



**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**SYLLABUS**  
**PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



|   |                                     |                     |                                     |                                     |                          |                          |                                     |
|---|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| <b>Nombre del Docente</b>                               |                                     | Prof. Herbert Rojas |                                     |                                     |                          |                          |                                     |
| <b>ESPACIO ACADÉMICO (Asignatura):</b>                  |                                     |                     |                                     |                                     | <b>Código:</b>           |                          |                                     |
| ENERGÍA III<br>CALIDAD DE POTENCIA MEDIA Y BAJA TENSION |                                     |                     |                                     |                                     | <b>250</b>               |                          |                                     |
| Obligatorio   | <input type="checkbox"/>            | Básico              | <input type="checkbox"/>            | Complementario                      | <input type="checkbox"/> |                          |                                     |
| Electivo  | <input checked="" type="checkbox"/> | Intrínseco          | <input checked="" type="checkbox"/> | Extrínseco                          | <input type="checkbox"/> |                          |                                     |
| <b>Número de Estudiantes</b>                            |                                     |                     |                                     | <b>Grupo</b>                        |                          |                          |                                     |
| <b>Número de horas/créditos</b>                         |                                     |                     |                                     | <b>Tres (3)</b>                     |                          | <b>01</b>                |                                     |
| <b>TIPO DE CURSO:</b>                                   |                                     |                     | Teórico                             | <input checked="" type="checkbox"/> | Práctico                 | <input type="checkbox"/> | Teórico - Práctico                  |
| <i>Alternativas Metodológicas:</i>                      |                                     |                     |                                     |                                     |                          |                          |                                     |
| Clase Magistral   | <input checked="" type="checkbox"/> | Seminario           | <input checked="" type="checkbox"/> | Seminario-Taller                    | <input type="checkbox"/> | Taller                   | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Proyectos Tutoriados                                    | <input type="checkbox"/>            | Otros               | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |                          |                          | <input checked="" type="checkbox"/> |

| <b>HORARIO</b> |       |       |
|----------------|-------|-------|
| DÍA            | HORAS | SALÓN |
|                |       |       |
|                |       |       |

**I. JUSTIFICACIÓN DEL ESPACIO ACADÉMICO (¿Por Qué?)**

El desarrollo y utilización de dispositivos electrónicos y equipos digitales en aplicaciones domésticas e industriales y de otro lado las políticas de Uso Racional y eficiente de la energía, ha se han incrementado durante los últimos años, convirtiéndose en los culpables y víctimas simultáneamente de la degradación de la calidad de la energía eléctrica. La principal razón para estudiar la Calidad de la Energía Eléctrica es para conocer los requerimientos de calidad de las cargas actuales como las pérdidas eléctricas, incrementos de riesgos eléctricos, reducción de los costos de operación de la red eléctrica, el uso racional de la energía, los crecimientos de las instalaciones, operaciones erróneas de equipos y aparatos eléctricos, las redes obsoletas, el incremento de la susceptibilidad de los sistemas, la reducción de la vida útil de equipos y aparatos eléctricos, el incremento de interconexiones y la mejora de la protección y la confiabilidad de las cargas, entre otros.

**Conocimientos Previos:**

Comportamiento de Física Mecánica y Electromagnética, los circuitos de corriente alterna, circuitos magnéticos y máquinas eléctricas, análisis de sistemas de potencia, protecciones eléctricas, subestaciones de potencia, la producción de electricidad y la resolución de ecuaciones lineales y no lineales.

**II. PROGRAMACIÓN DEL CONTENIDO (¿El Qué? Enseñar)**

**OBJETIVO GENERAL**

Asociar y diferenciar las causas de las perturbaciones electromagnéticas, distinguiendo su origen y tipo, así como los efectos que provocan en las máquinas, equipos e instalaciones, tanto de las empresas suministradoras como de las plantas industriales y demás usuarios del producto electricidad. Así como, sensibilizar en los problemas que lleva consigo una mala calidad de onda y, muy especialmente, evaluar y proponer las soluciones técnicas disponibles para disminuir la emisión de las perturbaciones, limitar su propagación o aumentar los niveles de inmunidad, conociendo la normativa existente.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Considerar las diferentes medidas, tanto en fase de proyecto como de explotación, que se adopten (o se pueda adoptar) en una instalación industrial, o en los receptores conectados a la misma, para que su funcionamiento sea satisfactorio en el entorno electromagnético en que se encuentren.
- Seleccionar y examinar los medios técnicos necesarios de que se dispone en el mercado, para mejorar la calidad de onda (CO) en las redes de distribución de Media y Baja Tensión.
- Analizar y estimar las tendencias futuras para mejorar la CO en las redes.

**COMPETENCIAS DE FORMACIÓN:***Competencias de Contexto*

- Formar a los estudiantes como investigadores críticos e innovadores en el contexto nacional.
- Utilizar herramientas teóricas y prácticas para la solución de problemas de proyectos de investigación o desarrollo tecnológico en el contexto colombiano.
- Aplicar los principios de la ética y la moral en el comportamiento ciudadano y en el ejercicio profesional dentro de un contexto de responsabilidad, respeto y honestidad.

*Competencias Básicas:*

- Conocer las perturbaciones electromagnéticas más frecuentes en una red eléctrica, así como también su origen y los efectos más característicos en algunos dispositivos.
- Comprender y aplicar reglamentos, normas nacionales e internacionales, recomendaciones de organismos y grupos de trabajo relacionados con calidad de la potencia y compatibilidad electromagnética.
- Proponer soluciones en diferentes redes y/o instalaciones eléctricas con base al tipo de perturbación existente en la red.

**PROGRAMA SINTÉTICO:****1. Introducción a la calidad de potencia (PQ)**

- Presentación del curso
- Conceptos básicos: calidad del suministro eléctrico, calidad del servicio, calidad de la energía eléctrica y calidad de la potencia
- Importancia de la calidad de energía
- Parámetros ideales de la calidad
- Características, tipos, causas y efectos de las perturbaciones
- Relación entre perturbaciones y transitorios electromagnéticos en sistemas eléctricos

**2. Reglamentos y normatividad**

- Normatividad en Colombia (NTC)
- Estándares europeos (IEC) y americanos (IEEE, ANSI, ASTM)
- Otras normas relacionadas con calidad de la energía eléctrica
- Comparación entre normatividad en Colombia frente a la región (Latinoamérica), EEUU y Europa

### **3. Monitoreo de perturbaciones asociadas a la calidad de potencia (PQ)**

- Objetivos del monitoreo
- Recomendaciones para el monitoreo
- Equipos e instrumentación: sensores, calibración, error
- Información requerida para obtener resultados representativos
- Metodologías para el monitoreo en instalaciones de baja tensión: selección de equipos, ubicación, instalación, recolección y análisis de datos
- Metodologías para el monitoreo en instalaciones de media y alta tensión: selección de equipos, ubicación, instalación, recolección y análisis de datos
- Monitoreo en instalaciones especiales (hospitales, plantas industriales, etc.)
- Evaluación de límites de distorsión (mediciones vs. normatividad)

### **4. Desequilibrios de tensión y condiciones no-sinusoidales**

- Origen. Valores de referencia. Causas que las originan
- Efectos que producen y receptores sensibles
- Medidas de corrección y prevención
- Sistemas de corrección específicos
- Acciones de prevención y corrección

### **5. Armónicos e interarmónicos. Distorsión armónica**

- Dispositivos perturbadores
- Efectos y equipos sensibles Valores de referencia
- Impedancia armónica y distorsión medida de armónicos
- Configuración de la instalación y resonancias
- Corrección de armónicos en fase de proyecto y en fase de explotación
- Corrección individual y corrección centralizada
- Filtros de corrección de armónicos pasivos, activos e híbridos

### **6. Variaciones de tensión de corta duración: huecos de tensión, sobretensiones e interrupciones**

- Valores de referencia. Causas que los originan
- Efectos que producen y receptores sensibles
- Acciones de prevención y corrección en instalaciones nuevas y en funcionamiento.
- Medidas que puede adoptar la empresa suministradora
- Medidas que se pueden adoptar en las plantas industriales

### **7. Fluctuaciones de tensión. Efecto flicker**

- Evaluación del flicker. Niveles de CEM e índices de severidad
- Fisiología del flicker. El medidor de la CEI
- Productores y limitadores de flicker
- Realización de medidas
- Sistemas de corrección específicos para las fluctuaciones de tensión y el flicker

### **8. Transitorios de corta duración**

- Parámetros característicos
- Valores de referencia. Causas que los originan y efectos que producen
- Acciones específicas de prevención y corrección

### **9. Solución a problemas reales que afectan la calidad de potencia**

- Análisis de inmunidad en equipos y dispositivos
- Regulación de tensión, compensación del factor de potencia, desbalance de tensión
- Estimación y diagnóstico de índices de calidad de potencia en instalaciones eléctricas
- Metodologías para la evaluación de responsabilidades en la contaminación armónica

**PROYECTO FINAL DEL CURSO**

### III. ESTRATEGIAS (¿El Cómo?)

#### Metodología Pedagógica y Didáctica

La metodología para adelantar el curso es presencial e incluye varios componentes como son:

- Clases magistrales dictadas por el docente, durante los horarios programados por la coordinación del programa (maestría o pregrado), en el que se transmitan conocimientos y se activen los procesos cognitivos del estudiante. El material se entregará previamente para la participación activa por parte de los estudiantes.
- Talleres y estudio de casos. Estos serán investigados, discutidos y reflexionados por los estudiantes
- Resolución de ejercicios y problemas donde el estudiante ejercite, ensaye y ponga en práctica los conocimientos previos.
- Simulación, análisis y diseño.
- Aprendizaje orientado a proyectos. Esto permite a los estudiantes interactuar en situaciones concretas y significativas que estimulan el saber, el saber hacer y el saber ser, aplicando las habilidades y conocimientos adquiridos.

| Tipo de Curso     | Horas |    |    | Horas profesor/semana | Horas Estudiante/semana | Total horas Estudiante/semestre | Créditos |
|-------------------|-------|----|----|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|----------|
|                   | TD    | TC | TA | TD + TC               | TT = TD+TC+TA           | TT x 16 semanas                 |          |
| Teórico -Practico | 2     | 2  | 5  | 4                     | 9                       | 144                             | 3        |

**Trabajo Presencial Directo (TD):** trabajo de aula con plenaria de todos los estudiantes.

**Trabajo Mediado Cooperativo (TC):** Trabajo de tutoría del docente a pequeños grupos o de forma individual a los estudiantes.

**Trabajo Autónomo (TA):** Trabajo del estudiante sin presencia del docente, que se puede realizar en distintas instancias: en grupos de trabajo o en forma individual, en casa o en biblioteca, laboratorio, etc.)

### IV. RECURSOS (Con Qué?)

#### Medios y Ayudas

- Video beam
- Laboratorios y equipos para desarrollar prácticas
- Computadores para simulación
- Plataforma virtual para acompañamiento de los temas del curso

#### Bibliografía

##### Textos Guías:

- Singh, B., Chandra, A., Al-Haddad, K., Power Quality: Problems and Mitigation Techniques. Ed. Wiley, 2015.
- Bollen, M., Gu, I., Signal Processing of Power Quality Disturbances, Ed. Wiley-IEEE Press, 2006.
- Bollen, M., Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions, Ed. Wiley-IEEE Press, 2000.
- Arrillaga, J., Watson, N., Chen, S., "Power System Quality Assessment", Ed. Wiley, 2000.
- Arrillaga, J., Smith, B., Watson, N., Wood, A., "Power System Harmonic Analysis", Ed. Wiley, 1997.

##### Textos Complementarios:

- Documentación de los cursos del Grupo Schneider.
- Eduardo Alegría. "Power conditioning using the STS and SVR".
- William E. Brumsickle. "Dynamic sag correctors: Cost effective industrial power line conditioning".

##### Revistas:



| <b>VI. EVALUACIÓN (Qué, Cuándo, Cómo?)</b>   |   |                         |                   |
|--|---|-------------------------|-------------------|
|  | <b>TIPO DE EVALUACIÓN</b>   | <b>FECHA</b>            | <b>PORCENTAJE</b> |
| <b>PRIMER CORTE</b>  | Parciales, Quices, Talleres, Proyectos Tutoriados, Participación en clase | Semana 8 de clases      | 35%               |
| <b>SEGUNDO CORTE</b>   | Parciales, Quices, Talleres, Proyectos Tutoriados, Participación en clase | Semana 16 de clases     | 35%               |
| <b>EXAMEN FINAL</b>  | Examen Final o Proyecto final de clase.                                   | Semana 17 -18 de clases | 30%               |
| <b>ASPECTOS A EVALUAR DEL CURSO</b>  |   |                         |                   |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evaluación del desempeño docente</li> <li>2. Evaluación de los aprendizajes de los estudiantes en sus dimensiones: individual/grupo, teórica/práctica, oral/escrita.</li> <li>3. Autoevaluación y Co-evaluación del curso: de forma oral entre estudiantes y docente.</li> </ol> |   |                         |                   |
| <b>Datos del Profesor</b>  |   |                         |                   |
| Nombre:  |   |                         |                   |
| Pregrado:  |   |                         |                   |
| Postgrado:   |   |                         |                   |
| Correo Electrónico:  |   |                         |                   |