

Revista Técnica

Energía

REVISTA # 1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA



LOJA - ECUADOR
2011



HIMNO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Letra: Dr. Benjamín Ruíz y Gómez
Música: Maestro Segundo Puertas Moreno

CORO

Gloria Loja, por siempre cantemos
Con acento de voz inmortal
Fuimos grandes y hoy más lo seremos
Con el triunfo de nuestro ideal.

I
Al calor de un brillante pasado
Que dio a Loja, blasón de talento,
De hidalguía, de fe y sentimiento,
Nueva vida queremos vivir.

II
La inquietud cultural vigoriza
La conciencia de un pueblo escogido
Que si acaso parece dormido
Hoy despierta a un glorioso existir.



Editorial

La presente publicación se constituye en la primera edición de la revista técnica de la carrera de Ingeniería Electromecánica del Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

Los artículos y evidencias fotográficas que forman parte de esta publicación dan cuenta del trabajo que viene desarrollando nuestra carrera en los tres ejes fundamentales del quehacer universitario: formación de recursos humanos, investigación y vinculación con la colectividad durante el período 2008-2011 para el que fui honrosamente designado en la coordinación de la carrera, trabajo desarrollado con el apoyo decidido de la Comisión Académica, Director del Área y del Rector de nuestra Universidad.

Los autores de los artículos técnicos demuestran el esfuerzo de nuestros docentes que nos participan sus experiencias y trabajos de investigación que se vienen ejecutando en la carrera en el ámbito técnico y científico.

De igual forma hacemos conocer los talleres y laboratorios con que cuenta el Área de Energía para la formación de los estudiantes de nuestra carrera: Taller mecánico, taller eléctrico y los laboratorios de automatización, máquinas eléctricas, máquinas de fluidos, laboratorio de electrónica, aula virtual, tres laboratorios de computación y una biblioteca con 50 computadores con servicio de internet; los mismos que se encuentran equipados con tecnología de última generación como fresadoras y tornos con control numérico, controladores programables industriales, equipos de instrumentación y comunicaciones industriales, analizadores de redes, equipos de mediciones y pruebas eléctricas y mecánicas, una estación meteorológica, etc. y trabajos de tesis elaborados por nuestros estudiantes que dan fe de su capacidad para aplicar sus conocimientos científico-tecnológicos.

Así mismo nos sentimos orgullosos con una planta docente de primer nivel en su gran mayoría con estudios de cuarto nivel, maestrías y doctorados donde se conjuga la experiencia con la juventud y se cumple en forma responsable con la hermosa y fecunda tarea de compartir sus conocimientos y de ser el guía y tutor de la formación profesional con excelencia académica contando con el apoyo eficiente del personal administrativo.

Es grato tener en nuestras aulas universitarias a estudiantes que día a día se esfuerzan por formarse en una Universidad para el pueblo, sesquicentenaria, orgullo de nuestra patria y acreditada como una de las mejores del Ecuador, que les abrió las puertas para que sean ellos mismos los que forjen su futuro con esfuerzo y dedicación, fruto de lo cual encontramos que nuestros profesionales se encuentran trabajando en todo el país en su campo profesional con gran éxito.

Al presentar esta revista técnica a la comunidad universitaria y ciudadanía en general lo hacemos con el ánimo de difundir nuestro accionar y con el compromiso de mejorar para conseguir la excelencia académica convencidos que siempre nuestra misión será la de contribuir positivamente a la formación profesional con pertinencia, ética, responsabilidad social y alto nivel académico para contribuir al desarrollo de nuestra patria y solucionar los problemas de la sociedad.

Norman Jiménez León
COORDINADOR DE LA CARRERA DE ING. ELECTROMECAICA
PERIODO 2008-2011

Loja, Julio del 2011





Universidad Nacional de Loja
Área de Energía y los Recursos Naturales no Renovables
CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA



PLANTA DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

ING. ELECTROMECAÁNICO
ING. MECÁNICO
ING. ELÉCTRICO
ING. ELÉCTRICO
ING. ELÉCTRICO
ING. ELÉCTRICO
ING. ELÉCTRICO

FRANCISCO ALEGA LAOIZA Mg. Sc.
DARWIN TAPIA PERALTA
MANUEL AYALA CHAUVIN Mg Sc..
CARLOS SAMANIEGO OJEDA Mg. Sc.
PATRICIO ARMIJOS
EDWIN PACCHA Mg. Sc.
JOSE BENAVIDES Mg. Sc.
JOSE ESPINOSA LEON
LUIS YUNGA HERRERA Mg. Sc.
DIOGENES BUSTAN JARAMILLO.
TUESMAN MONTAÑO PERALTA Mg. Sc.
MILTON LEON TAPIA Mg. Sc
PATRICIO VALAREZO GARCIA
ARMANDO SALGADO
MIGUEL ERAS
MIGUEL CARABLLLO Dr. PHD.
GONZALO RIOFRIO CRUZ
MARCO ROJAS MONCAYO Mg. Sc.
JAIME LARRIVA VELEZ
DANIEL MAHAUAD ORTEGA Mg. Sc.
HECTOR SALCEDO LOPEZ
JORGE MUÑOZ V. Mg. Sc.
NORMAN JIMÉNEZ LEÓN Mg. Sc.

Ing. José Ochoa A.
DIRECTOR DEL ÁREA

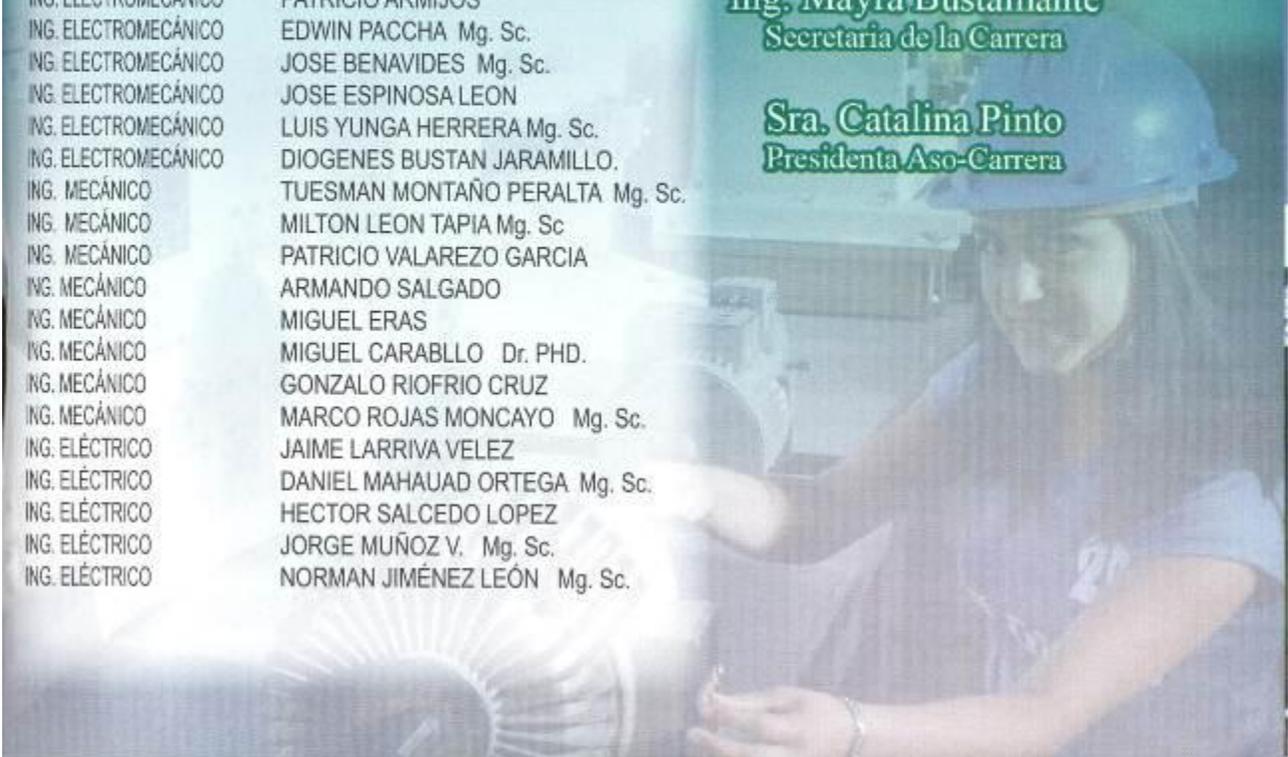
Ing. Norman Jiménez León
COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Marco Rojas M.
Dr. Miguel Caraballo
COMISIÓN ACADÉMICA

Sr. Rodrigo Ramirez
Representante Estudiantil

Ing. Mayra Bustamante
Secretaria de la Carrera

Sra. Catalina Pinto
Presidenta Aso-Carrera



DISEÑO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA PARA LA CAMARA DE TRANSFORMACION DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DEL ÁREA DE ENERGÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Ing. Norman Jiménez León, Mg. Sc.

DATOS GENERALES

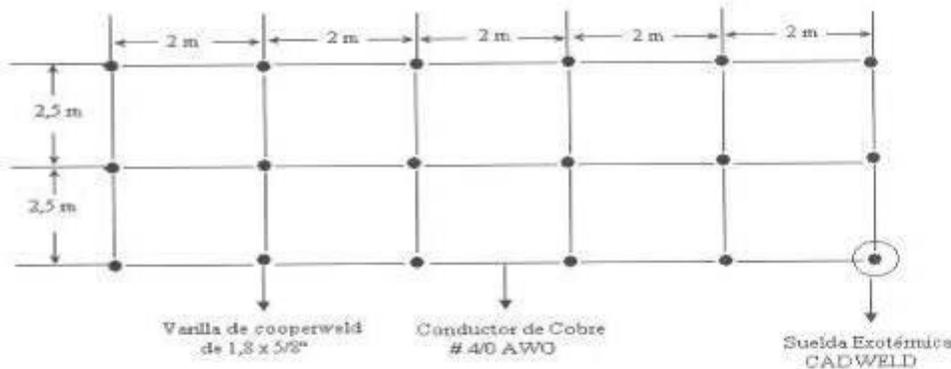
Área del terreno donde se va a instalar la malla: $A = 11,3 \times 5,85 = 63,8 \text{ m}^2$.
Cálculo del radio equivalente de esta área. $r = 4,506 \text{ m}$.

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

r = radio de área circular equivalente a A .

Geometría de la malla

De acuerdo a la disponibilidad del terreno se ha diseñado una malla con 10 retículas: 5 horizontales de 2 m y 2 verticales de 2,5 m y en cada nodo una varilla de cooperweld de 1,8 m x 5/8" lo que nos da un total de 18 varillas.



Longitud del conductor total: $L = 3 \times 10 + 6 \times 5 = 60 \text{ m}$

Resistividad del terreno: 32,77 Ohmio x metro. (Dato proporcionado por la EERSSA)
Corrientes de cortocircuito: trifásico: 3,5 KA y monofásico: 3,7 KA (Datos proporcionados por la EERSSA)

CÁLCULO DEL CALIBRE CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA

El calibre del conductor depende del valor de la corriente de falla, el tiempo de duración de ésta y el material del que esté hecho el conductor. El NEC ha establecido valores mínimos que tienen la capacidad térmica para disipar la corriente de falla impuesta.

Utilizando en forma práctica el calibre mínimo de los conductores en circular mils por ampere (1 mil = 0.0005067 mm²), en función del tiempo de duración de la falla. En las subestaciones eléctricas usualmente se utiliza, por razones mecánicas, como calibre mínimo el conductor de cobre # 4/0 AWG (107.41 mm²).

Para obtener valores normalizados de potenciales de paso y de contacto en el interior del perímetro de la malla, se requiere una longitud mínima del conductor de puesta a tierra.

El siguiente método es una forma práctica aproximada de calcular la corriente máxima de un conductor (de sección transversal en cmils) antes de que sufra daños:

$$I_{\text{máx}} = \frac{\text{sección transversal (cmils)}}{42.25 \text{ cmils}}$$

Se ha establecido que un conductor de cobre puede transportar una corriente de 1 ampere por 5 segundos por cada 42.25 cmils de sección transversal sin ser destruido.

Con la finalidad de comprobar la sección adecuada del conductor realizamos el cálculo teórico del conductor de puesta a tierra para la cámara de transformación de la EERSSA a partir de la siguiente ecuación:

$$A = I \sqrt{\frac{33s}{\log\left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1\right)}}$$

En donde:

A = área del conductor en milésimas circulares (cmils)

I = corriente máxima de falla a tierra en amperes

s = tiempo durante el cual fluye la corriente de falla

T_m = temperatura máxima de fusión, en °C

T_a = temperatura ambiente en °C.

El factor T_m , temperatura máxima de fusión del alambre de cobre recocido que es de 1083 °C.

En la determinación de la sección transversal o calibre del conductor usado en la malla de tierra intervienen varios factores:

- Estabilidad térmica con relación a las corrientes de falla
- Resistencia mecánica
- Conductividad adecuada
- Valor de la corriente de falla a tierra
- El tiempo de duración de la falla
- El material del conductor

$$\text{Así: } A = I \text{ CC ASIM} \sqrt{\frac{33 \times 5}{\log\left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1\right)}}$$

$$= 3700 \sqrt{\frac{33 \times 5}{\log\left(\frac{1083 - 18}{234 + 18} + 1\right)}}$$

$$= 3700 \sqrt{\frac{33 \times 3}{0,718}}$$

$$= 3700 \times 11,74$$

$$A = 43438 \text{ cmils}$$

Para reducir a mm^2 utilizamos la siguiente expresión:

$$A = 43438 \text{ cmils} \times 0,0005067 \text{ m}^2 / \text{cmils} = 22,01 \text{ mm}^2 \text{ que equivale a un conductor de calibre } \# 4 - \text{AWG}$$

La norma ANSI/IEEE Std 80-1986 recomienda como calibre mínimo el # 4/0 AWG, por lo tanto seleccionamos este

calibre de conductor.

DISEÑO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA

Los parámetros principales para realizar el cálculo de la malla de puesta a tierra son:

Valor máximo de la resistencia de puesta a tierra: menor a 1 ohmio
Corriente de falla: 3,7 KA
Tiempo máximo de duración de la falla en segundos: 5 seg.
Resistividad del terreno: 32,77 Ohmios x metro

Otros parámetros secundarios incluyen la profundidad de la zanja donde se entierra la malla, la resistividad superficial, el conductor utilizado y su longitud, así como el espaciamiento entre electrodos verticales.

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA METODO DE RESISTENCIA DE LA TIERRA A LA CORRIENTE

De acuerdo con este método práctico, la resistencia de la malla de puesta a tierra se calcula con la siguiente expresión:

$$R = A \frac{\rho}{\sqrt{S}} + \frac{\rho}{L_h + nL_v}$$

Donde:

ρ = Resistividad de la tierra, Ω m
 $A = 0.444 - 0.84 I_{rel}$ cuando: $0 \leq I_{rel} \leq 0.1$
 $A = 0.385 - 0.25 I_{rel}$ cuando: $0.1 \leq I_{rel} \leq 0.5$

$I_{rel} = (L_v + L_e) / \sqrt{S}$, m
 $S = 63,8$ área de la malla en m^2

L_h = Longitud del conductor horizontal: 60 m

L_v = Longitud de los electrodos verticales: 1,8 m

L_e = Profundidad de enterramiento de malla en el terreno: 0,5 m.

n = Número de varillas

En nuestro caso:

$$I_{rel} = (1,8 + 0,5) / \sqrt{63,8} = 0,28$$

Como: $0.1 \leq I_{rel} \leq 0.5$

A será:

$$A = 0,385 - 0,25 \times 0,28 = 0,315$$

Entonces:

$$R = 0.315 \frac{32.77}{\sqrt{63.8}} + \frac{32.77}{60 + 18 \times 1.8}$$

$$R = 1.29 + 0.35$$

$$R = 1.64 \text{ Ohmios}$$

R es un valor teórico calculado. Considerando que no hay más área para la malla, para obtener un valor menor a 1 Ohmio será necesario aplicar material de mejoramiento de tierra con lo que aspiramos obtener dicho valor que

deberá ser comprobado mediante mediciones.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS

La malla se construirá con conductores desnudos de cobre número 4/0 AWG enterrados a una profundidad de 50 cm en una zanja de 10 cm de ancho.

Se instalarán 18 varillas de cooperweld de 1.8 m x 5/8" de diámetro dispuestas como se indica en el plano.

Las uniones y conexiones de la malla se ejecutarán con soldadura exotérmica tipo CADWELD.

Todos los elementos no sometidos a tensión (carcasas metálicas de tableros, aparatos y bastidores se conectarán al sistema de puesta a tierra mediante conectores desnudos).

Se ha previsto la instalación de una barra principal de cobre colectora de 500 A de capacidad, de 40 mm x 5 mm, de 200 mm² de sección y de 4 m de largo que ira fijada en la pared en un soporte con aisladores porta barras con la finalidad de que todas las conexiones a la puesta a tierra se hagan a través de esta barra.

Se ha previsto la instalación de pozos de revisión que permitirán realizar el mantenimiento y las mediciones de la puesta a tierra a fin de comprobar su resistencia.

Estos pozos estarán dispuestos en la periferie y permitirán la conexión de la malla a la barra colectora.

Las conexiones serán visibles y no estarán sometidas a esfuerzos mecánicos debiendo evitarse en su recorrido ángulos agudos.

Con la finalidad de mejorar la resistividad específica de la tierra se ha previsto su mejoramiento con un material de alta conductividad hidrocópico que se instalará en las zanjas con una altura de una pulgada como lecho al conductor y asimismo se lo recubrirá con una pulgada para luego reponer el terreno y apisonarlo en el caso de las varillas verticales se colocará inicialmente un tubo de PVC de 3 pulgadas de diámetro, se lo rellenará con este material de mejoramiento y luego se retirará el tubo de PVC para que quede perfectamente adherido el material a la tierra.

Es necesario indicar que para comprobar las tensiones de contacto, de paso y gradiente será necesario hacer el cálculo partiendo del valor máximo de la corriente de corto circuito monofásica con la finalidad de conseguir según la norma VDE 0121 los siguientes valores:

Una tensión de contacto de 125 V

Una tensión de paso de 125 V/ m

Un gradiente de potencial en el borde de la malla de 125 V/ m

Estos valores estarán sujetos a la selección de las protecciones con fusibles limitadores tanto en media tensión como con los interruptores automáticos en baja tensión lo que permitirá establecer valores de tensiones de paso y de contacto según la norma verificándose su actuación con un tiempo máximo de 0.02 seg.

Loja, Julio del 2011