

Análisis de las principales causas de accidentes eléctricos con relación al entorno industrial del país

Analysis of the main causes of electrical accidents in relation to the industrial environment of the country

Análise das principais causas de acidentes elétricos em relação ao ambiente industrial do país

Jacome Alarcón, Luis Fernando
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
ljacomea@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1553-7591>



León Enríquez, Yisbell Mikaela
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
yisbell.leon2016@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0006-9219-5889>



Macay Bernita, Dariana Marleyne
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
mmacayb@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0007-4128-5654>



Rodríguez Verdezoto, Jina Alexandra
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
jrodriguezv8@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-5304-7651>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/nE2/322>

Como citar:

Jacome Alarcón, L. F., León Enríquez, Y. M., Macay Bernita, D. M., & Rodríguez Verdezoto, J. A. (2024). Análisis de las principales causas de accidentes eléctricos con relación al entorno industrial del país. *Código Científico Revista De Investigación*, 5(E3), 312–333.

Recibido: 21/03/2023

Aceptado: 03/04/2024

Publicado: 30/04/2024

Resumen

El marco de este estudio es comprender los comportamientos y condiciones que conducen a los accidentes en el lugar de trabajo, algunos de los factores más comunes son la falta de capacitación y educación adecuadas, mantenimiento deficiente, inspecciones de equipos eléctricos, la sobrecarga y el uso inadecuado de máquinas eléctricas. Por ello esta investigación pretende analizar las principales causas que conducen a que susciten accidentes de trabajo con la manipulación directa de los aparatos y equipos eléctricos en el área industrial, para con ello poder prevenir efectos adversos en la salud de las personas. La investigación fue de carácter descriptivo y documental, utilizando datos estadísticos que se analizaron a profundidad, es decir, basadas en la observación e investigación, familiarizadas con normativas y documentos legales vigentes aplicables asociados en la mitigación de casos de accidentes derivados por el inadecuado uso de equipos o maquinas eléctricas. Las cifras del IESS, en los últimos 6 años entre 2017 y 2022 se reportaron 91.581 accidentes laborales en Ecuador y entre febrero de 2020 y 2021, se registraron 10.821 accidentes laborales en el país. En conclusión, según estadísticas el 53% de los accidentes se dieron en el mismo lugar de trabajo, los estudios de estos casos son fundamentales para comprender y prevenir futuros accidentes.

Palabras clave: Accidentes, Laborales, Derivados, Estudios, Eléctricos.

Abstract

The framework of this study is to understand the behaviors and conditions that lead to accidents in the workplace, some of the most common factors are lack of proper training and education, poor maintenance, inspections of electrical equipment, overloading and improper use of electrical machines. Therefore, this research aims to analyze the main causes that lead to work accidents with the direct handling of electrical appliances and equipment in the industrial area, in order to prevent adverse effects on people's health. The research was descriptive and documentary in nature, using statistical data that were analyzed in depth, that is, based on observation and research, familiar with current regulations and applicable legal documents associated with the mitigation of cases of accidents arising from the improper use of electrical equipment or machines. IESS figures, in the last 6 years between 2017 and 2022, 91,581 occupational accidents were reported in Ecuador and between February 2020 and 2021, 10,821 occupational accidents were recorded in the country. In conclusion, according to statistics 53% of the accidents occurred in the same workplace, the studies of these cases are essential to understand and prevent future accidents.

Keywords: Accidents, Occupational, Derivative, Studies, Electrical.

Resumo

A estrutura deste estudo é entender os comportamentos e as condições que levam a acidentes no local de trabalho, sendo que alguns dos fatores mais comuns são a falta de treinamento e educação adequados, manutenção deficiente, inspeções de equipamentos elétricos, sobrecarga e uso inadequado de máquinas elétricas. Portanto, esta pesquisa tem como objetivo analisar as principais causas que levam a acidentes de trabalho decorrentes do manuseio direto de aparelhos e equipamentos elétricos na área industrial, a fim de evitar efeitos adversos à saúde das pessoas. A pesquisa foi de natureza descritiva e documental, utilizando dados estatísticos

que foram analisados em profundidade, ou seja, com base em observação e pesquisa, conhecendo-se as normas vigentes e os documentos legais aplicáveis associados à mitigação dos casos de acidentes decorrentes do uso inadequado de equipamentos ou máquinas elétricas. Segundo dados do IESS, nos últimos 6 anos, entre 2017 e 2022, foram registrados 91.581 accidentes de trabalho no Ecuador e, entre fevereiro de 2020 e 2021, foram registrados 10.821 accidentes de trabalho no país. Em conclusão, de acordo com as estatísticas, 53% dos accidentes ocorreram no mesmo local de trabalho, e os estudos desses casos são essenciais para entender e prevenir futuros accidentes.

Palavras-chave: Accidentes, Ocupacionales, Derivativos, Estudios, Eléctricos.

Introducción

El marco de este estudio es comprender los comportamientos y condiciones que conducen a casos de accidentes eléctricos en el Ecuador, sin embargo, la seguridad eléctrica en entornos industriales es un aspecto crítico para mantener la integridad de los trabajadores y la continuidad de la producción. Estos casos accidentes representan una amenaza importante, con potenciales consecuencias que van desde lesiones leves hasta la muerte. Este análisis tiene como objetivo brindar una visión integral de las causas fundamentales de los accidentes eléctricos, análisis de las vulnerabilidades de accidentes eléctricos en el entorno industrial, mediante la revisión detallada del portal IESS en el apartado reporte de accidentes de por Riesgo Laborales, para así comprender las condiciones que podrían proporcionar accidentes eléctricos en el Ecuador.

Metodología

En esta investigación tiene un enfoque cualitativo la cual se utilizó la metodología descriptiva y se aplicó una técnica de investigación que implica examinar y extraer información relevante de los siguientes documentos escritos. La investigación establece criterios claros para la selección de su relevancia para el tema de estudio y estas fuentes son: documentales, libros, blogs, revistas científicas como también se analiza los datos estadísticos de los reportes de

accidentes laborales del país los cuales están disponibles en el portal del IEES. Con el fin de determinar las causas porque se producen estos casos de accidentes eléctricos en el país.

Resultados

La información recopilada a partir de los estudios de casos de accidentes eléctricos industriales se utiliza para desarrollar y mejorar estándares de seguridad, procedimientos de políticas de prevención.

Las cifras del Instituto de Seguridad Social (IEES), en los últimos seis años; es decir, entre 2017 y 2022 se han reportado 91.581 accidentes laborales en Ecuador y específicamente entre “febrero de 2020 y febrero 2021, se registraron 10.821 accidentes laborales en el país, lo que representa una disminución del 32% en relación con el periodo anterior. Y durante el año 2022, según la estadística de Riesgos Laborales, el 53% de los accidentes ocurrieron en el mismo lugar de trabajo; 30 % al salir o regresar de (in itinere); el 9% en desplazamientos dentro de las horas de trabajo; 6 % en otro centro o lugar de trabajo: y el 2% cuando el afiliado está en comisión de servicio (IESS, 2023).

La electricidad es una fuente de energía valiosa en la industria, pero también es una de las más peligrosas. Los accidentes eléctricos son una realidad en el lugar de trabajo, y en la mayoría de estos accidentes están relacionados con las máquinas eléctricas. Según, los peligros de trabajar con electricidad incluyen electrocución, choques eléctricos, quemaduras y caídas. La electrocución, que es la muerte por choque eléctrico, es una de las lesiones más graves que pueden ocurrir en la industria.

Los estudios de caso de accidentes eléctricos en la industria son investigaciones detalladas que analizan las circunstancias y factores contribuyeron a estos eventos. Estos

estudios ayudan a comprender las causas subyacentes de los accidentes y a identificar medidas preventivas para evitar su recurrencia en el futuro.

Estructura del sector eléctrico (CELEC EP, 1996)

El sector eléctrico nacional estará estructurado de la siguiente manera:

- a. El Consejo Nacional de electricidad
- b. El Centro Nacional de control de la energía
- c. Las empresas eléctricas concesionarias de generación
- d. La empresa eléctrica concesionaria de transmisión
- e. Las empresas eléctricas concesionarias de distribución y comercialización

Tipos de electricidad

- **Corriente continua**

La tensión, intensidad de corriente y resistencia no varían. Ejemplo: batería, es el resultado del flujo de electrones (carga negativa) por un conductor (alambre) que va al terminal negativo al terminal positivo de la batería, pasando por una carga. Un foco en este caso (Rieskie & D., 2010).

- **Corrientes alterna**

Tensión y corriente varían en forma periódica a lo largo del tiempo, en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda sinusoidal, puesto que se consigue una transmisión más eficiente de la energía. La corriente alterna es la forma de corriente de mayor importancia y la que marcó la diferencia entre la era de la energía generada por vapor y la era moderna, y esta fue posible que la transmisión de energía a grandes distancias y llegara a cualquier parte (Hogares y en Las empresas).

- **Circuito eléctrico**

Esta normalmente compuesto por: la fuente que tiene por los menos dos bornes que proporciona la tensión que permite hacer circular la corriente eléctrica. El receptor es el elemento dentro del cual se va a manifestar el efecto producido por el paso de la corriente (Alfonso, 2016).

Análisis de las principales causas de accidentes eléctricos en relación al entorno industrial en el país.

Uno de los factores más comunes que contribuyen a los accidentes eléctricos en entornos industriales es la falta de capacitación y educación adecuadas. Muchos trabajadores no reciben la capacitación necesaria sobre los peligros eléctricos y cómo manejarlos de manera segura. Esto puede llevar a situaciones en las que los trabajadores no son conscientes de los riesgos asociados con la manipulación de equipos eléctricos y, por lo tanto, son más propensos a los accidentes. Es crucial que los usuarios proporcionen una capacitación adecuada en seguridad eléctrica a sus empleados y promuevan una cultura de seguridad en el lugar de trabajo.

Otra causa común de accidentes eléctricos en entornos industriales es el mantenimiento deficiente y la inspección de equipos eléctricos. Si el equipo no se mantiene o inspecciona adecuadamente periódicamente, puede presentar fallas eléctricas o problemas que aumentan el riesgo de accidentes. Los cables dañados, los enchufes sueltos o los interruptores defectuosos son solo algunos ejemplos de problemas que pueden surgir de un mantenimiento deficiente. Es esencial que se realicen interrupciones regulares y un mantenimiento adecuado de los equipos eléctricos para garantizar su funcionamiento seguro.

La sobrecarga y el uso inadecuado de máquinas eléctricas también son factores importantes que contribuyen a los accidentes eléctricos en entornos industriales. Cuando las máquinas eléctricas se utilizan más allá de su capacidad o se utilizan incorrectamente, pueden

ocurrir fallas eléctricas que pueden provocar accidentes. Es esencial que los trabajadores estén capacitados para usar adecuadamente las máquinas eléctricas y comprender las limitaciones de cada equipo. Además, es importante implementar medidas de seguridad, como el uso de dispositivos de protección personal y la supervisión adecuada de las operaciones con máquinas eléctricas, para prevenir accidentes relacionados con el uso inadecuado de equipos eléctricos.

Respecto al grupo de agentes relacionados con accidentes eléctricos Chacón (2015), se han clasificado estos en función de los siguientes parámetros:

- Instalaciones fijas nivel usuario; se han clasificado aquellas esencialmente de baja tensión (voltajes típicos de 220 V y 380 V), pero que son del tipo de uso por el nivel de usuario, es decir, cualquier persona que utilice las instalaciones eléctricas como parte de su quehacer diario: Como es, utilizar un artefacto en mal estado, o enchufe descompuesto, cambiar una ampolla.
- Instalaciones fijas en baja, media o alta tensión: estas incluyen subestaciones, maquinarias, motores, tableros eléctricos y equipos de proceso, donde generalmente el personal que es afectado tiene relación con mantenimientos eléctricos o mecánicos, o su perfil tiene que ver con la operación de maquinarias (habitualmente en la industria).
- Instalaciones eléctricas aéreas o subterráneas de distribución o transmisión. Referidas principalmente a aquellas relacionadas con líneas eléctricas de baja o media tensión, donde personal calificado (linieros, por ejemplo) cometen errores en la operación del sistema eléctrico. También ocurren accidentes eléctricos a personal no calificado (obreros, jornales, pintores o cargos no eléctricos), los que acortan distancia a las instalaciones eléctricas haciendo contacto con estas.

- Indeterminadas: aquellas donde los antecedentes no fueron suficientes para establecer el tipo de agente.

Tabla 1*Distribución de accidentes eléctricos graves por agentes*

Indeterminado	18%
Instalaciones fijas nivel usuario (equipos, artefactos, enchufes, interruptores)	22%
Instalaciones fijas de potencia en BT y MT (tableros, maquinarias, otras)	33%
Líneas eléctricas aéreas de baja, media y alta tensión	27%

Nota: Autores (2024)

Causas principales de casos de accidentes eléctricos en el país.

Los accidentes eléctricos se pueden dar en cualquier lugar donde existan aparatos eléctricos o cables y muchos de ellos se producen por negligencias o por falta de seguridad en las instalaciones y ausencia de mantenimiento de estas (SERRANO., 2013).

1. Instalaciones antiguas: el deterioro y envejecimiento de las instalaciones eléctricas es uno de los problemas más destacados, que se suma la falta de revisiones periódicas. El paso del tiempo deteriora los materiales de los equipos, ya que la capa de aislante al endurecerse se rompe con el riesgo de electrocutarse incrementa. Además, se debe sumar el hecho de contar con un sistema de cableado defectuoso e instalaciones que ya no cumplen con la normativa vigente.
2. Falta de seguridad en las Instalaciones: Se puede derivar en accidentes muy graves. Periódicamente se deben revisar los protocolos de seguridad atendiendo a la normativa vigente, ya que, por ejemplo, una mala señalización de los equipos de trabajo según su peligrosidad o potencia puede evocar a situaciones críticas. De esta manera, se puede saber que se cuenta con las protecciones mínimas de seguridad en la instalación eléctrica.

3. Negligencias profesionales: El factor humano sigue siendo el principal motivo de accidentes por causas eléctricas. El exceso de confianza, el uso indebido de los elementos de protección o la falta de análisis y planificación previa al inicio del trabajo hace todas las medidas tomadas con anterioridad no sirvan de nada. También en muchas ocasiones, el hecho de no tener en cuenta las situaciones climatológicas adversas como tormentas y lluvias, es otro de los factores que provocan los accidentes.
4. Otros tipos de accidentes eléctricos comunes en entornos industriales son incendios eléctricos y explosiones. Estos accidentes pueden ocurrir debido a fallas de funcionamiento de los equipos eléctricos, como cortocircuitos o sobrecargas. Los incendios eléctricos pueden propagarse rápidamente y causar daños significativos a la propiedad, así como poner en peligro la vida de los trabajadores. Además, las explosiones pueden ser causadas por fallas eléctricas y tener consecuencias devastadoras. Por lo tanto, es esencial realizar un mantenimiento regular de los equipos eléctricos y garantizar que se cumplan los estándares de seguridad para prevenir estos accidentes.

El mal funcionamiento y las fallas de los equipos eléctricos también pueden ser una causa importante de accidentes en entornos industriales. El uso de maquinaria defectuosa o equipo de oficina inadecuado puede exponer a los trabajadores a corrientes eléctricas peligrosas. Algunos equipos, como las sierras eléctricas, son especialmente propensos a causar accidentes graves si no se usan correctamente. Además, la falta de capacitación adecuada en el uso de equipos eléctricos puede aumentar el riesgo de accidentes. Por lo tanto, es fundamental proporcionar una capacitación adecuada a los trabajadores y garantizar que el equipo utilizado esté en buen estado de funcionamiento de los equipos eléctricos.

Efectos de la electricidad en función de la electricidad.

“Para comprender los efectos de la electricidad en el cuerpo, se considere lo que se trata en la NTP 400: Corriente eléctrica: Efectos al atravesar el organismo humano (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo, 1999)”.

Las consecuencias del paso de la corriente por el cuerpo pueden ocasionar desde lesiones físicas secundarias (golpes, caídas, etc.) hasta la muerte por fibrilación ventricular.

Una persona electrizada cuando la corriente eléctrica circula por su cuerpo, es decir, punto de entrada y salida de la corriente y la electrocución se produce cuando dicha persona fallece debido al paso de corriente por su cuerpo.

Tabla 2

Efectos de la Corriente eléctrica

Corriente eléctrica mA	Potencia w	Efectos
10	2.20	Sacudida dolorosa.
20	4.40	Contracciones musculares.
30	6.60	Respiración extremadamente difícil.
40	11.0	Paro respiratorio
50	15.40	Fibrilación ventricular
70	22.0	Muerte en 3 seg.

Nota: Extraído de Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)-Instalaciones eléctricas (s.f.)

Riesgos en empresas de servicios eléctricos.

Riesgo eléctrico por contacto directo.

“Se tiene una probabilidad de sufrir una descarga eléctrica al estar en contacto con componentes activo. Se incluye el conductor neutro o compensador de las partes a ellos conectadas (Mejia, 2018)”.

Contacto directo: Se puede producir con partes de un circuito por los cuales normalmente circula la corriente.

- Quemaduras por arco eléctrico

- Quemaduras por contacto
- Tetanización de músculos respiratorios
- Lesiones permanentes.
- En muchos casos llega la muerte.

Riesgos eléctricos por contacto indirecto.

“Se tiene una probabilidad de sufrir una descarga eléctrica al estar en contacto con los elementos que tengan desviación a tierra. O si la máquina hiciera mal contacto con el suelo o estuviera aislada de él (Mejia, 2018)”.

Contacto indirecto: Se puede producirse a través de equipos defectuosos por los cuales circula la corriente eléctrica.

- Quemaduras al tocar elementos no protegidos.
- Lesiones traumáticas por caídas.
- Quemaduras oculares por acción de un arco eléctrico.

Riesgos por trabajos en alta tensión y baja tensión.

“El Riesgo de trabajos en alta tensión es debido al estar en contacto con tensión superior a 1000 V, mientras que Riesgos por baja tensión es debido al estar en contacto con tensión igual o inferior a 1000 V (OIT , 2001)”.

Riesgos por trabajos en líneas energizadas y no energizadas. El mantenimiento en líneas energizadas (en caliente), Trabajar con líneas energizadas cumple con la Regulación CONELEC 004/01, que garantiza la continuidad del servicio eléctrico al poseer líneas hasta 22,8 Kv, considerado el trabajo más peligroso y por ende de muchos riesgos por lo que también es el mayor cuidado en las empresas que prestan servicios eléctricos.

Relación para la mortalidad entre la intensidad eléctrica y tiempo de exposición del trabajador con la corriente eléctrica.

Tabla 3

Consecuencias de la Corriente eléctrica

Intensidad	Tiempo	Consecuencia
15 mA	20 min.	
20 mA	1 min.	
30 mA	35 seg.	
100 mA	3 seg.	Fallecimiento
500 mA	110 mseg.	
1 A	30 seg.	

Nota: Extraído de Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)-Instalaciones eléctricas (s.f.)

La corriente eléctrica y el cuerpo humano.

El cuerpo humano es un conductor directo de corriente y voltaje eléctrico. Cuando el cuerpo humano toca un cable con corriente, la corriente puede influir a través del cuerpo humano y provocar una electrocución.

Se debe cumplir tres condiciones para que se produzca una descarga eléctrica en el cuerpo humano:

- La persona facilita la conducción de la corriente eléctrica.
- La persona está formando parte del circuito.
- El personal está expuesto a voltajes peligrosos.

Efecto de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano.

La corriente eléctrica a su paso por el cuerpo humano produce diversos efectos que pueden provocar lesiones físicas (quemaduras, contracciones musculares, dificultades respiratorias, paros cardíacos, caídas, etc.) Hasta el fallecimiento por fibrilación ventricular (VILLARRUBIA, 2000).

Entre los efectos que produce la corriente eléctrica se distinguen:

Asfixia: si el centro nervioso que regula la respiración se ve afectado por la corriente, puede llegar a producirse un paro respiratorio

Electrización: la persona forma parte del circuito eléctrico, circulando la corriente por el cuerpo. Como mínimo se presenta un punto de entrada y otro de salida de la corriente

Electrocución: fallecimiento debido a la acción de la corriente en el cuerpo humano

Fibrilación ventricular: movimiento arrítmico del corazón que puede ocasionar el fallecimiento de la persona

Tetanización: movimiento incontrolado de los músculos debido a la acción de la corriente eléctrica, con pérdida de control generalmente en brazos y piernas

Los efectos que produce la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano dependen fundamentalmente de los siguientes factores:

- a. Intensidad de la corriente eléctrica
- b. Tiempo de contacto o de paso de la corriente
- c. Tensión o diferencia de potencial
- d. Resistencia o impide impedancia del cuerpo entre los puntos de contacto
- e. Trayectoria o recorrido de la corriente a través del cuerpo
- f. Frecuencia (Hz) de la corriente
- g. Condiciones fisiológicas de la persona

Relación entre máquinas y accidentes eléctricos

La correcta instalación y puesta a tierra de las máquinas eléctricas es de suma importancia para prevenir accidentes eléctricos en la industria. Una instalación adecuada garantiza que las máquinas estén correctamente conectadas a la fuente de alimentación y que los conductores estén protegidos de posibles cortocircuitos o sobrecargas. Además, la correcta conexión a tierra de las máquinas ayuda a disipar la corriente eléctrica de forma segura,

evitando así la posibilidad de descargas eléctricas. Estas medidas de seguridad son esenciales para proteger a los trabajadores y prevenir accidentes relacionados con las máquinas eléctricas en la industria.

Tabla 4

máquinas y accidentes eléctricos

Elementos	Porcentaje (%)
Máquinas Superficies de trabajo	30.6
Superficies de trabajo	24.3
Medios y elementos de transporte y manutención.	22.0
Herramientas manuales y mecanizadas.	11.7
Materiales sustancias y radiaciones.	4.1
Elementos bajo tensión eléctrica	2.9
Ambiente de trabajo	2.7
Armas	0.9
Animales	0.8
Total	100.0

Nota: Extraído de Sistema SRSRT

Del cuadro anterior se puede observar que el elemento con respecto bajo tensión eléctrica tiene un porcentaje 2.9 %, son datos según entre los años 2014-2018, lo que da a entender que los accidentes por causa de tensión eléctrica son muy pocos, pero cuando suceden son mortales, es decir, fallecimiento del trabajador.

Consideraciones para entender el tema de cortocircuito, sabiendo que lo consideramos un accidente.

Operacionalización de Variables

El corto circuito está definido como un accidente que al presentarse ocasiona un fenómeno térmico, dinámico; que puede presentarse en las máquinas eléctricas, la variable compleja, abstracta y de significación. Además, también se entiende por corto circuito, a la falla que puede aparecer en un circuito o instalación eléctrica cuando se

interpone entre dos conductores que se hallan bajo una tensión eléctrica, una resistencia de valor despreciable o nulo (Ferro, 2015).

Después de considerar al corto circuito como un accidente de proporciones peligrosas, el estudio también debe considerarse una dimensión temporal. Os experimentos a realizarse en los motores asíncronos seleccionados, con la posibilidad de elegir los sistemas de protección adecuadas.

La corriente nominal, que aumenta considerablemente en caso de accidente de tráfico (cortocircuito), se puede determinar a partir de la potencia de salida de las maquinas rotativas. Las corrientes del motor y la temperatura del funcionamiento están reguladas.

Cortocircuito, circunstancia accidental o intencionado entre dos o más partes conductoras de máquinas rotativas, que como consecuencia del aumento de corriente provoca altas temperaturas entre estas partes conductoras con efectos dinámicos.

Causas. - Propiedades aislantes

- Envejecimiento
- Calentamiento
- Contaminación

Efectos mecánicos. - causados por un corto circuito.

- Calentamiento de los conductores por efecto joule, que están en función de valor y duración.
- Esfuerzos electromecánicos, de gran valor de torsión con roturas y desplazamientos de partes mecánicas dando lugar a nuevas fallas.
- Variaciones de tensión, al existir inductancia casi cero en una fase o en todos, presenta una tensión débil o cero.

Objeto del análisis del corto circuito

- Cálculo de una instalación Industrial de media y baja tensión.
- Establecer poder de corte de los interruptores.
- Límites térmicos de conductores y aparatos.
- Límite dinámico de aparatos y conductores.
- Ajuste de protección, de la mínima corriente de corto circuito.

El análisis de cortocircuito requiere resolver ecuaciones diferenciales que modelen el sistema a medida que ocurre, dadas sus fortalezas y el modelado se reconoce como suficientemente preciso.

Condiciones de operación

- **Condiciones normales**

Se entiende por funcionamiento normal del sistema eléctrico cuando todos los componentes del sistema eléctrico cuando todos los componentes del sistema están funcionando, o funcionarán todos en la empresa, y si tuvieran en el centro de generación, entonces todos los generadores; ya sea en grupo o individualmente.

Cuando una máquina, equipo, personal o evento accidenta falla cuando están funcionando a su máxima potencia nominal. Tendremos un accidente de magnitud importante hasta que funcione la protección prevista. Si la máquina asincrónica instalada opera con los valores nominales indicados en su placa de identificación y se proporciona mantenimiento preventivo, entonces durará y funcionará normalmente.

Un generador funcionará normalmente cuando se opera dentro de los valores nominales especificados o entregados por la fábrica y si se implementa un mantenimiento preventivo, aumentará la economía como el costo de las piezas, la mano de obra; además conduce a un aumento en la vida útil de la máquina.

- **Condiciones anormales**

Se dice que el sistema opera en condiciones anormales o en condición de emergencia cuando no se toman en cuenta sus valores nominales o las protecciones son inadecuadas, así como el mal uso de la máquina como sobrecarga, aspectos físicos y ambientales, por errores del personal o cuando al cabo de un tiempo no se ha realizado el mantenimiento adecuado y la resistencia de su aislamiento supera los valores admisibles, etc.

- **Las fallas eléctricas**

Las máquinas eléctricas giratorias pueden fallar mientras están en funcionamiento o conectadas a la red eléctrica: considerando tanto las fallas internas como las externas, la interna es la más problemática ya que no se pueden observar hasta que explota.

Fallas internas

Surgen en una máquina rotativa a través de la perforación de sus aisladores o de la carcasa de la máquina. En el primer caso se realiza una conexión de conductores expuestos a diferentes potenciales eléctricos durante un funcionamiento extraordinario.

Con respecto al estator, provoca la circulación de fuertes corrientes de cortocircuito, que son muy grandes y cuyas consecuencias son muy peligrosas para el mantenimiento de la máquina, apenas se detecta será necesario sacar la máquina de servicio; en el caso del rotor, como son jaulas de ardilla o rotor en cortocircuito debido a la fuerza electrodinámica en caso de motores se rompen las barras.

En el caso de los generadores el fabricante, especifican que estos soportaran los esfuerzos térmicos y mecánicos que se producen cuando se da un cortocircuito a tierra entre sus terminales, se limite a un valor de cortocircuito trifásico, mediante el uso de reactor o resistencia entre neutro y tierra. Por lo tanto, el sistema de puesta a tierra del generador es muy importante.

Fallas externas

La fabricación de los motores asíncronos y síncronos se establecen estándares de diseño para componentes metálicos, incluyendo carcasas, placas de estator y espaciadores, ejes, cojinetes, caja de terminales, etc. Componentes que deben soportar las cargas térmicas y mecánicas que se producen al trabajar a plena carga, cuando se cortocircuita fluirán altas corrientes, lo que resultarán en altas temperaturas que afectara la zona de enfriamiento.

Los motores eléctricos de inducción se usan en más del 90% de aplicaciones en la industria, y en algunas de ellas es vital el garantizar su correcto funcionamiento, que requiere confiabilidad y operación segura, los cortocircuitos suelen ser inesperados que se traducen en pérdida de producción y puede ser que hasta del personal. El mantenimiento debe ser programado con el fin de evitar problemas antes de paralizar la producción, siendo necesario los mantenimientos programados.

Si no consideramos el mantenimiento para detectar las fallas en las máquinas eléctricas a tiempo va a permitir un colapso de ella; considerar la implementación de una estrategia de diagnóstico de fallas para actualizar la vida útil de las máquinas, servirá para incrementar así su disponibilidad y la productividad en la industria. La determinación de problemas en motores debe ser confiable y segura, por eso un análisis de motores eléctricos debe contener resultados en las siguientes zonas de falla; circuito de potencia, aislamiento, estator, rotor, entre hierro y calidad de energía.

El mantenimiento predictivo es una filosofía que hay ampliamente difundida en el sector productivo en especial en el equipo en movimiento como las máquinas eléctricas, para las cuales se han desarrollado varias técnicas de diagnóstico, entre las que destacan análisis de vibraciones, análisis espectral de corrientes, análisis del flujo axial de dispersión, las cuales combinan modelos de simulación del comportamiento del motor antes de falla y aplicación de energía artificial.

Para garantizar el buen funcionamiento de un sistema industrial, puede señalarse a tener en consideración lugares donde se producen los cortocircuitos (fuentes generadoras, subestación, líneas de transmisión y distribución y lugares de consumo), motor o generador. Para el cual existen dispositivos de protección adecuado que impiden el accidente

Posibles causas y efectos del cortocircuito

- Provocar un incendio o presentar un peligro para las personas
- Puede inutilizar un aparato electrónico a veces está el efecto del cortocircuito que el sistema eléctrico del dispositivo queda inutilizado
- Avería en el tendido eléctrico general a veces las consecuencias se extienden al tendido de la vivienda, incluso al tendido eléctrico general, lo cual hace que el abastecimiento se detenga
- Para los otros circuitos eléctricos de la red afectada o redes próximas
- Variación de tensión durante el tiempo de eliminación del efecto con tiempo de duración entre algunos milisegundos a varias centenas de milisegundos
- Las consecuencias de un corto circuito eléctrico pueden llegar a ser muy grave se incentiva en la importancia tanto el mantenimiento como de la utilización del sistema de seguridad, estos últimos no se lo puede evitar que se produzcan cortocircuitos de más venta consecuencias mayores.

En Ecuador las normativas para el mantenimiento de equipos eléctricos incluyen, al Instituto Ecuatoriano De Normalización (INEN), Regulaciones emitidas por el Ministerio de Trabajo y la NFPA 70B, que establece estándares para el mantenimiento de equipos eléctricos. Esta norma es fundamental para garantizar la confiabilidad y seguridad de los equipos eléctricos en el sector industrial. Otras normas aplicables son:

- Norma técnica ecuatoriana (NTE)
- reglamento de seguridad y salud en el trabajo

- código de electricidad
- reglamento de instalaciones eléctricas internas (RIEI)

Discusión

En esta sección, se analizarán los resultados obtenidos en el presente estudio en relación con los objetivos, los cuales demostraron porcentajes significativos con este tipo de casos de accidentes eléctricos. Se observó una tendencia clara hacia los posibles efectos que provocan en el cuerpo de la persona como son: Las partes del cuerpo que resultan más afectadas en los accidentes de trabajo son: el miembro superior con el 36,0% y el miembro inferior con el 26,8%. En el caso del miembro superior se observa que la mayor afectación se dan los dedos de la mano izquierda con el 25,7% y dedos de la mano derecha con el 23,0%.

En conclusión, el estudio aporta evidencia sólida y estadísticas claras y concretas de como el uso inadecuado de equipos o aparatos eléctricos e incluso no tener un adecuado mantenimiento con ellos mismo puede llegar a provocar un siniestro de gran escala como es la muerte en caso de que suceda.

Conclusión

Los accidentes eléctricos en el ámbito industrial ecuatoriano representan una amenaza constante y severa para la integridad de los trabajadores y la continuidad de las operaciones. A pesar de la existencia de normativas y estándares de seguridad, las estadísticas revelan una realidad preocupante en la que decenas de kilómetros de accidentes laborales ocurren anualmente, muchos de ellos relacionados con riesgos eléctricos. Esta situación es inaceptable y exige una acción inmediata y contundente por parte de todas las partes involucradas.

La evidencia presentada en este análisis apunta a causas fundamentales como la falta de capacitación adecuada, el mantenimiento deficiente de equipos eléctricos, la negligencia profesional y el uso inadecuado de máquinas y sistemas eléctricos. Estos factores, combinados con instalaciones eléctricas antiguas y deficiencias en las medidas de seguridad, crean un entorno propicio para la ocurrencia de accidentes que pueden resultar en lesiones graves, incendios, explosiones e incluso pérdidas de vidas humanas.

Es imperativo que las empresas industriales ecuatorianas adopten un enfoque integral y proactivo en la prevención de accidentes eléctricos. Esto implica invertir en programas exhaustivos de capacitación y concientización para todos los trabajadores, implementar planes de mantenimiento predictivo y preventivo rigurosos, reforzar la supervisión constante de las operaciones y garantizar el estricto cumplimiento de las normas de seguridad eléctrica vigentes. Además, es esencial fomentar una cultura de seguridad sólida, en la que cada individuo asuma la responsabilidad de prevenir y reportar cualquier condición insegura o práctica riesgosa.

Solo mediante acciones contundentes, sostenidas y respaldadas por un compromiso genuino de todos los actores involucrados, se podrá mitigar de manera significativa la ocurrencia de accidentes eléctricos en el sector industrial ecuatoriano. La seguridad de los trabajadores, la protección de vidas humanas y el mantenimiento de la productividad industrial dependen de ello.

Referencias bibliográficas

- Alfonso, A. (2016). *Liderar desde la Seguridad y Salud*. Barcelona: Imagen Artes Gráficas, S.A. FREMAP.
- CELEC EP. (10 de octubre de 1996). *Ley de régimen del sector eléctrico*. Obtenido de capítulo III estructura del sector eléctrico: https://www.celec.gob.ec/transselectric/images/stories/baners_home/ley/Ley_de_regim_en_del_sector_electrico.pdf

- Chacón, C. A. (2015). Estudio de accidentes eléctricos y peligro del arco eléctrico. Introducción a un programa de seguridad eléctrica. SCIELO.
- Ferro, G. (2015). Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata- Facultad de Ingeniería.
- IESS. (19 de enero de 2023). Criterio Digital. Obtenido de Te presentamos algunas estadísticas de Salud y Seguridad Ocupacional (SSO), como los días en los que más accidentes laborales se registran: <https://criteriosdigital.com/criterios/fdiaz/conoce-los-dias-que-mas-accidentes-laborales-registran/#:~:text=Durante%20el%20a%C3%B1o%202022%2C%20seg%C3%BA,e1%202%25%2C%20cuando%20el%20afiliado>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo. (1999). NTP 400: Corriente eléctrica: efectos al atravesar el organismo humano. España: Centro Nacional de Nuevas Tecnologías.
- Mejía. (2018). OEC Prevención de Riesgos Laborales. Quito: Corposuper.
- OIT. (01 de enero de 2001). Enciclopedia. Obtenido de <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060>
- Rieskie, R., & D., A. y. (2010). Seguridad Industrial y Administración de la Salud. México: Prentice Hall.
- Robles, M. C. (diciembre de 2005). Trabajo en líneas energizadas en la Empresa Eléctrica CENTROSUR de Ecuador. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/3291/329127737009.pdf>.
- SERRANO., M. J. (15 de Julio de 2013). Análisis de Accidentes por Factor de Riesgo Eléctrico de los trabajadores afiliados a la Dirección de Riesgos del Trabajo de Pichincha del IESS y Manual de Control. Obtenido de Accidentes por riesgo eléctrico por Daño: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1058/1/Tesis%20Maria%20Jose%20Coronel.pdf>
- Ulloa, F. D. (19 de 01 de 2023). Criterios Digital. Obtenido de Te presentamos algunas estadísticas de Salud y Seguridad Ocupacional (SSO), como los días en los que más accidentes laborales se registran: <https://criteriosdigital.com/criterios/fdiaz/conoce-los-dias-que-mas-accidentes-laborales-registran/#:~:text=Durante%20el%20a%C3%B1o%202022%2C%20seg%C3%BA,e1%202%25%2C%20cuando%20el%20afiliado>
- VILLARRUBIA. (2000). Seguridad eléctrica: efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano. energuía, 2-3g