev. Cangilones	433-EC1.M01	102	162	460	1731
		433-SR1,M01	14	37	460	1755
	Tornillo Sinfín	422-GU8	15	24.4	460	1755
	Tornillo Sinfín	423-GU8	15	24,4	460	1755
	Tornillo Sinfín	423-GUA	15	24,4	460	1755
	Tornillo Sinfín	423-GUB	15	24,4	460	1755
	Ventilador Filtro 433-FT2	433-VE2	7,5	15,2	460	1455
	Ventilador Filtro 433-FT1	433-VE1	21,3	34,5	460	1765
	Tornillo Sinfín	423-GU9	15	24,4	460	1755
4P3-1M2	Exclusa Celular	433-VR1.M02	5.6	10	460	1730
	Ventilador	453-VE1	11	17,9	460	3542
	Ventilador	453-VE2	11	17	460	2520
	Ventilador	463-VE1	12,6	20,6	460	3520
	Vent. Form. Pegata Chapa Horno	463-VX3	5,6	10,1	460	1765
	Vent. Form. Pegata Chapa Horno	463-VX4	5,6	10,1	460	1765
	Vent. Form. Pegata Chapa Horno	463-VX5	5,6	10,1	460	1765
	Vent. Form. Pegata Chapa Horno	463-VX6	5,6	10,1	460	1765
	Vent. Form. Pegata Chapa Horno	463-VX7	5,6	10,1	460	1765
	Vent. Form. Pegata Chapa Horno	463-VX8	5,6	10,1	460	1765
	Vent. Form. Pegata Chapa Horno	463-VX9	5,6	10,1	460	1765
	Vent. Form. Pegata Chapa Horno	463-VXA	5,6	10,1	460	1765
	Vent. Form. Pegata Chapa Horno	463-VXB	5,6	10,1	460	1765
	Vent. Form. Pegata Chapa Horno	463-VXC	5,6	10,1	460	1765
	Vent. Form. Pegata Chapa Horno	463-VXD	5,6	10,1	460	1765
	Vent. Form. Pegata Chapa Horno	463-VXE	5,6	10,1	460	1765
	Vent. Form. Pegata Chapa Horno	463-VXF	5,6	10,1	460	1765

Tabla 20 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Proyecto Línea 3, Secador, transformador 221-AP1.T01.

Panel	Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
CCM 221-AP1	Secador	221-AP1	360	595	460	1191
	Secador	221-AP2	360	595	460	1191

Tabla 21 Datos de los motores trifásicos de inducción de bajo voltaje. Proyecto Línea 3, Secador, transformador 2P1-1T3.

Panel	Nombre equipo	Código	P (kW)	I (A)	V (V)	Vel (rpm)
2P1-1M1	Banda Transportadora	221-BT1	28.5	74,7	460	1770
	Banda Transportadora	221-BT2	28.5	74,7	460	1770
	Banda Transportadora	221-BT3	74.6	125	460	1770
	Banda Transportadora	221-BT4	37.3	61,7	460	1770
	Criba	221-CT1	75	196.4	460	1800
	Sopladores	221-SR1	43	68	460	3536
	Sopladores	221-SR2	43	68	460	3536
		221-VE2	31.5	82.4	460	3536
	Transportador de placas	221-TP1	88	141	460	1781
	Transportador de placas	221-TP2	88	141	460	1781
	Vent. F.M tolva de carbón	L91-VE2	6,6	11,4	460	3495
	2P1-1M2	Compresores	221-CN1	93	152	460
Compresores		221-CN2	93	152	460	1787
Vent. F.M Torres 1		291-VE1	12,6	21	460	1760
Sinfín		291-GU4.M01	30	47,6	460	1770
Sinfín		291-GU4.M02	30	47,6	460	1770
Sinfín		291-GU2	37	57,5	460	1770
Sinfín		291-GU3	37	57,5	460	1770
Sinfín		291-GU5	90	138	460	1780

Anexos 2: Datos de los interruptores de media tensión.**Tabla 22** Interruptores Medio Voltaje

Ubicación		Nombre	Nombre en el IPA	I nom (A)	I int (kA)	I mom (kA)
Sub 10	Bloque 1	Alimentador de BL	X2.PCB2	2500	31.5	95
		Acoplamiento BL1-BL3	Acop. BL1- BL3.PCB1	2500	31.5	95
		Alimentador Sub 20 BL1	FDR7.PCB1	1250	61	75
		Alimentador TRF 111	FDR17.PCB1	630	61	75
		Alimentador M 561 AP1	M.561-AP1.PCB	1250	61	75
		Alimentador M 561 VE1	M.561-VE1.PCB	630	61	75
		Alimentador TRF 103	FDR14.PCB1	630	61	75
		Alimentador Sub 40 BL1	FDR15.PCB1	630	61	75
	Bloque 2	Alimentador de BL	X1.PCB2	2500	31.5	95
		Acoplamiento BL2-BL4	Acop. BL2- BL 4.PCB1	2500	31.5	95
		Alimentador Sub 20 BL2	FDR25.PCB1	1250	61	75
		Alimentador TRF 112	FDR47.PCB1	630	61	75
		Alimentador M 562 AP1	M.562-AP1.PCB	1250	61	75
		Alimentador M 562 VE1	M.562-VE1.PCB	630	61	75
		Alimentador Sub 40 BL2	FDR39.PCB1	630	61	75
	Bloque 3	Alimentador de BL	X3.PCB2	2500	31.5	95
		Alimentador Sub 30 BL1	FDR52.PCB1	630	61	75
		Alimentador Sub 20 BL3	FDR54.PCB1	1250	61	75
	Bloque 4	Alimentador de BL	X4.PCB2	2500	31.5	95
		Alimentador Sub 30 BL2	FDR91.PCB1	630	61	75
		Alimentador Sub 20 BL 4	FDR94.PCB1	1250	61	75
		Alimentador de BL	FDR7.PCB2	1250	61	75
		Alimentador de BL	FDR25.PCB2	1250	61	75
		Alimentador TRF 222	FDR26.PCB1	630	61	75
		Alimentador al Accionamiento Principal de Crudo 2	FDR29.PCB1	630	61	75
		Alimentador M 362 AP1	M.362-AP1.PCB	630	61	75
		Alimentador M 362 AP2	M.362-AP2.PCB	630	61	75
		Alimentador M 362 VE2	M.362-VE2.PCB	630	61	75
		Alimentador M 332 TB1	M.332-TB1.PCB	630	61	75
		Alimentador M 362 VE1	M.362-VE1.PCB	630	61	75
		Alimentador Sub 23 BL1	FDR27.PCB1	630	61	75
	Alimentador de BL	FDR54.PCB2	1250	61	75	

		Alimentador TRF 223	FDR58.PCB1	630	61	75
		Alimentador al Accionamiento Principal de Crudo 3	FDR59.PCB1	630	61	75
		Alimentador M 363 AP1	M.363- AP1.PCB	630	61	75
		Alimentador M 363 AP2	M.363- AP2.PCB	630	61	75
		Alimentador M 363 VE2	M.363-VE2.PCB	630	61	75
		Alimentador M 333 TB1	M.333-TB1.PCB	630	61	75
		Alimentador M 363 VE1	M.363-VE1.PCB	630	61	75
		Alimentador de BL	FDR94.PCB2	1250	61	75
		Alimentador TRF 214	FDR96.PCB1	630	61	75
		Alimentador Sub 23 BL2	FDR97.PCB1	630	61	75
		Alimentador TRF 202	FDR99.PCB1	630	61	75
		Alimentador TRF 4P0 1T1	FDR100.PCB1	1250	61	75
		Alimentador de BL	FDR27.PCB2	630	61	75
		Alimentador de BL	FDR97.PCB2	630	61	75
		Alimentador TRF 232	FDR98.PCB1	630	61	75
		Alimentador de BL	FDR52.PCB2	630	61	75
		Alimentador TRF 301	FDR55.PCB1	630	61	75
		Alimentador de BL	FDR91.PCB2	630	61	75

Sub 40	Bloque 1	Alimentador de BL	FDR15.PCB2	630	61	75
	Bloque 2	Alimentador de BL	FDR39.PCB2	630	61	75
		Alimentador TRF 412	FDR42.PCB1	630	61	75
		Alimentador TRF 402	FDR43.PCB1	630	61	75
Sub 50	Bloque 2	Alimentador de BL	FDR65.PCB2	630	61	75
		Alimentador TRF 502	FDR70.PCB1	630	61	75
		Alimentador M 211 AP1	M.211-AP1.PCB	630	61	75
		Alimentador M 211 AP2	M.211-AP2.PCB	630	61	75
Proyecto Línea 3	Barra Proyecto Línea 3	Alimentador Descarga-Horno	FDR68.PCB1	2000	50	50
		Alimentador Precaentador	FDR67.PCB1	2000	50	50
		Alimentador Secador	FDR69.PCB1	2000	50	50
		Alimentador Molino de Carbón	FDR66.PCB1	2000	50	50
	Descarga-Horno	Alimentador TRF 4P3 1T2	FDR76.PCB1	400	10	10
		Alimentador TRF 4P3 1T3	FDR77.PCB1	400	10	10
		Alimentador M 473 VEB	M 473-VEB.PCB	400	10	10
Precaentador	Alimentador TRF 463 AP1.T01	FDR82.PCB1	400	10	10	

		Alimentador TRF 4P1 1T1	FDR81.PCB1	400	10	10
		Alimentador M 422 VE1	M 422-VE1.PCB	400	10	10
		Alimentador M 443 VE1	M 443-VE1.PCB	1250	31,5	31,5
		Alimentador M 423 VE1	M 423-VE1.PCB	400	10	10
	Secador	Alimentador BL	FDR69.PCB2	1250	31,5	31,5
		Alimentador TRF 2P1 1T3	FDR73.PCB1	400	10	10
		Alimentador TRF 221 AP1.T01	FDR72.PCB1	400	10	10
		Alimentador M 221 VE3	M.221-VE3.PCB	400	10	10
	Molino de Carbón	Alimentador TRF L61 AP1.T01	FDR85.PCB1	400	10	10
		Alimentador TRF LP1 1T1	FDR87.PCB1	400	10	10
		Alimentador TRF LP1 1T2	FDR86.PCB1	400	10	10
		Alimentador M L61 VE1	M L61-VE1.PCB	400	10	10

Anexo 3: Datos de los Interruptores de bajo voltaje**Tabla 24** Cabeza de bloque de los Centros de Cargas

Subestación	Transformador	Marca	V (V)	I nom (A)	I int (kA)	I mom (kA)
Sub 10	TR 103	Siemens	500	400	35	35
	TR 104	Siemens	500	400	35	35
	TR 111	ABB	500	2000	35	70
	TR 112	ABB	500	2000	35	70
	TR 121	EL	500	3200	75	75
	TR 122	Moeller	500	4000	75	75
	TR 125	Moeller	500	3200	75	75
Sub 20	TR 201	EL	500	2500	55	55
	TR 202	EL	500	1000	25	25
	TR 211	EL	500	2500	55	55
	TR 212	EL	500	2500	55	55
	TR 214	Moeller	500	2500	55	55
	TR 221	Moeller	500	3200	75	75
	TR 222	ABB	500	2000	35	70
	TR 223	ABB	500	2000	35	70
Sub 23	TR 232	EL	500	2500	55	55
Sub 30	TR 301	EL	500	2500	55	55
Sub 40	TR 401	EL	500	2500	55	55
	TR 402	EL	500	1000	25	25
	TR 412	EL	500	2500	55	55
Sub 50	TR 502	WEG	500	1250	35	35

Tabla 25 Centro de carga al centro de carga de motores

Transf.	CCM	Marca	V (V)	I nom (A)	I int (kA)	I mom (kA)
TR 111	5P1-1M1	WEG	500	1000	17,5	35
	5P1-1M2	WEG	500	1600	17,5	35
	5P0-1M1	WEG	500	400	12,5	25
	Electrofiltro Cemento Línea 1	WEG	500	400	12,5	25
TR 112	5P2-1M1	WEG	500	500	12,5	25
	5P2-1M2	WEG	500	600	17,5	35
	Electrofiltro Cemento Línea 2	WEG	500	400	12,5	25
TR 122	4P1-1M5	WEG	500	1600	17,5	35
	4P1-1M6	WEG	500	1600	17,5	35
TR 212	Electrofiltro Horno Línea 2	WEG	500	400	12,5	25
TR 222	3P2-1M1	WEG	500	400	12,5	25
	3P2-1M2	WEG	500	1000	17,5	35
	4P2 1M2	WEG	500	400	12,5	25
	Electrofiltro Horno Línea 3	WEG	500	400	12,5	25
TR 223	3P3-1M1	WEG	500	500	12,5	25
	3P3-1M2	WEG	500	1000	17,5	35
	Electrofiltro	WEG	500	400	12,5	25
	4P3-1M4	WEG	500	1000	17,5	35
TR 232	3P1-1M3	WEG	500	600	17,5	35
TR 301	2P1-2M2	WEG	500	1600	17,5	35
TR 412	6P1-1M1	WEG	500	400	12,5	25
	6P1-1M2	WEG	500	600	17,5	35
TR 502	2P1-2M1	WEG	500	400	12,5	25

Tabla 26 Cabeza de bloque de centro de carga de motores

Transf.	CCM	Marca	V (V)	Inom (A)	I int (kA)	Imom (kA)
TR 111	5P1-1M1	Siemens	500	630	100	100
	5P1-1M2	Siemens	500	2000	65	80
	5P0-1M1	Siemens	500	800	50	65
	Electrofiltro Cemento Línea 1		415	200	35	35
TR 112	5P2-1M1	Siemens	500	400	35	35
	5P2-1M2	Siemens	500	2000	65	80
	Electrofiltro Cemento Línea 2		415	200	35	35
TR 121	4P1-1M4	Siemens	500	2500	65	80
TR 122	4P1-1M5	Siemens	500	1250	50	65
	4P1-1M6	Siemens	500	1250	50	65
TR 211	3P1-1M1	Siemens	500	630	100	100
TR 212	Electrofiltro Horno Línea 2		415	200	35	35
TR 214	Electrofiltro Horno Línea 1		415	200	35	35
TR 221	4P1-1M2	Siemens	500	1600	50	65
TR 222	3P2-1M1	Siemens	500	630	100	100
	3P2-1M2	Siemens	500	1000	50	65
	4P2 1M2	Siemens	500	800	50	65
	Electrofiltro Horno Línea 3		415	200	35	35
TR 223	3P3-1M1	Siemens	500	630	100	100
	3P3-1M2	Siemens	500	1000	50	65
	4P3-1M4	Siemens	500	800	50	65
TR 4P0-1T1	4P0-1M1	Siemens	500	3200	65	80

TR 231	3P1-1M3	Siemens	500	1000	50	65
TR 301	2P1-2M2	Siemens	480	2000	50	65
TR 411	6P1-1M1	Siemens	500	630	100	100
	6P1-1M2	Siemens	480	1000	50	65
TR 502	2P1-2M1	Siemens	480	1000	50	65
TR 4P3-1T2	4P3-1M6	Siemens	500	1600	50	65
	4P3-1M7	Siemens	500	1600	50	65
TR 4P3-1T3	4P3-1M8	Siemens	500	1600	50	65
LP1-1T1	LP1-1M1	Siemens	500	1600	50	65
	LP1-1M2	Siemens	500	1600	50	65
LP1-1T2	LP1-1M3	Siemens	500	1600	50	65
4P1-1T1	4P3-1M1	Siemens	500	1600	50	65
	4P3-1M2	Siemens	500	1600	50	65
2P1-1T3	2P1-1M1	Siemens	500	2500	65	80
	2P1-1M2	Siemens	500	2500	65	80

Anexo 4. Conductores y transformadores usados en 6kv y 0,48kv en la empresa “Cemento Cienfuegos S.A”



Fig A: Transformador de 6 kv/460 V



Fig B: Transformador de 6 kv/460 V



Fig C: Conexión de conductores 480 V



Fig D: Conexión conductores 6 KV

Anexo 5.**Tabla 1** Datos del sistema eléctrico de suministro de 115 kV.

Acometida del SEN	MVAcc	Máximo	Mínimo
Expreso	MVAcc 3 Φ	1024,64	714,28
	MVAcc 1 Φ	932,81	682,84
Trinidad	MVAcc 3 Φ	1024,64	932,81
	MVAcc 1 Φ	724,57	686,46

Tabla 2 Datos de los reactores serie.

Ubicación		Nombre en el IPA	V (V)	X (Ω)
Desde	Hasta			
Sub 10 BL 1 y 2	Sub 10 BL 1	X2	6300	0,114
Sub 10 BL 1 y 2	Sub 10 BL 2	X1	6300	0,114
Sub 10 BL 3 y 4	Sub 10 BL 3	X3	6300	0,114
Sub 10 BL 3 y 4	Sub 10 BL 4	X4	6300	0,114

Anexo 6. Especificidades de las subestaciones y centros de carga

Subestación 10 (principal):

- Motores de 6 kV:
 - 561-AP1 (Accionamiento Principal Molino de Cemento L1).
 - 562-AP1 (Accionamiento Principal Molino de Cemento L2).
 - 561-VE1 (Ventilador Succionador).
 - 562-VE1 (Ventilador Succionador).
- Centro de carga 10:
 - Los transformadores 101 y 102 son los encargados de entregar las líneas de 6kV.
 - Los transformadores 103 y 104 se encargan de alimentar a la sub principal.
- Centro de carga 11:
 1. El transformador 111 alimenta los siguientes bloques:

- Panel 5P1-1M1 (dosificadora L-I).
- Panel 5P1-1M2 (molienda de cemento L-I).
- Panel 5P0-1M1 (transporte de cemento).
- Electrofiltro Cemento Línea 1.
- 2. El transformador 112 alimenta los siguientes bloques:
 - Panel 5P2-1M1 (dosificación L-II).
 - Panel 5P2-1M2 (molienda de cemento L-II).
 - Electrofiltro Cemento Línea 2.
- 3. El transformador 114 (Fuerzas no tecnológicas).
- 4. El transformador 121 (deshabilitado).
- 5. El transformador 122 (Fuerzas no tecnológicas).
- 6. El transformador 124 (Fuerzas no tecnológicas).
- 7. El transformador 125 (deshabilitado).

Subestación 20:

- Motores de 6 kV:
 - 332-TB1 (Accionamiento Principal Molinillo)
 - 362-VE1 (Ventilador Exahustor)
 - 362-VE2 (Ventilador Exahustor)
 - 362-AP1 (Accionamiento Principal Molino de crudo L2)
 - 362-AP2 (Accionamiento Principal Molino de crudo L2)
 - 333-TB1 (Accionamiento Principal Molinillo)
 - 363-AP1 (Accionamiento Principal Molino de crudo L3)
 - 363-AP2 (Accionamiento Principal Molino de crudo L3)
 - 363-VE1 (Ventilador Exahustor)
 - 363-VE2 (Ventilador Exahustor)
- Centro de carga 20:
 1. El transformador 4P0 1T1 (alimentación de compresores).
 2. El transformador 201 (reserva).
 3. El transformador 202 alimenta:
 - Fuerza no tecnológica (cocina comedor, departamento técnico).
 - Bombas de agua caliente del comedor.
 - Bombas de agua fría del comedor.
- Centro de carga 21:

1. El transformador 211 (deshabilitado).
2. El transformador 212 (deshabilitado).
3. El transformador 214 alimenta los siguientes bloques:
 - Compresores.
 - Electrofiltros.
- Centro de carga 22:
 1. El transformador 221 (deshabilitado).
 2. El transformador 222 alimenta los siguientes bloques:
 - Electrofiltros.
 - Panel 3P2-1M1 (Dosificación Molino de Crudo Línea 2).
 - Panel 3P2-1M2 (Transporte a silos de harina línea 2).
 - Panel 4P2-1M1 (Silos de Harina L2).
 - Panel 4P2-1M2 (Silos de Mezcla L2).
 3. El transformador 223 alimenta los siguientes bloques:
 - Electrofiltros.
 - Panel 3P3-1M1 (Dosificación Molino de Crudo Línea 3).
 - Panel 3P3-1M2 (Transporte a silos de harina línea 3).
 - Panel 4P3-1M1 (Silos de Harina L3).
 - Panel 4P3-1M2 (Silos de Mezcla L3).
 4. El transformador 224 (Fuerzas no tecnológicas).

Subestación 23:

- Centro de carga 23:
 1. El transformador 231 (Reserva).
 2. El transformador 232 alimenta los siguientes bloques:
 - Panel 3P1-1M3 (nave de marga).
 - Fuerza no tecnológica (laboratorio).

Subestación 30:

- Centro de carga 30:
 1. El transformador 301 alimenta los siguientes bloques:
 - Panel 2P1-2M2 (silos de caliza).
 - Tratamiento de agua.
 - Fuerza no tecnológica.

2. El transformador 302 (Reserva).
- Centro de carga 31:
1. El transformador 310 (Taller Central).

Subestación 40:

- Centro de carga 40:
1. El transformador 401 (Reserva).
 2. El transformador 402 alimenta:
Compresores.
- Centro de carga 41:
1. El transformador 411 (deshabilitado).
 2. El transformador 412 alimenta los siguientes bloques:
 - Panel 6P1-1M1.
 - Panel 6P1-1M2.

Subestación 50:

- Motores de 6 kV:
- 211-AP1 (Trituradora)
 - 211-AP2 (Trituradora)
- Centro de carga 50:
1. El transformador 502 alimenta los siguientes bloques:
 - Panel 2P1-2M1.
 - Fuerzas no tecnológicas.

A partir del bloque 3 de la subestación principal se acopló el proyecto de Línea 3 concebido por la modernización:

Pre calentador:

- Motores de 6 kV:
- 422-VE1 (Ventilador)
 - 423-VE1 (Ventilador)
 - 443-VE1 (Ventilador Gas Caliente)
- El transformador 4P1-1T1 alimenta los siguientes bloques:
1. Panel 4P3-1M1.
 2. Panel 4P3-1M2.
 - El transformador 463- AP1.T01 alimenta:

1. Motor 463-AP1.

Descarga del horno:

- Motores de 6 kV:
- 473-VEB (Ventilador)
 - El transformador 4P3-1T2 alimenta los siguientes bloques:
 1. Panel 4P3-1M6.
 2. Panel 4P3-1M7.
 - El transformador 4P3-1T3 alimenta el siguiente bloque:
 1. Panel 4P3-1M8.

Molino de carbón:

- Motores de 6 kV:
- L61-VE1 (Ventilador)
 - El transformador L61-AP1.T01 alimenta:
 1. Motor L61-AP1.
 - El transformador LP1-1T1 alimenta los siguientes bloques:
 1. Panel LP1-1M1.
 2. Panel LP1-1M2.
 - El transformador LP1-1T2 alimenta los siguientes bloques:
 1. Panel LP1-1M3.

Secador de materias primas:

- Motores de 6 kV:
- 221-VE3 (Ventilador)
 - El transformador 2P1-1T3 alimenta los siguientes bloques:
 1. Panel 2P1-1M1.
 2. Panel 2P1-1M2.
 - El transformador 221-AP1.T01 alimenta:
 1. Motor 221-AP1.
 2. Motor 221-AP2.