

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
CENTRO DE INVESTIGACION CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA**

**“IMPLEMENTACIÓN DE SEGURIDAD DE EQUIPOS
ELÉCTRICOS EN LA INDUSTRIA”**

José Luis Patiño Vélez ⁽¹⁾ Juan Gallo Galarza ⁽²⁾
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
lpatino@espol.edu.ec ⁽¹⁾ jgallo@espol.edu.ec ⁽²⁾

Resumen

Este artículo contiene en síntesis, un estudio para la implementación de seguridad de equipos eléctricos en la industria, basado en un marco legal vigente y respaldado en una normativa de seguridad local e internacional que garantiza un método de control y un procedimiento de seguridad para la estandarización de los procesos realizados en una industria con el objetivo de precautelar la seguridad industrial de las personas que operan y realizan labores de mantenimiento de generadores de electricidad, transformadores y motores eléctricos. El marco legal vigente en nuestro país, corresponde a la legislación ecuatoriana respaldada en el decreto 2393 del reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. La normativa internacional se respalda en las diferentes organizaciones e institutos como la Organización Internacional del Trabajo (OIT), el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH), el Instituto de Administración y Seguridad Ocupacional (OSHA), el instituto ANSI, la Administración NEMA, la NOM 001 sede 2005, NFPA 70 entre otros.

El marco teórico determina la gestión e identificación de peligros para la valoración del riesgo y la clasificación de todos los factores de riesgo posibles a considerar en una industria. Es importante realizar un análisis de los riesgos eléctricos determinados y realizar además una evaluación del tipo de riesgo al que se está expuesto mientras un equipo o máquina esta en operación y de su efecto directo sobre el cuerpo humano en el caso de falla.

En la Metodología de las aplicaciones consideramos a través de la matriz de riesgo los criterios y técnicas de análisis de riesgo utilizadas para determinar el nivel de riesgo al que se está expuesto en una instalación, contando además con instrucciones respecto al criterio a seguir en situaciones de alto riesgo o peligro inminente.

El análisis de falla en relación al riesgo eléctrico para la implementación de seguridad de equipos eléctricos en la industria se realiza a través de la información detallada en la matriz de identificación, estimación cualitativa y control de riesgos.

La evaluación de riesgos la realizamos acorde a la estructura de información y datos suministrada por la matriz de riesgos en la que se realiza el análisis de falla, y nos da la pauta para realizar un análisis detallado y concreto de los niveles de riesgo, lo que nos permite recomendar la gestión preventiva, las conclusiones y las recomendaciones adecuadas para la implementación de seguridad de equipos eléctricos en la industria, lo cual es motivo de este tema.

Palabras Clave: Nivel de riesgo. Gestión de riesgo. Valoración de riesgo. Factores de riesgo. Matriz de riesgos. Análisis de falla.

Abstract

This article contain in short, a study for the implementation of electrical safety in the industry, based on a legal framework enforce, and endorsed by a local security policy and international that guarantees a method of control and security procedures for standardization of the processes carried out in an industry with the objective to caution industrial security safeguard of the people who operate and perform maintenance work on generators, transformers and motors. The current legal framework in our country corresponds to the Ecuadorian legislation supported by the decree 2393 of the regulation for the safety and health of the workers, and improvement of the working environment. The International rule are supported in various organizations and institutes such as the International Labour Organization (ILO), the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), the Institute of Management and Occupational Safety (OSHA), the Institute ANSI, Management NEMA, NOM 001 sede 2005, NFPA70 among others.

The theoretical framework determines the management and hazard identification for risk assessment and classification of all possible risk factors to be considered in an industry. It is important to analyze the specific electrical hazards and also conduct an assessment of the risk to which it is exposed as a computer or machine is in operation and its direct effect on the human body in case of failure.

In the methodology of the applications through the matrix of risk criteria and risk analysis techniques used to determine the level of risk to which they are exposed at a facility, also having instructions regarding the criteria to follow in situations of high risk or imminent danger.

Failure analysis of risk for the implementation of electrical safety for electrical equipment in the industry is through the detailed information in the identification matrix qualitative assessment and risk control.

The risk assessment conducted according to the structure of information and data supplied by the risk matrix in which to perform failure analysis, and gives us the guideline for a detailed and specific risk levels, which allows us to recommend preventive management, the conclusions and recommendations for implementing appropriate safety of electrical equipment in the industry, which the reason of is why this issue.

Keywords: Level of Risk, Risk management, Risk assessment, Risk factors, Risk matrix, Failure analysis.

²Ing. en Electricidad Profesor de la FIEC

1. Introducción

El uso de la electricidad forma parte de nuestras actividades diarias, en nuestro hogar, en el trabajo, en la industria, etc., el mundo actual se mueve y avanza hacia nuevos rumbos gracias a la electricidad, la misma que nos aporta innumerables descubrimientos y beneficios en nuestra vida cotidiana. El avance de la tecnología está directamente integrada y relacionada con la electricidad, pero en todas estas aplicaciones de la vida actual pueden presentar riesgos de accidentes eléctricos sobre personas, animales y bienes, lo que nos obliga a familiarizarnos y a educar al usuario de la electricidad en el manejo de la misma y sobre los riesgos a los que se está expuesto al usarla de manera inadecuada, considerando además la seguridad en la instalación mecánica y operación de los equipos con el objetivo de prevenir y evitar accidentes con una capacitación preventiva y utilizando una protección adecuada.

Los riesgos relacionados con la generación, transporte y uso de la energía eléctrica, pueden provocar accidentes mortales debido a las descargas que se producen por contacto directo o indirecto de las personas con partes eléctricas bajo tensión. En estudios realizados sobre accidentes por descargas eléctricas, se demuestra que, en la mayoría de los casos los medios de protección no fueron suficientemente eficaces para garantizar la seguridad de las personas o no fueron correctamente aplicados, incluso con el paso del tiempo la capacidad protectora de los implementos usados había disminuido.

Para poder prevenir estos accidentes es necesario adoptar medidas de protección adecuadas a los posibles riesgos que puedan presentarse. Estas medidas dependen de un adecuado análisis del riesgo e instrucción para que el usuario haga de la seguridad una forma de vida aplicada a su trabajo, y de la acertada elección de las soluciones, recomendaciones y del uso de los elementos preventivos adecuados, de

tal manera que las instalaciones eléctricas de acuerdo con su nivel de riesgo acorde a su tensión de trabajo, tipo de instalación y emplazamiento, sean un medio confiable y seguro.

La ingeniería de seguridad aplicada a los riesgos eléctricos, tiene por objeto reducir al máximo el nivel de riesgo, y lo más adecuado es actuar correctamente cumpliendo con todas las normas relacionadas desde el inicio de las diferentes fases de un proceso hasta la culminación del mismo.

En la actualidad la industria se involucra y compromete en la gestión de optimizar cada uno de sus procesos tratando de reducir y controlar las pérdidas, más aún cuando son causadas por accidentes, falta de aplicación de normativas o por la falta de información necesaria para la implementación de estas. Toda empresa debe contar con la elaboración de una implementación de seguridad, encaminada a evaluar y controlar los riesgos eléctricos en el montaje, mantenimiento y de operación de los equipos eléctricos, sin dejar de considerar que existen riesgos paralelos tales como los mecánicos, físicos, químicos y hasta ergonómicos en una instalación, por lo que deben establecerse métodos y formatos referenciales apegados al cumplimiento de las Normas, y seguir el procedimiento con el fin de obtener seguridad, confiabilidad y minimizar el riesgo eléctrico en todos los equipos y procesos.

En el siguiente trabajo vamos a establecer un estudio en base a la normativa para la implementación de seguridad de equipos eléctricos en la industria, para lo cual se han considerado los siguientes equipos: 1.- Generadores de electricidad, 2.- Transformadores, y 3.- Motores eléctricos

2. Marco Teórico

Para realizar una implementación de seguridad de equipos eléctricos en la industria, tomaremos como patrón los tres equipos básicos que existen

prácticamente en toda empresa: Generadores, Transformadores y Motores.

Si bien es cierto que algunos riesgos laborales, a pesar de ser imposibles de eliminar, deben ser controlados para minimizar su efecto, y en lo posible elaborar un riguroso procedimiento para evitarlos previniendo y estudiando las diversas causas posibles de su origen. En nuestro caso corresponde básicamente el estudio del riesgo eléctrico en el montaje eléctrico, mantenimiento y operación eléctrica segura de los equipos antes mencionados. La identificación, evaluación de los peligros, riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores, constituyen una etapa esencial en la gestión de la seguridad de una empresa, lo que sustenta un mejoramiento de las condiciones de trabajo garantizando al empleado seguridad y confianza en su labor diaria.

2.1 Gestión de Riesgo

La NC 18000: 2005 define la gestión del riesgo como: “La aplicación sistemática de políticas, procedimientos y prácticas de gestión para analizar, valorar y evaluar los riesgos o un proceso mediante el cual se identifican, analizan, evalúan, controlan y financian los riesgos a que están expuestos los bienes, recursos humanos e intereses de la entidad, la comunidad y el medio ambiente que la rodea, optimizando los recursos disponibles para ello”.

En cualquier instalación industrial que se maneje electricidad, es necesario llevar a cabo una exhaustiva gestión del riesgo consistente en la identificación sistemática de los posibles peligros, la evaluación de los riesgos y la comparación con criterios de referencia o aceptabilidad. En caso de que los riesgos identificados sean considerados superiores a los aceptables, se tomarán medidas de reducción de riesgo que van desde introducir salvaguardas técnicas y administrativas o incluso detener las actividades hasta corregir la situación peligrosa.

Para evaluar el riesgo en la implementación de seguridad de los equipos eléctricos en la industria utilizaremos el método de la matriz de riesgo, el mismo que se deberá aplicar unitariamente para cada máquina o instalación considerada.

La matriz de riesgo que aplicaremos en este estudio es la matriz oficial avalada por la resolución No. 220 del Ministerio de Relaciones Laborales del Ecuador, y la misma es la que rige obligatoriamente y nos detalla de manera general todos los riesgos a considerar en una instalación, industria o empresa que opera a nivel nacional.

2.2 Identificación de peligros

El peligro es una condición física o química que tiene el potencial de causar daños a las personas, propiedades o ambiente. La gestión del riesgo

industrial requiere una sistemática búsqueda de los posibles peligros desde los más evidentes hasta aquellos que no son fácilmente identificables.

Las técnicas para la identificación de peligros que usaremos en este proceso son:

- Análisis de fallos y accidentes.
- El aprovechamiento de la experiencia operativa.

2.3 Valoración del Riesgo

El riesgo es una medida de la probabilidad de ocurrencia y de las consecuencias de un efecto indeseable. Las organizaciones tienen la obligación legal, moral y financiera de limitar el riesgo que implican sus operaciones. Si bien los métodos mencionados concentran los esfuerzos en la identificación de peligros, surge la necesidad de valorar hasta qué punto estos peligros pueden manifestarse de manera más o menos probable, así como la magnitud de los daños o consecuencias que las mismas puedan producir. A esta acción se le denomina: “Evaluación del Riesgo” asociado al peligro identificado.

Los principales receptores del riesgo en una industria son:

- Personal
- Medio Ambiente
- Equipos (Daño a la propiedad)
- Interrupción del negocio
- Responsabilidad del negocio
- Imagen de la empresa
- Pérdida de mercado

Una vez identificado los peligros, las posibles consecuencias de su materialización y las salvaguardas que previenen o mitigan dichas consecuencias, es necesario calcular los riesgos y compararlos con un criterio de referencia.

2.4 Clasificación de los factores de Riesgo

Los factores de riesgo se clasifican en:

1. Físicos
2. Químicos
3. Biológicos
4. Ergonómicos
5. Mecánicos
6. Eléctricos
7. Físico-Químicos
8. Psicosociales

2.5 Análisis de riesgos eléctricos

A medida que el uso de la electricidad se extiende se requiere ser más exigentes en cuanto a la

normalización y reglamentación. El resultado final del paso de una corriente eléctrica por el cuerpo humano puede predecirse con un gran porcentaje de certeza, si se toman ciertas condiciones de riesgo conocidas y se evalúa en que medida influyen todos los factores que se conjugan en un accidente de tipo eléctrico.

2.5.1 Umbral de percepción

Es el valor mínimo de la corriente que provoca una sensación en una persona, a través de la que pasa esta corriente. En corriente alterna esta sensación de paso de la corriente se percibe durante todo el tiempo de paso de la misma; sin embargo, con corriente continua solo se percibe cuando varía la intensidad, por ello son fundamentales el inicio y la interrupción del paso de la corriente, ya que entre dichos instantes no se percibe el paso de la corriente, salvo por los efectos térmicos de la misma. Generalizando, se considera un valor de 0,5 miliamperios en corriente alterna y 2 miliamperios en corriente continua, cualquiera que sea el tiempo de exposición.

2.5.2 Umbral de reacción

Es el valor mínimo de la corriente que provoca una contracción muscular.

Depende de:

- Superficie del cuerpo en contacto con el electrodo ó masa electrificada
- Condiciones de humedad, sequedad, temperatura.
- Estado fisiológico del individuo. Se toma como valor general 0,5 miliamperios.

2.5.3 Umbral de no soltar

Cuando una persona tiene sujetos unos electrodos, el umbral de no soltar es el valor máximo de la corriente que permite a esa persona soltarlos. En corriente alterna se considera un valor máximo de 10 miliamperios, cualquiera que sea el tiempo de exposición. En corriente continua, es difícil establecer el umbral de no soltar ya que solo el comienzo y la interrupción del paso de la corriente provocan el dolor y las contracciones musculares.

2.5.4 Umbral de fibrilación ventricular

La fibrilación ventricular consiste en el movimiento anárquico del corazón, el cual, deja de enviar sangre a los distintos órganos y, aunque esté en movimiento, no sigue su ritmo normal de funcionamiento. Es el valor mínimo de la corriente que puede provocar la fibrilación ventricular. En corriente alterna, el umbral de fibrilación ventricular decrece considerablemente si la duración del paso de la corriente se prolonga más allá de un ciclo cardíaco.

Adecuando los resultados de las experiencias efectuadas sobre animales, a los seres humanos se le han establecido unas curvas por debajo de las cuales no es susceptible de producirse. La fibrilación ventricular está considerada como la causa principal de muerte por choque eléctrico.

En corriente continua, si el polo negativo está en los pies (corriente descendente), el umbral de fibrilación es de aproximadamente el doble de lo que sería si el polo positivo estuviese en los pies (corriente ascendente). Si en lugar de las corrientes longitudinales antes descritas fuese una corriente transversal, la experiencia sobre animales hace suponer que, solo se producirá la fibrilación ventricular con intensidades considerablemente más elevadas.

2.5.5 Efectos de la corriente sobre el cuerpo humano

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.



Fuente: www.portalbiomedico.com/seguridad-electrica-efectos-fisiologico-de-la-corriente

Una persona se electriza cuando la corriente eléctrica circula por su cuerpo, es decir, cuando la persona forma parte del circuito eléctrico, pudiendo al menos distinguir dos puntos de contacto: uno de entrada y otro de salida de la corriente. La electrocución se produce cuando dicha persona fallece debido al paso de la corriente por su cuerpo. Por tetanización entendemos el movimiento incontrolado de los músculos como consecuencia del paso de la energía eléctrica. Dependiendo del recorrido de la corriente perderemos el control de las manos, brazos, músculos pectorales, etc. La asfixia se produce cuando el paso de la corriente afecta al centro nervioso que regula la función respiratoria el cual ocasiona el paro respiratorio.

Otros factores fisiopatológicos tales como contracciones musculares, aumento de la presión sanguínea, dificultades de respiración, parada

temporal del corazón, etc., pueden producirse sin fibrilación ventricular. Tales efectos no son mortales, son normalmente reversibles, y a menudo producen marcas por el paso de la corriente. Las quemaduras profundas pueden llegar a ser mortales. Para las quemaduras se han establecido unas curvas que indican las alteraciones de la piel humana en función de la densidad de corriente que circula por un área determinada y el tiempo de exposición a esa corriente.

2.5.6 Impedancia del cuerpo humano

Su importancia en el resultado del accidente depende de las siguientes circunstancias: de la tensión, de la frecuencia, de la duración del paso de la corriente, de la temperatura, del grado de humedad de la piel, de la superficie de contacto, de la presión de contacto, de la dureza de la epidermis, etc. Las diferentes partes del cuerpo humano, tales como la piel, los músculos, la sangre, etc., presentan para la corriente eléctrica una impedancia compuesta por elementos resistivos y capacitivos. Durante el paso de la electricidad la impedancia de nuestro cuerpo se comporta como una suma de tres impedancias en serie:

- Impedancia de la piel en la zona de entrada.
- Impedancia interna del cuerpo.
- Impedancia de la piel en la zona de salida.

Hasta tensiones de contacto de 50 V en corriente alterna, la impedancia de la piel varía, incluso en un mismo individuo dependiendo de factores externos tales como: la temperatura, la humedad de la piel, etc., sin embargo, a partir de 50 V la impedancia de la piel decrece rápidamente, llegando a ser muy baja si la piel está perforada.

La impedancia interna del cuerpo puede considerarse esencialmente como resistiva, con la particularidad de ser la resistencia de los brazos y las piernas mucho mayor que la del tronco. Además, para tensiones elevadas la impedancia interna hace prácticamente despreciable la impedancia de la piel. Para poder comparar la impedancia interna dependiendo de la trayectoria.

Nota: el factor de corriente de corazón, se considera como una estimación aproximada de los peligros que corresponden a los diferentes trayectos de la corriente, bajo el punto de vista de la fibrilación ventricular.

2.5.7 Tensión aplicada

Al aplicar una tensión si la resistencia es baja, ocasiona el paso de una intensidad elevada, y por tanto muy peligrosa. El valor límite de la tensión de seguridad debe ser tal que aplicada al cuerpo humano, proporcione un valor de intensidad que no suponga riesgos para el individuo. Como anteriormente se

mencionó, la relación entre la intensidad y la tensión no es lineal debido al hecho de que la impedancia del cuerpo humano varía con la tensión de contacto. Ahora bien, por depender la resistencia del cuerpo humano, no solo de la tensión, sino también de la trayectoria y del grado de humedad de la piel, no tiene sentido establecer una única tensión de seguridad, sino que tenemos que referirnos a infinitas tensiones de seguridad, cada una de las cuales se correspondería a una función de las distintas variables anteriormente mencionadas.

Las tensiones de seguridad aceptadas por el CNE son 24 V para emplazamientos húmedos y 50 V para emplazamientos secos, siendo aplicables tanto para corriente continua como para corriente alterna a 60 Hz. Cuando se da la rigidez muscular pueden presentarse dos situaciones, una de expulsión del elemento energizado y la otra de sujetarlo y no soltarlo. En el segundo caso el tiempo se vuelve un factor crítico y se debe tener especial cuidado al tratar de separar la persona accidentada del elemento energizado.

El principal objetivo de este estudio es crear una conciencia sobre los riesgos existentes en todo lugar donde se haga uso de la electricidad. Se espera que el personal calificado la aplique en función de las características de una actividad, un proceso o una situación en donde se presente el riesgo.

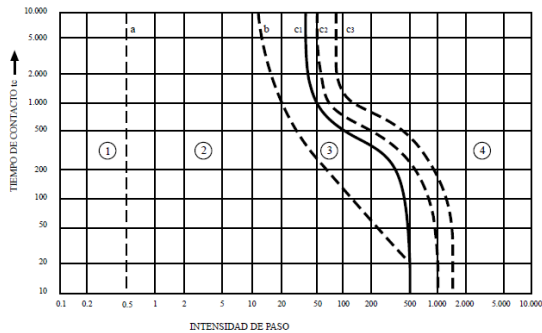
2.6 Evaluación del nivel de riesgo

Las persona calificada responsable de la construcción de una instalación eléctrica debe evaluar el nivel de riesgo asociado a dicha instalación, teniendo en cuenta los criterios establecidos en las normas sobre soportabilidad de la energía eléctrica para seres humanos, como se observa en la siguiente gráfica tomada de la NTC 4120, con referente IEC 60479-2, que detalla las zonas de los efectos de la corriente alterna de 15 Hz a 100 Hz.

El umbral de fibrilación ventricular depende de parámetros fisiológicos y eléctricos, por ello se ha tomado la curva C1 como límite para diseño de equipos de protección. Los valores umbrales de corriente de menos de 0,2 segundos, se aplican solamente durante el período vulnerable del ciclo cardíaco.

Debido a que los umbrales de soportabilidad de los seres humanos, tales como el paso de la corriente (1,1 mA), de reacción a soltarse (10 mA) y de rigidez muscular o de fibrilación (25 mA) son valores muy bajos, la superación de dichos valores puede ocasionar accidentes como la muerte o pérdida de algún miembro o función del cuerpo humano.

Adicionalmente, al considerar el uso masivo de la electricidad y que su utilización es casi permanente a nivel residencial, comercial, industrial y oficial, la frecuencia de exposición al riesgo podría alcanzar



niveles altos, si no se adoptan las medidas adecuadas. Cuando se produce un paso de corriente eléctrica a través del organismo, la gravedad del accidente viene determinada básicamente por los siguientes factores:

- Intensidad de la corriente eléctrica
- Tiempo de contacto a la corriente eléctrica
- Trayectoria de la corriente eléctrica por el cuerpo humano
- Frecuencia de la corriente eléctrica (alterna, continua)
- Resistencia eléctrica del cuerpo humano
- Tensión aplicada

No obstante, el factor que más interviene en la gravedad de un accidente eléctrico de este tipo es la intensidad de la corriente eléctrica, que depende básicamente de la resistencia del cuerpo humano y el tiempo de contacto.

Con carácter general, el paso de corriente eléctrica por el organismo puede producir los siguientes efectos sobre la persona:

- Ningún efecto fisiológico
- Leve percepción sin efecto significativo para la persona (cosquilleo)
- Tetanización muscular (imposibilidad de soltarse del elemento activo eléctricamente)
- Fibrilación ventricular (lesiones cardiacas muy importantes)
- Quemaduras

3. Factores de riesgo eléctrico

Un riesgo es una condición ambiental o humana cuya presencia o modificación puede producir un accidente o una enfermedad ocupacional. Por regla general, todas las instalaciones eléctricas tienen implícito un riesgo, que al tenerlos presentes ocasionan la mayor cantidad de accidentes y ante la imposibilidad de controlarlos todos en forma permanente, se seleccionaron algunos de los más comunes según la resolución no. 18 1294 agosto 06 de 2008, anexo general reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE). NTC

Arcos Eléctricos. - Posibles causas: Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores.

Medidas de protección: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar gafas de protección contra rayos ultravioleta.

Ausencia de electricidad. - Posibles causas: Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia.

Medidas de protección: Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.

Contacto directo. - Posibles causas: Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos.

Medidas de protección: Distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión.

Contacto indirecto. - Posibles causas: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.

Medidas de protección: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.

Cortocircuito. - Posibles causas: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades.

Medidas de protección: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.

Electricidad estática. - Posibles causas: Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.

Medidas de protección: Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.

Equipo defectuoso. - Posibles causas: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.

Medidas de protección: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético

Rayos. - Posibles causas: Fallas en el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.

Medidas de protección: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.

Sobrecarga.- Posibles causas: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos.

Medidas de protección: Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles, dimensionamiento adecuado de conductores y equipos.

Tensión de contacto.- Posibles causas: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.

Medidas de protección: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.

Tensión de paso.- Posibles causas: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla.

Medidas de protección: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.

4. Matriz de Riesgo

La matriz de riesgo es una técnica utilizada en análisis de riesgo industrial. En el caso concreto de una industria se analiza el nivel de las consecuencias de cada posible escenario peligroso, así como su probabilidad de ocurrencia.

VALOR DEL RIESGO							
VR = C+P+V		CONSECUENCIA (C)			VR = C+P+V		
		MOD	IMP	INT			
		1	2	3			
PROBABILIDAD (P)	Baja	1	3	4	6	1	
	Media	2	4	6	8	2	
	Alf a	3	5	7	9	3	
		Baja				Baja	
		Media				Media	
		Alf a				Alf a	
							VULNERABILIDAD (V)

En función del nivel de riesgo obtenido, entre 1 y 8 acorde a la tabla, se determinarán unas medidas y se introducirán las salvaguardas concretas a cada escenario para tratar de evitar que se produzca un evento no deseado, así también como mitigar las posibles consecuencias que este puede ocasionar a las personas, equipos y medio ambiente.

Para los efectos del presente estudio se entenderá que una instalación eléctrica es de PELIGRO INMINENTE o ALTO RIESGO cuando carezca de

las medidas de protección frente a condiciones tales como: ausencia de la electricidad en instalaciones de atención médica, arco eléctrico, contacto directo e indirecto con partes energizadas, cortocircuito, tensiones de paso y contacto, rayo o sobrecarga.

5. Evaluación de la Matriz de Riesgo en relación al riesgo eléctrico para la Implementación de Seguridad de Equipos Eléctricos en la Industria

Cabe indicar que la matriz de riesgo en la industria incluye todos los factores de riesgo relacionados acorde al estudio requerido. En este artículo solo hacemos referencia a los factores de riesgo eléctricos, y el mismo está basado en un estudio que incluye una amplia gama de factores de riesgo relacionados al tema en mención

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN, ESTIMACIÓN CUALITATIVA Y CONTROL DE RIESGO				
Empresa: Industria				
Actividad: Seguridad Eléctrica				
Tipo Estudio: Implementación seguridad				
Fecha: 08/01/2011				
Evaluador: JLP				
Cód. Documento: Doc. Seg. 01				
Información General	Area/Dep	ELECTRICA		
	Proceso Anal.	RIESGO ELECTRICO		
	Act/Tareas	ELECTRICAS		
	Trabajadores	4		
	Mujeres (No.)	N/A		
	Hombres(No.)	4		
Factores Eléctricos	Fact. de Riesgo	EQUIPOS		
		GEN	TRANF	MOT
	Mant/ Eléct	5	8	5
	Arcos Eléct	6	8	6
	Descarga Atmosf.	6	6	6
	Contacto Directo	6	6	6
	Contacto Indirecto	5	4	4
	Cortocircuito	5	6	6
	Elect. Estática	3	3	3
	Equipo defect	8	8	7
	Sobre carga	6	6	6
	Tensión de cont	4	6	4
	Tensión de paso	4	5	4

Conclusiones

Una vez aplicado el modelo de análisis elegido y luego de haber evidenciado la presencia de un nivel de riesgo, podemos concluir que una parte de la Industria se encuentra en una situación de riesgo eléctrico importante donde se deben adoptar medidas de control urgentes encaminadas principalmente a corregir y adoptar métodos de control y de estandarización de los procedimientos realizados, tanto en la parte administrativa, operativa y de control de gestión.

Se evidencia también en ciertas industrias la falta de capacitación, constancia en los procedimientos e información respecto a los niveles de riesgo, además del poco uso y baja calidad de los equipos de protección personal.

El uso de los EPP's en la protección contra accidentes, son una cultura de prevención de riesgos, a la que no se está completamente adaptado. Si bien en nuestro medio esta cultura no es una norma general, es importante analizar el estudio de riesgos como una prioritaria gestión para la prevención de accidentes y para el mejoramiento eficaz de la producción en la industria. Un obrero con un elevado nivel de seguridad, capacitación y confiabilidad mejora su capacidad de producción. En vista de la prioridad de una gestión de riesgos, también se menciona y recomienda constantemente a los departamentos de seguridad, el uso obligatorio de los EPP's en el personal de mantenimiento y operación y en el personal que de alguna manera esté relacionado con generadores, transformadores y motores

Recomendaciones

Las recomendaciones realizadas para la implementación de seguridad de equipos eléctricos en la industria nos presenta un nivel de riesgos para cada equipo y para cada planta industrial acorde al modelo de la matriz de riesgos, y nos anticipa una idea clara de los posibles eventos para la prevención de accidentes y mejora del factor de riesgo.

Se recomienda tomar este estudio como patrón, e implantar un modelo de gestión encaminado a analizar, estandarizar, corregir y mejorar los niveles de riesgo de cada industria que considere la seguridad como una prioridad en la prevención de accidentes eléctricos y la mejora de las condiciones de trabajo acorde a cada sistema de producción, considerando los métodos y procedimientos propios de cada sector industrial.

13. Agradecimientos

Al Eterno Padre por el don de la sabiduría y bendiciones recibidas.

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral por los conocimientos invaluable entregados a mi persona

Al Ing. Juan Gallo Galarza por sus enseñanzas y contribución técnica en la realización de este trabajo.

A mi esposa e hijos causa de mi esfuerzo e inspiración.

14. Referencias

- [1] Máximo López Toledo, Dr. Ingeniero Industrial, Los riesgos eléctricos y su ingeniería de seguridad, http://ffii.es/publicaciones7libro_seguridad_industrial/LSI_Cap11.pdf, 16, julio, 2010
- [2] Universidad de Nariño, Programa Seguridad Industrial, Marco Legal, Aula de Informatica-Universidad de Nariño-San Juan de Pasto-Colombia 2009, 18 de julio 2010, <http://www.udenar.edu.co/salud/internacional.aspx>
- [3] Legislación Ecuatoriana. Codificación del Código del Trabajo, 1997. TITULO IV DE LOS RIESGOS DEL TRABAJO – ANEXO 1. <http://www.ilo.org/dyn/natlex/docs/WEBTEXT/47812/68395/s97ecu01.htm>,18,Julio,2010
- [4] Legislación Ecuatoriana, Decreto 2393 del reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente trabajo,<http://www.slideshare.net/guest67e9150/decreto-2393>,15,julio,2010
- [5] Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas y Dirección General de Distribución y Abastecimiento de Energía Eléctrica y Recursos Nucleares, Norma Oficial Mexicana nom-001-sede-2005, instalaciones eléctricas, <http://bricos.com/wordpress/wp-content/uploads/2010/03/001sede.pdf>, 03,Marzo,2010
- [6] Ministerio de Energía y Minas de Colombia, resolución no. 181294 agosto 06 de 2008, anexo general reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE).NTC, <http://www.scribd.com/doc/2071996/RETIE>, 22 julio 2010
- [7] Determinación de modos de fallo y sus efectos en máquinas de la industria petroquímica, proyecto fin de carrera departamento de ingeniería mecánica ingeniería industrial, marzo 2009, http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/8017/1/PFC_Jaime_salvado_Ruiz.pdf, 15 agosto 2010
- [8] Revista Tecnológica de la ESPOL. Fecha de la última actualización. Disponible en <http://www.revista.tecnológica.espol.edu.ec/>.