

**CONEXIONES CON DOS Y TRES ELEMENTOS EN CELDAS DE MEDIDA DE
MEDIA TENSIÓN**

José Luis Villa Villa
César Darío Ruiz Restrepo
Daniel Alejandro Rincón García

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
2014**

**CONEXIONES CON DOS Y TRES ELEMENTOS EN CELDAS DE MEDIDA DE
MEDIA TENSIÓN**

José Luis Villa Villa
César Darío Ruiz Restrepo
Daniel Alejandro Rincón García

Proyecto de grado para optar al título de Ingenieros Electricistas

ASESOR

Jortin Vargas
Ingeniero Electricista

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
2014**

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	9
2. JUSTIFICACIÓN.....	10
3. OBJETIVOS.....	11
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4. REFERENTES TEÓRICOS.....	12
4.1. CELDAS DE MEDIA TENSIÓN. (EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN , 2011).....	12
4.2. DEFINICIÓN DE MEDIA TENSIÓN (SCHNEIDER ELECTRIC, 2010).....	14
4.3. CONDICIONES ELÉCTRICAS EN LA INSTALACIÓN DE UNA CELDA DE MEDIDA EN 13.2 Kv.....	14
4.4. NORMAS Y REGLAMENTOS.....	16
4.4.1. RETIE (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA , 2013).....	16
4.4.2. CELDAS DE MEDIDA EN MEDIA TENSIÓN SEGÚN RETIE. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA , 2013).....	16
5. METODOLOGÍA.....	22

5.1. TIPO DE ESTUDIO.....	22
5.2. MÉTODO	22
5.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	22
5.3.1. Fuentes primarias.....	22
5.3.1. Fuentes secundarias	23
5.4. POBLACIÓN.....	23
6. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO.	24
6.1. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL A UTILIZAR	24
6.2. INSTALACIÓN Y VERIFICACIÓN	24
6.3. DIAGRAMA UNIFILAR	27
CONCLUSIONES	28
RECOMENDACIONES.....	29
BIBLIOGRAFÍA.....	30
ANEXOS.....	32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distancias mínimas entre las partes energizadas.....	13
Tabla 2. Condiciones eléctricas en la instalación de una celda de medida	14
Tabla 3. Normas que deben cumplirse en la fabricación de una celda de medida.	16

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Celda de medida en 13.2 Kv (CODENSA , 2012).....	15
Figura 2. Celda de medida en media tensión elaborada por la empresa INDUSTRIAS METALELECTRICAS MTG.....	25
Figura 3. Rótulo instalado en la celda de medida.	26
Figura 4. Conexión de tierra en la celda de medida.....	26

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Diagrama unifilar para celdas de medida en media tensión	32
Anexo 2. Diagrama unifilar para celdas de medida en media tensión	32

INTRODUCCIÓN

El incremento poblacional, que se da en Colombia en la actualidad, evidencia un notable aumento en el consumo de energía eléctrica, por lo cual se aumenta la demanda en la instalación de nuevos centros de transformación de media a baja tensión, dicha demanda exige que las Instituciones formadoras de nuevos Ingenieros en Eléctrica, dispongan de las herramientas y medios necesarios, para entregar al mundo laboral, profesionales con una alta capacidad de resolver problemas en el ejercicio de su profesión.

La instalación de un modelo de celda con finalidad didáctica, permitirá a la comunidad educativa de la Institución Universitaria Pascual Bravo, entregar a la sociedad de consumo, personal cualificado para la labor profesional.

Al entender la aplicación práctica de conceptos, tales como: celda, transformadores y medidores, su adecuación e instalación, los profesionales de la Institución, podrán tener mayor claridad, en el montaje, puesta en servicio y mantenimiento y de este modo cumplir con la finalidad principal de la distribución de la energía en la fase de su consumo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Institución Universitaria Pascual Bravo, requiere de elementos que permitan centrar el modelo de enseñanza, desde los distintos ámbitos, en una acción basada en competencias, un modelo que permita no sólo adquirir la información teórica de los distintos conceptos, sino que permita ir más allá en la aplicación de conocimientos.

Por lo anterior se evidencia la necesidad de la Instalación de una celda de medida en media tensión, con facultades didácticas, que permita a la comunidad educativa, interactuar en tiempo real, con cada uno de los elementos, como son: Los transformadores, los medidores y la celda de medida, y de este modo adquirir la aplicación práctica de los conceptos ya adquiridos en las aulas de clase.

2. JUSTIFICACIÓN

La capacidad de aprender, de aplicar conocimientos y de resolver problemas en la práctica, son competencias urgentes que el profesional de la actualidad debe tener como herramienta principal, para transformar, renovar, adecuar o mejorar, desde su desempeño profesional, cada uno de los retos de ingeniería que puedan presentarse en el día a día.

Ampliar o complementar el conocimiento en el cálculo e implementación de las celdas de medida, su instalación, adecuación y manejo, permitirá tener mayores bases al enfrentar las exigencias del medio, tanto académico como laboral.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Suministro de una celda de medida a 13.2Kv, para el laboratorio de prácticas académicas de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Suministrar e instalar la celda de medida con fines didácticos.
- Consultar sobre las diferentes bases a tener en cuenta en la instalación de una celda de medida en media tensión
- Instalación y revisión de los elementos que componen dicho sistema de lecturas
- Verificar el funcionamiento óptimo de dicho sistema

4. REFERENTES TEÓRICOS

Durante el desarrollo de este proyecto será necesario plantear y desarrollar algunos conceptos teóricos como son:

4.1. CELDAS DE MEDIA TENSIÓN. (EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN , 2011)

En general se entenderá como Celdas de Media Tensión (en inglés Switchgear) al conjunto continuo de secciones verticales (Celdas) en las cuales se ubican equipos de maniobra (interruptores de potencia extraíbles, seccionadores, etc), medida (transformadores de corriente y de tensión, etc), y, cuando se solicite, equipos de protección y control, montados en uno o más compartimientos insertos en una estructura metálica externa, y que cumple la función de recibir y distribuir la energía eléctrica.

En el interior de las celdas de media tensión se deberán disponer de elementos para el amarre y fijación de los cables.

La separación mínima entre las partes energizadas sin aislamiento (conductores o barras) y entre esas partes y las superficies adyacentes puestas a tierra, no debe ser menor a los valores especificados en la Tabla 1.

Los valores de la tabla, son las distancias mínimas entre partes energizadas (no aisladas) y las partes aterrizadas. Estas distancias se deben aumentar si los conductores se mueven por la acción de un medio externo o bajo condiciones de servicio desfavorables.

Tabla 1. Distancias mínimas entre las partes energizadas.

Tensión nominal[kV] (Fase-Fase ó Fase- Tierra según ¹)	Distancia mínima en centímetros ¹			
	Fase a fase		Fase a tierra	
	Interior	Exterior	Interior	Exterior
2,4 - 4,16	11	18	8	15
7.2	14	18	10	15
13.8	19	30	13	18
14.4	23	30	17	18
23	27	38	19	25
34.5	32	38	24	25
46	46	46	33	33

Fuente: Tabla 710-33, de la Norma NTC 2050.

Con relación a la ubicación e instalación de las celdas y los tableros dentro de la edificación, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

En ningún caso las celdas de media tensión se instalarán a la intemperie.

Cuando se trate de celdas de media tensión, éstos deben ir ubicados en un cuarto dónde sólo tenga acceso a ellos personal calificado. En cualquier circunstancia, se debe cumplir con las exigencias establecidas en las secciones 11034 de la norma NTC 2050.

Las celdas de media tensión y los tableros de baja tensión, no se podrán ubicar en sitios que puedan ser consideradas rutas de evacuación de las edificaciones, incluyendo zonas que sean de circulación normal de personas o vehículos.

Las celdas de media tensión y los tableros de baja tensión, se deben fijar al piso o a las paredes con tornillos adecuados para garantizar su firmeza. En caso de que exista la posibilidad que el piso permanezca mojado, se recomienda instalar la

celda o el tablero sobre un pedestal o sobre un perfil de lámina N° 14, de 8 cm mínimo de altura. Las celdas y tableros instalados en lugares húmedos serán a prueba de intemperie; así mismo, se deberá cumplir con lo exigido en la sección 373 de la norma NTC 2050.

Para tableros de baja tensión instalados a la intemperie, se exigirá un grado de protección IP 65.

4.2. DEFINICIÓN DE MEDIA TENSIÓN (SCHNEIDER ELECTRIC, 2010)

En los círculos profesionales se emplea el término “Media Tensión eléctrica” para referirse a instalaciones con tensiones entre 1 y 45 kV. Dichas instalaciones son frecuentes en líneas de distribución que finalizan en centros de transformación, donde normalmente se reduce la tensión hasta los 400 V y también en CT de MT/MT de grandes industrias (MT/3-5-6 kV).

En realidad no existe una definición clara en ningún reglamento de hasta dónde llega la media tensión. La denominación de Media Tensión es usada por las compañías eléctricas para referirse a sus tensiones de distribución.

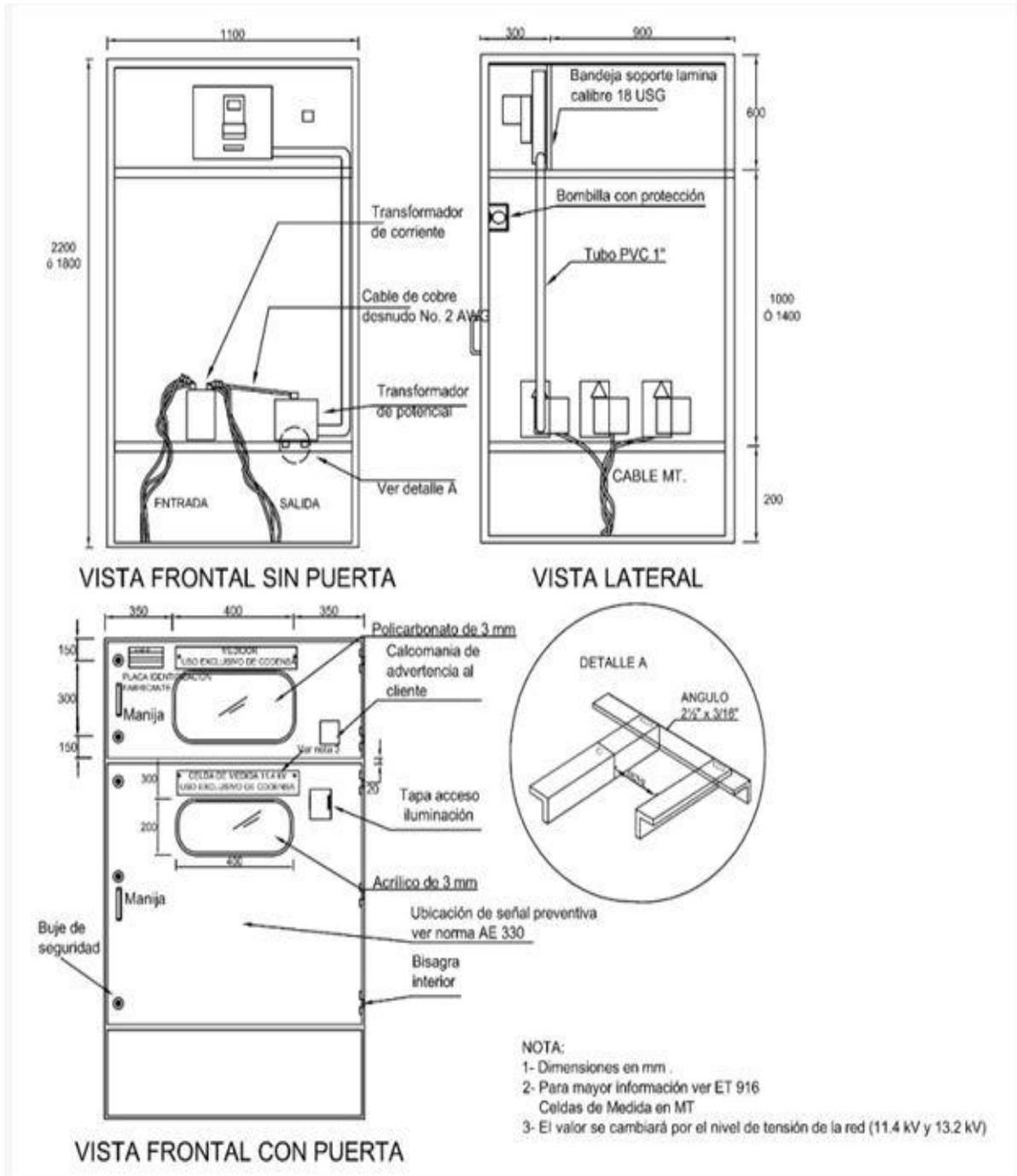
4.3. CONDICIONES ELÉCTRICAS EN LA INSTALACIÓN DE UNA CELDA DE MEDIDA EN 13.2 Kv

Tabla 2. Condiciones eléctricas en la instalación de una celda de medida

Tensión Nominal del sistema	11 400 V, 13 200 V, 34 500 V
Frecuencia del sistema	60 Hz

Fuente: CODENSA: Celdas de medida en MT

Figura 1. Celda de medida en 13.2 Kv (CODENSA , 2012)



Fuente: CODENSA. Celdas de Medida en 11.4 y 13.2 Kv

Las celdas deberán cumplir con las normas relacionadas a continuación:

Tabla 3. Normas que deben cumplirse en la fabricación de una celda de medida.

NORMA		DESCRIPCIÓN
ASTM	B 117-97	Standard practice for operating salt spray (fog) apparatus
NTC	3279	Grado de protección dado a los encerramientos. (Código IP).
ASTM	D14000	Espesor mínimo de pintura
ASTM	D 4541	Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers

Fuente: CODENSA: Celdas de medida en MT

4.4. NORMAS Y REGLAMENTOS

4.4.1. RETIE (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA , 2013)

RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas), expedido por el Ministerio de Minas y Energía, entró a regir en Colombia el 1 de mayo de 2005 con el objetivo de establecer las medidas que garanticen la seguridad de las personas, la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente, previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico.

4.4.2. CELDAS DE MEDIDA EN MEDIA TENSIÓN SEGÚN RETIE. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA , 2013)

Las celdas de media tensión, deben cumplir los requisitos de una norma técnica internacional, tal como **IEC 62271-1**, **IEC 62271-200**, **IEC 60695-11-10** de reconocimiento internacional, tales como la **UL 347**, **UL94**, **ANSI- IEEE C37**, **NTC 3309** o **NTC 3274** que les aplique, adicionalmente deben cumplir los siguientes requisitos:

a. Las celdas del equipo de seccionamiento deben permitir controlar los efectos de

un arco (sobrepresión, esfuerzos mecánicos y térmicos), evacuando los gases hacia arriba, hacia los costados, hacia atrás o al frente si lo hace por lo menos a dos metros del piso.

- b. En celdas de media tensión, los aisladores deben cumplir la prueba de flamabilidad con llama vertical.
- c. Las puertas y tapas deben tener un seguro para permanecer cerradas.
- d. Las piezas susceptibles de desprenderse, tales como chapas o materiales aislantes, deben estar firmemente aseguradas.
- e. Cuando se presente un arco, este no debe perforar partes externas accesibles.
- f. Deben tener conexiones efectivas con el sistema de puesta a tierra.
- g. Rotulado. La celda deberá tener especificada la clasificación de resistencia al arco interno y de rotulado establecidos en el numeral 20.23.1.4 del presente anexo.

Parágrafo. *En las celdas de transformador tipo seco se debe facilitar el intercambio de calor en el transformador, por lo que a este tipo de celdas no les aplica el literal a) del presente numeral.*

- **Certificación de celdas**

Para efectos de la certificación de celdas de media tensión, se deben verificar mediante pruebas, por lo menos los siguientes parámetros:

- a. Grados de protección IP (o su equivalente NEMA) e IK declarados.
- b. Propiedades dieléctricas.
- c. Distancias de aislamiento y fuga.
- d. Efectividad del circuito de protección.
- e. Comprobación del funcionamiento mecánico de sistemas de bloqueo, puertas, cerraduras u otros
- f. elementos destinados a ser operados durante el uso normal del tablero
- g. Resistencia a la corrosión del encerramiento.
- h. Resistencia al calor anormal y al fuego de los elementos aislantes.
- i. Medidas de protección contra el contacto directo (barreras, señales de advertencia, etc.).
- j. Arco interno.
- k. Cortocircuito.

Parágrafo. *Por un periodo no mayor a cinco años o antes si en el país se cuenta con laboratorios que permitan hacer pruebas de cortocircuito y arco interno, el organismo de certificación podrá aceptar remplazar tales pruebas por simulaciones mediante cálculos, programas de cómputo o similares, siempre que el modelo utilizado para la simulación se soporte adecuadamente en la literatura técnica y haya sido validado por un laboratorio de ensayos debidamente acreditado para esta actividad. El organismo de certificación debe asegurarse que el ente que desarrolle la simulación cumpla las condiciones de idoneidad, transparencia e independencia requerida en un proceso de certificación.*

- **Instalación de celdas y tableros**

Las celdas y tableros eléctricos son equipos de frecuente riesgo de arco eléctrico; para minimizar este riesgo, se deben aplicar las siguientes prescripciones:

- a. La instalación y puesta en servicio de celdas y tableros debe ser ejecutada por personal calificado.
- b. Cuando la celda o el tablero este diseñado para uso en interior el equipo debe ser almacenado en posición vertical en un lugar seco y ventilado, protegido de la lluvia, temperaturas extremas y el polvo, esto con el fin de evitar el deterioro de características propias del producto originalmente testeado.
- c. Los tableros con sistema de instalación tipo Riel DIN, no podrán superar el nivel de ocupación definido por el fabricante.
- d. El piso debe ser plano y las máximas desviaciones de nivel serán las permitidas por el fabricante.
- e. Salvo que el fabricante especifique otro valor, la distancia de la celda al techo no debe ser menor de 60 cm.
- f. Los barrajes de tierra de un conjunto de secciones modulares deben quedar interconectadas, utilizando tornillos y tuercas mínimo grado o clase 5, con la presión adecuada a la tornillería.
- g. Los cables nunca deben atravesar los barrajes.
- h. Se debe conectar primero el barraje de tierra del tablero a la malla de tierra para asegurar la protección del personal.
- i. La instalación de amarra-cables, no debe afectar el grado de protección IP.

- j. Se deben utilizar terminales para hacer las conexiones entre cables y barrajes. Si la conexión es con cable de aluminio se deben utilizar conectores bimetálicos.
- k. Cuando la conexión involucra varias barras por fase, los conectores se deben colocar enfrentados y con espaciadores de cobre entre las barras.
- l. Cuando las conexiones van directamente a los terminales de los equipos, se deben aplicar los torques especificados por el fabricante.
- m. Se deben respetar las distancias de seguridad definidas por el fabricante para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos.
- n. Los cables del sistema de control deben alambrarse en canaleta, bajo los siguientes criterios:
 - Las canaletas se deben asegurar por lo menos cada 600 mm
 - Las canaletas no deben llenarse a más del 70% de su capacidad
 - Las conexiones deben ser hechas en borneras.
 - Todos los hilos de un conductor deben insertarse en el agujero del borne
 - Ajustar firmemente, teniendo el cuidado de no cortar los hilos.
 - Los conductores deben ser blindados, cuando sean para señales de comunicaciones y se debe conectar a tierra el blindaje
- o. Se deben realizar las siguientes verificaciones:
 - Funcionalidad de las rejillas de ventilación, las tapas laterales y las puertas.
 - Identificaciones del tablero y de los conductores de control y potencia.
 - Conexión a tierra de las puertas
 - Remover el polvo.

- Medir equipotencialidad entre partes conductoras del tablero.
 - Verificar los torques de las uniones mecánicas, eléctricas y de anclaje.
 - Verificar los enclavamientos mecánicos de los equipos del tablero.
 - Inspeccionar visualmente de toda la estructura del tablero, especialmente la pintura. Hacer retoques si es necesario.
 - Engrasar ligeramente los contactos eléctricos (Grasa contactal)
 - Remover todos los objetos extraños que puedan impedir la operación del tablero (restos de cables, tuercas, tornillos, herramientas. etc.).
 - Realizar las pruebas de aislamiento: Las mediciones deben ser realizadas usando un megómetro a una tensión de por lo menos 500 Vcc. El valor de la resistencia de aislamiento debe ser no menor de 1000 ohmios/V.
 - Después de estos pasos y dejando registros de evidencia podrá proceder con la energización.
- p. La instalación de tableros en espacios públicos deben atender los lineamientos del planeamiento urbano del municipio y en ningún caso debe generar riesgos para el público en general.
- q. Se prohíbe la instalación de tableros en paredes contiguas a los peldaños de las escaleras, o en espacios que contravengan los requerimientos establecido en la **NTC 2050**.

5. METODOLOGÍA

5.1. TIPO DE ESTUDIO

Se considera un tipo de estudio analítico experimental, ya que evalúa las distintas variables de causa y efecto en la instalación de una celda de medida, que sirva de base didáctica en la complementación de los laboratorios dictados por la Institución, se considera experimental, ya que estudia las razones de prevalencia en dicha instalación y se tienen en cuenta cada uno de los ítems solicitados en el REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE). Además permite evaluar las condiciones actuales de los equipos, sus elementos y las posibles soluciones que se puedan dar con los resultados obtenidos.

5.2. MÉTODO

Se trabajó a través del método inductivo, basado en el estudio de necesidades, todo ello centrado a la etapa de montaje y acoplamiento de las diferentes etapas en la instalación de una celda de medida, partiendo de la observación de cada fenómeno particular, además de recurrir al chequeo, verificación y corrección del acoplamiento y conexiones de los equipos, los cuales para generar mayor dinamismo tendrán una secuencia lógica para el montaje total del sistema y para su óptimo funcionamiento.

5.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

5.3.1. Fuentes primarias

Recopilación de información a través de normatividad vigente, libros de eléctrica, análisis de riesgos, estudios y experiencias en la instalación de transformadores y con ello llegar a un ajuste completo y acertado que permita cumplir con las necesidades presentadas en la Institución.

5.3.1. Fuentes secundarias

Asesoramiento de parte de las diferentes estancias administrativas y docentes de la Institución Universitaria Pascual Bravo, quienes desde su experiencia y conocimiento nos dieron las pautas generales en materia técnica y de espacio para la instalación de una celda de medida.

5.4. POBLACIÓN

Este proyecto va dirigido a todo el personal docente y estudiantil, que pueda beneficiarse de la adquisición e instalación de elementos que generen una mayor interacción en tiempo real con las herramientas que harán parte de su entorno común en el desarrollo de las actividades ingenieriles y/o técnicas.

6. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO.

El proyecto consiste en la descripción e instalación de los distintos elementos que componen una celda de medida, efectuado en el Bloque 3, Salón 309, de la Facultad de Ingeniería, de la Institución Universitaria Pascual Bravo, basados en el estudio de necesidades académicas y el Reglamento vigente en Instalaciones eléctricas.

Como ya se ha comentado anteriormente, los valores de media tensión no son aptos para el uso en equipos de medida, para solucionar esto se instala este tipo de celda. En su interior alberga, normalmente, un transformador de tensión y otro de intensidad, que reducen respectivamente los valores de tensión e intensidad hasta valores aptos para los equipos de medida, una vez hecho esto, se deriva desde este punto al contador o tarificador a instalar en el correspondiente armario de medida.

6.1. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL A UTILIZAR

Celda de medida en media tensión fabricada por la Empresa **INDUSTRIAS METAL ELECTRICAS MTG**

6.2. INSTALACIÓN Y VERIFICACIÓN

Dado que la instalación de la celda de medida será de mayor importancia didáctica y teniendo en cuenta que la Institución no cuenta con las condiciones del nivel de tensión de 13.2 kv, al realizar la instalación se realizó una inspección detallada de las conexiones sin la realización de pruebas energizadas.

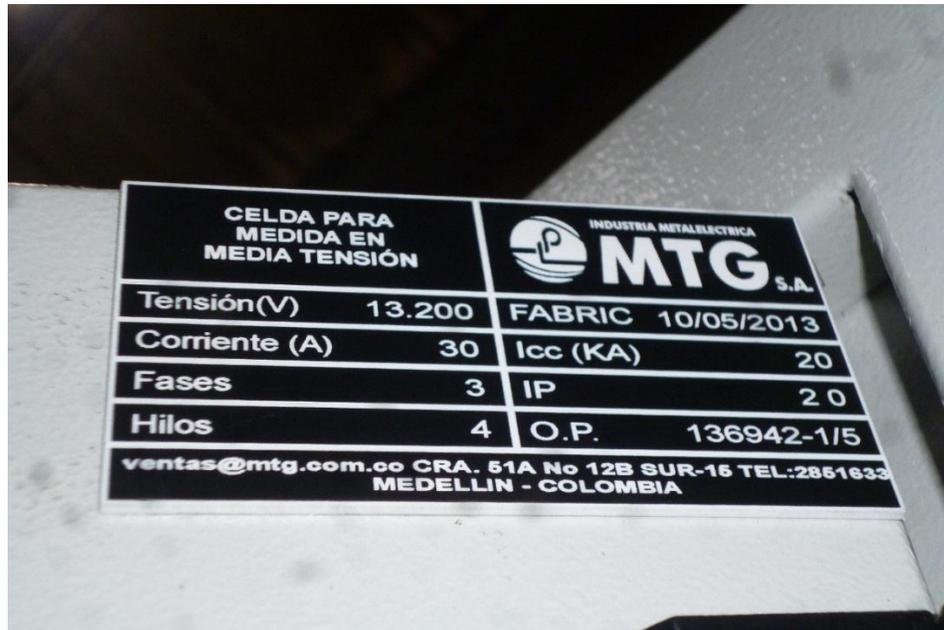
La instalación se realizó en el Bloque 3, Aula 309, Departamento de Ingenierías, Institución Universitaria Pascual Bravo.

Figura 2. Celda de medida en media tensión elaborada por la empresa INDUSTRIAS METALELECTRICAS MTG.



Fuente: Tomado directamente de la instalación terminada de la celda por los participantes del proyecto

Figura 3. Rótulo instalado en la celda de medida.



Fuente: Tomado directamente de la instalación terminada de la celda por los participantes del proyecto

Figura 4. Conexión de tierra en la celda de medida.



Fuente: Tomado directamente de la instalación terminada de la celda por los participantes del proyecto

6.3. DIAGRAMA UNIFILAR

Ver Anexo 1 y Anexo 2. Diagrama unifilar general celda para medida en media tensión

CONCLUSIONES

- Una celda de medida reduce los valores de tensión e intensidad hasta valores aptos para los equipos de medida, una vez hecho esto, se deriva desde el punto al contador a instalar en el correspondiente armario de medida.
- La instalación de la celda de medida didáctica, permitirá a la Institución, pensar en la implementación de temas teórico prácticos, que lleven a una profundización en su manejo.
- La media tensión tiene como finalidad principal la distribución de la energía eléctrica en la penúltima fase antes de su consumo. Debido a la creciente cantidad de energía por distribuir cada vez se utilizan tensiones de línea mayores, que evitan pérdidas por efecto Joule en su transporte.
- La correcta capacitación en la forma de maniobrar la energía, será vital para el buen funcionamiento de la instalación, en términos de seguridad, garantía de servicio y calidad de la instalación.
- El transformador es la frontera entre la media tensión y la baja tensión y su función básica es reducir la magnitud de tensión a los valores normalizados de baja tensión (440/230 V).

RECOMENDACIONES

- Inicialmente se recomienda realizar un uso adecuado y responsable del módulo.
- Verificar que todos los componentes del módulo estén en buen estado para el funcionamiento.
- Verificar que la alimentación del módulo y las líneas de tierra de cada equipo, estén instaladas adecuadamente.
- Realizar constantemente inspecciones visuales antes, durante, y después del uso del módulo.
- Dejar el módulo en las condiciones iniciales.
- El módulo no se debe ubicar en lugares húmedos, no poner sobre él alimentos ni piezas metálicas.
- Si en un futuro se requiere realizar modificaciones al módulo instalado se debe tomar como referencia la parte inicial de la instalación tal y como está.

BIBLIOGRAFÍA

CODENSA . (10 de 12 de 2010). *CODENSA* . Obtenido de El RETIE y sus implicaciones :

http://www.codensa.com.co/construccionyenergia/documentos/1320_MA_2_EI_RETIE_y_sus_Implicaciones.pdf

CODENSA . (10 de 12 de 2012). *CODENSA* . Obtenido de Celda de medida en 13.2 Kv:

http://likinormas.micodensa.com/Norma/acometidas_medidores/cajas_armarios_celdas/ae325_celda_medida_11_4_13

EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN . (10 de 10 de 2011). *EPM* . Obtenido de Celdas de media tensión y tableros de baja tensión.:

<http://www.epm.com.co/site/Portals/0/Users/033/33/33/RA8-013.pdf>

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA . (12 de Diciembre de 2013). *Ministerio de Minas y Energía* . Obtenido de Eficiencia energética en transformadores eléctricos :

<http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/transformadores.pdf>

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA . (10 de 10 de 2013). *MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA* . Obtenido de Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE :

https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCgQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.minminas.gov.co%2Fminminas%2Fenergia.jsp%3FcargaHome%3D3%26id_categoria%3D157%26id_subcategoria%3D770&ei=MmDmUtiYO-jJsATBIIH4CQ&usg=AFQjCNHnxQ68i

Ras , E. (1994). *Transformadores de potencia, de medida y de protección*. España: Marcombo.

SCHNEIDER ELECTRIC. (11 de 12 de 2010). *SCHNEIDER ELECTRIC*. Obtenido de Equipos didácticos de media tensión : http://www.schneiderelectric.es/documents/local/productos-servicios/formacion-isef/ED_MT.pdf

TECNOBLOG SAN MARTÍN . (11 de 12 de 2013). *TECNOBLOG SAN MARTÍN*. Obtenido de Los transformadores : <http://tecnoblogsanmartin.wordpress.com/category/tecnologia-3%C2%BA-e-s-o/unidad-4-energia-tecnologia-3%C2%BA-e-s-o/4-3-el-transformador/>

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL . (17 de Diciembre de 2013). *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL* . Obtenido de Módulo II: Transformadores de instrumentos: <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/tydee/modulooii.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Diagrama unifilar para celdas de medida en media tensión

Anexo 2. Diagrama unifilar para celdas de medida en media tensión