



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

TEMA:

**Estudio del mejoramiento del sistema eléctrico de media y baja
tensión del estadio 9 de mayo Banco de Machala.**

AUTOR:

Solano Carrión, Franklin Marcel

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

TUTOR:

Ing. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael M. Sc.

**Guayaquil, Ecuador
19 de febrero del 2025**

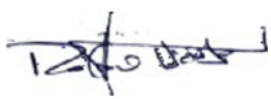


UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Solano Carrión, Franklin Marcel** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN ELECTRICIDAD**.

TUTOR

f.  _____

Ing. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael M. Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f.  _____

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D.

Guayaquil, al 19 día del mes de febrero del año 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Solano Carrión, Franklin Marcel**

DECLARÓ QUE:

El Trabajo de titulación, **Estudio del mejoramiento del sistema eléctrico de media y baja tensión del estadio 9 de mayo Banco de Machala** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, al 19 día del mes de febrero del año 2025

EL AUTOR

f. _____

Solano Carrión, Franklin Marcel



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Solano Carrión, Franklin Marcel**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución el trabajo de titulación, **Estudio del mejoramiento del sistema eléctrico de media y baja tensión del estadio 9 de mayo Banco de Machala**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, al 19 día del mes de febrero del año 2025

EL AUTOR

f. _____

Solano Carrión, Franklin Marcel

REPORTE DE URKUND



INFORME DE ANÁLISIS
magister

Tesis de Franklin Solano Carrión-Diciembre 11-12-24

4%
Textos
sospechosos



- 4% Similitudes
 - 0% similitudes entre comillas
 - 0% entre las fuentes mencionadas
- 4% Idiomas no reconocidos (ignorado)
- 16% Textos potencialmente generados por IA (ignorado)

Nombre del documento: Tesis de Franklin Solano Carrión-Diciembre 11-12-24.docx
ID del documento: 5fcc7e8e4045f1fe24b275f04e4c918eb61d3875
Tamaño del documento original: 5,06 MB
Autores: []

Depositante: Ricardo Xavier Ubilla Gonzalez
Fecha de depósito: 11/2/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 11/2/2025

Número de palabras: 16.217
Número de caracteres: 107.151

Ubicación de las similitudes en el documento:



TUTOR

f. _____

Ing. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael M. Sc.

DEDICATORIA

Es grato para mi cumplir mi profesión agradeciendo maravillosamente a las fuerzas que Dios me ha dado para no darme por vencido.

A mi hoguera Genesis, mis chiquitas por el valor y las energías que me han brindado. A mi familia que jamás bajaron los brazos para que yo cumpla mi objetivo.

A mis Abuelitos que en cada momento me aconsejaron que siembre con amor para cosechar amor porque una vida sola pronto pasará, solo si tiene amor esta durará.

Solano Carrión, Franklin Marcel

AGRADECIMIENTO

Agradezco a nuestro Dios que nos enseña el camino para determinar decisiones con sabiduría y objetivos claros.

A mis Padres, a mi estrellita en el Cielo por apoyarme y cuidarme mucho.

Agradecido a esta prestigiosa Universidad ya que con el pasar del tiempo tengo buenas amistades y trascendentales recuerdos.

Solano Carrión, Franklin Marcel



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D.

DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

Ing. Ricardo Xavier Ubilla González, M.Sc.

COORDINADOR DEL ÁREA



Validar únicamente en FirmasEC.
Firmado electrónicamente por:
**EDGAR RAUL QUEZADA
CALLE**

f. _____

Ing. Edgar Raúl Quezada Calle, M. Sc.

OPONENTE

Contenido

Índice de figuras	XI
Índice de Tablas.....	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	2
Introducción.....	2
Antecedentes.....	3
Definición del Problema.....	4
Justificación del Problema.....	4
Objetivos del Problema de Investigación.....	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.....	5
Hipótesis.....	5
Metodología de Investigación.....	5
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
Transmisión y Distribución de la energía eléctrica.....	7
Voltajes e instalación de líneas de transmisión.....	8
Transmisión subterránea y aérea.....	9
Tipos de cables subterráneos.....	9
Cable STA.....	11
Cable SWA.....	12
Líneas aéreas de transmisión y voltajes comunes.....	14
Aisladores.....	15
Aisladores del tipo de soporte o espiga.....	18
Aisladores del tipo de columna o pedestal	19
Aisladores del tipo de suspensión	20
Aisladores de tensión o amarre utilizados en media o alta tensión.....	22
Pararrayos para protecciones de las líneas de transmisión	23
Cuernos y esferas de descargas	24
2.1.1. Bobinas de reacción	25
2.1.2. Pararrayos	26
Líneas de Distribución	27
Tipos de sistemas de distribución.....	27
Alimentador y línea principal	28
Sistemas con puesta a tierra.....	28
Seccionador Fusible.....	29
Condición de utilización.....	31
Condiciones específicas del material.....	31
Características mecánicas	32
Características eléctricas	32
Restaurador para líneas de distribución	33
¿Cómo trabaja un restaurador eléctrico?	34
¿Qué clases de restauradores tenemos?.....	34
¿Cuáles son las partes de un restaurador eléctrico?	36
¿Qué fundamentos hay que constar al elegir un restaurador?.....	36
Transformador	37
Tipos de transformadores	38
Pérdidas en los transformadores	39
Relación de transformación y voltajes del secundario	40

Potencia producida en la salida de los transformadores.....	41
Tablero Eléctrico.....	43
Unidades de mando y señalización	43
Balizas y columnas luminosas	44
Partes y piezas de un tablero eléctrico	45
Componentes y aparatos eléctricos:.....	46
Normas aplicables en la fabricación de tableros eléctricos	47
Clasificación de los tableros según su función o aplicación	47
Tipos de tableros eléctricos.....	48
Grados de protección contra las influencias del medio ambiente	49
Diseño del tablero de media tensión	50
Tipos de ensayos en los tableros	50
Elementos de protección	50
PowerLogic o Central de medida.....	51
Herramientas de visualización y análisis de datos.....	52
Descripción de la central de medida.....	53
Pantalla55	
CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL REDISEÑO	57
Estudio de las Instalaciones eléctricas actuales.....	57
Optimización de las áreas del estadio	58
Restaurador o reconector de las líneas de distribución	59
Estructura principal	60
Transmisión subterránea	65
Tensión Nominal	66
Puesta a tierra	66
Cuarto de fuerza.....	67
3.1. Tableros eléctricos con centrales de medidas.....	68
Torres de iluminación.....	69
Sistema eléctrico de baja tensión.....	71
Cuarto de bombas	72
Conclusión	73
Recomendación.....	74
Referencia	75

Índice de figuras

Figura 1 Secciones de cables de transmisión subterráneos de alto voltaje, de tres conductores y de un solo conductor.	8
Figura 2 Secciones de cables de transmisión subterráneos de alto voltaje, de tres conductores y de un solo conductor.	11
Figura 3 Estructura de un cable de transmisión.	14
Figura 4 Propiedades del aislador	16
Figura 5 Herrajes	17
Figura 6 Forma y construcción de los aisladores pequeños y grandes del tipo de soporte o espiga como los empleados en las líneas de alto voltaje.	18
Figura 7 Espiga para aislador empleado para sujetar aisladores del tipo de espiga a crucetas de acero o madera.	19
Figura 8 Aislador tipo columna o pedestal.	20
Figura 9 Aisladores de suspensión que pueden unirse unos a otros formando largas cadenas para aislar los conductores de alto voltaje.	21
Figura 10 Aislador en cadena de amarre.	22
Figura 11 Descargas atmosféricas.	23
Figura 12 Esquemas de cuernos, esferas y semiesferas de descargas conectadas a conductores de línea o maquinaria eléctrica con el fin de llevar a tierra las descargas atmosféricas o los voltajes de extracorrientes.	24
Figura 13 Pararrayos de cuernos de descarga	26
Figura 14 Esquema de un sistema de distribución a base de alimentadores y líneas principales.	28
Figura 15 Seccionador Fusible.	30
Figura 16 Restaurador eléctrico para sistemas desde 15.5 hasta 38 KV.	34
Figura 17 Núcleo y arrollamiento de un transformador sencillo. El arrollamiento de la izquierda, con mayor número de vueltas, es el de alta tensión, y el de la derecha de baja tensión.	39
Figura 18 Luces pilotos y pulsadores.	44
Figura 19 Balizas y columnas luminosas.	45
Figura 20 Componentes de baja y media tensión.	47
Figura 21 Tablero general vs. Tablero de distribución.	48
Figura 22 Central de medida	54

Figura 23 Descripción general de la pantalla	55
Figura 24 Pantalla de resumen	56
Figura 25 Vista principal del estadio 9 de mayo.....	57
Figura 26 Esquema de usos.....	58
Figura 27 Reconectador manual existente	60
Figura 28 Diagrama dimensional de bancada smART RC para 3 sensores internos de tensión y 3 sensores externos acoplados al tanque.	64
Figura 29 Transmisión subterránea existente.....	65
Figura 30 Transformador trifásico de 112.5 KVA de distribución con medición indirecta para diferentes áreas.....	67
Figura 31 Transformador trifásico de 200 KVA de distribución con medición indirecta para edificio principal	67
Figura 32 Transformador trifásico de 100 KVA de distribución para torre de iluminación....	68
Figura 33 Tablero de distribución principal.....	68
Figura 34 Central de medida Powerlogic 5500	69
Figura 35 Diseño de la torre de iluminación con el montaje en vista de 60 reflectores y su pararrayo.....	71
Figura 36 Instalaciones eléctricas existentes.....	71
Figura 37 Cuarto de bombas	72

Índice de Tablas

Tabla 1 Voltaje más comunes para alumbrado, fuerza, distribución y transmisión.....	15
Tabla 2 Características Eléctricas	33
Tabla 3 Elementos de protección	51
Tabla 4 Partes de la central de medida	54
Tabla 5 Partes generales de la pantalla.....	55
Tabla 6 Simbología, esquema de usos.	59
Tabla 7 Datos técnicos garantizados de unidad interruptora.....	63
Tabla 8 Materiales a instalar para la optimización de la estructura de Red aérea de distribución 13,8 KV.	65
Tabla 9 Nivel de aislamiento del material.....	66
Tabla 10 Lista de materiales para la puesta a tierra en redes de distribución.	66
Tabla 11 Detalles técnicos y especificaciones del reflector olympic sport.....	70

RESUMEN

La dádiva de este trabajo de titulación es el estudio del mejoramiento del sistema eléctrico media y baja tensión del estadio 9 de mayo banco de Machala, con la finalidad de proveer a las autoridades competentes un estudio ejecutado ante la futura proyección de la optimización en la infraestructura eléctrica.

En el presente trabajo abordaremos las partes que conforman el sistema eléctrico desde la media tensión, como el detalle de la red primaria trifásica, transmisión subterránea y aérea, tipos de cables subterráneos, voltajes comunes, aisladores, pararrayos, la acometida de distribución, transformador, celda de media tensión, fusibles. Y desde luego en la baja tensión, como tableros de distribución principales y secundarios, protecciones eléctricas, circuitos de iluminación, circuitos de tomacorrientes, análisis de carga, diseños eléctricos y el mejoramiento de todo el sistema.

El complejo deportivo será incorporado en diversas soluciones como un sistema de monitoreo como es el PowerLogic. PM5560, Reconectador trifásico smART RC Plus 15 KV para montaje en poste, iluminación eficiente, sistemas de seguridad, sonidos, pantallas y una renovada infraestructura eléctrica para sostener la operación de un estadio moderno con un beneficio al espectáculo deportivo.

Palabras claves: Transmisión, Central De Medida, Restaurador, Aisladores, Distribución, Transformador, Seccionador Fusible

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to study the improvement of the medium and low voltage electrical system at the Banco de Machala 9 de mayo Stadium, with the aim of providing the relevant authorities with a study conducted in anticipation of future optimization of the electrical infrastructure.

This work will address the components of the electrical system, starting with the medium voltage, including details of the three-phase primary network, underground and overhead transmission, types of underground cables, common voltages, insulators, lightning rods, the distribution service entrance, transformer, medium voltage switchgear, and fuses. It will also cover the low voltage, including main and secondary distribution panels, electrical protection devices, lighting circuits, receptacle circuits, load analysis, electrical designs, and the overall improvement of the system.

The sports complex will be integrated with various solutions, such as a monitoring system like PowerLogic. PM5560, smART RC Plus 15 kV three-phase pole-mounted recloser for efficient lighting, security systems, sound systems, screens, and a modern electrical infrastructure to support the operation of a modern stadium and enhance the sporting event.

Keywords: Transmission, Metering Station, Recloser, Insulators, Distribution, Transformer, Fuse Disconnecter

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Introducción.

El estadio es un complejo deportivo que lleva a miles de personas, fanáticos emocionados, listos para divertirse de un emocionante partido. Sin embargo ¿en algún momento nos hemos preguntado qué es lo que hace posible esta experiencia? posteriormente a la simpatía del deporte, contamos con una infraestructura vital que garantice su funcionamiento sin problemas en las instalaciones eléctricas.

El abastecimiento de la energía eléctrica consolida la producción continua de energía eléctrica a todo el estadio, por supuesto incluyendo la iluminación, sistemas de sonido, equipos de cámaras panorámicas, sistemas de seguridad y en lo particular sistemas de climatización. La energía eléctrica es indispensable para la fiabilidad de un trascendental juego deportivo, sin ella la operación del estadio sería considerablemente perjudicada.

La seguridad eléctrica en estadios es, sin duda, una prioridad absoluta debido a las grandes cantidades de energía y el alto flujo de personas durante los eventos. Un enfoque integral para garantizar esta seguridad incluye el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos que cumplan con los más altos estándares.

Los estadios deben cumplir con normas internacionales y locales, como las establecidas por el NFPA (National Fire Protection Association), IEC (International Electrotechnical Commission), o estándares nacionales como el Código Eléctrico Nacional (NEC).

Un rediseño con interruptores automáticos, diseñados para interrumpir el suministro eléctrico en caso de sobrecarga o cortocircuito, protegiendo tanto a los equipos como a las personas. Un cableado de alta calidad y capacidad que reduce el riesgo de sobrecalentamiento. Un sistema de puesta a tierra que garanticen que las corrientes de falla sean dirigidas al suelo, evitando choques eléctricos. La separación de circuitos para evitar interferencias y fallos en cascada.

La instalación de un sistema de monitoreo PowerLogic que permitan satisfacer las necesidades de sus aplicaciones de supervisión de energía y gestión de costes más exigentes que satisfagan las normas de precisión de la clase 0.2 segundos y aporta un alto grado de calidad, fiabilidad y asequibilidad en un formato compacto y de fácil instalación.

Un reconectador modelo smART RC Plus, con los cuales se obtendrá acceso rápido a toda la información del sistema y si ocurre un inconveniente, el reconectador permitirá acceder a la información de forma clara y completa y tomar decisiones correctas en forma inmediata para que el suministro de energía se restablezca sin demora.

Una iluminación eficiente ya que es un aspecto crítico tanto para la experiencia de los espectadores como para cumplir con las normativas internacionales en eventos deportivos. Debe ser uniforme en todo el campo del juego para evitar zonas oscuras o con reflejos, lo que garantiza la visibilidad adecuada para jugadores, árbitros y cámaras de televisión.

Además, el sistema de sonido en los estadios modernos es un componente esencial para enriquecer la experiencia de los asistentes. Desde las narraciones hasta la música y los anuncios, un buen sistema de sonido depende en gran medida de una infraestructura eléctrica confiable y bien diseñada.

Y por último un mantenimiento periódico, como la revisión y pruebas regulares de todos los componentes eléctricos, incluyendo los interruptores, tableros y generadores de respaldo.

Antecedentes.

La ciudad de Machala cuenta con un estadio que fue inaugurado el 9 de mayo de 1939 para conmemorar la batalla de las carretas de Machala que ocurrió en la misma fecha en 1985. El estadio es propiedad de la Federación Deportiva de El Oro (FEDEORO).

Desde la fecha hasta la actualidad ha surgido proyectos como el mejoramiento del sistema de iluminación a raíz del terremoto en Pedernales en 2016 se tuvieron que desinstalar las torres y se desmontaron las iluminarias que servían para iluminar los juegos deportivos. Es así como el 14 de octubre de 2022, el mítico escenario deportivo ha acogido partidos de futbol en horario nocturno.

Gracias a la constructora Sedemi se logró la realización de la obra exitosamente con cuatro torres de estructuras galvanizadas para un sistema de iluminación con 240 reflectores LED y pruebas de angulación.

Son las razones de mi compromiso para seguir evolucionando a futuro un mejoramiento en su totalidad desde el sistema eléctrico de media hasta la baja tensión del estadio, con sistemas electrónicos de monitoreo y supervisión eléctrica en cada uno de los tableros principales y secundarios, además la instalación de relé e interruptores automáticos que a su vez nos diagnosticaran fallas y un eficiente mantenimiento a las instalaciones.

Definición del Problema.

En el levantamiento de información del actual sistema eléctrico se puede observar que el sistema no cumple con una infraestructura a la vanguardia, actualizada, con tecnología capaz de monitorear continuamente la energía eléctrica y a su vez diagnosticar el estado de las redes de media y baja tensión en caso de algún riesgo o daño eléctrico.

Por tal motivo, surge la necesidad de rediseñar y modelar un mejoramiento al sistema eléctrico.

Justificación del Problema.

De acuerdo con los antecedentes expuestos, el presente trabajo de titulación se encarga de realizar un estudio de las instalaciones actuales para un futuro rediseño de la infraestructura eléctrica, con nuevos planos eléctricos, cumpliendo rigurosas normas de seguridad y a la vez ser supervisadas regularmente por profesionales capacitados.

Objetivos del Problema de Investigación.

Objetivo General.

El objetivo del trabajo de titulación es realizar un estudio de mejoramiento de la infraestructura actual del sistema eléctrico de media y baja tensión del estadio 9 de mayo banco de Machala, con la finalidad de que en futuros proyectos tener un plan ya ejecutado para la optimización de recursos y tiempo.

Objetivos Específicos.

- Describir el funcionamiento de cada una de las partes de la infraestructura eléctrica de media y baja tensión del establecimiento.
- Diseñar el sistema eléctrico de media y baja tensión.
- Análisis de la instalación de un restaurador para líneas de distribución
- Análisis de instalaciones de centrales de medidas en los tableros principales y de transferencia automática.
- Cumplir normativas internacionales o estándares nacionales como el Código Eléctrico Nacional (NEC)

Hipótesis.

El presente trabajo de titulación permitirá un proyecto ejecutado a futuro con diseños eléctricos eficientes y dotados generalmente con elementos de protección que actúan automáticamente y monitoreando continuamente el estado de las redes eléctricas.

Metodología de Investigación.

La metodología no solo establece el "cómo" de un trabajo, sino que también valida su credibilidad y reproducibilidad. Una metodología bien escrita permite que otros comprendan, evalúen y repliquen el trabajo realizado, lo cual es esencial en disciplinas como la ingeniería, donde las decisiones pueden tener impactos significativos en términos de eficiencia, seguridad y costos.

En documentos como propuestas de ingeniería, la metodología toma un papel central porque no solo describe el enfoque técnico, sino que también demuestra su

viabilidad, efectividad y, en muchos casos, su ventaja competitiva frente a otras alternativas. Esto incluye aspectos como:

Fundamentos teóricos: Explicando las bases que justifican la elección del método.

Procedimientos detallados: Describiendo los pasos específicos para lograr los objetivos.

Herramientas y técnicas: Identificando el equipo, software o metodologías analíticas a emplear.

Criterios de evaluación: Indicando cómo se medirá el éxito o la efectividad del método.

Limitaciones: Señalando posibles desafíos o restricciones inherentes al enfoque.

CAPÍTULO 2:

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Transmisión y Distribución de la energía eléctrica.

La transmisión y distribución de energía eléctrica es una de las áreas más fascinantes dentro del campo de la electricidad debido a su importancia y complejidad. Estas actividades son fundamentales para garantizar el suministro continuo de energía desde las plantas generadoras hasta los consumidores finales, como hogares, industrias y empresas.

Una de las principales ventajas de la electricidad en forma de corriente alterna (CA) es precisamente su capacidad para ser transformada a altos voltajes, lo cual permite una transmisión más eficiente y económica a largas distancias.

La infraestructura de transmisión de energía eléctrica es crucial para la distribución eficiente de electricidad a través de vastas distancias, conectando las centrales generadoras (ya sean hidroeléctricas, térmicas o incluso fuentes de energía renovable) con las áreas de consumo. Hoy en día, esta red de líneas de transmisión de alto voltaje recorre miles de kilómetros, llevando energía de manera eficiente a ciudades, industrias, y también a lugares como estadios que requieren grandes cantidades de energía para su funcionamiento.

En la figura 2.1 se muestra una línea de transmisión de alto voltaje cruzando el campo sobre torres de acero. En esas líneas se está utilizando un circuito trifásico.

La construcción de líneas eléctricas de transmisión ha experimentado avances significativos en las últimas décadas, lo que ha permitido que la electricidad llegue no solo a ciudades y grandes centros industriales, sino también a lugares más remotos, como granjas y zonas rurales. Este progreso ha tenido un impacto transformador, proporcionando a las áreas rurales y agrícolas acceso a las comodidades modernas y a los beneficios económicos de la electricidad.

La electricidad está avanzando rápidamente en todo el mundo, y las oportunidades para los electricistas son más amplias que nunca. Con el crecimiento

de la infraestructura de transmisión y distribución de energía eléctrica, así como el avance hacia fuentes de energía renovable y tecnologías más eficientes, los electricistas con conocimientos sólidos en estos campos tienen una ventaja significativa para acceder a puestos de trabajo interesantes y lucrativos.

Figura 1 Secciones de cables de transmisión subterráneos de alto voltaje, de tres conductores y de un solo conductor.



Fuente: (Fabricante líder de cables y alambres-ZW)

Voltajes e instalación de líneas de transmisión.

La energía generada en las centrales eléctricas se transmite, por lo general, a voltajes elevados hasta las subestaciones y desde estas es distribuida a los abonados en un voltaje de media tensión y baja tensión.

Las grandes centrales eléctricas producen un potencial aprovechado de 5.071 MW en 71 centrales hidroeléctricas. El parque generador disponible para la producción de electricidad en el Ecuador consta de 317 centrales eléctricas con una potencia total efectiva de 8.183 MW. (*Plan Maestro de Electricidad aliado con el Plan Nacional de Desarrollo, 2017-2021*)

Cuando hay que transmitir la energía a distancias mayores, se eleva el voltaje en la central por medio de transformadores hasta valores que varían entre 138 KV, 230 KV y 500 KV, según la distancia a las que hay que transmitir la energía. (*Centro Ecuatoriano de Eficiencia de Recursos, 2022*)

La mayor parte de las grandes líneas de transmisión son de 3 fases y la casi totalidad de ellas, de 60 periodos en América, mientras que en Europa la mayor parte son de 50 periodos.

El sistema eléctrico interconectado está conformado por una serie de centrales eléctricas de distintos tamaños, que pueden estar ubicadas en diferentes lugares geográficos, pero que están conectadas a través de líneas de transmisión y distribución que al mismo tiempo hace más seguro el servicio prestado a los consumidores.

Cuando se conectan varias centrales eléctricas en un sistema interconectado, el enfoque general es optimizar el uso de la capacidad instalada de cada una de ellas, de modo que el sistema global pueda manejar de manera más eficiente los picos de demanda y las variaciones en la carga, sin necesidad de que cada central tenga grandes reservas de capacidad extra.

Transmisión subterránea y aérea.

Hay dos métodos generales para transmitir la energía eléctrica: el sistema subterráneo y el sistema aéreo. Los sistemas subterráneos se emplean principalmente en las grandes ciudades, en las que sería muy peligroso tener una red con conductores aéreos de alto voltaje, mientras que el sistema aéreo es el que más se emplea para las líneas tendidas a través del campo.

Las líneas de transmisión aéreas son la de uso más común para conducir la energía eléctrica a largas distancias, porque su costo es mucho más bajo que las de construcción subterránea donde emplean tubos y los conductos son colocados a más de medio metro de profundidad por debajo del nivel del piso, dispuestas en las calles y equipadas con tapas de hierro.

Tipos de cables subterráneos

Los cables para instalación subterránea están diseñados para cumplir con requisitos específicos de seguridad, durabilidad y protección contra condiciones

ambientales adversas. Según lo que describes, algunos de sus componentes clave son:

1. Aislamiento grueso: Este se utiliza para proteger el conductor eléctrico contra la humedad, el calor, la corrosión y posibles daños mecánicos. El material del aislamiento suele ser PVC, XLPE (polietileno reticulado) o EPR (caucho de etileno-propileno), dependiendo de la aplicación y las necesidades de resistencia.
2. Cubierta impermeable: Una capa adicional que asegura que el cable sea resistente a la entrada de agua y otros líquidos. Esto es crucial para instalaciones subterráneas donde el contacto con humedad es constante.
3. Cubierta de plomo: Proporciona protección adicional contra la humedad y los gases corrosivos. El espesor de esta cubierta varía según el tamaño del conductor:
 - 0.8 mm para conductores pequeños.
 - Más de 3 mm para cables más grandes.
4. Tipos de configuración del cable:
 - Un solo conductor: Utilizado para aplicaciones específicas o en sistemas donde no se necesita más de un conductor.
 - Dos o tres conductores: Cada conductor tiene su propio aislamiento, pero están encerrados en una misma cubierta de plomo para formar un solo cable. Esto simplifica la instalación y proporciona mayor protección.

Este diseño asegura que los cables subterráneos puedan soportar las condiciones adversas típicas de su entorno, como la presión del suelo, variaciones de temperatura y la exposición constante a la humedad. Además, el plomo sigue siendo un material común en aplicaciones especiales debido a su resistencia a la corrosión y su capacidad de bloqueo contra contaminantes externos, aunque en algunas regiones se están desarrollando alternativas más ecológicas.

Figura 2 Secciones de cables de transmisión subterráneos de alto voltaje, de tres conductores y de un solo conductor.



Fuente: (Fabricante líder de cables y alambres-ZW)

Cable STA

Es un tipo de cable blindado ampliamente utilizado en aplicaciones subterráneas y ambientes industriales. Su diseño incluye una capa de cinta de acero como armadura, lo que lo hace altamente resistente a fuerzas externas y asegura una mayor durabilidad y seguridad. Aquí están las características más importantes del cable STA:

Características del Cable STA:

1. Voltaje de Trabajo: Es un cable de bajo voltaje, generalmente adecuado para aplicaciones con tensiones de hasta 35 kV, dependiendo de la configuración específica del cable.
2. Capa de Armadura de Acero:
 - La armadura consiste en una o varias cintas de acero superpuestas alrededor del cable.
 - Proporciona protección mecánica contra impactos, aplastamientos y daños causados por roedores o factores externos en entornos hostiles.
 - Esta armadura no afecta la flexibilidad del cable para la instalación en conductos o canalizaciones subterráneas.
3. Diseño de Capa Protectora: Además de la armadura de acero, el cable incluye otras capas:
 - Aislamiento interno de materiales como XLPE o PVC para proteger los conductores.
 - Cubierta exterior resistente a la humedad y químicos, adaptada a entornos subterráneos.

4. Aplicaciones Comunes:

- Distribución de energía eléctrica en sistemas industriales y comerciales.
- Control de señales en entornos donde es esencial evitar daños mecánicos.
- Instalaciones subterráneas donde los cables están expuestos a compresión o estrés físico.

5. Ventajas del Cable STA:

- Alta resistencia a fuerzas mecánicas externas.
- Buen aislamiento eléctrico que protege la seguridad del sistema.
- Durabilidad en entornos agresivos, como zonas húmedas, químicamente activas o con alta densidad de tráfico.

En general, el STA combina propiedades de protección mecánica con buen rendimiento eléctrico, haciéndolo ideal para aplicaciones subterráneas e industriales exigentes. Sin embargo, se debe seleccionar el cable considerando el voltaje, la corriente requerida y las condiciones ambientales del lugar de instalación.

Cable SWA

Es un tipo de cable subterráneo muy utilizado para aplicaciones donde se requiere una alta resistencia mecánica y protección en entornos adversos. Este tipo de cable es robusto y diseñado para durar, lo que lo hace ideal para su uso en la distribución de energía y sistemas auxiliares. Aquí detallo sus características principales:

1. Composición del Cable SWA:

- Conductor: Fabricado generalmente de cobre o aluminio, dependiendo de la aplicación.
- Aislamiento: Por lo general, hecho de PVC o XLPE (polietileno reticulado), lo que proporciona alta resistencia térmica y eléctrica.
- Capa de Ropa de Cama: Se coloca debajo de la armadura para estabilizar y proteger los conductores.

- Blindaje de Alambre de Acero: Proporciona una excelente protección contra daños mecánicos y permite su uso en condiciones exigentes.
- Cubierta Externa: Resistente a condiciones ambientales, químicos y humedad.

2. Multinúcleo:

Los cables SWA siempre tienen múltiples núcleos, lo que los hace versátiles para diversas aplicaciones. La cantidad y función de los núcleos varían:

- 2 núcleos: Consta de conductores activos y neutros; apto para dispositivos Clase II (doblemente aislados).
- 3 núcleos: Incluye conductores activos, neutros y de tierra; ideal para dispositivos Clase I (necesitan conexión a tierra).
- 4 núcleos: Se usa comúnmente en aplicaciones de señal y comunicación.
- 3+1 Núcleos: Diseñado para sistemas trifásicos con un conductor neutro; típico en la distribución de energía.

3. Ventajas del SWA:

Alta resistencia mecánica: Su armadura de alambre de acero lo protege contra pellizcos, impactos y otros daños mecánicos.

Durabilidad: Ideal para aplicaciones subterráneas o ambientes difíciles.

Seguridad eléctrica: Ofrece aislamiento confiable y opciones para sistemas de puesta a tierra.

4. Desventajas:

- **Peso:** Es más pesado que otros cables blindados debido a la armadura de alambre de acero.
- **Dificultad de instalación:** Su rigidez y peso dificultan el doblado y manejo, especialmente en instalaciones complejas.

5. Aplicaciones Comunes del SWA:

- Suministro de red en instalaciones comerciales, industriales y residenciales.
- Sistemas de puesta a tierra.
- Distribución de energía subterránea.
- Control de señales en entornos donde se necesita protección adicional.

6. Tamaños Populares:

- Cable de 6 mm² SWA: Uso común para instalaciones residenciales y cargas ligeras.
- Cable de 10 mm² SWA: Ideal para sistemas más grandes o aplicaciones industriales donde se requiere mayor capacidad de corriente.

El SWA es un estándar confiable en aplicaciones subterráneas y de alta resistencia mecánica, pero su elección debe considerar cuidadosamente el entorno, la carga eléctrica y los requisitos específicos del proyecto.

Figura 3 Estructura de un cable de transmisión.



Fuente: (Fabricante líder de cables y alambres-ZW)

Líneas aéreas de transmisión y voltajes comunes

En la actualidad se emplean varios voltajes distintos en las líneas de transmisión de alta tensión, pero existe una tendencia general a la estandarización, empleando los voltajes más comunes y convenientes. Las instalaciones más recientes de línea de transmisión y distribución emplean, por lo general, alguno de esos voltajes más o menos estándares preferidos. Esto hace que se reduzcan muchísimo la variedad y el número de diseños para distintos voltajes, tanto de los transformadores como de los demás aparatos eléctricos utilizados en las líneas y al mismo tiempo aumenta considerablemente la comodidad y la economía de la interconexión entre diferentes líneas.

Tabla 1 Voltaje más comunes para alumbrado, fuerza, distribución y transmisión.

Voltajes Comunes	Voltaje para complejos deportivos, industrias y hospitales	Voltajes de Generación	Voltajes de Transmisión	Voltajes preferidos
110	*			*
220	*			*
440	*			*
550	*			
2200	*	*	*	*
4000			*	*
4400		*		
6600		*		
11000		*	*	
12000		*		
13200		*	*	*
22000		*	*	
33000		*	*	*
44000			*	
66000			*	*
88000			*	
110000			*	
132000			*	*
140000			*	
165000			*	
220000			*	*
330000			*	

Fuente: COYNE Electricidad práctica aplicada Tomo III.

Aisladores.

La diferencia en el uso de conductores aislados o desnudos en líneas aéreas de distribución y transmisión responde a criterios técnicos, económicos y de seguridad.

Independientemente de que los conductores estén aislados o desnudos, es imprescindible el uso de aisladores especiales para mantenerlos separados de las estructuras de soporte, como postes o torres. Estos aisladores cumplen una función crítica en los sistemas eléctricos, estabilidad y eficiencia de la red.

El tamaño y la forma de los aisladores son elementos clave en el diseño de sistemas de transmisión y distribución eléctrica. Su función principal es evitar descargas eléctricas que puedan ocurrir entre los conductores de alto voltaje y las estructuras de soporte (postes o torres). Estos aisladores deben cumplir con requisitos

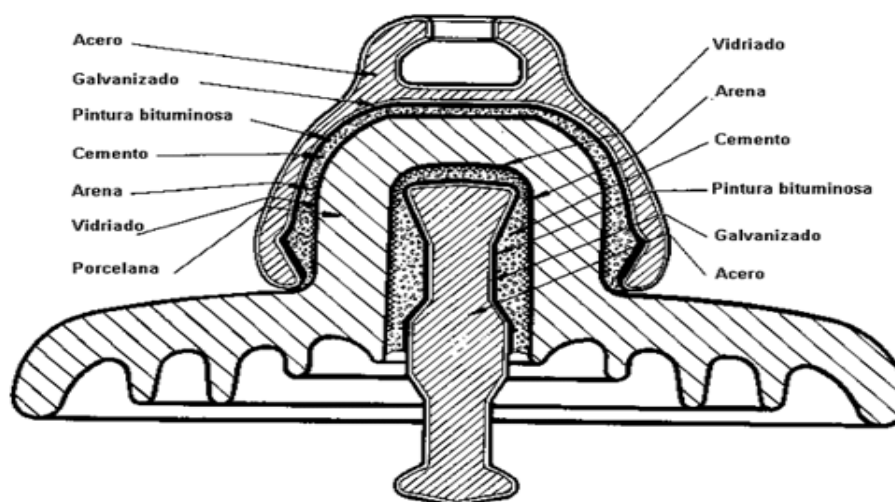
específicos, especialmente en líneas de alto voltaje, donde las condiciones ambientales y las características del voltaje son críticas.

En las líneas de transmisión eléctrica, los aisladores se fabrican comúnmente de porcelana o vidrio moldeado debido a las propiedades únicas de estos materiales. Estas propiedades garantizan un alto rendimiento en términos de aislamiento eléctrico, resistencia mecánica y durabilidad.

He visto en mis años de experiencia que se ha el empleado del vidrio Pyrex, sobre todo para aisladores de los tamaños más pequeños. Este vidrio posee la ventaja de ser transparente, de modo que pueden descubrirse defectos pequeños que tenga el aislador, pero tienen el inconveniente de romperse con facilidad si choca con cualquier objeto duro. Mientras que el aislador de porcelana es algo más resistente y un golpe le quitara una esquirla en lugar de romperlo como es probable que ocurra con el vidrio.

Por las razones antes indicadas y observando en la Figura 2.4, es la porcelana el material que más se emplea para los aisladores de las líneas eléctricas. La porcelana se fabrica principalmente partiendo de una buena arcilla o caolín y de desengrasantes como el feldespato y la sílice. Después de pulverizar finamente los desengrasantes se mezclan con la arcilla y luego se moldea toda la masa para darle la forma apropiada, procediendo a la cochura en un horno.

Figura 4 Propiedades del aislador



Fuente: (www.tuveras.com)

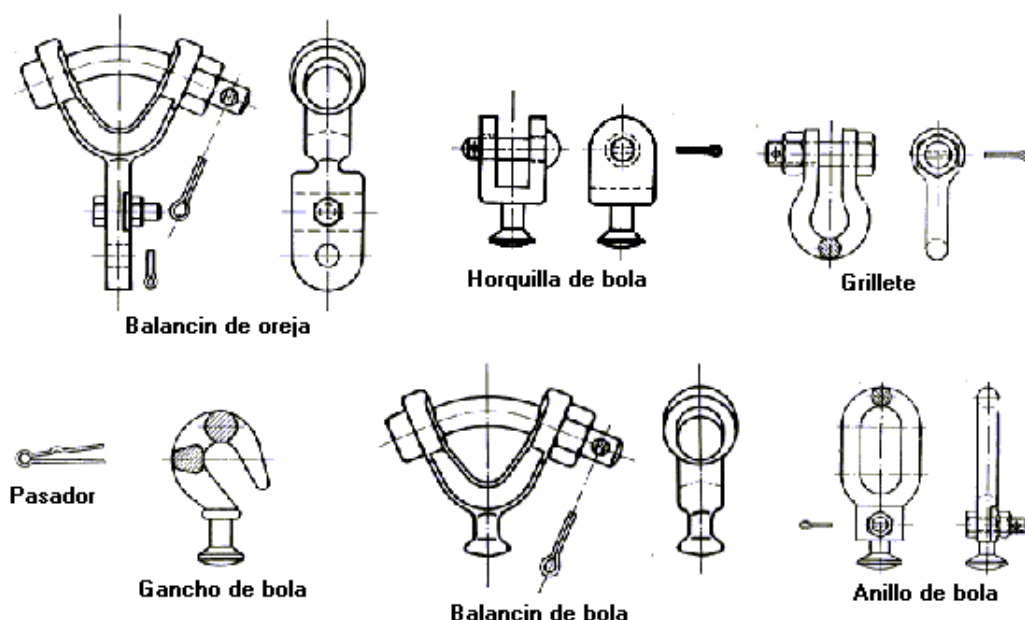
Después de la cocción, se da a los aisladores una capa de material vitrificante que se distribuye uniformemente sobre su superficie. Luego vuelven a ponerse a ponerse en los hornos y se calientan de nuevo hasta una temperatura para fundir el material vítreo y unirse a la porcelana.

El material vitrificante forma una superficie dura y vítrea sobre todo el exterior de los aisladores e impide que penetren en los poros de la porcelana la humedad, el polvo y la capa de suciedad. El recubrimiento vítreo mejora la rigidez dieléctrica del aislador y aumenta su duración en las condiciones de intemperie de su instalación.

Se debe tener cuidado al manejar los aisladores de porcelana para no partirlos o rayarlos, ni saltar su recubrimiento vítreo protector de la superficie.

Los aisladores de línea se hacen de varias formas o tipos, los más comunes que he visto es el de soporte o espiga, el de suspensión, el de tensión o amarre, el de columna o pedestal y el de manguito. Unidos al soporte por un herraje fijo, Figura 5.

Figura 5 Herrajes



Fuente: (www.tuveras.com)

Aisladores del tipo de soporte o espiga

En la figura 2.6 se observa dos tipos comunes de aisladores de soporte o espiga fabricados para diferentes voltajes que se han indicado sobre cada uno de ellos en la figura. Como vemos muestra un corte parcial de cada aislador con el fin de obtener una vista que indique claramente la forma y la construcción de cada pieza.

Se observa que el aislador de 13.000 voltios de lado izquierdo tiene varias ranuras en su parte inferior dando la proporción superficial inaccesible al agua y suciedad, incluso durante las tempestades.

Figura 6 Forma y construcción de los aisladores pequeños y grandes del tipo de soporte o espiga como los empleados en las líneas de alto voltaje.



Fuente: (COYNE Electricidad práctica aplicada Tomo III)

El aislador de alto voltaje de la derecha se ha construido en cuatro secciones distintas unidas por un cemento. Este cemento tiene una resistencia mecánica y forma una unión segura entre las superficies de las secciones del aislador.

Se observará que la sección del centro es la más ancha que la inferior, y la de encima, más amplia que las otras proporcionando así una superficie de paraguas que permite conservar limpias y secas las superficies que están bajo las ranuras, protegiéndolas contra la suciedad y humedad.

Aquellas aletas o faldones en el exterior de los aisladores hacen que sea mucho más difícil para el voltaje de línea producir una chispa de descarga sobre la superficie del aislador.

En los aisladores de soporte tienen una ranura en la sección superior, en la cual se instala el conductor de línea y se sujeta después ligándolo con un alambre que se arrolla alrededor de la ranura, debajo de la cabeza del aislador.

Los aisladores de este tipo tienen agujeros roscados por su parte interior o en sus secciones inferiores para roscar a espigas de hierro o de madera, por medio de las cuales se sujetan a las crucetas de los postes o las torres de hierro.

Figura 7 Espiga para aislador empleado para sujetar aisladores del tipo de espiga a crucetas de acero o madera.



Fuente: (electrocastillo.com)

En la figura 2.7 se observa el estilo de soporte metálico para el aislador. Tiene una base plana y un perno corto para usarlo con crucetas metálicas. Estos soportes tienen extremos de plomo para poder roscarlos fácilmente en los aisladores de porcelana sin dañarlos y hay aisladores que tienen un manguito de plomo desmontable.

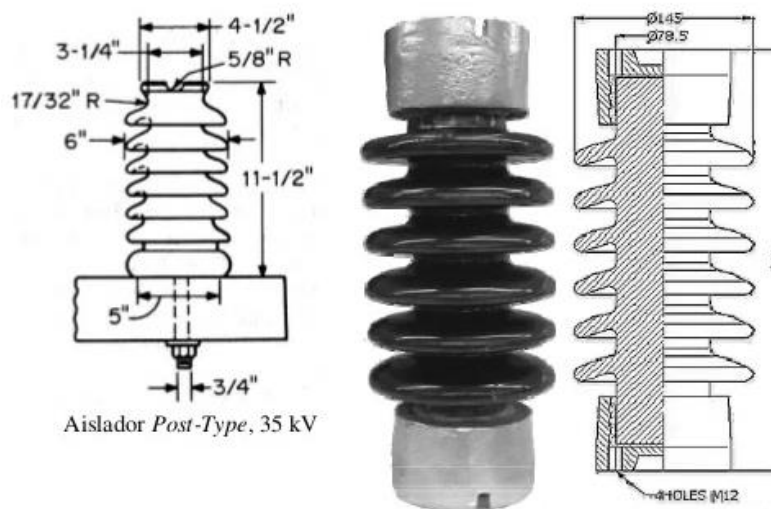
Aisladores del tipo de columna o pedestal

Los aisladores del tipo de soporte, conocidos también como aisladores de tipo columna o pedestal como se observa en la figura 2.8, se utilizan comúnmente en sistemas eléctricos para brindar aislamiento eléctrico y mecánico entre las partes energizadas y la estructura de soporte. Estos aisladores son característicos por tener sombreretes metálicos y espigas o soportes especiales, que facilitan su montaje y se

emplean para soportar barras colectoras de alto voltaje en las subestaciones y en los lugares en que los aisladores tienen que soportar tensiones laterales muy pequeñas.

Estos tipos de aisladores pueden construirse con el numero apropiado de unidades para obtener el aislamiento necesario para voltajes muy altos.

Figura 8 Aislador tipo columna o pedestal.



Fuente: (Transmisión de energía eléctrica II, slideshare.net)

Los aisladores del tipo de columna no pueden soportar, sin embargo, tensiones laterales excesivas, y, por consiguiente, no se emplean en las líneas de transmisión por la cual las largas distancias de conductores están sujetos a las tensiones producidas por el viento y a la tensión inherente a la desigual.

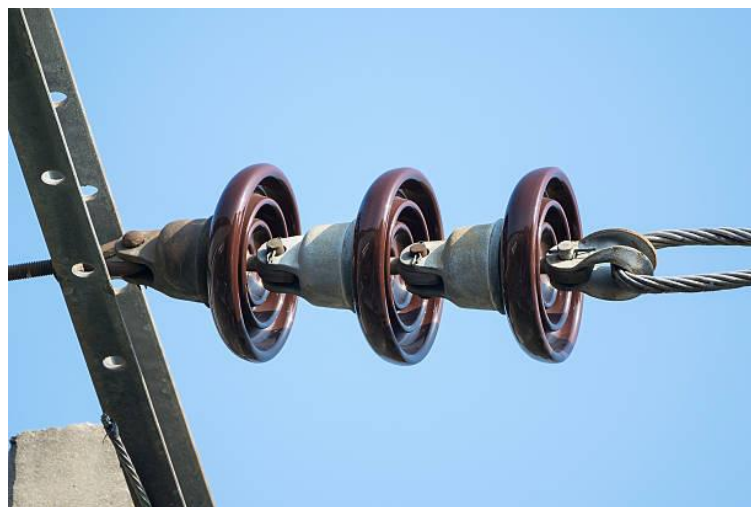
Aisladores del tipo de suspensión

Los aisladores del tipo suspensión son componentes clave en las líneas de transmisión de energía eléctrica, especialmente en aquellas que operan con voltajes muy altos. Se caracterizan por su diseño y método de instalación, lo que les permite soportar tensiones elevadas de manera eficiente y segura.

El diseño en cadena es fundamental para garantizar que la tensión eléctrica sea segura y constante a lo largo de todo el sistema de transmisión, permitiendo que las líneas operen de manera eficiente y estable.

En la figura 9 se observa una cadena de tres aisladores de suspensión que están unidos con pasadores cortos y gruesos que atraviesan el ojo del eje, que lleva un aislador en su parte inferior

Figura 9 Aisladores de suspensión que pueden unirse unos a otros formando largas cadenas para aislar los conductores de alto voltaje.



Fuente: (www.tuveras.com)

La cadena de aisladores puede inclinarse o moverse ligeramente, lo que las hace ideales para absorber movimientos por viento, vibraciones y oscilaciones naturales de la línea sin dañarse.

Debido a que cada disco de la cadena soporta solo una fracción del voltaje total, se pueden diseñar cadenas largas para líneas de alta tensión, como las de 66 kV y superiores, ofreciendo una distribución uniforme de la tensión. Aunque se prefieren para líneas de alta tensión, también se utilizan en líneas de media tensión (como las de 22 kV) donde las condiciones requieren mayor resistencia mecánica o aislamiento adicional. Además, son de fácil mantenimiento y reemplazo: Si un disco individual falla, puede reemplazarse sin necesidad de sustituir toda la cadena.

Aisladores de tensión o amarre utilizados en media o alta tensión

Los aisladores de tipo tensión (o amarre) y los de suspensión tienen diseños similares, pero cumplen funciones distintas debido a las exigencias mecánicas a las que están sometidos.

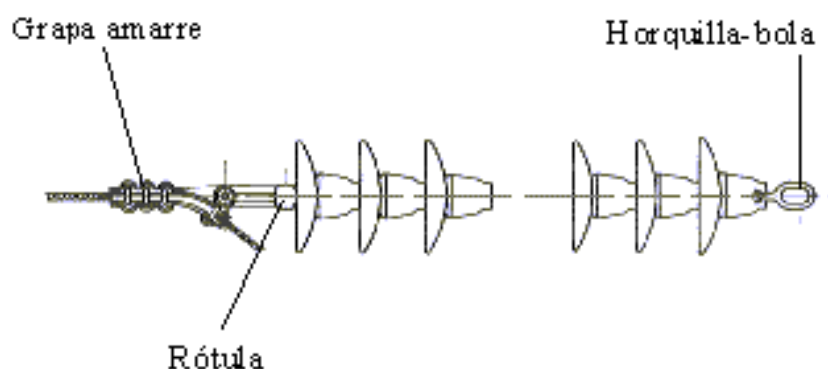
Están diseñados para soportar las fuerzas de tracción generadas en las líneas, especialmente en tramos rectos largos, ángulos o cambios de dirección, donde las tensiones son mayores.

Aunque la forma de los discos es similar a la de los de suspensión, los materiales y los ensamblajes están reforzados para resistir fuerzas más elevadas. Los elementos metálicos, como las grapas y accesorios, también suelen ser más robustos.

Se instalan principalmente en extremos de líneas, puntos de anclaje, y en tramos donde se espera una mayor carga mecánica debido a cambios de dirección o a condiciones como el viento y el hielo.

Externamente es difícil diferenciarlos a simple vista, ya que el diseño modular y el uso de discos es casi idéntico. Sin embargo, la diferencia está en la especificación mecánica y eléctrica del diseño.

Figura 10 Aislador en cadena de amarre.



Fuente: (www.tuveras.com)

En la figura 10 se ven aisladores del tipo de tensión empleados en las líneas de 132000 voltios con dos circuitos trifásicos. Se observa que las cadenas de aisladores están en posición casi horizontal a consecuencia de la tensión aplicada a ellos por secciones, tramos, o terminales muertas de la línea, a cada lado de las torres.

Pararrayos para protecciones de las líneas de transmisión

Estando las líneas de transmisión y torres de iluminación de los estadios construidas con metales que son buenos conductores de la electricidad e instaladas a una distancia considerable del suelo, es predecible que estén expuestas a recibir las descargas atmosféricas y contra la perforación del aislamiento de los devanados se emplean pararrayos o apartarrayos y otros aparatos protectores.

Cuando en una línea de transmisión en la Figura 11, recibe directamente una descarga atmosférica, esta energía de alto voltaje tiende a circular a lo largo de la línea hasta algún punto en el cual pueda descargarse más fácilmente desde la línea al suelo.

Figura 11 Descargas atmosféricas.



Fuente: (www.tuveras.com)

De ordinario, uno de los caminos más fáciles para llegar a tierra sería a través de los devanados de la maquinaria conectada a la línea y puesta a tierra, desde luego a menos que se ejecute algo para impedir que las descargas lleguen a la maquinaria eléctrica conectada a la línea, ya que el excesivo voltaje de aquellas perforara con mucha frecuencia el aislamiento de los transformadores, los generadores, etc.

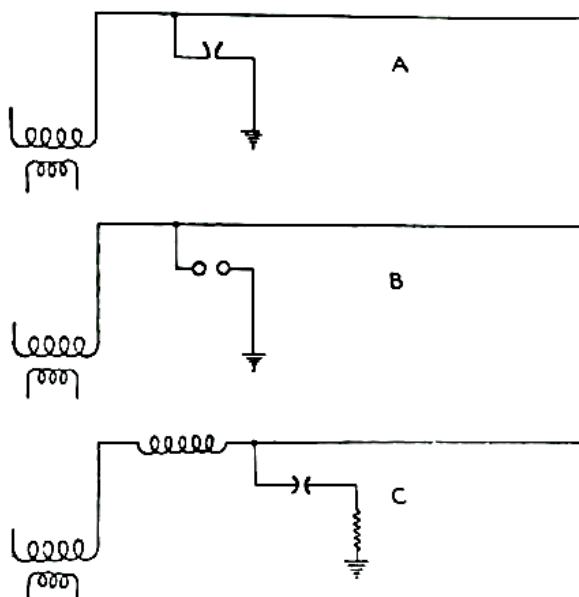
Además de las descargas atmosféricas directas, las líneas de transmisión reciben a menudo cargas inducidas muy fuertes provocadas en los conductores por la inducción procedentes por las descargas atmosféricas próximas y otras veces se producen descargas y perturbaciones en las líneas de transmisión al manejar los interruptores, que separan de las líneas o introducen en ellas cargas de un valor considerable. La variación brusca de la intensidad de la corriente que circula por una línea de transmisión larga, cuando se suprime una porción importante de su carga, dará lugar a voltajes bastantes elevados de autoinducción en la línea.

Entre los dispositivos comúnmente empleados con este objeto figuran los cuernos y las esferas de descarga, las bobinas de reacción o choque, los pararrayos, los conductores aéreos de tierra, los anillos y cuernos para arcos, etc.

Cuernos y esferas de descargas

Estos dispositivos se emplean para proporcionar un camino más fácil a las descargas o extracorrentes de alto voltaje y permitirles pasar desde la línea al suelo, salvando sus separaciones en lugar de saltar por encima de los aisladores de línea o de perforar el aislamiento de la maquinaria.

Figura 12 Esquemas de cuernos, esferas y semiesferas de descargas conectadas a conductores de línea o maquinaria eléctrica con el fin de llevar a tierra las descargas atmosféricas o los voltajes de extracorrentes.



Fuente: (COYNE Electricidad práctica aplicada Tomo III)

La figura 12 esquema A corresponde a un esquema unifilar de una línea de transmisión con cuernos de descarga conectados a ella cerca del transformador.

La figura 12 esquema B es otra línea con esferas de descarga en lugar de cuernos.

La figura 12 esquema C es una bobina de reacción colocada entre la línea y los arrollamientos del transformador

Un lado de cada uno de esos dispositivos está conectado directamente a la línea, mientras que el otro está unido a tierra. Ajustando correctamente la separación entre los dos cuernos o las dos esferas de un dispositivo de este tipo pueden regularse de modo que un voltaje que sea mucho más elevado que el voltaje normal de trabajo de la línea salte el intervalo y descargue al suelo, antes de que pueda saltar por encima de los aisladores de la línea o a través de los arrollamientos de los transformadores.

Vemos que estos aparatos actúan como una especie de válvula de seguridad que permite a las descargas o extracorrientes de alto voltaje escapar de la línea y después detienen rápidamente cualquier paso de la corriente propia de la línea, que de otra manera tendría que seguir la descarga de alto voltaje hasta la tierra.

2.1.1. Bobinas de reacción

A menudo se emplean en conexión con los pararrayos bobinas de reacción o reactancia formada por 10 a 20 vueltas de un conductor grueso para soportar la intensidad de la corriente de línea. El objetivo es crear una reactancia al paso de las extracorrientes de alto voltaje producida por los rayos o las descargas atmosféricas.

Por esta razón se conectan las bobinas de reacción, llamadas también de choque, en serie con la línea de transmisión y en un punto situado entre la conexión del dispositivo de descarga de los pararrayos y los transformadores u otra maquinaria de la central como se indica en la Figura 12 esquema C

2.1.2. Pararrayos

Hoy en la actualidad se utilizan muchos tipos de pararrayos, pero el fin general es el mismo; descargar de las líneas cualesquiera extracorrientes de voltaje exclusivamente elevadas y después interrumpir inmediatamente y detener el paso de la corriente de líneas, que tiende a seguir la descarga atmosférica a través del pararrayos.

Algunos de los pararrayos más comunes empleados actualmente son de los tipos de cuernos de descarga y de resistencia, de resistencia “shunts” escalonados, de autoválvulas con distancias de descarga en serie, de película de óxido y del electrolítico o de célula de aluminio.

Los dos primeros pararrayos mencionados se emplean, por lo general, en líneas de voltajes bajos, de hasta unos 15000 voltios. Los pararrayos de autoválvula y de película de óxido se hacen para su empleo en líneas de casi cualquier voltaje, poniendo más o menos de sus pequeños elementos en serie. Los pararrayos electrolíticos o de célula de aluminio apenas se instalan.

Figura 13 Pararrayos de cuernos de descarga



Fuente: (cienciaexperimental.foroactivo.com)

La Figura 13 es un pararrayos sencillo de cuernos de descarga, con dos resistencias que están conectadas entre los cuernos y el terminal de tierra. Si bien

las resistencias no impiden que se descarguen por ellas a tierra las extracorrientes de alto voltaje provocadas por los rayos, contribuyen a limitar el paso de la corriente de la línea al voltaje normal y, por tanto, ayudan a apagar el arco después que ha descargado la extracorrente del rayo o de alguna maniobra de interrupción.

Líneas de Distribución

Las líneas de distribución son una versión a menor escala de las líneas de transmisión, y su función principal es llevar la energía eléctrica desde las subestaciones hasta los usuarios finales. Aunque tienen similitudes en diseño y propósito, funcionan a voltajes más bajos, generalmente en rangos como 4.16 kV, 13.2 kV, 33 kV, o 69 kV, según la configuración del sistema y la región.

El término línea de distribución se reserva para las que van desde la subestación hasta los transformadores, generalmente usan postes más bajos, equipos más compactos, los conductores pueden ser desnudos o aislados, dependiendo del entorno y sus componentes especializados son los reguladores de tensión, reconectores automáticos, fusibles y seccionadores manuales o automáticos.

Tipos de sistemas de distribución

Los sistemas de distribución pueden ser aéreos o subterráneos y pueden trabajar con corriente continua o con alterna; la mayor parte son de corriente alterna y algunos de estos sistemas son monofásicos y trifásicos.

Los sistemas trifásicos con cuatro conductores se usan mucho para la distribución, ya que los dos voltajes diferentes pueden obtenerse fácilmente con ellos.

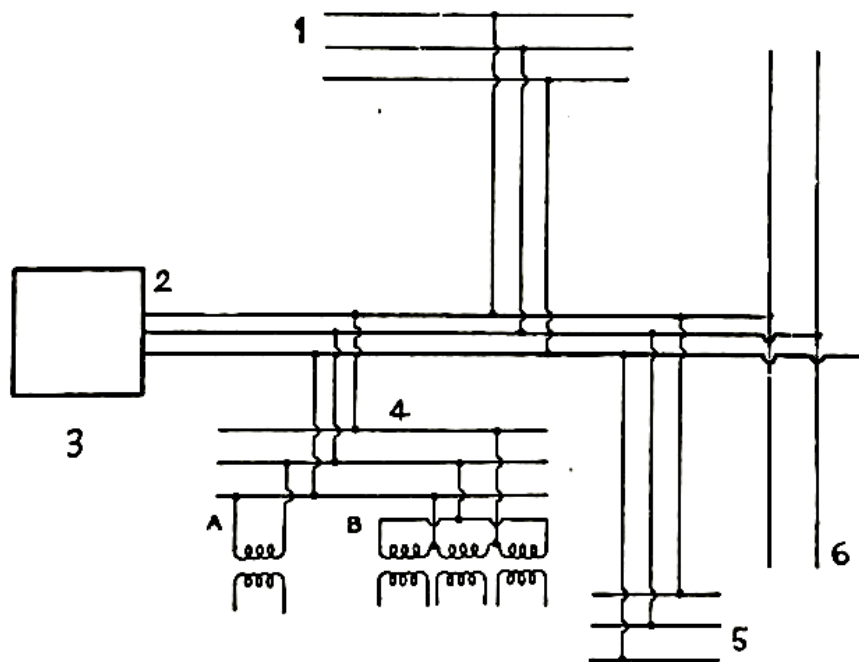
Los transformadores que suministran la energía a los sistemas de este tipo pueden tener sus secundarios conectados en estrella con el neutro a tierra y el cuarto conductor parte desde esta conexión neutra. Con esta conexión si el voltaje entre fases es 4000 voltios, el voltaje entre una fase cualquiera y el conductor neutro será un poco mayor de 2300 voltios. Luego, utilizando transformadores reductores con una relación de 10:1 y secundarios divididos, pueden reducirse los 2300 voltios para el consumidor a 115 y 230 voltios para la interconexión del secundario.

Por otro lado, si utilizamos transformadores ordinarios de 2300 voltios con una relación de distribución de 5:1 con los primarios conectados en triángulo, se tendrá 460 voltios para alimentar instalaciones de fuerza.

Alimentador y línea principal

Los sistemas de distribución utilizan la estructura de alimentadores y líneas principales para transportar y distribuir la energía eléctrica de manera eficiente desde las subestaciones hasta los consumidores como se indica en la figura 2.14.

Figura 14 Esquema de un sistema de distribución a base de alimentadores y líneas principales.



Fuente: (COYNE Electricidad práctica aplicada Tomo III)

La figura 2.14 esquemas; 1. Línea principal. 2. Alimentador. 3. Subestación. 4. Línea principal. 5. Línea principal. 6. Línea principal.

Sistemas con puesta a tierra

Algunas compañías de servicio público prefieren utilizar sistemas de distribución puestos a tierra, mientras otras prefieren los sistemas sin tierra. Cada sistema tiene sus ventajas y sus inconvenientes propios.

En los sistemas conectados a tierra, hay pocas probabilidades de que el voltaje primario origine accidentes o dificultades en las líneas secundarias, debido a la tendencia de este voltaje elevado a dirigirse primero a tierra en el caso de ocurrir algún defecto y, por consiguiente, hace saltar los fusibles primarios debido al corto circuito que se forma. Después hay que localizar el corto circuito y hacerlo desaparecer antes de volver a dar la corriente a la línea.

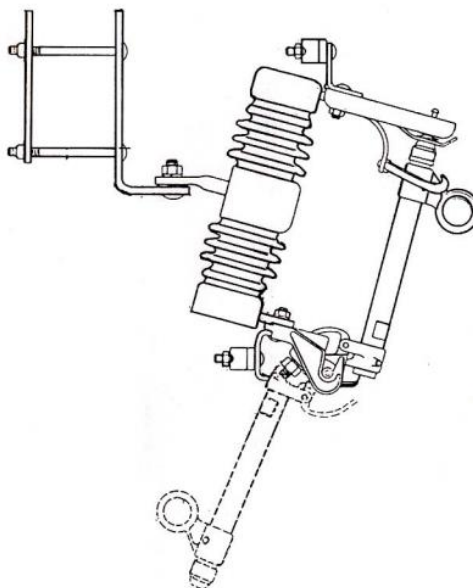
En los sistemas no puestos a tierra no es necesario cortar la corriente si se produce una tierra, ya que los motores seguirán funcionando, aun cuando uno de los conductores de línea haga tierra. Cuando se observa la tierra, puede localizarse y repararse el desperfecto después, en algún momento más conveniente en que pueda interrumpirse la corriente con la molestia mínima para los abonados. Si bien este sistema sin tierra puede a menudo proporcionar un servicio más continuo, posee el inconveniente de ofrecer un peligro mayor a consecuencia de que el alto voltaje del primario pueda ser aplicado al secundario si fallara el aislamiento de los transformadores.

El conductor neutro de un sistema trifásico de cuatro conductores se pone a menudo a tierra en otros puntos además de en el transformador, con el fin de proporcionar la máxima seguridad teniendo más de una tierra, de modo que en caso de avería en una de ellas hay siempre la confianza de contar en todo momento con alguna otra tierra de baja resistencia.

Seccionador Fusible.

Un seccionador fusible es un dispositivo de protección y maniobra utilizado comúnmente en sistemas eléctricos de media y alta tensión. Combina las funciones de un seccionador y un fusible, véase Figura 2.15.

Figura 15 Seccionador Fusible.



Fuente: (CRE, cooperativa Rural de Electrificación)

La función del seccionador es permitir interrumpir manualmente el flujo de corriente en un circuito, proporcionando un punto visible de separación para aislamiento eléctrico y seguridad durante el mantenimiento o la reparación. Mientras que el fusible está diseñado para fundirse en caso de sobrecorrientes o cortocircuitos, protegiendo así el resto del sistema de daños.

Los seccionadores fusibles deben ofrecer datos de placas legibles, incluyendo las siguientes identificaciones:

- a. Nombre del fabricante
- b. Tipo de seccionador
- c. Corriente nominal (A)
- d. Tensión máxima (KV)
- e. BIL (KV)
- f. Año de fabricación
- g. Nombre de la CRE

Condición de utilización.

Los seccionadores fusibles diseñados para redes aéreas de media tensión y puestos de transformación cumplen una función esencial en la protección y maniobra de circuitos eléctricos en sistemas de distribución.

Está equipado con abrazaderas de soporte diseñadas específicamente para ser instaladas en crucetas con dimensiones estándar de 3" $\frac{3}{4}$ " x 4" $\frac{3}{4}$ " x 8" estas abrazaderas aseguran estabilidad y durabilidad en la instalación.

El portafusible tiene un mecanismo para ser operado con pértigas, garantizando seguridad al operador durante maniobras en tensión, donde permite la fácil inserción y extracción de los fusibles para mantenimiento o reposición.

Están fabricados con materiales resistentes a la corrosión, como acero galvanizado, aleaciones de aluminio o compuesto de poliméricos. Equipado con un gancho ojal que facilita el uso de herramientas de apertura bajo carga para realizar maniobras seguras sin necesidad de interrumpir todo el suministro.

Condiciones específicas del material

Aislador: La recomendación de que el aislador sea de porcelana vitrificada y de color gris suele estar relacionada con ciertas propiedades deseadas en aplicaciones de transmisión y distribución eléctrica.

Partes metálicas conductoras: Los conectores de tipo paralelo con pernos son una opción versátil y confiable para unir conductores de cobre y aluminio, de calibre #4 a #4/0 AWG (21.13 mm² a 107.20 mm²)

Partes metálicas no conductoras: La selección de materiales como acero inoxidable y acero carbono SAE 1010 o 1020 revestido con zinc para los componentes mecánicos y estructurales tiene razones técnicas sólidas y específicas para garantizar el desempeño y la durabilidad del sistema.

Portafusible: La especificación del portafusible en materiales como fibra de vidrio o resina fenólica de alta resistencia mecánica, con una capa de protección UV, tiene

fundamentos técnicos importantes que garantizan su desempeño en aplicaciones eléctricas exigentes.

Características mecánicas

Los ensayos mecánicos son cruciales para garantizar la calidad y la fiabilidad de los seccionadores en condiciones normales de operación. Aquí algunos puntos clave a considerar al ejecutar estos ensayos:

Ensayo de Operación (Cierre y Apertura): Deben realizarse 50 operaciones en condiciones controladas, verificando que todos los componentes móviles se desplacen de forma suave y sin resistencia anómala. Después de las operaciones, inspeccionar visualmente y con instrumentos de medición para detectar desgaste, deformaciones o anomalías.

Esfuerzo de Tracción en Ganchos: El esfuerzo de 200 dN (decinewtons) debe aplicarse gradualmente con un dinamómetro calibrado para evitar impactos que puedan alterar el ensayo. Es importante que la fuerza se aplique perpendicularmente al eje del aislador para simular adecuadamente las condiciones reales de operación. Y luego verificamos si hay fisuras, deformaciones permanentes o pérdida de funcionalidad en los ganchos.

Torque en Pernos de Conectores: Debemos cumplir con los valores de torque especificados en la norma NEMA CC1, utilizando llaves dinamométricas calibradas, observando si hay fallas en las roscas o deformaciones en los pernos, y registrando los valores exactos de torque aplicados en cada conector para garantizar trazabilidad.

Características eléctricas

Para garantizar que el seccionador fusible cumpla con los valores especificados, se deben evaluar y verificar la tabla 2.2.

Tabla 2 Características Eléctricas

TENSION NOMINAL SISTEMA KV	TENSION MAX. SEC. KV eficaz	FRECUENCIA HZ	CORRIEN. NOMINAL (A)	Corriente soporte de corta duración KA ef.		TENSION SOPORTE NOMINAL				COD CRE
						Impulso Atmosf. KV crest		Frecue. Ind. En seco KV crest		
				Simetri.	Asimetri.	Tierra- Termi	Termi- Termi	Tierra- Termi	Termi- Termi	
10.5	15	50	100	7.10	10.00	95	95	35	35	430
13.8	15	60	100	7.10	10.00	95	95	35	35	430
24.9	27	50	100	5.60	8.00	125	125	42	42	431
34.5	27	50	100	5.60	8.00	150	150	50	50	442

Fuente: (CRE, cooperativa Rural de Electrificación)

Restaurador para líneas de distribución

Un restaurador de media tensión Figura 2.16, es un equipo clave en las redes de distribución eléctrica. La principal función es trabajar como un dispositivo de protección y seccionamiento autocontrolado, su característica es:

- Desconectar automáticamente las secciones afectadas de la red al detectar una avería, como por ejemplo un cortocircuito transitorio o permanente.
- Reconectar automáticamente aquellas mismas secciones después de un lazo pequeño de tiempo si la falla es transitoria, desde luego reduciendo interrupciones de largo tiempo del suministro eléctrico.

Aquel mecanismo es especialmente apropiado para contender con fallas transitorias, como las motivadas por las ramas de árboles o aves, que suelen desaparecer después de unos segundos. Y gracias a su habilidad de intervenir automáticamente, los recloser llamados comúnmente en inglés, minimizan el tiempo de interrupción y aumenta la confiabilidad y eficiencia del sistema eléctrico.

Figura 16 Restaurador eléctrico para sistemas desde 15.5 hasta 38 KV.



Fuente: (iTepeyac.com)

¿Cómo trabaja un restaurador eléctrico?

Particularmente el restaurador trifásico en las redes de distribución trifásica, están diseñados para ejecutar fallas y a su vez también de garantizar la continuidad del servicio. De acuerdo a la teoría su trabajo se basa en una secuencia de operaciones de cierre y apertura que permite:

- Detecta la sobrecorriente e interrumpe la falla ante daños mayores en el sistema, donde el restaurador abre el circuito.
- Si la falla es breve el restaurador cierra nuevamente el circuito tras un pequeño intervalo de tiempo.
- Si la falla es permanente después de varios intentos, el restaurador se quedará en posición abierta para la protección del sistema e intervenir manual o remotamente.

¿Qué clases de restauradores tenemos?

Los restauradores eléctricos se clasifican según su principio, como el tipo de mecanismo de montaje, método de operación, el medio de extinción del arco y su

configuración de fase, a continuación, tendremos las principales clases de restauradores:

Tenemos de acuerdo a su mecanismo de montaje:

1. Restaurador tipo poste
2. Restaurador tipo subestación
3. Restaurador tipo pedestal

En vista a su método de operación:

1. Electromecánicos: Aquellos tienen como base las solenoides y resortes.
2. Electrónicos: Incorporan tecnología de control microprocesado para medir, proteger y controlar, dando una precisión de flexibilidad ante los registros de datos

El método de extinción del arco:

1. De vacío: Utilizan cámaras de vacío para extinguir el arco eléctrico, ideales para redes de media tensión con una larga vida útil, bajo mantenimiento y alta capacidad de interrupción.
2. De aceite: Se usa el aceite dieléctrico para enfriar y apagar el arco, muy poco se usan debido a problemas ambientales y de mantenimiento.
3. De gas SF₆: Este método utiliza el hexafluoruro de azufre como medio de finalizar el arco, tiene un excelente aislamiento y su uso es limitado también por preocupaciones ambientales debido al impacto del SF₆ como gas de efecto invernadero.

Y basándose en su configuración de fase:

1. Restauradores trifásicos: Son los más comunes y se instalan en redes de distribución y en este tema investigativo lo estudiaremos como restauradores de acometida de media tensión.
2. Restauradores monofásicos: Se emplean en sitios donde las cargas son bajas, como en zonas rurales.

¿Cuáles son las partes de un restaurador eléctrico?

Un restaurado eléctrico está constituido por diferentes partes esenciales que trabajan en conjunto para detectar fallas, interrumpir el circuito, y restaurar el suministro de manera automática, describiré las partes principales:

- Contactos principales
- Medio aislante
- Medio de interrupción
- Aislamiento externo
- TC's
- Sensores de voltaje
- Mecanismo de operación
- Tanque
- Estructura base soporte.
- Control del restaurador

¿Qué fundamentos hay que constar al elegir un restaurador?

Comencemos con:

Capacidad técnica: Desde su nivel de tensión nominal, capacidad de corriente nominal, capacidad de interrupción, secuencia de operación, acoplamiento con otros dispositivos.

Resistencia y durabilidad: El restaurador eléctrico debe tener materiales anticorrosivos, cubiertas resistentes a la radiación UV, sellos herméticos o presurizados para proteger a los componentes.

Características ambientales: Garantizar que el restaurador pueda operar a rangos de temperaturas típicos de la zona, resistencia a contaminantes como el polvo, su grado de hermeticidad como IP67 o superior para resistir el agua y polvo.

Seguridad y mantenimiento: Evitar operaciones accidentales durante el mantenimiento con sistemas de enclavamiento, mecanismo de operación manual,

visibilidad del estado con indicadores claros para conocer si esta abierto o cerrado y su facilidad de mantenimiento.

Compatibilidad con sistemas de control y monitoreo: Protocolos de interfaz de comunicación para integración con sistemas SCADA, registro y almacenamiento de eventos como; disparos, corrientes de falla y ciclos de operación.

Aspectos de instalación: Concretar de que los terminales y conductores estén compatibles con los estándares de la red, un buen soporte estructural para fuerzas mecánicas y ubicación estratégica.

Certificaciones y normas: Y culminamos cumpliendo estándares internacionales como IEC, ANSI/IEEE, o normativas locales, dando fiabilidad que los materiales tengan regulaciones ambientales.

Transformador

Un transformador es un dispositivo por medio del cual pueden aumentarse o disminuirse, según se desee, los voltajes alternos. Cuando se aumente o disminuye el voltaje de un circuito por medio de un transformador, su capacidad en cuanto a la intensidad de corriente que ha de soportar suele variarse en orden contrario en la misma proporción.

Si elevamos el voltaje se reduce la intensidad de la corriente y si disminuimos el voltaje se aumenta la intensidad. Por ejemplo, si suponemos un circuito con 5000 vatios a 100 voltios, la intensidad en este caso será $W:E$, o sea, 5000:100, que es igual a 50 amperios de intensidad de corriente.

Si elevamos el voltaje de este mismo circuito a 1000 voltios, la intensidad de corriente necesaria para desarrollar la misma potencia será entonces 5000:1000, o sea, 5 amperios.

Es fácil ver que puede emplearse un conductor mucho más delgado para transmitir los 5 amperios del que se necesitaría para 50 amperios, de modo que puede

transmitirse la misma cantidad de energía por conductores más delgados cuando se emplean un voltaje más alto. Siempre que hay que transmitir una gran cantidad de energía a algún punto lejano, se eleva el voltaje por medio de transformadores hasta alguno de los altos voltajes estándares y de esta manera se reduce la intensidad de la corriente necesaria en la proporción inversa correspondiente.

Por lo expuesto, es posible emplear una cantidad mucho menor de cobre en los conductores y que las líneas de transmisión funcionen con un cierto porcentaje económico de pérdidas.

Por ejemplo 50000 KW. pueden transmitirse a muchos kilómetros de distancia con un potencial de 100000 voltios por un conductor de cobre de un diámetro inferior a 2,5 cm.; pero si hubiera que transmitir esta misma cantidad de energía a 500 voltios, se necesitaría esta misma cantidad de energía a 500 voltios, se necesitaría un conductor de más de 30 cm. de diámetro para conducir la misma corriente con la misma pérdida.

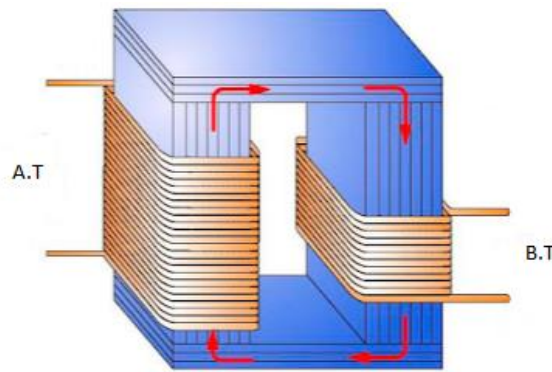
Los transformadores son de los aparatos eléctricos más eficientes del equipo eléctrico de que disponemos; los rendimientos de algunos de los tamaños mayores exceden de 99%. Esos elevados rendimientos pueden obtenerse porque el transformador no tiene partes móviles ni que se desgasten y por lo tanto no hay pérdidas mecánicas o por rozamiento.

Por esta razón, los transformadores muy pocos cuidados y atenciones, salvo mantener el aislamiento y enfriamiento adecuados de sus arrollamientos.

Tipos de transformadores

El transformador se compone principalmente de un núcleo de hierro que proporciona una trayectoria para el flujo magnético y sobre el cual están colocados sus dos arrollamientos, uno llamado arrollamiento de alta tensión y el otro arrollamiento de baja tensión, véase Figura 2.17. El arrollamiento de alta tensión (A.T) tiene el mayor número de vueltas, y el arrollamiento de baja tensión (B.T) es el que tiene el número de vueltas menor.

Figura 17 Núcleo y arrollamiento de un transformador sencillo. El arrollamiento de la izquierda, con mayor número de vueltas, es el de alta tensión, y el de la derecha de baja tensión.



Fuente: (Xelectronica Arduino V)

Hay varios tipos comunes de transformadores y se clasifican por la manera como está construido su núcleo. Estos tipos son el de núcleo, el acorazado y el distribuido.

Pérdidas en los transformadores

Aunque los transformadores son aparatos de muy buen rendimiento, tienen ciertas pérdidas pequeñas que se producen dentro de sus arrollamientos y sus núcleos durante el funcionamiento. Esas pérdidas suelen llamarse comúnmente pérdidas en el cobre y pérdidas en el núcleo.

La pérdida en el cobre se debe a la resistencia de las bobinas que hace que se transforme en calor dentro de los arrollamientos una cierta proporción de la energía. Esta pérdida es proporcional al cuadrado de la intensidad de la corriente que circula por los arrollamientos y, por consiguiente, es aproximadamente cero en vacío y máxima para la plena carga.

La pérdida en el núcleo consiste en las pérdidas por corrientes parásitas, o de Foucault, y las pérdidas por histéresis que se producen en el núcleo por el flujo magnético al invertir su sentido. Se recordará las corrientes parásitas son corrientes de corto circuito y bajo voltaje que circulan en diferentes superficies del núcleo debido a las líneas de fuerza magnética que cortan la masa del núcleo con intensidades

variables. Estas corrientes parásitas se reducen y se mantienen en un valor mínimo gracias a la construcción laminar del núcleo.

Las pérdidas por histéresis se deben a la inversión de las cargas magnéticas de las moléculas del hierro, ya que el flujo alternante invierte continuamente su sentido en el núcleo. Esta pérdida tiende también a producir una cierta cantidad de calor que eleva la temperatura del núcleo.

Relación de transformación y voltajes del secundario

Cuanto mayor sea el número de vueltas o espiras en el arrollamiento secundario de un transformador, tanto mayor será el voltaje inducido en este arrollamiento.

Por ejemplo, si en el arrollamiento primario del transformador de la Figura 2.17 tiene cincuenta vueltas y el arrollamiento secundario tiene cien vueltas, el transformador será un transformador elevador de voltaje con una razón de 1 a 2.

La primera cifra de relación de un transformador se refiere siempre al primario y la segunda cifra al número proporcional a las vueltas del secundario.

En otro caso, tenemos un transformador reductor de voltaje con un arrollamiento primario de 1000 vueltas y un arrollamiento del secundario de 100 vueltas, la relación de este transformador se expresaría bajo la forma 10:1; y si aplicamos 2200 voltios al primario, el secundario produciría 220 voltios.

Veamos, pues, por aquellos ejemplos, que puede aplicarse la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Vueltas del primario}}{\text{Vueltas del secundario}} = \frac{\text{Voltaje del primario}}{\text{Voltaje del secundario}}$$

O sea, en el caso del transformador que acabamos de mencionar,

$$\frac{1000}{100} = \frac{2200}{220}$$

Para hallar el voltaje secundario de un transformador elevador o reductor del voltaje, se divide el voltaje primario por la relación entre las vueltas del primario a las vueltas del secundario:

$$E \text{ secundario} = \frac{E \text{ primario} \times \text{último número de vueltas}}{\text{primer número de la relación}}$$

Por ejemplo, si se aplican 100 voltios al primario de un transformador elevador de voltaje con una relación de transformación de 1 a 10, el voltaje secundario será $(100 \times 10):1 = 1000$ voltios. Si, en otro caso, es un transformador reductor de voltaje con una relación de 20 a 1 se aplican al primario 2200 voltios, el voltaje secundario será $(2200 \times 1):20 = 110$ voltios.

Potencia producida en la salida de los transformadores

Si un transformador tuviera un rendimiento de 100%, el número de KVA obtenidos del secundario sería siempre el mismo que el suministrado al primario, independientemente de la reducción o el aumento del voltaje y claro ningún transformador puede tener un rendimiento del 100%.

Si un transformador elevador de voltaje produce en el secundario un voltaje diez veces mayor que el voltaje aplicado al primario la intensidad de la corriente de plena carga en el arrollamiento secundario será exactamente la décima parte de la del arrollamiento primario.

Por ejemplo, si aplicamos 200 voltios y 50 amperios al primario de un transformador de 10 KVA con una razón de 1 a 10, y aumenta el voltaje diez veces, o sea, que se obtienen en el secundario 2000 voltios, la corriente de plena carga del secundario será entonces 5 amperios.

Si multiplicamos en cada caso los voltios por los amperios, hallamos el mismo número de voltamperios, o KVA, en el secundario y en el primario. El voltaje primario multiplicado por la intensidad de la corriente primaria dará:

$$200 \times 50 = 10000 \text{ voltamperios, o sea, } 10 \text{ KVA}$$

Los voltios del secundario multiplicados por los amperios del secundario darán:

$$200 \times 5 = 10000 \text{ voltamperios, o sea, 10 KVA como antes}$$

Entonces es cierto que el arrollamiento de alto voltaje de un transformador cualquiera puede hacerse con un conductor de una sección proporcionalmente menor, según la relación que existe entre el arrollamiento de alta tensión y el de baja tensión. Por lo relacionado, el arrollamiento de alta tensión de un transformador cualquiera es siempre el que tiene el conductor más delgado y el mayor número de vueltas; en tanto que el arrollamiento de baja tensión es el que está hecho con un conductor más grueso y un número menor de vueltas.

Puesto que el factor de potencia no interviene en la fijación de los KVA nominales de un transformador ni en el cálculo de los voltamperios, es fácil averiguar la intensidad nominal de la corriente del arrollamiento de un transformador cualquiera, dividiendo simplemente los voltamperios por el voltaje de ese arrollamiento.

Un voltamperio equivale a un vatio de potencia aparente. Por ejemplo, si tenemos un transformador de 10 KVA con una relación de transformación de 5 a 1, y un voltaje primario de 550, el voltaje secundario sería 110 voltios. Si multiplicamos por 1000 los 10 KVA nominales, obtenemos 10000 voltamperios. La intensidad de la corriente primaria será entonces $10000:550=18,2$ amperios; y la intensidad secundaria será $10000:110=91$ amperios.

Si el factor de potencia de un transformador fuera el 100% obtendríamos el mismo número de KW de potencia real de los KVA nominales del transformador; sin embargo, el factor de potencia de un transformador y de la carga a él unida suele ser bastante inferior a 100%; de modo que es a menudo posible que un transformador de 10 KVA esté trabajando a plena carga y que, no obstante, sólo suministre de 5 a 8 KW.

Esta es la razón por la cual la capacidad nominal de los transformadores se indica siempre en KVA.

Tablero Eléctrico

En varias instalaciones industriales o comerciales el uso de la energía eléctrica es necesario. La frecuencia de servicio y la calidad de la energía consumida por las máquinas o sistemas de iluminación son importantes para lograr objetivos deseados de producción o su necesidad en particular.

Un tablero eléctrico es una caja metálica que engloba, los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, teniendo sus guardas y soportes metálicos, para una operación ideal dentro de una red eléctrica.

La construcción e instalación de un tablero eléctrico requiere afirmar diseños y normativas que establezcan un espléndido funcionamiento una vez energizado, siempre garantizando la seguridad de los operadores y de los cuartos de fuerza.

Las protecciones eléctricas, como los instrumentos de medición y de control, se instalan comúnmente en tableros eléctricos, por supuesto debemos de tener una teoría de conexión y son:

- Diagrama unifilar
- Diagrama de control
- Diagrama de interconexión

Unidades de mando y señalización

Para controlar y supervisar el funcionamiento de un proceso implica una buena comunicación entre hombre y máquina, con una capacidad para comprender los acontecimientos y responder de una manera eficaz a la respuesta de un imprevisto.

Pilotos y pulsadores: Los pulsadores son mandos para la función de marcha y parada de máquinas, pero a su vez como un circuito de seguridad como la parada de

emergencia, mientras que las luces son un punto de señalización ante los eventos de operación.

Figura 18 Luces pilotos y pulsadores.



Fuente: (es.scribd.com)

La Norma IEC 60204-1 dicta el código de colores para los visualizadores y los pilotos, por ejemplo:

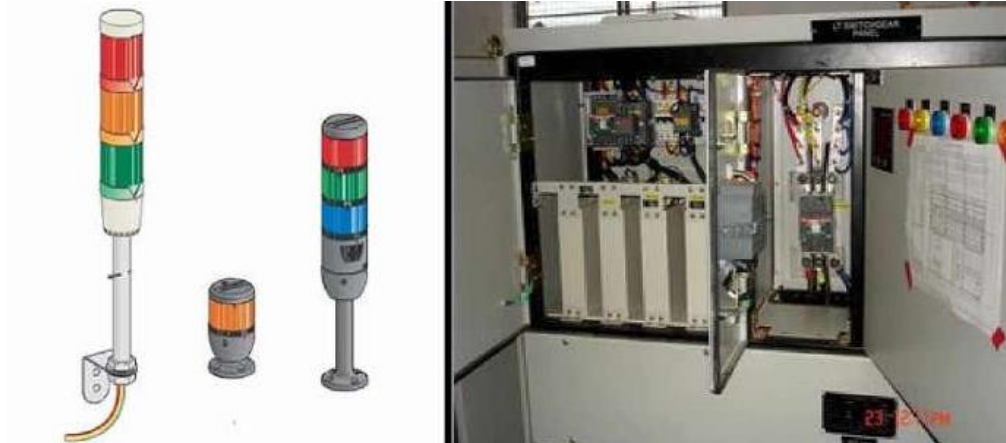
- Piloto rojo: Emergencia-condición peligrosa que requiere una acción inmediata como (presión fuera de los límites, sobre recorrido, rotura de acoplamiento, etc.)
- Piloto amarillo: Anormal-condición anormal que puede llevar a una situación peligrosa (activación de una protección, etc.)
- Piloto blanco: Neutro-información general (presencia de tensión de red, etc.)
- Pulsador rojo: Emergencia-acción en caso de peligro (paro de emergencia, etc.)
- Pulsador amarillo: Anormal-acción en caso de condiciones anormales (poner de nuevo en marcha un ciclo automático interrumpido, etc.)

Balizas y columnas luminosas

Son elementos de visualización de alerta ante alguna falla o evento importante de un proceso determinado. En este caso la baliza es un único elemento luminoso, mientras que las columnas son varios elementos luminosos y casi siempre con un avisador acústico.

La norma IEC 60204-1 establece los códigos de colores correspondientes a los mensajes que deben ser indicados:

Figura 19 Balizas y columnas luminosas.



Fuente: (es.scribd.com)

Señalización luminosa:

- Rojo: urgencia (acción inmediata requerida)
- Amarillo / Naranja: anomalía (chequeo y/o intervención requerida)
- Verde: funcionamiento normal (opcional)
- Azul: acción obligatoria (acción del operador requerida)
- Blanco: chequeo (opcional)

Partes y piezas de un tablero eléctrico

Elementos físicos:

- Láminas o chapas de hierro o acero
- Envoltente
- Soporte
- Compartimentos
- Caja de control
- Cubículos
- Barras de aluminio o de cobre
- Barra colectora o principal
- Barra secundaria o de distribución
- Barra de neutro

- Barra de tierra

Tornillería:

- Unión de chapas exteriores
- Fijación de barras
- Fijación de aisladores
- Fijación de soportes
- Fijación de equipos

Otros elementos:

- Aisladores de fibra o baquelita
- Soportes de barras y aisladores
- Cerraduras y accionamientos
- Cableado

Componentes y aparatos eléctricos:

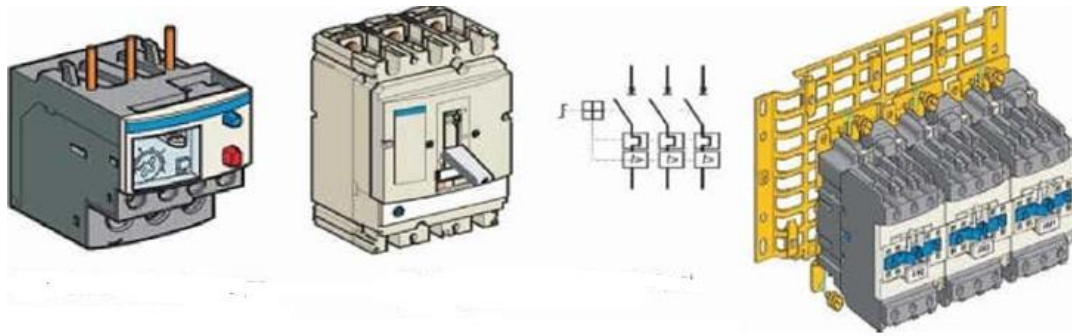
Baja tensión:

- Interruptores miniaturas
- Interruptores de caja moldeada y de potencia
- Contactores y relés de sobrecarga
- Luces pilotos y señalización
- Equipos de medición

Media y alta tensión:

- Interruptores de potencia
- Seccionadores de fuerza y de tierra
- Arrancadores en media tensión
- Relés de medición y protección

Figura 20 Componentes de baja y media tensión.



Fuente: (es.scribd.com)

Normas aplicables en la fabricación de tableros eléctricos

- Normativa Interna de la Planta
- Normativa Covenin 200 – Código eléctrico nacional
- Normativa Intevep
- National Electric Code (NEC)
- ANSI Standards: American National Standards Institute
- OSHA: Occupational Safety and Health Administration
- IEC: International Electric Codes
- NEMA, UL Laboratory
- ANSI/NFPA 70B: Electrical Equipment Maintenance

Clasificación de los tableros según su función o aplicación

- Tablero Residencial o Centro de Carga (TR)
- Centro de Distribución de Potencia (CDP)
- Centro de Fuerza (CDF)
- Centro de Control de Motores (CCM)
- Tableros de Distribución (TD)
- Tableros de alumbrado (TA)
- Consolas y Pupitres de Mando (CPM)
- Celdas de Seccionamiento (CSEC)
- Subestaciones (S/E)

Tipos de tableros eléctricos

Depende con la ubicación en las instalaciones, los tableros eléctricos acogen las denominaciones presentes:

Figura 21 Tablero general vs. Tablero de distribución.



Fuente: (es.scribd.com)

Caja o gabinete individual de medidor: Es la caja donde llega el tendido de alimentación y además tiene el medidor de energía conllevando el circuito principal. Por otro lado, también puede acoger, medios de maniobra, protección y control del circuito de alimentación

Tablero principal de distribución: Conecta la línea principal y comprende el interruptor principal, donde se deducen los circuitos secundarios.

Tablero o gabinete colectivo de medidores: En este tablero llega el circuito de alimentación y distribuye los medidores de energía con sus circuitos principales cada uno de ellos. También es permisible contener los dispositivos de maniobra, protección y control del circuito de alimentación, además de los interruptores principales de la propiedad.

Tablero secundario de distribución: Se acopla al tablero principal, con determinadas jerarquías de instalación.

Grados de protección contra las influencias del medio ambiente

- Grados de protección según NEMA (COVE NIN/EC)
- NEMA 1: Uso interior, protección contra equipos cerrados. (IP-20, IP-30)
- NEMA 2: Uso interior, protección contra equipos cerrados y una cantidad limitada de gotas de agua. (IP-21, IP-31)
- NEMA 3 (3R), (3S): Uso exterior, intemperie, protección contra contacto con equipos cerrados, contra polvo soplado por viento, lluvia, lluvia con nieve y resistencia contra la corrosión (IP-54)
- NEMA 4 (4X): Uso interior y exterior, intemperie, protección contra contacto con equipos cerrados, contra polvo soplado por viento, lluvia, chorros fuertes de agua. No prevista protección contra congelamiento interno (IP-66)
- NEMA 5: Uso interior, protección contra equipos cerrados, partículas de polvo flotando en el aire, mugre y gotas de equipos no corrosivos.
- NEMA 6 (6P): Uso interior o exterior, protección contra equipos cerrados, contra inmersión limitada (prolongada) en agua y contra acumulación de hielo.
- NEMA 7: Uso interior, clasificados como Clase I. A prueba de explosión, debe ser capaces de resistir mezcla de gas y aire explosiva.
- NEMA 8: Uso interior, clasificados como Clase I. A prueba de explosión, contactos aislados en aceite.
- NEMA 9: Uso exterior, clasificados como Clase II. A prueba de explosión, debe ser capaces de resistir la mezcla de gas y aire explosiva. Además, debe evitar la penetración de polvo.
- NEMA 10: Exterior, explosión, minas.
- NEMA 11: Interior, protección contra líquidos corrosivos.
- NEMA 12: Interior, líquido no corrosivo, ambiente industrial. Protección contra goteo y polvo. (IP-52)
- NEMA 12K: Idem a la anterior con Knock-Outs.
- NEMA 13: Polvo, agua rociada y refrigerantes no corrosivos.

Diseño del tablero de media tensión

Para diseñar tableros, debemos de saber especificaciones y normativas que sean fiables hacia la continuidad del servicio y protección del tablero y del personal a cargo.

Tenemos que saber el costo del mismo y la inversión de construcción para su metodología. Veamos los factores a tomar en cuenta:

- Potencia a manejar; tensión nominal, corriente nominal, capacidad de cortocircuito.
- Sistema de control de los aparatos.
- Inversión vs. Manos de obra
- Política de mantenimiento; correctivo, preventivo y predictivo.
- Seguridad de las instalaciones y operaciones.
- Facilidad de expansión.

Tipos de ensayos en los tableros

Certificados por laboratorios externos:

- Ensayos dieléctricos: Frecuencia industrial, nivel básico de aislamiento o impulso eléctrico.
- Ensayos térmicos: Aumento de temperatura.
- Ensayo de cortocircuito: Poder de corte, poder de cierre.
- Grados de protección
- Maniobras mecánicas

Elementos de protección

Se encuentran numerosos modos de protección, así como una variedad de dispositivos, la siguiente tabla son los que se utilizan comúnmente:

Tabla 3 Elementos de protección

Producto ---- --- Función	Contacto	Arranque Suave	Variador Velocidad	Relé de Sobrecarga	Protección Extra	Fusible	Interruptor de carga	Interruptor con Fusible	Disyuntor de Línea	Guarda Motor	Arrancador Controlador
Desconexión											
Capacidad de corte											
Protección cortocircuito											
Sobrecarga											
Funciones adicionales											
Conmutación (arranque directo)											
Arranque suave											
Variación de velocidad											

Fuente: (es.scribd.com)

PowerLogic o Central de medida

El PowerLogic es una central de medida que medirá la energía, la potencia activa y reactiva, la tensión, la intensidad, la frecuencia, el factor de potencia y hasta el armónico de orden 63, además tiene una memoria de 1,1 megabytes para un rango máximo de 14 parámetros de elegir con intervalo y duración configurables. Por otro lado, la central de medida también integra la supervisión directa de la intensidad del neutro. Este medidor trabajará en una red de 50 Hz o 60 Hz y admite tensiones de alimentación de 1 a 480 VCA y de 125 a 250 VCC. El medidor soporta una corriente nominal de 1A o 5A en fase única y neutra, de fase triple o de fase triple y neutra. El intervalo de conteo entre fases es de 20 a 690 V. de corriente alterna a 45 y 65 Hz. El intervalo de medición entre fase y neutro es de 20 a 400 VCA así mismo de 45 a 65 Hz. Los reglamentos de comunicación son Modbus RTU y ASCII 2 hilos con aporte de puerto RS485 más Modbus TCP/IP, Ethernet/IP y BACnet/IP basados en 10/100 Mbitt/s, Ethernet de conexión tipo margarita con soporte de puerto RJ45. El potencial de comunicación permite la coincidencia con el protocolo DNP 3,0 el acercamiento a un servidor web admitido y un viaducto de serie Ethernet. Esta central de medida también contribuye con cuatro entradas digitales coincidentes con WAGES y dos salidas digitales. Prevalecen 52 alarmas configurables y reciben ocho programaciones de tarifas.

Herramientas de visualización y análisis de datos

Experto en monitoreo de energía: Las aplicaciones de diligencia de energía son supervisadas con un completo paquete de software que agrupa y dispone los datos recopilados desde la red eléctrica de su instalación y los relaciona en un perfil de información descriptiva y actuable a través de una interfaz web intuitiva.

El monitoreo de energía se enlaza con dispositivos en la red para suministrar las posteriores atribuciones:

- Supervisión en tiempo real a través de un portal web multiusuario
- Gráficos de tendencias
- Análisis de la calidad de la energía eléctrica y supervisión del acatamiento
- Notificaciones ajustadas a la configuración del usuario

Funcionamiento de SCADA de alimentación: En las grandes instalaciones como hospitales, industrias, edificios, etc. Satisface, supervisa y controla integralmente en tiempo real, los siguientes cometidos:

- Supervisión del sistema
- Búsqueda de eventos y captura de formas de onda
- Personalización de alarmas desde un ordenador

Operación de infraestructuras: En la energía, iluminación, seguridad contra incendios y climatización, supervisa compatiblemente con los primordiales estándares de comunicación relativos al encargo de la automatización y seguridad de edificios, incluidos TCP/IP, LonWorks, BACnet, Modbus y Ethernet.

Interfaz de comandos Modbus: El protocolo modbus se utiliza considerablemente para sistemas de automatización industrial. Autoriza la comunicación entre sensores, controladores lógicos programables (PLC) y computadores, utilizando una relación maestro-esclavo. Desde aquel punto los datos en tiempo real y registrados en la central, como la configuración básica y la configuración de las responsabilidades de la central de medida, pueden accederse y programarse utilizando la interfaz de comandos Modbus.

Centrales de medidas habilitadas para el escaneado de códigos QR: La misión del código QR es proyectar datos de la central de medidas a través de la página web de Meter Insights escaneando el código QR que aparece en la pantalla de la central de medida, navegando desde un smartphone o tableta. Además, Meter Insights logra guardar las derivaciones de sus exploraciones, estableciendo mirar:

- Patrones de uso de energía detallados
- Tendencias de consumo energético
- Alarmas de posibles problemas

Meter Insights visualiza notificaciones de potenciales complicaciones de la estructuración de la central de medida o de la red eléctrica y acerca de las posibles modernizaciones, además también se da de compartir la información con el círculo de eléctricos y ejecutar informes guardados.

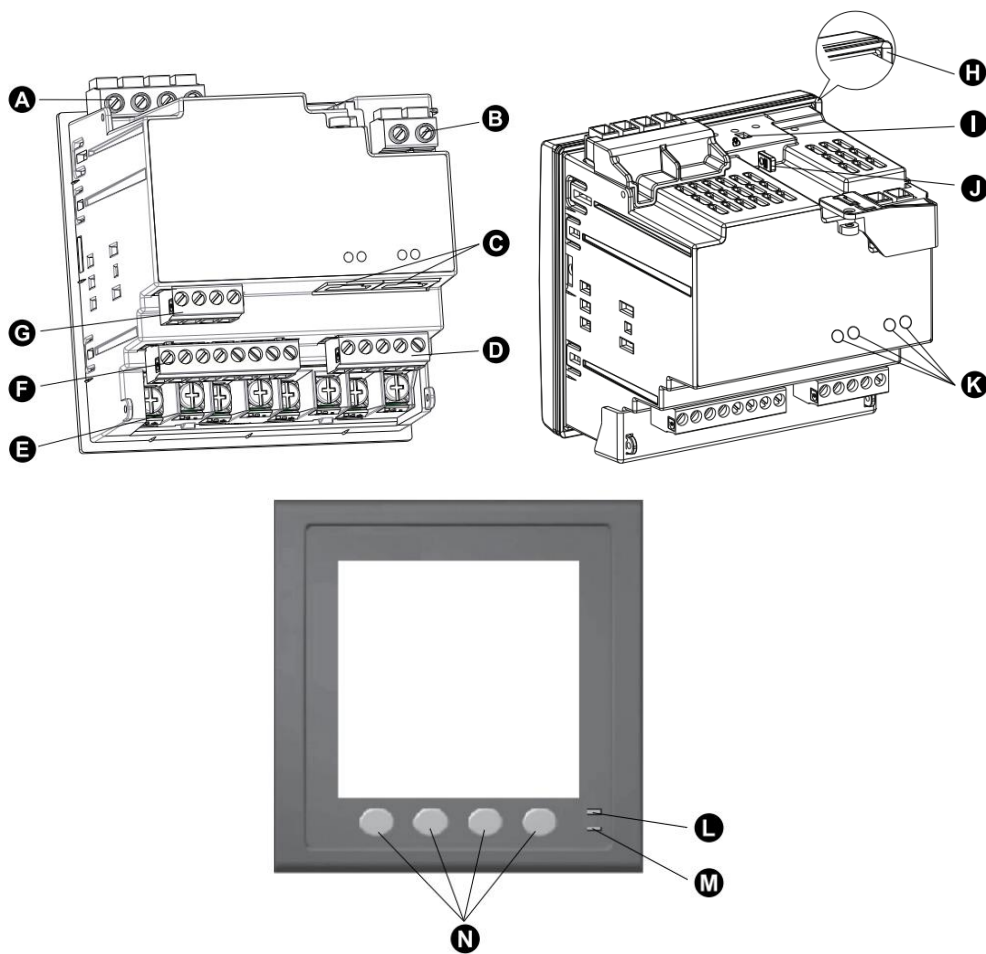
Configuración del medidor: EL medidor se puede configurar a través de la pantalla, o de las páginas web del medidor o ION Setup.

ION Setup es una herramienta de configuración de medidores que se puede descargar gratis en www.se.com.

Descripción de la central de medida

A continuación, describiremos las partes de la central de medida Fig. 2.22.

Figura 22 Central de medida



Fuente: (Manual de Usuario HRB1684303-16)

Tabla 4 Partes de la central de medida

A	Entradas de tensión: V1, V2, V3 y VN
B	Alimentación (alimentación auxiliar)
C	Puertos Ethernet
D	Salidas digitales: D1+, D1-, D2+, D2-
E	Entradas de intensidad: I1+, I1-, I2+, I2-, I3+, I3-, I4+, I4-
F	Entradas digitales: S1+, S1-, S2+, S2-, S3+, S3-, S4+, S4-
G	Puerto de comunicaciones RS-485
H	Junta
I	LED de bloqueo de consumo eléctrico
J	Interruptor de bloqueo de consumo eléctrico
K	LED de comunicaciones Ethernet
L	LED de alarma/de impulsos de energía

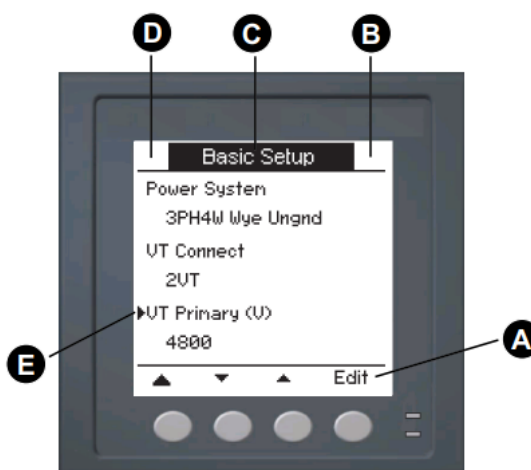
M	LED de frecuencia de impulsos/de comunicaciones serie
N	Botones de navegación/selección de menús

Fuente: (Manual de Usuario HRB1684303-16)

Pantalla

Descripción general de la pantalla: La descripción de la pantalla Fig. 2.23 nos permite emplear la central de medida para ejecutar deberes, como la configuración de la central, la visualización de datos, el reconocimiento de alarmas o el reseteo.

Figura 23 Descripción general de la pantalla



Fuente: (Manual de Usuario HRB1684303-16)

Tabla 5 Partes generales de la pantalla

A	Símbolos de navegación u opciones de menú
B	Área de notificación de la parte derecha
C	Título de la pantalla
D	Área de notificación de la parte izquierda
E	Cursor

Fuente: (Manual de Usuario HRB1684303-16)

Pantalla de visualización de datos predeterminada: Es una pantalla de resumen Fig. 2.24 donde muestra valores en tiempo real de la tensión y la intensidad medidas (V_{media} , I_{media}), la potencia total (P_{tot}) y el consumo de energía (E_{sumin}).

Figura 24 Pantalla de resumen



Fuente: (Manual de Usuario HRB1684303-16)

CAPÍTULO 3:

DESARROLLO DEL REDISEÑO

Estudio de las Instalaciones eléctricas actuales

En la provincia de El Oro, capital Machala se encuentra ubicado el estadio 9 de mayo, el cual se muestra en la Figura 25

Figura 25 Vista principal del estadio 9 de mayo.



Elaborado por: Autor.

El estadio está construido por su edificio principal lado este, donde se encuentra el departamento médico, la federación deportiva provincial de El Oro, cabinas de locutorio, por otro lado, un cuarto de bombas y un cuarto de fuerza. Sin embargo, la infraestructura eléctrica del estadio cuenta con tres sistemas de medición, cada sistema de medición tiene sus componentes eléctricos en deterioro y sin planos eléctricos, por lo que vamos a realizar un mejoramiento comenzando con un nuevo

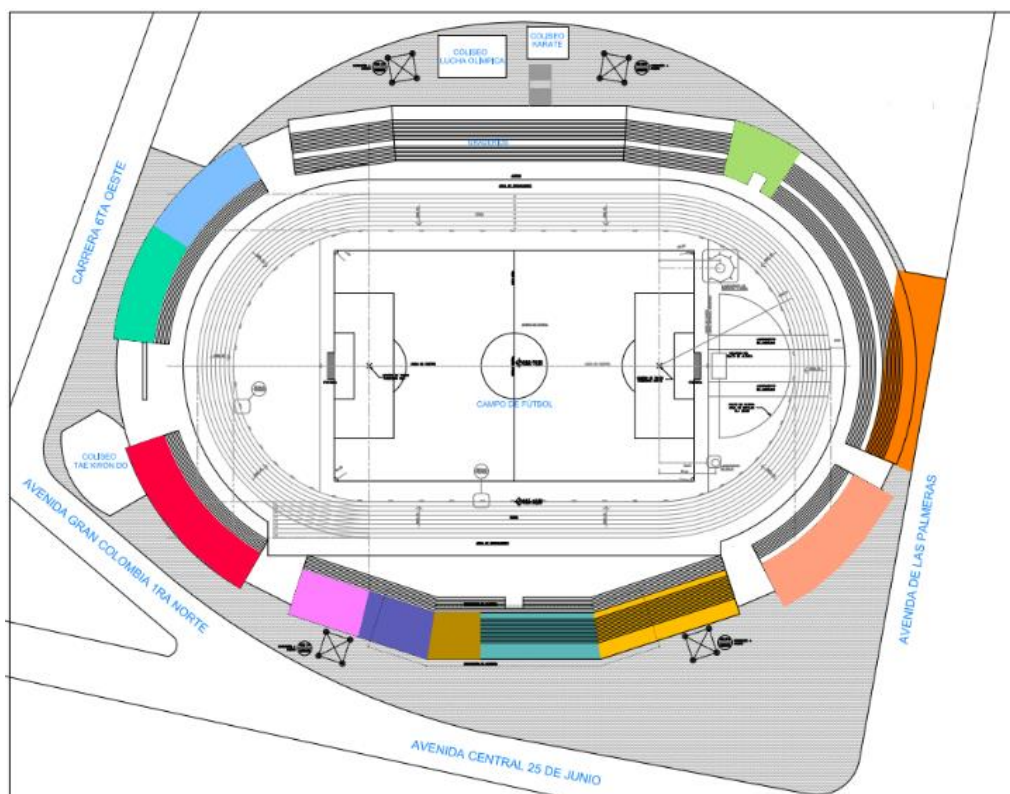
análisis de carga de cada uno de los esquemas de uso del sistema eléctrico con sus respectivo diagrama unifilar y planimetría.

Además, vamos a incorporar en la optimización; sistemas de emergencia con sus tableros automáticos de transferencia, los tableros principales van a tener sus centrales de mediciones de energía, para el mejoramiento de un sistema eficiente de mantenimiento y evolución de la infraestructura eléctrica.

Optimización de las áreas del estadio

El estadio va a contar con una renovada infraestructura eléctrica acompañada de la mano con la parte arquitectónica; veamos el presente diseño del esquema de usos, comenzando con la planta baja del edificio principal el departamento médico, en la planta lata la federación deportiva provincial de El Oro, la casa guardiana, alquileres locales, construcción incompleta, acceso a boletería y servicios sanitarios, ajedrez camerinos, asociación de futbol, sala de reuniones, levantamiento de pesas, residencia deportiva, wushu, que observaremos en un esquema de usos de la Figura 26 y su simbología en la tabla 26

Figura 26 Esquema de usos.



Elaborado por: Autor.

Tabla 6 Simbología, esquema de usos.

Ubicación	Descripción
	Planta baja: Departamento médico
	Planta alta: Federación deportiva provincial EL Oro
	Casa guardiana
	Alquileres locales comida
	Oficinas administrativas
	Acceso locales boletería y servicios sanitarios
	Ajedrez y camerinos
	Asociación de futbol
	Sala de reuniones y comedor
	Levantamiento de pesas
	Residencia deportiva
	Wushu

Elaborado por: Autor.

Restaurador o reconector de las líneas de distribución

El restaurador es un elemento principal del sistema de media tensión, en el estadio se cuenta con un restaurador manual Figura. 3. Por lo que, para la futura repotenciación, optimizaremos con un restaurador avalado por el laboratorio de Pruebas CESI Italia bajo las normas IEC 62271-111/ANSI C37.60 2012 y LAPEM en México.

Vamos a utilizar reconectores/restauradores vistos de la marca Artech, modelo smART RC Plus de 27 KV, ya que se encuentran descritos por las siguientes composiciones:

Figura 27 Reconector manual existente



Elaborado por: Autor.

Estructura principal

- Ofrecen un soporte de acero inoxidable en partidas 1 con acabado de pintura ANSI 61, y medios de izaje.
- 3 piezas: Lleva módulos de interrupción con una cámara interruptora de vacío cada uno de ellos integrados con resina ciclo alifática, un transformador de medida de corriente y un sensor de potencial. Satisface

la norma IEC 61109 con un plazo de 5000 horas en cámara de niebla salina, como en casos de la península. Ejecuta pruebas de arco Xenon durante 1000 horas considerando la norma ASTM G26.

- Palanca para disparo y bloqueo mecánico, uso exclusivo de la pértiga.
- Seis conectadores de alta tensión para la interrupción
- Para las acciones de abrir y cerrar, se suministra un controlador de energía.
- Un contador para las operaciones mecánicas
- Indicadores visibles desde el suelo, por ejemplo, posición abierta (verde) y cerrado (rojo)
- Conector para la puesta a tierra del calibre 4-53 mm².
- Y su operación puede ser local y remota. Con su tablero de control y de comunicaciones ARTECHE, construido en acero inoxidable, de grado de hermeticidad IP-65.
- Incorporará protección contra sobrevoltajes, transientes y armónicos para la alimentación del gabinete.

Funciones de protección:

- 50/51, (67)
- 50N/51, (67N)
- 50SN/51N, (67SN) sobrecorriente neutro sensible
- 67 IN neutral neutro direccional / compensado aislado
- 46 TOC (67Q), 46IOC (67Q), 46BC conductor roto
- 50CSC segunda rotura de armónicos
- 27 subestación
- 59 sobretensión, 59N Sobretensión neutra
- 47 sobretensión
- (81M / m) frecuencia
- (81R) frecuencia derivada
- 27 subtensión (lado B)
- 59 sobretensión (lado B)
- HCL bloqueo de alta corriente
- CLP arranque en carga fría

- HLT Hot line tag

Funciones de adquisición de datos:

- Medición de corriente de fase y neutro
- Voltaje de fase y sincronismo, medición
- Potencia activa y reactiva
- Energía activa y reactiva
- Historial de eventos cronológico
- Grabación de incidencias y fallos
- Monitoreo de conmutadores
- Oscilógrafo
- Registros de medición

Construcción mecánica y adicional del gabinete de control:

- Consta de un puerto delantero RJ45
- Protocolos: IEC 61850. DNP3 nivel 2
- IEC870-5-104, servicios web, FTP

Construcción mecánica y adicional del gabinete de control:

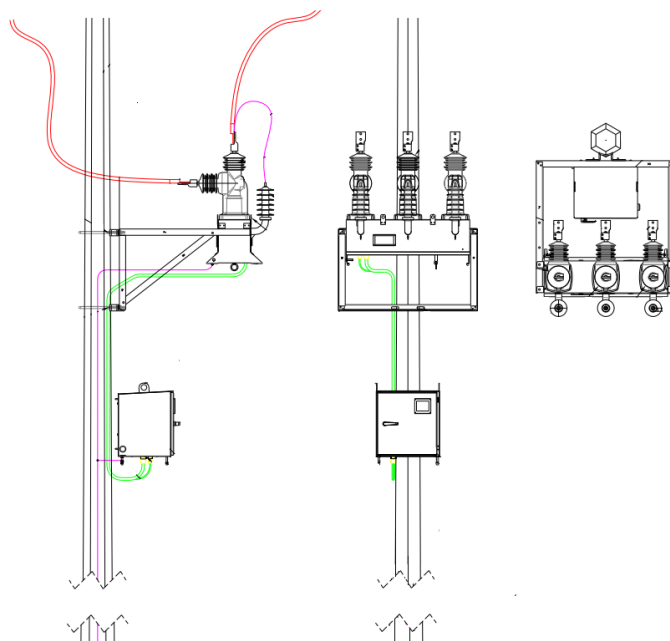
- Tiene un mecanismo para asegurar y mantener la puerta a un ángulo de 120°
- El cable de puesta a tierra es de 4-53 mm²
- El DEI del control del restaurador, cuenta las operaciones integradas
- Tiene un programa de hasta 40 señales lógicas, con operaciones OR, AND y NOT temporizadores para retrasar las lógicas o para modificar el ancho de pulso

Tabla 7 Datos técnicos garantizados de unidad interruptora.

No	Descripción	Unidad	Características garantizadas
1	Modelo		
2	Norma		IEC 62271-111 IEC C37.60
3	Numero de fases		3
4	Tensiones	De servicio	KV 23
		Máxima de servicio	KV 27
		Nominal	KV 27
5	Frecuencia	Hz	60
6	Intensidad	De servicio	A 630
		Nominal	A 630
		De corta duración (3 seg)	KA 12
		De arranque	Falla entre fases A 11.2 A
		Falla a tierra	A 11.2 A
7	Medio de extinción del arco		Vacio
8	Tiempos de operación	De cierre	ms 40
		De apertura	ms 30
9	Regulación de intervalos de recierre	1er. Intervalo	seg 0,25-600
		2do. Intervalo	seg 1-600
		3er. Intervalo	seg 1-600
		4to. Intervalo	seg 1-600
10	Cantidad de operaciones	Rápidas	2 ó 4
		Lentas	2 ó 4
11	Peso aproximado del reconectador completo	kg.	150
12	Dimensiones Máximas totales	Altura	mm. 1019
		Ancho	mm. 990
		Profundidad	mm. 655
13	Tensiones de prueba	Con onda de impulso (1,27 useg)	KV 150
		Con onda de impulso 60 Hz 1 min. En seco	KV 70
		Con onda de impulso 60 Hz 1 min. En seco	KV 60
14	Fabricación – País		México

Elaborado por: Autor.

Figura 28 Diagrama dimensional de bancada smART RC para 3 sensores internos de tensión y 3 sensores externos acoplados al tanque.



Elaborado por: Autor

Tabla 8 Materiales a instalar para la optimización de la estructura de Red aérea de distribución 13,8 KV.

REF.	UND.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	c/u	Reconectador trifásico smART RC Plus 15 KV para montaje en poste	1
2	c/u	Seccionadores monopolares con bypass 15 KV-600 A.	3
3	c/u	Varilla para puesta a tierra tipo cooperweld, 16 mm. De diámetro x 1800 mm. De longitud, de alta camada	2
4	c/u	Cable de Cuu, desnudo, cableado suave, 2 AWG, 19 hilos	25
5	c/u	Tubo 4" conduit EMT	2
6	c/u	Hebilla y fleje de acero	3
7	c/u	Abrazadera de acero galvanizado	3
8	c/u	Pie de amigo de acero	2
9	c/u	Perno U de acero galvanizado	2
10	c/u	Cruceta de acero galvanizado	2
11	c/u	Conector de aleación al aluminio	6
12	c/u	Cable de Cu, desnudo, cableado suave 3/0 AWG, 19 hilos	9
13	c/u	Pararrayo clase distribución polímero, óxido metálico 10 KV, con desconectador	3

Elaborado por: Autor.

Transmisión subterránea

La transmisión subterránea que se ha estudiado en el estadio no cuenta con las especificaciones técnicas, para brindar y garantizar la seguridad de las personas y las instalaciones, como observamos tendidos sobrepuestos, sin conectores y cajas de registro. Figura 3.5.

Figura 29 Transmisión subterránea existente



Elaborado por: Autor.

El objetivo es conseguir mayor homogeneidad en las redes de distribución eléctrica, cumpliendo los reglamentos y normas exigentes.

Tensión Nominal

La tensión nominal del sistema existente es de 13,8 KV, trifásica, a una frecuencia de 60 Hz.

Tabla 9 Nivel de aislamiento del material.

Tensión nominal de la red U (KV)	Tensión nominal cables y accesorios U0/u (KV eficaces)	Tensión más elevada cables y accesorios Um (KV eficaces)	Tensión de choque soportada nominal (tipo rayo) (KV de cresta)
Hasta 30	18/30	36	170

Elaborado por: Autor.

U: Tensión nominal eficaz a 60 Hz entre dos conductores

U0: Tensión nominal eficaz a 60 Hz entre cada conductor

Um: Tensión eficaz máxima a 60 Hz entre dos conductores cualesquiera

Puesta a tierra

Para la instalación de la puesta a tierra describiremos los materiales a utilizar en la siguiente tabla

Tabla 10 Lista de materiales para la puesta a tierra en redes de distribución.

REF.	UND.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	c/u	Varilla para puesta a tierra tipo cooperweld, 16 mm. De diámetro x 1800 mm. De longitud, de alta camada	1
2	c/u	Suelda exotérmica 400 gramos	1
3	c/u	Cable de Cu, desnudo, cableado suave, 2 AWG, 19 hilos	13
4	c/u	Fleje y hebilla de acero inoxidable	1
5	c/u	Tubo 3/4" conduit EMT	1
6	c/u	Conector 3/4" EMT	1

Elaborado por: Autor.

Cuarto de fuerza

El Estadio cuenta con cinco transformadores distribuidos en y para diferentes áreas por lo que no cuenta con una subestación tipo interior por lo que provisionaremos un levantamiento y análisis de carga con su respectivo diseño eléctrico para el mejoramiento de la casa de fuerza.

Figura 30 Transformador trifásico de 112.5 KVA de distribución con medición indirecta para diferentes áreas.



Elaborado por: Autor.

Figura 31 Transformador trifásico de 200 KVA de distribución con medición indirecta para edificio principal



Elaborado por: Autor.

Figura 32 Transformador trifásico de 100 KVA de distribución para torre de iluminación.



Elaborado por: Autor.

El levantamiento y análisis de las cargas se observarán en el anexo 1-6

3.1. Tableros eléctricos con centrales de medidas

Actualmente los tableros de distribución cuentan con un sistema de monitoreo analógico Figura 3. 10, por lo que el mejoramiento abarcara un monitoreo remoto donde supervisara el sistema eléctrico.

Figura 33 Tablero de distribución principal



Elaborado por: Autor.

Es en este caso donde contaremos con una central de medida para cada tablero, donde podamos monitorear física y virtualmente, lo siguiente:

Figura 34 Central de medida Powerlogic 5500



Elaborado por: Autor

Torres de iluminación

El sistema de iluminación es uno de los elementos muy importantes en un escenario deportivos y en este caso como en el presente estadio. El estudio cuenta con un sistema de cuatro torres de iluminación con 60 reflectores cada torre, por la cual este sistema se encuentra optimizado, pero a futuro queremos considerar, lo siguiente:

- Cumplir un programa de calidad de la FIFA para reflectores, acreditando el centro de ensayo International Illuminance Services (IIS). Este centro tiene la experiencia y el conocimiento necesario para realizar pruebas exhaustivas y precisas de productos e instalaciones lumínicas. Lo que implica superar la estricta evaluación y cumplimiento con los criterios establecidos.

A continuación de acuerdo al programa de la FIFA, se establecerá una optimización del sistema de iluminación con la instalación de reflectores olympic sport de SX Lighting, véase tabla 11

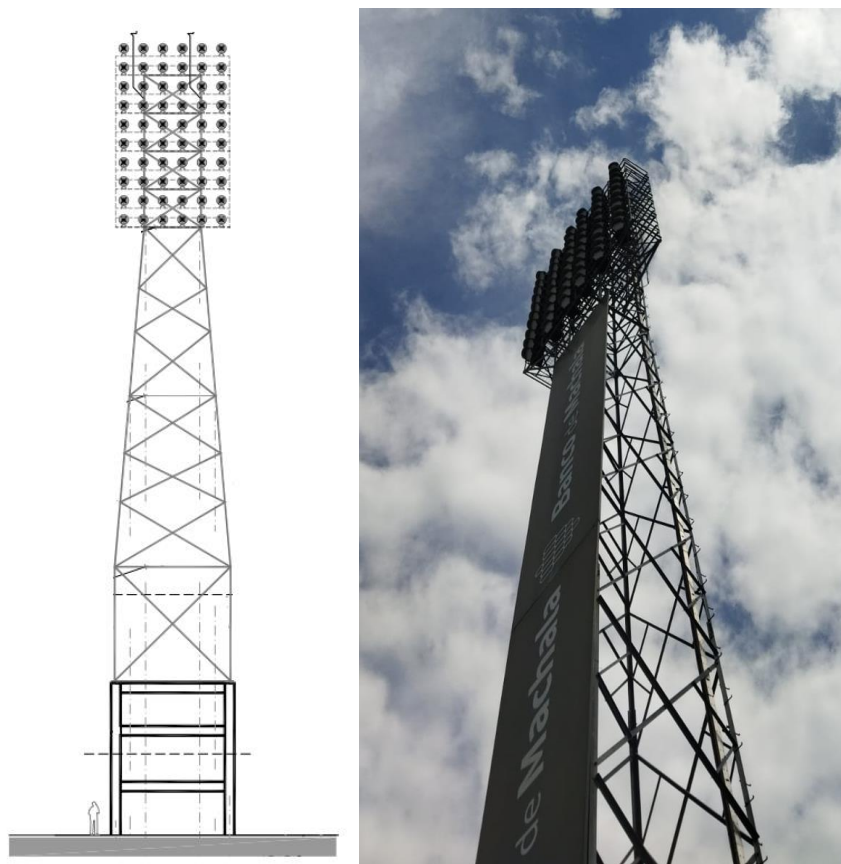
Tabla 11 Detalles técnicos y especificaciones del reflector olympic sport.

Temperatura de color	4.000K / 5.000K
Angulo de apertura estándar	12°
Índice de reproducción del color	>70
Frecuencia de Operación	50 ~ 60 Hz.
Factor de Potencia	> 0,92
Armonía	< 10%
Automatización Operacional	1 ~ 10 V.
Grado de Protección	IP 66
Tensión de Operación	90 ~ 305 V.
Vida Útil	50.000 h
Material del lente	Polycarbonato
Tipo de Protección	Cortocircuito, Sobretensión, Sobrecorriente, Sobrecalentamiento
Tipo de LED	SMD

Elaborado por: Autor.



Figura 35 Diseño de la torre de iluminación con el montaje en vista de 60 reflectores y su pararrayo.



Elaborado por: Autor.

La carga instalada se observa en el Anexo 1-4

Sistema eléctrico de baja tensión

El sistema eléctrico actual debido a la antigüedad del sistema no cuenta con las áreas identificadas, instalaciones bien construidas, por lo que se procederá a un nuevo análisis de carga y diseño eléctrico para el sistema.

Figura 36 Instalaciones eléctricas existentes



a. Derivación de canalización existente



b. Pozo de revisión existente sin protecciones.

Elaborado por: Autor.

La carga instalada se observa en el Anexo 6

Cuarto de bombas

En este sistema vamos a repotenciarlos con un tablero eléctrico que contenga un enlace con un sistema de monitoreo remoto, para que a medida que se active el sistema contra incendios monitorear que su funcionamiento este en sus óptimas condiciones de trabajo.

Figura 37 Cuarto de bombas



Elaborado por: Autor.

La carga instalada se observa en el Anexo 5

Conclusión

- El sistema eléctrico de media y baja tensión del estadio me ha permitido establecer una optimización total de su infraestructura eléctrica, desde una repotenciación del sistema de media tensión hasta la baja tensión, pero a la vez con un monitoreo de centrales de energía vía remota.
- Las centrales de medición para cada tablero principal de distribución permitirán llevar a cabo un plan de mantenimiento por el cual será eficiente y productivo ya que toda la información como el consumo, potencias reactivas, etc., lo visualizaremos a través de un smartphone o una portátil en vez de ir físicamente al tablero y tomar datos de una forma manual.
- La optimización del sistema se llevó a cabo bajo especificaciones y normativas técnicas que cumplen la fiabilidad y garantía de un buen diseño e implementación de una optimizada estructura eléctrica.

Recomendación

- El sistema eléctrico debe ser monitoreado constantemente utilizando las centrales de medidas, visualizando el factor de potencia, el consumo mensual y parámetros que el usuario desee abordar a través del PowerLogic.
- De todas formas, el mantenimiento debe contar con una vez al mes para verificar que las centrales de medidas estén en su funcionamiento óptimo.

Referencia

A Bravo, G. E. (Noviembre de 1980). Coordinación de la protección contra sobre corrientes en circuitos primarios, aéreos relacionales de distribución.

Obtenido de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6713/1/T871.pdf>.

Lopez Lezama, Jesus Maria, Carlos Andres Tamayo, and Martin Miguel Sanchez

Mora. "Valoración de programas de implementación de generación de distribuida en sistemas de potencia. "Revista Politécnica 15, no. 28 (June 2019). Obtenido de: <http://dx.doi.org/10.33571/rpolitec.v15n28a6..>

Vargas, J. Ó. (Mayo de 2013). Cálculo y selección de conductores aislados para instalaciones eléctricas en baja, media y alta tensión. Obtenido de:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/4910/tesis>.

Cooperativa Rural de electrificación. Seccionador fusible. Subgerencia de redes eléctricas. Revisión No. 5 (Enero de 2016). Obtenido de:

<https://www.cre.com.bo/wp-content/uploads/2019/08/01SECCIONADOR-FUSIBLE.pdf>.

Cooperativa Rural de electrificación. Especificación Técnica Reconnectador Trifásico

NTCRE 015/07 Gerencia de Ingeniería, Subgerencia de Redes (Noviembre de 2018). Obtenido de: <https://www.cre.com.bo/wp-content/uploads/2019/08/07-RECONNECTADOR-2018.pdf>.

Que es un tablero eléctrico, normas en los tableros, selección de tableros, normas de protección. Instalaciones Eléctricas Industriales. Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ingeniería Mecánica (Septiembre de 2018). Obtenido de: <https://es.scribd.com/doc/16155171/tableros-electricos>.

ZW. Cable subterráneo: Respuestas de expertos a 5 preguntas críticas (Junio de 2021). Obtenido de: <https://zwcables.com/es/underground-cable/>.

Urbanski, K. (2017). Determining the observer parameters for back EMF estimation for selected types of electrical motors. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences*, 65(4), 439–447. <https://doi.org/10.1515/bpasts-2017-0049>.

ANEXO 1

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION TABLERRO DE DITRIBUCION TORRE 1	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUCT. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TDP T1													
1	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F2	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
2	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F2-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
3	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
4	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F2	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
5	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F2-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
6	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
7	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F2	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
8	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F2-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
9	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
10	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F2	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
11	CIRCUITO DE CONTROL	F2-F3	220	1	150	150	1,00	0,15	0,74	12	1	0,00	2X10
	CARGA INSTAL. TD TORRE DE ILUMINACIÓN 1	F1-F2-F3	220			36.150,00		36,15	103,12	3X1/0+(2)	20	0,67	3X160
		F1	127			12.600,00							
		F2	127			10.875,00							
		F3	127			10.875,00							

TOTAL CARGA PROGRAMADA KW

36,15

Factor de Potencia

0,92

Factor de simultaneidad

1,00

Demanda máxima KW

36,15

CARGA TOTAL EN KVA

39,29

SE TIENE INSTALADO UN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 100KVA PADMUNTED TIPO MALLA

ANEXO 2

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION TABLERRO DE DITRIBUCION TORRE 1	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUCT. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TDP T2													
1	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F2	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
2	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F2-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
3	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
4	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F2	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
5	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F2-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
6	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
7	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F2	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
8	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F2-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
9	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
10	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F2	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
11	CIRCUITO DE CONTROL	F2-F3	220	1	150	150	1,00	0,15	0,74	12	1	0,00	2X10
	CARGA INSTAL. TD TORRE DE ILUMINACIÓN 1	F1-F2-F3	220			36.150,00		36,15	103,12	3X1/0+(2)	20	0,67	3X160
		F1	127			12.600,00							
		F2	127			10.875,00							
		F3	127			10.875,00							

TOTAL CARGA PROGRAMADA KW

36,15

Factor de Potencia

0,92

Factor de simultaneidad

1,00

Demanda máxima KW

36,15

CARGA TOTAL EN KVA

39,29

SE TIENE INSTALADO UN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 100KVA PADMUNTED TIPO MALLA

ANEXO 3

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION TABLERRO DE DITRIBUCION TORRE 1	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUCT. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TDP T3													
1	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F2	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
2	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F2-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
3	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
4	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F2	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
5	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F2-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
6	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
7	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F2	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
8	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F2-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
9	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
10	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F2	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
11	CIRCUITO DE CONTROL	F2-F3	220	1	150	150	1,00	0,15	0,74	12	1	0,00	2X10
	CARGA INSTAL. TD TORRE DE ILUMINACIÓN 1	F1-F2-F3	220			36.150,00		36,15	103,12	3X1/0+(2)	20	0,67	3X160
		F1	127			12.600,00							
		F2	127			10.875,00							
		F3	127			10.875,00							

TOTAL CARGA PROGRAMADA KW

36,15

Factor de Potencia

0,92

Factor de simultaneidad

1,00

Demanda máxima KW

36,15

CARGA TOTAL EN KVA

39,29

SE TIENE INSTALADO UN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 100KVA PADMUNTED TIPO MALLA

ANEXO 4

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION TABLERRO DE DITRIBUCION TORRE 1	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUCT. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TDP T4													
1	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F2	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
2	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F2-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
3	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
4	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F2	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
5	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F2-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
6	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
7	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F2	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
8	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F2-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
9	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F3	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
10	TORRE DE ILUMINACIÓN 220V	F1-F2	220	6	600	3.600	1,00	3,60	17,79	10	30	1,67	2X20
11	CIRCUITO DE CONTROL	F2-F3	220	1	150	150	1,00	0,15	0,74	12	1	0,00	2X10
	CARGA INSTAL. TD TORRE DE ILUMINACIÓN 1	F1-F2-F3	220			36.150,00		36,15	103,12	3X1/0+(2)	20	0,67	3X160
		F1	127			12.600,00							
		F2	127			10.875,00							
		F3	127			10.875,00							

TOTAL CARGA PROGRAMADA KW

36,15

Factor de Potencia

0,92

Factor de simultaneidad

1,00

Demanda máxima KW

36,15

CARGA TOTAL EN KVA

39,29

SE TIENE INSTALADO UN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 100KVA PADMUNTED TIPO MALLA

ANEXO 5

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION ÁREA DE BOMBAS DE RIEGO	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUCT. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TDP1.1													
1	BOMBA 10 HP	F1-F2-F3	220	1	7500	7.500	1,00	7,50	21,39	10	15	0,85	3X30
2	BOMBA 1/2 HP 220V	F1-F3	220	1	375	375	1,00	0,38	1,85	12	15	0,16	2X10
3	CIRCUITO DE CONTROL	F2	127	1	150	150	1,00	0,15	1,28	12	1	0,01	1X2
CARGA INSTAL. T.D. ÁREA DE BOMBAS DE RIEGO		F1-F2-F3	220			8.025,00		8,03	22,89	3X4+(6)	40	1,78	3X75
		F1	127			2.687,50							
		F2	127			2.650,00							
		F3	127			2.687,50							

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION T.D. ÁREA DE BOMBAS DE ABASTO	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUCT. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TDP1.2													
1	BOMBA 10 HP	F1-F2-F3	220	1	7500	7.500	1,00	7,50	21,39	10	15	0,85	3X30
2	TOMA CORRIENTES 127V	F1	127	6	150	900	1,00	0,90	7,70	12	15	1,12	1X20
3	ILUMINACIÓN 127V	F2	127	8	100	800	1,00	0,80	6,85	12	15	1,00	1X15
CARGA INST. T.D. ÁREA DE BOM. DE ABASTO		F1-F2-F3	220			9.200,00		9,20	26,24	3X10+(12)	20	1,40	3X30
		F1	127			3.400,00							
		F2	127			3.300,00							
		F3	127			2.500,00							

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION TABLERRO DE DITRIBUCION BOMBAS	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUCT. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TDP1													

1	T.D. ÁREA DE BOMBAS DE RIEGO	F1-F2-F3	220	1	8.025,00	8.025	1,00	8,03	22,89	4	40	0,71	3X75
2	T.D. ÁREA DE BOMBAS DE ABASTO	F1-F2-F3	220	1	9.200,00	9.200	1,00	9,20	26,24	10	30	2,10	3X30
3	CIRCUITO DE ILUMINACIÓN 220V	F2-F3	220	30	200	6.000	1,00	6,00	29,64	1/0	200	1,94	2X75
CARGA INSTALADA TD BOMBAS		F1-F2-F3	220			23.225,00		23,23	66,25	3X(2X3/0)+(0/3)	20	0,28	3X250
		F1	127			6.087,50							
		F2	127			8.950,00							
		F3	127			8.187,50							

TOTAL CARGA PROGRAMADA KW	23,23
Factor de Potencia	0,92
Factor de simultaneidad	0,80
Demanda máxima KW	18,58
CARGA TOTAL EN KVA	20,20

SE TIENE INSTALADO UN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 112.5KVA AUTOPROTEGIDO EN CABINA

ANEXO 6

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION PLANTA BAJA: DEPARTAMENTO MÉDICO	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUCT. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TD													
1	TOMA CORRIENTE 220V	F1-F2	127	1	300	300	0,80	0,24	2,05	10	15	0,17	2X30
2	TOMA CORRIENTE 220V	F2-F3	127	1	300	300	0,80	0,24	2,05	10	15	0,17	2X30
3	TOMA CORRIENTES 127V	F1	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
4	TOMA CORRIENTES 127V	F2	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
5	TOMA CORRIENTES 127V	F3	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
6	ILUMINACIÓN 127V	F1	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
7	ILUMINACIÓN 127V	F2	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
8	AIRE ACONDICIONADO 2400BTU	F1-F3	220	1	3000	3.000	1,00	3,00	14,82	10	20	0,93	2X30
9	EQUIPO MÉDICO	F1-F2	220	1	1500	1.500	1,00	1,50	7,41	10	20	0,46	2X30
10	EQUIPO MÉDICO	F1-F2-F3	220	1	2250	2.250	1,00	2,25	6,42	10	20	0,40	2X30
	CARGA INSTALADA	F1-F2-F3	220			11.650,00		10,99	31,35	3X2+(4)	100	1,50	3X100
		F1	127			4.850,00							
		F2	127			3.500,00							
		F3	127			4.050,00							

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION PLANTA ALTA: FEDERACIÓN DEPORTIVA	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUC. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TD													
1	TOMA CORRIENTE 220V	F1-F2	127	1	300	300	0,80	0,24	2,05	10	15	0,17	2X30
2	TOMA CORRIENTE 220V	F2-F3	127	1	300	300	0,80	0,24	2,05	10	15	0,17	2X30
3	TOMA CORRIENTES 127V	F1	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
4	TOMA CORRIENTES 127V	F2	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
5	TOMA CORRIENTES 127V	F3	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
6	ILUMINACIÓN 127V	F1	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
7	ILUMINACIÓN 127V	F2	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
8	AIRE ACONDICIONADO 2400BTU	F1-F3	220	1	3000	3.000	1,00	3,00	14,82	10	20	0,93	2X30
9	AIRE ACONDICIONADO 2400BTU	F2-F3	220	1	3000	3.000	1,00	3,00	14,82	10	20	0,93	2X30
	CARGA INSTALADA	F1-F2-F3	220			10.900,00		10,24	29,21	3X2+(4)	120	1,67	3X100
		F1	127			3.350,00							
		F2	127			3.500,00							
		F3	127			4.050,00							

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION CASA GUARDIANA	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUC. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TD													
1	TOMA CORRIENTE 220V	F2-F3	127	1	300	300	0,80	0,24	2,05	10	15	0,17	2X30
2	TOMA CORRIENTES 127V	F1	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
3	TOMA CORRIENTES 127V	F2	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
4	ILUMINACIÓN 127V	F1	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
5	ILUMINACIÓN 127V	F2	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
6	AIRE ACONDICIONADO 2400BTU	F1-F3	220	1	3000	3.000	1,00	3,00	14,82	10	20	0,93	2X30
	CARGA INSTALADA	F1-F2-F3	220			6.700,00		6,28	17,91	3X2+(4)	200	1,71	3X100
		F1	127			3.200,00							
		F2	127			1.850,00							
		F3	127			1.650,00							

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION ALQUILER LOCALES COMIDA	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUC. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TD													
1	TOMA CORRIENTES 127V	F1	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
2	TOMA CORRIENTES 127V	F2	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
3	TOMA CORRIENTES 127V	F3	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
4	ILUMINACIÓN 127V	F1	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
5	ILUMINACIÓN 127V	F2	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
	CARGA INSTALADA	F1-F2-F3	220			4.300,00		3,76	10,73	3X6+(8)	30	0,39	3X50
		F1	127			1.700,00							
		F2	127			1.700,00							
		F3	127			900,00							
TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION OFICINAS ADMINISTRATIVAS	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTO S	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUC. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TD													

1	TOMA CORRIENTE 220V	F1-F2	127	1	300	300	0,80	0,24	2,05	10	15	0,17	2X30
2	TOMA CORRIENTE 220V	F2-F3	127	1	300	300	0,80	0,24	2,05	10	15	0,17	2X30
3	TOMA CORRIENTE 220V	F1-F3	127	1	300	300	0,80	0,24	2,05	10	15	0,17	2X30
4	TOMA CORRIENTES 127V	F1	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
5	TOMA CORRIENTES 127V	F2	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
6	TOMA CORRIENTES 127V	F3	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
7	ILUMINACIÓN 127V	F1	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
8	ILUMINACIÓN 127V	F2	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
9	AIRE ACONDICIONADO 2400BTU	F1-F2	220	1	3000	3.000	1,00	3,00	14,82	10	20	0,93	2X30
10	AIRE ACONDICIONADO 2400BTU	F1-F3	220	1	3000	3.000	1,00	3,00	14,82	10	20	0,93	2X30
11	AIRE ACONDICIONADO 2400BTU	F2-F3	220	1	3000	3.000	1,00	3,00	14,82	10	20	0,93	2X30
	CARGA INSTALADA	F1-F2-F3	220			14.200,00		13,48	38,45	3X1/0+(2)	150	1,97	3X125
		F1	127			5.000,00							
		F2	127			5.000,00							
		F3	127			4.600,00							

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION ACCESO LOCALES BOLETERÍA Y SERVICIOS SANITARIOS	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUC. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TD													
1	TOMA CORRIENTES 127V	F1	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
2	TOMA CORRIENTES 127V	F2	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
3	ILUMINACIÓN 127V	F3	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
4	ILUMINACIÓN 127V	F1	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
5	ILUMINACIÓN 127V	F2	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
	CARGA INSTALADA	F1-F2-F3	220			4.200,00		3,84	10,95	3X8+(10)	40	0,85	3X40
		F1	127			1.700,00							
		F2	127			1.700,00							
		F3	127			800,00							

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION AJEDREZ Y CAMERINOS	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUC. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TD													
1	TOMA CORRIENTES 127V	F1	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
2	ILUMINACIÓN 127V	F2	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
3	ILUMINACIÓN 127V	F3	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
	CARGA INSTALADA	F1-F2-F3	220			2.500,00		2,32	6,62	3X8+(10)	30	0,39	3X40
		F1	127			900,00							
		F2	127			800,00							
		F3	127			800,00							

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION ASOCIACIÓN DE FUTBOL	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUCT. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TD													
1	TOMA CORRIENTES 127V	F1	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
2	TOMA CORRIENTES 127V	F2	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
3	ILUMINACIÓN 127V	F3	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
4	ILUMINACIÓN 127V	F1	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
5	AIRE ACONDICIONADO 1200BTU	F2-F3	220	1	1500	1.500	1,00	1,50	7,41	10	20	0,46	2X30
	CARGA INSTALADA	F1-F2-F3	220			4.900,00		4,54	12,95	3X8+(10)	20	0,50	3X40
		F1	127			1.700,00							
		F2	127			2.400,00							
		F3	127			800,00							

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION SALA DE REUNIONES Y COMEDOR	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUCT. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TD													
1	TOMA CORRIENTES 127V	F1	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
2	TOMA CORRIENTES 127V	F2	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
3	ILUMINACIÓN 127V	F3	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
4	ILUMINACIÓN 127V	F1	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
5	AIRE ACONDICIONADO 2400BTU	F2-F3	220	1	3000	3.000	1,00	3,00	14,82	10	20	0,93	2X30
	CARGA INSTALADA	F1-F2-F3	220			6.400,00		6,04	17,23	3X8+(10)	20	0,67	3X40
		F1	127			1.700,00							
		F2	127			3.900,00							
		F3	127			2.300,00							

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION LEVANTAMIENTO DE PESAS	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUC. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TD													
1	TOMA CORRIENTES 127V	F1	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
2	ILUMINACIÓN 127V	F2	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
3	ILUMINACIÓN 127V	F3	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
	CARGA INSTALADA	F1-F2-F3	220			2.500,00		2,32	6,62	3X8+(10)	20	0,26	3X40
		F1	127			900,00							
		F2	127			800,00							
		F3	127			800,00							

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION RESIDENCIA DEPORTIVA	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUC. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TD													
1	TOMA CORRIENTES 127V	F1	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
2	TOMA CORRIENTES 127V	F2	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
3	ILUMINACIÓN 127V	F3	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
4	ILUMINACIÓN 127V	F1	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
5	AIRE ACONDICIONADO 1200BTU	F2-F3	220	1	1500	1.500	1,00	1,50	7,41	10	20	0,46	2X30
	CARGA INSTALADA	F1-F2-F3	220			4.900,00		4,54	12,95	3X6+(8)	100	1,58	3X50
		F1	127			1.700,00							
		F2	127			1.650,00							
		F3	127			1.550,00							

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION WUSHU	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUC. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TD													
1	TOMA CORRIENTES 127V	F1	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20

2	TOMA CORRIENTES 127V	F2	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
3	ILUMINACIÓN 127V	F3	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
4	ILUMINACIÓN 127V	F1	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
5	AIRE ACONDICIONADO 1200BTU	F2-F3	220	1	1500	1.500	1,00	1,50	7,41	10	20	0,46	2X30
	CARGA INSTALADA	F1-F2-F3	220			4.900,00		4,54	12,95	3X4+(6)	150	1,64	3X50
		F1	127			1.700,00							
		F2	127			2.400,00							
		F3	127			1.550,00							

TABLERO / CIRCUIT.	DESCRIPCION ÁREA DE TAEKWONDO	FASES	TENSION (VOLT.)	No. PUNTOS	CARGA (VATIOS) W	CARGA INSTAL (VATIOS) W	FACTOR COINC.	CARGA DIVER (KW)	CORRIENTE (AMPERIOS)	CALIBRE CONDUC. AWG	LONG. MAX. (M)	CAID.TENS. (%)	PROTECC. (A)
TD													
1	TOMA CORRIENTES 127V	F1	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
2	TOMA CORRIENTES 127V	F2	127	6	150	900	0,80	0,72	6,16	12	15	0,90	1X20
3	ILUMINACIÓN 127V	F3	220	8	100	800	1,00	0,80	3,95	12	20	0,44	1X15
	CARGA INSTALADA	F1-F2-F3	220			2.600,00		2,24	6,39	3X8+(10)	80	0,99	3X40
		F1	127			900,00							
		F2	127			900,00							
		F3	127			800,00							

TABLERO /	DESCRIPCION	FASES	TENSION	No.	CARGA	CARGA INSTAL	FACTOR	CARGA DIVER	CORRIENTE	CALIBRE	LONG. MAX.	CAID.TENS.	PROTECC.
CIRCUIT.	TABLERRO DE DITRIBUCION TORRE 1		(VOLT.)	PUNTOS	(VATIOS) W	(VATIOS) W	COINC.	(KW)	(AMPERIOS)	CONDUC. AWG	(M)	(%)	(A)
TD1													
1	PLANTA BAJA: DEPARTAMENTO MÉDICO	F1-F2-F3	220	1	11.650,00	11.650	1,00	11,65	33,23	3X2+(4)	100	1,59	3X100
2	PLANTA ALTA: FEDERACIÓN DEPORTIVA PROVINCIAL EL ORO	F1-F2-F3	220	1	10.900,00	10.900	1,00	10,90	31,09	3X2+(4)	120	1,78	3X100
3	CASA GUARDIANA	F1-F2-F3	220	1	6.700,00	6.700	1,00	6,70	19,11	3X2+(4)	200	1,82	3X100
4	ALQUILER LOCALES COMIDA	F1-F2-F3	220	1	4.300,00	4.300	1,00	4,30	12,27	3X6+(8)	30	0,45	3X50
5	OFICINAS ADMINISTRATIVAS	F1-F2-F3	220	1	14.200,00	14.200	1,00	14,20	40,51	3X1/0+(2)	150	2,08	3X125
6	ACCESO LOCALES BOLETERÍA Y SERVICIOS SANITARIOS	F1-F2-F3	220	1	4.200,00	4.200	1,00	4,20	11,98	3X8+(10)	40	0,93	3X40
7	AJEDREZ Y CAMERINOS	F1-F2-F3	220	1	2.500,00	2.500	1,00	2,50	7,13	3X8+(10)	30	0,42	3X40
8	ASOCIACIÓN DE FUTBOL	F1-F2-F3	220	1	4.900,00	4.900	1,00	4,90	13,98	3X8+(10)	20	0,54	3X40
9	SALA DE REUNIONES Y COMEDOR	F1-F2-F3	220	1	6.400,00	6.400	1,00	6,40	18,26	3X8+(10)	20	0,71	3X40
10	LEVANTAMIENTO DE PESAS	F1-F2-F3	220	1	2.500,00	2.500	1,00	2,50	7,13	3X8+(10)	20	0,28	3X40
11	RESIDENCIA DEPORTIVA	F1-F2-F3	220	1	4.900,00	4.900	1,00	4,90	13,98	3X6+(8)	100	1,71	3X50
12	WUSHU	F1-F2-F3	220	1	4.900,00	4.900	1,00	4,90	13,98	3X4+(6)	150	1,77	3X50
13	ÁREA DE TAEKWONDO	F1-F2-F3	220	1	2.600,00	2.600	1,00	2,60	7,42	3X8+(10)	80	1,15	3X40
	CARGA INSTALADA	F1-F2-F3	220			80.650,00		80,65	230,06	3X(3X3/0)+(2X3/0)	20	0,98	3X500
		F1	127			28.616,67							
		F2	127			28.616,67							
		F3	127			28.616,67							

**TOTAL DE CARGA
PROGRAMADA KW**

80,65

Factor de Potencia	0,92
Factor de simultaneidad	0,80
Demanda máxima KW	64,52

CARGA TOTAL EN KVA	70,13
-------------------------------	-------

SE TIENE INSTALADO UN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 200KVA
AUTOPOTEGIDO EN CABINA



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Solano Carrión, Franklin Marcel** con C.C: # 0704937309 autor del Trabajo de Titulación: **estudio del mejoramiento del sistema eléctrico de media y baja tensión del estadio 9 de mayo Banco de Machala** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN ELECTRICIDAD** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 19 de febrero de 2025

f. _____

Nombre: Solano Carrión, Franklin Marcel

C.C: 0704937309



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Estudio del mejoramiento del sistema eléctrico de media y baja tensión del estadio 9 de mayo Banco de Machala.		
AUTOR(ES)	Solano Carrión, Franklin Marcel		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael M. Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electricidad		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Electricidad		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	19 de febrero de 2025	No. DE PÁGINAS:	91
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas de media Tensión, diseños eléctricos, central de medidas		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Transmisión, central de medida, restaurador, aisladores, distribución, transformador, seccionador fusible		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): El estudio del mejoramiento del sistema eléctrico media y baja tensión del estadio 9 de mayo banco de Machala, tiene la finalidad de proveer a las autoridades competentes un estudio ejecutado ante la futura proyección de la optimización en la infraestructura eléctrica. El sistema eléctrico desde la media tensión, como el detalle de la red primaria trifásica, transmisión subterránea y aérea, tipos de cables subterráneos, voltajes comunes, aisladores, pararrayos, la acometida de distribución, transformador, celda de media tensión, fusibles. Y desde luego en la baja tensión, como tableros de distribución principales y secundarios, protecciones eléctricas, circuitos de iluminación, circuitos de tomacorrientes, análisis de carga, diseños eléctricos y el mejoramiento de todo el sistema. Tendrá instalado un sistema de monitoreo como es el PowerLogic PM5560, Reconectador trifásico smART RC Plus 15 KV para montaje en poste, iluminación eficiente, sistemas de seguridad, sonidos, pantallas y una renovada infraestructura eléctrica para sostener la operación de un estadio moderno con un beneficio al espectáculo deportivo.			
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +5939988682296	E-mail: franklin.solano.carrion@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Ricardo Xavier Ubilla González		
	Teléfono: +593999528515		
	E-mail: ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			