



NORMA PARA MANTENIMIENTO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS

NFPA 70B - 2023

Relator: Guido Pardo Blime

(Revisor Técnico de la Norma NFPA 70B para Latinoamérica)

ESYS Electrical Systems | www.esys.cl | +56 9 4252 5045 | info@esys.cl | gpardo@esys.cl

OBJETIVO

Entregar a los participante los principales conceptos de la norma NFPA 70B - 2023 de manera que pueda aplicarla, con enfoques en la seguridad, en las técnicas de **gestión del mantenimiento y en la elaboración de un programa eficiente de mantenimiento eléctrico.**





Please download and install the
Slido app on all computers you use



¿Estás familiarizado con la NFPA 70B?

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.



Please download and install the
Slido app on all computers you use



**Defina lo que cree que es la
NFPA 70B.**

Start presenting to display the poll results on this slide.



A large, semi-transparent watermark of the ESYS logo, which includes the blue lightning bolt icon and the word "ESYS" in a large, bold, black font.

Módulo 1:

Propósitos y alcances de la Norma

¿QUÉ ES LA NFPA?



La Asociación Nacional de Protección contra incendios (NFPA por sus siglas en inglés) de EEUU es la autoridad a nivel mundial sobre seguridad contra incendios, eléctrica y de la construcción, desarrollando y disseminando el más valioso conocimiento sobre estos temas.





¿QUÉ ES LA NFPA 70B?

La NFPA 70B es la Norma para el Mantenimiento de Equipos Eléctricos, elaborada por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA) a través de su comité técnico especialista en el tema.

Recopila información de diversos fabricantes y normativas, poniéndolo a disposición en un solo documento, donde se establecen las directrices mínimas a cumplir para elaborar, mantener y/o mejorar un programa de mantenimiento eléctrico con énfasis en la seguridad de las personas.





OBJETIVO DE LA NFPA 70B

Proporcionar protección práctica a personas, propiedades y procesos contra los riesgos asociados con fallas, averías o mal funcionamiento y un medio para establecer una condición de mantenimiento de equipos y sistemas eléctricos para seguridad y confiabilidad.

CONSIDERACIÓN IMPORTANTE

La NFPA 70B no duplica ni sustituye instrucciones otorgadas por los fabricantes.



HISTORIA DE LA NFPA 70B



NFPA autoriza la formación de un comité para desarrollar un documento que daría recomendaciones acerca del mantenimiento de equipos eléctricos.

Las prácticas recomendadas para el mantenimiento de equipos eléctricos fueron adoptadas como 70 B.

Se reestructura el manual de forma que cumpla con el estilo de los documentos del comité técnico de NFPA.

Se publica última versión en español.

Se publica última versión en inglés, esta vez, como norma dejando de ser práctica recomendada.



1967

1975

2002

2019

2023

CONTENIDO DE LA NORMA



Capítulos 1, 2 y 3: Propósitos y alcances de la norma



Capítulo 4: Gestión de Mantenimiento



Capítulo 5: Seguridad del personal



Capítulo 6, 7 y 8: Estudios y Pruebas Eléctricas



CONTENIDO DE LA NORMA



 Capítulo 8: Intervalos de Mantenimiento

 Capítulos 9 al 38: Procedimientos Exigidos para distintos equipos

 Anexos A a M: Bibliografía, ejemplos, otros



PROPÓSITO DE LA NORMA NFPA 70B



PROPÓSITO:

- Proporcionar garantías de seguridad para las personas, propiedades, procesos, otorgando los medios para establecer una condición de mantenimiento de equipos y sistemas basado en la seguridad y confiabilidad.

¿QUÉ EXPLICA?

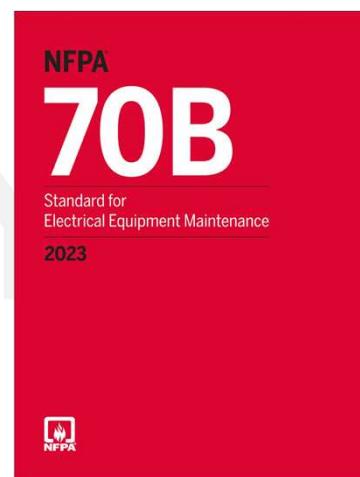
- La norma explica la función, requisitos y consideraciones económicas que se pueden utilizar para establecer un **programa de mantenimiento eléctrico (PME)**.



ALCANCES

¿DÓNDE APLICA?

- Esta norma se aplica al mantenimiento de sistemas y equipos eléctricos, electrónicos y de comunicaciones. **No** tiene la intención de duplicar o **reemplazar las instrucciones que los fabricantes** proporcionan normalmente.
- Los sistemas y equipos cubiertos son los típicos instalados en plantas industriales, edificios institucionales y comerciales, y los grandes complejos residenciales multifamiliares.
- Los equipos para el uso doméstico no están previstos en esta norma.



DIFERENCIAS NFPA 70B

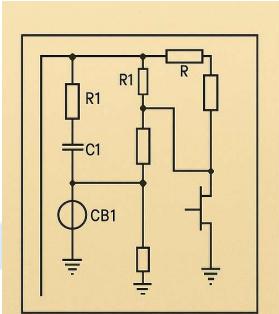
Versiones 2019 vs 2023



- Enfoque en la Ciberseguridad.
- Mantenimiento Predictivo.
- Actualización de Normas de Seguridad.
- Capacitación del Personal.
- Ejemplos y casos de estudio.
- Mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM).



PROCESO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA



Diseño

1 año

Montaje

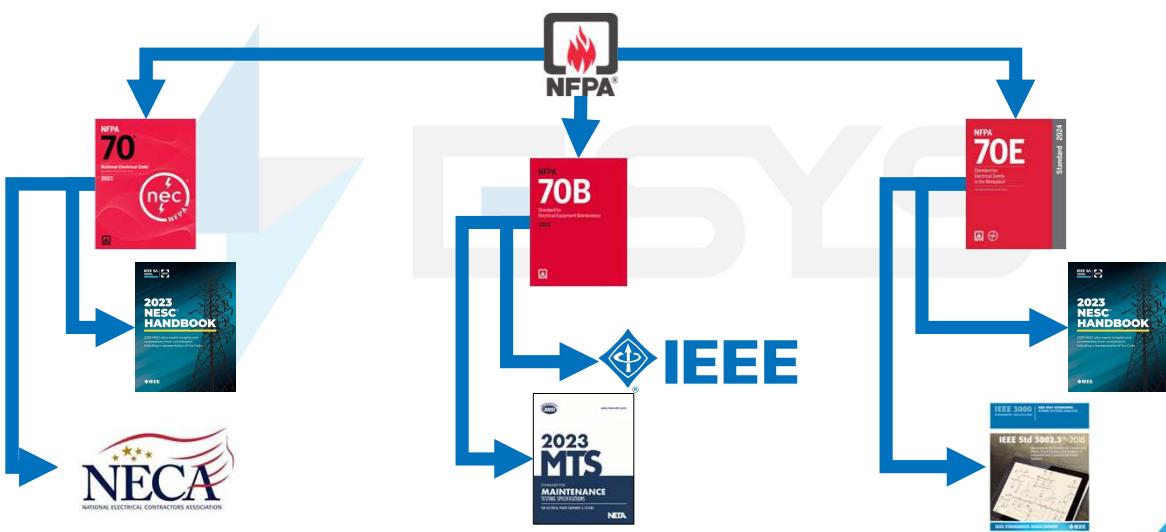
3 años

Mantenimiento

50 años

NFPA 70B

NORMAS RELACIONADAS EN EL PROGRAMA INTEGRAL DE SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO ELÉCTRICO



RELACIÓN DE LA NORMA NFPA 70B CON CHILE

SEC: REGLAMENTO DE SEGURIDAD DE LAS INSTALACIONES DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DS N° 08

DS N°08, RIC N°17, Artículo 5.2 (Resumen): Adicionalmente las instalaciones, que se ubiquen en atmósferas explosivas, en instalaciones para la minería y todas las instalaciones de consumo de media y alta tensión de una potencia instalada igual o mayor a 5 MW deberán cumplir con las exigencias de seguridad en la operación y mantenimiento definidas en la norma **NFPA 70E.**



RELACIÓN DE LA NORMA NFPA 70B CON CHILE



REGLAMENTO DE SEGURIDAD MINERA

DECRETO SUPREMO N° 132 MINISTERIO DE MINERÍA

Publicado en el Diario Oficial el 07 de febrero de 2004

DS 132

Artículo 29, Sernageomin:

Las Empresas mineras, para la ejecución de sus trabajos, deberán regirse primeramente por las normas técnicas especificadas en este Reglamento, luego por las aprobadas por los competentes Organismos Nacionales y en **subsidiaria**, por aquellas normas técnicas internacionalmente aceptadas.

DS 132

Artículo 410, Sernageomin:

Todo recinto, equipos, instalaciones y todos los sistemas de una faena minera deben ser sometidos a un **riguroso plan de mantenimiento**, llevando registros actualizados de esta actividad, los que en cualquier momento podrán ser solicitados por el Servicio.

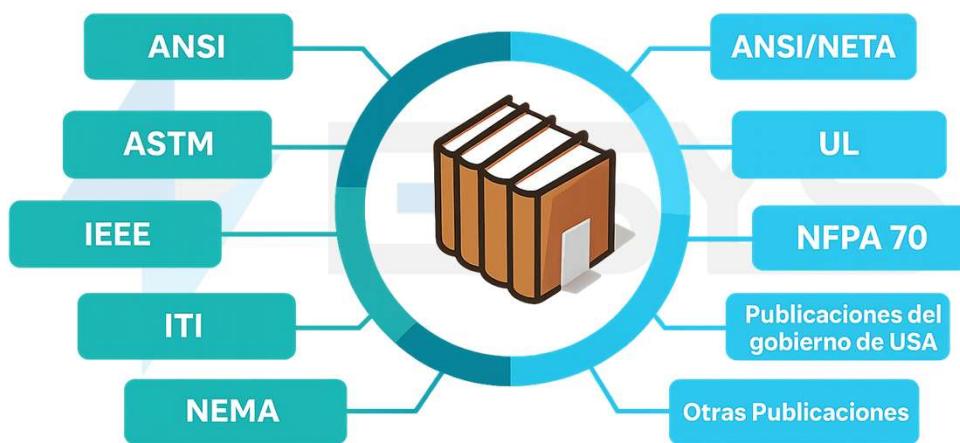
RELACIÓN DE LA NORMA NFPA 70B CON CHILE



LA NORMA NFPA 70B NO ES LEY EN CHILE a diferencia de la NFPA 70E que, si lo es, no obstante, se adopta para cumplir con los requerimientos establecidos en nuestra legislación.



PUBLICACIONES DE REFERENCIA





DEFINICIONES

Norma o Estándar (por sus siglas en inglés)

Contiene disposiciones obligatorias que emplea la palabra “debe” para indicar requisitos o requerimientos.

Mantenimiento periódico

La prueba, la localización de averías, la reparación, y/o el reemplazo de un componente o de un subsistema mientras que los componentes o los subsistemas redundantes se mantienen en funcionamiento, donde es crítico realizar este mantenimiento para lograr los criterios especificados de confiabilidad / disponibilidad del sistema.

Programa de Mantenimiento Eléctrico (PME)

Un programa administrado de inspección, prueba, monitoreo, análisis, servicios de sistemas y equipos con el propósito de mantener operaciones y producción seguras al reducir o eliminar las interrupciones del sistemas y fallas en los equipos .



ESYS

Módulo 2:

Seguridad para el personal que aplica el PME

EL CICLO DE LA SEGURIDAD ELÉCTRICA SEGÚN NFPA



SEGURIDAD DE LAS PERSONAS

NFPA 70E



Seguridad del Personal

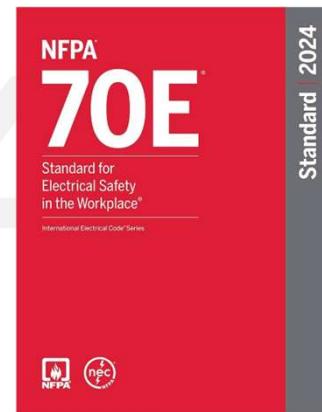
- La seguridad del personal debe ser la primera consideración en diseño del sistema y al establecer las prácticas de mantenimiento.

Reglas de Seguridad

- Las reglas de seguridad se deben instituir y practicar para prevenir lesión al personal, a las personas que realizan las tareas y a otras que pudieran ser expuestas al peligro.

Peligros Eléctricos

- Los principales peligros eléctricos para personal es el choque eléctrico, y/o quemaduras severas producto del arco eléctrico o de sus efectos.



Standard | 2024



SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

Seguridad del Personal

La seguridad del personal es una consideración primordial en el diseño del sistema y en el establecimiento de las prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad donde se realiza el mantenimiento preventivo de sistemas y equipos eléctricos.

Mantenimiento

El mantenimiento debe ser ejecutado **solo por personal calificado** entrenado en las prácticas seguras para prevenir de los riesgos asociados con el trabajo en conductores o partes del circuito eléctrico como son: los de choque eléctrico, arco eléctrico, y ráfaga de arco, todos los cuales pueden causar lesiones graves o la muerte.

Seguridad del Personal

El mantenimiento preventivo debe realizarse solo cuando el equipo se encuentre en una condición de trabajo eléctricamente segura.

CAPACITACIÓN Y CALIFICACIÓN



Calificación del Personal: En base a destrezas en el mantenimiento, operación y seguridad de los equipos.



Aprendizaje Teórico y Práctico
Programa de capacitación con frecuencias establecidas



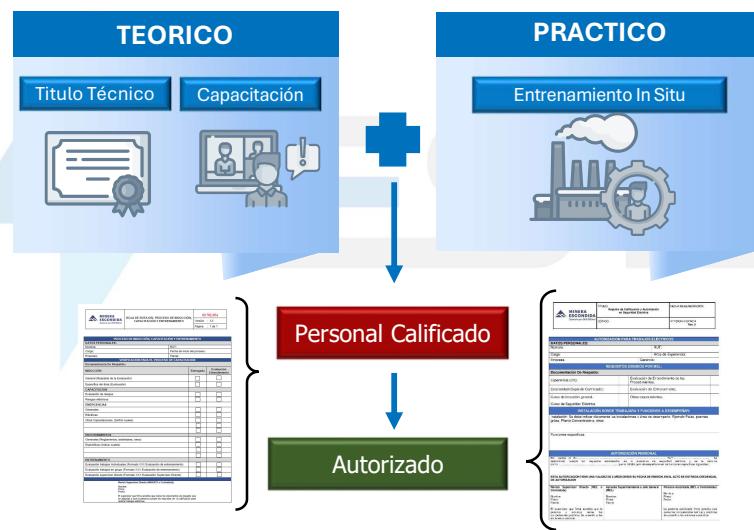
El personal debe ser capacitado y adiestrado en base a su rol en el Programa de Seguridad Eléctrica, cubriendo todas las áreas tratadas en este



Información actualizada, dinámicas, prácticas, promoviendo el crecimiento personal de las personas, valorando la vida.

CAPACITAR ES PLANIFICAR PARA TODA LA VIDA

PROCESO DE CAPACITACIÓN, CALIFICACIÓN Y AUTORIZACIÓN



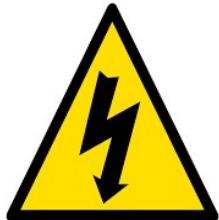
DEFINICIÓN RIESGO ELÉCTRICO

Artículo 100 NFPA 70E



RIESGO ELÉCTRICO

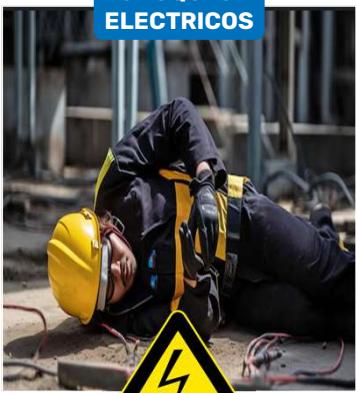
Una condición peligrosa tal que el contacto o la falla de equipos puede resultar en un choque eléctrico, quemadura de relámpago de arco, quemadura térmica, o ráfaga.



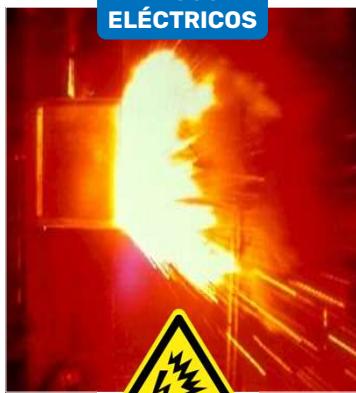
Un electricista particular que trató de realizar un trabajo en una línea de alta tensión murió esta mañana, y quedó prendido de un poste del tendido eléctrico, obligando al CBV a realizar un dramático rescate.

¿QUÉ RIESGOS PRESENTA LA ELECTRICIDAD?

CHOQUES
ELÉCTRICOS



ARCOS
ELÉCTRICOS



INCENDIO
ELÉCTRICO



RIESGO PARA LAS PERSONAS

RIESGO PARA LOS EQUIPOS
E INSTALACIONES

COMPRENDIENDO EL CHOQUE ELECTRICO



DEFINICIONES DE PELIGRO DE CHOQUE ELÉCTRICO

Una posible fuente de heridas o daño a la salud asociados con el paso de corriente a través del cuerpo a causa del contacto o aproximación a conductores o partes del circuito eléctrico energizadas expuestas.

NFPA 70E

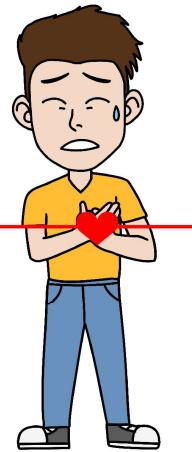


Ocurre siempre que haya una diferencia de potencial entre su cuerpo y el conductor



Cuando la corriente fluye de un punto a otro a través de su cuerpo,
USTED SE CONVIERTE EN EL CONDUCTOR

COMPRENDIENDO EL CHOQUE ELECTRICO



COMPRENDIENDO EL CHOQUE ELECTRICO



INTENSIDAD	TIEMPO PARA CAUSAR LA MUERTE
15 mA	2 minutos
20 mA	60 segundos
30 mA	35 segundos
100 mA	3 segundos
500 mA	110 milisegundos
1 A	30 milisegundos

Fuente: (Bolaños H, 2012.) Caracterización de los casos de electrocuciones fatales atendidos por el instituto nacional de medicina legal y ciencias forenses.

COMPRENDIENDO EL CHOQUE ELECTRICO



RIESGO DE CHOQUE ELÉCTRICO

CONDICIÓN PELIGROSA ASOCIADA CON LA POSIBLE LIBERACIÓN DE ENERGÍA CAUSADA POR EL CONTACTO O LA APROXIMACIÓN A CONDUCTORES O PARTES DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS ENERGIZADOS.



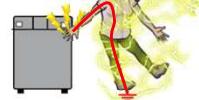
CONSECUENCIAS

- PARO CARDIACO
- QUEMADURAS
- ELECTROCUCCIONES

CONTACTO DIRECTO



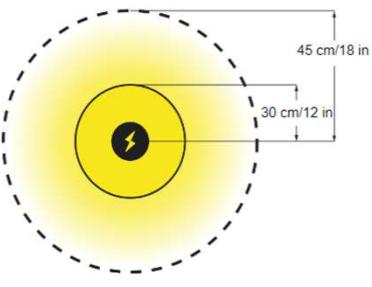
CONTACTO INDIRECTO



PULSERA PROXXI



- Detecta campos eléctricos (electrómetro)
- Niveles de tensión de 110 V a 550 kV
- Distancia de trabajo acorde NFPA 70E
- Especializado para **trabajos desenergizado**
- Alertas multisensoriales



Para mas información consultar en:

<https://esys.cl/proxxi/>



EQUIPOS DE PROTECCIÓN CONTRA FALLAS A TIERRA



GFCI:

Los GFCI están diseñados para proteger a las personas, contra la electrocución, cuando el contacto entre una parte viva del circuito protegido y la tierra hace que la corriente fluya a través del cuerpo de una persona. Un GFCI desconecta el circuito cuando una corriente igual o mayor al punto de calibración (4 mA a 6 mA) fluye a través del circuito a tierra protegido.



COMPRENDIENDO EL ARCO ELÉCTRICO



COMPRENDIENDO EL ARCO ELÉCTRICO



RIESGO DE RELÁMPAGO DE ARCO

Una fuente de posibles heridas o daños asociada con la posible liberación de energía causada por un arco eléctrico.

NFPA 70E



¿QUÉ SON LOS ARCOS Y POR QUÉ SUCEDEN?



Los arcos eléctricos se manifiestan liberando diversos tipos de energía.

Resultan por el paso de una corriente eléctrica considerable a través de lo que había sido aire, al ionizarse el mismo y romper el espacio aislante.

Entre conductores no puesto a tierra o entre conductores no puestos y conductores puesto a tierra.

Liberando plasma, gases y proyectiles de los materiales del equipo, por lo general aluminio, cobre y plásticos.

PRUEBAS DE EPP ARCO RESISTENTES



ANÁLISIS DE SEGURIDAD DE LA TAREA



✓ Antes de iniciar la tarea se debe hacer una revisión de seguridad.



✓ Se debe informar al personal que hace la tarea, antes de comenzarla, para confirmar que todas las medidas de seguridad están entendidas.



✓ Todos los instrumentos y herramientas de prueba se deben utilizar de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes.



✓ Se deben contar con los EPP adecuados para cada tarea.



✓ Se deben contar con los procedimientos específicos para el control de los riesgos.

ANÁLISIS DE SEGURIDAD DE LA TAREA



**Ref: Anexo I
NFPA 70E**

Identificar	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Peligros <input type="checkbox"/> Niveles de tensión implicados <input type="checkbox"/> Habilidades requeridas <input type="checkbox"/> Cualquier fuente "inesperada" de tensión (fuente secundaria) <input type="checkbox"/> Cualquier condición inusual de trabajo <input type="checkbox"/> Cantidad de personas requeridas para el trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Fronteras de protección contra choque eléctrico <input type="checkbox"/> Energía incidente disponible <input type="checkbox"/> Potencial de relámpago de arco (realizar una evaluación de riesgo de arco) <input type="checkbox"/> Frontera de relámpago de arco <input type="checkbox"/> ¿Cualquier evidencia de falla inminente? 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Instale y remueva equipo de protección de puesta a tierra temporal <input type="checkbox"/> Instale barreras y barricadas <input type="checkbox"/> ¿Qué más...?
Preguntar	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> ¿Puede desenergizarse el equipo? <input type="checkbox"/> ¿Hay posibilidades de retroalimentación en los circuitos donde se trabaja? <input type="checkbox"/> ¿Se necesita un permiso de trabajo eléctrico energizado? 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> ¿Se requiere una persona acompañando? <input type="checkbox"/> ¿Está el equipo apropiadamente instalado y mantenido? 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> ¿Cuál es el lugar exacto del trabajo? <input type="checkbox"/> ¿Cómo se desenergiza el equipo en caso de una emergencia? <input type="checkbox"/> ¿Se saben los números de teléfono de emergencia? <input type="checkbox"/> ¿Dónde se encuentra el extintor de incendios? <input type="checkbox"/> ¿Hay comunicaciones radiales disponibles? <input type="checkbox"/> ¿Hay un DAE disponible?
Verificar	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Planes de trabajo <input type="checkbox"/> Diagramas unifilares y planos del proveedor <input type="checkbox"/> Tabla de situación <input type="checkbox"/> Información de la planta y recursos del proveedor están actualizados 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Procedimientos de seguridad <input type="checkbox"/> Información del proveedor <input type="checkbox"/> Los individuos están familiarizados con el sitio 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Pensar <input type="checkbox"/> En los eventos inesperados... ¿Qué sucedería si? <input type="checkbox"/> Bloqueado — Etiquetado — Prueba — Verificación — Acción <input type="checkbox"/> Prueba de tensión — PRIMERO <input type="checkbox"/> Use el equipo y las herramientas correctas, incluyendo el EPP

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL Y OTROS EQUIPOS PROTECTORES



CAPÍTULO 130.7 NFPA 70E

Los empleados expuestos al peligro eléctrico, cuando el riesgo asociado con ese peligro no es reducido adecuadamente mediante los requisitos de instalación eléctrica aplicables, deben ser provistos y deben utilizar, equipos de protección diseñados y elaborados para la parte específica del cuerpo que van a proteger y para el trabajo que se va a realizar.



AISLAMIENTO DEL CUERPO HUMANO



Existen zapatos aislantes, tapetes aislantes y otras barreras que incrementan la impedancia del trabajador a tierra.



Mantas aislantes, cobertores de líneas, mangas y guantes aislantes que incrementan la impedancia entre el trabajador y los conductores energizados expuestos.



Herramientas aislantes y pétigas que ofrecen aislamiento entre el trabajador y el conductor energizado expuesto.



Todos estos elementos de seguridad y muchos otros, fueron inventados para modificar la impedancia del trabajador, eliminando las posibilidades de que el trabajador forme parte de un circuito y que sufra un choque eléctrico.

Los elementos de seguridad eléctrica aislantes se seleccionan en base al nivel de voltaje en que se trabaja

CONOCIENDO LAS NORMAS Y EL EPP



Tabla 130.7(C)(7)(a) Voltaje máximo de uso para guantes aislantes de hule.

Designación de clase de guante o manga	Voltaje c.a. máximo de uso rms, volts	Voltaje c.d. máximo de uso promedio, volts	Distancias entre guante y puño, mínimo
00	500	750	13 mm (0.5 pulg.)
0	1,000	1,500	13 mm (0.5 pulg.)
1	7,500	11,250	25 mm (1 pulg.)
2	17,000	25,500	51 mm (2 pulg.)
3	26,500	39,750	73 mm (3 pulg.)
4	36,000	54,000	102 mm (4 pulg.)

Página 34 NFPA 70E 2021

¿CÓMO PROPORCIONA PROTECCIÓN LA VESTIMENTA IGNIFUGA?



Podemos protegernos de la energía incidente de los relámpagos de arco con EPP básico y especial:



REDUCE LAS LESIONES DE QUEMADURAS

NO ENCIENDEN, NO QUEMAN, NO SE FUNDEN, NO GOTEAN

NO PERMITEN EL DESGARRO Y/O ROTURA

MANTIENE UNA BARRERA QUE AISLA AL TRABAJADOR DE LA FUENTE TERMICA

Tabla 130.7(C)(15)(c) Vestimenta protectora y equipos de protección personal (EPP)



CATEGORÍA EPP	1	2	3	4
DESCRIPCIÓN DE LA ROPA	Camisa AR + Pantalones AR u Overol AR + Careta	Camisa AR + Pantalones AR u Overol AR + Protector facial y pasamontañas o capucha	Camisa AR + Pantalones AR + Traje Completo (Incluye Chaqueta, pantalón y capucha)	Camisa AR + Pantalones AR + Traje Completo (Incluye Chaqueta, pantalón y capucha)
MÍNIMO ATPV	4 cal/cm ²	8 cal/cm ²	25 cal/cm ²	40 cal/cm ²

Página 42 NFPA 70E 2021

MANTENIMIENTO EPP



EPP

Los equipos de protección eléctrica deben mantenerse en condiciones seguras y confiables. Los equipos aislantes deben inspeccionarse para comprobar que no estén dañados antes de cada uso diario e inmediatamente después de cualquier incidente del que pueda razonablemente sospecharse que haya causado daños.



PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS



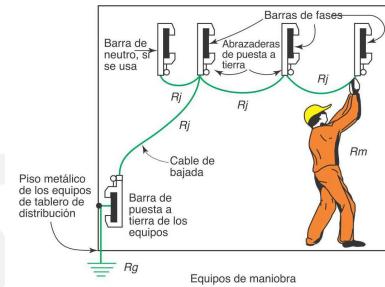
PERSONAL:

El personal que trabaja en o en la proximidad de conductores o líneas desenergizadas de equipos eléctricos, debe protegerse contra los riesgos de choque eléctrico o quemaduras por arco eléctrico que podrían ocurrir si el circuito fuese involuntariamente reenergizado, o por tensiones inducidas en conductores adyacentes, errores de conmutación, contacto eléctrico con otro circuito energizado, sobretensiones causadas por descargas atmosféricas.



EQUIPO DE PUESTA A TIERRA:

El equipo de puesta a tierra consiste principalmente de abrazaderas especiales reforzadas que están conectadas a cables de adecuada capacidad para soportar las corrientes de falla del sistema permitiendo que fluya dicha corriente hasta que actúe la protección. El equipo de puesta a tierra no debe ser mas grande de lo necesario, ya que el volumen y el peso excesivo pueden dificultar las labores del personal.



EQUIPOS DE PROTECCIÓN CONTRA FALLAS A TIERRA



DETECCIÓN CONTRA FALLAS A TIERRA:

El equipo de detección y relé contra fallas a tierra se utiliza para prevenir daños a los conductores y los equipos. El equipo de protección consta de tres componentes principales; (1) sensores, (2) relé o unidad de control, y (3) un medio de disparo.



PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS



PUESTA A TIERRA:

Los sistemas eléctricos, son intencionalmente puestos a tierra, para estabilizar la tensión en condiciones de funcionamiento normales y para mantener la tensión de las fases con respecto al conductor puesto a tierra (neutro).

PUESTA A TIERRA:

Las superficies eléctricamente conductoras son normalmente puestas a tierra por motivos de seguridad. Esta conexión a tierra es necesaria para mantener los envolventes metálicos, o las partes no portadoras de corriente de los equipos eléctricos al potencial de tierra y para evitar tensiones peligrosas entre el equipo y la tierra.



PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS



TIERRA AISLADA:

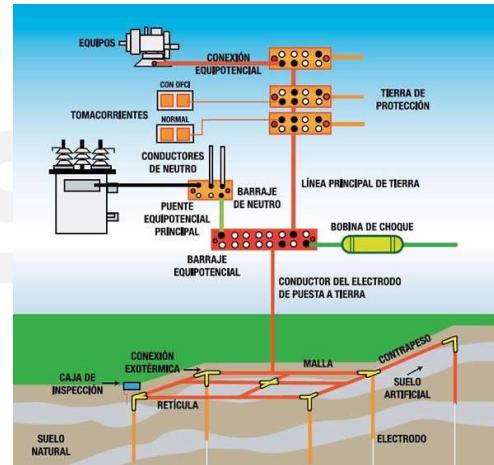
Conductor aislado de puesta a tierra del equipo.

PUESTA A TIERRA DE LA ARMADURA:

Puesta a tierra intencional de un o ambos extremos de la armadura de un cable.

BOBINA DE CHOQUE:

Funciona para aislar mallas sensibles de cualquier perturbación proveniente del sistema eléctrico general, manteniendo la equipotencialidad.

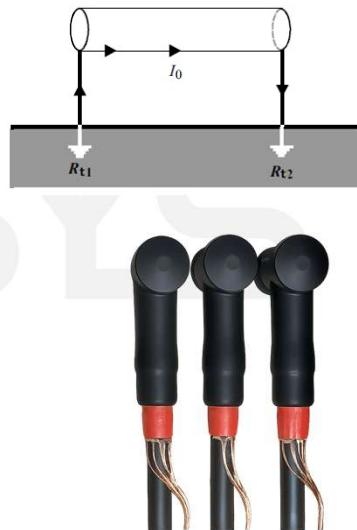


PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS



ARMADURA DE CABLES DE FUERZA:

La armadura de los cables de fuerza se puede conectar al conductor de puesta a tierra del equipo ya sea en un extremo del cable (terminación única) o en ambos extremos (doble extremo). El blindaje asegurará un esfuerzo dieléctrico uniforme a lo largo de toda la longitud del cable. Cuando se pone a tierra en ambos extremos puede ser necesario cuidar los cables del calor ocasionado por la corriente de lazo a tierra.



PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS

El tamaño del conductor del electrodo de puesta a tierra de acuerdo con el Artículo 250 de NFPA 70

El conductor puesto a tierra deber estar conectado al conductor de puesta a tierra del equipo únicamente de acuerdo con como lo permite el Artículo 250 de NFPA 70. El conductor puesto a tierra y el conductor de puesta a tierra del equipo deben ser dimensionados de acuerdo con NFPA 70.

Una solución es instalar un receptáculo con puesta a tierra aislada (identificado por el color naranja y/o el triángulo de color naranja) en el cual el terminal de puesta a tierra del equipo está aislado del soporte de montaje.



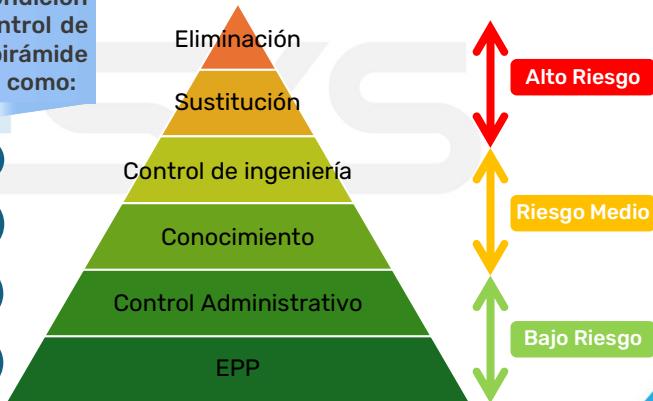
JERARQUÍA DE LOS MÉTODOS DE CONTROL DE RIESGOS



RIESGO:

El riesgo es un acto o condición potencial que conducirá a resultados no deseados. Esta condición puede eliminarse utilizando el principio de control de riesgo, basado en el orden de prioridad de la pirámide que va de arriba hacia abajo. Esto se interpreta como:

- 01 Eliminar la causa del peligro completamente.
- 02 Sustituir o reemplazar las prácticas de trabajo peligrosas.
- 03 Aplicar el control de ingeniería para realizar cambios físicos.
- 04 Aplicar control administrativo para capacitar o concientizar sobre la evaluación de los riesgos.
- 05 Utilizar EPP para ejecutar el trabajo.



INGENIERÍA DE LA SEGURIDAD



- El control o la eliminación del peligro por medio de su diseño o incorporando elementos de seguridad deberían ser siempre la prioridad. Las soluciones conductuales deberían mantener el lugar que les corresponde en la jerarquía de controles

- Los riesgos debidos a las instalaciones eléctricas pueden reducirse si se actúa correctamente en las diferentes fases del proceso que transcurre desde la creación hasta la destrucción de las mismas:
 - Diseño
 - Ejecución (montaje)
 - Mantenimiento
 - Uso
 - Desmantelamiento (desmontaje)



**Un traje ignífugo se
dimensiona de acuerdo con:**

 Start presenting to display the poll results on this slide.



**¿Cuál es la principal
modificación que sufrió la NFPA
70B versión 2019 versus 2023?**

 Start presenting to display the poll results on this slide.



**¿Cuál es el mejor control para
prevenir el choque eléctrico?**

 Start presenting to display the poll results on this slide.



¿El choque eléctrico se define como?

 Start presenting to display the poll results on this slide.



Las líneas y sistemas de puesta a tierra deben inspeccionarse de acuerdo con el DS N°132 de Sernageomin cada:

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.



**Los EPP aislantes se
dimensionan de acuerdo con:**

 Start presenting to display the poll results on this slide.



ESYS

Módulo 3: Beneficios del Mantenimiento Eléctrico

CONCEPTOS BÁSICOS DE MANTENIMIENTO



El mantenimiento es un conjunto de técnicas destinadas a conservar los equipos y las instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, con la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento.

CONCEPTOS BÁSICOS DE MANTENIMIENTO



MANTENIMIENTO PREDICTIVO:

Se fundamenta en conocer e informar permanentemente el estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de variables que indican las condiciones de los equipos. Requiere de técnicas avanzadas de diagnóstico.



MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

Tiene como misión mantener un nivel de servicio en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento oportuno.



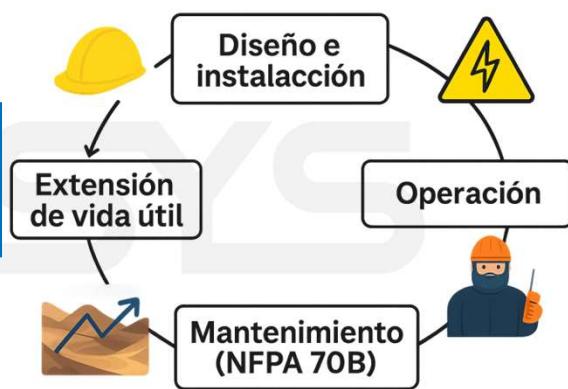
MANTENIMIENTO CORRECTIVO:

Conjunto de tareas destinadas a corregir defectos que se presentan en los equipos.

¿PORQUÉ UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO (PME)?



Todo equipo eléctrico se deteriora producto del medio ambiente, régimen operacional, múltiples fallas, magnitudes eléctricas oscilantes (calidad de la energía).



Un Programa de Mantenimiento Eléctrico (en adelante **PME**) detecta estos factores y los ataca.

BENEFICIOS PME

Directos



SEGURIDAD:

Un PME bien administrado reduce accidentes, con lo cual se salvan vidas

TIEMPOS DE DETENCIÓN:

Estadísticas muestran que la pérdida de producción debido a una detención de emergencia es mayor a cuando esta detención es debidamente planificada (Artículo 9.1.2.1.2, NFPA 70B).

AHORRO ENERGÉTICO:

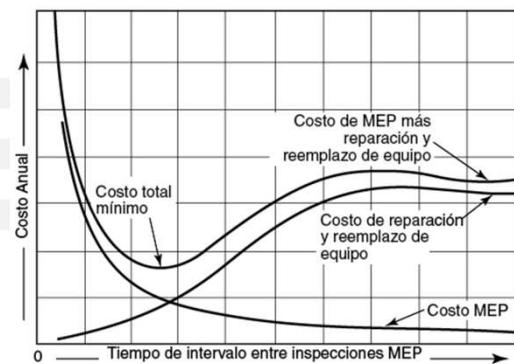
Un equipo bien mantenido es más eficiente, por lo que consume menos energía.

BENEFICIOS PME



Directos (económicos)

- El tener un intervalo entre inspecciones muy corto lleva a gastos demasiado altos, los cuales son innecesarios debido a la confiabilidad del equipo durante su vida útil.
- Los costos de reparación y reemplazo de equipo aumentan a medida que los intervalos entre inspecciones son mayores.
- El gasto mínimo se alcanza cuando los intervalos entre inspecciones disminuyen debido a la confiabilidad del equipo, mientras que el costo de reparación del activo no es tan alto como lo sería el reemplazo.



BENEFICIOS PME



Intangibles



Estado anímico del personal.



Mano de obra optimizada.



Reducción de ausentismo laboral.



¿POR QUÉ UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO?

Pérdidas asociadas a fallas eléctricas, incluyendo por daño eléctrico y por incendio.

Clase de equipo	Número de pérdidas por todas las causas, incluyendo las desconocidas	Pérdidas brutas en dólares por todas las causas, incluyendo las desconocidas	Número de pérdidas por causas desconocidas	Pérdida del dólar bruto por causas desconocidas	Número de pérdidas por causas desconocidas debido a un mantenimiento inadecuado	Pérdidas brutas por causas conocidas debido a un mantenimiento inadecuado
Transformadores	529	185,874,000	229	27,949,000	71	47,973,000
Generadores	110	110,951,000	31	39,156,000	14	40,491,000
Cables	230	99,213,000	68	59,881,000	23	7,756,000
Motores	390	57,004,000	199	17,027,000	34	15,345,000
Interruptores automáticos	104	24,058,000	32	6,874,000	10	5,054,000
Controladores, interruptores, tableros y paneles de distribución	108	17,786,000	36	5,537,000	17	2,308,000
Total	1471	494,886,000	595	156,424,000	169	118,925,000



**NFPA 70B, usa como
referencias las normas:**

 Start presenting to display the poll results on this slide.



Según la NFPA 70B, el diseño de las instalaciones para el mantenimiento eléctrico es considerado como:

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.



**NFPA 70B, es una recopilación
de experiencias de:**

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.



Módulo 4:

Planificación de un PME

PLANIFICACIÓN DE UN PME



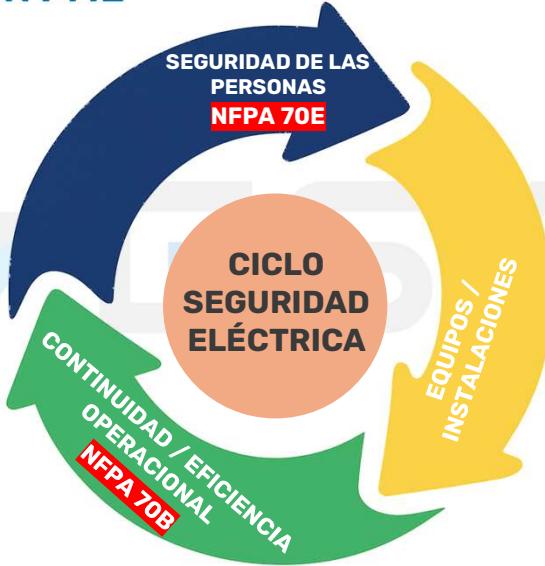
El propósito de un PME es reducir los riesgos para la vida y la propiedad causados por fallas o mal funcionamiento de los sistemas y equipos eléctricos.



Un PME debe estar diseñado para funcionar en conjunto con un Programa de Seguridad Eléctrica (PSE).



PILARES DE UN PME



CICLO DE LA SEGURIDAD ELÉCTRICA SEGÚN NFPA



PRINCIPIOS DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO (PME)



Un programa de seguridad eléctrica que aborde el mantenimiento eléctrico



Personal responsable del PME.



Determinar requisitos y prioridades.



Procedimientos de trabajo específicos.



Inspecciones, mediciones y pruebas.



Política de documentación y registro.



Controles para medir y monitorear.



Investigación de incidentes.



Auditoría al PME.

REQUISITOS DEL PME



El fabricante tiene la primera palabra

Si no hay información

"El equipo se mantendrá de acuerdo con las normas o estándares de la industria"

La NFPA 70B no reemplaza ni duplica instrucciones del fabricante

PASOS IMPORTANTES PARA IMPLEMENTAR UN PME



“
**4 PASOS RELEVANTES PARA
IMPLEMENTAR UN PME**

01

RECOPILAR UN LISTADO DE TODOS
LOS SISTEMAS Y EQUIPOS.

02

DETERMINAR QUÉ EQUIPOS Y
SISTEMAS SON LOS MÁS CRÍTICOS.

03

DESARROLLAR UN SISTEMA DE
SUPERVISIÓN.

04

DEFINIR RECURSOS EJECUTAR
EL PME.

PASO 1: LISTADO DE ACTIVOS



ID	Revision Data	Type	Manufacturer	Model
RELÉ N° 2-01 STA.FILOMENA	Base	Siemens	TUT633635	
RELÉ 52-01 5165-XFP	Base	Siemens	TUT633635	
RELÉ 52-05 HOLDING TANK	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-01 4266-XFP	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-4820-SGM-001	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-1 5155-SGM	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 4235-XFP-001	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-01 4510-XFP-002	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-01 4510-XFP-002	Base	Siemens	TUT613	
Relay 127-1-1	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52_4510-XFP-001	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-01 4544-XFP-001	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52_4530-XFP-001	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-01 4530-XFP-002	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-01 4530-XFP-003	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-01 HOLDING TANK	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-01 SWG 901	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-01 SWG-902	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52_5151-SGM-001	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ N° 2 52J72-SGM-NF	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-01 4266-XFP	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-02 SWG-902	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-E - SWG-903	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-00 - SWG-903	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-03 SWG 901	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 7UT613 TRAFÓ N°2	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 7UT613 TRAFÓ N°1	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-01 5153-SGM-001	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-01 5154-SGM-001	Base	Siemens	TUT613	
RELÉ 52-4225-XFP-002	Base	Siemens	TUT612	
RELÉ 52-4225-XFP-001	Base	Siemens	TUT612	
RELÉ 52-01 4840-0265-6	Base	Siemens	TUT612	
RELÉ 52-03 4266-SGM	Base	Siemens	7SJ60	
RELÉ 52-02 4266-SGM	Base	Siemens	7SJ60	
RELÉ 52-02 4266-SGM	Base	Siemens	7SJ60	
RELÉ 7SJ647 LINEA N°4	Base	Siemens	7SJ64	
RELÉ 7SJ647 LINEA N°1	Base	Siemens	7SJ64	
RELÉ 7SJ647 LINEA N°6	Base	Siemens	7SJ64	
RELÉ 7SJ647 LINEA N°5	Base	Siemens	7SJ64	
RELÉ 52-02 STA. FILOMENA	Base	Siemens	7SJ64	
RELÉ 52-05 STA. FILOMENA	Base	Siemens	7SJ64	
RELÉ 52-06 STA. FILOMENA	Base	Siemens	7SJ64	
RELÉ 52-04 STA. FILOMENA	Base	Siemens	7SJ64	

PASO 2: DEFINIR CRITICIDAD DE EQUIPOS

Los equipos que operan en las instalaciones industriales se pueden clasificar como:

- **Criticos:** Afectan la seguridad, al medio ambiente, la productividad y/o la calidad.
- **Importantes:** Afectan a la empresa, pero sus consecuencias no son críticas.
- **Prescindibles:** Inciden escasamente en la operación de la empresa.



PASO 2: DEFINIR CRITICIDAD DE EQUIPOS



01

¿La falla en un equipo pondrá en riesgo a las personas?

02

¿Es el equipo instalado tan complejo o tan único?

03

¿Cuánto dinero se perdería en el caso que falle el equipo?

PME: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

PASO 3: SISTEMA DE SUPERVISIÓN

RCM Assessment for Pump

Risk Score: 4.00 Criticality: O&M Safety critical (A) Status: In Process

Failure Mechanisms

- Get rid of excess water
- Loss of function
- Loss of load
- Pressure Control
- Pump

Assessments

Code ID:	Code Short Description:	Code Group ID:	Code Group Short Description:	Maintenance Policy Recommended:	Consequence Score:
200PNV	General Details	100	Code Group 100 General	None	100
200PVN	Failure Mechanism	100	Code Group 100 General	None	100
200PVN	Consequence Evaluation	100	Code Group 100 General	None	100
200PVN	Type of Consequence	100	Code Group 100 General	None	100
200PVN	Maintenance Policy Recommended	100	Code Group 100 General	None	100
200PVN	Consequence Score	100	Code Group 100 General	None	100

RCM for SVA-Raw water Pump

Risk Score: 7.00 Criticality: O&M Safety critical (A) Status: Created

Assessments

Code ID:	Code Short Description:	Code Group ID:	Code Group Short Description:	Maintenance Policy Recommended:	Consequence Score:
200PVN	General Details	100	Code Group 100 General	None	100
200PVN	Failure Mechanism	100	Code Group 100 General	None	100
200PVN	Consequence Evaluation	100	Code Group 100 General	None	100
200PVN	Type of Consequence	100	Code Group 100 General	None	100
200PVN	Maintenance Policy Recommended	100	Code Group 100 General	None	100
200PVN	Consequence Score	100	Code Group 100 General	None	100

Planes de Mantenimiento Preventivo

Per Vehículo | Per Tramo | Per Tiempo (días) | Interactiva (MP) | Falla Lenta | Falla rápida de 50 horas | Falla rápida de 100 horas | MP en Uso

VEHICULO O EQUIPO	# ^a VEHICULOS	# ^b TRAMOS	# ^c HORAS	KM	# ^d VEHICULOS	# ^e HORAS	KM	SATISFACTORIA	INTERMITENTE	ESTIMADA	PREVISION	REAL	MP	FALTA
Hyundai Robot 200 (C-LAB)	2	1	5.000	43.000	2	1	5.000	43.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente														
Corriente	1	1	17.00	17.000	1	1	17.00	17.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	20.00	20.000	1	1	20.00	20.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	22.00	22.000	1	1	22.00	22.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	24.00	24.000	1	1	24.00	24.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	26.00	26.000	1	1	26.00	26.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	28.00	28.000	1	1	28.00	28.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	30.00	30.000	1	1	30.00	30.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	32.00	32.000	1	1	32.00	32.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	34.00	34.000	1	1	34.00	34.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	36.00	36.000	1	1	36.00	36.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	38.00	38.000	1	1	38.00	38.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	40.00	40.000	1	1	40.00	40.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	42.00	42.000	1	1	42.00	42.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	44.00	44.000	1	1	44.00	44.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	46.00	46.000	1	1	46.00	46.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	48.00	48.000	1	1	48.00	48.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	50.00	50.000	1	1	50.00	50.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	52.00	52.000	1	1	52.00	52.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	54.00	54.000	1	1	54.00	54.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	56.00	56.000	1	1	56.00	56.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	58.00	58.000	1	1	58.00	58.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	60.00	60.000	1	1	60.00	60.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	62.00	62.000	1	1	62.00	62.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	64.00	64.000	1	1	64.00	64.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	66.00	66.000	1	1	66.00	66.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	68.00	68.000	1	1	68.00	68.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	70.00	70.000	1	1	70.00	70.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	72.00	72.000	1	1	72.00	72.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	74.00	74.000	1	1	74.00	74.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	76.00	76.000	1	1	76.00	76.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	78.00	78.000	1	1	78.00	78.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	80.00	80.000	1	1	80.00	80.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	82.00	82.000	1	1	82.00	82.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	84.00	84.000	1	1	84.00	84.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	86.00	86.000	1	1	86.00	86.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	88.00	88.000	1	1	88.00	88.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	90.00	90.000	1	1	90.00	90.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	92.00	92.000	1	1	92.00	92.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	94.00	94.000	1	1	94.00	94.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	96.00	96.000	1	1	96.00	96.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	98.00	98.000	1	1	98.00	98.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	100.00	100.000	1	1	100.00	100.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	102.00	102.000	1	1	102.00	102.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	104.00	104.000	1	1	104.00	104.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	106.00	106.000	1	1	106.00	106.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	108.00	108.000	1	1	108.00	108.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	110.00	110.000	1	1	110.00	110.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	112.00	112.000	1	1	112.00	112.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	114.00	114.000	1	1	114.00	114.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	116.00	116.000	1	1	116.00	116.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	118.00	118.000	1	1	118.00	118.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	120.00	120.000	1	1	120.00	120.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	122.00	122.000	1	1	122.00	122.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	124.00	124.000	1	1	124.00	124.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	126.00	126.000	1	1	126.00	126.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	128.00	128.000	1	1	128.00	128.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	130.00	130.000	1	1	130.00	130.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	132.00	132.000	1	1	132.00	132.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	134.00	134.000	1	1	134.00	134.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	136.00	136.000	1	1	136.00	136.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	138.00	138.000	1	1	138.00	138.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	140.00	140.000	1	1	140.00	140.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	142.00	142.000	1	1	142.00	142.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	144.00	144.000	1	1	144.00	144.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	146.00	146.000	1	1	146.00	146.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	148.00	148.000	1	1	148.00	148.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	150.00	150.000	1	1	150.00	150.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	152.00	152.000	1	1	152.00	152.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	154.00	154.000	1	1	154.00	154.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	156.00	156.000	1	1	156.00	156.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	158.00	158.000	1	1	158.00	158.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	160.00	160.000	1	1	160.00	160.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corriente	1	1	162.00	162.000	1	1	162.00	162.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

PASO 4: DEFINIR PERSONAL

SUPERVISOR ELÉCTRICO

HABILIDADES TÉCNICAS				REQUISITOS PARA EL CARGO	
CONOCIMIENTO	IMPORTANTE	DESEABLE	IRRELEVANTE	TÍTULO PROFESIONAL	ingeniero Ejecución/ Civil Eléctrico
Redacción y Oratoria	x			Post - Título	No requerimiento Excluyente
Inglés		x		Post - Grado	No requerimiento Excluyente
Manejo Excel	x			CERTIFICACIÓN	Instalador Eléctrico autorizado SEC clase A
Manejo Word	x			AÑOS DE EXPERIENCIA	5
Manejo Power Point	x			ESPECÍFICOS	Deseable conocimiento en estudios de sistema eléctrico de potencia
Manejo Project		x			
Manejo ETAP	x				
Power Factory (Digsilent)			x		
Autocad		x			
SAP PM	x				

EL PERSONAL QUE EJECUTA TRABAJOS DE MANTENIMIENTO DEBE ESTAR CALIFICADO.

CALIFICACIÓN DEL PERSONAL ENCARGADO DEL PME

Una persona calificada responsable de llevar a cabo mantenimiento debe estar entrenada en las tareas específicas de mantenimiento, métodos de prueba, uso de EPP y riesgos asociados.

- Una persona que durante su entrenamiento demuestra habilidades para desarrollar tareas de forma segura, estando bajo directa supervisión de una persona calificada, será considerada una persona calificada en dichas tareas.
- El empleador debe determinar bajo supervisión o inspección (realizada anualmente) que cada empleado cumple con los procedimientos y pruebas de mantenimiento entregados en el estándar.
- El entrenamiento debe ser documentado.

CALIFICACIÓN DEL PERSONAL ENCARGADO DEL PME



COORDINADOR DE PME

PERSONAL DE MANTENIMIENTO

Debe estar calificado para las tareas
que le sean asignadas.

PERSONAL EN ENTRENAMIENTO

CALIFICACIÓN DEL PERSONAL ENCARGADO DEL PME



CALIFICACIONES MÍNIMAS ESTABLECIDAS POR LA NORMA PARA EL COORDINADOR

Competencias Técnicas:

Conocimiento en gestión de mantenimiento eléctrico, educación profesional asociada al cargo, entrenamiento y experiencia en campo.

Habilidades:

Estar entrenada en planificación y desarrollo de objetivo, liderazgo y evaluación de riesgo eléctricos.



REQUISITOS DEL PME



El equipo de mantenimiento debe tener documentado de manera centralizada lo siguiente:

01

Copias de todos los procedimientos de inspección y prueba para esa zona.

02

Copias de informes anteriores.

03

Diagramas unifilares

04

Registros completos de los datos de rotulación.

05

Catálogos de los fabricantes.

06

Catálogos del servicio de almacenamiento de la planta.

07

Suministro de formularios del informe.



REQUISITOS PME



Investigación:

El PME debe incluir un método de utilizar todos los reportes con la finalidad de mejorarse, este debe incluir:

- Incidentes de seguridad eléctrica
- Malfuncionamiento de equipos
- Alarmas o operaciones sin intención
- Operación de equipos de protección

El PME debe ser auditado en un periodo no mayor a 5 años, esto para verificar que siga cumpliendo con el estándar.

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL EQUIPO



Ambiente o
Contexto del
Equipo
(Entorno)



Condición
Física del
Equipo
Evaluado



Criticidad
del Equipo
Evaluado

INTERVALO DE MANTENIMIENTO



CONDICIÓN 1

- El equipo se ve como nuevo.
- No hay recomendaciones activas a partir de técnicas predictivas.
- El mantenimiento previo se llevó a cabo de acuerdo con el PME.

CONDICIÓN 2

- Los resultados distan ligeramente respecto a pruebas anteriores.
- El ciclo de mantenimiento previo indicó problemas.
- Hay recomendaciones activas.

CONDICIÓN 3

- El equipo no se ha sometido a los últimos 2 ciclos de mantenimiento.
- Los dos últimos ciclos de mantenimiento previos indicaron problemas.
- Existe una notificación activa de parte del sistema de monitoreo.
- Deben de tomarse acciones de forma urgente de acuerdo con las técnicas predictivas.

INTERVALOS DE MANTENIMIENTO



La tabla **9.2.2.** de la norma muestra intervalos de mantenimiento, los cuales deben utilizarse en caso de no contar con las recomendaciones del fabricante.

Esta tabla muestra los intervalos de mantenimiento para un relé de protección.

Equipo	Prueba	Condición 1	Condición 2	Condición 3
Relé de Protección	Inspección visual	60 meses	36 meses	12 meses
	Limpieza	60 meses	36 meses	12 meses
	Prueba mecánica	60 meses	36 meses	12 meses
	Prueba eléctrica	60 meses	36 meses	12 meses

PROCEDIMIENTOS



Reconfiguración de equipos

La reconfiguración, reingeniería o adaptación en los equipos eléctricos deben estar autorizadas por el fabricante para no anular la garantía y la certificación de terceros.

Estas modificaciones o reparaciones pueden ser realizadas por el fabricante o por el personal que cuente con conocimientos y habilidades certificadas.

Todo equipo que sea modificado debe estar identificado como tal.



Lubricación

La lubricación con grasa o aceite en los rodamientos, ejes, engranes y mecanismos de los equipos eléctricos, así como en bisagras de puertas de los compartimientos, deben estar identificados para su uso y deben aplicarse correctamente de acuerdo a las instrucciones del fabricante.



PROCEDIMIENTOS



Limpieza de los equipos

El método a utilizar debe estar determinado en función de la contaminación a remover.

- Suciedad: paño limpio, seco, sin pelusa o un cepillo suave
- Polvo, suciedad y partículas sueltas: limpieza por aspiración
- Si no sirven los anteriores: aire comprimido
- Suciedad, aceite o grasa: paño húmedo más solvente no inflamable
- Algunos equipos podrían requerir limpieza por medio de un chorro de arena no conductivo



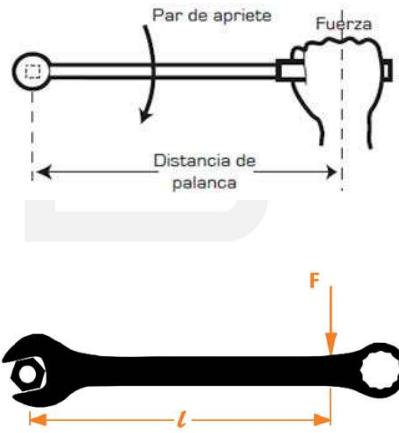
El manejo, disposición y eliminación de residuos deben estar normados por procedimientos y con base en las leyes ambientales.

PROCEDIMIENTOS



Conexiones y terminaciones roscadas

El torque en conexiones y terminaciones roscadas, así como en la tornillería debe hacerse con herramienta adecuada y donde aplique con torquímetro. Los valores de apriete deben ser los recomendados por el fabricante, ver tabla I.1, I.2, I.3 de NFPA 70 o de otras normas que correspondan. Marque el apriete donde sea necesario con pintura. En las conexiones eléctricas que empleen tronillos mida el valor de resistencia óhmica, consulte ANSI/NETA MTS.



A large, semi-transparent watermark of the ESYS logo is positioned in the center of the slide.

Módulo 5: Estudios de Sistemas Eléctricos

ESTUDIOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO



A.6.1.1 Los estudios de ingeniería generalmente cubren las siguientes áreas:

- 01 Estudios de cortocircuito
- 02 Estudios de coordinación
- 03 Estudios de flujo de carga
- 04 Estudios de confiabilidad
- 05 Estudio de relámpago de arco
- 06 Estudios de diseño relacionados con el mantenimiento



ESTUDIO DE FLUJO DE CARGA



A.6.5. Estudio de flujo de carga

Algunos de los eventos que resultan en cambios en el flujo de carga incluyen cambios de motores, potencia del motor, tamaño del transformador o impedancia; configuraciones operativas no previstas en el estudio existente; agregar o quitar capacitores de corrección del factor de potencia; y agregar o quitar cargas.

POWER TRANSFORMERS SURVEY			Date:		
Installation:	Location:				
Transformer Identification:					
Type:	21 Insulated	22 Shielded Insulated	23 Dry	24 Oil	25 Pad or Pole Mounted
Number of units:	VA Rating of each unit:		Phase Impedance %		
Load Type:	26 Inductive		27 Motor		
Cooling System (28 & 29):					
Motorized Power Factor:	Measured Power Factor:		Measured Impedance Power Factor:		
High Voltage Notes					
Voltage Rating:	V				
Current Rating:	A				
Impedance:	20%				
Measured Voltage:	V ₁₂	V ₂₃	V ₃₁		
Measured Current:	I ₁	I ₂	I ₃		
Measured Voltage:	1100				
	300				
	500				
	100				
	150				
Measured Current:	I ₁	I ₂	I ₃		
Measured Current:	7000				
	300				
	500				
	100				
	150				
Conductors Strands:	Phase:	# of Conductors per phase:	P:		
	Neutral:	# of Conductors per phase:	Q:		
	Ground:	# of Conductors:	R:		

En el **Anexo E - Formularios**, se incluyen formularios típicos de recolección de datos de los equipos eléctricos.

ESTUDIO DE FLUJO DE CARGA



A.6.5. Estudio de flujo de carga

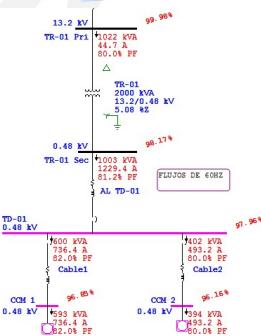
Los estudios de flujo de carga muestran la dirección y la cantidad de energía que fluye desde las fuentes disponibles hacia cada carga. Mediante dicho estudio, se puede determinar el voltaje, la corriente, la potencia, la potencia reactiva y el factor de potencia en cada punto del sistema.

6.5.1

Si se necesita un estudio de flujo de carga para permitir que se realice el mantenimiento, el estudio de flujo de carga deberá actualizarse cuando ocurrán cambios que puedan afectar los resultados del estudio.

6.5.2

Se deberá revisar la exactitud del estudio de flujo de carga a intervalos que no excedan los 5 años.



ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO



A.6.3. Estudio de cortocircuito

Los cortocircuitos o corrientes de falla representan una cantidad significativa de energía destructiva que puede liberarse en los sistemas eléctricos en condiciones anormales. Durante el funcionamiento normal del sistema, la energía eléctrica se controla y realiza un trabajo útil. Sin embargo, en condiciones de falla, las corrientes de cortocircuito pueden causar daños graves a los sistemas y equipos eléctricos y crear el potencial de lesiones graves al personal.

Durante las condiciones de cortocircuito, la energía térmica y las fuerzas magnéticas son liberadas en el sistema eléctrico. La energía térmica puede fundir el aislamiento y el conductor, así como causar una explosión y contribuir a la destrucción del equipo. Las fuerzas magnéticas pueden doblar las barras colectoras.



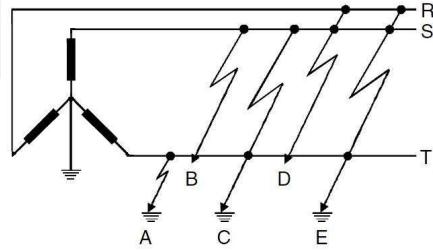
ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO



A.6.3. Estudio de cortocircuito

Las siguientes son algunas de las condiciones que podrían requerir una actualización del estudio de referencia de cortocircuito:

- 01** Un cambio por parte de la compañía de electricidad.
- 02** Un cambio en la configuración del sistema primario o secundario dentro de las instalaciones.
- 03** Un cambio en el transformador: potencia (kVA) o impedancia (%Z).
- 04** Un cambio en las longitudes o tamaño de los conductores.
- 05** Un cambio en los motores conectado al sistema.



ESTUDIO DE COORDINACIÓN



A.6.4. Estudio de coordinación

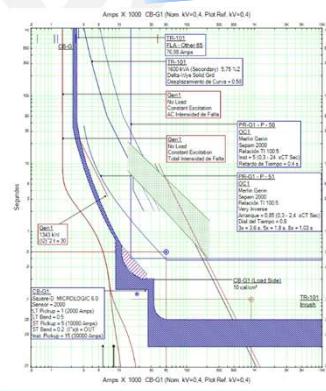
Una coordinación inadecuada puede provocar cortes de energía innecesarios. Por ejemplo, las fallas en los circuitos derivados pueden abrir varios dispositivos de sobrecorriente aguas arriba. Este proceso puede escalar y causar apagones importantes, lo que resulta en la pérdida de producción. Los apagones también afectan la seguridad del personal.

6.4.1

Se creará un estudio de coordinación según sea necesario para respaldar las evaluaciones de riesgos y los objetivos de diseño del sistema previstos.

6.4.3

Se revisará la precisión del estudio de coordinación a intervalos que no excedan los cinco años.



ESTUDIO DE COORDINACIÓN



A.6.4. Estudio de coordinación

Los cambios que afectan la coordinación de los dispositivos de sobre corriente en el sistema eléctrico incluyen los siguientes:

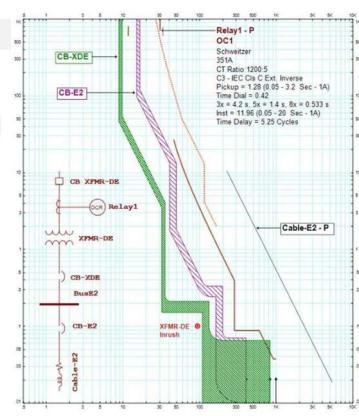
01 Un cambio en la corriente de cortocircuito disponible

02 Reemplazo de los dispositivos de sobrecorriente por otros dispositivos con rangos o características de funcionamiento diferente.

03 Ajuste de la configuración de los interruptores automáticos o relés.

04 Cambios en la configuración del sistema eléctrico.

05 Mantenimiento, pruebas, y calibración inadecuados.



ESTUDIO DE CONFIABILIDAD



A.6.6. Estudio de confiabilidad

Los métodos de estudio se basan en la teoría de la probabilidad. La fiabilidad calculada de los diseños alternativos de sistemas, así como la selección y el mantenimiento de los componentes, se pueden utilizar para determinar las mejoras más económicas del sistema.

6.6.1

Se realizará un estudio de confiabilidad, según sea necesario, en sistemas eléctricos de instalaciones críticas o importantes para identificar equipos y configuraciones de circuitos que puedan provocar cortes de energía no planificados.

6.6.3

El estudio de confiabilidad deberá revisarse para comprobar su precisión a intervalos que no excedan los 5 años.



ESTUDIO DE CONFIABILIDAD



A.6.6. Estudio de confiabilidad

Se puede realizar un estudio de confiabilidad cuando se están considerando sistemas, componentes o tecnologías alternativas para mejorar la confiabilidad. Los cambios que afectan la confiabilidad de un sistema o componente eléctrico pueden incluir uno o más de los siguientes:

- 01 Diseño del sistema
- 02 Fiabilidad de la fuente de alimentación
- 03 Selección de equipos
- 04 Calidad del mantenimiento
- 05 Antigüedad del equipo
- 06 Entorno operativo
- 07 Disponibilidad de repuestos

CASO DE ANÁLISIS N°1



"EL GRÁN APAGÓN"

El 16 de Junio del 2019 ocurrió un "blackout" masivo en Argentina, afectando a los países de Uruguay, Chile, Paraguay y Brasil a causa de una falla en el SADI (Sistema Argentino de Interconexión) en la línea de transmisión argentino-uruguaya y argentino-paraguaya. Este apagón se produce por una falla debido al incorrecto funcionamiento del sistema de protecciones.

ESTUDIOS DE ARCO



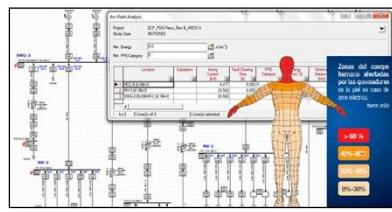
1. Formulas para el Análisis



PLANILLAS DE CALCULO:

- NFPA 70E
- IEEE 1584

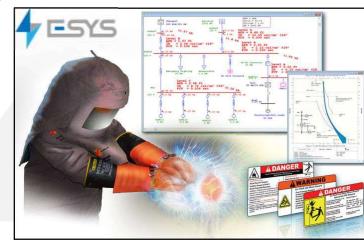
2. Comprando Software



APLICACIONES ENTORNO A
WINDOWS: ~ \$750 - \$25.000

ETAP

3. Contratar Especialistas



DEBE TENER EXPERIENCIA EN
ESTE TEMA PARTICULAR.

CALCULADORA GRATUITA DE ARCO ELÉCTRICO

Calculadora ArcFlash según la norma IEEE 1584-2018

Configuración de los Electrodos:

Corriente de Falla [kA]:

Distancia entre los Electrodos [mm]:

Tensión Nominal [kV]:

Duración del Arco Eléctrico [ms]:

Duración del Arco Eléctrico con Corriente de Arco Mínima [ms]:

Distancia de Trabajo [mm]:

Ancho [mm]:

Alto [mm]:

Profundidad [mm]:

Nivel de EPP Específico para el Sitio N°1 [cal/cm²]:

Nivel de EPP Específico para el Sitio N°2 [cal/cm²]:



*Cálculos basados en la norma IEEE 1584-2018

**A pesar de estar comprobada la exactitud de estos resultados, se recomienda que estos sean revisados por especialistas!

ESTUDIO DE RELÁMPO DE ARCO



A.6.7. Análisis de energía incidente (Estudio de arco eléctrico)

Realizar un análisis de energía incidente (estudio de arco eléctrico) es un aspecto importante de la evaluación de riesgos. Se realiza una evaluación de riesgos en los sistemas eléctricos de las instalaciones para determinar lo siguiente para cada equipo eléctrico designado:

1. Exposición a energía incidente a distancia de trabajo.
2. Límite de arco eléctrico.

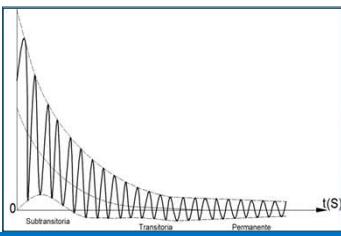
Cuando el resultado del análisis de energía incidente en un equipo designado sea mayor que lo apropiado para el EPP disponible, se debe implementar un medio para reducir el nivel de peligro.

6.7.2.

El estudio de confiabilidad deberá revisarse para comprobar su precisión a intervalos que no excedan los 5 años.



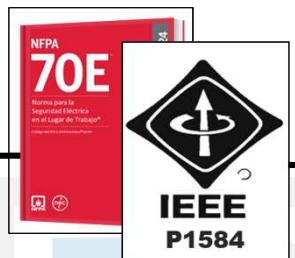
VARIABLES A CONSIDERAR



CORRIENTE Y TIEMPO DE FALLA

Cantidad de corriente entregada en un punto del sistema durante una condición de cortocircuito.

El tiempo se mide en Ciclos



CARACTERISTICAS DEL SISTEMA



DISTANCIA DEL TRABAJO

Distancia entre el área de la cara y pecho de una persona y una fuente potencial de arco.

ETIQUETADO



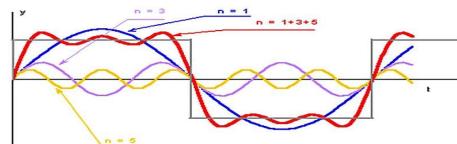
ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA



J.1.1. Estudio de confiabilidad

La mala calidad de la energía es una desviación o interrupción indeseable del suministro de energía ideal. La energía de corriente alterna (CA) podría distorsionarse debido a formas de onda no sinusoidales (no lineales) en las tres fases de un circuito trifásico. Estas suelen diferir ligeramente en tamaño y forma, y el voltaje del circuito puede cambiar a medida que cambia la carga en el circuito.

Algunos equipos, como los variadores de velocidad, conducen corriente solo durante una parte del ciclo de frecuencia de la energía. Estas son cargas no lineales y crean armónicos. Las fuentes de alimentación de modo comutado y los dispositivos de arco, incluidas las lámparas fluorescentes, son otros ejemplos de cargas no lineales. Los problemas de calidad de la energía pueden ser causados por el equipo o las condiciones en las instalaciones del cliente o en el lado de la red eléctrica.



ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA



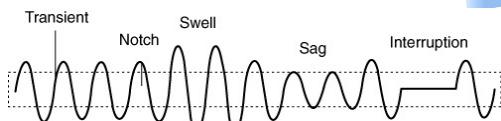
La mala calidad de energía puede provocar lo siguiente:

1. Fallas eléctricas
2. Daños o reducción de la vida útil de equipos eléctricos y electrónicos.
3. Mayor riesgo de incendio.
4. Reducción del rendimiento y la productividad del equipo.
5. Datos y comunicación degradados.



Las perturbaciones en la calidad de la energía pueden incluir lo siguiente:

1. Armónicos impuestos a la onda sinusoidal fundamental.
2. Transitorios de tensión.
3. Bajadas y subidas de tensión.
4. Subtensión de larga duración e interrupciones sostenidas de tensión.
5. Tensiones desequilibradas y monofásicas (interrupción parcial)
6. Puesta a tierra involuntaria.
7. Ruido eléctrico.
8. Interarmónicos.
9. Fluctuaciones de voltaje.



ESTUDIO DE CALIDAD DE ENERGÍA



J.11 Auditoría de calidad de energía

Las auditorías de calidad de la energía son estudios generales que se utilizan para evaluar la calidad general de la energía del sistema. Estas auditorías suelen realizarse en los siguientes momentos:

1. Antes de instalar un nuevo equipo en una instalación.
Al poner en funcionamiento una nueva instalación.
2. Al implementar un programa de mantenimiento de rutina para buscar cambios o tendencias.
3. Al implementar un programa de mantenimiento de rutina para buscar cambios o tendencias.

En el **Anexo E - Formularios**, se incluyen formularios típicos de recolección de datos de los equipos eléctricos.





**El estudio de cortocircuito se
diferencia con el estudio de
coordinación de protecciones por:**

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.



Al energizar un circuito, posterior al mantenimiento de una celda de 66kV, se produce un cortocircuito trifásico a tierra, esto dado que el personal había dejado las tierras provisionarias instaladas en la barra de fuerza. ¿Qué debería suceder?

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.



De acuerdo con el capítulo 6 de la norma NFPA 70B, el estudio de coordinación de las protecciones es:

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.



ESYS

Módulo 6:

Métodos de Inspección, Medición y Pruebas Eléctricas

UTILIDAD DE LAS PRUEBAS

8.1. Pruebas de campo y métodos de prueba

Se realizarán pruebas de campo y métodos de prueba de conformidad con este capítulo para evaluar el estado general de los equipos y sistemas eléctricos y para lograr los siguientes objetivos:

- 01** Determinar la capacidad del dispositivo bajo prueba para continuar desempeñando su función según lo diseñado.
- 02** Determinar si es necesario algún mantenimiento correctivo o reemplazo
- 03** Documentar el estado del equipo a lo largo de su vida útil.
- 04** Proporcionar resultados para determinar el estado general de mantenimiento del dispositivo.



TIPOS DE CATEGORÍAS DE PRUEBA



Prueba estándar en línea

1

Pruebas realizadas mientras el que dispositivo eléctrico este conectado a la fuente de suministro.

1A

Prueba mejorada en línea

Incluye ciertos procedimiento de prueba que no se realizan normalmente en actividades de manteamiento eléctrico.

2

Prueba estándar fuera de línea

Pruebas realizadas mientras el que dispositivo eléctrico este desconectado a la fuente de suministro.

2A

Prueba mejorada fuera de línea

Incluye ciertos procedimiento de prueba que no se realizan normalmente en actividades de manteamiento eléctrico.

TIPOS DE CATEGORÍAS DE PRUEBA



ENTENDIENDO LAS CATEGORÍAS DE PRUEBAS				
No.	Tipo de prueba	Energizado	Complejidad	Ejemplos
1	Estándar en Línea	Sí	Básica	Termografía
1A	Mejorada en Línea.	Sí	Avanzada	Ultrasonido, Medición de Calidad de la Energía
2	Fuera de Línea	No	Básica	Resistencia de Aislamiento
2A	Mejorada Fuera de Línea	No	Avanzada	Descargas Parciales, VLF, Tan Delta

PRUEBA DE ACEPTACIÓN



A.3.3.61.1 Pruebas de aceptación

Las pruebas de aceptación se pueden utilizar para establecer puntos de prueba que se pueden usar como referencia durante pruebas futuras, realizadas en la fábrica, en el sitio o después de la instalación.



EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE PRUEBA



8.5.1 Equipos y herramientas de prueba.

El equipo de prueba debe mantenerse en condiciones mecánicas y eléctricas satisfactorias.



8.5.2 Equipos y herramientas de prueba.

El equipo de prueba se debe utilizar de acuerdo con las especificaciones del fabricante.



8.5.3 Equipos y herramientas de prueba.

Los equipos de pruebas que proporcionen mediciones se deben calibrar.



CALIBRACIÓN DE EQUIPO



A.8.5.3 Calibración de equipos

La calibración del equipo de prueba debe ser trazable a las normas nacionales reconocidas. El Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST) es un ejemplo de ello en los Estados Unidos de América.

8.5.3 Equipos y herramientas de prueba.

Los equipos de prueba que proporcionen mediciones deberán estar calibrados.

8.5.4 Equipos y herramientas de prueba.

La información de calibración deberá estar fácilmente disponible para todos los equipos de prueba.

8.5.5 Equipos y herramientas de prueba.

Los intervalos de calibración del equipo de prueba deberán ser apropiados para garantizar la precisión del instrumento de prueba teniendo en cuenta las condiciones de uso.



National Institute of
Standards and Technology

REGISTROS PARA INSPECCIÓN – PRUEBAS – REPARACIÓN



¿Qué debo hacer?

SEGURIDAD

¿Valores de aceptación?
(Parámetros)

INSPECCIÓN VISUAL

PRUEBAS MECÁNICAS

PRUEBAS ELECTRICAS

CONSIDERACIÓN IMPORTANTE

Debe estar acompañado de procedimientos específicos.

REGISTRO DE INSPECCIÓN Y PRUEBAS



8.6.1 Registro de pruebas

Se debe crear un registro de pruebas para todas las pruebas de campo de equipos eléctricos.

8.6.2 Los registros de pruebas deben contener la siguiente información mínima:

1. Identificación de la persona y la organización que realiza la prueba.
2. Identificación del equipo bajo prueba.
3. Datos de la placa o etiqueta del equipo bajo prueba.
4. Condiciones ambientales, como la humedad y la temperatura, que podrían afectar los resultados de las pruebas o calibración.
5. Fecha de prueba
6. Indicación de prueba.
7. Indicación de los criterios de aprobación/reprobación, cuando corresponda.
8. Indicación de los resultados de las pruebas tal como se encontraron y como se dejaron, cuando corresponda.
9. Comentarios o recomendaciones del operador de prueba, cuando corresponda.

REGISTRO DE INSPECCIÓN Y PRUEBAS



Tarea N°	Sistema	Componente	Tarea de Mantenimiento	Límite Aceptable	Estado B: bueno R: regular M: deficiente
1	Sistema de Generación	Seguridad	Asegurarse que la persona que realizará la inspección se aproxima al equipo se encuentre calificada y autorizada para dicha actividad.	Procedimiento específico.	B R M <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
2			Verificar que el entorno donde se realizará la inspección se encuentre asegurado correctamente de acuerdo al (procedimiento específico XXXX). Si existen cambios que no sean favorables se debe reportar y asegurar que sea controlado antes de continuar.	Procedimiento específico.	B R M <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
3		Placa de Datos	Verificar que el poste se encuentre correctamente identificado con su correspondiente tag, y comprobar que corresponda según lo mencionado en los planos.	Los datos deben coincidir con la información de los planos.	B R M <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
4		Estructura	Chequear el estado de las distintas estructuras de distribución de líneas.	Deben estar visiblemente en buenas condiciones	B R M <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
5		Bornes	Verificar si existe decoloración en los bornes o deformación a causa de fallas y sobrecargas.	Deben estar visiblemente en buenas condiciones	B R M <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
6		Aisladores	Comprobar el estado de los aisladores en las líneas de distribución, asegurarse que no existan contaminantes que puedan interrumpir el normal funcionamiento. Informar anomalías de indicios de descargas parciales (decoloración/grietas según material de fabricación.)	Deben estar visiblemente en buenas condiciones	B R M <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
7		Fijaciones	Verificar que los tirantes de cada poste se encuentren correctamente afianzados y sin material contaminante que lo pueda dañar a largo plazo.	Deben estar visiblemente en buenas condiciones	B R M <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>

Supervisor de Mantenimiento

Supervisor de Operaciones

REGISTRO DE INSPECCIÓN Y PRUEBAS



	OBSERVACIONES GENERALES (próximo mantenimiento / actividades adicionales realizadas / aspectos de seguridad detectados / otras anomalías)	Prioridad		
		1	2	3
1				
2				
3				
4				

Nota: Escala de condición; 1-Alta 2-Media 3-Baja

	HERRAMIENTAS	CÓDIGO SAP	C/u	Un.
1	Pauta de mantenimiento.		1	
2	Procedimiento de seguridad Minera Los Bronces.		2	
3	Procedimiento de seguridad empresa contratista.		2	
4	Agua desmineralizada.	6000		1ts
5	Camión con capacho.		1	
6	Bomba impulsora.		1	
7	Pitón con boquilla.		1	

	TÉCNICOS RESPONSABLES DEL TRABAJO	FIRMA
1		
2		
3		

CONDICIONES DE MANTENIMIENTO



A.8.7 Material explicativo

Un ejemplo de información sobre el estado de mantenimiento es un sistema de calcomanías. Se podría colocar una calcomanía con código de color en el gabinete exterior o la superficie del equipo o dispositivo eléctrico para comunicar el estado de mantenimiento o calibración del dispositivo probado, de acuerdo con las condiciones de mantenimiento descritas en 8.7.1.

Servible

Fecha: _____
Por: _____

Servicio Limitado

Fecha: _____
Por: _____

No apto para servicio

Fecha: _____
Por: _____

CONDICIONES DE MANTENIMIENTO



Apto para el Servicio

Fecha: _____
Por: _____

Servicio Limitado

Fecha: _____
Por: _____

No apto para servicio

Fecha: _____
Por: _____

Calcomanía blanca

El equipo que pasa todas las pruebas satisfactoriamente, está en buenas condiciones eléctricas y mecánicas y es aceptable para volver a funcionar podría tener una calcomanía blanca de "EN CONDICIONES DE SERVICIO" adherida al equipo o dispositivo eléctrico.

Calcomanía amarilla

Los equipos que tienen problemas que no son perjudiciales para el funcionamiento protector o las características de diseño del equipo, como objetivos de disparo que no funcionan correctamente, lecturas de resistencia de aislamiento ligeramente inferiores a las aceptables y conducto de arco astillado, podrían tener una calcomanía amarilla de "SERVICIO LIMITADO" adherida al equipo o dispositivo eléctrico.

Calcomanía roja

Los equipos que tienen un problema que afecta negativamente al funcionamiento eléctrico o mecánico adecuado, como la falta de disparo en una o más fases, lecturas bajas de resistencia de aislamiento, problemas de disparo mecánico y lecturas altas de resistencia de contacto, podrían tener una calcomanía roja de "NO APTO PARA SERVICIO" adherida al equipo o dispositivo eléctrico.

PRUEBAS ELÉCTRICAS GENERALES



7.3.1 Calidad de la resistencia de aislamiento

Para equipos con capacidad nominal de hasta 1000 voltios, la calidad del aislamiento eléctrico (resistencia de aislamiento) se deberá verificar utilizando un equipo de prueba de resistencia de aislamiento de CC.

7.3.1.1 Prueba de resistencia de aislamiento

La tensión de prueba aplicada no deberá superar el valor especificado por el fabricante.

7.3.1.2 Prueba de resistencia de aislamiento

Cuando no se encuentre disponible el valor del fabricante, la tensión de prueba deberá realizarse de acuerdo con el estándar industrial apropiado

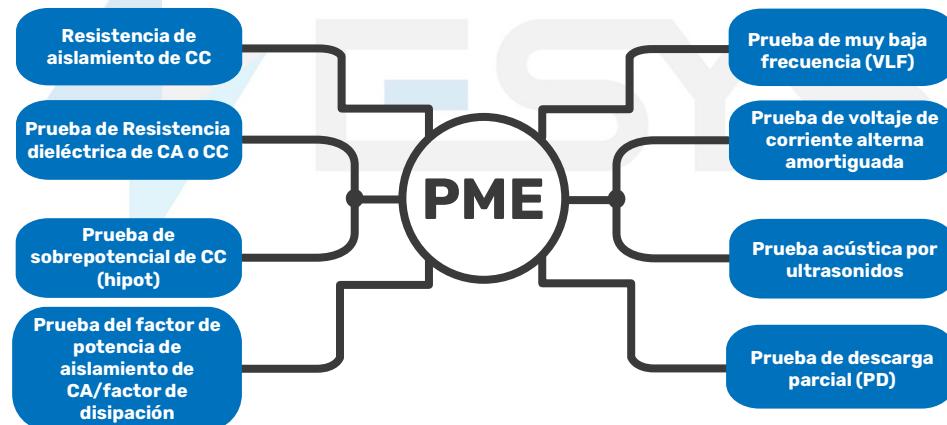


PRUEBAS ELÉCTRICAS GENERALES



7.3.2 Calidad de la resistencia de aislamiento

Para equipos con capacidad nominal superior a 1000 voltios, el método de prueba de calidad del aislamiento eléctrico será determinado por el PME.



PRUEBAS ELÉCTRICA GENERALES



7.4.1 Termografía infrarroja

Se utilizará termografía infrarroja cuando sea necesario verificar las diferencias de temperatura (ΔT) de lo siguiente:

01

Componentes eléctricos similares bajo carga similar

02

Comparación entre los componentes eléctricos y la temperatura del aire ambiente



PRUEBAS ELÉCTRICA GENERALES

7.4.2 Termografía infrarroja

Se deberán quitar todas las cubiertas accesibles y necesarias antes de la inspección termográfica infrarroja para proporcionar una línea de visión clara al equipo que se está escaneando.

7.4.3 Termografía infrarroja

Se deberán documentar las diferencias de temperatura entre el área de interés y el área de referencia.



7.4.4 Termografía infrarroja

Las inspecciones de termografía infrarroja se realizarán con la carga normal del circuito.

Cuando no sea posible una carga normal del circuito, se permitirá una carga del circuito no inferior al 40 por ciento de la carga nominal del circuito.

A large, semi-transparent watermark of the ESYS logo is positioned in the center of the slide.

Modulo 7:

Criterios Generales De Mantenimiento Eléctrico Por Equipos

INTERRUPTOR DE BAJA TENSIÓN



15.1.1 Ámbito de aplicación

Este capítulo identifica los requisitos de mantenimiento eléctrico para los siguientes disyuntores y sus envolventes:



- 1) Interruptor de caja moldeada (MCCB) con capacidad nominal menor o igual a 1000Vac
- 2) Interruptor de caja aislada (ICCB) con capacidad menor o igual a 1000Vac
- 3) Interruptor de potencia de bajo tensión (LVPCB) con capacidad nominal menor o igual a 1000Vac
- 4) Interruptor de potencia de media tensión (MVPCB) con capacidad nominal mayor a 1000Vac e igual o menor a 69 kV Vac

INTERRUPTOR DE BAJA TENSIÓN



15.3 Procedimiento de mantenimiento periódico para interruptores de baja tensión



TIPOS DE CATEGORÍAS DE PRUEBA



Prueba estándar en línea

1

Pruebas realizadas mientras el que dispositivo eléctrico este conectado a la fuente de suministro.

1A

Prueba mejorada en línea

Incluye ciertos procedimiento de prueba que no se realizan normalmente en actividades de manteamiento eléctrico.

2

Prueba estándar fuera de línea

Pruebas realizadas mientras el que dispositivo eléctrico este desconectado a la fuente de suministro.

2A

Prueba mejorada sin conexión

Incluye ciertos procedimiento de prueba que no se realizan normalmente en actividades de manteamiento eléctrico.

Tabla 15.3.5 Pruebas eléctricas de MCCB, ICCB y LVPCB

No.	Tarea	MCCB (250A o menos)	MCCB (mas de 250A)	ICCB*	LVPCB*
1	Realizar termografía infrarroja.	1	1	1	1
2	Mida la resistencia de contacto de cada polo de conmutación.	2A	2	2	2
3	Realizar pruebas de resistencia de aislamiento, de fase a fase y de fase a tierra con el disyuntor cerrado y en cada polo abierto.	2A	2	2	2
4	Operar dispositivos auxiliares y de control del disyuntor, tales como interruptores de control local y remoto, bobinas de disparo en derivación, bobinas de cierre, motores, interruptores auxiliares y bobinas de subtensión.	2	2	2	2
5	Verifique la calibración de todas las funciones de la unidad de disparo mediante el equipo de prueba especificado por el fabricante para interruptores automáticos equipados con unidades de disparo electrónicas.	2A	2	2	2
6	Realizar una prueba de disparo de tiempo inverso al 300 % de la corriente continua nominal de los disyuntores termomagnéticos	2A	2	N/A	N/A
7	Realizar una prueba de disparo de tiempo inverso al 300 % de la corriente continua nominal de los disyuntores de disparo electrónico	2A	2A	2A	2A
8	Realizar la prueba de disparo instantáneo por sobrecorriente para interruptores termomagnéticos mediante el método de "arranque" o "pulso"	2A	2	N/A	2
9	Realice la prueba de disparo instantáneo por sobrecorriente para interruptores de disparo electrónico mediante el método de "arranque" o "pulso"	2A	2A	2A	2A
10	Realizar prueba de retención nominal	2A	2A	2A	2A
11	Probar la resistencia del limitador de corriente	2	2	2	2
12	Comprobar el estado de la batería del conector de clasificación	2	2	2	2
13	Realizar prueba de caída de milivoltios	2A	2A	2A	2A
14	Pruebe la tecnología de reducción de arco de acuerdo con las instrucciones del fabricante.	2	2	2	2

TRANSFORMADORES



11.1 Ámbito de aplicación

Este capítulo identifica los requisitos de mantenimiento eléctrico para transformadores de potencia y distribución.

11.2 Frecuencia de mantenimiento

Los procedimientos de mantenimiento periódico especificados en la Sección 11.3 se realizarán de acuerdo con las frecuencias especificadas en el Capítulo 9, a menos que se especifique lo contrario en la Tabla 11.2.

Tabla 11.2 Frecuencia de mantenimiento

Evaluación del estado del equipo			
Alcance del trabajo	Condición 1	Condición 2	Condición 3
Muestra de fluido aislante y pruebas	12 meses	12 meses	6 meses

¿CUÁLES SON LAS CONDICIONES?

TRANSFORMADORES



Inspección Visual

Tabla 11.3.1

Limpieza

Punto 11.3.2

Lubricante

Punto 11.3.3

Mantenimiento
Mecánico

Tabla 11.3.4

Pruebas Eléctricas

Tabla 11.3.5



Tabla 11.3.5 Pruebas eléctricas del transformador**Tipo seco, refrigerado por aire**

No.	Tarea	Pequeño, bobinado, \leq 600 voltios, \leq 167 kVA monofásicos, \leq 500 kVA trifásicos. Tipo de prueba	Grande, bobinado, $>$ 600 voltios, $>$ 167 kVA monofásicos, $>$ 500 kVA trifásicos. Tipo de prueba	Tipo de prueba lleno de líquido
1	Resistencia de aislamiento del núcleo	N/A	2A	2A
2	Corriente de excitación en cada fase	N/A	2	2
3	Factor de potencia de aislamiento	N/A	2	2
4	Aumento del factor de potencia de aislamiento	N/A	2A	N/A
5	Resistencia de aislamiento principal	2	2	2
6	Dispositivos de impedancia de puesta a tierra del neutro	N/A	2	2
7	Descarga parcial en línea en devanados de MV/HV	N/A	1A	1A
8	Factor de potencia de aislamiento en cada buje	N/A	N/A	2*
9	Ánálisis de respuesta de frecuencia de barrido	N/A	N/A	2A
10	Relación de vueltas en todas las tomas del cambiador de tomas de carga (LTC)	N/A	N/A	2A
11	Relación de vueltas en todas las tomas del cambiador de tomas sin carga (NLTC)	2A	2A	2A
12	Relación de vueltas en el TAP designado	2	2	2
13	Resistencia del devanado en el TAP designada	2A	2A	2
14	Resistencia de conexión atornillada	2	2	2

Tabla 11.3.5 Pruebas eléctricas del transformador (Continuación)

Tipo seco, refrigerado por aire				
No.	Tarea	Pequeño, bobinado, ≤600 voltios, ≤167 kVA monofásicos, ≤500 kVA trifásicos. Tipo de prueba	Grande, bobinado, >600 voltios, >167 kVA monofásicos, >500 kVA trifásicos. Tipo de prueba	Tipo de prueba lleno de líquido
15	Prueba de voltaje aplicado	N/A	2A	N/A
16*	Tome una muestra de líquido aislante y realice una prueba para comprobar su estado.	-	-	-
17	Análisis de respuesta de frecuencia de barrido	N/A	N/A	2A
18	Porcentaje de oxígeno en la manta aislante	N/A	N/A	2A
19	Prueba de alarmas de transformadores, incluidas temperatura, nivel de líquido, presión de la botella de nitrógeno, sobrepresión/subpresión del tanque, presión repentina	N/A	N/A	2

PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

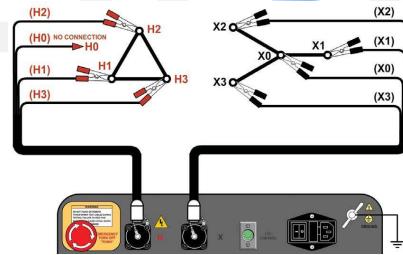


La prueba de relación de transformación se utiliza para determinar el número de espiras entre devanados de la misma fase del transformador. La prueba de polaridad determina la relación vectorial de los devanados del transformador.

Realice las pruebas de resistencia de aislamiento de devanado a devanado, y de devanado a tierra. Aplique la tensión conforme a los datos publicados del fabricante. Calcule el índice de polarización.



Comprobador de vueltas
de transformador



Esquema de conexionado

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

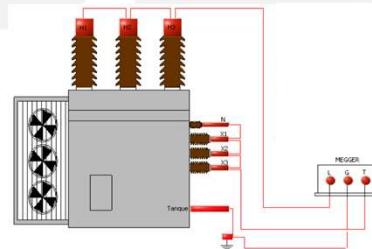


Los valores mínimos de resistencia del aislamiento del transformador deberían estar en concordancia con los datos publicados por el fabricante.

El índice de polarización debe ser comparado con resultados obtenidos con anterioridad y **no debería ser menor a 1,0**.



Megohmetro
(Medidor de Aislación)



Esquema de conexiónado

PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA



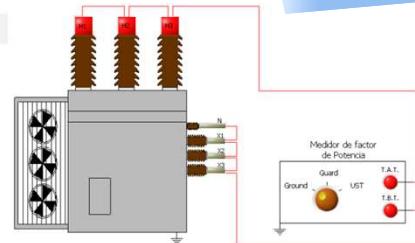
El factor de potencia o el factor de disipación deberán ser obtenidos para los siguientes:

- (1) Cada devanado con respecto a tierra.
- (2) Cada devanado con respecto a cada uno de los otros devanados.

Los valores máximos de factor de potencia/factor de disipación de transformadores aislados con líquidos y corregidos a 20°C, deberían estar en conformidad con los datos publicados por el fabricante del transformador.



Medidor de Factor de Potencia



Esquema de conexionado

PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN



Es usada para detectar cortocircuitos entre el aislamiento de las espiras o en laminaciones de núcleo, perdida de sujeción del núcleo o conexiones defectuosas del devanado.



Analizador de redes y calidad
eléctrica Clase A

Realice pruebas de corrientes de excitación
conforme a los datos publicados por el
fabricante del equipo de prueba.

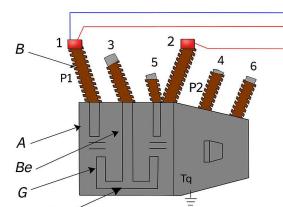
PRUEBA DE RESISTENCIA DE DEVANADO



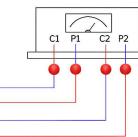
Cuando se realiza una prueba de resistencia del devanado, debería determinarse la resistencia para todos los cambiadores de derivación (las pruebas de mantenimiento deberían ser realizadas en la posición del cambiador designado). Los valores de resistencia del devanado corregidos según la temperatura, deberían ser comparativos dentro del 1 por ciento del valor de fábrica o de resultados obtenidos con anterioridad.



**Microohmetro
(Medidor de resistencia
de devanado)**



Esquema de conexionado



PRUEBA DE ACEITE AISLANTE



Tabla A.11.3.5 Normas de referencia para pruebas eléctricas identificadas en la Tabla 11.3.5	
Prueba eléctrica	Norma de referencia
Tome una muestra de líquido aislante y realice una prueba para comprobar:	ASTM D923
Ruptura dieléctrica	Norma ASTM D1816
Número de neutralización ácida	ASTM D974
Peso específico	ASTM D1298
Tensión interfacial	ASTM D971
Color	Norma ASTM D1500
Estado visual	ASTM D1524
Contenido de agua	Norma ASTM D1533
Factor de potencia	ASTM D924
Análisis de gases disueltos	IEEE C57.104
Análisis de furanos	Norma ASTM D5837



D923:
Prácticas estándar para el muestreo de líquidos aislantes eléctricos



PRUEBA DE ACEITE AISLANTE



Las pruebas al aceite aislante que se realizan de manera rutinaria son las de ruptura dieléctrica, acidez, color, factor de potencia, tensión interfacial, y examen visual. Para otros líquidos aislantes, se deberían seguir las recomendaciones de los fabricantes.

Si la prueba indica que un líquido aislante no está en una condición satisfactoria, el líquido puede ser restaurado por reacondicionamiento o recuperación, o puede ser reemplazado por completo. El reacondicionamiento es el retiro de humedad y materiales sólidos por medios mecánicos como prensas con filtro, centrifugadoras, o deshidratadores al vacío.



Maquina filtradora de aceite aislante

PRUEBA DE ANÁLISIS DE GASES DISUELTO



Ejemplo del resultado - Tabla 1:
IEEE C57.104™- 2019 "Guía para la interpretación de gases generados en transformadores sumergidos en aceite mineral"

		O ₂ /N ₂ Relación ≤ 2				O ₂ /N ₂ Relación > 2			
		Años del transformador				Años del transformador			
		Desconocido	1-9	10-30	>30	Desconocido	1-9	10-30	>30
GAS	Hidrogeno	80	75	100	40	40			
	Metano	90	45	90	110	20	20		
	Etano	90	30	90	150	15	15		
	Etileno	50	20	50	90	50	25	60	
	Acetileno	1	1			2	2		
	Monóxido de carbono	900	900			500	500		
	Dióxido de carbono	9000	5000	10000		5000	3500	5500	

IMPORTANCIA DE UN PME EN TRANSFORMADORES



RELÉS DE PROTECCIÓN



Relés de protección

Los relés de protección son diseñados para ser sensibles a la salida anormal de tensión, corriente, frecuencia, ángulo de fase, dirección de corriente o el flujo de potencia, etc., y con características de operación variables. Cada aplicación de relé requiere de ingeniería para satisfacer los parámetros de la función que se le asigna en el sistema eléctrico.



Clasificación de relés de protección

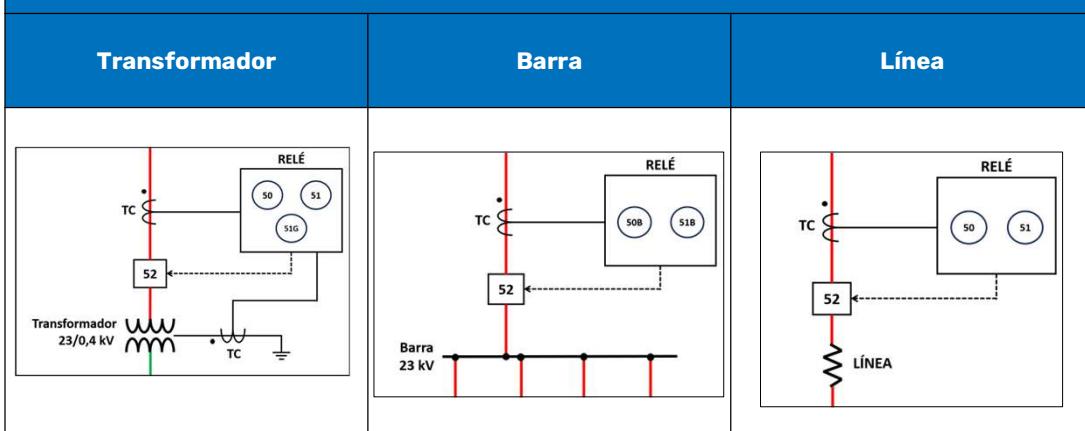
Según Función de protección:	Según Zona de protección:	Según Accionamiento:
Sobrecorriente	Línea	Electromecánico
Sobretensión	Transformador	Estado sólido (SSR)
Subtensión	Generador	
Diferencial	Barra	
Frecuencia	Cargas	
Cierto Abierto		

RELÉS DE PROTECCIÓN



Relés de Sobrecorriente (OC) (50/51)

Esquema de conexión para relé de sobrecorriente

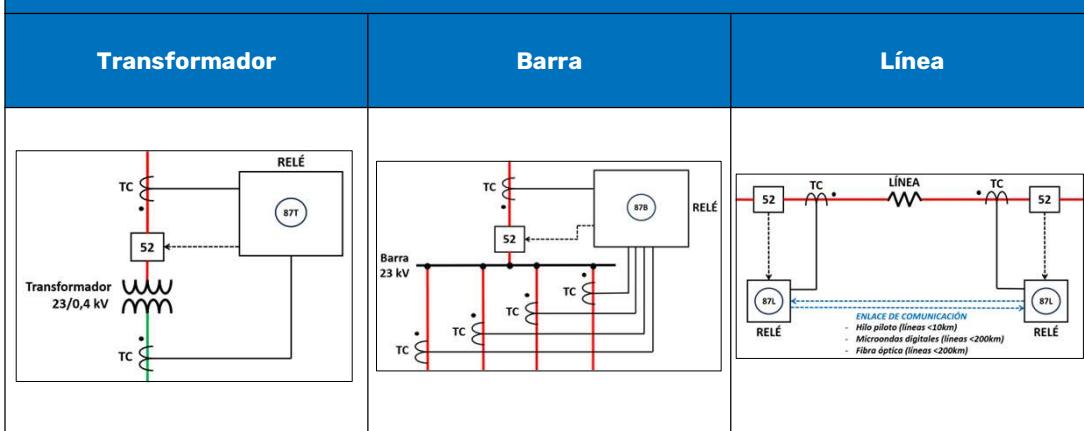


RELÉS DE PROTECCIÓN



Relé diferencial (DIF) (87)

Esquema de conexión para relé diferencial



RELÉS DE PROTECCIÓN – PRINT OUT



Ejemplo de print out Relé GE Multilin 750/760



Unidad 51G
Sobrecorriente de tierra

<u>GROUND CURRENT</u>	
<u>GROUND TIME OVERCURRENT</u>	
Ground Time Overcurrent Function	Trip
Ground Time Overcurrent: Relay 3	Do Not Operate
Ground Time Overcurrent: Relay 4	Operate
Ground Time Overcurrent: Relay 5	Do Not Operate
Ground Time Overcurrent: Relay 6	Operate
Ground Time Overcurrent: Relay 7	Do Not Operate
Ground Time Overcurrent Pickup(Setpoints)	0.20 x CT
Ground Time Overcurrent Curve	Definite Time
Ground Time Overcurrent Multiplier	0.50
Ground Time Overcurrent Reset	Instantaneous

Unidad 50G
Sobrecorriente de tierra

GROUND INSTANTANEOUS OVERCURRENT	
Ground Instantaneous Overcurrent Function	Trip
Ground Instantaneous Overcurrent: Relay 3	Operate
Ground Instantaneous Overcurrent: Relay 4	Do Not Operate
Ground Instantaneous Overcurrent: Relay 5	Do Not Operate
Ground Instantaneous Overcurrent: Relay 6	Do Not Operate
Ground Instantaneous Overcurrent: Relay 7	Do Not Operate
Ground Instantaneous Overcurrent Delay	1.00 s CT
Ground Instantaneous Overcurrent Delay	1.00 s

RELÉS DE PROTECCIÓN – PRINT OUT



Ejemplo de print out Relé GE Multilin 750/760



Setup Enabled Features	
GE Multilin 750/760	
Phase A CT Primary	600 A
Phase B CT Primary	50 A
Phase C CT Primary	1000 A
Ground CT Primary	Wye
Bus VT Connection Type	66.7 V
Bus Nominal VT Secondary Voltage	
SYSTEM SETUP	
SENSING	
Phase CT Primary	600 A
Ground CT Primary	50 A
Sensitive Ground CT Primary	1000 A
Bus VT Connection Type	Wye
Bus Nominal VT Secondary Voltage	66.7 V
INPUTS	
Phase A Current	600 A
Phase B Current	50 A
Phase C Current	1000 A
Ground Current	Wye
Line-to-Line Voltage	66.7 V
Line-to-Ground Voltage	66.7 V
Frequency	Hz
OUTPUTS	
Phase A Trip	600 A
Phase B Trip	50 A
Phase C Trip	1000 A
Ground Trip	Wye
Line-to-Line Trip	66.7 V
Line-to-Ground Trip	66.7 V
Frequency	Hz
ALARMS	
Phase A Protection	Analogue
Phase B Protection	Analogue
Phase C Protection	Analogue
Ground Protection	Analogue
Phase A Current	Analogue
Phase B Current	Analogue
Phase C Current	Analogue
Ground Current	Analogue
Line-to-Line Voltage	Analogue
Line-to-Ground Voltage	Analogue
Frequency	Analogue
LOGIC FUNCTIONS	
Phase A Protection	With Hold
Phase B Protection	With Hold
Phase C Protection	With Hold
Ground Protection	With Hold
Line-to-Line Protection	With Hold
Line-to-Ground Protection	With Hold
Frequency	With Hold
GENERAL	
Run Status	256

Transformadores de medida (TC y TP)

Ejemplo de print out Relé GE Multilin 750/760	Transformadores de medida (TC y TP)
--	--

PRUEBAS A RELÉS DE PROTECCIÓN



35.1 Ámbito de aplicación

Este capítulo identifica los requisitos de mantenimiento eléctrico para relés electromecánicos, de estado sólido y basados en microprocesadores que se utilizan para proteger y controlar los aparatos del sistema de energía.



Los relés de protección son usados en conjunto con interruptores automáticos de medio voltaje (por encima de 600 voltos) para detectar anomalías y hacer que el problema sea aislado con la mínima perturbación al sistema eléctrico y con el menor daño al equipo en falla.

PRUEBAS A RELÉS DE PROTECCIÓN



Inspección Visual

Tabla 35.3.1

Limpieza

Tabla 35.3.2

Lubricante

Punto 35.3.3

Servicio Mecánico

Tabla 35.3.4

Pruebas Eléctricas

Tabla 35.3.5

PRUEBAS A RELÉS DE PROTECCIÓN



Tabla 35.3.5 Pruebas eléctricas del relé de protección

No.	Tarea	Tipo de prueba*		
		Electromecánico	Estado sólido	Microprocesador
1	Realice una prueba de resistencia de aislamiento en cada circuito derivado para enmarcar	2	N/A	N/A
2	Realice una prueba de activación para determinar la corriente, el voltaje, la potencia o la frecuencia mínima o máxima que provoca el cierre de los contactos del relé para todas las funciones activas.	2	2	2A
3	Realice una medición de tiempo en tres puntos de la curva del dial de tiempo para verificar las características de sincronización del relé.	2	2	2A
4	Realizar pruebas según sea necesario para verificar el funcionamiento de los elementos de retención, direccionales y otros elementos de protección.	2	2	2A
5	Realice una prueba de verificación de cero para determinar la posición correcta del dial de tiempo cuando el relé está fijo y los contactos móviles están cerrados mediante la rotación manual del dial de tiempo hacia cero.	2	N/A	N/A
6	Realizar comprobaciones de relés para verificar el estado de los relés, las lecturas del medidor (si corresponde) y las entradas/salidas de los contactos.	N/A	N/A	2
7	Pruebe la tecnología de reducción de energía del arco de acuerdo con las instrucciones del fabricante.	N/A	N/A	2

PRUEBAS A RELÉS DE PROTECCIÓN



Tabla 35.3.5 Pruebas eléctricas del relé de protección (Continuación)

No.	Tarea	Tipo de prueba*		
		Electromecánico	Estado sólido	Microprocesador
8	Verifique que cada entrada y salida realice la función prevista de acuerdo con los planos de control.	2A	2A	2A
9	Una vez finalizada la prueba, borre los contadores de viajes, los objetivos, los eventos y los oscilógrafos de la prueba.	2	2	2A
10	Revisar datos de mantenimiento y estadísticos	N/A	2	2
11	Descargar o documentar configuraciones, lógica y otros parámetros cuando se realizan cambios	N/A	2	2

PROGRAMA DE PRUEBAS DE CAMPO				Nº Documento	
Gerencia de Suministro Eléctrico Los Bronces					
NOMBRE	FECHA	VERSIÓN		Nº de OT	
Rev. A					
PRUEBAS RELES DE PROTECCIÓN MULTIMARCA					
Área del Proceso	TAG	Descripción del Equipo Pauta aplicable a:	Ubicación Técnica		Duración (horas)
				Nº Personas	h/h
				7,5	15
Procedimiento (XXXX)		Especialidad Eléctrica	Última Inspección	Frecuencia (semanas)	Fecha realización
					Hora inicio
					Hora fin
Tarea Nº	Componente	Tarea de Mantenimiento		Condición / Registro	Estado Nº bueno Rº regular Mº deficiente
3	Seguridad	Asegurarse que la persona que realizará la prueba y se aproximarán al equipo se encuentre calificada y autorizada para dicha actividad.		Procedimiento específico.	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> D
2		Verificar energía cero de acuerdo con el procedimientos de aislamiento y bloqueso, e instalar tierra de protección cuando el procedimiento interno de Minera Los Bronces.		Procedimiento específico.	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> D
3		Usar EPP aislante (legín correspondiente) e igrifugo de acuerdo a la señalización de seguridad del equipo (etiqueta con nivel de tensión y energía incidente).		Encuesta de seguridad en el equipo.	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> D
4	Conexiones	Capturar registros fotográficos de las conexiones antes de cualquier intervención. Si se realiza una desconexión directa del equipo, sin pasar por bornera de prueba.		Conexiones en buen estado	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> D
5	Elementos de Protección	Extraer ajustes de los elementos de protección. Si no se encuentra comunicado por SCADA se debe extraer la información manualmente a través del puerto de comunicación ubicado en el panel frontal.		Extraer elementos Activos	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> D
7	Cubiertas	Inspecionar las condiciones del equipo antes de intervenirlo, observar que no existe ningún tipo de daño.		Equipos sin daños físicos visibles	B R M <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input checked="" type="checkbox"/> M
8	Identificación técnica	Compruebe que los diagramas de protección se encuentran al día, de lo contrario se debe informar para proceder a la actualización.		Información actualizada	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> D
9	Identificación técnica	Inspecionar que la tabla de parametrización de las protecciones este correctamente actualizada (Estudio de coordinación)		Información actualizada	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> D
10	Panel	Extraer información de eventos analizando posibles irregularidades y su posible origen.		Extracción de últimos eventos	¿Cumple con lo solicitado? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> D





Tarea N°	Componentes	Tareas de Mantenimiento	Condición / Registro	Estado
				I: bueno R: regular M: deficiente
11	Pruebas Funcionales	Chequear cuales de los elementos de protección se encuentran activos (grupos) verificando la comunicación con el equipo a través del software establecido por el fabricante (TOC, IOC, TOCN, IOCN, etc.)	Extrir informe desde software según corresponda.	¿Cumple con lo solicitado? NO <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/>
13		Realizar prueba de activación y desactivación (TRIP) para confirmar el funcionamiento correcto del hardware. Inyección de corriente o voltaje secundaria.	Disparo del relé de protección	¿Cumple con lo solicitado? NO <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/>
14		Realizar las pruebas individuales para cada uno de los elementos de protección activos (50, 51, 50N, 51N, 50G, 51G, 87, etc.)	Rangos otorgados por el estudio de coordinación de protecciones	¿Cumple con lo solicitado? NO <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/>
15		Realizar pruebas en los LED indicadores y pulsadores con el fin de verificar el correcto funcionamiento de cada una de las alarmas.	Chequear alarmas al momento de efectuar "Desarme"	¿Cumple con lo solicitado? NO <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/>
16	Bornes de conexión	Verificar apriete de los cables en las borneras de conexión.	Lo suficiente para que los terminales no se desprendan	¿Cumple con lo solicitado? NO <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/>
17	Estado relé de protección	Verificar que el equipo no presente alarmas a través de las indicaciones LED, esto debe ser chequeado para asegurar una correcta operación antes de ser energizado.	Relé modo "In Solicitud"	¿Cumple con lo solicitado? NO <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/>
18	Normalización	Asegurarse que los ajustes del relé de protección se encuentran correctamente cargados. Realizar última comparativa entre el estudio de coordinación versus lo ingresado en el relé asegurándose que no existen diferencias.	Procedimiento específico.	¿Cumple con lo solicitado? NO <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/>
19		Chequear que las conexiones se encuentren en las mismas condiciones antes de la intervención.	Procedimiento específico.	¿Cumple con lo solicitado? NO <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/>
20		Asegurarse que el equipo se encuentra en las mismas condiciones que se encontraba antes de intervenido.	Procedimiento específico.	¿Cumple con lo solicitado? NO <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/>
21		Debloquear y entregar la zona.	Procedimiento específico.	¿Cumple con lo solicitado? NO <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/>



OBSERVACIONES GENERALES (informe mantenimiento / actividades adicionales realizadas / respecto de seguridad detectados / otras anomalías)			Priority
	1	2	3
1			
2			

Note: Escala de condición; 1- Alta 2- Media 3- Baja

REPUESTOS / MATERIALES / INSUMOS / Herramientas		código SAP	Unid.
1	Pauta de mantenimiento		1
2	Protocolos de inspección		1
3	Procedimiento de seguridad interna		1
4	Informe de eventos "Anteriores"		1
5	Estudio de coordinación más actualizado		1
6	Multímetro		1
7	Kit de herramientas aisladas		1
8	Laptop Business para comunicación (si no estuviera conectado)		1
9	Set de test de reloj (pinzas / conectores de prueba)		1
10	Kit de limpieza, incorporando principalmente aire comprimido, paños anti estática, brochas		1
11	Cable RS232 a USB		1

TÉCNICOS RESPONSABLES DEL TRABAJO		FIRMA
1		
2		
3		
4		

ANEXO E: FORMULARIOS

Figura E.3 Informe típico de prueba e inspección de interruptor de aire



Figura E.7 Formulario típico de pruebas de interruptor BT (5 años)

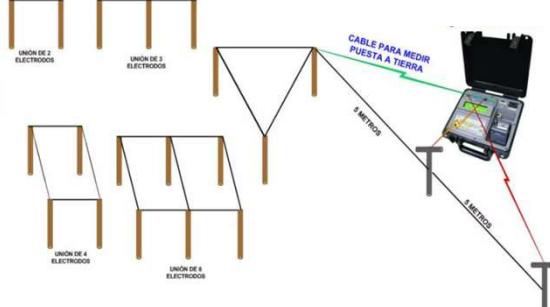
LOW-VOLTAGE CIRCUIT BREAKER 5-YEAR TESTS FORM					
Plant	Date				
Substation	Feeder				
				Load Reading	
Breaker Data					
Mr.	Type	Serial No.			
Trip Coil Rating	Ampere	Characteristic		Mfr's Time Curve	
Trip Devices:	Long Time Delay <input checked="" type="checkbox"/>	Short Time Delay <input checked="" type="checkbox"/>	Instantaneous Trip <input checked="" type="checkbox"/>		
Trip Delay Type:	Oil Stacker Dashboard <input checked="" type="checkbox"/>	Air Bellows <input checked="" type="checkbox"/>	Air Office <input checked="" type="checkbox"/>	Oil Office <input checked="" type="checkbox"/>	
Other <input checked="" type="checkbox"/>					
Settings:					
L7 Delay - Ampere	Adjustable Range			Time Adjustable?	Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
ST Delay - Ampere	Adjustable Range			Time Adjustable?	Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
Instantaneous Trip - Ampere				Adjustable?	Yes <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
Test Data					
Date of Test		Left Pole	Center Pole	Right Pole	Time Range from Curve
Inspector's Initials					
As Found Test (Trip Time in Seconds)					
% Pickup	Ampères				
Time Delay	(As Found - Ampere)				
Minimum Pickup (Nullify Time Delay)	(Adjusted - Ampere)				
Time Delay Tests (Trip Time in Seconds)					
% Pickup	Ampères				
Long Time					
Short Time					
Resettable Delay	(Satisfactory)				
1 ____ sec for ____ sec:	(Tripped)				
Instantaneous Trip	(As Found - Ampere)				
(Adjusted - Ampere)					
Remarks (record unusual conditions, corrections, welded repairs, etc.; use separate form to record annual breaker inspection details)					
<hr/> <hr/>					

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA



20.1 Ámbito de aplicación

Este capítulo identifica los requisitos de mantenimiento eléctrico para la conexión a tierra y unión de sistemas eléctricos.



PRUEBAS A SISTEMA DE PUESTA A TIERRA



Inspección Visual

Tabla 20.3.1

Limpieza

Punto 20.3.2

Lubricante

Punto 20.3.3

Servicio Mecánico

Tabla 35.3.4

Pruebas Eléctricas

Tabla 35.3.5



PRUEBAS A SISTEMA DE PUESTA A TIERRA



20.3.1 Inspección visuales.

La conexión a tierra y la unión se deberán inspeccionar visualmente de acuerdo con la Tabla 20.3.1.

Tabla 20.3.1 Inspecciones visuales de conexión a tierra y unión

No.	Tarea	Tipo de prueba	Notas
1	Inspeccionar el estado físico y mecánico de los componentes y conexiones accesibles y visibles.	2	
2	Inspeccionar el anclaje	2	



SERNAGEOMIN establece que los sistemas de puesta a tierra deben ser medidos cada 1 año.
(Ref, DS132, Artículo 424)

PRUEBAS A SISTEMA DE PUESTA A TIERRA



Tabla 20.3.5 Pruebas eléctricas de conexión a tierra y unión

No.	Tarea	Tipo de prueba	Notas
1	Medir la resistencia de la conexión atornillada o mecánica	2A	
2	Para los sistemas de electrodos de varilla de puesta a tierra, realice una prueba de caída de potencial para medir la resistencia de la varilla de puesta a tierra a tierra.	2A	
3	Realice una prueba punto a punto para verificar que el equipo esté conectado.	2A	
4	Realizar pruebas de integridad de la red y del sistema de electrodos de puesta a tierra de la subestación inyectando corriente de acuerdo con las prácticas de la industria.	2A	
5	Mida el voltaje entre el conductor de tierra del equipo y el conductor puesto a tierra	1A	
6	Medir la magnitud de la corriente en el conductor de puesta a tierra del equipo	1A	

ANEXO E: FORMULARIOS

Figura E.31 Informe típico de prueba de resistencia de sistema de tierra



Figura E.28 Registro típico de prueba de resistencia de aislamiento

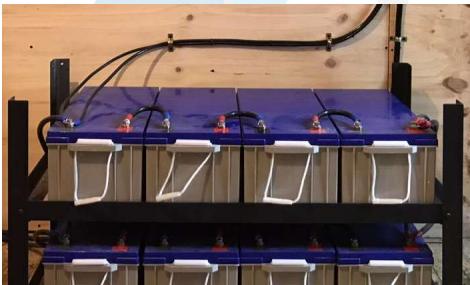
INSULATION RESISTANCE TEST RECORD											
Date _____											
Scope: Dielectric Absorption Without Temperature Correction											
Apparatus: _____					Equipment Temp. _____		Ambient Temp. _____				
Instrument Used: _____					Polystyrene Index No. _____						
Condition: 10.1 Min. Ratio											
Dangerous Less than 1					Fair 2 to 3						
Poor Less than 1.5					Good 3 to 4						
Questionable 1.5 to 2					Excellent Above 4						
Time in Minutes 0.25 0.5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10											
To Ground	Phase 1										
	Phase 2										
	Phase 3										
	Phase 1-2										
	Phase 2-3										
Phase 3-4											
Plot the lowest group reading on graph.											
Megohms	0.0000	0.0001	0.0010	0.0100	0.1000	1.0000	10.0000	100.0000	1,000.0000	10,000.0000	100,000.0000
Megohms	0.0000	0.0001	0.0010	0.0100	0.1000	1.0000	10.0000	100.0000	1,000.0000	10,000.0000	100,000.0000
Megohms	0.0000	0.0001	0.0010	0.0100	0.1000	1.0000	10.0000	100.0000	1,000.0000	10,000.0000	100,000.0000
Megohms	0.0000	0.0001	0.0010	0.0100	0.1000	1.0000	10.0000	100.0000	1,000.0000	10,000.0000	100,000.0000
Tested by: _____											

PRUEBAS A SISTEMA DE BATERÍAS



32.1.1 Sistemas de almacenamiento de energía en baterías

Este capítulo identifica los requisitos de mantenimiento eléctrico y se aplica a todos los sistemas de almacenamiento de energía (ESS) con baterías que tengan una capacidad superior a 3,6 MJ (1 kWh) y que puedan funcionar de forma independiente o interactuar con otras fuentes de producción de energía eléctrica. Estos sistemas están destinados principalmente a almacenar y proporcionar energía durante condiciones normales de funcionamiento.



32.1.2 No aplica para:

1. Baterías estacionarias de reserva que cumplen los requisitos del Capítulo 36 y están compuestas por celdas de plomo-ácido o de níquel-cadmio (NiCd)
2. Sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI)
3. Sistemas de baterías de reserva para control de energía de subestaciones o cuadros de distribución
4. Baterías para respaldo de energía en telecomunicaciones

PRUEBAS A SISTEMA DE BATERÍAS



32.3 Documentación

Un ESS instalado deberá incluir documentación de respaldo que incluya lo siguiente:

- 01 Proyectista e instalador de sistemas con fechas de instalación y puesta en servicio.
- 02 Contactos de emergencia para el propietario del sistema.
- 03 Presupuesto.
- 04 Esquemas eléctricos y planos de obra.
- 05 Señalización, marcas y etiquetas.
- 06 Planos mecánicos.
- 07 Manual de puesta en servicio, plan de pruebas y resultados de pruebas adecuados.
- 08 Manuales de operaciones y mantenimiento.
- 09 Lista de materiales de elementos de mantenimiento prescindibles, como filtros y fusibles.



PRUEBAS A SISTEMA DE BATERÍAS



Inspección Visual

Tabla 32.4.1

Limpieza

Punto 32.4.2

Lubricante

Punto 34.4.3

Mantenimiento
Mecánico

Punto 32.4.4

Pruebas Eléctricas

Tabla 32.4.5



PRUEBAS A SISTEMA DE BATERÍAS



Tabla 32.4.1 Inspecciones visuales del ESS de la batería

No.	Tarea	Tipo de prueba	Notas
1	Condición física, incluido el entorno operativo	1 o 2	Daños o deterioro, apoyos o sujetaciones, radio de curvatura, tensión excesiva, signos de sobrecalentamiento.
2	Etiquetado o identificación correctos	1 o 2	Etiquetas de advertencia de fase, identificación de cable, fuentes múltiples, peligro u otras.
3	Puesta a tierra/unión	1 o 2	Daños, terminaciones faltantes o sueltas, distancia de partes energizadas, protección contra daños físicos.
4	Baterías	1 o 2	Daños, fugas, hinchazón, plástico descolorido o derretido, corrosión terminal, nivel de electrolito, sistemas de sujeción.
			Consulte el Capítulo 36 para obtener información sobre baterías de reserva estacionarias.
5	Cables	1 o 2	Daños, deterioro, soportes, radio de curvatura, tensión excesiva, decoloración o evidencia de sobrecalentamiento.
6	Sistemas de notificación, detección y extinción de alarmas contra incendios	1 o 2	Cabezales dañados, obstrucción física a la pulverización, fugas, corrosión, agente supresor cargado.
7	Canalización/bandeja de cables	1 o 2	Daños o deterioro, abrasión o desgaste de la cubierta del cable al quedar expuesta, continuidad, uniones apretadas, puentes de unión faltantes o sueltos, corrosión.
8	Barreras, guardias y asambleas	1 o 2	Daños o signos de deterioro, arcos eléctricos, seguimiento, soportes y hardware de montaje.

PRUEBAS A SISTEMA DE BATERÍAS



Tabla 32.4.1 Pruebas eléctricas del ESS a batería

No.	Tarea	Tipo de prueba	Notas
1	Termografía infrarroja o inspección térmica equivalente	1 o 2	La reparación general de la caja de la batería y sus terminaciones debe realizarse bajo carga.
2	Emisiones acústicas ultrasónicas transmitidas por el aire	1A	
3	Resistencia de aislamiento	2	Cables/conductores.
4	Resistencia de conexión atornillada	1 o 2	Incluye resistencia intercelular, cuando sea accesible
5	Prueba de rendimiento de la batería	2	
6	Revisión de los datos del sistema de gestión de baterías y alarmas asociadas	1 o 2	



RESISTENCIA INTERNA DE LA BATERÍA



Es una prueba de la vida útil, no de la capacidad. La resistencia de la batería se mantiene considerablemente uniforme hasta que se acerca al final de su vida útil. En ese punto, la resistencia interna aumenta y la capacidad de la batería disminuye. Medir y llevar un registro de este valor ayuda a identificar el momento en que se debe reemplazar la batería. Utilice solo un comprobador especial para baterías, diseñado para medir la resistencia de la batería mientras esta se encuentra en uso. Lea la caída de tensión en la corriente de carga (conductancia) o la impedancia de CA. Ambos resultados se expresan en valores óhmicos. Una medida óhmica aislada tiene poco valor sin contexto.



La práctica recomendada requiere la medición de los valores óhmicos durante meses y años. Cada medición se debe comparar con los valores previos registrados para generar una línea de base.

PRUEBA DE DESCARGA DE BATERÍA



La prueba de descarga es la mejor forma de descubrir la capacidad disponible real de una batería, pero puede ser difícil de llevar a cabo. Durante esta prueba, la batería se conecta a una carga y se descarga a lo largo de un período de tiempo específico.



Banco electrónico para pruebas de descarga

INDICADORES CLAVES DE LA FALLA DE BATERÍAS



Las baterías en buen estado deben mantener una capacidad superior al 90% de las características nominales de fábrica. La mayoría de los fabricantes recomiendan reemplazar la batería si su capacidad cae por debajo del 80%. Al realizar las pruebas de la batería, busque los siguientes indicadores de falla:



Caída superior al 10 % en la capacidad, en comparación con la línea de base o la medición anterior.

Aumento en la resistencia del 20% o más, en comparación con la línea de base o la medición anterior.

Altas temperaturas sostenidas, en comparación con la línea de base y las especificaciones del fabricante.

Degradación en el estado de la placa.

AUDITORÍA DE DIAGNÓSTICO



El levantamiento o revisión del programa de seguridad eléctrica debe comenzar con una evaluación de los programas existentes y considerar a lo menos:

- 01 Identificación de peligro / riesgo eléctrico**
- 02 Cantidad y tipo de incidentes eléctricos**
- 03 Procedimientos de seguridad eléctrica**
- 04 La capacitación**
- 05 Los elementos de protección personal**
- 06 Cumplimiento de la normativa legal y corporativa**
- 07 Entre otros.**





Los factores que pueden causar una falla eléctrica son:

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.



Uno de los problemas encontrados durante una prueba en un cable es el daño en el aislamiento es causado por el efecto corona, pero ¿Qué es efecto corona?

 Start presenting to display the poll results on this slide.



Se está ejecutando una prueba de HIPOT en DC en un cable de media tensión. A medida que usted aplica el voltaje en los pasos indicados en su procedimiento, identifica que los microamperios de fuga comienzan a aumentar ¿Qué significa esto?

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.



**Las frecuencias de inspección,
medición y pruebas en la NFPA 70B
¿se encuentran en el capítulo?**

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

A large, semi-transparent watermark of the ESYS logo is positioned in the center of the slide, partially overlapping the title area.

Modulo 8:

Procedimientos Especiales

PROCEDIMIENTO PARA LA RESTAURACIÓN DE ENERGÍA ANTE DESASTRES

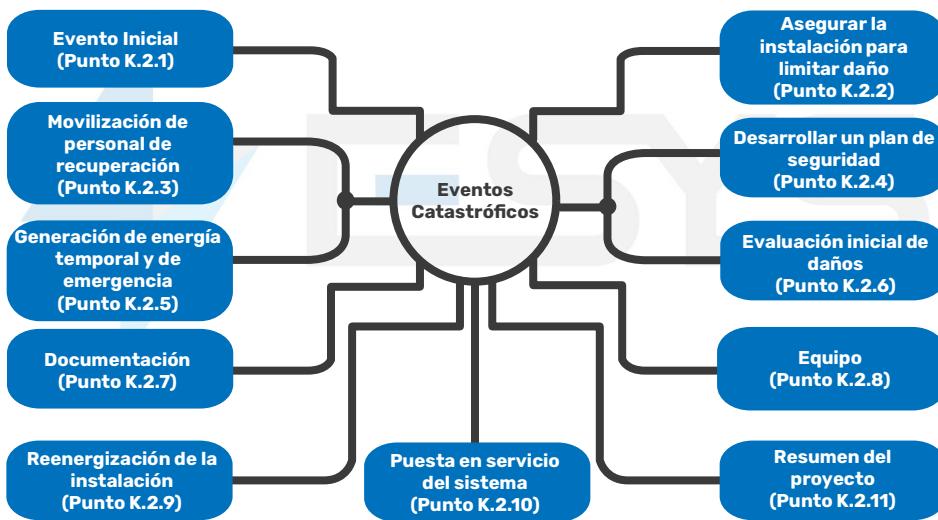


K.1 Recuperación de energía ante desastres

Cuando los sistemas eléctricos se enfrentan a un desastre natural o provocado por el hombre, debe llevarse a cabo una secuencia de eventos muy específica y detallada antes de que el sistema eléctrico vuelva a funcionar de manera segura y rápida. Este anexo describe los pasos de recuperación para un sistema de energía eléctrica y el equipo relacionado que se deben seguir antes y después de que ocurra un desastre eléctrico.



PROCEDIMIENTO PARA LA RESTAURACIÓN DE ENERGÍA ANTE DESASTRES



PROCEDIMIENTO PARA LA RESTAURACIÓN DE ENERGÍA ANTE DESASTRES



K.2.1 Evento inicial

- 1) Incendio: hollín, daños materiales y de equipo, daños por agua, daños estructurales
- 2) Inundaciones: daños por agua, daños estructurales.
- 3) Terremoto: daños estructurales, daños a la infraestructura de servicios públicos



PROCEDIMIENTO PARA LA RESTAURACIÓN DE ENERGÍA ANTE DESASTRES



K.2.6 Evaluación inicial de daños

Una de las primeras tareas para evaluar los daños en los equipos y sistemas eléctricos involucrados en un desastre es realizar un recorrido y una evaluación inicial de toda la infraestructura eléctrica. Se deben utilizar todos los planos y la documentación pertinentes disponibles para ayudar en esta tarea.

K.2.6.1 Dibujos, esquemas y documentos

Planos, Libros de instrucciones de los equipos, Manuales (O&M) y Otra documentación debe ubicarse en un lugar central, mas una versión electrónica de los documentos para un acceso seguro.



PROCEDIMIENTO PARA LA RESTAURACIÓN DE ENERGÍA ANTE DESASTRES



K.2.6.2 Evaluación de prioridades

Las prioridades de reparación de equipos deben evaluarse centrándose en los equipos de mayor prioridad.



Categoría 1



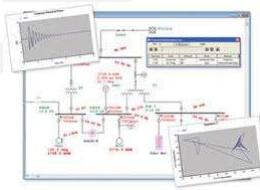
Categoría 2



Categoría 3



Categoría 4



Categoría 5

PROCEDIMIENTO PARA LA RESTAURACIÓN DE ENERGÍA ANTE DESASTRES



K.2.4 Desarrollo de un plan de seguridad

Se debe desarrollar un plan de seguridad específico para el sitio antes de que ocurra un desastre. Al realizar la recuperación de equipos eléctricos, la seguridad, la salud y el medio ambiente son primordiales.

Plan de seguridad ante emergencia = Plan de seguridad eléctrica + Consideraciones



AUDITORÍA DE DIAGNÓSTICO



FRECUENCIAS 70B

La norma NFPA 70B establece, las auditorías no pueden exceder los 5 años, sin embargo, la norma NFPA 70E que es ley en Chile, establece una frecuencia más restrictiva de **3 años**.





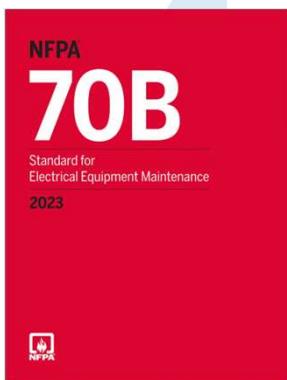
Please download and install the
Slido app on all computers you use



**Defina en máximo 1 palabra lo que entendió sobre
lo que es la NFPA 70B. Se puede ingresar más de
una respuesta.**

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN Y PARTICIPACIÓN !



Les Agradece:

Guido Pardo Blime

Revisor Técnico Oficial Norma

NFPA 70B año 2023

gpardo@esys.cl



Guido Pardo Blime
Gerente de Operaciones | Ingeniería |
Especialista en Seguridad Eléctrica | ...



ENCUESTA DE SATISFACCIÓN





INFORMACIÓN CORPORATIVA

INFORMACIÓN CORPORATIVA



INFORMACIÓN PROXXI