

EXPERIENCIA INTERNACIONAL

Con el objeto de desarrollar los Criterios en materia de eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad y sustentabilidad del SEN, en adelante “Código de Red”, la Comisión Reguladora de Energía (la CRE) consideró las experiencias que se han tenido en la elaboración de códigos de red en Estados Unidos, Europa y algunos países de Latinoamérica.

En el presente documento se incluyen prácticas internacionales en materia de establecer requerimientos técnicos o estándares con el objeto de asegurar la confiabilidad de los sistemas eléctricos de potencia.

ESTADOS UNIDOS

Comisión Federal Reguladora de Energía

La Comisión Federal Reguladora de Energía (*Federal Energy Regulatory Commission*, FERC) es una agencia independiente que regula la transmisión inter-estatal de: electricidad, gas natural, y petróleo, de manera general. Para llevar a cabo su labor, la FERC está organizada en diferentes oficinas, cada una con una tarea específica. De estas oficinas, la de particular interés para fines de este documento es la Oficina de Confiabilidad Eléctrica (*Office of Electric Reliability*, OER). Entre las principales responsabilidades de esta oficina son¹:

1. Supervisar y participar en el proceso de desarrollo de los estándares para ayudar a mejorar la calidad de los estándares de confiabilidad propuestos a la Comisión. Supervisar los estándares archivados para hacer recomendaciones sobre si la Comisión debería aprobarlos o no, o si la Comisión debería ordenar a la Organización de Confiabilidad Eléctrica (ERO) que cree un nuevo estándar o revise un estándar existente.
2. Supervisar el cumplimiento de los estándares de confiabilidad entre los usuarios, propietarios y operadores del sistema eléctrico.
3. Dirigir o unirse a revisiones y auditorías periódicas y no programadas de la ERO, las Entidades Regionales (Regional Entities o REs), y los usuarios, propietarios y operadores para determinar la efectividad de sus programas de confiabilidad y su cumplimiento con los estándares de confiabilidad.
4. Dirigir o unirse al análisis e investigaciones relacionadas con quejas, apagones, casi fallas, etc., en el sistema eléctrico para determinar si se violaron los estándares de confiabilidad, si se justifican cambios a los estándares de confiabilidad, o si los estándares de confiabilidad son adecuados para su propósito.
5. Supervisar las evaluaciones de adecuación de recursos de la ERO para identificar e investigar las restricciones en el sistema eléctrico.

¹ <https://www.ferc.gov/about/offices/oer.asp>

6. Participar en los procesos de planificación regional para determinar si los proyectos propuestos y aprobados son suficientes para cumplir con los requerimientos de confiabilidad.

7. Coordinar con las agencias federales aplicables; otros gobiernos; agencias estatales y reguladores, incluida la Asociación Nacional de Comisionados de Servicios de Regulación (NARUC); la Organización de Confiabilidad Eléctrica y las Entidades Regionales (RE); los ISO / RTOs; usuarios, propietarios y operadores del sistema eléctrico; partes interesadas clientes; etc. para facilitar la fiabilidad y seguridad energética.

8. Supervisar los eventos en tiempo real en el sistema eléctrico, informando sobre los eventos más significativos para el Presidente, los Comisionados y el personal superior a través de un sistema de notificación de emergencias 24/7.

9. Trabajar con otros grupos internos y externos para evaluar los elementos que pueden afectar el sistema eléctrico (como restricciones de combustible, ubicación y permisos de generación y transmisión, congestión, recuperación de la tasa para gastos de confiabilidad, etc.) y opciones de recuperación de costos para soluciones potenciales.

10. Identificar las áreas restringidas localizadas y las posibles preocupaciones regulatorias / legislativas.

11. Explorar, desarrollar e implementar procedimientos y / o estándares de confiabilidad para asegurar el sistema eléctrico, incluidas las instalaciones cibernéticas, contra ataques externos.

Para llevar a cabo las tareas antes mencionadas, la OER de FERC cuenta con tres grandes divisiones: la División de Cumplimiento, la División de Estándares de Confiabilidad y Seguridad, y la División de Ingeniería, Planeación y Operaciones.

La División de Cumplimiento² se encarga de asegurar la implementación y el cumplimiento de los estándares obligatorios aprobados para los usuarios, propietarios, y operadores del sistema eléctrico. Dentro de sus responsabilidades particulares se encuentran:

- Dar seguimiento y revisión a todas las violaciones, planes de mitigación, y sanciones propuestas en conjunto con la Oficina de Cumplimiento.
- Analizar incidentes o supuestas violaciones y/o realizar las investigaciones posteriores a incidentes, peticiones, quejas, en el sistema eléctrico, en conjunto con la Oficina de Cumplimiento, según corresponda.
- Realizar de forma independiente o en conjunto con la Oficina de Cumplimiento, auditorías a los usuarios, propietarios u operador del sistema, con o sin la ERO/REs.
- Llevar a cabo las revisiones y auditorías de desempeño apropiadas de ERO y RE, incluida una revisión del desempeño anual de ERO, así como durante sus revisiones de certificación de tres y cinco años.
- Soporte según sea necesario, las actividades y requerimientos de las demás divisiones.

La División de Estándares de Confiabilidad y Seguridad³ está a cargo de desarrollar y revisar los estándares obligatorios de confiabilidad. Dentro de sus responsabilidades específicas se encuentran:

² <https://www.ferc.gov/about/offices/oer/oer-doc.asp>

³ <https://www.ferc.gov/about/offices/oer/oer-dors.asp>

- Participar en el proceso de desarrollo de estándares de la ERO, para informar a la Comisión sobre potenciales problemas y problemas asociados con el desarrollo de los estándares. Proveer los insumos para el proceso de ayudar a mejorar la calidad de los estándares antes de que sean sometidos a la aprobación de la Comisión.
- Participar en el proceso de desarrollo de estándares de las REs para ayudar a determinar la necesidad de los estándares y si su aprobación tendría implicaciones en los estándares de la ERO. Proporcionar información a la Comisión sobre problemas potenciales y problemas asociados con los estándares en desarrollo. Proporcionar información al proceso de desarrollo de estándares regionales para ayudar a mejorar la calidad de las normas antes de que se presenten a la Comisión para su aprobación.
- Participar en el proceso de interpretación de la ERO para informar a la Comisión sobre posibles problemas y problemas asociados con las interpretaciones. Proporcionar información al proceso para ayudar a mejorar la calidad de las interpretaciones antes de que se envíen a la Comisión para su aprobación.
- Revisar y analizar los estándares de confiabilidad presentados ante la Comisión. Recomendar si las normas deben ser aprobadas o no. Recomendar si el ERO debe desarrollar estándares nuevos o modificados.
- Participar en la formulación y redacción de nuevas reglas y declaraciones de políticas relacionadas con los estándares de confiabilidad.
- Trabajar con la División de Cumplimiento para realizar revisiones periódicas de estándares aprobados para determinar si son adecuados para mantener la confiabilidad del sistema eléctrico, si es necesario realizar modificaciones o si el ERO debe desarrollar nuevos estándares de confiabilidad.
- Supervisar los esfuerzos de la ERO y los REs para monitorear el cumplimiento con los estándares de Protección de Infraestructura Crítica (CIP). Rastrear y revisar las supuestas infracciones de CIP, todos los planes de mitigación, y los avisos de penalizaciones en conjunto con la Oficina de Cumplimiento.
- Realizar análisis de incidentes y supuestas infracciones y / o investigaciones posteriores a incidentes, notificaciones, solicitudes o quejas de seguridad cibernética del sistema eléctrico en conjunto con la Oficina de Cumplimiento, según corresponda.
- Conducir o asociarse de manera independiente con la Oficina de Cumplimiento en la realización de auditorías de cumplimiento de CIP de los usuarios, propietarios y / o operadores del sistema eléctrico con o sin los ERO / RE.
- Coordinar con la Oficina de Seguridad e Infraestructura de Energía (OEIS, por sus siglas en inglés) sobre temas actuales y emergentes relacionados con la seguridad física y cibernética.
- Dar apoyo, según sea necesario, en las actividades y requerimientos de las demás divisiones.

Finalmente, la División de Ingeniería, de Planeación y Operaciones⁴ se encarga de apoyar activamente y liderar la actividad de procesar los costos asociados a la confiabilidad, evaluando sus aspectos ingenieriles y los potenciales impactos en el sistema eléctrico. Monitorear, analizar, y enfrentar problemas relacionados con el sistema eléctrico, incluyendo: reporte de eventos en tiempo real, y evaluaciones a largo plazo de la

⁴ <https://www.ferc.gov/about/offices/oer/oer-doepo.asp>

adecuación y fiabilidad de los recursos. En específico, esta División realiza las siguientes tareas:

- Respaldo activamente o conducir el proceso de recuperación de costos relacionados con la confiabilidad, evaluando sus aspectos de ingeniería y los impactos potenciales en el sistema eléctrico. Supervisar, analizar y abordar los problemas relacionados con el sistema eléctrico, incluidos los informes de eventos en tiempo real y las evaluaciones a largo plazo de la adecuación y fiabilidad de los recursos.
- Revise todas las presentaciones de tarifas eléctricas para determinar aquellas con implicaciones de confiabilidad. Apoyar o dirigir activamente las divisiones de tarifas de la Oficina de Regulación del Mercado Energético, asegurándose de que las presentaciones de recuperación de costos relacionadas con la confiabilidad se evalúen por sus aspectos de ingeniería y los posibles impactos en el sistema eléctrico.
- Dirigir el esfuerzo en la realización del análisis técnico y de políticas necesario para la entrada en los pedidos eléctricos con el fin de cumplir con el objetivo de la Comisión de proteger y mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico.
- Proporcionar el seguimiento de carga de trabajo y soporte de recopilación de datos para la oficina.
- Supervisar y participar en los procesos de planificación regional para determinar si los proyectos propuestos y aprobados son suficientes para cumplir con los requerimientos de confiabilidad. Proporcionar apoyo a la Oficina de Proyectos de Energía para realizar la petición de emplazamiento de la autoridad de respaldo cuando sea necesario.
- Supervisar las evaluaciones de adecuación de recursos de la ERO para identificar e investigar las restricciones en el sistema eléctrico.
- Proporcionar a la Comisión un análisis informado de las operaciones en tiempo real del sistema eléctrico y los estudios de planeación, mediante el aprovechamiento de la ERO, la revisión de los estudios estacionales a largo plazo de la ERO, y mediante un análisis independiente.
- Operar un sistema de notificación de mensajes de emergencia las 24 horas del día, los 7 días de la semana para monitorear la integridad del sistema eléctrico y proporcionar información oportuna a la Comisión durante emergencias, eventos en el sistema que involucren causas naturales o de otro tipo.
- Coordinar los análisis de recopilación de datos de eventos y perturbaciones antes de los análisis de eventos o las investigaciones de cumplimiento.
- Proporcionar a la Comisión un análisis oportuno de la integración de generación renovable a nivel nacional. Proporcionar a la Comisión un análisis informado de las métricas de confiabilidad emergentes.

La vigilancia, supervisión y monitoreo del cumplimiento del Código de Red por parte de la CRE es una atribución establecida en la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) y para cumplir con ello, el Código de Red toma aspectos desarrollados por la propia CRE y algunos otros que la FERC tiene como atribución, en la medida en que se adapten al marco regulatorio mexicano. Conjuntamente estos aspectos se ven reflejados en el Capítulo B “Gestión de Código” del Código de Red.

CORPORACIÓN NORTEAMERICANA DE CONFIABILIDAD ELÉCTRICA Y EL CONSEJO COORDINADOR DE ELECTRICIDAD DEL OCCIDENTE

En Estados Unidos, NERC (Corporación Norteamericana de Confiabilidad Eléctrica o *North American Reliability Corporation*, en sus siglas en inglés) es la ERO encargada de la confiabilidad del sistema eléctrico. Para llevar a cabo estas responsabilidades, la NERC delega ciertas autoridades y trabaja en conjunto con las 8 Entidades Regionales que forman el sistema eléctrico, con el propósito de coordinar metas y objetivos. Tal es el caso del Consejo Coordinador de Electricidad del Occidente (*Western Electricity Coordinating Council*, WECC).

Como parte de las referencias al WECC y considerando el trabajo ya desarrollado por el Centro Nacional de Control de Energía (Cenace), además de los criterios establecidos en los Criterios Técnicos Generales se considerará los siguientes Estándares (en Criterio BC-1 de las Disposiciones Generales, del Código de Red):

- A. BAL-001-MX-0 *Real Power Balancing Control Performance*
- B. INT-001-MX-0 *Interchange Information*
- C. BAL-006-MX-0 *Inadvertent Interchange*
- D. CIP-001-MX-0 *Sabotage Reporting*
- E. INT-003-MX-0 *Interchange Transaction Implementation*
- F. PER-001-MX-0 *Operating Personnel Responsibility and Authority*
- G. PER-002-MX-0 *Operating Personnel Training*
- H. PER-003-MX-0 *Operating Personnel Credentials*
- I. VAR-002-WECC-MX-0 *Automatic Voltage Regulators (AVR)*
- J. VAR-501-WECC-MX-0 *Power System Stabilizer (PSS)*

UNIÓN EUROPEA

Red Europea de Operadores de Sistemas de Transmisión de Electricidad (ENTSO-E)

ENTSO-E⁵ es una red de Operadores de Sistemas Eléctricos constituida por 43 Operadores de Sistemas Eléctricos de 36 países europeos. ENTSO-E fue establecido y se le dio el mandato legal por parte del Tercer Paquete Legislativo para el Mercado de Energía Interno 2009, el cual apunta a una mayor liberalización de los mercados de gas y electricidad.

El Tercer Paquete Legislativo para el Mercado de Energía se compone de 2 directivas europeas y 3 regulaciones. El Reglamento que estipula las tareas y responsabilidades de ENTSO-E es el Reglamento (CE) 714/2009⁶ sobre las condiciones de acceso a la red para los intercambios transfronterizos de electricidad. El Reglamento establece las responsabilidades de ENTSO-E para mejorar la cooperación entre sus 43 Operadores de Sistemas Eléctricos en toda la Unión Europea para ayudar a desarrollar una red

⁵ <https://www.entsoe.eu/about/inside-entsoe/objectives/>

⁶ <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:211:0015:0035:EN:PDF>

paneuropea de transmisión de electricidad en línea con los objetivos de la política energética de la Unión Europea. Estos incluyen:

- Garantizar el funcionamiento seguro y fiable de la red cada vez más compleja;
- Facilitar el desarrollo de redes transfronterizas y la integración de recursos energéticos renovables;
- Mejora de la creación del Mercado Eléctrico Interno (IEM).

Para lograr esto, el Reglamento proporciona a ENTSO-E una serie de herramientas y responsabilidades, incluidos códigos de red, planificación de infraestructura y previsiones de adecuación.

Los diferentes Códigos de Red se distribuyen en familias de códigos:

CONEXIÓN

- Código de conexión de demanda
- Requerimientos para Generadores
- Conexiones en HVDC (High Voltage Direct Current)

OPERACIONES

- Emergencia y Restauración
- Operaciones

MERCADO

- Asignación de capacidad y gestión de la congestión
- Balance
- Asignación de capacidad a futuro

Existe una coordinación directa entre algunos Códigos de Red, como lo muestra la figura 1:



Figura 1. Estructura de los Códigos de Red de ENTSO-E.

Los códigos de red son un conjunto de normas redactadas por ENTSO-E, con la orientación de la Agencia para la Cooperación de Reguladores de Energía (ACER), para facilitar la armonización, integración y eficiencia del mercado eléctrico europeo. Cada código de red es una parte integral del impulso hacia la finalización del mercado interior de la energía y el logro de los objetivos energéticos de la Unión Europea de:

- Al menos un 40% de reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los niveles de 1990.
- Al menos un 32% del consumo de energía renovable.
- Al menos un ahorro de energía del 32,5% en comparación con el escenario habitual.

La experiencia de ENTSO-E influyó en el diseño de la estructura del Código de Red en México. Como se observa en la figura 2, se consideró adecuado crear un documento rector que tuviera todas las generalidades y que hiciera referencia a otros documentos que hemos nombrado Disposiciones Operativas. Dichas Disposiciones Operativas constituyen los hexágonos que rodean al hexágono principal denominado Criterios Generales.

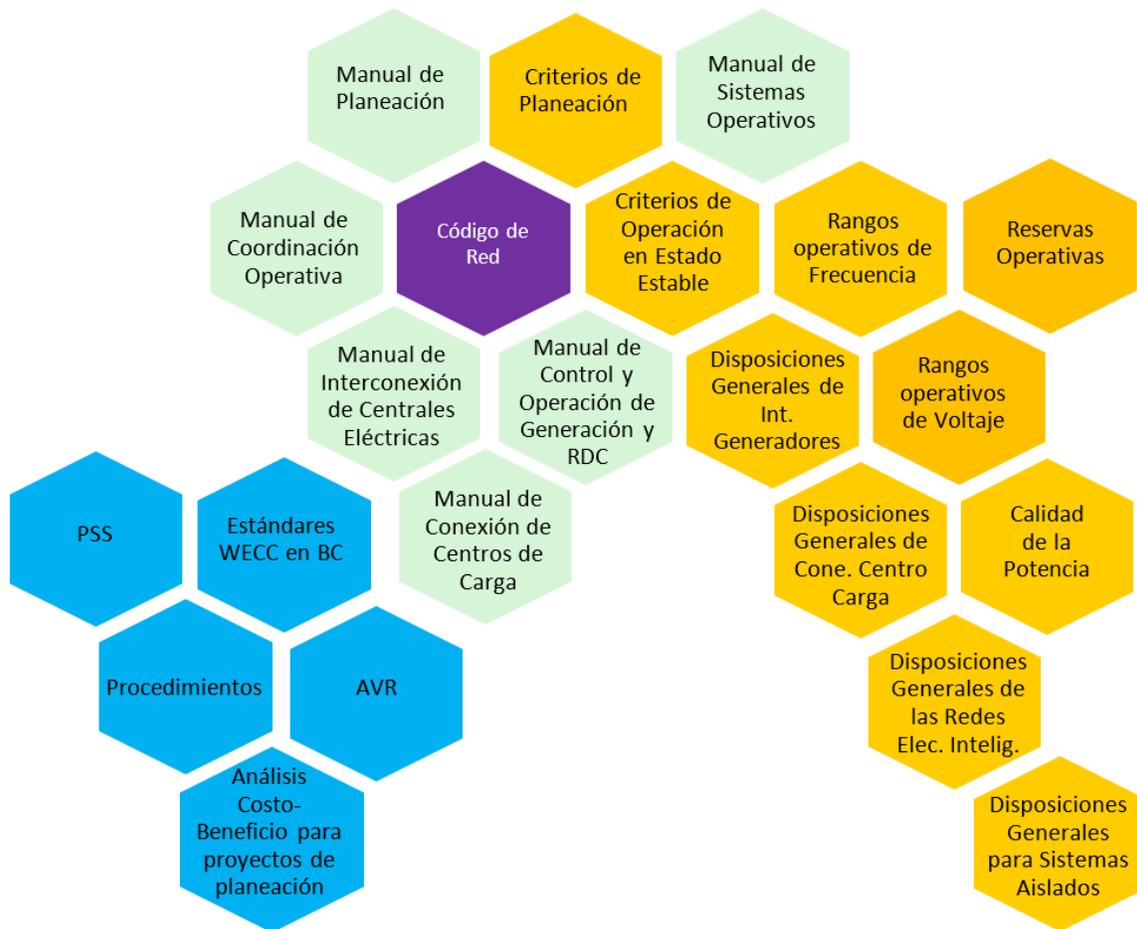


Figura 2. Estructura del Código de Red de México.

REINO UNIDO

En 2001 en el Reino Unido, la compañía *National Grid* publicó un Código de Red⁷ que establecía las condiciones bajo las cuales se podía hacer uso del Sistema Nacional de Transmisión Eléctrica. Desde entonces, *National Grid* modifica y actualiza el Código de Red haciendo participe al sector industrial.

El Código de Red establece los requerimientos para el uso del Sistema Nacional de Transmisión Eléctrica en los temas de conexión, planeación, pronósticos de la demanda, monitoreo, control de la demanda, coordinación para la seguridad y planeación ante contingencias entre otros. Así mismo, el Código de Red tiene aplicabilidad en los Generadores, los propietarios de convertidores de Corriente Directa, y los Suministradores.

En el Código de Red especifica los procedimientos diarios para la planeación y operación por parte de los Generadores, Suministradores, y demás entidades que hagan uso del Sistema Nacional de Transmisión Eléctrica.

El Código de Red tiene como objeto:

- permitir el desarrollo, mantenimiento y operación de un sistema eficiente, coordinado y económico para la transmisión de electricidad.
- facilitar la competencia en la generación y suministro de electricidad (y sin limitar lo anterior, para facilitar el sistema nacional de transmisión de electricidad esté disponible para las personas autorizadas para suministrar o generar electricidad en términos que no impidan ni restrinjan la competencia en el suministro o generación de electricidad);
- promover la seguridad y eficiencia de la generación, transmisión y distribución de electricidad en el área del operador nacional de transmisión de electricidad en su conjunto; y
- cumplir de manera eficiente con las obligaciones impuestas al licenciatarario por esta licencia y cumplir con el Reglamento de Electricidad y cualquier decisión legalmente vinculante pertinente de la Comisión Europea y / o la Agencia.

Y se concibe como una declaración de lo que es óptimo (particularmente desde un punto de vista técnico) para todos los Usuarios y para la Compañía en relación con la planificación, operación y uso de la Sistema Nacional de Transmisión de Electricidad

El Código de Red está dividido a su vez en diferentes códigos y procesos:

- Código de Planeación
- Condiciones de Conexión
 - Procesos de Cumplimiento que debe seguir La Compañía, propietario de Generador o Dispositivo de Corriente Directa: Previsión de la demanda
 - Coordinación del proceso de planeación de la interrupción de suministro
 - Datos de Margen Operativo
 - Pruebas de seguimiento de Usuarios
 - Formas de reducción de demanda
 - Reporte de Acciones programadas y planeadas, así como las inesperadas como fallas

⁷<https://www.nationalgrideso.com/document/33821/download>

- Coordinación de restablecimiento
- Mantenimiento del Aislamiento y puesta a tierra en trabajo/pruebas de forma segura
- Informes sobre sucesos como fallas
- Procedimiento para las Pruebas del Sistema
- Código de registro de información
- Condiciones generales

A diferencia del Reino Unido, en donde se tienen códigos para cada aspecto de confiabilidad, en México se contempló la elaboración de Manuales que contienen las Disposiciones Operativas. Por mencionar algunos de los manuales en común con el Reino Unido, se tienen los siguientes:

1. Manual de Interconexión de Centrales Eléctricas
2. Manual de Conexión de Centros de Carga
3. Manual de Coordinación Operativa, y
4. Manual de Planeación
5. 5 Manual de Estados Operativos del SEN
6. Manual de Control y Operación de la Generación y de los Recursos de Demanda Controlable

LATINOAMÉRICA

CHILE

El Ministerio de Energía es una institución gubernamental que tiene por objetivo el desarrollar distintos planes, políticas y normas para el desarrollo del sector energético de Chile.

El Ministerio de Energía cuenta con el apoyo de la Comisión Nacional de Energía (CNE), el cual, tiene por objetivo el analizar precios, tarifas y normas técnicas a las que deben ceñirse las empresas de producción, generación, transporte y distribución de energía.

Como parte de las actividades que realiza la CNE, se encuentra, el establecer las normas técnicas y de calidad indispensables para el funcionamiento y la operación de las instalaciones energéticas.

Entre otras normas, se encuentra la Norma Técnica de Seguridad y Calidad del Servicio⁸, la cual tiene por objetivo, establecer las exigencias de Seguridad y Calidad de servicio de los Sistemas Interconectados.

En la Norma, se establecen las exigencias mínimas para el diseño de instalaciones de transmisión, los requisitos técnicos mínimos para la interconexión de Centrales Eléctricas y Centros de Carga, las funciones del Coordinador Independiente del Sistema Eléctrico Nacional y de los Centros de Control de los Coordinados para el control operativo de los Sistemas Interconectados.

⁸ Comisión Nacional de Energía. Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio. https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/06/NTSyCS_May18.pdf

COLOMBIA

La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), tiene por objetivo regular los servicios de energía eléctrica, gas natural, gas licuado de petróleo (GLP) y combustibles líquidos, para que los usuarios tengan acceso a servicios eficientes.

Como parte de las actividades de regulación de la CREG, en 1995, se publicó el Código de Redes⁹ que contiene los criterios, estándares y procedimientos que deberán observar los Transportistas, la Unidad de Planeamiento Minero Energético, los Generadores, Distribuidores, los grandes consumidores y cualquier otro Usuario o entidad con un sistema conectado directamente al Sistema de Transmisión Nacional.

El Código de Redes está conformado por los siguientes documentos:

- Código de Planeamiento¹⁰: especifica los criterios, estándares y procedimientos para el suministro y tipo de información requerida por la Unidad de Planeamiento Minero Energético (UPME), en la elaboración del Plan de Expansión de Referencia, y por los Transportadores, en la ejecución del planeamiento de detalle y el desarrollo del sistema interconectado de transmisión a tensiones iguales o superiores a 220 kV.
- Código de Conexión¹¹: establece los requisitos técnicos mínimos para el diseño, construcción, montaje, puesta en servicio, operación y mantenimiento que todo Usuario debe cumplir por o para su conexión al Sistema de Transmisión Nacional (STN).
- Código de Operación¹²: contiene los criterios, procedimientos y requisitos de información necesarios para realizar el planeamiento, el despacho económico, la coordinación, la supervisión y el control de la operación integrada del Sistema Interconectado Nacional (SIN).
- Código de Medida¹³: establece las condiciones técnicas y procedimientos que se deben tener en cuenta, para efectos de lectura, registro y recolección, actividades necesarias para la contabilización de las transacciones de energía eléctrica realizadas en el Mercado Mayorista.

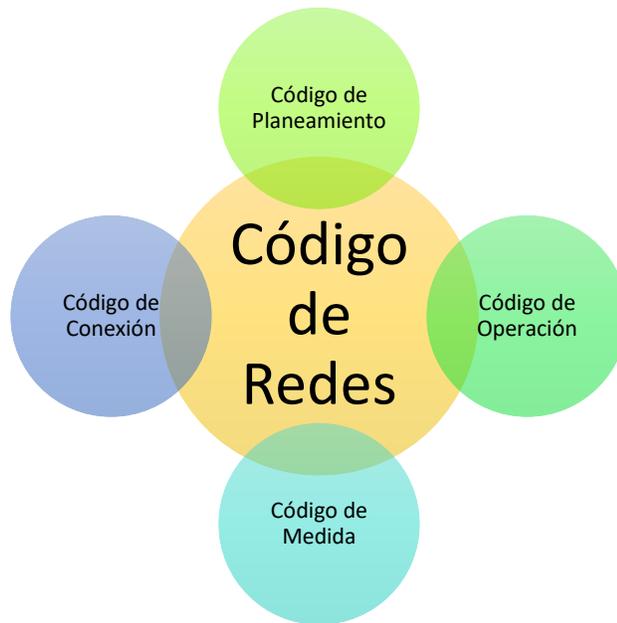
⁹ Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). Resolución 025. Código de Redes. [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/2b8fb06f012cc9c245256b7b00789b0c/3a940408d14bf2e80525785a007a653b/\\$FILE/Cr025-95.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/2b8fb06f012cc9c245256b7b00789b0c/3a940408d14bf2e80525785a007a653b/$FILE/Cr025-95.pdf)

¹⁰ CREG. Código de Redes. Código de Planeamiento. <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Codigos-1995-RES.025-1995.COD..REDES.-COD.PLANEAMIENTO?>

¹¹ CREG. Código de Redes. Código de Conexión. <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Codigos-1995-RES.025-1995.COD..REDES.-COD..CONEXION?OpenDocument>

¹² CREG. Código de Redes. Código de Operación. <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Codigos-1995-RES.025-1995.COD..REDES.-COD..OPERACION?OpenDocument>

¹³ CREG. Código de Redes. Código de Medida. <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Codigos-1995-RES.025-1995.COD..REDES.-COD.MEDIDA?OpenDocument>



El Código de Redes, ha sido modificado a través de diversas resoluciones¹⁴, incluso, se pueden presentar propuestas de modificaciones ante el Consejo Nacional de Operación y se aplica una vez que la CREG lo apruebe.

¹⁴ CREG. Código de Redes. <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-1995-CRG95025>