



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“ACTUALIZACIÓN DE LAS NORMAS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN CON LA INCORPORACIÓN DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN APLICADAS A LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A.”

AUTOR: Franklin Israel Sánchez Gamboa

Diciembre, 2015





ANTECEDENTES

- En el año 2010 fue instituida una norma de diseño para redes de distribución en La Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A. este documento al pasar de los años con los cambios en las regulaciones e incrementos de nuevos parámetros y aplicaciones que ha sufrido el sector eléctrico quedo desactualizado.





ANTECEDENTES

- La normalización debe ser actualizada debido al ingreso de nuevas tecnologías, entre ellas las cocinas de inducción, las mismas que han establecido un cambio significativo en los factores de diseño de redes de distribución en medio y bajo voltaje.





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVO GENERAL

“Actualizar las normas de diseño para sistemas de distribución con la incorporación de las cocinas de inducción aplicados a la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A.”





OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información de la estructura y características técnicas, necesarias para el conocimiento del estado actual de los criterios de diseño.
- Contrastar los valores del consumo mensual de los usuarios de la base de datos de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A.
- Determinar el incremento de consumo mensual de los usuarios que cuentan con las cocinas de inducción.
- Clasificar a los usuarios según el historial de consumo mensual aplicando límites de consumo de energía.
- Aplicar el método de Administración de Electrificación Rural con los datos del historial de consumo.
- Definir los nuevos factores necesarios para la actualización de los criterios de diseño.



INTRODUCCIÓN

- Después de revisar la norma actual se determino los parámetros que la actualización necesita estos se encontrarán progresivamente dentro del presente trabajo de titulación
- Las empresas distribuidoras de energía eléctrica deben disponer de una norma de diseño actualizada que pueda orientar y normar los procesos que implican los proyectos de electrificación para agilizar y facilitar los pasos a seguir en un proyecto de electrificación.



AREA DE CONCESIÓN

- El área de concesión de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. comprende los cantones: Latacunga, Salcedo, Saquisilí, Pujilí, La Maná, Pangua y Sigchos que comprenden la provincia de Cotopaxi.





SUBESTACIONES

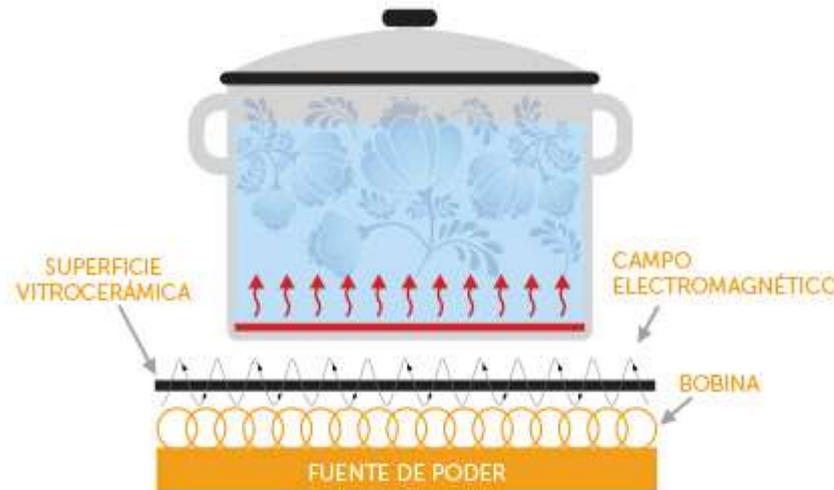
Código	DESCRIPCION
01CV	Subestación El Calvario
02SR	Subestación San Rafael
03SA	Subestación Salcedo
04ML	Subestación Mulalo
05LA	Subestación Lasso
06CH	Subestación La Cocha
08SG	Subestación Sigchos
09MA	Subestación La Maná
45AG	Subestación Angamarca
10PJ	Subestación Pujli





Principio de funcionamiento de las cocinas de inducción

- Las cocinas de inducción funcionan con el principio magnético que respeta las leyes de Faraday que dice cuando circula corriente por una bobina esta generará un campo magnético.





Método de Administración de Electrificación Rural

El método de Administración de Electrificación Rural en resumen busca tomar el consumo mensual de energía eléctrica puntualmente tomando la potencia activa de los usuarios residenciales, con este método obtenemos la demanda máxima unitaria de un grupo determinado de usuarios





Método de Administración de Electrificación Rural

- *Factor A* = $N(1 - 0.4N + 0.4(N^2 + 40)^{\frac{1}{2}})$
- *Factor B* = $0.005925\left(\left(\frac{kWh}{mes}\right)/N\right)^{0.885}$

Donde:

- N= número de consumidores.



DEMANDA MÁXIMA UNITARIA

- Definida como el valor máximo de la potencia que en un intervalo de tiempo de 15 minutos es requerida de la red por el consumidor.



FACTOR DE DIVERSIDAD

- ¿Será la demanda máxima de un grupo de consumidores igual a la suma de las demandas máximas individuales?, la respuesta a esta pregunta es no, pues en todo el sistema de distribución existe diversidad entre los consumidores, es lo que hace por regla general que la demanda máxima de un conjunto de cargas sea menor que la suma de las demandas máximas individuales.



MÉTODO DE MUESTREO

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{(N-1) * E^2 + Z^2 * p * q}$$

- Donde:
- n = es el tamaño de la muestra.
- N = es el tamaño de la población total o universo.
- Z = es el número de unidades de desviación típica en la distribución normal que producirá el grado deseado de confianza.



MÉTODO DE MUESTREO

- E = es el error o máxima diferencia entre la proporción muestral y la proporción de la población que se está dispuesto a aceptar en el nivel de confianza.
- p = Factor proporcional de ocurrencia de un evento.
- q = Factor proporcional de no ocurrencia de un evento.



DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA

- $$n = \frac{1,96^2 * 800 * 0,5 * 0,5}{(800 - 1) * 0,05^2 + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

- $n = 80$

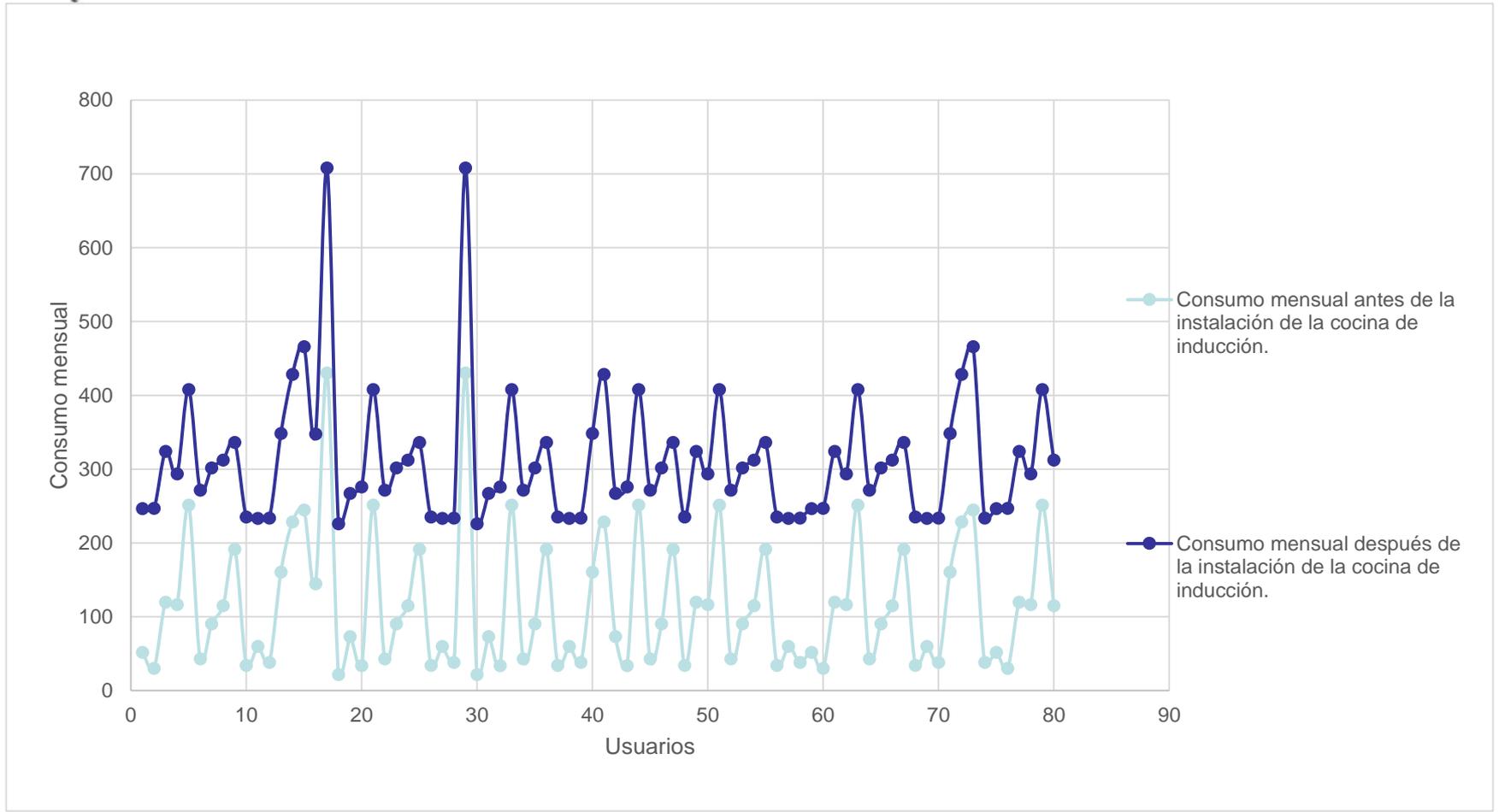
- 584 datos **Anexo A2**





DETERMINACIÓN DEL INCREMENTO DEL CONSUMO MENSUAL ENERGÉTICO PRODUCIDO POR LAS COCINAS DE INDUCCIÓN

- $I_c = P \text{ DE CONSUMO DEPUÉS} - P \text{ DE CONSUMO ANTES}$





- 200 KW/h mensuales, (potencia cocina **tabla 3.1** 3.9KW) teniendo un promedio de 102 minutos diarios de uso lo que significa que cada comida se tarda alrededor de 34 minutos en su preparación, entendiéndose por cada comida a desayuno, almuerzo y merienda que serían tres comidas al día. Tabla 3.2 ingreso de incremento de consumo por cocinas A.





CATEGORIZACIÓN DE USUARIOS

- CATEGORIZACIÓN A: Igual o mayor a 551 KW/h
- CATEGORIZACIÓN B: entre 311 y 550 KW/h
- CATEGORIZACIÓN C: entre 251 a 310 KW/h
- CATEGORIZACIÓN D: Igual o menor a 250 KW/h



APLICACIÓN DEL MÉTODO REA

- En nuestro estudio para la estratificación hemos tomado 120 usuarios y a continuación se presenta un ejemplo para un usuario para encontrar el factor A.
- *Factor A* = $1 * (1 - 0.4 * 1 + 0.4(1^2 + 40)^{\frac{1}{2}})$
- *Factor A* = 3,1612



APLICACIÓN DEL MÉTODO REA

- Para encontrar el factor B necesitamos el consumo de energía mensual de un usuario este factor cambia dependiendo el estrato en este caso vamos a escoger el estrato A. tabla 3.2 120 usuarios 79423(Incluye consumo de cocinas de inducción)
- $Factor\ B = 0.005925\left(\left(\frac{661,858KW}{mes}\right)/1\right)^{0.885}$
- $Factor\ B = 1,8581$



DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA MÁXIMA UNITARIA

- $DMU = \text{Factor A} * \text{Factor B}$
- $DMU = 5,874 \text{ KW}$

Estrato	DMU (KW)
A	5,874
B	3,602
C	2,762
D	2,266





DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA

- $DMD = Factor A * Factor B$
- $DMD = N \left(1 - 0.4N + 0.4(N^2 + 40)^{\frac{1}{2}} \right) * 0.005925 \left(\left(\frac{kWh}{mes} \right) / N \right)^{0.885}$
- $DMD = 2 \left(1 - 0.4 * 2 + 0.4(2^2 + 40)^{\frac{1}{2}} \right) * 0.005925 \left(\left(\frac{2 * 79423}{120} \right) / 2 \right)^{0.885}$
- $DMD = 10,603 KW$
- Tabla 3.7 A





CÁLCULO DE TASA DE INCREMENTO

- $$Ti = \frac{\text{Consumo 2014} - \text{Consumo 2013}}{\text{Consumo 2013}}$$



CÁLCULO DE LA TASA DE INCREMENTO

Estratos	Consumo mensual de 120 usuarios en el año 2013 (kW)	Consumo mensual de 120 usuarios en el año 2014 (kW)	Ti(%)
A	167732,2941	169745,0816	0,0120
B	27424,38551	27645,76074	0,0081
C	12541,44789	12594,92951	0,0079
D	5960,370904	6005,536147	0,008





PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

- $DMD_p = DMD * (1 + Ti)^n$

Estrato	DMUp (KW)
A	6,620
B	3,905
C	2,988
D	2,454



CÁLCULO DEL FACTOR DE DIVERSIDAD

- $$FD = \frac{N * DMUp}{DMDp}$$

- $$FD = \frac{2 * 6,62 \text{ KW}}{11,95 \text{ KW}} = 1,11$$

- Tabla 3.17



DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE CALENTADORES DE AGUA ELÉCTRICOS

- 56 kw-h





EJEMPLO PARA 3 USUARIOS

- $D_{ce} = 7,8 * 0,20885 \text{ KW}$
- $D_{ce} = 1,62903 \text{ KW}$
- ANEXO B2





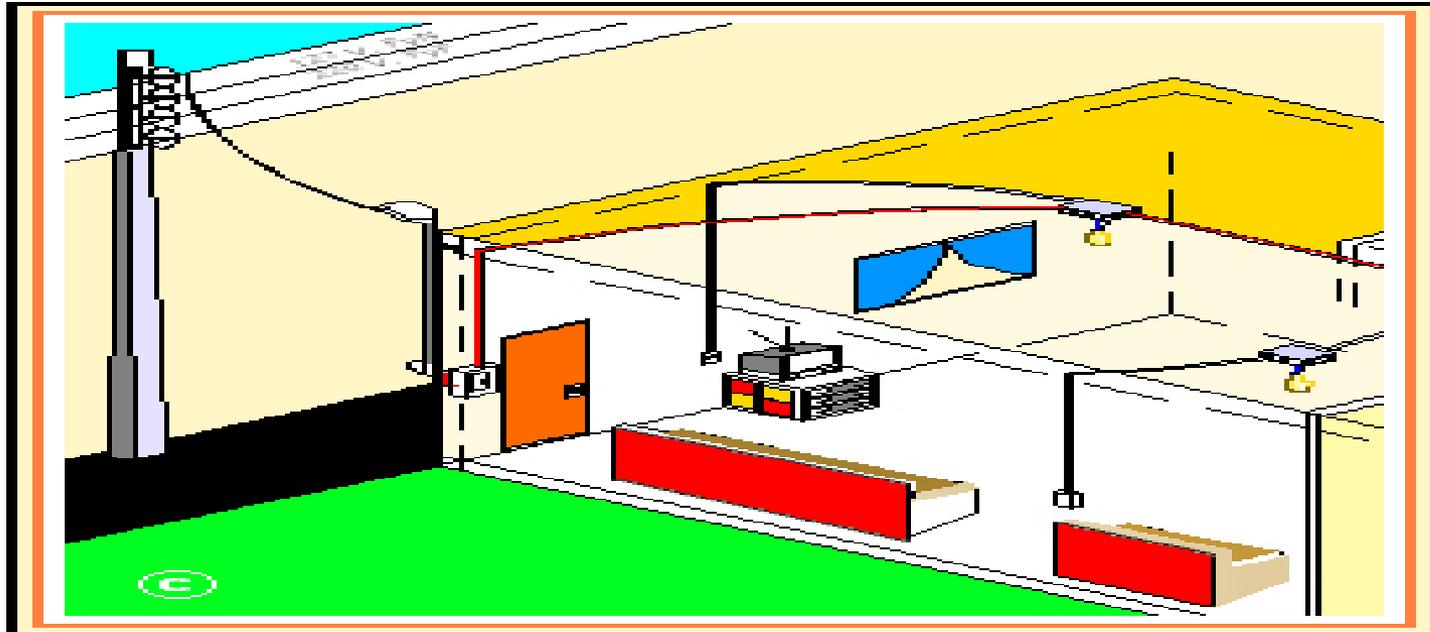
ACTUALIZACIÓN DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN





Demanda de diseño para usuarios residenciales.

- $$DD = \frac{DMD + D_{AP} + D_{pt} + D_{ce}}{Fp}$$





- DMD= demanda máxima diversificada se debe tomar de las tablas ubicadas en el **Anexo B1**
- F_p = factor de potencia 0,95
- D_{AP} = Demanda de alumbrado público.
- D_{pt} =Demanda por pérdidas técnicas La demanda de pérdidas técnicas resistivas se calcula multiplicando la demanda máxima diversificada (DMD) por el porcentaje de pérdidas técnicas del 3,6 %. [11]
- D_{ce} = Demanda por calentadores eléctricos se debe tomar de las tablas ubicadas en el **Anexo B2**.

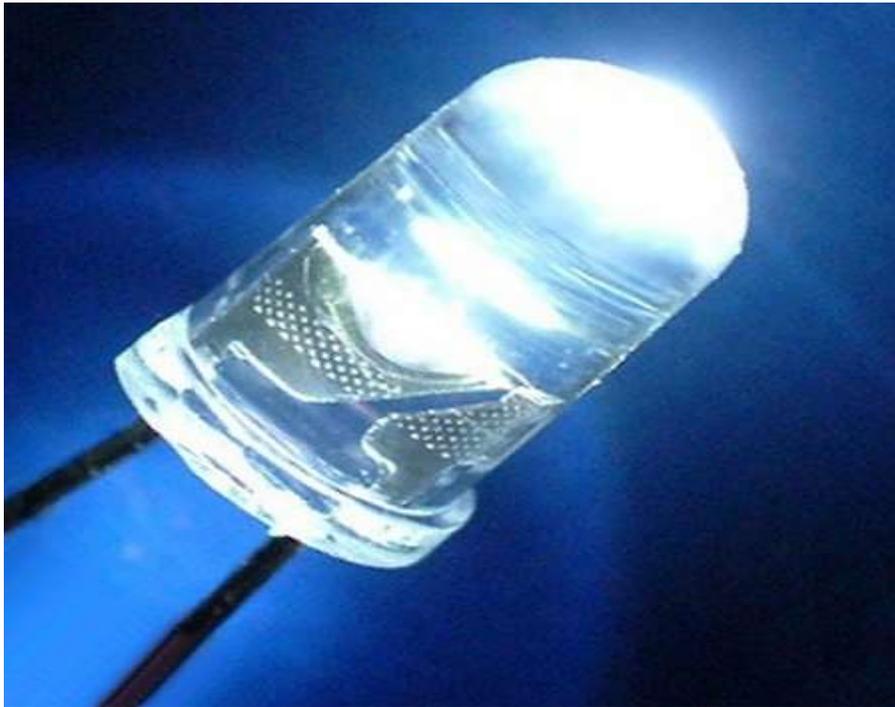


- luminarias de vapor de sodio de alta presión son 400 W, 250 W, 150 W y 100 W. [11]





- Luminarias led 90W, 120W.





POTENCIA DE LOS TRANSFORMADORES

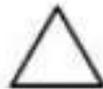
- **Extraído de norma INEN 2 131:2004**
- **Anexo B3**



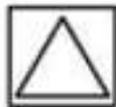


Simbología (UP) (UC)

- MEER (por objeto de homologación)
- **ANEXO B4**



Transformador trifásico
instalado en poste



Transformador trifásico
instalado en cabina o
cámara.



Transformador trifásico tipo
Pedestal o Padmounted
instalado en cabina o
cámara



Banco de 3
transformadores instalado
en poste





Desarrollo de una plantilla en Excel para calcular la caída de voltaje en circuitos secundarios.

elepcosa		DIMENSIONAMIENTO Y TRAZADO					hoja:		
		COMPUTO DE CAIDA DE VOLTAJE EN CIRCUITOS SECUNDARIOS					Fecha:		
NOMBRE DEL PROYECTO:		NO FASES	1						
NO. DEL PROYECTO:		LIMITE DE CAIDA DE VOLTAJE(%)	5						
TIPO DE INSTALACION:	AEREA	MATERIAL DEL CONDUCTOR	CONDUCTOR ALEACION DE ALUMINIO 5005						
USUARIO CLASE	A	TIPO DE INSTALACION	2 HILOS						
ESQUEMA:									
TRAMO		NUMERO DE USUARIOS	FD	DEMANDA DIVERSIFICADA PROYECTADA	CONDUCTOR		KVA-m	COMPUTO	
DESIGNACION	LONGITUD(m)				CALIBRE	FCV(KVA-m)		CAIDA DE VOLTAJE(%)	
59295-59297	61	6	1,51	17,55	3/0	164	1074	PARCIAL	TOTAL
							6,55	6,55	





***PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE
DISEÑO INSTALACIONES ELÉCTRICAS
EN INTERIORES A LA NORMA DE LA
EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL
COTOPAXI S.A.***





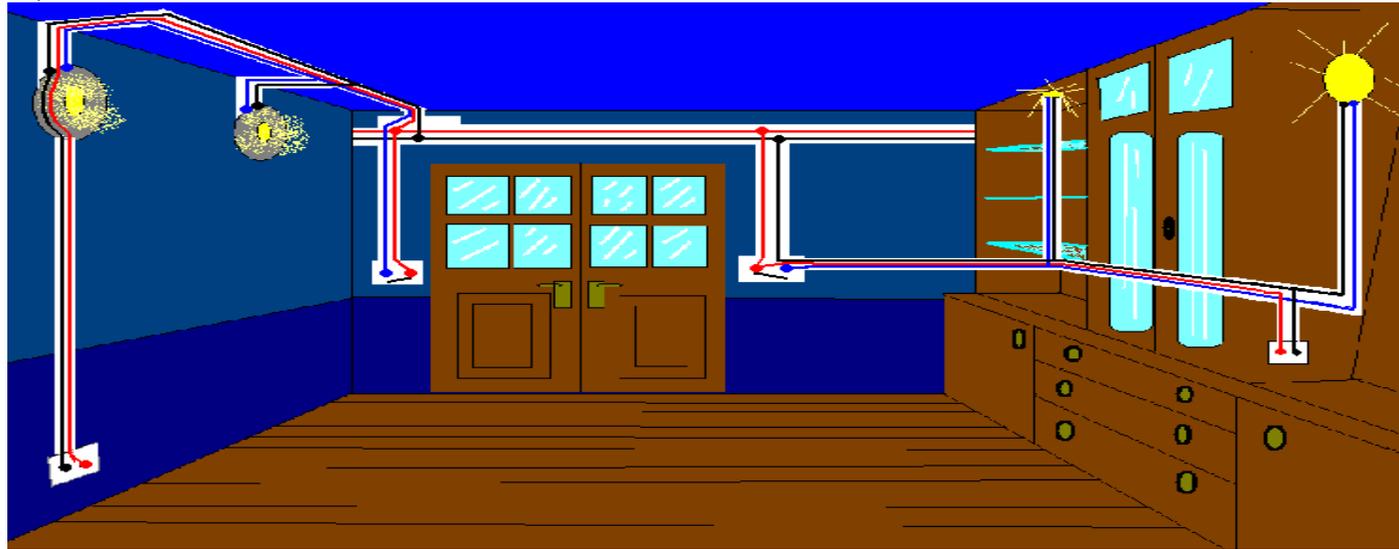
INTRODUCCIÓN

- El presente capítulo está orientado a ingresar como una sección más de la norma de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., ya que la actual no cuenta con una guía para instalaciones eléctricas domiciliarias.



INSTALACIONES DOMÉSTICAS

- ELECTRIFICACIÓN BÁSICA 5,75KW
- ELECTRIFICACIÓN ELEVADA superior a 5,75 KW





Interruptor general automático

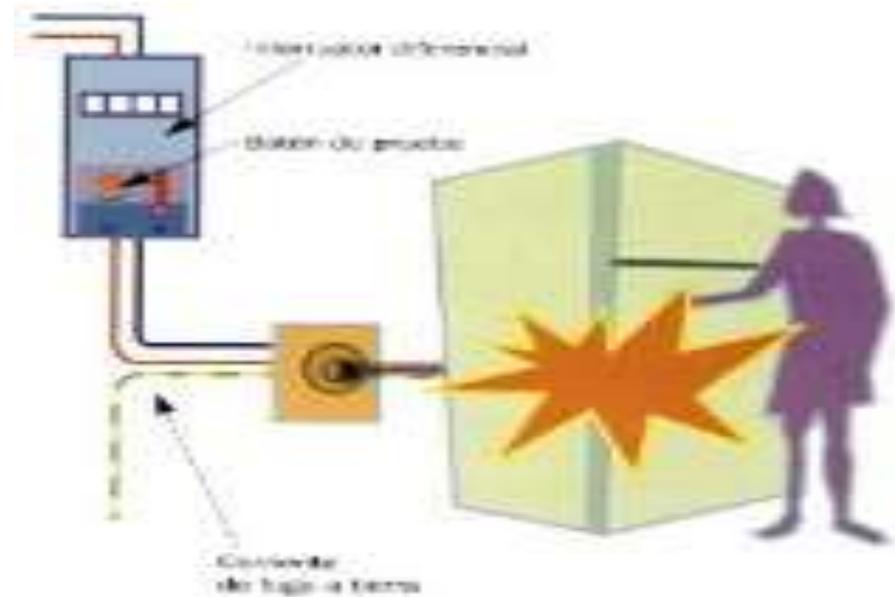
- Instalar uno para quitar totalmente la carga del domicilio.
- El poder de corte de este dispositivo deberá ser como mínimo un valor de 4.500 A.





Protección diferencial

- máximo 30 mA





CONDUCTORES

- Cobre
- El material de los ductos para alojar los conductores serán de PVC
- Para cargas especiales se deberá contar con un circuito expreso.
- Los empalmes de los conductores deben ser cubiertos por cinta aislante y no se aceptaran empalmes dentro de las canalizaciones.





CONDUCTORES

- - Fase A azul
- - Fase B negro
- - Fase C rojo
- - Conductor de neutro blanco





CONDUCTORES

- DIMENSIONAMIENTO
- Determinaremos la carga total instalada dentro del domicilio excluyendo las cargas especiales como son duchas y cocinas de inducción ya que estos elementos requieren un circuito expreso.
- $I = \frac{P}{V * fp}$
- $I_{corre} = I * fd$



EJEMPLO

- Suponiendo el siguiente ejemplo en el que una vivienda cuente con 4200 Watts de potencia instalada con un voltaje de servicio 120V y tomará un factor de potencia típico en un domicilio 0,95, como se conoce la potencia activa se aplicará la siguiente fórmula para encontrar la corriente.
- $I = 36,74 A$
- $Fd=0,7$
- $I_{corre} = 25,72 A$
- calibre #12 **Anexo C1**



CODUCTORES (TABLA 5.5)

Modelo	Cuenta con horno	Potencia Nominal (W)	Corriente (A)	Calibre del conductor (AWG)	Distancia máxima del conductor(m)
Elektra a inducción	No	6600	35,86	10	302,293
Creta	No	2600	15,15	12	282,907



TOMACORRIENTE

- 220 V y 50 A para cocinas de inducción
- 120 V y 20 A para demás.
- Nivel aislamiento 600V
- 0,20m – 0,80m
- 0,10m del mesón
- 0,30m de los conductores de comunicación





CONSIDERACIONES PARA CUARTOS DE BAÑO

- Se deben definir zonas en las que se prohíbe definitivamente la colocación de cualquier tipo de dispositivo eléctrico.
- Establecer una conexión equipotencial considerando entre todas las piezas metálicas expuestas.
- En el **Anexo C2** describe la aplicación de cada zona y si es posible o no instalar un dispositivo eléctrico con las características que debe tener el mismo.

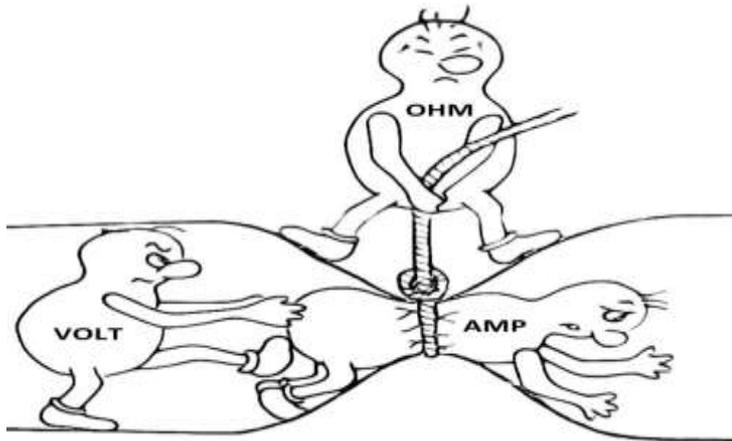




CAIDA DE VOLTAJE

$$\Delta U = kZI_b = kl_b \frac{L}{n} (r * \cos\varphi + x * \text{sen}\varphi) [V]$$

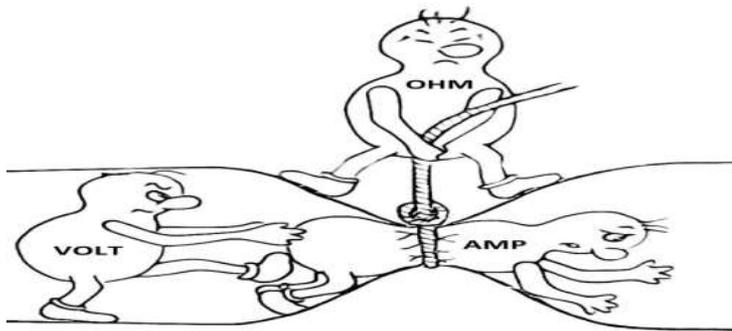
- k es un coeficiente que vale: 2 para los sistemas monofásicos y los bifásicos, $\sqrt{3}$ para los sistemas trifásicos
- $I_b[A]$ es la corriente absorbida por la carga.





CAIDA DE VOLTAJE

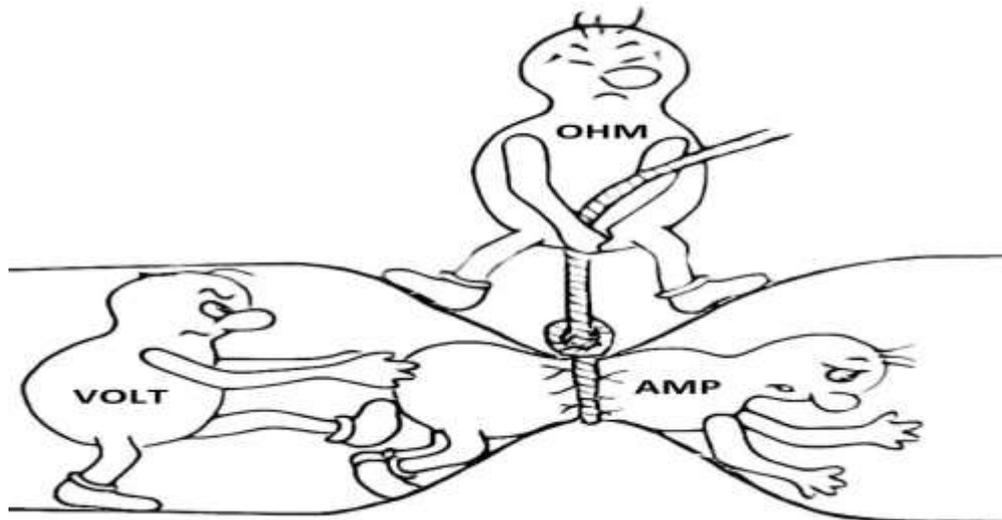
- L [m] es la longitud de la línea
- n es el número de los conductores en paralelo por fase
- r [Ω /m] es la resistencia de cada cable por metro
- x [Ω /m] es la reactancia de cada cable por metro
- $\cos\varphi$ es la corrección del factor de potencia de la carga, $\sin\varphi$ se puede despejar teniendo como resultado $\sqrt{1 - \cos^2\varphi}$.





CAIDA DE VOLTAJE

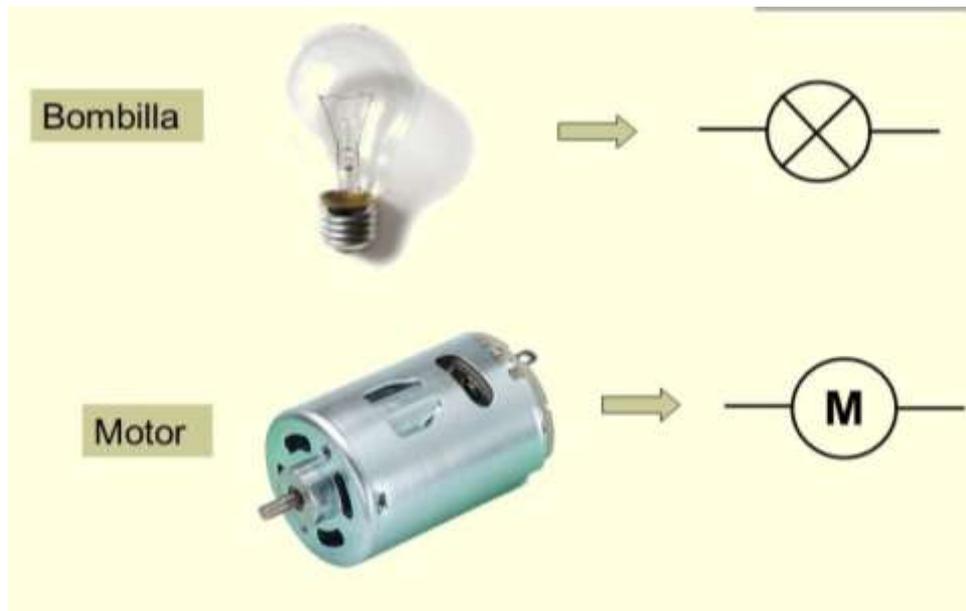
- $\Delta u\% = \frac{\Delta U}{U_r} * 100$
- U_r = voltaje de alimentación.
- $\Delta u\% = 3\%$





SIMBOLOGÍA

- Se usará el Anexo C6
- Extraído de la norma IEC 60617





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES





- Se recopiló información de la estructura y características técnicas, necesarias para el conocimiento del estado actual de los criterios de diseño, dando como resultado un evidente estado de desactualización de la norma de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., incluyendo la falta de un capítulo para la guía de diseño de instalaciones eléctricas domiciliarias, que fue desarrollada dentro de este proyecto.
- Se contrastó los valores del consumo mensual de los usuarios de la base de datos de la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A., como resultado se dio que varios usuarios que están dentro del plan de cocción eficiente no están dando uso a la cocina de inducción ya que presentaban un incremento mínimo o nulo del consumo mensual de energía eléctrica, por otro lado se logró determinar la muestra adecuada encontrando el incremento de consumo de energía mensual por parte de los usuarios que si están dando uso de las cocinas de inducción.



- Se clasificó a los usuarios según el historial de consumo mensual aplicando límites de consumo de energía, en estos límites se incluyó el incremento de consumo mensual producido por las cocinas de inducción dando como resultado cuatro categorías.
- Se determinó el incremento de consumo mensual de los usuarios que cuentan con las cocinas de inducción, arrojando como resultado un incremento promedio de 200 kw/h al mes y también partiendo de los datos históricos de consumo de energía mensuales como se realizó con las cocinas de inducción, se encontró el incremento de consumo de energía mensual que produce la instalación de un calentador de agua eléctrico dando como resultado 56 kw/h.
- Se aplicó el método de Administración de Electrificación Rural (REA) con los datos del historial de consumo respetando los límites definidos dentro de este proyecto.



- Se definió los nuevos factores necesarios para la actualización de los criterios de diseño como las tablas de demanda máxima diversificada incluyendo la afectación de las cocinas de inducción, la demanda máxima diversificada de los calentadores de agua eléctricos, factor de diversidad.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RECOMENDACIONES





- Se recomienda que la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. continúe teniendo disponible los datos históricos de consumo mensual de energía de los usuarios, identificando a los grupos que están dentro de programas como el de cocción eficiente o los que cuentan con cargas especiales con su respectiva fecha de instalación ya que esto fue un punto clave para la realización de este proyecto y puede ser usado para un futuro estudio técnico ingenieril o estadístico ya que se contará con la información pertinente.
- Se recomienda que conforme el paso de los años actualizar la estratificación propuesta ya que en un futuro puede existir una variación de los estratos asignados dependiendo del crecimiento de la carga.
- Se recomienda ejecutar programas y campañas de formación, capacitación y divulgación por parte de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. para la concienciación de la población sobre el uso racional y eficiente de las cocinas de inducción, a fin que de forma consiente se reduzca el consumo de energía buscando una meta que se ajuste a los objetivos energéticos establecidos en el Plan Nacional.





**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN.....**



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA