

Datos generales

Voltaje Verde: Iván Pérez, Bruno Pérez, Danna aguirre, IEP, Tercer Semestre, Proyectos III, Dra. Patricia Yolanda Contreras

Idea del proyecto

El proyecto se enmarca como una iniciativa de documentación analítica y seguimiento proactivo centrada en la sustitución crítica del transformador eléctrico que alimenta el área del anfiteatro en el Parque Federal La Plancha, ubicado en Mérida, Yucatán. El equipo opera bajo un esquema de colaboración directa y apoyo técnico con los ingenieros responsables del parque, acatando sus directrices y participando activamente en el progreso del proyecto de ingeniería. La función principal del equipo es trascender la mera observación, enfocándose en la investigación, el levantamiento de información y el análisis de rigor, desglosando el proceso de ingeniería en tres componentes esenciales: la evaluación exhaustiva del estado actual de las instalaciones eléctricas; el estudio de los requerimientos técnicos para la selección e instalación del nuevo equipo; y la validación del cumplimiento estricto de las normativas mexicanas vigentes, como la NOM-001-SEDE, así como los protocolos de seguridad requeridos para un recinto público. El objetivo último es la creación de una memoria técnica integral y detallada que sirva como registro fidedigno del proceso de modernización, desde el diagnóstico inicial hasta la fase de implementación, proporcionando un valor documental a largo plazo para la administración del parque.

Objetivo

Objetivo General

Documentar y Analizar de manera exhaustiva el proceso de sustitución del transformador del área de anfiteatro del Parque Federal La Plancha, en colaboración activa con los ingenieros, con el fin de generar una memoria técnica integral que registre los procedimientos, análisis de seguridad y cumplimiento normativo.

Objetivos Específicos

A. Análisis Técnico de la Instalación

Objetivo: Identificar y registrar las características técnicas del transformador actual (capacidad, estado y condiciones de operación) y los requerimientos del nuevo equipo (especificación de al menos 3 parámetros técnicos clave), a través de visitas de campo y reuniones de asesoría, completando la documentación técnica preliminar en las próximas cuatro semanas.

B. Investigación y Cumplimiento Normativo

Objetivo: Investigar y comparar las normativas mexicanas aplicables (ej. NOM-001-SEDE) y los protocolos de seguridad necesarios para la instalación eléctrica en un recinto público, entregando un informe de conformidad de los procedimientos propuestos por los ingenieros en un plazo no mayor a seis semanas.

C. Creación del Producto Final

Objetivo: Diseñar y completar la estructura final de la memoria técnica del proyecto, incluyendo las secciones de diagnóstico, requerimientos, análisis de seguridad y lecciones aprendidas, y entregar el borrador final a la maestra para su evaluación antes del final del semestre actual.

Diseño del proyecto

. Fase 1: Diagnóstico y Comprensión Inicial

1.1. Inicio del Proyecto y Contacto:

Establecimiento de la comunicación formal con los ingenieros del Parque La Plancha.

Definición preliminar del alcance y los roles del equipo universitario en el proyecto de sustitución del transformador.

1.2. Levantamiento de Información Existente:

Revisión de la documentación disponible del parque relacionada con las instalaciones eléctricas del anfiteatro.

Primeras visitas de campo para la observación general de la ubicación y el transformador actual.

1.3. Reuniones de Contextualización:

Sesiones iniciales con los ingenieros para comprender la justificación del proyecto, los objetivos principales y los desafíos identificados.

Recopilación de las primeras directrices técnicas y operativas.

Fase 2: Análisis y Documentación Detallada

2.1. Análisis de Instalaciones Eléctricas Existentes:

Visitas de campo detalladas para la inspección física del transformador y la infraestructura eléctrica asociada.

Generación de una bitácora de observación, registros fotográficos y esquemas básicos de la configuración actual.

Identificación de los puntos de conexión, distribución y las cargas actuales del anfiteatro.



2.2. Investigación de Requerimientos y Equipos: Investigación documental de las especificaciones técnicas de nuevos transformadores que cumplan con las necesidades del parque.

Ánálisis comparativo de las tecnologías y soluciones propuestas por los ingenieros.

Documentación de los requerimientos de capacidad, eficiencia y tipo de transformador a implementar.

2.3. Estudio de Normativa y Seguridad:

Investigación exhaustiva de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM, ej. NOM-001-SEDE) aplicables a instalaciones eléctricas en recintos públicos y federales.

Ánálisis de los protocolos de seguridad que deben implementarse durante las fases de desmontaje, transporte e instalación del nuevo equipo.

A continuación se presenta una comparación:

Propiedad	Cobre puro	Alucobre
Conductividad eléctrica	Alta conductividad, menores pérdidas.	Menor conductividad, más pérdidas.
Disipación de calor	Mejor disipación, menor sobrecalentamiento.	Peor disipación, más riesgo de calentamiento.
Resistencia mecánica	Alta resistencia, menor dilatación térmica.	Menor resistencia, mayor dilatación térmica.
Costo	Más caro, mayor peso.	Más económico, más ligero.
Vida útil	Mayor durabilidad y menor mantenimiento.	Puede requerir más mantenimiento y revisiones.

D. Aplicación al Parque Federal La Plancha

- a) En el contexto del Parque Federal La Plancha en Mérida, Yucatán, deben considerarse los siguientes aspectos:
El transformador debe cumplir con la NOM-002-SEDE/ENER-2014 en cuanto a eficiencia al 80 % de carga.
- b) Si se espera una alta presencia de cargas no lineales (como iluminación LED, sistemas electrónicos, audio), sería recomendable un transformador tipo K.
- c) El uso de cobre puro asegura mayor eficiencia y durabilidad, aunque implica mayor inversión inicial. El alucobre reduce costos, pero puede impactar en la eficiencia y el mantenimiento.
- d) Es importante evaluar el costo total de propiedad a largo plazo, no solo la inversión inicial.



Investigación técnica sobre transformadores para el Parque Federal La Plancha, Mérida, Yucatán

Este documento presenta una investigación técnica y documentada sobre tres puntos clave relacionados con el uso y la selección de transformadores para el proyecto de modificación del transformador en el Parque Federal La Plancha, Mérida, Yucatán. Se abordan: (1) la norma que respalda el uso del 80 % de la capacidad de un transformador, (2) los tipos de transformadores J y K, y (3) los beneficios comparativos del uso de cobre frente a alucobre.

A. Norma que avale el 80 % de uso del transformador

En México, la NOM-002-SEDE/ENER-2014, 'Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución', especifica que los transformadores deben cumplir niveles mínimos de eficiencia evaluados a un factor de carga del 80 %. Esto significa que las pruebas oficiales de eficiencia y pérdidas de energía se refieren a cuando el transformador opera al 80 % de su capacidad nominal.

Ejemplo: Para transformadores monofásicos de 15 kVA, con cierto nivel de aislamiento, la eficiencia mínima al 80 % de carga debe ser de aproximadamente 98.75 % o mayor, según lo especificado en la norma.

B. Tipos de transformadores J y K

a) Transformadores tipo K:

Estos transformadores están diseñados para manejar cargas no lineales con armónicos, como equipos electrónicos, UPS, iluminación LED o variadores de frecuencia. Incorporan un diseño que evita el sobrecalentamiento derivado de la distorsión armónica. Son más costosos, pero garantizan mayor vida útil y seguridad bajo condiciones exigentes.

b) Transformadores tipo J:

La designación 'tipo J' no está claramente definida en la normatividad mexicana oficial. En la práctica, algunos fabricantes y proveedores utilizan este término para referirse a transformadores que cumplen con especificaciones particulares o internas de ciertos clientes (por ejemplo, transformadores de pedestal o sumergibles con requisitos especiales).

C. Beneficios del uso de cobre vs. Alucobre

La elección del material conductor en los devanados y conexiones del transformador influye directamente en la eficiencia, seguridad, costo y vida útil del equipo.

*Investigación documental de las especificaciones técnicas de nuevos transformadores que cumplan con las necesidades del parque.
Análisis comparativo de las tecnologías y soluciones propuestas por los ingenieros.
Documentación de los requerimientos de capacidad, eficiencia y tipo de transformador a implementar.*

Investigación técnica: Normativas y Tipos de Conexiones Eléctricas

Aplicación: Parque Federal La Plancha, Mérida, Yucatán

Fecha: 2025

El presente documento ofrece una investigación extensa y documentada sobre: (1) normatividad aplicable a conexiones eléctricas en México (aclarando la referencia 'NOM-013-SEDE-2002'), y (2) descripción técnica de los principales esquemas de conexión trifásica: Estrella (Y), Delta (Δ), Estrella-Estrella (Y-Y), Delta-Delta (Δ - Δ), Estrella-Delta (Y- Δ) y Delta-Estrella (Δ -Y).

A. Normativas sobre conexiones eléctricas

a) NOM-001-SEDE-2012 (Instalaciones Eléctricas — Utilización):

Norma base para diseño, protección, conexionado, puesta a tierra, conductores, canalizaciones y criterios de seguridad en instalaciones eléctricas en México. (Ver Diario Oficial y versiones posteriores).

- Documentos técnicos y especificaciones de CFE / LAPEM sobre sistemas de puesta a tierra y diseño de subestaciones para la práctica en México.

b) Puntos clave de la NOM-001 (resumen aplicable a conexiones):

- Requisitos de dimensionamiento y selección de conductores (sección, aislamiento) según corriente máxima y temperatura.
- Sistemas de puesta a tierra: criterios de diseño y pasos para la conexión del neutro y rejillas de puesta a tierra.
- Protecciones: corte por sobrecorriente, coordinación de protecciones, conexiones seguras en paneles y centros de carga.
- Reglas para empalmes y conectores: tipos permitidos, técnicas de apriete/compression y accesorios anticorrosión en ambientes costeros/tropicales.

B. Relevancia práctica para Parque La Plancha

Para el proyecto de modificación del transformador y las acometidas del parque, las obligaciones principales son:

a) Cumplir NOM-001 en todos los trabajos de baja tensión (canalizaciones, protecciones, tableros, puesta a tierra).

- b) Verificar continuidad y baja impedancia de la puesta a tierra en el sitio; usar rejilla/toma de tierra separada con conexión a la red de tierras local si es necesario.
- c) Emplear materiales y métodos certificados (conectores, empalmes) y documentación de pruebas (ensayo de resistencia de tierra, pruebas de continuidad, mediciones de termografía post-instalación).

C. Tipos de conexiones eléctricas trifásicas (Y/Δ) — Descripción detallada

Introducción:

En sistemas trifásicos las bobinas/terminales de un transformador o la conexión de cargas se pueden configurar en dos formas básicas: Estrella (Y o Wye) y Delta (Δ). Combinaciones entre primario y secundario (Y-Y, Δ-Δ, Y-Δ, Δ-Y) producen características distintas de voltaje, corriente, puesta a tierra y desplazamiento de fase.

- a) Conexión Estrella (Y) — descripción básica

Diagrama (simbólico):

N

| \ | \ | \

A-B C-D E-F (cada fase 'A','B','C' conectada desde fase a neutro N)

En la conexión Estrella cada devanado de fase está conectado a un punto común llamado neutro. La tensión de fase (entre cada fase y neutro) es menor que la tensión de línea.

- b) Formulación y relaciones eléctricas:

- $V_{line} = \sqrt{3} * V_{phase}$
- $I_{line} = I_{phase}$ (en cargas conectadas en estrella)
- Si existe neutro, cargas monofásicas pueden alimentarse fase-neutro.

Usos y ejemplos típicos:

- Suministro de baja tensión con neutro disponible (alimentación de luminarias, tomas).
- Sistemas donde se necesita punto neutro referenciado a tierra.
- Transformadores con secundario en estrella para alimentar redes de baja tensión con distribución a consumidores residenciales/comerciales.

D. Conexión Delta (Δ) — descripción básica

Diagrama (simbólico):

A---B

| |

C---

(conexión en triángulo: cada devanado entre fases, sin neutro)



En Delta cada devanado se conecta entre dos fases. No existe neutro directo en la conexión básica, por lo tanto no hay tensión fase-neutro para cargas monofásicas sin transformador adicional.

a) Formulación y relaciones eléctricas:

- $V_{line} = V_{phase}$
- $I_{line} = \sqrt{3} * I_{phase}$ (cuando la carga está en las fases)

Usos y ejemplos típicos:

- Suministro de cargas industriales sin necesidad de neutro (motores trifásicos).
- Configuraciones en redes donde se desea robustez ante fallas y continuidad de servicio; los transformadores delta pueden soportar corrientes de circulación para armónicos de orden 3.

E. Conexión Estrella-Estrella (Y-Y)

Diagrama: primario en Y, secundario en Y (ambos con neutro opcional).

Características: mismo tipo de conexión en ambos lados; si ambas neutrales se conectan, cuidado con corrientes de neutro y desbalances. Puede presentarse desplazamiento de fase 0° si el grupo vectorial lo define.

Formulación y relaciones eléctricas:

- Si las relaciones de transformación son iguales y el vector coincide, no hay desplazamiento de fase entre primario y secundario (0°).
- $V_{line_secondary} = (Nturns_ratio) * V_{line_primary}$ (si se mantiene relación)

Usos y ejemplos típicos:

- Usos: alimentaciones donde se requiere neutro en secundario con baja flexibilidad en fase; subestaciones de distribución con transformadores banco con neutrales aterrizados.

F. Conexión Delta-Delta ($\Delta-\Delta$)

Diagrama: primario en Δ , secundario en Δ .

Características: no provee neutro; robusto para cargas equilibradas; permite continuar operación en caso de fallo de una fase (con banco abierto) en cierto montaje.

Formulación y relaciones eléctricas:

- No hay desplazamiento de fase entre primario y secundario si las tres fases corresponden a los mismos devanados (0° desplazamiento típico si vectorial coincide).

Usos y ejemplos típicos:



- Usos: redes industriales, centros de carga trifásica pura, motores grandes; buena tolerancia a armónicos triplen.

G. Conexión Estrella–Delta (Y–Δ)

Diagrama: primario en Y, secundario en Δ.

Características: produce un desplazamiento de fase entre primario y secundario típicamente de $+30^\circ$ o -30° dependiendo de la configuración del vector. El secundario delta no tiene neutro.

Formulación y relaciones eléctricas:

- Desplazamiento de fase entre primario y secundario = $\pm 30^\circ$ (dependiendo del grupo vectorial; por ejemplo Dy11 representa Δ–y con 330° o -30° desplazamiento en otra convención).
- La tensión línea de secundario = relación de transformación * tensión de línea primaria (considerar vectorial).

Usos y ejemplos típicos:

- Usos: muy común en transformadores de distribución para alimentar redes donde se quiere secundario Δ para motores y primaria Y para ventajas de aislamiento y conexión al sistema de transmisión.

H. Conexión Delta–Estrella (Δ–Y)

Diagrama: primario en Δ, secundario en Y.

Características: similar a Y–Δ pero con la función invertida; produce desplazamiento de fase de $\pm 30^\circ$ según vectorial. Provee neutro en secundario si se aterriza.

Formulación y relaciones eléctricas:

- Amplio uso en transformadores de alimentación: primario Δ para reducir corrientes de línea, secundario Y con neutro aterrizado para distribución a consumidores monofásicos.

Usos y ejemplos típicos:

- Usos: transformación en subestaciones, distribución pública donde se requiere neutro en secundario (residencial/comercial) y robustez en primario.

I. Tabla comparativa y diferencias prácticas

Configuración	Neutro disponible	Desplazamiento de fase	Usos típicos
Y–Y	Opcional (si ambas neutrales conectadas)	0° (si vector coincide)	Distribución con neutro, subestaciones pequeñas

Δ-Δ	No	0° (si coincide)	vector	Industrias, motores grandes
Y-Δ	No (secundario Δ)	±30°		Distribución secundaria para motores; transformadores de distribución
Δ-Y	Sí (secundario Y ±30° puede aterrizarse)			Subestaciones de distribución: neutro para consumidores

J. Guía práctica de selección para el proyecto (La Plancha)

Recomendaciones

específicas:

- Si la intención es alimentar luminarias, tomas monofásicas y puestos (necesitas neutro): usar transformador con secundario en Y y neutro aterrizado (Δ-Y o Y-Y con adecuada separación/transformación).
- Si se prevén cargas industriales/motores en eventos: secundario en Δ favorece arranque de motores y manejo de armónicos triplen.
- Para mezcla de cargas: preferir Δ-Y (primario Δ, secundario Y) o bancos con paralelado apropiado: esto da neutro en secundario y robustez en primario.
- Verificar desplazamiento de fase si va a existir paralelo entre transformadores (paralelado solo con mismo vector group y mismas relaciones de tensión).

K. Ejemplos numéricos (fórmulas y ejemplo rápido)

Relaciones de tensión e intensidad: (ejemplo)

Si $V_{phase} = 230$ V (estrella fase-neutro), entonces $V_{line} = \sqrt{3} * 230 = 398$ V. Si una carga monofásica absorbe 5 A en la fase, $I_{line} = 5$ A (en estrella). En delta, si $I_{phase} = 5$ A en un devanado, la corriente de línea sería $I_{line} = \sqrt{3} * I_{phase} \approx 8.66$ A.

L. Riesgos, compatibilidades y comprobaciones

- Paralelado de transformadores: sólo se permite entre transformadores con el mismo desplazamiento de fase (grupo vectorial) y misma tensión nominal; de lo contrario circulan corrientes de circulación y pueden dañarse.
- Puesta a tierra: si secundaria en Y, el neutro debe conectarse a tierra mediante rejilla/puesta local con resistencia baja y pruebas; si secundaria en Δ, no hay neutro (pero puede implementarse banco de aterrizaje o zigzag para generar neutro).

M. Checklist técnico para contratación/inspección

- Especificar grupo vectorial del transformador (Dy11, Yy0, etc.).
- Indicar si se requiere neutro aterrizado en secundario.



- Determinar si la red tiene cargas no lineales que requieran transformador tipo K o zigzag.
- Verificar capacidades de cortocircuito y protecciones de bus/transformador.
- Incluir pruebas de puesta a tierra y ensayo de relación de transformación en recepción.

N. Fuentes y referencias (selección)

Las siguientes fuentes informativas y normativas se consultaron para elaborar este documento. En el cuerpo del informe final estas deben verificarse en el Diario Oficial y en las páginas oficiales para la última versión vigente.

- Diario Oficial de la Federación — NOM-001-SEDE-2012 (Instalaciones Eléctricas).
- NOM-013-SEDG-2002 (Nota: esta norma corresponde a pruebas ultrasónicas para recipientes de Gas LP — se aclara la diferencia).
- CFE / LAPEM — Documentos técnicos sobre rejillas de puesta a tierra y especificaciones de subestaciones.
- Electrical Engineering Portal — artículos sobre conexiones Y/Δ y sus características.
- Electronics-Tutorials / ElectricalTechnology — explicaciones y tablas comparativas sobre estrella vs delta.

DMAB-SIGP-BAPH

**UNIVERSIDAD
MODELO**



Fase 3: Elaboración de Entregables y Cierre Parcial

3.1. Consolidación de Información:

Integración de toda la información recopilada de las fases 1 y 2 en una base de datos o repositorio estructurado.

Organización de los análisis y hallazgos obtenidos.

3.2. Desarrollo de la Memoria Técnica (Borrador):

Redacción del borrador de la memoria técnica, incluyendo secciones de diagnóstico, requerimientos, análisis normativo y de seguridad.

Generación de diagramas de flujo conceptuales que representen el proceso de sustitución según la información obtenida.

3.3. Presentación de Avances:

Preparación y presentación de los avances a la institución académica y, si aplica, a los ingenieros del parque para su retroalimentación.

3.4. Ajustes y Refinamiento:

Aplicación de los comentarios y sugerencias recibidos para mejorar la calidad y precisión de los entregables.

Simulación y/o adelante del proyecto

Los adelantos logrados hasta la fecha han permitido validar las fases conceptuales del proyecto:

Diagnóstico y Levantamiento de Información: El equipo ha cumplido la primera fase mediante la realización de visitas de campo y la obtención de registros fotográficos y bitácoras del transformador existente. Esto transforma la idea conceptual de "diagnosticar" en la posesión de datos primarios concretos sobre la instalación actual.

Investigación y Requerimientos: Se ha logrado un avance significativo a través de la colaboración directa con los ingenieros, obteniendo las directrices técnicas y los parámetros específicos que regirán la selección del nuevo transformador. Este progreso asegura que la memoria técnica se basará en datos reales y no en suposiciones.

Ánálisis Normativo: Se ha identificado y se encuentra en proceso de análisis el marco normativo oficial aplicable al proyecto (principalmente la NOM-001-SEDE). Este adelanto valida la capacidad del equipo para proporcionar un análisis de cumplimiento riguroso..

Características

Componente (Recurso/Entregable)	Descripción y Propósito
Memoria Técnica Estructurada	Es el entregable final; incluye todas las secciones de análisis de diagnóstico, normativa, requerimientos y protocolos de seguridad.
Base de Datos Documental	Repositorio digital que alberga las evidencias fotográficas, los documentos de especificación técnica y las fuentes normativas investigadas.
Instrumentos de Recopilación	Plantillas de bitácora y formatos de preguntas utilizados en las visitas y reuniones para estandarizar la captura de información.