

**DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN EN MEDIA  
TENSIÓN CON SECCIONADOR**

**CRISTIAN CAMILO BOTERO GÓMEZ  
DANIEL ALEJANDRO PÉREZ MOLINA  
JORGE ALCIDES PIEDRAHITA HINCAPIÉ  
JUAN CARLOS QUINTO MOSQUERA**

**INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2015**

**DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN EN MEDIA  
TENSIÓN CON SECCIONADOR**

**CRISTIAN CAMILO BOTERO GÓMEZ  
DANIEL ALEJANDRO PÉREZ MOLINA  
JORGE ALCIDES PIEDRAHITA HINCAPIÉ  
JUAN CARLOS QUINTO MOSQUERA**

**Trabajo De Grado Para Optar Por El Titulo De  
Ingeniero Electricista**

**INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2015**

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	7
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	8
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	8
2. JUSTIFICACIÓN .....	10
3. OBJETIVOS .....	11
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	11
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
4. REFERENTES TEORICOS .....	12
4.1 SECCIONADORES .....	12
4.1.1 SECCIONADORES MONOPOLARES .....	13
4.1.2 SECCIONADORES TRIPOLARES: .....	14
4.1.3 NORMATIVIDAD .....	14
4.1.4 VARIABLES ELÉCTRICAS .....	15
4.2 SUBESTACIONES .....	16
4.2.1 CLASIFICACIÓN POR SU FUNCIÓN .....	16
4.2.2 CLASIFICACIÓN POR SU CONSTRUCCIÓN .....	17
5 METODOLOGÍA .....	19
5.1 METODO .....	19
5.2 RECURSOS .....	19
5.3 PRESUPUESTO .....	20
6 RESULTADOS DEL PROYECTO .....	21
6.1 TENSIÓN DE OPERACIÓN .....	21
6.2 TECNOLOGÍA DE AISLAMIENTO .....	21
6.3 ESPACIO DE INSTALACION .....	23
6.4 MANTENIMIENTO .....	23
7 CONCLUSIONES .....	27
8 RECOMENDACIONES .....	28
BIBLIOGRAFÍA .....	29
ANEXOS .....	30

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Presupuesto del Proyecto .....	20
Tabla 2 Comparativo Celdas AIS y GIS .....	25

## LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1 Características celda de media tensión .....	26
--	----

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Certificado de conformidad de Producto .....	30
Anexo 2 Certificado de conformidad de Producto .....	31
Anexo 3 Certificado de conformidad de Producto .....	32

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de la energía eléctrica como elemento esencial para el desarrollo de miles de actividades, productivas, académicas y recreativas entre las más importantes, sin dejar atrás las florecientes necesidades en cuando a energía para dispositivos móviles y vehículos eléctricos, hacen que cada sector de la sociedad considere la energía como un “bien” de primera necesidad y la base de todos sus procesos.

La importancia que asume la disponibilidad constante de energía eléctrica en nuestra sociedad provoca en el sistema la necesidad de establecer unos altos niveles de confiabilidad y unos adecuados sistemas de protección que garanticen la continuidad del servicio eléctrico, es por esto que se han venido implementando diferentes sistemas de protección que garanticen que el usuario pueda manejar y proteger el sistema según su necesidad.

Esta situación ha llevado a convertir los equipos eléctricos cuyo uso estaba asociado a grandes industrias y a operadores de red en equipos que pueden operar sin problemas en centros comerciales, medianas industrias, áreas residenciales y en general a cualquier industria cuya demanda requiera una subestación eléctrica de media tensión.

Este proyecto brinda a los futuros ingenieros de la institución una referencia teórico-práctica de cálculo y elección de una celda de seccionamiento en media tensión en niveles de tensión de hasta 36KV, con el cual se podrá controlar sistemas de distribución secundaria de hasta 20KA y realizar una protección de sobre corriente y cortocircuito a través de fusibles de protección adecuados a la carga instalada. Adicional a ello garantizara la seguridad del operario con su construcción compartimentada del tipo PE, protección contra defectos de arco tipo AFLR y un sistema de puesta a tierra del circuito de carga que asegura la conexión física del sistema y su interbloqueo con las cuchillas principales, evitando su simultaneidad de operación.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La Institución Universitaria Pascual Bravo ubicada en el barrio Robledo del municipio de Medellín en el departamento de Antioquia, cuenta actualmente con un proyecto que busca la implementación de una subestación tipo didáctica de media tensión, la cual en esencia contara con un equipo de seccionamiento, una celda de medida en media tensión (existente), una celda de transformador y tableros para baja tensión.

Se hace necesario entonces complementar este sistema en nuestro caso con un seccionador de media tensión, de este modo se conviertan estos equipos en un recursos didácticos y un referente para la formación teórico práctica de los alumnos. Una de las formas de lograr lo anterior es tener en los laboratorios una celda que permita el accionamiento y familiarización con el equipo desde la concepción misma del equipo y sus necesidades hasta la instalación, puesta en servicio, operación y mantenimiento.

Las estadísticas mundiales de fallas eléctricas están en gran parte relacionadas a la mala operación de los equipos y se enfocan en un alto porcentaje a la falta de conocimiento de quien opera los sistemas, con el proyecto presentado se busca que los ingenieros dimensionen los equipos requeridos y conozcan de primera mano la operación y comportamiento del equipo ante condiciones de operación y falla.

En nuestro ámbito institucional esta falencia se da por la carencia de recursos económicos aportados por el gobierno a las entidades educativas públicas, que permitan unas mejores locaciones físicas dotadas con los elementos necesarios de un laboratorio de media tensión.



La necesidad vigente en los laboratorios de la Institución Universitaria Pascual Bravo, se resume en la falta de material didáctico como lo es un conjunto de media tensión que refuerce las prácticas y la familiarización con los equipos, esta necesidad se ha evaluado a lo largo de la realización de la carrera desde el año 2009 hasta el año 2015.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

El propósito de este proyecto es evaluar las condiciones para la correcta selección de un equipo de seccionamiento en media tensión basado en las propuestas de suministro disponibles en el mercado Colombiano y mundial.

Con este proyecto se brindara al estudiante la posibilidad de analizar y diseñar sistemas de protección y maniobra en media tensión, que se requieren en sector industrial, comercial y residencial los cuales son de amplio uso y los cuales requieren de un diseño adecuado acorde a su operación, a la confiabilidad del sistema a proteger.

Una de las mayores falencias de nuestra institución frente a una formación integral de sus ingenieros es la falta de laboratorios y equipos para prácticas de media y alta tensión, y reforzando estas condiciones actuales las situación financiera actual de las instituciones educativas restringen estas implementaciones las cuales requieren una gran inversión, en busca de paliar parte de esta falencia se busca resolver con este proyecto es el mejoramiento de la parte didáctica en media tensión de los laboratorios eléctricos de la Institución Universitaria Pascual Bravo, para que la institución pueda mejorar este aspecto y de este modo seguir ofreciendo a los alumnos un excelente nivel académico.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseño, cálculo y especificación de una solución de seccionamiento para distribución secundaria en media tensión.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar las diferentes tecnologías de operación de los sistemas de seccionamiento para distribución secundaria en media tensión.
- Evaluar las diferentes tecnologías para el aislamiento de los sistemas de seccionamiento para distribución secundaria en media tensión.
- Determinar las variables eléctricas requeridas en la construcción y/o adquisición de los sistemas de seccionamiento.

## **4. REFERENTES TEORICOS**

En la implementación de este proyecto se requiere del conocimiento y entendimiento óptimo de los siguientes temas:

**Seccionador:** Dispositivo destinado a hacer un corte visible en un circuito eléctrico y está diseñado para que se manipule después de que el circuito se ha abierto por otros medios.

**Subestación:** Conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.

### **4.1 SECCIONADORES**

Se los conoce también con el nombre de separadores o desconectores. Son dispositivos que sirven para conectar y desconectar diversas partes de una instalación eléctrica, para efectuar maniobras de operación o bien de mantenimiento. La misión de estos aparatos es la de aislar tramos de circuitos de una forma visible. Los circuitos que debe interrumpir deben hallarse libres de corriente, o dicho de otra forma, el seccionador debe maniobrar en vacío. No obstante, debe ser capaz de soportar corrientes nominales, sobreintensidades y corrientes de cortocircuito durante un tiempo especificado.

Así, este aparato va a asegurar que los tramos de circuito aislados se hallen libres de tensión para que se puedan tocar sin peligro por parte de los operarios.

Su empleo es necesario en los sistemas ya que debe existir seguridad en el aislamiento físico de los circuitos antes de realizar cualquier trabajo y para los cuales la presencia de un interruptor no es suficiente para garantizar un aislamiento eléctrico.

Deben cumplir los siguientes requisitos:

- 1 Garantizar un aislamiento dieléctrico a tierra y sobretodo en la apertura. Por lo general se requiere entre puntos de apertura del seccionador un 15 o 20% de exceso en el nivel de aislamiento con relación al nivel de aislamiento a tierra.
- 2 Conducir en forma continua la corriente nominal sin que exista una elevación de temperatura en las diferentes partes de la cuchilla y en particular de los contactos.
- 3 Soportar un tiempo especificado (generalmente 1 segundo) los efectos térmicos y dinámicos de las corrientes de corto circuito.
- 4 Las maniobras de cierre y apertura se deben realizar con toda seguridad es decir sin posibilidad de que se presenten falsos contactos o posiciones falsas aun en condiciones atmosféricas desfavorables como puede ser por ejemplo la presencia de hielo.

Los seccionadores utilizados habitualmente en instalaciones eléctricas tienen muy variadas formas constructivas pudiéndose clasificarlos según su modo de accionamiento:

- Seccionadores de cuchillas giratorias.
- Seccionadores de cuchillas deslizantes.
- Seccionadores de columnas giratorias.
- Seccionadores de pantógrafo.
- Seccionadores semipantógrafos o tipo rodilla.

Sea cual fuera el tipo (de apertura horizontal o vertical y con movimiento giratorio central o lateral, pantográfico o semipantográfico) deberán permitir la observación clara y precisa de la distancia de aislamiento en aire.

Dentro de esta clasificación todos pueden tener una constitución unipolar o tripolar.

**4.1.1 SECCIONADORES MONOPOLARES:** En este seccionador en la posición cerrada la navaja se encuentra insertada en un contacto que esta a

presión aprisionando fuertemente la navaja para garantizar un buen contacto eléctrico. Puede haber de una o más navajas según sea la corriente nominal que conducen, por lo general se emplean en baja tensión y media con corrientes hasta de 1000 o 1500 Amperios.

**4.1.2 SECCIONADORES TRIPOLARES:** Son básicamente el mismo tipo de cuchillas monopolares pero el mando es tal que se accionan las tres fases simultáneamente.<sup>1</sup>

#### 4.1.3 **NORMATIVIDAD**

Normas aplicables, los seccionadores deberán ser diseñados, fabricados y probados de acuerdo a los requerimientos establecidos en las siguientes Normas:

##### **Seccionadores**

- IEC 62271-102: High voltage alternating current disconnectors and earthing switches.
- IEC-60694 (1996-05): Estipulaciones comunes para las normas de aparata de alta tensión.

##### **Aisladores**

- IEC-60273: Characteristic of indoor and outdoor post insulators for systems with nominal voltages greater than 1000 V

##### **Galvanizado**

- ASTM A123: “Especificación para galvanizado en caliente de productos de fierro y acero”.
- ASTM A153: “Especificación para galvanizado en caliente de herrajes de fierro y acero”

---

1

HARPER, ENRIQUEZ 2002 ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS MEXICO LIMUSA NORIEGA EDITORES 597p

- ISO 1461 (1999): “Galvanizado en baño caliente de productos de fierro y acero – Especificaciones y métodos de prueba”.

#### 4.1.4 VARIABLES ELÉCTRICAS

Las variables generales que se le deben especificar a un seccionador y a la cuchilla de puesta a tierra, conservan la misma simbología de la IEC 62271-1.

- Voltaje asignado ( $U_r$ ) Máximo voltaje del sistema para el cual el equipo está diseñado.  $U_r=U_m$ .

- Nivel de aislamiento asignado

Conjunto de tensiones soportadas que caracterizan la rigidez del dieléctrico.

- Frecuencia asignado ( $f_r$ )

Frecuencia del sistema para la cual el equipo está diseñado.

- Corriente asignada en servicio continuo ( $I_r$ )

Valor rms de la corriente que el seccionador debe soportar continuamente. El seccionador no tiene estandarizado un valor de sobrecarga.

No se debe especificar para la cuchilla de puesta a tierra.

- Corriente de corta duración admisible asignada ( $I_k$ ) y

Valor pico de la corriente admisible asignada ( $I_p$ )

- Duración asignada de corto circuito( $t_k$ )

Intervalo de tiempo durante el cual un equipo debe soportar en posición cerrada una corriente igual a la corriente de corta duración. Su valor nominal es 1s.

Los valores de  $I_k$ ,  $I_p$  y  $t_k$  se deben especificar iguales para los seccionadores y las cuchillas de puesta a tierra. Los seccionadores no deben sufrir daños

mecánicos, separación de contactos o calentamientos en el aislador después de que por él circule  $I_p$  e  $I_k$  a un tiempo  $t_k$ . Después de esto debe soportar la  $I_r$

- Voltaje de alimentación asignado ( $U_a$ )

Voltaje a.c o d.c que alimenta los equipos de servicio auxiliares.

La tolerancia de voltaje permitido por estos equipos se encuentra entre 85% - 110 %  $U_a$

- Voltaje de alimentación de los mecanismos de operación

Los voltajes de alimentación de los mecanismos de operación dependerán del tipo de función que ejecuten los seccionadores:

- Función de conexión de circuitos en la subestación: la alimentación de los motores generalmente se hace en corriente directa para alta confiabilidad.
- Función de aislamiento: la alimentación de los motores generalmente se hace en corriente alterna.

Se prefiere mando motorizado para seccionadores y cuchillas de puesta a tierra para seguridad del personal. <sup>2</sup>

## **4.2 SUBESTACIONES**

Las subestaciones son las componentes de los sistemas de potencia en donde se modifican los parámetros de tensión y corriente, sirven además de punto de interconexión para facilitar la transmisión y distribución de la energía eléctrica y pueden clasificarse de acuerdo a su función y construcción.

### **4.2.1 CLASIFICACIÓN POR SU FUNCIÓN**

- Elevadoras

---

<sup>2</sup> SENNER, ADOLF 1994. PRINCIPIOS DE ELECTROTECNIA ESPAÑA EDITORIAL REVERTE S.A 443 p



En este tipo de Subestaciones se modifican los parámetros principales en la generación de la energía eléctrica por medio de los transformadores de potencia, elevando el voltaje y reduciendo la corriente para que la potencia pueda ser transportada a grandes distancias con el mínimo de pérdidas. Son las subestaciones que generalmente se encuentran en las Centrales Eléctricas.

- Reductoras

En este tipo de Subestaciones se modifican los parámetros de la transmisión de la energía eléctrica por medio de transformadores de potencia, reduciendo el voltaje y aumentando la corriente para que la potencia pueda ser distribuida a distancias medias a través de líneas de transmisión, subtransmisión y circuitos de distribución, los cuales operan a bajos voltajes para su comercialización.

- De Maniobra

En este tipo de Subestaciones no se modifican los parámetros en la transmisión de la energía eléctrica, únicamente son nodos de entrada y salida sin elementos de transformación y son utilizadas como interconexión de líneas, derivaciones, conexión y desconexión de compensación reactiva y capacitiva, entre otras.

#### **4.2.2 CLASIFICACIÓN POR SU CONSTRUCCIÓN**

- Tipo Intemperie

Son las construidas para operar expuestas a las condiciones atmosféricas (lluvia, nieve, viento y contaminación ambiental) y pueden ocupar grandes extensiones de terreno.

- Tipo Interior

Son Subestaciones que se encuentran con protección de obra civil, similares en su forma a las de tipo intemperie, con el fin de protegerlas de los fenómenos

ambientales como son: la contaminación salina, industrial y agrícola, así como de los vientos fuertes y descargas atmosféricas. También existen, las Subestaciones compactas blindadas aisladas con gas Hexafloruro de Azufre (SF6), las cuales proporcionan grandes ventajas, ya que además de poder ser diseñadas para operar a la intemperie, estas pueden estar protegidas del medio ambiente con cierta infraestructura civil, reduciendo los costos de mantenimiento; y se aplican generalmente en:

- Zonas urbanas y con poca disponibilidad de espacio.
- Zonas con alto costo de terreno.
- Zonas de alta contaminación y ambiente corrosivo.
- Zonas con restricciones ecológicas.
- Instalaciones subterráneas.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> SENNER, ADOLF 1994. PRINCIPIOS DE ELECTROTECNIA ESPAÑA EDITORIAL REVERTE S.A 443 p

## 5 METODOLOGÍA

Investigación aplicada, se tendrán en cuenta las bases teóricas que se han venido recolectado a través de la ingeniería eléctrica.

El proyecto se realizó en el siguiente orden:

- Una investigación que proporcionara la información necesaria de las especificaciones técnicas de los seccionadores de media tensión.
- Análisis de la información recopilada referente a los seccionadores.
- Documentar todo el proceso de investigación y selección de la mejor opción del seccionador.

### 5.1 METODO

Se ha utilizado básicamente, el método deductivo, pues se ha partido de proyectos conocidos para hacer un nuevo sistema.

### 5.2 RECURSOS

- **HUMANOS**

Cristian Camilo Botero Gómez	Estudiante Ingeniería Eléctrica
Daniel Alejandro Pérez Molina	Estudiante Ingeniería Eléctrica
Jorge Alcides Piedrahita Hincapié	Estudiante Ingeniería Eléctrica
Juan Carlos Quinto Mosquera	Estudiante Ingeniería Eléctrica

- **TECNICOS**

Los libros y manuales relacionados con temas como: Protecciones en media tensión, seccionadores en media tensión, sf6, subestaciones eléctricas, redes eléctricas.

### 5.3 PRESUPUESTO

<b>Presupuesto Instalación De Equipo De Seccionamiento En Laboratorio De Institución Universitaria Pascual Bravo</b>	
<p>Suministro de celda con seccionador tripolar de operación bajo carga, aislado en SF6, para utilizar con fusibles de media tensión serie 20/24kV, acordes a la norma DIN 43625. Tensión nominal 24 kV. Corriente nominal 630 A. Corriente de cortocircuito 1 sec 20KA. Corriente limite dinámica 50KA. Equipada con:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diagrama mímico.</li> <li>2. Seccionador de puesta a tierra superior (SF6).</li> <li>3. Sistema tripolar de cuchillas puesta a tierra inferior (Aire)</li> <li>4. Indicadores luminosos de presencia de tensión.</li> <li>5. Señalización mecánica fusión fusible</li> <li>6. Resistencia anti condensación con termostato, alimentada a 220 Vac.</li> <li>7. Barrajes para interconexión superior entre celdas.</li> <li>8. Manija para operación manual</li> </ol>	\$11.366.380
Embalaje y Transporte terrestre Bogota-Medellin Bodegas Imewat	\$ 300.000
Transporte Bodegas Imewat Instalaciones de Pascual Bravo	\$100.000
Montaje en sitio (Incluye descargue del equipo, desplazamiento hasta sitio de instalación, ubicación, verificación de nivel y anclaje al piso a través de pernos expansivos adecuados según recomendaciones de fabricante.	\$ 250.000
Suministro de accesorios de anclaje y fijación.	\$100.000
Suministro de herramientas, y maquinas herramientas para fijación del equipo, Equipos de protección personal y seguridad para el personal.	\$ 100.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$12.216.380</b>

**Tabla 1 Presupuesto del Proyecto**

## **6 RESULTADOS DEL PROYECTO**

En nuestro país se ha presentado una globalización frente a los suministros eléctricos y debido a esto nuestro mercado se ha llenado de productos de diferentes países a nivel mundial, los cuales según su origen tienen grandes diferencias frente a equipos de similar funcionalidad pero construido en otra norma, sin embargo a pesar de él origen, en esencia los seccionadores tienen dos tecnologías Americana con equipos enfocados al seccionamiento en Aire y Tecnología Europea con aislamientos en gas, en estos dos aspectos se centran las diferencias y ventajas

### **6.1 TENSIÓN DE OPERACIÓN**

En nuestro país los niveles de tensión más usados para distribución secundaria con subestación interna, son 11,4KV 13,2 13,8 34,5 y 36 KV, estos niveles de tensión pueden ser maniobrados sin inconvenientes por tecnologías AIS o GIS sin mayores inconvenientes, como ventaja podemos resaltar el poco espacio que para el mismo nivel de tensión requiere el gas, haciéndolo muy competitivo a largo plazo con un retorno de la inversión por concepto de área aprovechada.

### **6.2 TECNOLOGÍA DE AISLAMIENTO**

Si bien las tecnologías AIS y GIS no son las únicas tecnologías disponibles en cuanto a aislamientos para equipos de seccionamiento e interrupción, si podemos decir que son las más comunes de encontrar en el mercado.

Desde los inicios de las expansión energética existen seccionamientos con diferentes tipos de aislamientos en Aceite, en Vacío y por supuesto en Aire, la gran innovación que presenta el SF6 frente al aire como competidor directo es su capacidad dieléctrica es de 2,5 a 3 veces mayor que el aire el poco volumen de gas que se requiere para el mismo nivel de aislamiento, comparativamente con el aceite el cual requiere volúmenes mayores.

- **Aire:** No tiene un costo de instalación por lo que lo convierte en una opción bastante viable, solo requiere distancia adecuada entre las partes vivas, sin embargo esta ventaja económica se transforma en desventaja ante la presencia de humedad la capacidad dieléctrica del aire disminuye y por ende se requieren mayores distancias de instalación, convirtiéndose así en instalaciones demasiado grandes para niveles de tensión relativamente bajos.

Su instalación en áreas contaminadas genera sedimentos en sus partes móviles y aislantes que pueden provocar descargas parciales en los aislamientos.

- **Aceite:** Su costo de instalación es mediano, debe tener cierta hermeticidad, para evitar la entrada de humedad al aceite y su detrimento, sin embargo en general presenta buenas condiciones de relación costo beneficio, una de las mayores dificultades se presenta con los tipos de aceites usados, con contenido de PCB's y/o Askareles que tienen un potencial cancerígeno para las personas y adicional a ello requieren de una disposición especial cuando el aceite ha cumplido su vida útil, y sus propiedades dieléctricas ya no son adecuadas, como actividades de mantenimiento se recomienda el Análisis fisicoquímico y cromatografía de aceites, de aplicación anual con el fin de generar tendencias y determinar la vida útil, estas pruebas tienen costos y requieren desconexión del equipo para la toma de la muestra.

- **Gas:** Actualmente representa gran parte del parque de seccionamiento instalado, y representa grandes ventajas frente a las dos tecnologías expresadas previamente, permite su instalación en áreas contaminadas pues la capsula aísla el material articulado de los contactos de seccionamiento, no requiere ningún mantenimiento, se han venido desarrollando tecnologías en las cuales la presión del gas al interior de la capsula sea menor que la del aire, para que el mismo ambiente pueda contener la burbuja de gas y evitar las fugas, el gas puede ser reusado, pues

sus propiedades se mantienen, es inmune a las variaciones de humedad y temperatura por lo que es apto para instalar desde 0msnm hasta los 3000msnm.

### **6.3 ESPACIO DE INSTALACION**

Analizando las condiciones de operación y la funcionalidad de las celdas AIS vs. GIS compararemos el volumen y el área ocupada por cada tecnología en el nivel más común que encontramos en el mercado que es 17,5KV, esta proporción se cumple también para celdas de hasta 36KV.

- Volumen ocupado por una celda AIS (2,2 x 1,2 x 1,2) m para un volumen total de 3,168 metros cúbicos.
- Volumen ocupado por una celda GIS (1,9 x 0,35 x 1,2) m para un volumen total 0,8 metros cúbicos. Una disminución en volumen del 75%
- Área ocupada un seccionador AIS (1,2 x 1,2) m = 1,44 metros cuadrados
- Área ocupada un seccionador GIS (0,35 x 1,2) m = 0,42 metros cuadrados. Disminución de un 70% del volumen total de las celdas

En el mercado actual en la ciudad de Medellín en el sector industrial el valor de alquileres de 1metro cuadrado ronda los 12.000.000COP por lo que esta disminución de cerca de 1 metro cuadrado presenta un retorno de la inversión a mediano plazo, sin tener en cuenta las ventajas tecnológicas de esta tecnología.

### **6.4 MANTENIMIENTO**

AIS: Requieren una instalación en ambientes libres de partículas que puedan generar caminos de fuga. Se requiere la lubricación de las piezas mecánicas expuestas al ambiente. Estimado de vida útil 15 años.

GIS: Son libres de mantenimiento pues sus partes móviles están aisladas del deterioro ambiental, Estimado de vida útil 25 años.

- **COMPARATIVO**

A continuación se presenta un comparativo en aspectos referentes a las celdas AIS y las celdas GIS, en algunos aspectos las celdas en aire presentan ventajas, sin embargo las tecnología GIS presenta grandes ventajas competitivas que si bien presentan unos costos de adquisición más altos, estos se ven compensados por las disminuciones de espacio y las ventajas técnicas que las celdas en Aire no pueden tener.

Aspecto a evaluar	Aire		SF6		Observaciones
	Variable	Vlr.	Variable	Vlr	
Capacidad Dieléctrica Requerida	1 cm por kilovoltio		0,3 cm por kilovoltio	10	El Sf6 permite tener dimensiones más reducidas en la estructura de la celda garantizando el aislamiento eléctrico adecuado al nivel de tensión elegido.
Volumen ocupado por la celda	3,168 m <sup>3</sup>		1,6m <sup>3</sup>	10	
Área cubierta por la celda	1,44m <sup>2</sup>		0,84m <sup>2</sup>	10	Disminución del área de instalación en aproximadamente 1m <sup>2</sup>
Costos iniciales de adquisición.	Menores costos cercanos a los 3000USD	10	Mayores cercanos a los 4000USD + 2000USD para la celda de remonte		Costos iniciales mayores, fácilmente recuperables por concepto área usada de instalación
Manteamientos preventivos de la celda en operación.	Limpieza y lubricación de piezas reajuste		No requiere	10	
Facilidad de expansiones futuras	Se hace necesario que las características de la celda sean iguales, el o posible el mismo fabricante.		Solo con garantizar la misma referencia se pueden expandir sin herramientas sofisticadas y sin perforar la estructura de la celda	10	Las expansiones pueden ser reversibles sin cambiar las características de la celda
Seguridad en operación (incluye el cambio de los fusibles ante fallas)	Con apertura del seccionamiento la distancia entre los bornes principales y la zona de trabajo hacen necesario el uso de EPP y pértigas.		El aislamiento en gas y la compartimentación de la celda evitan cualquier contacto o arco con la alimentación primaria, el operario puede realizar la maniobra sin ningún riesgo.	10	
Disposición Final	Materiales 100% reciclables por personal no calificado.	10	Se requiere personal calificado para la disposición del gas (lo que incrementa los costos, ahora bien todos los materiales pueden ser reutilizados, incluso el gas).		



Seguridad en fallas	No presenta una compartimentación por lo que un fallo afecta toda la celda.		Garantiza la seguridad del personal AFLR acorde a la norma internacional , solo se afecta el compartimiento donde se ha producido la falla	10	
Afectación por cambios de temperatura y/o Humedad	Se requieren calentadores de ambiente, pues los cambios de humedad disminuyen el coeficiente dieléctrico del aire propiciando arcos entre las fases.	10	Ninguna, los cambios de temperatura y humedad no afectan el mecanismo de seccionamiento el cual está confinado en una capsula bajo una atmosfera controlada.		Los cambios de temperatura propician desajustes en los componentes mecánicos, que van en detrimento de la integralidad de la celda
Sobretensiones	El arco eléctrico producido a través del aire permite la aparición de corrientes de chopping que inducen tensiones en el sistema		Cuando el gas se ioniza se convierte en un plasma conductivo lo que permite la disminución de las corrientes de chopping reduciendo las sobretensiones por maniobras	10	
Vida Útil	15 años		25 años	10	
Total		30		90	

**Tabla 2 Comparativo Celdas AIS y GIS**

**CELDA CON SECCIONADOR DE OPERACIÓN BAJO CARGA TRIPOLAR  
AISLADO EN SF6 DE USO INTERIOR PARA CONFIGURACIÓN DE  
ENTRADA, PROTECCIÓN Y TRANSFERENCIA  
REF. SYStem6 de 24 Y 36 KV**



**CARACTERÍSTICAS:**

ITEM	DESCRIPCIÓN		UNIDAD	SERIE 24	SERIE 36	
1	Forma de montaje		-	Uso interior		
2	Tipo de maniobra		-	Manual		
3	Tensión de servicio		kV	11.4 / 13.2 / 13.8	34,5	
4	Tensión máxima de servicio		kV	24	36	
5	Tensiones de prueba	A la frecuencia industrial 1 minuto	A través del seccionamiento	kV	60	80
			Entre fases y tierra	kV	50	70
			Impulso 1.2 / 50µsec entre fases y tierra	kV	125	170
6	Corriente nominal		A	630		
7	Corriente de cortocircuito 1 sec		kA	20		
8	Corriente límite dinámica		kA	50		

\*SOCOL S.A., suministra este equipo con diferentes características a petición del cliente.

*Interruptores de maniobra para uso interior, Seccionadores de uso exterior, Cajas de maniobra sumergibles e interruptores de maniobra para uso interior aislados en SF6, Interruptores de maniobra para montaje en estructura tipo poste aislados en SF6*

Calle 71 No 21 - 26. Tels: (1) 3127420 -21-23. Fax: (1) 3100297. Bogotá D.C. - Colombia  
E-mail: [info@socol.com.co](mailto:info@socol.com.co) - <http://www.socol.com.co>

La información contenida en esta publicación es general. SOCOL S.A., se reserva el derecho de modificarla cuando lo estime conveniente para mejorar el producto. Vigencia a partir de Junio de 2005.

**Grafica 1 Características celda de media tensión**

## 7 CONCLUSIONES

- Eliminar a cero las fallas de un sistema eléctrico nunca será posible, pero lo importante será evitar la ocurrencia de aquellas fallas que pudieron haberse prevenido, en especial las que pudieron causar serias averías o la destrucción de los equipos; por ser estos de elevado costo y además de que su reemplazo o reparación implica la movilización de recursos humanos y materiales, es por esto que se debe realizar un continuo mantenimiento a todos los elementos de la subestación eléctrica en especial al seccionador.
- Si se dispone de lotes de superficies pequeños y de alto costo, lo que generalmente ocurre en las grandes ciudades la tecnología GIS resulta más económica que la tecnología AIS debido a su área de instalación más pequeña y menores costos de mantenimiento, hacen que la inversión inicial mayor retorne en corto tiempo.
- No está comprobado científicamente que el SF6 sea cancerígeno. En cambio sí contribuye al efecto invernadero; por esta razón, se debe de evitar la posibilidad de que entre en contacto con la atmosfera manipulando de manera adecuada siguiendo las recomendaciones del fabricante.
- El manejo de las distancias de seguridad es de gran importancia en los trabajos relacionados con energía eléctrica, en este caso con el diseño, montaje y mantenimiento de subestaciones eléctricas son de gran cuidado y se deben de tener en cuenta para evitar accidentes fatales en las que se vean involucrados diferentes personas en estos sitios de altísimo riesgo. Para estos casos se debe cumplir el artículo 13.4 del RETIE límites de aproximación.
-

## 8 RECOMENDACIONES

- La Institución Universitaria Pascual Bravo deberá facilitar personal especializado para realizar el mantenimiento predictivo preventivo y correctivo del seccionador.
- Antes de acceder a los compartimientos se debe de confirmar que la línea está conectada a tierra. La indicación de presencia de tensión no es condición suficiente para asegurar que la instalación se encuentra desconectada de la tensión eléctrica.
- Se recomienda a la institución que al final de la vida útil del producto, el contenido de SF6 debe ser recuperado para su tratamiento y reciclaje, evitando su liberación a la atmósfera; Para el uso y la manipulación del SF6 deberán seguirse las indicaciones contempladas en IEC 62271-303.
- El tiempo para despejar la falla de la protección principal, desde el inicio de la falla hasta la extinción del arco en el interruptor de potencia no debe de ser mayor de 150 milisegundos esto aplica para los sistemas de distribución, transporte y consumo de energía eléctrica. Se recomienda efectuar coordinación de protecciones acorde al punto de conexión y cargas instaladas.

## BIBLIOGRAFÍA.

DESCRIPCIÓN Y FUNCIÓN DEL EQUIPO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA. En Internet: Consultado 29 de octubre de 2015.  
<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/29582/1/MarPerezyVidalLopez.pdf>

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: SECCIONADORES DE MEDIA TENSIÓN. EN INTERNET CONSULTADO 27 DE OCTUBRE DE 2015.  
[https://www.ampla.com/media/339236/e-se-006\\_2008%20r-07.pdf](https://www.ampla.com/media/339236/e-se-006_2008%20r-07.pdf)

HARPER, ENRIQUEZ 2002 ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS MEXICO LIMUSA NORIEGA EDITORES 597p

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN, Documentación. Presentación De Tesis, Trabajos De Grado Y Otros Trabajos De Investigación. NTC 1486 Quinta Actualización. Bogotá, ICONTEC, 2008.

REGLAMENTO TECNICO DE INSTALACIONES ELECTRICAS RETIE 2013 MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA COLOMBIA 211p

SENNER, ADOLF 1994. PRINCIPIOS DE ELECTROTECNIA ESPAÑA EDITORIAL REVERTE S.A 443 p

## ANEXOS



**CORPORACIÓN CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y  
DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL SECTOR ELÉCTRICO**

### CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO

*PRODUCT CONFORMITY CERTIFICATE*

Modelo de Certificación No. 04695  
*Certification Modality*

Marca de Conformidad  
Esquema 5

**La Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico  
del Sector Eléctrico – CIDET certifica que el producto:**  
*CIDET certifies that the product:*

DENOMINACIÓN	TIPO	REFERENCIA
CELDA DE MEDIA TENSIÓN, MARCA SAREL	SYSTEM6 DE 17.5, 24 Y 36 kV	CELDA CON INTERRUPTOR EN VACÍO, CELDA CON TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y CELDA CON SECCIONADORES AISLADOS EN SF6

Las características e identificación de este producto se describen en el documento anexo, que hace parte integral del presente CERTIFICADO y contiene dos páginas.  
*The characteristics and identification of this product are described in the attached document, which is an integral part of this CERTIFICATE*

**Fabricadas por:**  
*Manufactured by:*

SAREL S.R.L., planta de LOMBARDÍA, ITALIA ensambladas y comercializadas por SOCOL S.A.  
Calle 71 21-26 Bogotá D.C., Colombia

Satisface los requerimientos de  
*Satisfies the requirements of*

NTC 2131/1999 (IEC 62271-103/2013), NTC 3309/1996 (IEC 62271-200/2011), IEC 62271-1/2011  
Y LA RESOLUCIÓN 90708 DE 2013 DEL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA – RETIE

Fecha de Certificación: 13 / 09 / 2012  
Última Actualización: 09 / 02 / 2015  
Fecha de Vencimiento: 02 / 10 / 2017

Fecha máxima para las próximas auditorías de seguimiento: 02 / 09 / 2015 y 02 / 09 / 2016



**Sandra Lucía Leizaola Ríos**  
Representante Legal Suplente  
Deputy Legal Representative

CIDET realiza la verificación y el seguimiento a las características del producto que dieron origen a esta certificación.  
Las novedades y vigencia de este certificado, pueden ser consultadas en la página [www.cidet.org.co](http://www.cidet.org.co)

*CIDET issues the verification and follow up the characteristics of the product that gave rise to this certificate.  
On page [www.cidet.org.co](http://www.cidet.org.co), you can find news and validity of this certificate.*



Medellín: Carrera 40 No. 56-11 (Av. Oriental), Piso 13 Tel: (+574) 444 12 11 Fax: (+574) 444 0480



AUTORIDAD NACIONAL  
1799-2012-08-00-0004

Anexo 1 Certificado de conformidad de Producto

**CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO No. 04695**
**FECHA DE CERTIFICACIÓN: 13 / 09 / 2012**
**ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN: 09 / 02 / 2015**
**FECHA DE VENCIMIENTO: 02 / 10 / 2017**

**ANEXO DE CARACTERÍSTICAS E IDENTIFICACIÓN DE  
 CELDAS DE MEDIA TENSIÓN, MARCA SAREL  
 FABRICADAS POR SAREL S.R.L., PLANTA DE LOMBARDÍA, ITALIA,  
 ENSAMBLADAS Y COMERCIALIZADAS POR SOCOL S.A.  
 CALLE 71 21-26, BOGOTÁ D.C., COLOMBIA**

Tipo	SYSTEM6 de 17.5, 24 y 36 kV		
Referencia	Celdas con interruptor en vacío, celdas con transformadores de medida y celdas con seccionadores aislados en SF6		
Configuraciones	I-Celda de Entrada, TM - Celda protección con Fusible, ITI – ITD Celda protección con interruptor en vacío; AS –AT Celda de ingreso de cables, celdas de medida MV, MA		
Tensión asignada Ur [kV]	17.5	24	36
Frecuencia asignada fr [Hz]	50/60	50/60	50/60
<b>Corriente asignada</b>			
En barras e interconexión de celdas Ir [A]	1000	1000	1000
Acometida Ir [A]	400/630	400/630	400/630
En bajante de transformador Ir [A]	200	200	200
<b>Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial (1 min)</b>			
Fase-tierra y entre fases Ud [kV]	38	50	70
Distancia de seccionamiento Ud [kV]	45	60	80
<b>Tensión soportada asignada a impulso de tipo rayo</b>			
Fase-tierra y entre fases Up [kV]	95	125	170
Distancia de seccionamiento Up [kV]	110	145	195
Clasificación arco interno Iac AFL	16 kA 1 s / 20** kA 1 s		
Grado de protección IP	IP2X –IP3X		
Referencial	NTC 2131/1999 (IEC 62271-103/2013), NTC 3309/1996 (IEC 62271-200/2011), IEC 62271-1/2011 Y LA RESOLUCIÓN 90708 DE 2013 DEL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA – RETIE		

**Anexo 2 Certificado de conformidad de Producto**



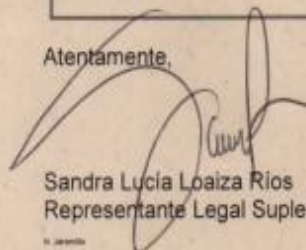
CONTINUACIÓN ANEXO DE CARACTERÍSTICAS E IDENTIFICACIÓN DE  
CELDAS DE MEDIA TENSIÓN, MARCA SAREL

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO No. 04695

FECHA DE CERTIFICACIÓN: 13 / 09 / 2012  
ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN: 09 / 02 / 2015  
FECHA DE VENCIMIENTO: 02 / 10 / 2017

Tipo	SYSTEM6 de 17.5, 24 y 36 kV		
Referencia	Celdas con interruptor en vacío, celdas con transformadores de medida y celdas con seccionadores aislados en SF6		
Interruptor-Seccionador s/ IEC 60265-1 + IEC 62271-102			
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito principal)			
Valor tk = 1 s o 3 s Ik [kA]	16/20	16	16
Valor de cresta Ip [kA]	40/50	40/50	40/50
Poder de corte asignado de corriente principalmente activa It [A]	400/630		
Categoría del interruptor			
Endurancia mecánica	1000-M1 (manual) / 5000-M2 (motor)		
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase	5-E3		
Seccionador de Puesta a Tierras/ IEC 62271-102			
Corriente admisible asignada de corta duración (circuito de tierras)			
Valor tk = 1 s o 3 s Ik [kA]	16/2	1/3	
Valor de cresta Ip [kA]	40/52	2, 5/7, 5	
Categoría del Seccionador de Puesta a Tierra			
Endurancia mecánica (manual)	1000-M0		
Ciclos de maniobras (cierres cc)- clase	5-E2		
Referencial	NTC 2131/1999 (IEC 62271-103/2013), NTC 3309/1996 (IEC 62271-200/2011), IEC 62271-1/2011 Y LA RESOLUCIÓN 90708 DE 2013 DEL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA – RETIE		

Atentamente,



Sandra Lucía Loaiza Ríos  
Representante Legal Suplente