

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL
DE LAS AMÉRICAS**

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS DE
BATERÍA EN TRABAJOS EN LÍNEAS
ENERGIZADAS PARA LA COMPAÑÍA NACIONAL
DE FUERZA Y LUZ, S.A.**

**MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL
GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA**

ING. JOSÉ ALBERTO ZAMORA ESPINOZA

SAN JOSÉ, MAYO, 2020.

Índice de contenidos

Índice de ilustraciones.....	3
Índice de tablas.....	5
Agradecimientos	6
Dedicatoria	7
Declaración jurada	8
Resumen.....	13
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	15
Planteamiento del problema.....	15
Objetivo general	15
Objetivos específicos	15
Introducción	16
Justificación.....	18
Antecedentes	19
Proyecciones	24
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	25
Red de distribución de energía eléctrica.....	25
Líneas aéreas de media tensión	27
Trabajos en líneas energizadas de distribución.....	28
Metodologías de trabajo en líneas energizadas	29
Equipamiento para realizar labores en líneas energizadas de media tensión	31
Camión hidroelevador aislado.....	32
Equipamiento para proteger instalaciones energizadas.....	33
Mantas aislantes de hule.....	33
Mangueras flexibles aislantes de hule.....	35
Elementos de protección personal para intervenir instalaciones energizadas	36
Casco dieléctrico de ala ancha	37
Balaclava o capucha protectora.....	38
Gafas de protección.....	38
Mangas aisladas de caucho	41
Guantes aislantes.....	42
Uniforme retardante a la llama de Nomex	44

Protección contra la combustión instantánea	44
Protección contra el arco eléctrico	45
Tensiones simples y compuestas.....	46
Herramientas manuales utilizadas en líneas de distribución	48
Alicate universal.....	48
Llaves ajustables	50
Pinza mecánica para compresionar	52
Conectores de compresión	53
Cortadora tipo trinquete	53
Sistema de variación de sobretensión HIPOT.....	54
Los diferentes métodos de prueba de Hi-Pot.....	54
¿Cómo impartir charlas?	56
Relación costo-beneficio (B/C).....	63
Capítulo III: Marco metodológico.....	66
Enfoque de la investigación	66
Razonamiento de la investigación.....	66
Método de recopilación de datos.....	67
Fuentes de información	68
Variables o unidades de análisis.....	68
Instrumentos.....	68
Proceso de recolección y análisis de datos.....	69
Capítulo IV: Análisis de resultados.....	70
Perfil de especificaciones técnicas deseadas para la investigación.....	70
Perfil de herramienta (equipo) para dar torque a tuercas hexagonales y cuadradas.....	70
Perfil o características de la herramienta para “crimpar” conectores de aluminio.....	71
Perfil de herramienta o equipo para realizar cortes limpios en conductores de aluminio (ACSR, AAAC, AAC) hasta calibres de 477 Kcmil	71
Análisis de herramientas presentadas por proveedores nacionales	72
Selección de equipos para pruebas de funcionalidad.....	73
Ensayos de laboratorio	73
Resultados de pruebas realizadas	76
Anatomía de los equipos seleccionados para su implementación.....	80

Recomendaciones del fabricante	81
Composición y funcionamiento de la batería	81
Sistema de motor sin escobillas	83
Proceso de introducción de los equipos para las labores.....	84
Prácticas reales a contacto con líneas energizadas	84
Identificación de los beneficios del uso de equipos de batería.....	86
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones	90
Conclusiones	90
Recomendaciones.....	92
Bibliografía	95
Anexos.....	98
Certificados de calibración de equipos utilizados para las pruebas	98
Ficha técnica pistola de impacto	101
Ficha técnica pistola de cortadora y crimpadora.....	102
Autorización de proveedores para ejecución de pruebas	103
Especificaciones Técnicas subidas a SICOP.....	106
Especificaciones técnicas Pistola de Impacto ½” de baterías para trabajos en líneas energizadas.....	106
Especificaciones técnicas de crimpadora 6T para línea energizada.....	107
Imágenes extras.....	109

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Sistema de suministro eléctrico.....	26
Ilustración 2. Líneas aéreas de media tensión	27
Ilustración 3. Trabajos en líneas energizadas de distribución	28
Ilustración 4. Trabajo con tensión a distancia.....	29
Ilustración 5. Trabajo con tensión a contacto.....	30
Ilustración 6. Trabajo con tensión a potencial.....	31
Ilustración 7. Camión hidroelevador aislado.....	32
Ilustración 8. Tipos de clases para equipamiento aislado.	33

Ilustración 9. Manta de hule lisa y ranurada.....	34
Ilustración 10. Botón y broches de sujeción.....	35
Ilustración 11. Mangueras flexibles aisladas.....	35
Ilustración 12. Casco de ala ancha completa.....	37
Ilustración 14. Capucha para protección contra quemaduras.....	38
Ilustración 15. Gafas de seguridad.....	41
Ilustración 16. Mangas de protección de caucho aisladas.....	42
Ilustración 17. Guante aislado clase 4 con protector de cuero.....	43
Ilustración 18. Prenda de vestir retardante a la llama de Nomex.....	45
Ilustración 19. Esquema de una líneas trifásica: a) Conexión a tres hilos, b) Conexión a cuatro hilos.....	46
Ilustración 20. Esquema de una línea monofásica.....	47
Ilustración 21. Representación vectorial de las tensiones simples (azul) y compuestas (rojo).....	47
Ilustración 22. Evolución en el tiempo de las tensiones simples y compuestas.....	48
Ilustración 23. Alicata universal.....	50
Ilustración 24. Llaves fijas.....	51
Ilustración 25. Llaves ajustables de varios tamaños.....	52
Ilustración 26. Pinza mecánica para compresionar.....	52
Ilustración 27. Conector de compresión usado y nuevo.....	53
Ilustración 28. Cortadora de cable tipo trinquete.....	54
Ilustración 29. Sistema para pruebas Hipot.....	55
Ilustración 30. Ensayo de rigidez eléctrica.....	74
Ilustración 31. Prueba de funcionalidad eléctrica.....	75
Ilustración 32. Cabezales intercambiables para el modelo 2678-20.....	79
Ilustración 33. Herramientas seleccionadas para la implementación en trabajo sobre líneas energizadas.....	80

Ilustración 34. Instalacion de grapa para conexión de cable	85
Ilustración 35. Implementacion de la herramienta de soque/afloje por primera vez en labores reales	85
Ilustración 36. Implementacion de la herramienta de corte y compresion por primera vez en labores reales	86
Ilustración 37. Comparación entre herramientas de soque/afloje manual y baterías	87
Ilustración 38. Comparación entre herramientas de crimpar manual y baterías	87
Ilustración 39. Comparación entre herramientas de corte manual y baterías.....	88

Índice de tablas

Tabla 1. Detalle de herramientas recibidas para pruebas	73
Tabla 2. Resultados de rigidez dieléctrica.....	76
Tabla 3, Resultados de la prueba de funcionabilidad eléctrica	76
Tabla 4. Equipos con pruebas superadas.....	78
Tabla 5. Comparación de cumplimiento de características y funciones	78
Tabla 6. Herramienta seleccionada para la implementación en trabajos en líneas energizadas.....	79

Agradecimientos

Primeramente agradezco a Dios, fuente de vida y sabiduría en cada paso que doy.

A mi familia, por creer en mí y darme empujones de positivismo y manifestar buenos deseos para que yo siguiera adelante.

A la Universidad Internacional de las Américas por ser una casa de formación profesional.

A la CNFL por apoyarme económicamente a lo largo de este recorrido.

A todos los profesores que estuvieron involucrados en mi enseñanza, por compartir su conocimiento y experiencia.

A mi tutor José Romero Meneses por su orientación en mi favor y por su paciencia; por toda la ayuda brindada para llevar a cabo este proyecto.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que directa o indirectamente en mi diario caminar pusieron su granito de arena para que esto fuera posible. Este párrafo está dedicado a todos esos colaboradores no mencionados pero muy recordados, ya que sin su ayuda el final no hubiera sido posible.

Dedicatoria

Primero a Dios por darme la oportunidad de culminar este proceso de aprendizaje, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi hija Emma y a mi esposa Elena por ser ese motivo para seguir adelante día a día, y por enseñarme a valorar cada día lo que Dios nos da.

A la Compañía Nacional de Fuerza y Luz porque si no hubiera sido por esta institución no hubiese podido llegar hasta donde he llegado, y por enseñarme que en esta vida no es suficiente ser simplemente bueno, sino bueno para algo...

Resumen

En el presente documento se describe, resumidamente, el proceso llevado a cabo en la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A para introducir herramientas con nueva tecnología en el trabajo mecánico de líneas áreas energizadas de hasta 34.5 KV.

La iniciativa de tal proyecto surge de la necesidad de ofrecer a los técnicos especializados de las cuadrillas de líneas energizadas condiciones más ergonómicas y cómodas para que realicen su trabajo. Fue así como se planteó oficialmente la posibilidad de utilizar la misma herramienta de batería que en la actualidad se utiliza para el trabajo en líneas desenergizadas en líneas energizadas.

Primeramente se procedió a establecer contacto con los proveedores de herramientas nacionales, a fin de conocer si ellos contaban con una herramienta de batería certificada que permitiera realizar trabajos en línea de media tensión energizada. No obstante que la respuesta de los proveedores fue negativa, se les consultó si estarían de acuerdo en aportar una muestra de herramientas de batería para someterlas a pruebas de funcionalidad y rigidez eléctrica. Ellos accedieron, aunque hubo que advertirles que las pruebas en cuestión podían provocar daños considerables en la herramienta. (Ver anexo).

Una vez ejecutadas las pruebas de análisis de funcionabilidad y rigidez eléctrica de los equipos se procedió a comunicarles los resultados obtenidos y a seleccionar a aquellos que las habían superado.

Con base en los resultados finales se procedió a la confección de los carteles de licitación de compra y a su inclusión en el sistema SICOP. Posteriormente se recibieron los equipos del proveedor al que le había sido adjudicada la compra y se realizó el proceso de capacitación de los técnicos especializados de cuadrillas en líneas de distribución de líneas energizadas. Además, se les instruyó en el uso de las herramientas, y se les explicó también que los equipos garantizan la seguridad ocupacional, así como la eficiencia y la eficacia de los trabajos.

Se realiza entonces la entrega de los equipos formalmente a las cuadrillas para su uso en trabajos reales en campo, lo cual se documenta mediante fotografías en las que se muestra el uso de esos equipos.

Finalmente, se documentan los beneficios obtenidos con la implementación de herramientas de batería para trabajos en líneas energizadas en la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

¿Cuáles herramientas de batería se pueden implementar para sustituir la herramienta manual en los trabajos en líneas energizadas en la Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A?

Objetivo general

- 1) Implementar herramientas alternativas de batería en trabajos sobre líneas energizadas de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A.

Objetivos específicos

- 1) Crear un perfil de especificaciones de herramientas de batería con características que se adapten a las principales labores del grupo de líneas energizadas de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz.
- 2) Empezar la búsqueda de herramientas alternativas de batería por medio de proveedores nacionales que se adapten a los perfiles propuestos en el objetivo anterior.
- 3) Escoger el equipo, la marca y el modelo adecuados para realizar las pruebas de funcionalidad (corte, compresión y torque) en el Laboratorio de Ensayo, Inspección y Calibración (LEIC) de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A.
- 4) Realizar pruebas de corte, compresión y torque para verificar el correcto funcionamiento en contacto directo con tensiones de hasta 20 000 voltios tensión simple; esto con los equipos seleccionados según el objetivo anterior.
- 5) Impartirles charlas sobre el uso y la manipulación de los equipos seleccionados y probados al personal técnico de las cuadrillas del grupo de líneas energizadas de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A.
- 6) Efectuar prácticas reales de contacto y en campo por parte del personal del grupo de líneas energizadas de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A.

- 7) Identificar los principales beneficios que se obtendrán con el suministro de estos equipos a las cuadrillas del grupo de líneas energizadas de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A.

Introducción

La presente investigación es acerca del proceso de incorporación del uso de herramientas de batería en trabajos en líneas energizadas en la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A, que es la empresa de distribución eléctrica más importante en el país, la cual ha visto la necesidad de mantener la continuidad y la calidad de sus servicios eléctricos para sus clientes residenciales, comerciales e industriales.

Una característica en la prestación del servicio eléctrico, en lo relativo a la operación, el mantenimiento, el control y el desarrollo de nuevos proyectos, es que las labores de operación se realizan sin interrupción del flujo de tan importante forma de energía. Originalmente se hacía con técnicas “a distancia” (Revista Electro Industria, 2016), “para que el liniero se aproxime a las instalaciones energizadas, utilizando bastones (pértigas) con excelente aislamiento eléctrico, de largos adecuados, muy livianos y maniobrables”. Seguidamente, la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A adoptó la práctica de trabajos “a contacto” o protegidos (utilizada hasta la actualidad). Se define como método “a contacto” el que se emplea para manipular, intervenir y trabajar en líneas de media tensión energizadas y en servicio; en forma directa por linieros especializados, quienes ejecutan todas las labores ya señaladas con la tensión de servicio presente. En estas condiciones el liniero - sobre un camión hidroelevador- toma los mandos con sus manos, cubiertas con guantes y mangas de goma aisladas. Posteriormente, se aproxima a estas instalaciones con la parte superior del cuerpo protegido con cobertores y cubrelíneas aisladas especiales para estos trabajos en media tensión. Una vez provistos con todo el equipo de protección personal, las labores que se realicen “a contacto” las harán con herramientas manuales y mecánicas.

La investigación que -como se dijo- es acerca de la implantación de herramientas de batería en línea de distribución eléctrica energizadas se realizó con el interés de que esta labor se realice de una

manera más cómoda y ergonómica por parte del personal, y de reducir el grado de exposición de los técnicos especializados al realizar tales labores.

En el capítulo I del presente documento se plantean el problema y el objetivo general y los específicos, que a su vez permiten establecer las actividades más importantes de la investigación, la justificación del estudio, los antecedentes u otros trabajos realizados en el pasado sobre el tema, así como las proyecciones o resultados que se espera obtener.

En el capítulo II se desarrolla toda la parte teórica de la investigación, en la que se explica qué es la red de distribución de energía eléctrica, y se describen los trabajos en líneas energizadas de distribución, las metodologías de trabajo en líneas energizadas que ha definido la CNFL; el equipamiento para realizar labores en líneas energizadas de media tensión, así como las herramientas manuales utilizadas en líneas de distribución, lo mismo que cómo impartir charlas de capacitaciones y la relación costo-beneficio (B/C) que representa la implementación de lo que resulte recomendado.

En el capítulo III se presenta el marco metodológico, en el que se recomiendan la forma de recopilación de datos para realizar la investigación, las fuentes de apoyo para el desarrollo de la investigación, las variables o unidades de análisis de los datos; el instrumento de análisis de datos y el proceso para el análisis de los datos obtenidos del proceso de ejecución de las pruebas.

En el capítulo IV se procede a crear el correspondiente perfil de especificaciones técnicas deseadas para la investigación y se hace el análisis de las herramientas presentadas por proveedores nacionales. Igualmente se hace la selección de equipos para pruebas de funcionabilidad, ejecución de los ensayos de laboratorio y presentación de los resultados de pruebas realizadas. Luego se sigue el proceso de introducción de los equipos para las labores y se efectúan las prácticas reales “a contacto” con líneas energizadas y con la identificación de los beneficios del uso de equipos de batería.

En el capítulo V se presentan las conclusiones producto de la labor investigativa realizada y se hacen las recomendaciones que sus resultados señalen como las más convenientes.

Justificación

El objetivo de este proyecto es determinar la conveniencia o no de incorporar el uso de herramientas de batería en trabajos de altura en líneas de distribución de media tensión energizadas, de la CNFL, las cuales con el tiempo y con más investigación podrían llegar a sustituir por completo las herramientas mecánicas y manuales utilizadas en la actualidad. Esto mediante una investigación de mercado que justifique y se apegue a las necesidades de los linieros especializados en este tipo de trabajos. Una vez recabada la información obtenida de empresas proveedoras nacionales es importante escoger las herramientas (número de catálogo, serie y modelo) para verificar que respondan a la funcionabilidad requerida una vez sometidas a ensayos de laboratorio en el LEIC.

De esa manera, superados estos ensayos es de vital importancia instruir a los técnicos especializados en la manipulación y el uso de la herramienta seleccionada, mediante charlas de capacitación en las que se realicen pruebas de campo para validar la ergonomía en el momento de su operación.

El efectuar pruebas de campo reales en líneas energizadas sería la última etapa del plan de implementación del uso de herramientas de batería para trabajos en líneas de distribución de media tensión energizada.

Finalmente, es muy importante sensibilizar a la Gerencia General de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A. acerca del impacto positivo que podría tener el uso de herramientas innovadoras de alta tecnología en la reducción de los costos operativos en pólizas de seguros e incapacidades por accidentes laborales; bajo un enfoque en cuanto a la eficiencia y eficacia de los procesos, alineado esto al plan estratégico institucional.

Antecedentes

En Costa Rica existen aproximadamente ocho empresas eléctricas reconocidas que se encargan de la generación y distribución de energía eléctrica. De ellas únicamente cuatro adoptado la modalidad de realizar trabajos “a contacto” con líneas energizadas en media tensión (JASEC, ESPH, ICE y CNFL) (itecna, 2018). Sin embargo, y como dato relevante, ninguna de las descritas mencionadas -según registros- realiza sus labores en media tensión con herramientas eléctricas de batería ya que lo hacen con herramientas 100% mecánicas.

Algunos hechos relevantes de lo que se pretende con este proyecto y algunas propuestas presentadas para la ejecución de trabajos en redes de distribución eléctrica son los que se indican a continuación.

Título: Propuesta de mejora de los protocolos de trabajo en líneas energizadas, en redes de media tensión

Autores: Luis Esteban Castro Hidalgo

Año: 2016

Institución: Universidad Fidelitas

El autor de la investigación expone los resultados que obtuvo del análisis de los elementos y las condiciones referentes a la ejecución de labores en línea energizada en redes de media tensión, en la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, y cómo estos, por medio de un proceso de estudio, se pueden optimizar con el fin de mejorar la calidad del servicio eléctrico.

Finalmente se determina que la modificación de los protocolos de trabajo de las labores de líneas energizadas en redes de media tensión arroja resultados positivos. Entre estos, mejorar la vida útil de los equipos, mayor estabilidad del servicio de media tensión de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz y el incremento de los beneficios económicos por la reducción de pérdidas de energía.

También se demuestra la necesidad de optimizar varios protocolos establecidos en la Compañía Nacional de Fuerza y Luz. Se propone entonces un nuevo procedimiento para la instalación de postería y equipos de seccionamiento de la red en líneas energizadas. Igualmente se comprueba la necesidad de normar prácticas laborales en los espacios para la instalación de elementos en la red con presencia de líneas de media tensión energizadas. Sumado a lo anterior, se puede decir que la investigación para la introducción de nueva tecnología para trabajos en líneas energizadas es un excelente complemento para implantar un trabajo integral y moderno.

Título: Estadísticas de Salud Ocupacional

Autores: Consejo de Salud Ocupacional

Año: 2015

Institución: Ministerio de Salud y Seguridad Social. Consejo de Salud Ocupacional

Los autores de esta investigación dan pautas importantes para analizar las prioridades en materia de salud ocupacional para el desarrollo de planes, programas y proyectos que incidan en la disminución de la accidentabilidad laboral, la promoción de la salud, la prevención y la protección ante condiciones de riesgo y, por ende, en el mejoramiento de las condiciones de trabajo.

Estos datos surgen principalmente de las estadísticas entregadas por la Superintendencia General de Seguros (SUGESE) sobre la accidentabilidad laboral del año 2015, que registra el Seguro de Riesgos del Trabajo del Instituto Nacional de Seguros (INS); la Encuesta Continua de Empleo del IV Trimestre del 2015; la I Encuesta Centroamericana de Condiciones de Trabajo y Salud 2011 (I ECCTS), el Banco Central de Costa Rica, la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS); y el Observatorio del Mercado Laboral del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y el Consejo de Salud Ocupacional (CSO).

Los autores plantean que en las provincias de Alajuela, San José y Puntarenas es en donde más se concentran los índices de accidentabilidad en el país. Adicionalmente a este importante dato, también revelan que los sectores de electricidad y de construcción concentran las actividades económicas en las que se presentaron los mayores porcentajes de incidencia laboral del país entre los años 2011 y 2015.

Hablan y hacen énfasis en los accidentes más comunes por los cuales las personas hacen más uso de las pólizas de seguros. Están en primer lugar golpes/cortes por objetos o herramientas, con 34 690 personas. Seguidamente están los sobreesfuerzos físicos que conllevan lesiones musculares y lumbares, con 15 409 personas. Estos últimos son una de las principales causas que motivaron realizar

una investigación que pudiese llevar a bajar el índice de lesiones musculares y lumbares producidas por enfermedades laborales.

Un dato particular que citan textualmente los autores de este estudio es el siguiente: “*En el año 2015 la mayoría de las personas que han experimentado algún accidente laboral son trabajadores jóvenes cuyas edades oscilan entre los 20 y menos de 35 años (47%); los varones son quienes más han sufrido accidentes laborales en ese rango de edad, correspondiente a 80%, mientras que las mujeres que han sufrido accidentes y enfermedades laborales en este rango representan 17%, siendo el 3% restante datos ignorados.*” Lo anterior enciende una alarma que debe ser atacada como un factor importante de riesgo psicosocial en el trabajo, el cual hace referencia a un comportamiento social natural del ciudadano costarricense.

Título: Implementación de tecnología virtual en capacitación de personal para trabajos en líneas energizadas

Autores: Grupo SETET Colombia

Año: 2019

Institución: SETET, Servicios especializados para trabajos en tensión

Los autores de esta iniciativa ven la necesidad de cambiar el modo de capacitación en formación del sector eléctrico, ya que este se limita a formatos catedráticos y empíricos no personalizados, que no toman en cuenta el ritmo de aprendizaje de cada persona. En la actualidad las empresas demandan actualización en sus procesos de formación y cuantificación del nivel de competencia de sus operarios, para garantizar su seguridad y a la vez reducir costos en sus procesos de capacitación. Como lo dice el gerente operativo de SETET, “...*La Realidad virtual recrea un entorno real de manera digital. SETET integra la realidad virtual en sus procesos de formación como complemento del modelo tradicional con el proyector VR Electric Training*”. Las principales ventajas de esta importante iniciativa radica en que puede garantizar la seguridad así como despertar la comprensión de los operarios en el proceso de formación. Adicionalmente, se forman operarios sin exponerlos a peligros reales y se genera confianza y seguridad en los operarios antes de iniciar su formación en un entorno real.

Lo anterior tomando en cuenta que en un futuro próximo la necesidad de mantener el flujo eléctrico constante va a ser una prioridad inminente. Es de suma importancia empezar a incursionar en nuevas tecnologías que faciliten y agilicen las labores en trabajos en líneas energizadas, tal como se pretende mediante el desarrollo de este proyecto.

Proyecciones

De ser favorable el resultado del estudio se implantará el uso de herramientas de batería en labores realizadas en media tensión energizada. Del mismo modo, se hará el posterior análisis para incluir futuros equipos según las necesidades que se presenten con el tiempo. Por ello se hará la entrega del resultado final de esta investigación a la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A., como un instructivo o guía para la incorporación de nuevos activos en el futuro.

Para la implementación del uso de herramientas de batería mediante esta investigación se procurará hacer la mejor elección de los equipos, de manera que sean capaces de:

- Dar torque (y función de aflojar) a tuercas hexagonales y cuadradas.
- “Crimpar” (realizar compresiones) conectores de aluminio hasta un calibre de 3/0, así como terminales electrolíticas y empates de línea de un calibre de hasta 477 Kcmil.
- Realizar cortes limpios en conductores de aluminio (ACSR, AAAC, AAC) hasta calibres de 477 Kcmil.

Se escogerán una marca y un modelo que se adecuen a las necesidades descritas anteriormente y que cumplan con la funcionalidad al ser utilizadas en líneas de distribución de media tensión energizada.

Una vez escogidos los modelos y marcas se impartirán capacitaciones en las que se le presentarán al técnico las funcionalidades de los equipos seleccionados, así como sus capacidades y limitaciones. También se realizarán pruebas reales de campo para probar la aceptación por parte del usuario final.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Red de distribución de energía eléctrica

La red de distribución de la energía eléctrica o sistema de distribución de energía eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico cuya función es el suministro de energía desde la subestación de distribución hasta los usuarios finales (medidor del cliente). Esta tarea la llevan a cabo los operadores del sistema de distribución (Distribution System Operator o DSO, en inglés).

Los elementos que conforman la red o sistema de distribución son los siguientes:

- Subestación de distribución: conjunto de elementos (transformadores, interruptores, seccionadores, etc.) cuya función es reducir los niveles de alta tensión de las líneas de transmisión (o subtransmisión) hasta niveles de media tensión para su ramificación en múltiples salidas.
- Circuito primario.
- Circuito secundario.

La distribución de la energía eléctrica desde las subestaciones de transformación de la red de transporte se realiza en dos etapas.

La primera está constituida por la red de reparto que, partiendo de las subestaciones de transformación, reparte la energía, normalmente mediante anillos que rodean los grandes centros de consumo, hasta llegar a las estaciones transformadoras de distribución. Las tensiones utilizadas están comprendidas entre 25 y 132 kV. Intercaladas en estos anillos están las estaciones transformadoras de distribución, que son las encargadas de reducir la tensión desde el nivel de reparto al de distribución en media tensión.

La segunda etapa la constituye la red de distribución propiamente dicha, con tensiones de funcionamiento de 3 a 30 kV y con una característica muy radial. Esta red cubre la superficie de los

grandes centros de consumo (población, gran industria, etc.), uniendo las estaciones transformadoras de distribución con los centros de transformación, que son la última etapa del suministro en media tensión, ya que las tensiones a la salida de estos centros es de baja tensión (125/220 o 220/380 V1).

Las líneas que forman la red de distribución se operan de forma radial, sin que formen mallas; al contrario que las redes de transporte y de reparto. Cuando existe una avería, un dispositivo de protección situado al principio de cada red lo detecta y abre el interruptor que alimenta esta red.

La localización de averías se hace por el método de "prueba y error", al dividir la red que tiene la avería en dos mitades y energizar una de ellas. A medida que se acota la zona con avería se devuelve el suministro al resto de la red. Esto ocasiona que en el transcurso de la localización se puedan producir varias interrupciones a un mismo usuario de la red¹.

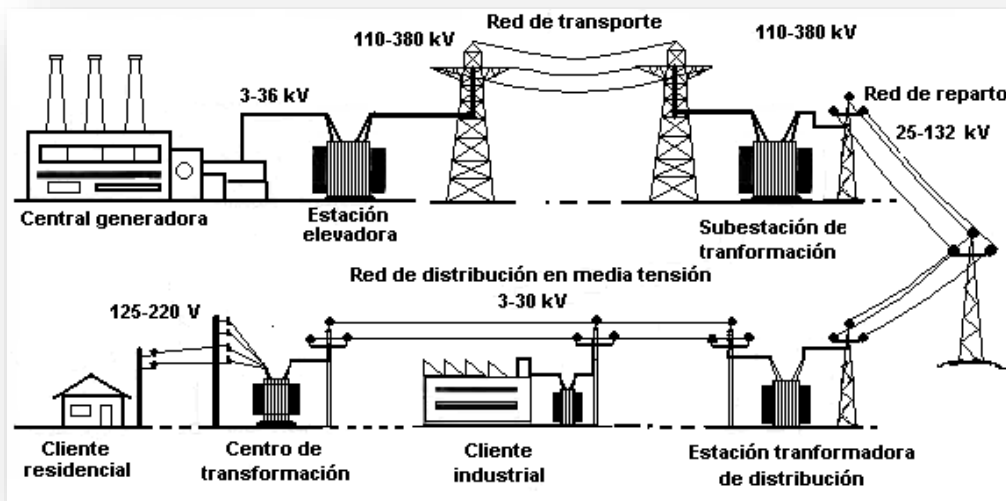


Ilustración 1, Sistema de suministro eléctrico.

Fuente: (SDE Mexico, 2018)

¹ <https://sites.google.com/site/distribucionenergiaelectrica/red-de-distribucion-de-la-energia-electrica>

Líneas aéreas de media tensión

Las líneas aéreas de media tensión son aquellas que se utilizan en la distribución de la energía eléctrica en las ciudades, zonas rurales y provinciales. Se define como línea aérea: "... el elemento de transporte o distribución formado por conductores desnudos apoyados sobre elementos aislantes que, a su vez, son mantenidos a una determinada altura sobre el suelo y en una determinada posición, por medio de apoyos repartidos a lo largo de su recorrido".

No obstante, la denominación de media tensión (MT) la hacen las compañías eléctricas según el Reglamento de líneas eléctricas de alta tensión. Estas líneas son las llamadas de tercera categoría. La tensión de las líneas de MT, según el reglamento, es de 34.5 Kv; pero según la zona geográfica se pueden encontrar líneas de diferente tensión, como 4 kV y 13.8 Kv. Las líneas aéreas de media tensión suelen apoyarse, la mayoría de las veces, mediante la utilización de postes de hormigón o hierro.²



Ilustración 2. Líneas aéreas de media tensión

Fuente: (MW MEGAVATIOS, 2020)

² <https://electricidad-viatger.blogspot.com/2010/05/lineas-aereas-de-media-tension.html>

Trabajos en líneas energizadas de distribución

También los llamados trabajos en líneas vivas cobran especial relevancia en el actual escenario normativo, el que apunta a asegurar la calidad y la continuidad de suministro eléctrico para los clientes; básicamente porque reducen al mínimo las solicitudes de desconexiones. Estas labores son realizadas por la mayoría de las empresas eléctricas de distribución, en mantenimiento, operaciones, y en el desarrollo de nuevos proyectos.

Los trabajos con la metodología de líneas energizadas tienen como principal objetivo reparar, mantener, modificar o realizar intervenciones sobre los distintos elementos que componen una instalación eléctrica, ya sea en baja, media o alta tensión, sin la necesidad de indisponer o suspender el suministro de electricidad lo cual permite mantener y hasta mejorar la confiabilidad en su sistema. En ese sentido vienen a ser una solución para las compañías distribuidoras. Así se evitan las multas por sus índices de continuidad de suministro eléctrico que se ven afectados con la interrupción del servicio a los clientes³.



Ilustración 3 Trabajos en líneas de energizadas de distribución

Fuente (SALLISBURY, 2013)

³ <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2800&srch=mantenimiento&act=3>

Metodologías de trabajo en líneas energizadas.

Según Leopoldo Urrea, Jefe SS&O Proyectos de Transelec, estos trabajos se realizan actualmente de tres formas:

- Trabajos a distancia. En este caso, para que el liniero se aproxime a las instalaciones energizadas debe utilizar bastones (o pértigas) con excelente aislación, de largos adecuados, muy livianos y maniobrables. Estos son fabricados con resinas epóxicas de alta calidad que permiten que el liniero manipule (sirven como extensión de sus brazos) con ellos los equipos y las líneas energizadas.⁴



Ilustración 4, Trabajo con tensión a distancia.

Fuente: (Revista Electro Industria, 2019)

⁴ <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2800&srch=mantenimiento&act=3>

• Trabajos “a contacto” o protegido. Se define como método “a contacto” al que se emplea para manipular, intervenir y trabajar en líneas de media tensión energizadas y en servicio, en forma directa, por linieros especialistas. Son quienes ejecutan todos los trabajos previamente estudiados con la tensión de servicio presente. En estas condiciones el liniero -sobre plataformas aisladas o en un camión hidroelevador- toma la línea o equipos energizados con sus manos, cubiertas con guantes y manguillas de goma aisladas, y posteriormente se aproxima a estas instalaciones con la parte superior del cuerpo protegido con cobertores o cubrelíneas aisladas especiales para estos trabajos en MT.⁵



Ilustración 5, Trabajo con tensión a contacto.

Fuente: (Revista Electro Industria, 2019)

• Trabajo “a potencial”. Con este método el liniero entra en contacto directo con la línea de alta tensión o instalaciones energizadas utilizando equipamiento especial. Actúa con sus manos y con la ayuda de herramientas y pértigas convencionales realiza las conexiones en los cables, conductores

⁵ <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2800&srch=mantenimiento&act=3>

y equipos; aprieta conexiones, engrampa y enchaveta cadenas de aisladores; cierra y abre puentes, cambia amortiguadores, y reemplaza separadores amortiguadores. Asimismo, inspecciona conductores por posibles hebras cortadas, para lo cual se desplaza por el cable en carro. Instala o retira instrumentos para controles o registros y realiza muchas otras faenas con puntos energizados o próximos a estos; esto con un alto grado de dificultad en su ejecución. Con este método se obtienen mayor rapidez y más eficiencia⁶.



Ilustración 6, Trabajo con tensión a potencial.

Fuente: (Revista Electro Industria, 2019)

Equipamiento para realizar labores en líneas energizadas de media tensión

Con el paso del tiempo las tecnologías han aportado notables mejoras en diseño y fabricación de equipos y herramientas, que ofrecen los más altos índices de seguridad y puedan proporcionar facilidad en su uso al tiempo que constituyen una ostensible mejora en su calidad, siempre apuntando a dar al especialista la posibilidad de mejorar su rendimiento y facilitar su tarea. También le dan una

⁶ <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2800&srch=mantenimiento&act=3>

máxima seguridad para realizar su función, por lo que a continuación se detallan los elementos que como mínimo está en su deber utilizar el personal técnico, si se dispone a realizar labores en líneas de media tensión energizada.

Camión hidroelevador aislado

Los camiones hidroelevadores son utilizados comúnmente por las empresas distribuidoras de energía para realizar sus trabajos en altura, principalmente cuando estos son realizados en presencia de media o alta tensión, ya que permiten posicionar a dos técnicos distanciados y aislados entre sí en dos cestas independientes, lo que da seguridad y apoyo entre ambos técnicos. Su mejor característica radica en las cualidades de sus brazos, ya que estos son aislados y testados con 100 kV por pie, según la norma ANSI A 92.2 2009, para garantizar la seguridad del personal que se encuentra a bordo del hidroelevador.



Ilustración 7. Camión hidroelevador aislado.

Fuente (PESCO/ALTEC, 2017)

Equipamiento para proteger instalaciones energizadas

Son barreras eléctricas aisladas que cumplen con la funcionalidad de aislar al técnico, puntos a tierra y fases, para evitar de este modo un posible incidente por contacto directo o indirecto. Se clasifican en clases según la tensión de prueba y de uso, de la siguiente manera según la especificación D-1048 de ASTM:

CLASE	VOLTAJE DE PRUEBA AC / DC	VOLTAJE DE USO MÁXIMO AC / DC
00	2500 / 10,000	500 / 750
0	5,000 / 20,000	1,000 / 1,500
1	10,000 / 40,000	7,500 / 11,250
2	20,000 / 50,000	17,000 / 25,500
3	30,000 / 60,000	26,500 / 39,750
4	40,000 / 70,000	36,000 / 54,000

Ilustración 8. Tipos de clases para equipamiento aislado.

Fuente (SALLISBURY, 2013)

A partir de esta tabla se derivan los equipos por utilizar para los trabajos en líneas de media tensión energizadas, entre los cuales se pueden tener:

Mantas aislantes de hule

Las mantas flexibles ayudan a proteger a los operarios ante contactos accidentales con partes vivas durante las tareas de mantenimiento de línea. Hechas de elastómero resistente al ozono y al efecto corona, estas mantas poseen excelentes propiedades de acuerdo con la especificación D-1048

de las normas ASTM. Su formulación especial presenta una resistencia superior al envejecimiento y agrietamiento de largo plazo, y mantiene su color naranja de gran visibilidad.⁷

Por su flexibilidad las mantas de hule cubren muchas partes de forma irregular y normalmente se utilizan, junto con las cubiertas para conductores (flexibles o rígidos), sobre retenciones, crucetas, *racks* secundarios, aisladores a perno sobre la punta del poste y aparatos diversos, y se pueden encontrar de tipo liso o ranurado (Ilustración 9).⁸

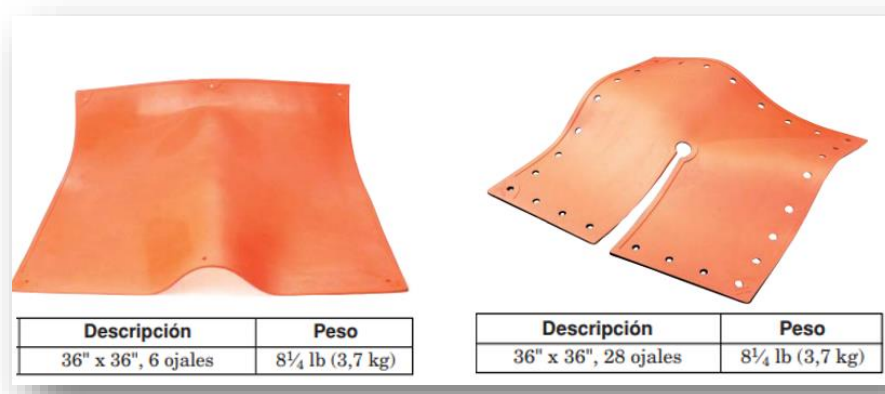


Ilustración 9, Manta de hule lisa y ranurada.

Fuente (SALLISBURY, 2013)

Como son de clase 4 (el más alto nivel en la industria) y tipo II (resistentes al ozono), las mantas aislantes de hule pueden usarse en instalaciones que requieran equipos de menor clase o tipo.

Las mantas aislantes de hule están diseñadas con ojales perimetrales para colocarles botones y broches (Figura 9). El ojo central de diámetro 1,5" de las mantas ranuradas (Figura 8) se adapta con facilidad a los herrajes más comunes.⁹

⁷ <http://www.munelec.cl/pdf/13.pdf>

^{8 9} <http://www.munelec.cl/pdf/13.pdf>



Ilustración 10. Botón y broches de sujeción.

Fuente (SALLISBURY, 2013)

Mangueras flexibles aislantes de hule

Las mangueras flexibles para línea son mucho más livianas que otras cubiertas dieléctricas y protegen a los linieros contra el contacto accidental con los conductores. Fabricadas según la norma ASTM D 1050-90 con elastómero termoplástico resistente al ozono y corona, tienen un comportamiento excelente. No absorben el agua.¹⁰

El borde exterior se levanta fácilmente para abrir y colocar un conductor desde cualquier extremo. Al empujar en el otro extremo (Figura 10) la manguera completa se desliza sobre el conductor mientras el borde se cierra alrededor de él. Para quitar una sección de manguera se abre uno de sus extremos y se la separa del conductor.¹¹



Ilustración 11. Mangueras flexibles aisladas

Fuente (SALLISBURY, 2013)

^{10 11}<https://hubbellcdn.com/catalogfull/2400-CoverUpEquip-ES.pdf>

Elementos de protección personal para intervenir instalaciones energizadas

Cuando se mencionan elementos de protección para intervenir instalaciones energizadas la referencia es a todas aquellas barreras que protegen directamente la integridad del personal técnico ante algún incidente. Es decir, ante alguna eventualidad no deseada durante la labor en líneas energizadas de media tensión por algún fallo en el cubrimiento instalado, descuido del personal técnico o por algún agente externo que incida directamente en la labor. Como elementos de protección personal para intervenir instalaciones energizadas se pueden citar:

- Casco dieléctrico de ala ancha
- Balaclava o capucha protectora
- Gafas de protección
- Mangas aisladas
- Guantes dieléctricos
- Uniforme retardante a la llama de Nomex
- Dispositivos anticaídas

Casco dieléctrico de ala ancha

Los cascos de seguridad de ala ancha completa consisten en una estructura de polietileno (concha) y un sistema de suspensión que, juntos, crean un sistema de protección. Cumplen y exceden los requisitos aplicables para un casco tipo I (impacto superior) establecidos por la normatividad mexicana. Están diseñados para dar protección contra impactos (limitada) y penetración en la cabeza de los usuarios, así como contra la tensión eléctrica.



Ilustración 122. Casco de ala ancha completa.

Fuente: (Casco de ala ancha MSA)

Especificaciones técnicas

- Ancho de bandas de la suspensión: 1.905 cm ($\frac{3}{4}$ ")
- Puntos de apoyo: 4, peso: 340 grs
- Visera: antirreflejante, ala completa o redonda
- Tensión eléctrica de hasta 30,000 volts.
- Dieléctrico 100% - Forma I (forma de ala completa con ala y visera).

Balaclava o capucha protectora

Su objetivo primordial es proteger toda la cabeza frente a entornos con riesgos térmicos por quemaduras debido a calor y llamas. Su protección contra el fuego tiene la certificación de examen CE de tipo conforme a lo expresado en el reglamento (UE) 2016/425 y de acuerdo con los procedimientos de ensayo aplicables según la norma ISO 11612:2015. Son fabricadas sin una sola costura y en una sola pieza. Está diseñada para mejorar la comodidad y evitar las rozaduras. También son diseñadas para secar la humedad rápidamente y de forma eficaz. Es ideal para actividades intensas. Tienen protección antiestática de uso. Es tecnología avanzada de protección contra el fuego gracias al material de Viscosa antifuego. Son diseñadas para uso profesional de bomberos y trabajadores expuestos a peligros causados por fuego.¹²



Ilustración 13. Capucha para protección contra quemaduras.

Fuente (Buff)

Gafas de protección

Uno de los equipos de protección personal de mayor uso, sin duda alguna, son los lentes de seguridad los cuales protegen los ojos al frente y a los lados de una gran variedad de peligros o riesgos, como objetos o partículas sólidas voladoras, e incluso de salpicaduras químicas. Se debe tener en cuenta también que en el mercado existen distintos tipos de protección ocular,

¹² https://www.buff.com/es_es/modacryl-fire-balaclava-solid-black-buff-pro.html

dependiendo básicamente de la naturaleza del trabajo que se va a realizar y del ambiente. Por tanto, los tipos de lentes de seguridad disponibles se clasifican por su uso, pues cada tipo tiene ciertas ventajas e inconvenientes relacionados con su fabricación.

Dentro de los principales tres tipos de lentes se debe considerar que los lentes de cristal ofrecen resistencia a los arañazos y, además, se pueden usar para la protección contra productos químicos agresivos. Así mismo, los lentes de vidrio tienen la propiedad de que pueden ser fabricados de acuerdo con graduaciones médicas prescritas, para que puedan ser usados sin gafas debajo. Por otro lado, los lentes de plástico, al ser más ligeros que los de vidrio, son apropiados para proteger contra salpicaduras de soldadura; además de que este tipo de lente es resistente al empañamiento; sin embargo, no es tan resistente a los arañazos como lo son los lentes de cristal. Los lentes fabricados de policarbonato son ligeros tienen la propiedad de no empañarse. Asimismo, son más fuertes que los de vidrio y los de plástico, y también son muy resistentes al impacto. La debilidad de los lentes de policarbonato es que no resisten los arañazos como los lentes de cristal.

Los lentes de seguridad transparentes se fabrican por lo general con vidrio a prueba de roturas y, básicamente, se constituyen en la forma más común de lentes disponible de protección para los ojos. Estos lentes, por sus características, se consideran de protección de frente, debido a que proporcionan solo protección frontal para el usuario.

Los lentes de sol de seguridad son muy similares a los lentes de seguridad transparentes. Los de sol de seguridad ofrecen la misma protección que los antes mencionados, pero, además, se les han añadido otras propiedades como la protección contra los rayos del sol. De este modo, para cuando se realizan trabajos en exteriores se recomienda utilizar los lentes de sol de seguridad de protección frontal.

Los sobrelentes de seguridad los utilizan quienes usan lentes graduados de prescripción médica debido a que por sus características estos "sobrelentes" de seguridad se ajustan sobre la

mayoría de los lentes graduados, pero también este tipo de lentes de seguridad pueden ser usados solos.

Estos lentes tienen la propiedad de ofrecer un poco de la más alta protección de todos los tipos de lentes de seguridad, ya que se ofrecen tanto para proteger los ojos como para cubrirlos y también por sus características ofrece un amplio campo de visión para el usuario.

Los lentes de seguridad por prescripción están orientados para los usuarios que utilizan lentes por prescripción médica. Se fabrican con receta médica con la opción de usar gafas de seguridad sin las gafas habituales debajo. De este modo, estos lentes de seguridad están hechos de acuerdo con la medida requerida por el usuario, e incluso se pueden comprar como lentes bifocales.

Los lentes de seguridad químicos tienen marcos duraderos que pueden absorber el impacto y que además cuentan con protecciones laterales que impiden que objetos o líquidos entren en contacto con los ojos de la persona. Este tipo de lentes de seguridad protegen contra salpicaduras de sustancias químicas, pero para una protección química completa es apropiado el uso de los lentes de seguridad.

Las gafas de seguridad no vendrían a ser los lentes de seguridad debido a que las gafas proporcionan una cobertura completa de los ojos, ya que mientras los lentes de seguridad protegen solo el frente y los lados de los ojos, las gafas de seguridad ofrecen una protección integral, y son ideales para cuando los ojos del usuario necesitan protección contra fragmentos voladores u objetos o partículas en el aire.

Básicamente son la única protección recomendada para los ojos contra el polvo. Del mismo modo, las gafas de seguridad también tienen la propiedad de proteger contra vapores químicos, salpicaduras y humos, e incluso protegen al usuario de temperaturas extremadamente altas. Para mayor funcionalidad, los lentes de las gafas pueden ser tratados con recubrimientos anti-empañamiento y están hechos de material de policarbonato, lo que incrementa las ventajas de su uso.

Se debe tomar en cuenta que los lentes de contacto de ninguna manera son considerados sustitutos de un dispositivo de protección para la vista, pues algunos trabajadores han sufrido incapacidades permanentes de su vista por el uso de este tipo de lentes. Incluso hasta hay quienes quedaron ciegos al ingresarles en el ojo sustancias químicas corrosivas o partículas pequeñas entre la lente de contacto y los ojos.

De darse el caso de necesitar del uso de lentes graduados es recomendable incorporar a las gafas protectoras la corrección correspondiente. Pueden usarse monovisores que de alguna manera cubran los anteojos comunes aunque, como se mencionó, estos deberían tener forma de copa para ser lo suficientemente anchos como para que los anteojos de medida quepan totalmente.¹³



Ilustración 14. Gafas de Seguridad

Fuente (distribuciones y dotaciones R.A.C)

Mangas aisladas de caucho

El principal objetivo de las mangas aisladas de caucho es prolongar la cobertura del brazo desde el puño de los guantes aislantes hasta el hombro, a fin de proteger esta zona contra contactos accidentales con conductores o equipos energizados. Las mangas aisladas de caucho cuentan con una pestaña reforzada en el puño mucho más práctica que la que se logra arrollando el caucho, pues abulta menos y encaja más fácilmente en el puño del guante. Las mangas aislantes pueden construirse por

¹³ <http://norma-ohsas18001.blogspot.com/2013/09/lentes-de-seguridad.html>

inmersión o por moldeo. Ambos sistemas cumplen con los requisitos de la norma ASTM D1051 al ofrecer el mismo nivel de alta calidad y adecuada protección.

El proceso por inmersión es el mismo que se aplica en la elaboración de los guantes aislantes de caucho. Se sumerge un molde de porcelana en caucho líquido, se deja secar, se corta, se marca y luego se somete al curado. Antes de su envío se le practican los mismos controles de calidad y se hacen los mismos ensayos. Las mangas obtenidas por este proceso se fabrican en los mismos colores que los guantes, incluso en las combinaciones bicolor. Las mangas deben elegirse de manera tal que calcen en el brazo con comodidad y cubran desde la parte superior del hombro hasta la parte superior interna del guante. Las más cortas son las de tamaño regular, que tienen el puño y el brazo de menor abertura. Para evitar que la manga empuje y saque al guante de la mano elija la manga lo más corta posible, pero siempre cubriendo totalmente el brazo hasta el hombro.¹⁴



Ilustración 15. Mangas de protección de caucho aisladas.

Fuente: (SALLISBURY, 2013)

Guantes aislantes

Los guantes aislantes de caucho están considerados entre los artículos de protección personal más importantes para los operarios electricistas. Los guantes aislantes de caucho con su elevada resistencia dieléctrica y física, gran flexibilidad y larga duración, han ganado su bien merecido

¹⁴ <http://www.munelec.cl/pdf/19.pdf>

prestigio gracias a su excelente desempeño. Cumplen y aun superan los requisitos de las especificaciones ASTM D120 actualmente en vigencia.

Los guantes aislantes de caucho están contruidos mediante la inmersión de moldes de porcelana dentro de un tanque que contiene caucho líquido. La fina capa de caucho que se obtiene es puesta a secar y el proceso es repetido hasta lograr el espesor requerido. Según sea el nivel de tensión del guante, el ciclo inmersión-secado-inmersión puede repetirse hasta más de 30 veces. Luego de haber alcanzado el espesor deseado los guantes se dejan secar y, una vez secos, son cortados de la longitud necesaria. Luego se enrolla parte de la bocamanga para conformar el borde reforzado y se le aplican la etiqueta ASTM y el rótulo con los datos de fabricación, y se le agrega cualquier otro rótulo adicional y permanente que el cliente haya solicitado.¹⁵



Ilustración 16. Guante aislado clase 4 con protector de cuero

Fuente: (SALLISBURY, 2013)

¹⁵ <http://www.munelec.cl/pdf/19.pdf>

El siguiente proceso es el de curado de los guantes en una autoclave bajo presión de vapor y calor. Después del curado los guantes son inspeccionados visualmente. Los que tengan imperfecciones visibles son descartados. El siguiente tratamiento, llamado halogenación (clorinado), incrementa su comodidad y resistencia al desgaste. Luego los guantes se ensayan eléctricamente según las especificaciones ASTM D120/IEC 903. Finalmente, luego del ensayo dieléctrico los guantes son examinados visualmente por última vez, y solo los que hayan pasado con éxito estas pruebas quedan listos para ser embalados y transportados.¹⁶

Uniforme retardante a la llama de Nomex

Los trabajadores de servicios públicos están en contacto con riesgos como las combustiones instantáneas y los arcos eléctricos. Nomex® les ofrece protección para mejorar su seguridad.

Protección contra la combustión instantánea

Las prendas resistentes a las llamas, fabricadas con fibra DuPont™ Nomex®, pueden desempeñar un papel importante a la hora de proporcionar segundos que salvan vidas de personas que tienen que escapar de una combustión instantánea. La fibra Nomex® es intrínsecamente resistente a las llamas, de modo que es adecuada para aplicaciones de servicios públicos como las redes de distribución de gas, centrales de energía, y para proveedores de electricidad.

La tecnología térmica Nomex® controla la alta temperatura del fuego y a la vez ofrece una ligereza extraordinaria: las prendas resistentes a las llamas que están fabricadas con Nomex® son transpirables y cómodas.

¹⁶ <http://www.munelec.cl/pdf/19.pdf>

Protección contra el arco eléctrico

Un arco eléctrico es una descarga eléctrica continua de alta corriente entre conductores, lo que genera una luz muy brillante y un calor intenso. La ráfaga de arco presenta un gran peligro (potencialmente fatal) debido al riesgo de que se produzcan quemaduras muy graves provocadas por el calor concentrado y las salpicaduras de metal fundido.

Al proporcionar prendas de fibra Nomex®, las empresas protegen eficazmente a sus empleados frente a este riesgo. DuPont pone a prueba el rendimiento de sus tejidos para ropa de trabajo cuando estos se exponen a los arcos eléctricos utilizando el test DuPont™ Arc-Man®.¹⁷



Ilustración 17. Prenda de vestir retardante a la llama de Nomex

Fuente: (Dupont nomex, s.f.; Ingeniería Eléctrica, 2014)

¹⁷ <http://www.dupont.es/productos-y-servicios/equipo-de-proteccion-individual/proteccion-termica/uses-and-applications/utilities-personal-protective-equipment.html>

Tensiones simples y compuestas

Las instalaciones eléctricas trifásicas pueden estar construidas a tres o cuatro hilos con o sin conductor neutro, respectivamente (17).

En las instalaciones a tres hilos solo se puede medir la tensión compuesta de la instalación. Sin embargo, en las instalaciones a cuatro hilos se pueden medir la tensión simple y la tensión compuesta de la instalación.



Ilustración 18. Esquema de una líneas trifásica. a) Conexión a tres hilos b) Conexión a cuatro hilos

Fuente: (Ingeniería Eléctrica, 2014)

La tensión simple se define como el valor eficaz de la tensión que se tiene al medir entre un conductor de fase y el conductor neutro de una instalación eléctrica trifásica.

La tensión compuesta se define como el valor eficaz de la tensión que se tiene al medir entre dos conductores activos en una instalación eléctrica trifásica.

En las instalaciones trifásicas, a menos que se exprese explícitamente, el valor de la tensión que se facilita siempre es el valor eficaz de tensión compuesta.

En las instalaciones monofásicas la tensión medida siempre corresponde al valor eficaz de la tensión de simple. (Ilustración 19)

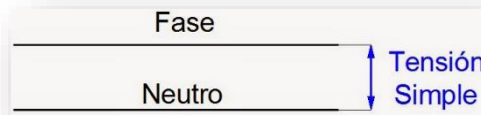


Ilustración 19. Esquema de una línea monofásica

Fuente: (Ingeniería Eléctrica, 2014)

La representación vectorial de las tensiones simples y compuestas de un sistema trifásico equilibrado se muestra en la *Ilustración 20*. En ella se representan las tensiones simples en color azul. Las tensiones compuestas se representan en rojo.

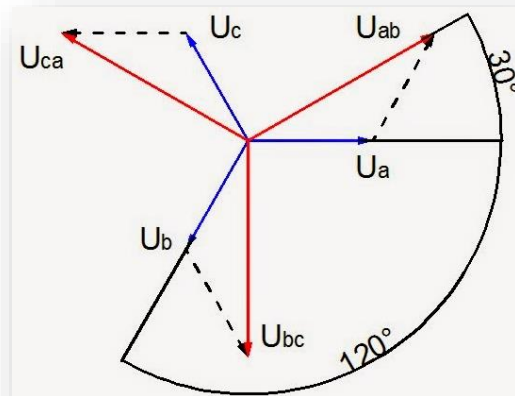


Ilustración 20. Representación vectorial de las tensiones simples (azul) y compuestas (rojo)

Fuente: (Ingeniería Eléctrica, 2014)

Una particularidad que se deduce del diagrama de tensiones simples y compuestas es que las tensiones compuestas están adelantadas 30° ($\pi/6$ rad) respecto de las tensiones simples y su módulo es $\sqrt{3}$ veces el módulo de las tensiones simples.

En efecto, la representación de las tensiones simples y compuestas en el dominio del tiempo (19) muestra que la tensión compuesta U_{ab} está adelantada 30° ($\pi/6 \text{ rad}$) respecto de la tensión simple U_a y su valor eficaz es $\sqrt{3}$ veces mayor.

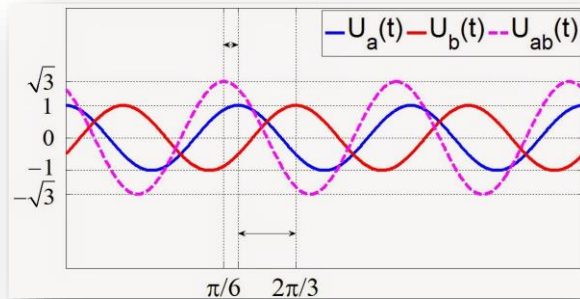


Ilustración 21. Evolución en el tiempo de las tensiones simples y compuestas

Fuente: (Ingeniería Eléctrica, 2014) (Klein Tools , 2020)

Finalmente, se debe hacer una pequeña consideración respecto al desfase entre tensiones simples y compuestas. Hay que notar que, a pesar de que existen $\pi/6 \text{ rad}$ de desfase entre las tensiones simples y compuestas, el desfase entre tensión compuesta (120° o $2\cdot\pi/3$) sigue siendo el mismo que el desfase entre tensiones simples (120° o $2\cdot\pi/3$)¹⁸

Herramientas manuales utilizadas en líneas de distribución

Alicate universal

Las pinzas de electricista, más conocidas como pinzas universales o alicate de electricista, es la herramienta utilizada en todo el mundo para realizar trabajos y reparar instalaciones eléctricas industriales y residenciales.

¹⁸ <http://ingenieriaelectricafravedsa.blogspot.com/2014/11/tensiones-simples-y-compuestas.html>

Varias son las características por las que se destacan las pinzas para electricidad, en diferentes aspectos:

- Para comenzar, estas herramientas deben haber sido forjadas en acero cromado, lo que hace que sean mucho más duraderas, además de resistentes al desgaste ya que así tales herramientas no estarán expuestas a la humedad ni al óxido.
- Pero eso no es todo. Gracias al recubrimiento satinado de su punta metálica estas pinzas también se caracterizan por una gran resistencia a la corrosión, porque esta capa impide la entrada de factores poco favorables que solamente contribuyen al deterioro del acabado de las pinzas.
- Por otro lado, los mangos deben ser cubiertos por un aislante bastante grueso, e incluso algunos de estos mangos soportan descargas de hasta 1 000 voltios, lo que hace que estas herramientas sean mucho más seguras y ayuden así a sus usuarios a protegerse de la electricidad e incluso de las altas temperaturas.
- En cuanto a las mordazas de las pinzas para electricista se diferencian de las de los demás tipos de pinzas, gracias a que estas son considerablemente más grandes, además de ser estriadas, por lo que son aptas para sujetar alambres o cables de una forma muy eficaz, así como también para torcer, cortar o enroscar.

Uno de los usos más frecuentes de este tipo de pinza es el de pelar los aislamientos y otras impurezas de los cables, lo que hace que sea una herramienta sumamente útil. No obstante, deben manipularse con cuidado para evitar dañar o cortar los alambres de cobre que se encuentran en el interior del cable.

Por último, es importante destacar que estas pinzas también pueden ser utilizadas en tareas relacionadas con la construcción, dado que permiten a sus usuarios cortar metales delgados con una gran facilidad y con una gran precisión.¹⁹



Ilustración 22. Alicata universal

Fuente (Klein Tools , 2020)

Llaves ajustables

Al igual que en el caso de las pinzas existe una amplia variedad de llaves ajustables y, en consecuencia, también una gran disparidad de nombres diferentes para cada herramienta que compone este extenso grupo. *Llave inglesa, llave francesa, llave sueca, llave de perro, llave de mono...* son todas curiosas denominaciones aplicables en estos casos y que generan confusión a la hora de querer adquirir alguna de esas herramientas.

Las llaves ajustables se usan en un sinnúmero de aplicaciones industriales, comerciales y domésticas, y son imprescindibles en todo taller o caja de herramientas. Su función es realizar movimientos manuales de torsión para aflojar o ajustar tuercas, pernos, bulones, tornillos y

¹⁹ <https://www.pinzas.online/pinzas-de-electricista-uso-funcion-y-caracteristicas/>

superficies cilíndricas de diverso tipo. Están disponibles en ferreterías o hipermercados y se dividen en dos grandes grupos:

- **Llaves fijas.** Sus caras están separadas por una distancia determinada de fábrica que no puede modificarse, de manera que el elemento de sujeción por aflojar o ajustar debe adaptarse a ellas, motivo por el cual solo sirven para una única medida de elemento de sujeción y generalmente se comercializan en juegos que abarcan varios tamaños. Son sumamente útiles en trabajos en los que es frecuente el uso de determinadas medidas de elemento de sujeción, por ejemplo en talleres de bicicletas, motos o automóviles.



Ilustración 23, Llaves fijas

Fuente: (GME/Sd., 2020)

- **Llaves ajustables.** Sus caras están separadas por una distancia que el usuario puede graduar a voluntad, de manera que pueda adaptarse al elemento de sujeción por aflojar o ajustar; motivo por el cual sirven para varias medidas de elemento de sujeción. Son sumamente útiles en trabajos en los que es frecuente el uso de caños, tubería y elementos de sujeción de muchos tamaños diferentes, por ejemplo aplicaciones de plomería y gas, herrerías, instalación de equipos de refrigeración y calefacción (HVAC) o en el hogar.²⁰

²⁰ <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-manuales/llaves-ajustables-tipos>



Ilustración 24. Llaves ajustables de varios tamaños

Fuente (Provedora Ferretera La Mundial S.A., 2020)

Pinza mecánica para compresionar

Es una herramienta mecánica manual fabricada con mangos de polímero que no requiere ningún ajuste de por vida y con ella se instalan conectores de cobre. Utiliza dados tipo W e indicador de desgaste visual integral que permite al usuario verificar rápidamente la condición de la herramienta para el correcto funcionamiento de prensado.²¹



Ilustración 25. Pinza mecánica para compresionar

Fuente: (myers)

²¹ <https://www.casamyers.com.mx/item/38800500>

Conectores de compresión

Los conectores de compresión de aluminio grado eléctrico son materiales de gran uso en la construcción de redes eléctricas de baja y media tensión y en la conexión de cables en derivaciones, prolongaciones, conexión de acometidas, entre otros.

Las ranuras del conector traen de fábrica un compuesto inhibidor del óxido y de la corrosión galvánica para conexiones aluminio-aluminio y aluminio-cobre.²²



Ilustración 26. Conector de compresión usado y nuevo

Fuente: (CONIMEL)

Cortadora tipo trinquete

Esta herramienta es utilizada en la industria eléctrica particularmente para realizar cortes limpios en los conductores eléctricos tanto aéreos como subterráneos. Suelen tener un diseño compacto y ser de hojas de una excelente calidad que ofrecen durabilidad y vida útil prolongada. Su diseño de trinquete permite realizar cortes limpios de manera sencilla y utilizando poca fuerza del operario. Tiene un sistema de liberación de hoja que permite detener el corte en cualquier momento, además de un seguro que cuida de la herramienta cuando no se está usando.

²² <https://dismatel.net/es/producto/conectores-de-compresion/>



Ilustración 27. Cortadora de cable tipo trinquete

Fuente: (RIDGID)

Sistema de variación de sobretensión HIPOT

El uso de esta prueba ha estado presente en los últimos cien años y es parecida a la prueba de aislamiento a tierra, excepto que la prueba de Hi-Pot es una prueba de estrés.

Los diferentes métodos de prueba de Hi-Pot

Hay tres tipos básicos de pruebas de Hi-Pot utilizadas en sistemas eléctricos de aislamiento, incluidas la propia maquinaria de rotación y el cable que proporciona la energía. Estos incluyen la Hi-Pot AC, la Hi-Pot de DC y la Hi-Pot de muy baja frecuencia. Cada una de estas tiene sus usos específicos, fuerzas y peligros potenciales para el operario y para el equipo.

Prueba de Hi-Pot AC. Es estrictamente una prueba de pasa/falla realizada en un valor de dos veces el voltaje de la placa de identificación de la máquina más 1.000 Voltios para nuevas máquinas aplicados por un minuto. Para sistemas de aislamiento usados el valor que es aplicado debe ser de 125% a 135% del valor de la placa de identificación por un minuto. A causa de los voltajes altos aplicados y por la dificultad de controlar la corriente de carga, si se descubre un defecto de aislamiento

generará rastros de carbón por medio del defecto y de otras áreas débiles del sistema de aislamiento y lo destruirá. Los voltajes altos y el potencial de corrientes altas también generarán un posible peligro para el personal que realice las pruebas.

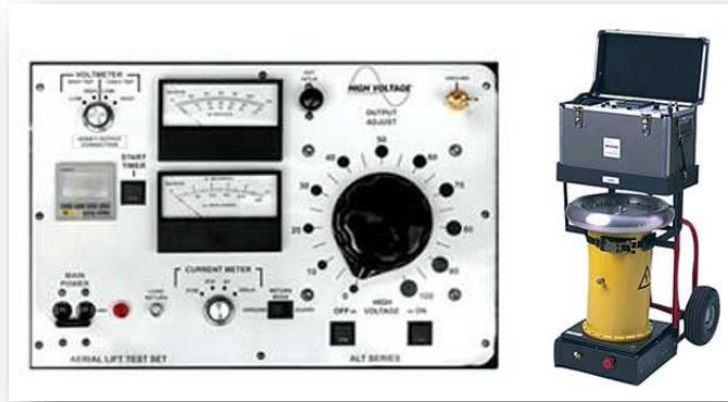


Ilustración 28, Sistema para pruebas Hipot

Fuente: (JM Test System)

La prueba de Hi-Pot DC es realizada utilizando energía DC en un valor de dos veces el voltaje de la placa de identificación de la máquina más 1.000 Voltios, con la suma total multiplicada por la raíz cuadrada de tres para nuevos sistemas de aislamiento. El nuevo valor del sistema del aislamiento es multiplicado por 65% a 75% para el valor probado en sistemas de aislamiento usados. La corriente de carga y la merma de corriente pueden ser vigiladas durante la prueba. Esta prueba también puede ser peligrosa para la condición del sistema de aislamiento; así que puede aplicarse un método alterno conocido como la prueba de voltaje-paso. En esta prueba el voltaje es traído a 500 ó a 1.000 Vdc a la vez. La corriente alcanzará brevemente picos y entonces disminuirá la que se relaciona con la corriente de carga. Esta corriente cuyo valor se decide así es referida como la corriente de merma.

La frecuencia muy baja (VLF, por sus siglas en inglés) DC Hi-Pot, fue utilizada originalmente en pruebas de cable para detectar sistemas de aislamiento de "horma" (fracturas diminutas). La VLF Hi-Pot aplica una frecuencia de 0,1 Hz al sistema de aislamiento que "excita" el sistema de

aislamiento. Esto presenta la oportunidad de la prueba de maquinaria de rotación con el poder de AC Hi-Pot y la protección de DC Hi-Pot.

¿Cómo impartir charlas?

El éxito de una charla o conferencia se empieza a poner en juego en el momento de su preparación, por lo que conviene tener en cuenta una serie de consejos y técnicas que aseguren que su contenido, la duración y la forma de transmisión del mensaje sean los óptimos.

Para esos fines una guía útil la constituyen las siguientes 14 recomendaciones generales sobre el arte de hablar en público, específicamente sobre lo que no se debe hacer al preparar la exposición. Estas sugerencias o recomendaciones permiten preparar la disertación teniendo muy presente que ciertos detalles son muy importantes porque determinan que el objetivo se logre o no se alcance.

Los objetivos de la preparación serán:

1.- Conseguir plasmar un contenido interesante y bien elaborado que se adapte al gusto del público y a las circunstancias del momento;

2.- que ese contenido sea presentado dentro de un esquema claro, que asegure que el público aprenderá sobre el tema en cuestión y que, a la vez, disfrute de un rato ameno para su mente y su corazón;

3.- por parte del expositor, lograr un dominio adecuado del contenido, el esquema y los instrumentos que se utilizarán (palabras, gestos, imágenes, espacio físico, etc.) para transmitir el conocimiento a los demás de manera efectiva.

¿Cómo conseguir esos objetivos a partir de los 10 aspectos esenciales de la preparación de una charla o conferencia. (Texto escrito en primera persona)?:

1.- EL PÚBLICO

Lo primero en lo que tenemos que pensar es en el público que va a asistir al acto y en el contexto en el que se va a realizar ese acto. En un entorno académico serio (apertura de curso, conferencia de ingreso en un órgano científico) hemos de pensar que los que nos escuchan estarán atentos, interesados y mantendrán la atención, porque esperan que estimulemos principalmente su mente. En ese caso ocupar un atril, seguir un documento, mantener una argumentación precisa y detallada, etc..., puede ser muy importante.

Desde mi punto de vista, solo en un caso similar está justificado el mantenerse detrás de un atril o de una mesa y seguir los papeles con rigidez. En cualquier otro supuesto, incluso en los congresos académicos, el público agradecerá que hagamos uso de la retórica y de la elocuencia, que usemos el espacio disponible, que les hablemos directamente sin “parapetarnos” detrás de ningún mueble o elemento, y sí puede ser con un micrófono que nos deje libres las manos. Tenga en cuenta que para su público aprender es gratificante, pero si además logra que disfrute conseguirá una mayor profundización en el aprendizaje, lo que también significa un recuerdo más duradero.

Hay que olvidar ya el prejuicio de que las buenas charlas, las que tienen un contenido interesante, suponen la lectura de un papel. En realidad, se puede ser igual de científico y preciso, y se puede argumentar con la misma fuerza racional sin apoyarse en un documento como si fuese una muleta aunque, eso sí, esa forma exigirá más esfuerzo. ¿No estaremos utilizando el argumento de dar una imagen más seria para ahorrarnos ese esfuerzo adicional que hará que nuestra conferencia sea recordada como excelente?

Ahora bien, esto no es lo único importante. Usted debe adaptar todos los elementos al público que va a asistir al evento. En todo caso debe vestir de manera apropiada a la situación y adaptar el lenguaje y los ejemplos que se utilicen al nivel cultural y a los intereses de su auditorio.

Hay veces que el público se muestra hostil y difícil de gestionar.

2.- DURACIÓN

Evidentemente, la duración es un elemento fundamental en la preparación del contenido e incluso de las formas. Tenga muy presente cuál es el tiempo de su intervención para adaptar los consejos del apartado siguiente:

3.- CONTENIDO

La conferencia debe estar dividida en partes, sobre todo si es extensa; pero estas tienen que estar bien unidas, desde el principio hasta el final.

El primer consejo no puede ser otro: prepárese bien. Hable solo de lo que sabe y, aun así, actualícese en las semanas o días previos al evento. Recuerde siempre que un experto es capaz de preparar y hacer comprensible su mensaje sin simplificarlo en exceso; mientras que alguien que no domina la disciplina dejará insatisfecha a una gran parte del público porque al querer simplificar lo que hará es quedarse en lo superficial. Solo quien tiene verdaderos conocimientos es capaz de presentarlos de manera didáctica pero correcta, incluso a otros especialistas.

El extremo opuesto es querer contar demasiadas cosas. Existen libros, revistas especializadas y artículos científicos que se pueden citar o autores a los que puede referirse; pero si se impone a sí mismo el requisito de presentar demasiados argumentos o detalles confundirá al auditorio y no conseguirá expresar lo que desea. Su mensaje se dispersará entre una nube de nombres y referencias.

Comience por pensar en tres ideas claves y ordénelas de manera que formen una estructura. Puede optar por un relato explicado en tres fases (introducción, punto clave y conclusión) o seguir una vieja norma de la lógica y presentar dos premisas de las que surge una conclusión. También puede centrarse en una sola idea y prepararla con dos argumentos preliminares que la presenten con fuerza.

En todo caso intente no abarcar más de tres ideas, incluso si para su conferencia cuenta con mucho tiempo.

4.- PRESENTACION DE LAS IDEAS CENTRALES

Tome cada una de las tres ideas. En primer lugar dígala a modo de titular., puesto que es el mensaje que quiere que se fije en el recuerdo. Después argumente a su favor (puede utilizar elementos históricos, científicos, artículos de prensa, argumentos racionales o emocionales, vídeos o lo que necesite, según el caso). Recuerde que en la comunicación, tan importante como el contenido del mensaje son las emociones en las que este cabalga hacia los receptores. Tenga también en cuenta las emociones, que es previsible que aparezcan en el auditorio aunque usted no las transmita. Un error demasiado común es provocar -voluntaria o involuntariamente- emociones en el auditorio y perder el control de cómo afecta la recepción de nuestras palabras. Tenga muy presente las emociones: tanto para usarlas a su favor como para que no trabajen en su contra.

Finalmente, concluya reafirmando la idea. Repítala. Explique por qué lo dicho anteriormente la prueba o lo que hace plausible la idea y, para seguir adelante, prepare el enlace con la siguiente idea.

5.- EL PRINCIPIO Y EL FINAL

Son dos partes decisivas. La primera impresión es muy importante. Con ella conquistará al público o lo pondrá en su contra, mostrará que su discurso va a ser interesante o proclamará a los cuatro vientos que toda la sala se va a aburrir terriblemente.

El final es lo que más recordarán los oyentes. Tiene que cuidarse de que el mensaje final sea claro y de que recoge toda la conferencia. Puede ligar la idea conclusiva con las dos anteriores y dejar así la impresión de un discurso perfectamente completo.

Según cómo sea el auditorio, una estrategia eficaz que puede serle útil es dar comienzo con una historia, de ser preferible personal o en la que se incluya un sentimiento personal (admiración, sorpresa, alegría... “Voy a comenzar contándoles un hecho que me conmovió profundamente...”). Esta historia debe estar muy bien preparada: su introducción servirá para aterrizar en la primera idea pero, lo que es un efecto muy eficaz, tenemos que volver a ella en la conclusión y que nos sirva para reafirmar el mensaje que queremos transmitir e incluso para recoger las tres ideas que nos han servido de pilares en el discurso.

Puede parecer difícil pero consiste en pensar un rato, tener creatividad, afinar el discurso, ¡y el resultado es espectacular!

6.- EL USO DEL ESPACIO

Usar con sentido el espacio disponible en la sala o en el escenario aumenta considerablemente la conexión con el público y la comunicación. Es muy útil transformar el espacio en un esquema relacionado con el contenido. Así, por ejemplo, puede situar el pasado en una zona imaginaria fija, en el centro del escenario ubicar el presente y en el otro extremo el futuro, y moverse suavemente hacia un lado u otro según de qué momento temporal esté hablando.

El público comprenderá inmediatamente este esquema si usted lo enfatiza con ciertos gestos, como señalar la dirección de su movimiento cuando esté avanzando hacia el futuro. Este tipo de técnicas tan sencillas mejoran la comunicación, nos sitúan mejor en escena dotando de sentido a nuestros movimientos y sirven como elemento adicional para dar estructura a la intervención.

He puesto como ejemplo una variación en el tiempo, pero usted puede pensar en otro esquema que pueda aplicar (tiene que ser simple y claro): lo que es correcto-lo que es incorrecto, las acciones que llevan al éxito-las que llevan al fracaso, lo que nos mantiene alegres-lo que nos entristece, las técnicas que se aplicaban en el pasado y las que se están desarrollando para el futuro, etc.

7.- LAS ARGUMENTACIONES DIFÍCILES

El público espera de usted que les acerque sus conocimientos de una manera que puedan asumirlos con facilidad, pero no desea que los reduzca a una explicación superficial que no aporte información relevante. Hay aquí un equilibrio que a veces resulta complicado mantener.

En ocasiones explicar algo con precisión nos impone acudir a datos científicos, a textos legales, a variables estadísticas, etc., y hay que adquirir, con la reflexión, la práctica y siempre teniendo presente al público al que nos dirigimos, un criterio sobre hasta qué punto involucramos en explicaciones complejas.

El primer consejo que le daría es que en este tipo de situaciones recurra al apoyo de medios audiovisuales: si tiene que pronunciar el nombre de una persona poco conocida será más fácil leerlo, e incluso mostrar una fotografía permitirá un cierto acercamiento psicológico. Sucede lo mismo si se trata de una ley, porque las normas legales suelen tener títulos complejos. Una serie de datos estadísticos se presentan mejor con el apoyo de una tabla o de un gráfico, una descripción científica con alguna imagen que la apoye, etc.

También puede preparar un esquema para la ocasión. En estos casos suele ser ventajoso hacerlo usted mismo -si posee los conocimientos necesarios-, porque así logrará adaptar mejor el esquema al contenido de su conferencia y a su auditorio. No es irrelevante que se sirva de símbolos que puedan ser familiares o cercanos a su público; incluso que se apoye en unos íconos u otros según su edad o condición cultural. Incluso, el uso de los colores u otros referentes que identifiquen la institución que le acoge, todo con el objetivo de que quienes escuchan se sientan cómodos, se identifiquen con lo que se les presenta y disminuya así la impresión de “penetrar en un terreno desconocido” cuando nos enfrentamos a cuestiones complejas.

Por último y a no ser que sea imprescindible mantener un tono argumentativo intenso y complejo debido a la dificultad de la cuestión y al público al que se dirige (en un congreso

internacional, por ejemplo), debe servirse de los argumentos difíciles solo para dar una base científica o simplemente más seria a su discurso; o bien, aportar datos relevantes que quienes escuchan deban saber para entender bien de qué está hablando y sus implicaciones reales. En todo caso, cuando “salga” del argumento tome un poco de tiempo para relajar al auditorio. Es el momento para una broma o sencillamente para pedirles a todos que respiren hondo, o para hacer un breve resumen de lo que se ha dicho hasta el momento. Rebaje el tono, mire a los ojos a quienes tiene delante, diríjase al público de manera directa. Son pequeñas técnicas que buscan asegurar que se mantiene la conexión entre usted y sus oyentes.

8.- USE SU LENGUAJE

La naturalidad y la simpatía son elementos decisivos para un buen orador y ambas se adquieren con la experiencia. Sin embargo, ¡póngaselo fácil a usted mismo!: es verdad que hay que adaptar el lenguaje, pero dentro de los niveles y expresiones que le resulten cómodas. Si intenta hablar como lo haría otra persona no va a transmitir naturalidad sino extrañeza, y no conseguirá comunicar. A la hora de escribir su conferencia, y después de pensar en el público, piense en usted, porque tiene que sentirse cómodo con el vocabulario, los ejemplos, las ideas,... para poder hacerlas propias y expresarlas desde su interior con fluidez.

9.- LA POSICIÓN DE PARTIDA

Evidentemente, el lenguaje corporal es muy importante y por eso insistimos en que debe presentarse completamente visible ante el público, si es posible. Esta situación puede impresionarnos porque resulta más cómodo esconderse tras una mesa o un atril, pero mejora muchísimo la comunicación y permite el uso inteligente del espacio.

Sin embargo, existen técnicas que nos ayudarán a sentirnos más seguros. Una de ellas es practicar ante el espejo una “posición de partida” o “posición central”, que será con la que empecemos

y a la que volvamos repetidamente, porque así sabremos exactamente qué imagen estamos mostrando ante el público y de esa manera mantendremos un mayor control de nuestra corporalidad.

La posición de partida debe ser relajada, con un brazo cómodamente hacia abajo (tal vez los dos, depende de la postura que dé mayor seguridad) y el otro preparado para empezar a hablar o continuar. Se debe permanecer erguido y con la vista hacia delante, más bien alta. En realidad depende mucho -como digo- de que usted se sienta cómodo, relajado y seguro, porque es justamente esto lo que la posición de partida debe transmitir a los demás... y a usted.

10.- POR ÚLTIMO: IMAGINE

Imagine el momento, imagine el lugar (que es muy conveniente conocer de antemano, si no puede ser directamente mediante fotografías); imagine cómo dirá esta o aquella frase, cómo dará paso a una imagen, esquema o gráfico. Imagine qué tono usará en la entrada y en el final de la conferencia, cómo se despedirá.

Imagine también con qué gestos acompañará las frases más importantes, las tres ideas en las que ha dividido la charla o algún momento emotivo (si ha incluido alguno). No debe darle vergüenza practicar ante el espejo para mejorar el gesto, la posición corporal, etc. Y, sobre todo y esto es muy importante, permítase imaginar el éxito y gane confianza en sí mismo: la confianza en sí mismo crecerá si se prepara con esmero y es la principal herramienta para hablar ante el público ¡Confíe en usted, porque lo puede hacer muy bien!²³

Relación costo-beneficio (B/C)

La relación beneficio-costos (B/C) compara de forma directa los beneficios y los costos. Para calcular la relación (B/C) primero se halla la suma de los beneficios descontados, traídos al presente, y se divide entre la suma de los costos también descontados.

²³ <https://competenciasdelsiglo21.com/10-claves-preparacion-charla-conferencia/>

Para una conclusión acerca de la viabilidad de un proyecto bajo este enfoque se debe tener en cuenta la comparación de la relación B/C hallada en comparación con 1. Así se tiene lo siguiente:

- $B/C > 1$ indica que los beneficios superan los costos, por consiguiente el proyecto debe ser considerado.
- $B/C=1$ Aquí no hay ganancias pues los beneficios son iguales a los costos.
- $B/C < 1$, muestra que los costos son mayores que los beneficios, por lo que no se debe considerar.

Proyecto A: $B/C < 1$ (No se toma en cuenta)

Proyecto B: $B/C > 1$ (Sí se toma en cuenta)

Claramente, la relación B/C de B es mejor que la del proyecto A, por lo que debe ser la seleccionada.

Una relación beneficio/costo de 1,11 significa que se está esperando 1,11 dólares en beneficios por cada \$ 1 en los costos.

Nota: El valor de salvamento bajo este método se considera como “costo negativo”, no como un beneficio.

Ventajas

- Muy sencilla de trabajar.
- Muy usada en las bases de datos y en las hojas de cálculo.

Desventajas

- Se tiene que usar una medida común para poder cuantificar los beneficios cualitativos.
Ejemplo: Si se presenta un proyecto en el que se beneficie a los trabajadores, ¿cómo anotaría

como beneficio la satisfacción de los trabajadores, o el aumento de productividad por él mismo?

Se deben revisar con acuciosidad los beneficios, porque los beneficios son fáciles de conteo doble. Ejemplo, si se evalúa una carretera se podría tomar como beneficios el aumento de las propiedades aledañas, además, la reducción del tiempo de viaje, hecho que está implícito en el valor de ubicación de las propiedades.²⁴

²⁴ <https://www.gestiopolis.com/calculo-de-la-relacion-beneficio-coste/>

Capítulo III: Marco metodológico

Enfoque de la investigación

Como corresponde, el enfoque dado a esta investigación ha de responder a la perspectiva desde la cual se aborda el tema de interés en procura del mayor acercamiento al objeto de estudio.

Para el proceso de investigación, que busca proponer soluciones alternativas para la sustitución de herramienta manual en los trabajos en líneas energizadas hasta 34,5 kV, se propone el abordaje por medio de un enfoque **cualitativo y experimental** que permita alcanzar un análisis sistemático de la información, análisis que se basará en cantidades o dimensiones, o en ambas. Es decir, que el elemento numérico tiene importancia.

Se trata en este caso de un trabajo secuencial, deductivo y experimental en el que la comprobación de las hipótesis suele ser más rápida.

Ya durante el proceso investigativo se sugiere ocuparse de un problema concreto, delimitado y específico que lleve a la formulación de hipótesis antes de la recolección total de los datos y su análisis. La interpretación de los resultados se hará a la luz de las hipótesis iniciales, que se fragmentarán para facilitar su interpretación.

Dado el trasfondo de la investigación, el cual busca garantizar la ejecución de manera segura de las actividades en líneas energizadas. Así, la incertidumbre y el error deberán ser mínimos, pues de lo contrario se pondría en riesgo la integridad física de los operarios.

Razonamiento de la investigación

El razonamiento aplicado en la investigación es de naturaleza **deductivo/experimental**; o sea, que el análisis realizado permite inferir necesariamente una conclusión a partir de una serie de premisas. Su punto de partida es la aplicación de pruebas de funcionamiento de las herramientas

previamente seleccionadas que se analizan, y de las cuales surgen recomendaciones e incluso probables teorías nuevas en las que se aborda el problema de lo general a lo específico.

Dentro del razonamiento aplicado se pueden encontrar **axiomas**, proposiciones que se toman como verdaderas y evidentes pero que exigen una demostración previa. Así, por ejemplo el uso de la herramienta manual generará desgaste físico en el personal técnico que ejecuta labores en líneas energizadas.

De igual manera se utilizarán las **reglas de inferencia** o también llamadas **reglas de transformación**, las cuales permiten obtener conclusiones muy bien formadas y válidas a partir de otras premisas. Por ejemplo, sometida la herramienta de batería a pruebas técnicas de funcionamiento seguro para trabajos en líneas energizadas de 34,5 kV, esta superó las pruebas a las que fue sometida. Por tanto, se considera que esta herramienta podría llegar a implementarse de manera segura a fin de realizar trabajos en líneas energizadas de 34,5 kV. Esto último debido a que al ser esta una investigación pionera en este campo aún se carece documentación histórica sobre su comportamiento en función del tiempo. No obstante, se deja un portillo abierto para futuras investigaciones sobre este tema.

Método de recopilación de datos

Para realizar esta investigación se realizará un breve *Benchmarking* con el fin de comparar equipos o herramientas eléctricas de batería que cuenten con las condiciones necesarias para realizar con ellas las principales actividades que realizan los técnicos especializados en labores de altura con presencia directa de energía eléctrica. Estas actividades son: socar/aflojar tuercas de varias medidas, realizar cortes en conductores de diversos calibres y materiales, así como el “compresionado” de conectores para realizar conexiones seguras entre conductores.

Una vez seleccionados los equipos se deben realizar pruebas de funcionabilidad debido a que en Costa Rica no existe ningún representante que supla herramientas de batería para trabajos en media

tensión. Pero, ¿a qué se refiere realizar pruebas de funcionabilidad? Esto quiere decir que, además de que estas tengan las funciones de socar, aflojar, cortar o “compresionar”, sean también capaces de hacerlo en una forma segura en contacto con líneas de media tensión, de modo que la labor no represente ningún riesgo para la integridad física del operario, ya que lo que se desea es realizar el trabajo ergonómico y confortablemente y de este modo evitar daños o lesiones de índole muscular por la repetición de movimientos.

Fuentes de información

En el estudio que se llevará a cabo se tendrá el apoyo de distintas fuentes de información, entre ellas especificaciones técnicas suministradas por proveedores nacionales, testimonio de personal técnico que utiliza o ha utilizado los equipos en redes desenergizadas, y equipos de medición debidamente calibrados propiedad de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A. (CNFL). (Ver anexo)

Variables o unidades de análisis

En este proyecto se contemplan variables que son de suma importancia para la decisión final de escogencia de los equipos que serán finalmente introducidos para las prácticas reales de los técnicos especializados, las cuales serían la funcionabilidad comprobada y segura de su operación, y su capacidad para realizar las labores necesarias en trabajos de media tensión (socar/aflojar, cortar y “Compresionar”), su ergonomía y la aceptación del personal técnico.

Instrumentos

Para realizar la investigación se recopilará información a fin de obtener datos de los diferentes proveedores oferentes del mercado, lo mismo que especificaciones y fichas técnicas (Ver anexo). Se utilizarán las instalaciones de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), e igualmente el Laboratorio de Ensayo, Inspección y Calibración (LEIC) para la verificación de los equipos.

Proceso de recolección y análisis de datos

Para la recolección de datos una vez escogidas las herramientas que se adecuen a las necesidades se realizarán las pruebas reales en el Laboratorio de Ensayo, Inspección y Calibración (LEIC). Es importante hacer mención de que las pruebas a las que van a someter los equipos **NO** cuentan con un certificado de calibración u aprobación por parte del LEIC. Esto debido a que esas pruebas son de laboratorios experimentales, de tal manera que su propósito es simular una condición real como si fuera una operación en campo real pero sin poner en riesgo al personal técnico. Esto para corroborar la funcionabilidad con tensión aplicada, y no cuentan con el respaldo de una norma acreditada por algún ente certificado.

De esta forma se simulará de manera real la funcionabilidad de la herramienta sometiéndola a una prueba de tiempo, la cual será tomada con un criterio propio basado en la aplicación (socar/aflojar, cortar y “compresionar”), y que conlleve más tiempo hacerla con una herramienta manual. Adicionalmente a este tiempo y para el ensayo de laboratorio se sumará tiempo adicional como factor de seguridad. De este modo se asegura que la herramienta en una función en campo real nunca se aproxime a los tiempos de prueba del equipo. De este modo se asegura no poner a ninguna persona en peligro durante dicha actividad, dado que este tipo de prueba nunca se ha realizado con las herramientas (al menos en la CNFL). Existe un cierto nivel de riesgo controlado debido a la reacción que pueda tener el equipo o su componente (la batería, su electrónica o bobinados del motor). Una vez concluida esta actividad y de acuerdo con los resultados obtenidos se tomará la decisión de escogencia o descarte de la herramienta. Posteriormente se continuará con los procesos siguientes de la investigación.

Capítulo IV: Análisis de resultados

Perfil de especificaciones técnicas deseadas para la investigación

Los perfiles se detallarán y se hará énfasis en ellos- según las principales actividades desarrolladas por el grupo de líneas energizadas de la C.N.F.L, en aquellas en las que el técnico para ejecutar una función específica tenga que realizar movimientos repetitivos o expandir de manera acentuada su radio de acción para lograr su cometido (socar/aflojar, cortar y “compresionar”). Además de actividades en las que se le exija hacer un sobreesfuerzo físico para lograr realizar la tarea, en lugares en donde hay poco espacio por la complejidad y el riesgo controlado que existe al realizar labores en líneas energizadas de media tensión.

Para iniciar la creación de la especificación en la cual en el futuro los proveedores tendrán que alinear sus ofertas, como primer requisito indispensable se solicitará que todas esas ofertas deban ser estrictamente de equipos de batería recargable. Partiendo de ese hecho la especificación se centrará en las siguientes funciones:

- Dar torque a tuercas hexagonales y cuadradas,
- “crimpar” (realizar compresiones o enganches) conectores de aluminio hasta un calibre de 3/0, así como terminales electrolíticos y empates de línea de un calibre hasta 477 Kcmil,
- realizar cortes limpios en conductores de aluminio (ACSR, AAAC, AAC) hasta calibres de 477 Kcmil.

Perfil de herramienta (equipo) para dar torque a tuercas hexagonales y cuadradas

1. Debe tener torque máximo 610,1180775 N/m (450 ft/lb).
2. Contar con sistema gradual de fuerza de tres modos.
3. Tener la función de cambio de tubos de diversas medidas.
4. Tener sistema con pin de retención de 1,27 cm (½ pulgada) para sujeción firme de los cubos.

5. Tener un cubo corona para espiga de 1,27 cm (½ pulgada) de profundidad para impacto de 30 mm (1,18 pulgadas) y otro de 19 mm (0,748031 pulgadas).
6. Tener luz *led* que se active durante su operación.
7. Contar con una maleta o bolso robusto para su transporte y almacenaje.
8. Ser de velocidad sin carga de 0-1900 RPM.
9. Ser de dos baterías de litio de 18 V con indicador de carga y un cargador.
10. Tener la función de inversión de giro para la función de socar y aflojar tuercas.

Perfil o características de la herramienta para “crimpar” conectores de aluminio

1. De diseño lineal que facilite la operación con una sola mano, inclusive en lugares estrechos.
2. Con rotación del cabezal en 360° para mejorar el acceso en lugares en que es difícil maniobrar.
3. Con luz *led* blanca y brillante que ilumina directamente el lugar de trabajo.
4. De duración aproximada del ciclo en 5 segundos.
5. Ser de 2 baterías de litio de 18 V con indicador de carga y un cargador.
6. Debe poder ser utilizada con dados de crimpado para diferentes tipos de conectores.
7. El cabezote debe ser capaz de “crimpar” conector de compresión tipo “H” para conductores de 3/0 AWG con 3/0 AWG y conductores de 1 a 2/0 AWG con 6 a 2 AWG.
8. Contar con una maleta o bolso robusto para su transporte y almacenaje.
9. El equipo debe tener como máximo de fuerza de salida de 58839.9 N (6 toneladas de fuerza).

Perfil de herramienta o equipo para realizar cortes limpios en conductores de aluminio (ACSR, AAAC, AAC) hasta calibres de 477 Kcmil

1. Debe ser capaz de realizar cortes en conductores de aluminio (ACSR, AAAC, AAC), hasta un calibre máximo de 477 Kcmil.
2. Ser capaz de ser manipulada por el operario con una sola mano.

3. Tener una luz *led* que se encienda cuando la herramienta es accionada.
4. La duración de cada ciclo no debe superar los 5 segundos.
5. Debe ser de una fuerza de salida de no más de 58839.9 N (6 toneladas).
6. Debe ser de dos baterías de litio de 18 voltios y un cargador.
7. La cabeza de corte debe tener una rotación de 360° para mejorar el acceso en lugares de difícil acceso.
8. Debe tener un maletín para su transporte.

Una vez obtenidos los perfiles con las especificaciones o características deseadas es el momento de hacer la entrega de ellas a los proveedores de herramientas de baterías en el territorio nacional; para que de este modo estos procedan a enviar ofertas o inclusive ya los equipos para las pruebas reales.

[Análisis de herramientas presentadas por proveedores nacionales](#)

En primera instancia lo que se hizo fue levantar una lista de los principales proveedores de equipos o herramientas eléctricas nacionales o que estén representadas en Costa Rica, de una marca a la cual se le dé un respaldo verdadero. Entra las empresas escogidas se encuentran las siguientes:

- ENERSYS, S.A
- ELVATRON, S.A
- ELECTROVAL, S.A
- INVOTOR, S.A
- CAPRIS, S.A
- HIDROCA.

Seguidamente se procedió a hacer la entrega de los perfiles de especificación técnica para cada una de las herramientas deseadas según su función, es decir, una con la que fuera posible socar

y aflojar tuercas; otra que fuese capaz de cortar diferentes calibres de cable, y por último una que “compresionase” diferentes tipos de conectores; esto para dar inicio a la recepción de ofertas.

Una vez iniciada la recepción de ofertas de todos los proveedores escogidos se envía una nota formal a cada empresa en la que se detalla el propósito de adquirir los equipos que se desea adquirir. Se les solicitan especificadores, catálogos y muestras de las herramientas ofrecidas para comenzar el proceso de descarte. Cabe destacar que de los seis oferentes que al principio fueron escogidos para su participación únicamente tres de ellos aceptaron la condición de entregar muestras y que adicionalmente a eso las herramientas podrían ser sometidas a prueba y que incluso podrían llegar a ser destructivas (Ver anexo).

Selección de equipos para pruebas de funcionalidad

Una vez recibidos los equipos de los tres oferentes que aceptaron las condiciones establecidas (ENERSYS, ELECTROVAL e INVOTOR) se detalla en las siguientes tablas la marca y el modelo de las herramientas recibidas y que pasarán al proceso de pruebas de laboratorio

	ENERSYS			ELECTROVAL			INVOTOR		
Función	Tipo	Marca	Modelo	Tipo	Marca	Modelo	Tipo	Marca	Modelo
Socar y Aflojar	taladro	DEWALT	DCD777M1	Impacto	MILWAUKEE	2860-20	impacto	Makita	DTW450RMJ
Cortar	Cizalla	HILTI	NCT 85-A	Hidráulica	MILWAUKEE	2678-20	trinquete	GREENLEE	ESR1000LX12
Compresionar	Hidráulica	HILTI	NCR 60-A	Hidráulica	MILWAUKEE	2678-20	Hidráulica	GREENLEE	EK1240CLX

Tabla 1. Detalle de herramientas recibidas para pruebas

Fuente propia

Ensayos de laboratorio

Como siguiente paso, una vez seleccionados los equipos se procede a efectuar los siguientes ensayos:

1. Prueba de rigidez dieléctrica. Este tipo de ensayo se realiza para determinar el grado de aislamiento que poseen. Es importante enfatizar que esta prueba se considera como destructiva ya que al ser la primera vez que los equipos se someterán a ella se desconocen los efectos que puede generar en ellos, hasta el punto de dejarlos inservibles. El medidor de rigidez eléctrica Megger S1-1068 se encuentra en el Laboratorio de Ensayos, Inspección y Calibración (LEIC) de la CNFL (Ver anexo).

Esta prueba consiste en colocar dos electrodos en la herramienta a una distancia equidistante para así poder medir su capacidad de aislamiento, como se detalla en la ilustración 29. Para el caso de esta investigación se le aplica a la herramienta un total de diez mil voltios en corriente directa durante cinco minutos. Este tipo de verificación pondrá en evidencia el grado de aislamiento mas no la capacidad de funcionalidad de las herramientas, debido a que no se accionará la función de los equipos (socar/aflorar, cortar y compresionar)

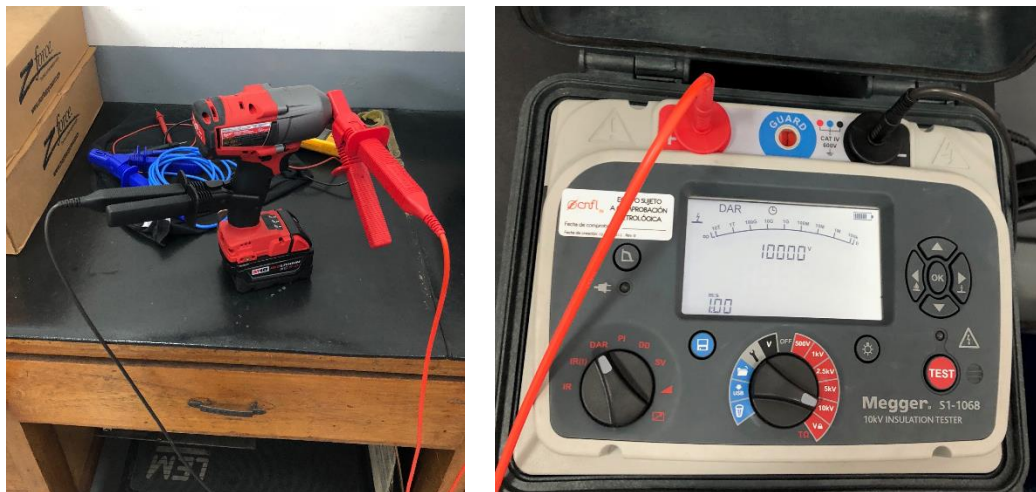


Ilustración 29. Ensayo de rigidez eléctrica

Fuente propia

Prueba de funcionalidad eléctrica. Esta prueba consiste en poner a funcionar la herramienta (socar/aflorar, cortar o compresionar) con una tensión nominal de 20 000 voltios de corriente

alterna, en contacto directo, durante 8 minutos y con ayuda del Sistema para pruebas Hipot (Ilustración 28). Esto para observar con veracidad el comportamiento del equipo en una situación sumamente crítica e incluso destructiva, debido a que en un futuro trabajo real en campo con esta herramienta el equipo nunca estará expuesto en funcionamiento por más de tres minutos en operación directa (socar/aflorar, cortar o compresionar) con líneas energizadas en media tensión de 19.920 voltios de tensión simple. Esto según los criterios mencionados en el marco metodológico, en el apartado Proceso para la recolección y análisis de datos.

Es importante recalcar que las pruebas de ensayo para verificar la funcionabilidad de las herramientas de batería se realizan con el equipo 100% aislado, es decir, sin puntos de fuga a neutro o tierra, tal y como se muestra en la ilustración 30.

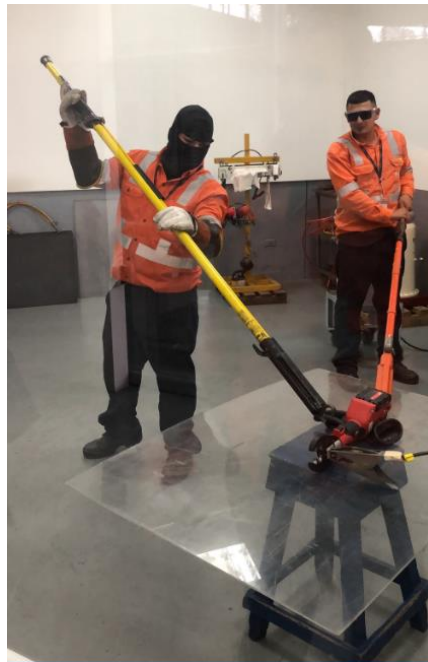


Ilustración 30, Prueba de funcionabilidad eléctrica

Fuente: Propia

Resultados de pruebas realizadas

Una vez efectuadas las pruebas a la totalidad de los equipos escogidos suministrados por los proveedores, se logró determinar la capacidad o no de operación de los equipos en contacto con líneas de distribución de media tensión hasta 20 000 voltios. A continuación, en las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos:

	ENERSYS			ELECTROVAL			INVOTOR			
Función	Tipo	Marca	Modelo	Tipo	Marca	Modelo	Tipo	Marca	Modelo	
Socar y Aflojar	taladro	DEWALT	DCD777M1	Impacto	MILWAUKEE	2860-20	impacto	Makita	DTW450RMJ	Aisla
Cortar	Cizalla	HILTI	NCT 85-A	Hidráulica	MILWAUKEE	2678-20	trinquete	GREENLEE	ESR1000LX12	
Compresionar	Hidráulica	HILTI	NCR 60 -A	Hidráulica	MILWAUKEE	2678-20	Hidráulica	GREENLEE	EK1240CLX	No Aisla

Tabla 2, Resultados de rigidez dieléctrica

Fuente propia

En la tabla 2 se puede observar que luego de realizar los ensayos a la totalidad de los equipos suministrados, ninguno de ellos tiene la capacidad de aislamiento competente para ser expuestos a puntos de fuga durante su operación, y esta incapacidad puede traer consecuencias graves para su operario.

	ENERSYS			ELECTROVAL			INVOTOR			
Función	Tipo	Marca	Modelo	Tipo	Marca	Modelo	Tipo	Marca	Modelo	
Socar y Aflojar	taladro	DEWALT	DCD777M1	Impacto	MILWAUKEE	2860-20	impacto	Makita	DTW450RMJ	Es capaz
Cortar	Cizalla	HILTI	NCT 85-A	Hidráulica	MILWAUKEE	2678-20	trinquete	GREENLEE	ESR1000LX12	
Compresionar	Hidráulica	HILTI	NCR 60 -A	Hidráulica	MILWAUKEE	2678-20	Hidráulica	GREENLEE	EK1240CLX	No es capaz

Tabla 3. Resultados Prueba de funcionabilidad eléctrica

Fuente propia

En la tabla 3 se observan los resultados de la prueba de capacidad de funcionamiento de los equipos sometidos a tensiones de hasta 20 000 voltios durante 8 minutos, de los cuales se indica lo siguiente de cada grupo de herramientas probadas:

ENERSYS. Una vez realizada la prueba tanto al taladro y a la cizalla como a la herramienta hidráulica, se observa que ninguna de ellas superó la prueba de funcionalidad de operación una vez sometida a una tensión aplicada de hasta 20 000 voltios C.A. Importante es enfatizar que aunque ningún equipo pasó la prueba de funcionalidad eléctrica, todos fueron 100% funcionales luego de la prueba, es decir, que la prueba no fue destructiva para ninguna de las herramientas probadas.

ELECTROVAL. Las pruebas a las que fueron sometidos los equipos suministrados por este proveedor demuestran que son plenamente competentes, tanto la herramienta de impacto como la herramienta hidráulica, para soportar y ser completamente funcionales en su operación a tensiones de hasta 20 000 voltios C.A. Ambos tipos de equipos fueron funcionales tanto antes como posteriormente al ensayo realizado.

INVOTOR. En relación con los otros demás oferentes se logró determinar que luego de las pruebas realizadas a los equipos de la marca GREENLEE ambos fueron capaces de tener un buen desempeño en su operación con tensiones de hasta 20 000 voltios C.A. En el caso de la llave de impacto Makita esta no logró superar la expectativa del ensayo. Es importante mencionar que una vez finalizada la prueba a la llave de impacto esta logró funcionar sin ningún problema.

Realizadas las pruebas de descarte a todos los equipos ofrecidos por varios proveedores se identificaron aquellas que no son capaces de superar los ensayos a los que fueron sometidos. Se deben tomar en cuenta otras características específicas de los equipos a fin de escoger los idóneos para los técnicos especializados en trabajos en líneas energizadas. Estas se detallarán más adelante.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas de rigidez y funcionalidad se descarta en el acto al oferente ENERSYS.

A continuación se presenta el detalle de las herramientas que superaron satisfactoriamente las pruebas realizadas.

	ELECTROVAL			INVOTOR		
Función	Tipo	Marca	Modelo	Tipo	Marca	Modelo
Socar y Aflojar	Impacto	MILWAUKEE	2860-20			
Cortar	Hidráulica	MILWAUKEE	2678-20	trinquete	GREENLEE	ESR1000LX12
Compresionar	Hidráulica	MILWAUKEE	2678-20	Hidráulica	GREENLEE	EK1240CLX

Tabla 4. Equipos con pruebas superadas

Fuente propia

Dado que únicamente una herramienta de impacto pasó las pruebas, según la función de socar y aflojar tuercas de diversas medidas, se da por seleccionada la pistola de impacto marca MILWAUKEE modelo 2860-20 para continuar con el proceso.

Con respecto a la herramienta de función de corte se obtuvieron dos tipos de herramienta: la hidráulica y la tipo trinquete, por lo que se procede a valorar sus características específicas puesto que ambas cumplen con la función principal de realizar cortes con tensión aplicada. En la tabla 5 se detallan los criterios que se tomarán en cuenta para la selección de la herramienta.

Herramienta de corte

Característica/ función	Hidráulica	Trinquete
Peso	✓	✗
Largo	✗	✓
Ancho	✓	✓
sistema contra sobre carga	✓	✗
cabezal intercambiable	✓	✗
sistema de "Brushless"	✓	✓
taller de servicio propio	✓	✗
tiempo de entrega	✗	✓
tiempo del ciclo	✓	✓
Capacidad de corte	✓	✓

Tabla 5. Comparativo de cumplimiento de características y funciones

Fuente propia

En síntesis y considerando los resultados obtenidos tras el análisis comparativo de las herramientas de tipo corte, tal como lo muestra la tabla 5, con certeza se escoge para las demás etapas de la investigación la herramienta tipo hidráulico que ofrece ELECTROVAL, marca Milwaukee, modelo: 2678-20.

Una de las razones de peso por la cual esta herramienta fue elegida (además de los resultados de la tabla 5) es la característica de tener la función de cabezales intercambiables. Tal característica permite cumplir con el cometido de corte y “compresionado” con la misma máquina de batería, con solo el hecho de intercambiar cabezales, tal y como se detalla en la ilustración 31.

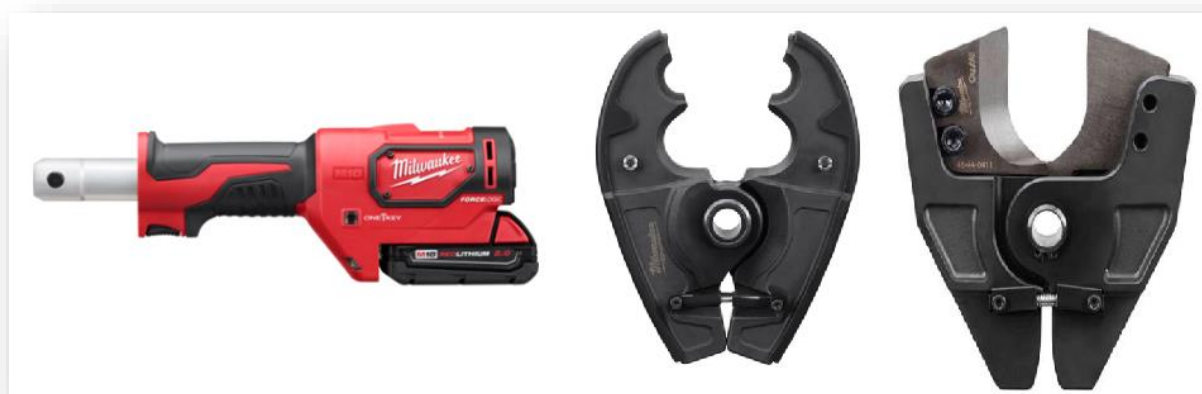


Ilustración 31. Cabezales intercambiables para el modelo 2678-20

Fuente: (MILWAUKEE USA, 2020)

Llevado a cabo todo el proceso de filtrado de los equipos probados se indica de seguido la selección hecha para la obtención de herramientas de batería para realizar trabajos en líneas de media tensión de hasta 34.5 KV para la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A

Función	Tipo	Marca	Modelo
Socar y Aflojar	Impacto	MILWAUKEE	2860-20
Cortar	Hidráulica	MILWAUKEE	2678-20
Compresionar	Hidráulica	MILWAUKEE	2678-20

Tabla 6. Herramienta seleccionada para la implementación en trabajos en líneas energizadas

Fuente propia



Ilustración 32. Herramientas seleccionadas para la implementación en trabajo sobre líneas energizadas

Fuente: (MILWAUKE USA, 2020)

Anatomía de los equipos seleccionados para su implementación

Como valor agregado a la investigación y debido a la aprobación de todo el proceso es de suma importancia conocer más en detalle la anatomía de los equipos seleccionados para la implementación. Se dará énfasis a cuatro ejes considerados como los que más aportarán positivamente al desarrollo de la investigación.

- Recomendaciones del fabricante.
- Composición y funcionamiento de la batería.
- Sistema de motor sin escobillas o carbones.

Recomendaciones del fabricante.

Como primer punto se pueden tomar en cuenta las recomendaciones que hace el fabricante en cuanto a la aplicación que se le pretende dar a los equipos. En la ilustración 33 se puede observar claramente, según el manual del operador, que el fabricante recomienda sus equipos.

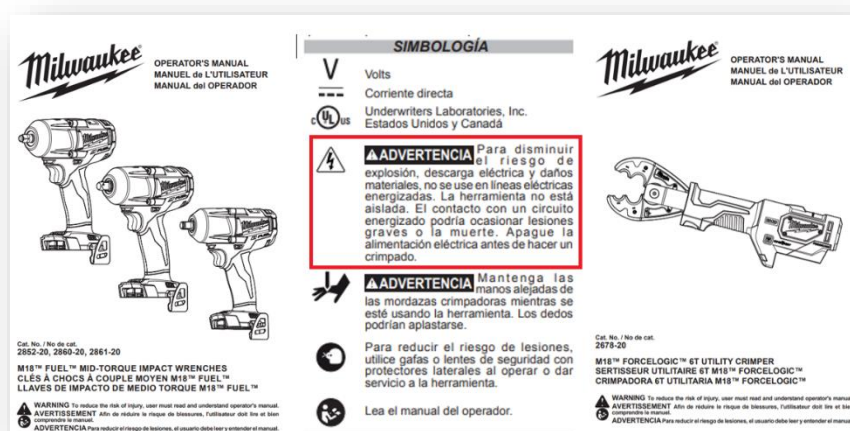


Ilustración 33, Manual del Operador

Fuente: (MILWAUKE USA, 2020)

Composición y funcionamiento de la batería

Particularmente, los equipos seleccionados cuentan con buen respaldo de sus representantes y tampoco se dejó de lado el tema de las baterías las cuales son de la tecnología REDLITHIUM™, la cual no solo hace que los equipos probados sean capaces de trabajar bajo las condiciones que se proponen en esta investigación, sino que también protege al equipo en general contra la temperatura y la sobrecarga.

Adicionalmente, la marca ofrece características muy compatibles con los requerimientos de la investigación:

Resistencia al impacto:

Transportador de celdas completamente cerrado:

El cierre total protege las celdas y proporciona una estructura fuerte que entrega máxima durabilidad.

Sobre moldeado de goma:

Protege las celdas y la batería durante las caídas y proporciona una máxima vida útil.

Sistema electrónico:

Indicador de carga de la batería:

Muestra el tiempo de operación restante.

Inteligencia REDLINK™:

Protege la batería en entornos exigentes, proporciona rendimiento óptimo y monitorea las celdas para determinar la vida útil máxima.

Sistema térmico:

Bastidor de la celda de control de temperatura:

El área de superficie grande extrae el calor de las celdas, lo que permite que la batería funcione más fría en las aplicaciones más pesadas.

Agua:

Cubierta de los bloqueos:

Previene que ingrese agua a la batería a través de los botones del bloqueo

Barrera de protección contra el agua:

Desvía el agua lejos del sistema electrónico y fuera de la batería por agujeros de drenaje integrados

Recubrimiento electrónico:

Protege el sistema electrónico del agua y la condensación.

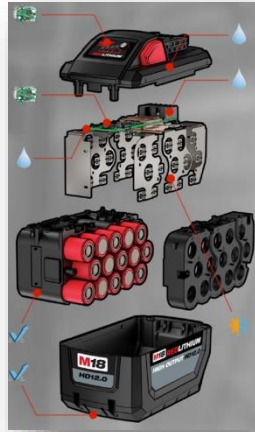


Ilustración 34. Composición interna de la batería

Fuente: (MILWAUKE USA, 2020)

Sistema de motor sin escobillas

La compañía ha dotado a los equipos de un motor de alto rendimiento sin carbones, lo cual podría ser muy beneficioso si se compara con el motor con escobillas convencional, por lo que se podría tomar en consideración el teorema de Faraday y explicar por qué únicamente los equipos con estas características fueron capaces de soportar las pruebas de funcionalidad en el laboratorio.



Ilustración 35. Composición del motor sin escobillas // comparación con motor de la competencia

Fuente: (MILWAUKE USA, 2020)

Proceso de introducción de los equipos para las labores

Tomando en cuenta todas las pruebas y resultados obtenidos a lo largo de la investigación, uno de los pasos más importantes para la puesta en marcha de la implementación de los equipos en la cuadrilla del grupo de líneas energizadas de CNFL es el relativo a la seguridad e integridad de todos los posibles usuarios finales.

Como primer paso se presentarán a los técnicos los equipos que serán implementados para las labores. Al efecto se hizo una presentación en la que se evidencian todos los filtros utilizados para la selección de los equipos. Incluso se hará referencia a todas las tablas de comparaciones, en especial a la tabla 2, en la que se evidencia claramente que de la totalidad de los equipos sometidos a la prueba ninguno de ellos fue capaz de soportar la prueba de rigidez dieléctrica. Sin embargo (debido al principio fundamental que sustenta cualquier labor en la que se trabaje en presencia de tensión eléctrica), el equipo es 100% funcional siempre y cuando bajo ninguna circunstancia este llegue a estar a potencial con neutro u otra fase durante su operación en la línea energizada, ya que, como se evidenció en las pruebas de rigidez dieléctrica, *no son herramientas aisladas*. El caso omiso a esta condición puede representar lesiones graves al técnico o inclusive la muerte.

Como segundo paso se señalarán las características mecánicas y accesorias de cada uno de los equipos por implementar, así como su uso y manipulación correctos.

Prácticas reales a contacto con líneas energizadas

Una vez capacitado el personal técnico especializado en la totalidad de los equipos que van a ser implementados es hora de realizar prácticas reales en campo, como se detalla a continuación:

- La práctica fue realizada en San José, en el sector de la Radial de Lindora, propiamente en el circuito Radial-Lindora, de 34,5 Kv, con la totalidad del equipo investigado tal y como se muestra a continuación:
-



Ilustración 36. Instalación de grapa para conexión de cable

Fuente propia



Ilustración 37. Implementación de la herramienta de soque/afloje por primera vez en labores reales

Fuente propia



Ilustración 38. Implementación de la herramienta de corte y compresión por primera vez en labores reales

Fuente propia

Identificación de los beneficios del uso de equipos de batería

Uno de los objetivos planteados en la presente investigación es la identificación de posibles beneficios que se podrían obtener al dotar a los técnicos especializados del grupo de líneas energizadas de la CNFL de equipos de batería, por lo que a continuación se enumerarán los principales benéficos identificados:

1. **Reducción de tiempos de ejecución de labores.** Es importante mencionar que para labores en líneas energizadas en media tensión la variable tiempo no es un factor que sea determinante para medir la productividad de las cuadrillas (debido al alto grado de riesgo al que se ve expuesto el personal que realiza estas labores); sin embargo, se puede observar que durante las actividades de corte, soque/afloje y compresionado los tiempos de trabajo se reducen considerablemente cuando se comparan estas mismas actividades que cuando se realizaban con herramientas mecánicas.



Ilustración 39. Comparativo entre herramientas de soque/afloje manual y baterías

Fuente propia

2. **Ergonomía en la ejecución del trabajo.** La ergonomía y la comodidad que pueden llegar a obtenerse al realizar las actividades en esa condición son factores que llegan a ser muy beneficiosos, comparado el caso con labores desempeñadas con herramientas manuales, como se hace actualmente. El realizar la función de “crimpar” (compresionar) da resultados muy significativos en el momento de ingresar a lugares de espacio reducidos en donde se debe tener especial precaución, ya que con el uso de la herramienta de batería el radio de acción se reduce considerablemente. Esto por la cercanía de conductores energizados y puntos de fuga importantes. Adicionalmente y que suma mucho valor a su función es el hecho de poder utilizar la herramienta con una sola mano.



Ilustración 40. Comparativo entre herramientas de Crimpar manual y baterías

Fuente: (MILWAUKE USA, 2020)

3. **Reducción de movimientos repetitivos en funciones.** En acciones de crimpado, soque/afloje y corte en herramientas manuales, por lo general para cumplir su cometido (compresionar, socar/aflojar y cortar,) el operario debe realizar varias repeticiones de movimientos hasta que se logre la tarea deseada. Al dotar a los operarios de herramientas de batería como las presentadas en esta investigación. Esto se reduce al movimiento de un dedo para accionar el equipo por un corto tiempo o hasta que acabe el ciclo de la operación, lo cual con el transcurrir del tiempo podría llegar a disminuir el riesgo de ocurrencia de lesión en extremidades superiores, zona lumbar o articulaciones.



Ilustración 41. Comparativo entre herramientas de corte manual y baterías

Fuente: (MILWAUKE USA, 2020)

4. **Reducción del estrés por presencia de lluvia.** El uso de estos equipos ha demostrado la mejora en los tiempos de ejecución de las labores, lo cual representaría una disminución en la presión que experimentan los técnicos en líneas energizadas en la época de invierno, en la que los cronogramas de trabajo suelen ser menos cargados que en verano por el factor lluvia. Con la llegada de estos equipos se esperaría que las cuadrillas especializadas en labores de líneas energizadas sean más eficientes sin comprometer la eficacia de sus trabajos.
5. **Disminución del cansancio físico en el personal técnico.** Es más que evidente que con el cambio a herramientas de batería el cansancio de los técnicos disminuirá considerablemente;

debido esto a que los movimientos repetitivos durante la ejecución de las labores se disminuyen considerablemente.

6. **Disminución de lesiones.** Con la posible llegada de los equipos de batería para labores en líneas de media tensión energizadas, y en función del tiempo se podría realizar una investigación que muestre o no una reducción en el índice de lesiones por enfermedades laborales relacionadas con problemas en articulaciones, en zona lumbar o en hombros. Esto podría ser muy beneficioso debido a que la necesidad de recurrir a la Póliza de Riesgos del Trabajo disminuiría.

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Una vez concluida la investigación para implementar herramientas de batería en labores de media tensión energizadas en la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, según el planteamiento del problema y atendiendo cada uno de los objetivos propuestos, se enumeran las siguientes conclusiones:

1. Necesidad, en el nivel empresarial, de agilizar los procesos de trabajos en el sistema de distribución sin afectar las ventas de servicio a causa de suspensiones del servicio eléctrico.
2. En la CNFL se cuenta con un amplio conocimiento técnico del trabajo y de las implicaciones de este en líneas de media tensión energizadas, lo cual permitió una identificación precisa de las especificaciones técnicas de las herramientas requeridas para este tipo de labores.
3. Se logró determinar en el nivel nacional la existencia de proveedores capaces de suplir herramienta de batería que cumplen con las características necesarias para la ejecución de trabajos en líneas de media tensión energizadas.
4. No existe evidencia documental en procesos de compra realizados por la empresa de haber demandado herramienta eléctrica de batería para desarrollar trabajos en líneas de media tensión energizadas.
5. A pesar de no existir una demanda dentro del mercado de la CNFL de herramientas de batería para trabajos en líneas de media tensión energizadas, existen equipos con las características requeridas para realizar este tipo de labores.
6. A pesar de existir en el mercado soluciones que permiten el uso de herramientas de batería para trabajos en líneas de distribución (desenergizadas), no existía una investigación que hiciese referencia al uso de ellas en trabajos en líneas de distribución de media tensión energizadas.
7. Se logró determinar que existen apertura y disposición de los proveedores de herramientas en el nivel nacional de someter los equipos a pruebas de funcionabilidad y rigidez dieléctrica,

para demostrar su capacidad de operación en contacto directo con líneas energizadas de media tensión de hasta 20.000V, aunque la marca representada no tenga sus equipos certificados para ese cometido.

8. Se logró determinar que la marca del equipo no es un factor determinante para la escogencia de la herramienta, ya que podría ocurrir que dos marcas distintas cumplan y sean capaces de soportar los ensayos de laboratorio a los que fueron sometidas durante el desarrollo de esta investigación.
9. Se determinó que de las herramientas que superaron a satisfacción los ensayos de laboratorio de funcionabilidad con tensión aplicada ninguna poseía sistema de escobillas (carbones).
10. Se logró determinar que a pesar de que de la totalidad de los equipos probados ninguno superó la prueba de rigidez dieléctrica, dicha prueba no es determinante para descartar el uso del equipo en líneas energizadas de media tensión. Lo anterior basado en el principio fundamental de trabajos en líneas energizadas, el cual señala que no se debe, bajo ninguna circunstancia, someter ningún equipo o herramienta a punto de fuga entre fases o puntos a tierra si no cuenta con una certificación que así lo avale.
11. Se evidenció que en el ámbito del Laboratorio de Ensayos, Inspección y Calibración se carece de un protocolo certificado para realizar pruebas técnicas de herramientas de batería.
12. Se percibió la disminución en el tiempo de ejecución de ciertas labores al implementar herramienta de batería en trabajos en líneas energizadas de media tensión.
13. Luego de la charla sobre el uso y la manipulación de los equipos probados, así como después de conocerse los resultados de esta investigación, se determinó que existen aceptación y confianza por parte de los técnicos especializados en el uso de la herramienta. Se logró evidenciar la funcionalidad de la herramienta en trabajos reales de campo una vez finalizado el proceso investigativo, de sensibilización y capacitación del personal técnico como usuario final de los equipos.

14. Se evidencia como resultado final de esta investigación que podrían existir beneficios tanto para la empresa como para el técnico especializado y el cliente de la CNFL con la implementación de herramientas de batería para realizar labores en líneas energizadas.

Recomendaciones

La presentación de este proyecto ha significado un importante aporte para la CNFL en la búsqueda de la mejora de sus actividades operativas, además de abrir muchas puertas para otras investigaciones que impulsen la introducción de tecnologías seguras, eficaces y eficientes en su rama de mercado; de beneficio para la reducción de los tiempos de ejecución de los trabajos y para la disminución de la fatiga física en el personal técnico. No obstante lo comentado, resulta conveniente señalar puntualmente recomendaciones que deben ser tomadas en consideración por la empresa para garantizar el cumplimiento de directrices internas, el marco legal y los requerimientos del cliente final. Tales recomendaciones pueden resumirse así:

1. Asignar al área Almacén el manejo directo del proceso de compra y control de inventarios de equipo de forma que se asegure oportunamente la entrega de equipo a las áreas que así lo soliciten para la ejecución de sus labores.
2. Incorporar, como requisito indispensable, el que los oferentes participantes en los carteles de compra de equipos deban entregar muestras para que con ellas se realicen pruebas de sus productos en el Laboratorio de Ensayos, Inspección y Calibración.
3. Elaborar un protocolo respaldado por una norma vigente en el que se avale la incorporación de equipos de batería para labores en líneas de media tensión energizadas.
4. Incorporar en el plan de revisión general de equipos las herramientas de batería para trabajos en líneas de media tensión energizadas.

5. Como complemento de esta investigación, realizar un análisis de costo-beneficio de la implementación de herramientas de batería en trabajos en redes de distribución eléctrica.
6. Planificar, de manera conjunta con el área Proveeduría Empresarial, un conversatorio con potenciales proveedores de herramientas de nivel nacional con el fin de enriquecer el conocimiento sobre nuevas tecnologías incorporadas en trabajos en líneas energizadas de hasta 20.000V.
7. Realizar un estudio detallado que permita determinar si en la especificación técnica se deben descartar o mantener aquellas herramientas con sistema de escobillas (carbones). Lo anterior fundamentado en que los equipos que tienen este tipo de sistema (escobillas o carbones) no superaron las pruebas de funcionalidad a que se refiere esta investigación.
8. Realizar una investigación sobre normativa en materia de seguridad laboral que permita la certificación de pruebas de funcionalidad de herramientas de batería en contacto directo con redes energizadas.
9. Establecer un procedimiento basado en una norma certificada para la elaboración de pruebas de funcionalidad de herramientas de batería, esto en contacto directo con redes energizadas.
10. Efectuar la medición de tiempos de ejecución de trabajos reales con herramientas manuales y con herramientas de batería, para trabajos en líneas energizadas de media tensión; con el fin de determinar la reducción real del tiempo de ejecución de una función específica (cortar, compresionar y socar/aflojar).
11. Aplicar encuestas al personal técnico sobre la satisfacción con el desempeño de sus labores así como sobre la comodidad y ergonomía una vez implementado el uso de herramientas de batería para labores en líneas energizadas.
12. Realizar un estudio comparativo de las estadísticas de lesiones músculo/esqueléticas derivadas de movimientos repetitivos en el tiempo por el uso de herramientas manuales, para determinar el impacto que tendrá la implementación de herramientas de batería en líneas energizadas.

13. Realizar un estudio del impacto que pueda generar la implementación de herramientas de batería en líneas energizadas.
14. Realizar una investigación complementaria para determinar el índice de degradación técnica de los componentes internos (rotor, estator, componente electrónicos) que pudiesen verse afectados por la exposición en redes de media tensión energizadas hasta 20.000V.
15. Incorporar en el plan de gestión de residuos de la CNFL el incremento de desechos (baterías de iones de litio) derivados de la implementación de este tipo de herramientas.

Bibliografía

- Revista Electro Industria.* (julio de 2016). Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/contacto.mvc>
- itecna. (2018). *Ingeniería y tecnología aplicada*. Obtenido de <http://www.itecnacr.com/noticia/cedet-camara-de-empresas-de-distribucion-de-energia-y-telecomunicaciones-celebra-aprobacion-de-proyecto-de-ley-que-incentiva-el-uso-de-carros-electricos/>
- MILWAUKEE USA. (12 de enero de 2020). *Milwaukee catalogo de herramientas 2019*. Obtenido de <https://www.milwaukeetool.com/es/Products/Power-Tools/Electrical-Installation/49-16-2772>
- Dupont nomex. (s.f.). *prenda de vestir*. Obtenido de dupont: https://phoenix-prod-auth.dupont.com/content/dupont-internal-view/products-and-services/personal-protective-equipment/es_es/thermal-protective-apparel-accessories/brands/nomex/products/dupont-arc-man.html
- SDE mexico. (2018). *sde mexico sistemas de suministro electrico*. Recuperado el noviembre de 2019, de sde mexico: <http://www.sde.mx/que-es-el-sistema-de-suministro-electrico/>
- MW MEGAVATIOS. (LUNES de 02 de 2020). *FUNCIONES DE PROTECCIÓN AVANZADAS PARA FALLAS A TIERRA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN*. Obtenido de <https://megavatios.com.ar/funciones-de-proteccion-avanzadas-para-fallas-a-tierra-en-redes-de-distribucion/>
- SALLISBURY. (JULIO de 2013). *PROTECCION EN SALUD ELECTRICA*. Obtenido de SAFETY HONEYWELL.: https://safety.honeywell.com/content/dam/his-sandbox/marketing/electrical-safety/documents/SY_literature-library_salisbury-catalog-spanish-web.pdf

Revista *Electro Industria.* (2019). Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2800>

PESCO/ALTEC. (2017). *PESCO. COLOMBIA.* Obtenido de <http://www.pesco.cl/product/hidroelevadores-altec/>

Casco de ala ancha MSA. (s.f.). *FRANJOE.* Obtenido de COMERCIALIZADORA INDUSTRIAL: https://www.franjoeseguridad.com/producto_detalle.asp?iIdProducto=9672

Buff. (n.d.). *Prteccion contra arco electrico.* Retrieved from <https://buffusa.com/buff-products/balaclavas/lightweight-merino-wool-balaclava/black/111158>

distribuciones y dotaciones R.A.C. (s.f.). Obtenido de Gafas De Seguridad Top Gun Oscuro Con Anti Empañante: <https://dotacionesrac.com/producto/gafas-de-seguridad-top-gun-claro-2/>

Ingeniería Eléctrica. (14 de noviembre viernes de 2014 de 2014). *Ingeniería Eléctrica.* Obtenido de Tensiones simples y compuestas: <http://ingenieriaelectricafravedsa.blogspot.com/2014/11/tensiones-simples-y-compuestas.html>

Klein Tools . (2020). *catalogo de herramientas .* Obtenido de kleintools mexico: <https://www.kleintools.com.mx/catalog/klein-tools>

GME/Sd. (2020). Obtenido de juego de llaves fijas de dos bocas: <https://www.gmesd.com/es/product/6454690-juego-de-llaves-fijas-de-dos-bocas%3A-6-7-a-20-22-llaves---6-7-a-30-32llaves---marca-wiesemann>

Proveedora Ferretera La Mundial S.A. (2020). *Llaves agustables.* Obtenido de FERRETERIA LA MUNDIAL: <https://flamundial.com/products/llave-ajustable-de-18-768-ridgid-86927>

myers. (s.f.). *MD78 PINZA MECANICA ENSAMBLADA BURNDY.* Obtenido de casa myers: <https://www.casamyers.com.mx/item/38800500>

CONIMEL. (s.f.). *Linea electrica*. Obtenido de Conexiones electricas inteligentes:

<http://www.conimel.com.br/mobile/es/produtos/eletricas/conectores-de-compresion/aluminio/conector-aluminio-a-compresion-tipo-h>

RIDGID. (s.f.). Obtenido de Cortadoras de acción de trinquete:

<https://www.ridgid.com/cr/es/cortadoras-de-accion-de-trinquete>

JM Test System. (s.f.). *JM Test System*. Obtenido de <https://jmtest.com>

Anexos

Certificados de calibración de equipos utilizados para las pruebas



Certificado de Calibración – 00043

Elaborado por: Corporación Summatel S.A.

Centro de servicio Autorizado por Megger Instruments Limited.

Detalles del Equipo:

Modelo: S1-1068

Descripción: Probador de Aislamiento Megger S1-1068 // 10kV

Número de Serie: 1011562193

Pertenece a: Compañía Nacional de Fuerza y Luz

Versión de Software de Calibración: 6111-761 1.2.0.19288

Detalles del medio:

TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	FRECUENCIA	TENSIÓN	FECHA DE LA PRUEBA
20°C ± 3°C	50% ± 20%	60 Hz ± 0.5Hz	120V ±10%	15-NOV-18

Trazabilidad:

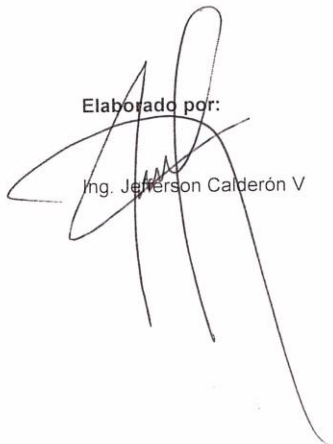
Número de Serie	Descripción	Fecha de Calibración
43720443	179 true RMS Multimeter	05/11/2018
33030010	80K-40 HV prove	04/08/2018
41410212WS	Milliamp Process Clamp Meter	05/11/2018

Nombre de la prueba	Valor Aplicado	Valores Leídos	Tolerancia	Incertidumbres	Condición
Rangos de Voltaje aplicados					
Salida 500 V	500 V	513 V	+20V/-10V	±0.5% 1 Dígito	Pasó
Salida 1000 V	1000 V	1028V	+50V/-10V	±0.5% 1 Dígito	Pasó
Salida 2500 V	2500 V	2572 V	+110V/-10V	±0.5% 1 Dígito	Pasó
Salida 5000 V	5000 V	5146 V	+210/-10V	±0.5% 1 Dígito	Pasó
Salida 10000 V	10000 V	10210 V	+410V/-10V	±0.5% 1 Dígito	Pasó

Rangos de Aislamiento					
10 GΩ @ 5kV	10 GΩ	9.80 GΩ	0.5 GΩ	±0.5% 1 Dígito	Pasó
100 MΩ @ 1kV	100 MΩ	97.4 MΩ	5 MΩ	±0.5% 1 Dígito	Pasó
10 MΩ @ 10 kV	10 MΩ	9.99 MΩ	0.5 MΩ	±0.5% 1 Dígito	Pasó
10 MΩ @ 1kV	10 MΩ	9.95 MΩ	0.5 MΩ	±0.5% 1 Dígito	Pasó
Test de Capacitancia					
3.3 μF @ 1kV	3.31 μF	3.08 μF	0.331 μF	±0.5% 1 Dígito	Pasó
47 nF @ 1kV	47.2 nF	45.0nF	12.35 nF	±0.5% 1 Dígito	Pasó
Corriente de CC	6.00 mA	5.83mA	0.6 mA	±0.5% 1 Dígito	Pasó

Recomendaciones // Comentarios

Elaborado por:



Ing. Jefferson Calderón V

PHENIX TECHNOLOGIES, INC.

75 Speicher Drive
Accident, MD 21520 USA

Phone: 301-746-8118
Fax: 301-895-5570
www.phenixtech.com



CERTIFICATE OF CALIBRATION

Manufacturer: Phenix Technologies
Model Number: 6CP100-7.5
Serial Number: 10-6442
Cal Date: December 30, 2010

Certificate: 123010106442
Temperature: 23 Degrees C
Relative Humidity: 21%

Location of Calibration: Phenix Technologies
Standard Products Dept.

Calibration traceable to the National Institute of Standards and Technology (N.I.S.T.) has been accomplished on the above named instrument by comparison with traceable reference instruments of appropriate uncertainty maintained by Phenix Technologies.

The results of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made.

This certificate shall not be reproduced, except in full, without the written approval of Phenix Technologies, Inc.


Job Hazenbaker

December 30, 2010
Date

Ficha técnica pistola de impacto



2860-20

2860-22

Llave de impacto de torque medio M18 FUEL™ de 1/2 "con retén de pasador (solo herramienta)

★★★★★ 4.8 (60) Escribe una reseña

Con una torsión de apriete de 450 pies-libra y un par de torsión de tuerca de 600 pies-libra, la llave de impacto de torque medio M18 FUEL™ es más poderosa y también es hasta 4 "más corta y hasta 2 libras más liviana que muchas llaves de impacto de la competencia. El motor sin escobillas POWERSTATE™ ofrece hasta 0- 2.400 RPM, lo que aumenta la productividad. REDLINK PLUS™ Intelligence es el sistema electrónico más avanzado del mercado, que evita daños a la herramienta y la batería causados por sobrecarga o sobrecalentamiento. Para usar con baterías compactas REDLITHIUM™ o baterías de capacidad extendida (se venden por separado), el par medio M18 FUEL™ ofrece más trabajo por carga y más trabajo durante la vida útil del paquete que las baterías de la competencia en el mercado. El DRIVE CONTROL™ de 3 modos proporciona un mayor control sobre la velocidad y la potencia de salida para una mayor versatilidad. Con 6,7 "de longitud y 5,3 libras con un 5. Batería de 0 Ah, la llave de impacto de torque medio M18 FUEL 1/2 "ofrece el equilibrio y el peso deseados por los profesionales para todo el día. Esta herramienta incluye un yunque de retención de pasador de 1/2 "que proporciona una retención superior del zócalo. Un nuevo material sobremoldeado le brinda la máxima comodidad durante el uso prolongado mientras dura más contra los materiales corrosivos.

Cerca

INCLUYE:

(1) Clip para cinturón

(1)

Llave de impacto de torque medio M18 FUEL™ de 1/2 "con retén de pasador (solo herramienta) (2860-20)

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	ESPECIFICACIONES	COMENTARIOS
<ul style="list-style-type: none"> ✓ El motor sin escobillas POWERSTATE™ de Milwaukee® proporciona más potencia, más tiempo de funcionamiento y una vida útil más larga. ✓ La inteligencia electrónica REDLINK PLUS™ permite una comunicación avanzada entre sus baterías y herramientas, lo que permite niveles incomparables de rendimiento, protección y productividad. ✓ Ofrece hasta 600 pies-lb de par de torsión ✓ Longitud compacta a 6.7 "para permitir un mayor acceso en espacios reducidos ✓ Luz LED incluida 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El paquete de baterías Milwaukee® REDLITHIUM™ es el paquete más duradero del mercado y ofrece más tiempo de funcionamiento, potencia y mayor duración de la batería. ✓ Ofrece hasta 450 pies-lb de par de apriete ✓ DRIVE CONTROL™ de 3 modos proporciona un mayor control sobre la velocidad y potencia de salida con un máximo de RPM de 2,400 ✓ Herramienta liviana a 5.3 lb con batería de 5.0 Ah para menos fatiga, sobremolde de goma mejorado para soportar materiales corrosivos ✓ Utiliza un diseño de retención de clavijas para una máxima retención del zócalo 	

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Garantía	Garantía limitada de 5 años
Luz LED	sí
Tuerca que revienta el torque	600 pies-lb
Voltaje	18V

Largo	6.77 "
Sistema de batería	M18
Peso	3.8 lbs
Fuente de Energía	Inalámbrica

Ficha técnica pistola de cortadora y crimpadora

2678-20

2678-22

2678-22BG

2678-22K

2678-22O



Engarzadora M18 FORCE LOGIC™ 6T (solo herramienta)

★★★★★ 5.0 (2) Escribe una reseña

Las engarzadoras M18™ FORCE LOGIC™ 6T son la forma más confiable de engazar. Mover la empuñadura al centro de la herramienta brinda el máximo control en guantes de clase 3, mejorando la alineación y la precisión. Las engarzadoras M18™ FORCE LOGIC™ 6T cuentan con el primer sistema de control de presión adaptativo de la industria, PFM™. PFM™ mide activamente la presión y modifica automáticamente todos los niveles de rendimiento del sistema, lo que permite que la bomba hidráulica de alta velocidad se alimente durante el comienzo de un ciclo y aterrice a la presión precisa para completar el engarzado. El resultado, las engarzadoras Milwaukee® son las engarzadoras más precisas, rápidas y duraderas del mundo. Las engarzadoras Milwaukee® cuentan con una bomba hidráulica de alta velocidad completamente cerrada, un motor sin escobillas, electrónica REDLINK™ y baterías REDLITHIUM™ que brindan la máxima confiabilidad en las condiciones más duras y hasta 4 veces más de vida útil. Las engarzadoras utilitarias Milwaukee® 6T brindan confianza para cualquier emergencia eléctrica. Con la tecnología Milwaukee® ONE KEY™, Milwaukee® 6T Crimpers le permite almacenar datos de crimpado en tiempo real, generar informes profesionales, ver datos históricos de rendimiento de herramientas y sincronizar todo de forma inalámbrica a la nube para facilitar el acceso. Para la máxima versatilidad, la mordaza de corte de cable Milwaukee M18™ 750 MCM (49-16-2772) y la mordaza M18™ 477 ACSR (49-16-2773) son fácilmente intercambiables en todos los modelos 2678-20.

- ✓ El diseño totalmente equilibrado proporciona el máximo control y precisión con guantes de clase 3, lo que simplifica el proceso de alineación.
- ✓ El tiempo de engarzado más rápido en la industria PFM 2.5 veces más rápido
- ✓ La electrónica protegida contra la intemperie evita la entrada de suciedad, polvo y humedad.
- ✓ El motor sin escobillas ofrece una vida útil hasta 4 veces mayor
- ✓ La herramienta registra y almacena cada engarce realizado, 1 clave habilitada para la creación profesional de informes
- ✓ PFM: modifica automáticamente la salida según el conector, asegurando una presión óptima cada vez
- ✓ Reciba verificación de presión instantánea con luz verde, registros de herramientas y almacene cada engarce realizado
- ✓ El sistema hidráulico está optimizado para un rendimiento constante de 0 grados F - 122 grados F
- ✓ Diseño en línea y rotación de la cabeza de 350 grados para un fácil acceso desde cualquier lugar
- ✓ Sistema M18 compatible

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Garantía	Garantía limitada de 5 años
Batería	de iones de litio
Rotación de la cabeza	350 grados
Velocidad de	crimpado 2.9 segundos
Restablecimiento automático	Sí
Agarre central equilibrado	Sí
Sistema de control de presión adaptativo	Sí
Informes y diagnóstico de herramientas integrados	: ONE KEY™ habilitado

Indicador de presión completa	Sí
Garantía de la batería	2 años
Voltaje	18V
Largo	14"
Garantía de la herramienta	5 años
Sistema de batería	M18
Peso	4.65 lbs
Fuente de Energía	Inalámbrica

Autorización de proveedores para ejecución de pruebas

De: Manuel Jiménez [mailto:mjimenez@electroval.com]

Enviado el: Thursday, Sep 27, 2018 13:47 PM

Para: Zamora Espinoza José Alberto

CC: Melida Valverde; Área Ampliaciones Sistema Distribución; Castro Hidalgo Luis Esteban;
Mora Angulo José

Asunto: Re: Especificaciones pistola de impacto

Buenas tardes:

Don José, tienes el visto bueno para la prueba que respaldamos con los protocolos de pruebas enviados por Fabrica Milwaukee en contacto con 19920 voltios, supongo que en el lado de la operación de la herramienta (gatillo) se simula un liniero con su EPP.

Saludos

Ing. Manuel Jiménez Taboada

Departamento Comercial

Tel: (506) 2283-2306 Ext: 112

Fax: (506) 2283-8072



El jue., 27 sept. 2018 a las 13:14, Zamora Espinoza José Alberto (<jozamora@cnfl.go.cr>) escribió:

Buenas tardes, Manuel.

Para formalizar el documento de referencia 131-2018 y los protocolos que su persona me remitió anteriormente, de esta manera le pedimos su VB° para realizar las pruebas del equipo de manera energizada en el laboratorio de ensayos, inspección y calibración de la Compañía Nacional de Fuerza y luz esto para cerciorarnos que el equipo que se quiere adquirir es competente para trabajos con la línea energizada a contacto 19 920 voltios.

Dándonos de este modo la autorización para lo que corresponda tomando en cuenta que al ser un ensayo de laboratorio existe la posibilidad de que el equipo sufra algún desperfecto durante dicho ensayo.

Esperando su pronta respuesta se despide cordialmente,



**Jose Alb.
Zamora Espinoza.**
Proceso Construcción de Redes

jozamora@cnfl.go.cr
2295-1166
www.cnfl.go.cr

  cnflcr
  cnfl
 8319-5273

 **CARBONO NEUTRAL**
Iniciativa del Gobierno de Costa Rica

 **cnfl**


De: Manuel Jimenez [<mailto:mjimenez@electroval.com>]

Enviado el: Friday, July 13, 2018 3:17 PM

Para: Zamora Espinoza José Alberto

CC: Mélida Valverde

Asunto: Especificaciones pistola de impacto

Buenas tardes

Jose te envió especificaciones de fábrica, la pistola viene en camino pues estaba en Colombia.

Estamos en contacto para enviártela.

Saludos

Ing. Manuel Jiménez Taboada

Departamento Comercial

*Tel: (506) 2283-2306 Ext: **112***

Fax: (506) 2283-8072



Especificaciones Técnicas subidas a SICOP

Especificaciones técnicas Pistola de Impacto ½” de baterías para trabajos en líneas energizadas.

Especificaciones:

- El equipo y la batería deben ser capaces de operar en líneas de distribución eléctrica energizadas a una tensión máxima de 19 920 Voltios AC tensión compuesta sin puntos a fuga.
- El equipo debe poseer 2 baterías de litio de última generación de 18 V con indicador de carga. Igual o superior al modelo REDLITHUM™ XC5.0
- Debe poseer cargador de baterías para carga rápida de 120 V, AC y un aditamento para carga en vehículos 12 V DC (cargador tipo cenicero)
- Motor debe ser sin escobillas “carbones” (Sistema Brushless), de 4 polos debe contar con un diseño robusto combinado con imanes de tierras raras para una vida más larga, más potencia y más tiempo de ejecución que cualquier otro competidor con sistema de carbones
- El equipo debe ser capaz proporcionar un rendimiento optimizado y protección contra sobrecargas utilizando la comunicación total del sistema entre la herramienta, la batería y el cargador
- El equipo debe poseer una correa con anclajes de seguridad anti caídas tipo elástica. (igual o superior al modelo TT1 de Klein Tools).
- El equipo debe poseer una maleta o bolso robusto para su transporte y almacenaje.
- Velocidad sin carga 0-1900 RPM
- Torque máximo 450 ft/lb
- Debe poseer sistema con pin de retención de ½” para sujeción firme de los cubos.
- Peso máximo 8.38 lb – 3.08 kg
- Longitud 8-7/8” - 22.54 cm
- Debe poseer luz led que se active durante su operación.
- Debe de poseer sistema de gradual de fuerza en tres modos.
- El equipo debe poseer un cubo corona para espiga de ½” de profundidad para impacto de 30 mm y otro de 19 mm.
- Tanto el equipo como la batería y el cargador deben tener una garantía de 5 años contra defectos de fábrica.
- El equipo debe ser igual o superior al MILWAUKEE MOD CAT 2860-20



Especificaciones técnicas de crimpadora 6T para línea energizada.

Especificaciones:

- Debe poseer certificación UL.
- Debe ser compatible con tensiones de operación de 19 920 voltios tensión compuesta.
- Debe tener la particularidad de función de cabezotes intercambiables.
- Los cabezales intercambiables permiten ajustar la herramienta para satisfacer necesidades individuales.
- Diseño lineal que facilite la operación con una sola mano inclusive en lugares estrechos
- Rotación del cabezal en 360° para mejorar el acceso en lugares difíciles de maniobrar.
- luz LED blanca y brillante ilumina directamente el lugar de trabajo.
- Debe incluir sensores e indicadores LED incorporados que aseguren el buen funcionamiento de la herramienta, y controle la duración de la batería e indiquen cuándo la herramienta necesita servicio.
- Empuñaduras recubiertas de caucho sobremoldeado para mejorar la comodidad y el control.
- El ariete se debe automáticamente cuando se completa el corte o engarzado.
- Fuerza de salida de 6 toneladas hidráulicas.
- Duración aproximada del ciclo: 5 segundos.
- Intervalo de servicio: 32.000 ciclos.
- Límites de temperatura: 15°F a 122°F (10°C a 50°C).
- Alimentación: Plataforma de batería de litio avanzada de 18 V
- Peso máximo sin cabezotes 9.4 kg / 20.8 lb
- garantía de 2 años.
- Deberá ser igual al modelo 2678-20 Marca Milwaukee

Accesorios:

- Debe incluir cabezote con ranura para conectores tipo “D3” y otra ranura para tipo “O”.
- Debe incluir cabezote de corte diseñado para cortar hasta cable 477 kcmil (MCM)
- Debe poseer correas de nylon que permita alzar o amarrar la herramienta con seguridad.

- Debe incluir un juego de dados W 247 y W 163
- Debe incluir dos baterías 18 V, 4.0 Ah, Cargador 120 V, 50/60 Hz y maletín para transporte y almacenamiento.



Imágenes extras





