

**INSTALACIÓN DE SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA MEDICIÓN EN LA
SUBESTACIÓN DEL INSTITUTO UNIVERSITARIO PASCUAL BRAVO**

**JOSE FERNANDO CARVAJAL GÓMEZ
DIEGO FERNANDO ROJAS CANO
ANDRÉS FELIPE ÁLVAREZ SILVA**

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

**INSTALACIÓN DE SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA MEDICIÓN EN LA
SUBESTACIÓN DEL INSTITUTO UNIVERSITARIO PASCUAL BRAVO**

**JOSE FERNANDO CARVAJAL GÓMEZ
DIEGO FERNANDO ROJAS CANO
ANDRÉS FELIPE ÁLVAREZ SILVA**

**Trabajo de grado para optar por el título
Tecnólogo Electricista**

**ASESOR
JORTIN DE JESÚS VARGAS ORTEGA
Título: Especialista. Ingeniería Eléctrica.**

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

AGRADECIMIENTOS

Primero y antes que nada, queremos dar gracias a Dios y a nuestras familias que sacrificaron parte de su tiempo para apoyarnos en este proceso de formación académica.

Agradecemos a la Institución Universitaria Pascual Bravo por brindarnos la formación necesaria para el logro de nuestras metas profesionalmente.

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
2. JUSTIFICACIÓN	12
3. OBJETIVOS	13
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4. MARCO TEÓRICO.....	15
4.1. BASES TEÓRICAS	15
4.2. HISTORIA.....	16
4.2.1. METEOROLOGÍA	17
4.2.2. INDUSTRIA DE PETRÓLEO Y GAS.....	18
4.2.3. LA CIENCIA ESPACIAL	18
4.2.4. AUTOMOVILISMO DEPORTIVO	18
4.2.5. AGRICULTURA.....	19
4.2.6. GESTIÓN DEL AGUA.....	20
4.2.7. EXPLORACIÓN DE DEFENSA, EL ESPACIO Y LOS RECURSOS.....	20
4.2.8. COHETERÍA.....	21
4.2.9. LAS PRUEBAS DE VUELO	21
4.2.10. INTELIGENCIA MILITAR	22
4.2.11. MONITORIZACIÓN DE LA ENERGÍA.....	22
4.2.12. DISTRIBUCIÓN DE RECURSOS	23
4.2.13. MEDICINA.....	23
4.2.14. LA PESCA Y LA VIDA SILVESTRE DE INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN	
24	
4.3. VENTA AL POR MENOR	25
4.4. APLICACIÓN DE LA LEY	25

4.5.	LOS PROVEEDORES DE ENERGÍA	26
4.6.	CETRERÍA	26
4.7.	PRUEBAS	27
4.8.	COMUNICACIONES.....	27
4.9.	LAS NORMAS INTERNACIONALES	27
4.10.	LANDIS ZMD 405.....	30
4.11.	Datos técnicos:	37
4.11.1	Tensión nominal.....	37
4.11.2	Valores de intensidad para conexión directa ZMD310CTS.....	38
4.11.3	Valores de intensidad para secundarios de transformadores, intensidad nominal = 5 A.....	39
4.11.4	Valores de Arranque	41
4.11.5	Frecuencia	42
4.11.6	Consumo	42
5.	METODOLOGÍA.....	44
5.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN:	44
5.2.	ETAPAS DEL PROYECTO	45
6.	RESULTADOS	46
7.	CONCLUSIONES.....	47
8.	RECOMENDACIONES	51
	BIBLIOGRAFÍA	52
	CIBERGRAFÍA	54
	ANEXOS	55

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de medición y control de parámetros eléctricos, se han convertido en un factor de suma importancia en países en desarrollo, como el nuestro. La necesidad de mejorar estos sistemas hace indispensable que se realicen constantes estudios de métodos de medición y control que sean total o parcialmente autónomos para que puedan ser operados a distancia. En el campo de las mediciones (metrología), se desarrollan sistemas de medición y control para el campo eléctrico ya que se vio la necesidad de proteger la vida de las personas y la durabilidad y eficiencia de los equipos. Esto permite mejorar varios aspectos a la hora de prestar un servicio de tipo eléctrico, como por ejemplo, si se presenta una falla el tiempo de reacción para intervenir sería muy pequeño pues inmediatamente la persona que controla el sistema desde la distancia se daría cuenta en un instante.

Cuando se habla de realizar sistemas de medición y control de parámetros eléctricos a distancia, es necesario utilizar algún sistema de telecontrol o de telemetría, los cuales son diversos en la actualidad. La telemetría es una forma de realizar medidas de parámetros físicos a distancia, gracias a las técnicas de transmisión de datos y los enlaces por línea física o radioeléctrica.

Lo que se pretende con este trabajo, es instalar un sistema de telemetría en la subestación de la Institución Universitaria Pascual Bravo, con el fin de controlar minuciosamente cada parámetros físico y eléctrico que se pueda tener en la misma y así contar con información al instante de cambios leves o considerables que se puedan dar; como por ejemplo: caída de voltaje, disminución en el paso de la corriente, entre otros factores.

Para el desarrollo de este proyecto, en primer lugar, se hará un estudio de la subestación tanto exterior como interiormente, con el fin de precisar de una manera correcta como se ejecutará la instalación del sistema de telemetría y para saber con exactitud que parámetros serán medidos. En segunda instancia, se investigará cada uno de los aspectos observados en el punto anterior ya que esto nos permite conocer el tipo de sistema telemétrico más apropiado; ya sea SCADA o sistemas de telecontrol variables, entre otros. Luego de tener el sistema indicado para hacer el trabajo de medición, se procede a realizar una lista detallada de los elementos que se necesitan para la instalación del sistema telemétrico. Por último, se procede a realizar la instalación teniendo en cuenta el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) Resolución 90708 de agosto 30 de 2013.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La institución Universitaria Pascual Bravo ubicada en la Calle 73 No.73 A 226 Barrio Robledo, Medellín – Antioquia, en la actualidad no cuenta con un sistema de medición a distancia en ninguno de sus laboratorios y mucho menos en la subestación eléctrica.

Como la subestación no cuenta con un método de telecontrol, los procesos a controlar se vienen realizando manualmente, lo cual en ciertos casos podría ser peligroso e inadecuado para la persona que esté realizando esta inspección. Esto nos llevó a evaluar la posibilidad de utilizar la telemetría como medida de control; primero que todo por seguridad para la persona que controla el área y segundo por eficiencia para la subestación a intervenir.

Los riesgos en este tipo de procesos son altos y además, se debe tener en cuenta el tiempo que se desperdicia realizando los controles de manera manual. Por otro lado, el tema de medición y control en la parte eléctrica es extenso y dispendioso, por lo cual se deben tener en cuenta muchos aspectos y parámetros los cuales son dados de manera más precisa a través del medidor electrónico que se quiere instalar; las medidas con otro tipo de método no tendrían la misma exactitud y precisión que tienen los sistemas de telemetría.

2. JUSTIFICACIÓN

Con el avance acelerado que se presenta día a día con las nuevas tecnologías, las personas que laboran en este sector en los últimos años, se han visto envueltos en tener un acceso rápido a las nuevas formas de aplicaciones y a los diferentes parámetros que son utilizados para evaluar y medir diversos sistemas eléctricos que existen en la industria, tales como: voltaje, resistencia, corriente, impedancia, niveles de estabilidad electromagnética, visualización de ondas radioeléctricas, entre otros, todo esto se lleva a cabo con ayuda de la telemetría.

A demás, la telemetría resulta ser muy útil en casos de emergencia, puesto que ayuda a reportar de manera más ágil y oportuna algún tipo falla eléctrica, como caídas de tensión, disminución de potencia, fallas en la corriente de paso, entre otras. Todas estas ventajas que ofrece la telemetría son la principal causa del por qué se requiere implementar en la subestación de la Institución Universitaria Pascual Bravoubicada en la Calle 73 No.73 A 226 Barrio Robledo, Medellín - Antioquia, un sistema que garantice eficiencia, seguridad y comodidad para las personas involucradas en la inspección y mantenimiento de la subestación.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Instalar un sistema de telemetría en la subestación de la Institución Universitaria Pascual Bravo, con el fin de regular y controlar de manera adecuada y precisa las fallas eléctricas que se puedan presentar en ella.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio de la subestación a intervenir.
- Vigilar constantemente el comportamiento eléctrico de la subestación.
- Regular de manera precisa y oportuna los parámetros eléctricos más relevantes de la subestación.
- Evitar el contacto directo del personal de mantenimiento y prevención, con la subestación con el fin de prevenir accidentes dentro de ella.
- Lograr una respuesta más rápida y eficaz en caso que se presente una falla en la subestación.

- Instalar de manera adecuada un medidor electrónico LANDIS ZMD405, para la implementación de un servicio de telecontrol.
- Ubicar un modem de funcionamiento vía línea telefónica, el cual va a permitir una mejor recepción de la señal a distancia entre la facultad eléctrica y la subestación.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. BASES TEÓRICAS

MEDIDOR DE ENERGÍA: Es el elemento usado para el registro de consumos de energía eléctrica. De acuerdo a su aplicación se elige el equipo y la clase de precisión.

MÓDEM: En el caso de telemetría es el aparato que permite establecer la comunicación y transferencia de datos desde el medidor de energía hacia la central de lectura; por medio de una línea telefónica para este caso.

BORNERA DE CONEXIÓN O PRUEBA: Este elemento nos permite realizar la conexión entre los transformadores de corriente y potencial con el medidor de energía, facilitando el desmonte del medidor bien sea para su reemplazo o revisión de rutina sin realizar suspensiones eléctricas.

PROTOCOLO DE CALIBRACIÓN: Es el documento que avala el ingreso del medidor de energía a un laboratorio certificado el cual realiza pruebas de precisión y da el dictamen si cumple o no con la reglamentación actual.

SUBESTACIÓN: Cuarto donde se encuentran diferentes elementos eléctricos como, transformador, MI, protecciones, seccionadores y demás componentes necesarios para la distribución eléctrica en la institución.

TELEMETRÍA: La telemetría es el proceso altamente automatizado de comunicaciones mediante el cual se efectúa la medición y otros datos recogidos en los puntos remotos o inaccesibles y se transmiten al equipo receptor para el

monitoreo. La palabra se deriva de las raíces griegas: tele = remotos y metrón = medida. Los sistemas que necesitan instrucciones y datos externos para operar requieren la contrapartida de telemetría, telemando.

Aunque el término se refiere normalmente a la tecnología inalámbrica de mecanismos de transferencia de datos, sino que también abarca los datos transferidos a través de otros medios como el teléfono o la red de ordenadores, enlace de fibra óptica y otras comunicaciones por cable como los transportistas de línea de fase. Muchos sistemas de telemetría modernos aprovechan el bajo costo y la ubicuidad de las redes GSM mediante SMS para recibir y transmitir datos de telemetría.

4.2. HISTORIA

Información sobre el alambre de telemedida tiene sus orígenes en el siglo 19. Uno de los primeros circuitos de transmisión de datos fue desarrollada en 1845 entre la Federación de Rusia Palacio de Invierno del Zar y cuartel general del ejército. En 1874, los ingenieros franceses construyeron un sistema de sensores de tiempo y nieve profunda sobre el MontBlanc que transmiten información en tiempo real a París. En 1901 el inventor estadounidense C. Michalke patentó el selsyn, un circuito para el envío de información de rotación sincronizada a distancia. En 1906, un conjunto de estaciones sísmicas fueron construidas con telemedida para el Observatorio Pulkovo de Rusia. En 1912, Commonwealth Edison desarrolló un sistema de telemetría para monitorear las cargas eléctricas en la red eléctrica. El Canal de Panamá utiliza extensos sistemas de telemetría para monitorizar las cerraduras y los niveles de agua.

Telemetría inalámbrica hecha primeras apariciones en la radiosonda, desarrollado conjuntamente en 1930 por Robert Bureau en Francia y Pavel Molchanov de Rusia. Sistema de la temperatura modulada de Mochanov y mediciones de la presión mediante la conversión a código Morse inalámbrica. El alemán cohete V-2 utiliza un sistema de señales de radio multiplexados primitivos llamados "Messina" reportar cuatro parámetros de cohetes, pero era tan poco fiable que Wernher von Braun dijo una vez que era más útil para ver el cohete a través de binoculares. En los EE.UU. y la URSS, el sistema de Messina fue reemplazado rápidamente con mejores sistemas.

Misiles soviéticos tempranos y sistemas de telemetría espacial que se desarrolló a finales de 1940 o bien utilizan modulación por posición o modulación de impulsos de duración. En el primer trabajo EE.UU. empleado sistemas similares, pero más tarde fueron sustituidos por la modulación por impulsos codificados. Sondas interplanetarias tarde soviéticos utilizaron sistemas redundantes de radio, transmisión de telemetría por PCM en una banda decímetro y PPM en una banda de centímetro.

4.2.1. METEOROLOGÍA

Telemetría ha sido utilizado por los globos meteorológicos para la transmisión de datos meteorológicos desde 1920.

4.2.2. INDUSTRIA DE PETRÓLEO Y GAS

Telemetría se utiliza para transmitir la mecánica de perforación y formación de la información de evaluación de boca de pozo, en tiempo real, como se perfora un pozo. Estos servicios se conocen como medición durante la perforación y registro durante la perforación. La tecnología de pulso de Schlumberger es un ejemplo de esto. Herramientas como SlimPulse, PowerPulse, telescopio, etc utilizan esta metodología para enviar la información adquirida a miles de metros bajo tierra, durante la perforación, boca de pozo de los sensores de superficie y el software de demodulación. La onda de presión se traduce en información útil después de filtros DSP y el ruido. Esta información se utiliza para la evaluación de la formación, DrillingOptimization y Geonavegación.

4.2.3. LA CIENCIA ESPACIAL

Telemetría se utiliza por la nave espacial tripulado o no tripulado para la transmisión de datos. Las distancias de más de 10 mil millones de kilómetros han sido cubiertas, por ejemplo, por el Voyager 1.

4.2.4. AUTOMOVILISMO DEPORTIVO

La telemetría es un factor clave en la actual competición automovilística, permitiendo a los ingenieros de carrera para interpretar los datos recogidos durante una prueba o carrera y lo utilizan para sintonizar correctamente el coche para un rendimiento óptimo. Los sistemas utilizados en series como la

Fórmula Uno han convertido en avanzado hasta el punto en el tiempo de vuelta potencial del coche se puede calcular, y esta vez es lo que se espera que el controlador de cumplir. Ejemplos de medidas en un coche de carreras incluyen aceleraciones en los 3 ejes, lecturas de temperatura, velocidad de la rueda y el desplazamiento suspensión. En la Fórmula Uno, también se registra la intervención del conductor para que el equipo pueda evaluar el desempeño del conductor y de la FIA puede determinar o descartar un error del piloto como una posible causa.

Los últimos desarrollos incluyen telemetría bidireccional que permite a los ingenieros para actualizar calibraciones en el coche en tiempo real. En la Fórmula Uno, la telemetría bidireccional surgió en la década de 1990 y consistió en una pantalla de mensajes del panel de control que el equipo podría actualizar. Su desarrollo continuó hasta mayo de 2001, cuando se permitió por primera vez en los coches. En 2002, los equipos fueron capaces de cambiar la cartografía del motor y desactivar los sensores del motor del pozo mientras el coche estaba en la pista. Para la temporada 2003, la FIA prohibió la telemetría bidireccional de la Fórmula Uno, sin embargo, la tecnología se puede utilizar en otros tipos de carreras o en los coches de carretera.

La telemetría se ha aplicado también en las regatas de Oracle Racing EE.UU.
76.

4.2.5. AGRICULTURA

La mayoría de las actividades relacionadas con cultivos sanos y buenos rendimientos dependen de la disponibilidad oportuna de tiempo y datos de

suelo. Por lo tanto, las estaciones meteorológicas inalámbricas juegan un papel importante en la prevención de enfermedades y riego de precisión. Estas estaciones transmiten los parámetros necesarios para la toma de decisiones para una estación base: temperatura del aire y la humedad relativa, la precipitación y la humedad de las hojas, la radiación solar y velocidad del viento, déficit sensores hoja de estrés hídrico y la humedad del suelo.

Debido a micro-clima local pueden variar significativamente, estos datos tienen que venir de dentro del cultivo. Las estaciones de monitoreo por lo general transmiten datos de nuevo por radio terrestre, aunque en ocasiones se utilizan sistemas de satélite. La energía solar se emplea a menudo para hacer que la estación independiente de la red eléctrica.

4.2.6. GESTIÓN DEL AGUA

La telemetría es importante en la gestión del agua, incluyendo la calidad del agua y las funciones de aforo de caudales. Las principales aplicaciones incluyen AMR, monitoreo de aguas subterráneas, la detección de fugas en las tuberías de distribución y equipos de vigilancia. Tener los datos disponibles en tiempo casi real permite reacciones rápidas a los acontecimientos en el campo.

4.2.7. EXPLORACIÓN DE DEFENSA, EL ESPACIO Y LOS RECURSOS

La telemetría se utiliza en sistemas complejos tales como misiles, aeronaves teledirigidas, naves espaciales, plataformas petrolíferas y plantas químicas, ya

que permite el control automático, alertas y registros necesarios para la operación eficiente y segura. Las agencias espaciales como la NASA, la Agencia Espacial Europea y otros organismos utilizan sistemas de teledando de telemetría y/o para recoger datos de la nave espacial y los satélites.

La telemetría es vital en el desarrollo de misiles, satélites y aviones ya que el sistema sea destruido durante o después de la prueba. Los ingenieros necesitan parámetros críticos del sistema para analizar el rendimiento del sistema. En la ausencia de telemetría, estos datos a menudo no estar disponible.

4.2.8. COHETERÍA

En cohetes, equipo de telemetría forma parte integrante de los activos de cohetes alcances utilizados para controlar la posición y la salud de un vehículo de lanzamiento para determinar criterios de terminación de seguridad de vuelo gama. Los problemas incluyen el medio ambiente extremo, el suministro de energía, la alineación de la antena y el tiempo de viaje de la señal.

4.2.9. LAS PRUEBAS DE VUELO

Programas de pruebas de vuelo normalmente monitorean los datos obtenidos de los instrumentos de a bordo de pruebas de vuelo sobre un enlace PCM/RF. Estos datos se analizan en tiempo real por razones de seguridad y para proporcionar información al piloto de pruebas. Desafíos para la tele medida estos datos incluyen la decoloración, la propagación multi trayecto y efecto Doppler. El ancho de banda del enlace de telemetría es a menudo insuficiente

para transferir todos los datos adquiridos, por lo tanto, un conjunto limitado se envía a la tierra para procesamiento en tiempo real, mientras que un registrador de a bordo asegura el conjunto de datos completo está disponible para el análisis posterior al vuelo.

4.2.10. INTELIGENCIA MILITAR

Telemetría era una importante fuente de inteligencia de los EE.UU. y el Reino Unido cuando se pusieron a prueba los misiles soviéticos, a tal fin, los EE.UU. operaban un puesto de espionaje en Irán. Con el tiempo, los rusos descubrieron la red de inteligencia EE.UU. y cifrado sus señales de telemetría de misiles de prueba. Telemetría fue también una fuente para los soviéticos, que opera los buques de escucha en la bahía de Cárdirgan para espiar UK pruebas de misiles realizadas en la zona.

4.2.11. MONITORIZACIÓN DE LA ENERGÍA

En las fábricas, edificios y viviendas, el consumo de energía de los sistemas como HVAC son monitoreados en múltiples lugares, los parámetros relacionados son enviados por telemetría inalámbrica en una ubicación central. La información se recoge y se procesa, lo que permite el uso más eficiente de la energía. Tales sistemas también facilitan el mantenimiento predictivo.

4.2.12. DISTRIBUCIÓN DE RECURSOS

Muchos de los recursos deben ser distribuidos en amplias áreas. La telemetría es útil en estos casos, ya que permite el sistema para canalizar los recursos donde más se necesitan; ejemplos de ello son las granjas de tanques en refinerías de gasolina y plantas químicas.

4.2.13. MEDICINA

Telemetría también se utiliza para los pacientes que están en riesgo de la actividad anormal del corazón, generalmente en una unidad de cuidados coronarios. Estos pacientes están equipados con la medición, registro y transmisión de los dispositivos. Un registro de datos puede ser útil en el diagnóstico de la condición del paciente por los médicos. Una función de alerta puede alertar a las enfermeras si el paciente está sufriendo de una enfermedad aguda.

Los sistemas están disponibles en la enfermería médico-quirúrgica para el seguimiento para descartar una enfermedad del corazón, o para monitorizar la respuesta a los fármacos anti arrítmicos como la digoxina.

4.2.14. LA PESCA Y LA VIDA SILVESTRE DE INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN

La telemetría se utiliza para estudiar la vida silvestre, y ha sido de gran utilidad para el seguimiento de las especies amenazadas a nivel individual. Los animales objeto de estudio pueden ser equipados con etiquetas de instrumentación, que incluyen sensores que miden la temperatura, profundidad de inmersión, y la duración, la velocidad y la ubicación. Etiquetas de telemetría pueden dar a los investigadores información sobre el comportamiento animal, funciones y su entorno. Esta información se almacena o se las etiquetas puede enviar su información a un dispositivo receptor de satélite o de mano.

La telemetría se utiliza en las evaluaciones de hidro-acústicos para peces. Técnicas fijo localización utilizan transductores fijos para vigilar peces que pasan. Mientras que los primeros intentos serios para cuantificar la biomasa de peces se realizaron en la década de 1960, los principales avances en equipos y técnicas se realizaron en las represas hidroeléctricas en la década de 1980. Algunas evaluaciones monitoreadas paso de los peces 24 horas al día durante más de un año, la producción de las estimaciones de las tasas de pesca de arrastre, los tamaños de pescado, y la distribución espacial y temporal.

Durante la década de 1970 la técnica de doble viga fue inventado, lo que permite la estimación directa del tamaño de los peces in situ a través de su fuerza de blanco. La primera división de haz, el sistema de hidro-acústica portátil fue desarrollada por HTI en 1991, sino que proporciona estimaciones más precisas y menos variables de resistencia a los peces que el método de doble haz. También permite el seguimiento de los peces en 3D, dando a cada fishs ruta natación y la dirección absoluta de movimiento. Esta característica resultó importante en las evaluaciones de pescado atrapado en las desviaciones de agua y para los estudios de peces migratorios en los ríos.

Durante los últimos 35 años, decenas de miles de evaluaciones móviles y de localización fija hidro acústica se han realizado en todo el mundo.

4.3. VENTA AL POR MENOR

En un taller, un seminario tomó nota de la introducción de equipos de telemetría que permitirá a las máquinas expendedoras comunicar los datos de ventas e inventario de un camión o ruta. Estos datos podrían ser utilizados para una variedad de propósitos, tales como la eliminación de la necesidad de los conductores para hacer un primer viaje a ver qué elementos necesarios deben reponerse antes de entregar el inventario.

Los minoristas también utilizan etiquetas RFID para el seguimiento del inventario y evitar el robo. La mayoría de estas etiquetas responden pasivamente a los lectores RFID, pero los tags RFID activos están disponibles que transmiten periódicamente información de localización a una estación base.

4.4. APLICACIÓN DE LA LEY

Hardware telemetría es útil para el seguimiento de personas y bienes en la aplicación de la ley. Un collar de tobillo usado por los convictos en libertad

condicional puede avisar a las autoridades si una persona viola los términos de su libertad condicional, como por apartarse de los límites autorizados o visitar un lugar no autorizado. Telemetría también ha permitido a los coches de cebo, en aplicación de la ley puede aparejar un coche con cámaras y equipos de seguimiento y dejarlo en algún lugar que esperamos que sea robado. Cuando robado el equipo de telemetría informa de la ubicación del vehículo, lo que permite la aplicación de la ley para desactivar el motor y bloquear las puertas cuando se detuvo por los oficiales que respondieron.

4.5. LOS PROVEEDORES DE ENERGÍA

En algunos países, la telemetría se utiliza para medir la cantidad de energía eléctrica consumida. El contador de electricidad se comunica con un concentrador, y este último envía la información a través de GPRS, GSM o Ethernet al servidor del proveedor de energía. La telemetría también se utiliza para la monitorización remota de subestaciones y sus equipos. Para la transmisión de datos, a veces se utilizan sistemas de soporte de línea de fase que operan en frecuencias entre 30 y 400 kHz.

4.6. CETRERÍA

En cetrería, "telemetría", un pequeño transmisor de radio realizado por un halcón para que el propietario de las aves para realizar un seguimiento cuando está fuera de la vista.

4.7. PRUEBAS

La telemetría se utiliza en la prueba de donde es necesaria una estrecha observación, pero la presencia humana en la proximidad de la prueba sería peligrosa. Los ejemplos incluyen las instalaciones de almacenamiento de municiones, sitios radiactivos y volcanes. Es necesario medir en lugares un ser humano no puede tener acceso.

4.8. COMUNICACIONES

La telemetría se utiliza en muchos sistemas inalámbricos con pilas de informar al personal de vigilancia cuando la batería está alcanzando un punto bajo y el punto final necesita pilas nuevas.

4.9. LAS NORMAS INTERNACIONALES

Al igual que en otros campos de las telecomunicaciones, existen normas internacionales para los equipos de telemetría y software. CCSDS y IRIG son esas normas.

Desde 1896 Landis + Gyr ha sido el diseño y fabricación de alta calidad, el estado de los contadores eléctricos de arte. Con sede en Zug, Suiza, la empresa tuvo acceso a un sistema de distribución en toda Europa con filiales en Berlín, Londres, Viena y mano de obra altamente calificada. En 1924 la

compañía se expandió a nivel mundial con la creación de sus primeras oficinas en el extranjero en Nueva York y Melbourne (Australia).

El crecimiento continuo y en la década de 1970, un paso significativo en 1976 cuando Landis + Gyr adquiere metros productor Duncan Electrónica de Lafayette, Indiana. 1981 vio la llegada de los contadores electrónicos y Landis + Gyr estaba allí en la vanguardia, el desarrollo y el lanzamiento de su primera gama de medidores digitales para los segmentos industriales y comerciales.

El cambio tecnológico y la globalización de los mercados emergentes como consecuencia del aumento de la liberalización y la desregulación requieren una reorientación del grupo. Landis + Gyr sigue adelante con el desarrollo y despliegue de productos electrónicos y lanza el primer medidor de electricidad residencial digital.

A través de finales de 1990 la empresa continuó su crecimiento y expansión a través de una serie de diferentes inversores y propietarios, incluyendo Electrowatt, KKR y Siemens global. En 2004 Bayard capital de Australia compró la empresa con una visión de la construcción de la sociedad de gestión de energía más importante del mundo, uno que combine los resultados ambientales positivos con conocimientos de metrología Landis + Gyr y la cultura.

El nuevo milenio vio el éxito de la información y las comunicaciones (TIC), lo que permite una nueva dimensión de funciones y la transparencia de datos en beneficio de los servicios públicos y los consumidores de energía. Bajo la propiedad de Bayard, Landis + Gyr hecho 14 inversiones diferentes en el sector, la implementación de más de \$ 1.2 mil millones en capital para expandirse más allá de una empresa de medición pura y en el trabajo en red y las comunicaciones espaciales.

En 2006 y 2007 la caza Technologies y Cellnet Technologies, tanto de los EE.UU., y el Grupo Enermet finlandés fueron adquiridos. Con estos nuevos activos, Landis + Gyr se dio cuenta de un salto cualitativo en la capacidad de poner en práctica una estrategia de crecimiento agresivo. Además de la caza y de Enermet comunicaciones know-how, Cellnet de contrato de 14 millones de puntos finales de servicios gestionados con una trayectoria única en la prestación de AMI, SCADA y soluciones de redes de DA a los servicios públicos de electricidad, gas y agua, dio a Landis + Gyr la cartera más amplia de la mercado y la empresa se convirtió en el líder en infraestructura de medición avanzada.

En 2011, Landis + Gyr fue adquirida por el Toshiba Corporation. Esta combinación, reconocido a nivel mundial por haber establecido una alianza de clase mundial en el campo muy prometedor de soluciones de gestión de energía, se ha intensificado el enfoque en la tecnología de medición inteligente como un elemento esencial en el desarrollo de las redes inteligentes y las comunidades inteligentes.

Con las operaciones de más de 30 países y sirviendo a todos los principales servicios públicos en todos los continentes, Landis + Gyr sigue, como una plataforma de crecimiento independiente dentro de Toshiba, para potenciar los servicios públicos y clientes finales para mejorar su eficiencia energética, reducir sus costos de energía y contribuir a un uso sostenible de los recursos.

<http://www.landisgyr.es/>

4.10. LANDIS ZMD 405

Esta sección contiene una breve descripción de los contadores combinados ZMD310 y ZMD410/405/402CTS (en adelante, citado genéricamente como ZMD400CTS...). Así mismo, proporciona los datos técnicos de los equipos y los diagramas de conexión más comunes.

Generalidades:

- **Envolvente:**

La envolvente del contador está realizada en policarbonato antiestático reforzado con fibra de vidrio. La parte superior de la envolvente está dotada de dos ventanas transparentes que permiten visualizar la carátula principal del Contador (ventana superior) y la carátula del Registrador/Tarificador (ventana inferior). La ventana superior se cierra en su lateral superior derecho con un precinto de calibración, mientras que la parte superior del envolvente se cierra en su lateral superior izquierdo con un sello de fábrica (garantía) ó un segundo precinto de calibración.

La ventana inferior consiste en una puerta frontal abisagrada y está dotada de un precinto de la compañía. La carátula del Registrador/Tarificador con el esquema de conexión del aparato en el reverso, el alojamiento de la pila y el pulsador de cierre de facturación están situados detrás de esta puerta frontal.

El cobre hilos se suministra en dos longitudes, con espacios libres de 40 y 60 mm., para equipos Z.D400 de conexión a trafos para y para equipos Z.D310 de conexión directa respectivamente, asegurando de esta forma el espacio libre necesario para realizar todas las conexiones. También puede disponerse de

cubre bornes (generalmente para equipos Z.D310). En todos los modelos está prevista la correspondiente conexión RS232 para lectura local conexión a módem externo.

Carátulas del Contador y del Registrador/Tarificador:

Todos los datos relevantes del contador están reflejados en las dos carátulas en el formato específico de la compañía de suministro de energía. Las diferentes aperturas permiten la manipulación de los dos pulsadores de navegación y visualización del Display de cristal líquido, los diodos de prueba y el interfaz óptico para la lectura de datos de medida y parametrización.

- **Finalidad de uso:**

ZMD400CTS

Los contadores combinados ZMD400CTS registran los consumos de energía activa y reactiva en redes trifásicas a cuatro hilos (baja, media y alta tensión) y, a partir de los valores medidos, generan las magnitudes eléctricas requeridas. Para esta finalidad, los contadores se conectan al punto de medida a través de transformadores de corriente o de tensión:

Baja Tensión: ZMD400CTSBT con transformadores de medida de intensidad
Media y Alta

Tensión: ZMD400CTSAT con transformadores de medida de intensidad y de tensión

ZMD310CTS

Los contadores combinados ZMD310CTSCD, registran los consumos de energía activa y reactiva en redes trifásicas a cuatro hilos en aplicaciones de baja tensión con conexión directa a la carga. A partir de los valores medidos, generan las magnitudes eléctricas requeridas.

Los datos predeterminados podrán visualizarse en el Display de cristal líquido, siendo también accesibles por media adquisición de datos a través de la interfaz óptica ó de la unidad de comunicación mediante RS-232, módem, etc., según se requiera. Mediante los contactos de transmisión de impulsos (opcionales según tipo tarjeta auxiliar), los contadores también pueden utilizarse como equipos transmisores para otras aplicaciones de Telemida. Cualquier otra aplicación de estos contadores se considerará ajena a la finalidad prevista.

- **Ámbito de aplicación:**

ZMD410/405/402CTS.

Los contadores combinados ZMD400CTS pueden ser utilizados con conexión a transformador para la medida en baja, media y alta tensión. Podrán ser utilizados por tanto para aplicaciones de medida de medianos y grandes

consumidores, así como en el ámbito de la producción e intercambio de energía.

Los contadores ZMD400CTS contemplan una completa estructura tarifaria que abarca desde las tarifas para mercado regulado, a las tarifas para mercado liberalizado y régimen especial de producción (auto productores).

ZMD310CTS

Los contadores combinados ZMD310CTS pueden ser utilizados en aplicaciones de medida en conexión directa a baja tensión y disponen de la misma estructura tarifaria de la familia ZMD400CTS. Su uso está orientado principalmente a consumidores medianos y pequeños (PYMES).

- **Entorno Legal:**

Los mecanismos de competencia introducidos por la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico, exigen la implantación de un sistema de medidas homogéneo y efectivo de los tránsitos de energía entre las diversas actividades eléctricas. A tales efectos, mediante el Real Decreto 2018/1997, por el que se aprueba, y el Real Decreto 385/2002, por el que se modifica, el Reglamento de Puntos de Medida de los Consumos y Tránsitos de Energía Eléctrica por el que se establece la instalación de nuevos equipos de medida en las fronteras entra las diferentes actividades de generación, transporte y distribución, en los límites de las zonas de distribución, en las interconexiones internacionales y en los puntos de conexión a la red de los consumidores cualificados.

En resumen, la legislación aplicable será la siguiente:

Ley 54/1997. (España)

R.D. 2018/1997 y 385/2002 Reglamento de Puntos de Medida.

R.D. 2366/1994 sobre regulación de la Autoproducción para régimen transitorio.

R.D. 2818/1998 sobre regulación de la Autoproducción.

R.D. 1433/2002 sobre requisitos de medida en baja tensión

R.D. 1164/2001 Tarifas de Acceso.

R.D. 2821/1998 Tarifas Generales.

El conjunto de normas técnicas que definen las características funcionales de los citados equipos de medida está contenido, fundamentalmente, en las denominadas Instrucciones Técnicas Complementarias (en adelante, ITCS), aprobadas por el Ministerio de Industria y Energía por Orden de 12 de abril de 1999.

Así mismo, además de lo establecido en estas ITCS, se recogen igualmente las características técnicas y funcionales definidas por el Grupo de Trabajo de Compañías Eléctricas en su Especificación Técnica de Contadores Registradores en su versión 3.2 (y su anexo de códigos de visualización en

display) y en la Especificación Funcional de Contadores-Registadores en su versión 2.1 (incluyendo, ambas publicadas el 08/05/03.

- **Funcionalidad:**

Los contadores ZMD300/400CTS. De Landis&Gyr, S.A.U. permiten el almacenamiento local de la información de los puntos de medida definidos como Tipo 1, Tipo 2, Tipo 3 y Tipo 4 en las ITC'S del Reglamento de Puntos de Medida, así como los puntos de medida asociados al mercado regulado. La gestión de tarifas es necesaria para la correcta discriminación de los peajes que tienen que abonar los agentes distribuidores, comercializadores y clientes cualificados por el uso de las redes de distribución cuando acceden al mercado mayorista de electricidad.

Adicionalmente, permite la discriminación de las tarifas generales de mercado regulado y un tercer grupo de tarifas para la energía exportada o importada por auto productores en régimen especial acogidos al RD 2818/1998, así como cualquier discriminación tarifaria convenida entre distribuidora/comercializadora y su cliente.

- **Principales características:**

A continuación se resumen las características principales de los contadores Landis+GyrDialog ZMD310/400CTS.

Protocolo de comunicaciones IEC 870-5-102 REE para comunicar con registradores de medida y concentradores de medida (primario y secundario).

Registro de las 6 magnitudes del contador (A+, A-, Ri+, Rc+, Ri-, Rc-) mas 2 magnitudes de reserva. Hasta dos periodos de integración (Tm1 y Tm2), programables en 5, 15, 30 ó 60 minutos.

Memoria con capacidad de 4.000 registros para cada una de las 8 magnitudes de medida del contador para el TM1.

Memoria con capacidad de 4000 registros para cada una de las 8 magnitudes de medida del contador para el TM2.

Hasta 3 contratos tarifarios para el tratamiento local de tarifas de acceso, generales, y para auto productor. Los valores tarifados se almacenarán en 12 memorias, una para cada cierre de facturación.

Buffer de eventos con fecha y hora asociadas, con un total de 200 eventos.

Buffer de eventos (opcional) de calidad de suministro sobre límites máximos de variación de tensión (por defecto 7% Un).

Sincronización horaria a partir del protocolo de comunicaciones IEC 870 REE.

Puerto óptico según UNE 61.107 para la lectura y la parametrización locales del equipo, mediante protocolo IEC 870-5-102 REE.

Puerto Serie RS232 con posibilidad de conexión de un módem telefónico para la lectura y la parametrización remota del equipo, mediante protocolo IEC 870-5-102 REE.

Display "custom", multinorma, para la indicación de los valores de medida y de facturación, así como de las condiciones de operación, adaptable a las diferentes normas de empresas distribuidoras e internacionales. Retro - iluminación opcional. Display operativo incluso en situación de falta de alimentación del contador.

Batería auxiliar para la salvaguarda de parámetros, datos y reloj calendario interno.

Sistema doble de almacenamiento de datos. Todos los datos de medida son almacenados en RAM con batería. Una vez al día se realiza un BACKUP completo a FLASH.

Alta seguridad de almacenamiento de parámetros en FLASH, seis salidas de relés de estado sólido (opcionales, según tipo tarjeta auxiliar) programables en cuanto a funcionalidad y peso de salida de impulsos de energía registrada. Alimentación auxiliar externa CC (opcional, según tipo tarjeta auxiliar) de rango extendido 40-140V CC sin necesidad de observar polaridad.

4.11. Datos técnicos:

4.11.1 Tensión nominal

- **ZMD400CTS:**

- Según modelos: 3 x 63,5/110 V ó 3 x 230/400 V (Sólo a efectos de alimentación de tensión, rango permitido desde 3 x 58/100 V hasta 3 x 240/415).

- Nota: Este contador también puede operar con sólo una o dos fases sin pérdida de precisión.

- **ZMD310CTS**

- 3 x 230/400 V (Sólo a efectos de alimentación de tensión, rango permitido desde 3 x 58/100 V hasta 3 x 240/415).

- Nota: Este contador también puede operar con sólo una o dos fases sin pérdida de precisión.

Rango de tensión entre 0,8 y 1,15 x Un

4.11.2 Valores de intensidad para conexión directa ZMD310CTS.

Intensidad nominal I_n .	10 A
Intensidad máxima $I_{m\acute{a}x}$.	80 A

Nota: La intensidad máxima no debe sobrepasar los 80 A. Sin embargo, en aplicaciones especiales se permite una intensidad máxima desde 100 hasta 120 A, siempre que la abertura de bornes tenga un diámetro de 9,5 mm y se emplee cable con una sección de 35 mm².

- **Intensidad de arranque**

- Según IEC 0,5 % I_n
- Valor típico aprox. 0,3 % I_n

Nota: El contador utiliza la potencia de arranque, y no la intensidad de arranque, para determinar el nivel de arranque.

- **Rango máximo de medida (aprox.) de** 15 mA a 120 A

Nota: Se permite un rango de medida de 100 a 120 A en aplicaciones especiales, siempre que la apertura de bornes tenga un diámetro de 9,5 mm y se emplee cable con una sección de 35 mm².

- **Capacidad de carga**

– Medida	80 A
– Térmica	120 A
– Cortocircuito 10 ms	5000 A

4.11.3 Valores de intensidad para secundarios de transformadores, intensidad nominal = 5 A

Intensidad nominal I_n	5 A
--------------------------	-----

- **Intensidad máxima $I_{m\acute{a}x}$ ZMD4xxCTS...**

- Metrológica 200 % I_n
- Térmica contador 12 A
- Cortocircuito 0,5 s 20 x $I_{m\acute{a}x}$

- **Intensidad de arranque ZMD402CTS/405CTS**

- Según IEC (0.1 % I_n) 5 mA
- Típica (aprox. 0.07 % I_n) 3,5 mA

Nota: El contador utiliza la potencia de arranque, no la intensidad de arranque, para determinar el límite de arranque.

- Rango de medida entre 3,5 mA y 10 A

- **Intensidad de arranque ZMD410CTS**

- Según IEC (0.2 % I_n) 10 mA
- Típica (aprox. 0.14 % I_n) 7 mA

Nota: El contador utiliza la potencia de arranque, no la intensidad de arranque, para determinar el límite de arranque.

– Rango de medida entre

7 mA y 10 A

4.11.4 Valores de Arranque

Potencia de arranque típica (dependiente de la tensión)

ZMD402CTS/405CTS:

Respecto de intensidad nominal trafoIn		5 A
• 4 hilos	3 x 230/400 V	aprox. 2.43 W
	3 x 63.5/110 V	aprox. 0.67 W

ZMD410CTS:

Respecto de intensidad nominal trafoIn		5 A
• 4 hilos	3 x 230/400 V	aprox. 4.85 W
	3 x 63.5/110 V	aprox. 1.34 W

ZMD310CTS:

Respecto de intensidad nominal I_n	10 A
• 4 hilos	34.64 W

Nota: El contador a 4 hilos comienza a medir en cuanto una fase alcanza la potencia de arranque especificada.

4.11.5 Frecuencia

- Frecuencia nominal f_n 50 Hz
- Rango de frecuencia 2%

4.11.6 Consumo

Consumos por fase circuitos de tensión

- **ZMD400CTS:**

- Tensión de fase 58 V 240 V
- Potencia activa (valor típico) 0.65 W 0.8 W
- Potencia aparente (valor típico) 1.3 VA 3.6 VA

- **ZMD310CTS:**

- Tensión de fase 240 V
- Potencia activa (valor típico) 1.1 W
- Potencia aparente (valor típico) 1.5 VA

Consumos por fase circuitos de intensidad

- **ZMD400CTS:**

- Intensidad de fase 1 A 5 A 10A
- Potencia activa (valor típico) 5 mW 0.125 W 0.5 W
- Potencia aparente (valor típico) 5 mVA 0.125 VA 0.5 VA

- **ZMD310CTS:**

- Intensidad de fase 10A
- Potencia aparente (valor típico) 0,03 VA

5. METODOLOGÍA

5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:

El tipo de investigación del presente trabajo es cuantitativa, ya que se requiere que entre los elementos del problema de investigación exista una relación cuya naturaleza sea representable por algún modelo numérico ya sea lineal, exponencial o similar. Es decir, que haya claridad entre los elementos de investigación que conforman el problema, que sea posible definirlo, limitarlos y saber exactamente dónde se inicia el problema, en qué dirección va y qué tipo de incidencia existe entre sus elementos.

En la investigación cuantitativa, la relación entre teoría e hipótesis es muy estrecha pues la segunda deriva de la primera. A partir de un marco teórico se formula una hipótesis, mediante un razonamiento deductivo, que posteriormente se intenta validar empíricamente., se busca demostrar y/o validar hipótesis.

En esta Investigación, se empleara los conocimientos adquiridos en diversas materias tales como Control Automático, Instalación e Iluminación, Circuitos Lógicos, Maquinas y Control.

5.2. ETAPAS DEL PROYECTO

Para la instalación del sistema de telemetría se realiza en primer lugar un estudio de la subestación tanto exterior como interiormente, con el fin de precisar de una manera correcta como se ejecutará la instalación del sistema de telemetría y para saber con exactitud que parámetros serán medidos.

Como segunda medida se procede a la instalación adecuada de un medidor electrónico LANDIS ZMD405, para la implementación del servicio de telecontrol.

Y por último se debe ubicar un modem de funcionamiento vía línea telefónica, el cual va a permitir una mejor recepción de la señal a distancia entre la facultad eléctrica y la subestación.

6. RESULTADOS

El sistema actualmente cuenta con un medidor **LANDIS ZMD405 exactitud del +/- 0.5 %** de error, el cual se encargara de mostrar los datos de manera precisa, y con ayuda de un modem de línea telefónica, GPRS, Satelital o Ethernet se lograra obtener los datos y variables eléctricas de la subestación desde cualquier lugar dentro o fuera la de la institución universitaria pascual bravo hasta la facultad de eléctrica. Existen varias opciones para el montaje telemétrico en una subestación, pero se eligió vía Ethernet ya que es la forma más práctica, económica y de mejor garantía. Los bajos costos de los elementos que se quieren utilizar para el montaje es lo que lleva a pensar en que es la mejor opción para este trabajo.

Este sistema, se instalara en la subestación ubicada frente a la tienda del bloque 5, se realizaran pruebas de comunicación remotas y se analizaran todas las variables obtenidas del medidor de energía, el cual será instalado y que contiene este proyecto. Para lo anterior, es necesario instalar previamente un punto de red dedicado que se encuentre disponible en el rack de la institución.

Una vez se encuentre todo en funcionamiento, se procederá a evaluar los diferentes datos obtenidos y se graficara la curva de carga para determinar el horario que conlleva mayor demanda, determinando si existe la posibilidad de hacer más eficiente el uso de dicha energía o si existen consumos altos en horas fuera de la jornada.

7. CONCLUSIONES

- Mediante los análisis realizados se observó la importancia de aplicar el reglamento eléctrico a las instalaciones, Ya que previenen riesgos de tipo ocupacional, ambiental y a estructuras físicas.
- De acuerdo a los análisis se pudo observar el beneficio en cuanto a seguridad, ya que esto ayuda a que no presenten accidentes que pueden ser prevenidos.
- Es importante la toma de conciencia acerca de los tipos de riesgos que pueden ocurrir al no llevar a cabo las normas reglamentarias para la práctica eléctrica, ya que responde a la necesidad de poseer un sistema seguro y económico a partir de su ejecución.
- Es importante la instalación de sistemas de telemetría ya que tiene una respuesta más rápida y eficiente a cualquier evento ajeno al funcionamiento normal eléctrico. Por tal motivo se recomienda instalar los equipos de telecontrol.

Figura1. Medidor de energía Landis ZMD



Fuente: **José Fernando Carvajal**

Figura 2. Transformadores de corriente y potencial, en media tensión.



Fuente: **José Fernando Carvajal**

Figura 3. Celda de medida, transformador y banco de condensadores.



Fuente: **José Fernando Carvajal**

Figura 4. Instalación tubería cable UTP para comunicación vía Ethernet.



Fuente: **José Fernando Carvajal**

Figura 5 Gabinete de medida.



Fuente: **José Fernando Carvajal**

8. RECOMENDACIONES

- Es de suma importancia que el personal que instale e intervenga las instalaciones eléctricas sea personal certificado y calificado.
- Mantenimiento preventivo anual a la subestación.
- Cumplir con el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE en normas y distancias de seguridad.
- Bitácora mensual de revisiones visuales.
- Debe existir al interior de la subestación Iluminación tanto normal como de emergencia.
- Siempre tener en cuenta el medio ambiente al momento de la realización de los diseños.
- Hacer el estudio de regulación del calibre del cable a utilizar.
- Seguir con la misma estructura para iluminaciones futuras.

BIBLIOGRAFÍA

- Posada Rodríguez Leidy Natalia. Memorias de Cálculo de Instalaciones Eléctricas para la caldera Rentech aplicando la norma retie en la empresa papeles y cartones s.a. (PAPELSA). Trabajo de Grado para optar por el título de Tecnólogo Electricista. Institución Universitaria Pascual Bravo. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Medellín (Antioquia-Colombia), 2013. 58 páginas.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA (2010) Reglamento técnico de Iluminación y Alumbrado público RETILAP el 11 de Abril de 2011. Desde [Http://www.minminas.gov.co/minminas/energia.isp/cargaHome=3&idsubcategoria=771&id_categoria=157](http://www.minminas.gov.co/minminas/energia.isp/cargaHome=3&idsubcategoria=771&id_categoria=157)
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC) Código Eléctrico Colombiano: NTC 2050. Medellín. ICONTEC. 1998. 1050 P.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA (2007). Alumbrado público exterior. Guía práctica para el buen uso de la energía. Recuperado el 16 de Febrero de 2013 Desde: http://www.upme.gov.co/Docs/Alumbrado_Publico.pdf
- SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS. (1994) Ley143 de 1994. Régimen de los servicios públicos domiciliarios. Recuperado el 14 de Marzo de 2013. Desde: http://www.alcadiadebogota.gov.co/sisjurinormas/Norma1_jsp?j=2752
- Sánchez. D y Cardona. D. (2008) Manuel del Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050) Alumbrado y Protección de las Instalaciones Eléctricas secciones (250-280). Trabajo de grado Tecnología Eléctrica Universidad Tecnológica de Pereira. UTP Pereira Colombia.

- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA (2007). Alumbrado público exterior. Guía Práctica para el buen uso de la energía. Recuperado el 16 de Febrero de 2013. Desde: http://www.upme.gov.co/Docs/Alumbrado_Publico.pdf

CIBERGRAFÍA

- centrodeartigos.com/articulos-noticias-consejos/article_126184.html
- simelec.es/descargas/bbdd/ZMD_datos_tecnicos.pdf
- www.landisgyr.com/about/histo
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. (2010)
www.minminas.gov.co/minminas/energia.jsp?cargahome=3&id subcategoria=771&id categoria=157
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA (2010). Reglamento técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE. Recuperado el 11 de Abril de 2011 desde: www.minminas.gov.co/minminas/energia.jsp?cargahome=3&id categoria=157&id subcategoria=770
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION (ICONTEC). Código Eléctrico Colombiano: NTC 2050. Medellín. ICONTEC, 1998. 1050 p.
- www.upme.gov.co/Docs/AlumbradoPúblico.Pdf
- www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA (2011). PROURE: Programa de uso racional y eficiente de la energía y Fuentes no convencionales en Colombia.
www.minminas.gov.co/minminas/energia.jsp?cargahome=50&id categoria=157&id vinculo oculto=54

ANEXOS

- Manual del Medidor.