



**Comisión de Regulación
de Energía y Gas**

SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD

Ing. Germán Castro Ferreira

Cartagena - Colombia , Noviembre de 2010

1. Generalidades de la prestación del servicio de energía eléctrica en Colombia
2. Costo de prestación del servicio
3. Calidad del servicio
 - Calidad del servicio en distribución
 - Calidad del servicio en transmisión
 - Calidad de la potencia

Aumento de cobertura

Eficiencia en costos Continuidad del servicio

Constitución
1991

Ley Servicios Públicos
142 de 1994

Ley Eléctrica
143 de 1994

1991

1994

Estado prestador de los SSPP.

Prestación de los servicios públicos por parte de **entidades estatales**

ARTICULO 365. Los SSPP son inherentes a la finalidad social del Estado.

Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional.

Podrán ser prestados por el Estado, directa o indirectamente, por comunidades organizadas, o **por particulares**.

En todo caso, el Estado mantendrá **la regulación, el control y la vigilancia** de dichos servicios.

Intervención del Estado en SSPP

- Garantizar **calidad y disponibilidad** de los servicios.
- Ampliación permanente de **cobertura**.
- Prestación **continua e ininterrumpida**.
- Prestación eficiente.
- Participación de **usuarios en la gestión y fiscalización** de la prestación de los servicios

Calidad en la prestación del servicio
Ampliación de cobertura
Eficiencia – reducción de pérdidas

Ley Servicios Públicos
142 de 1994

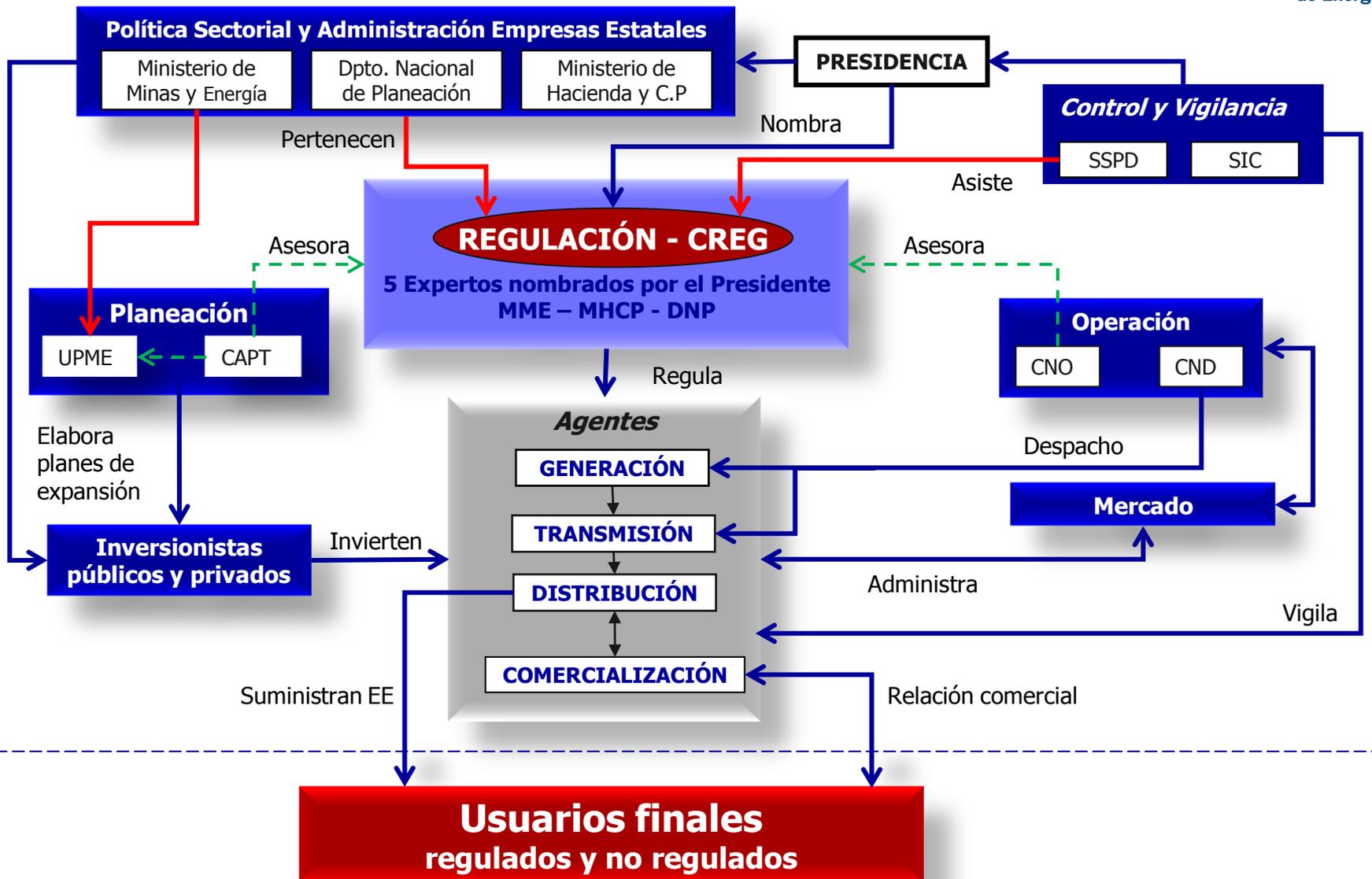
Ley Eléctrica
143 de 1994

1994

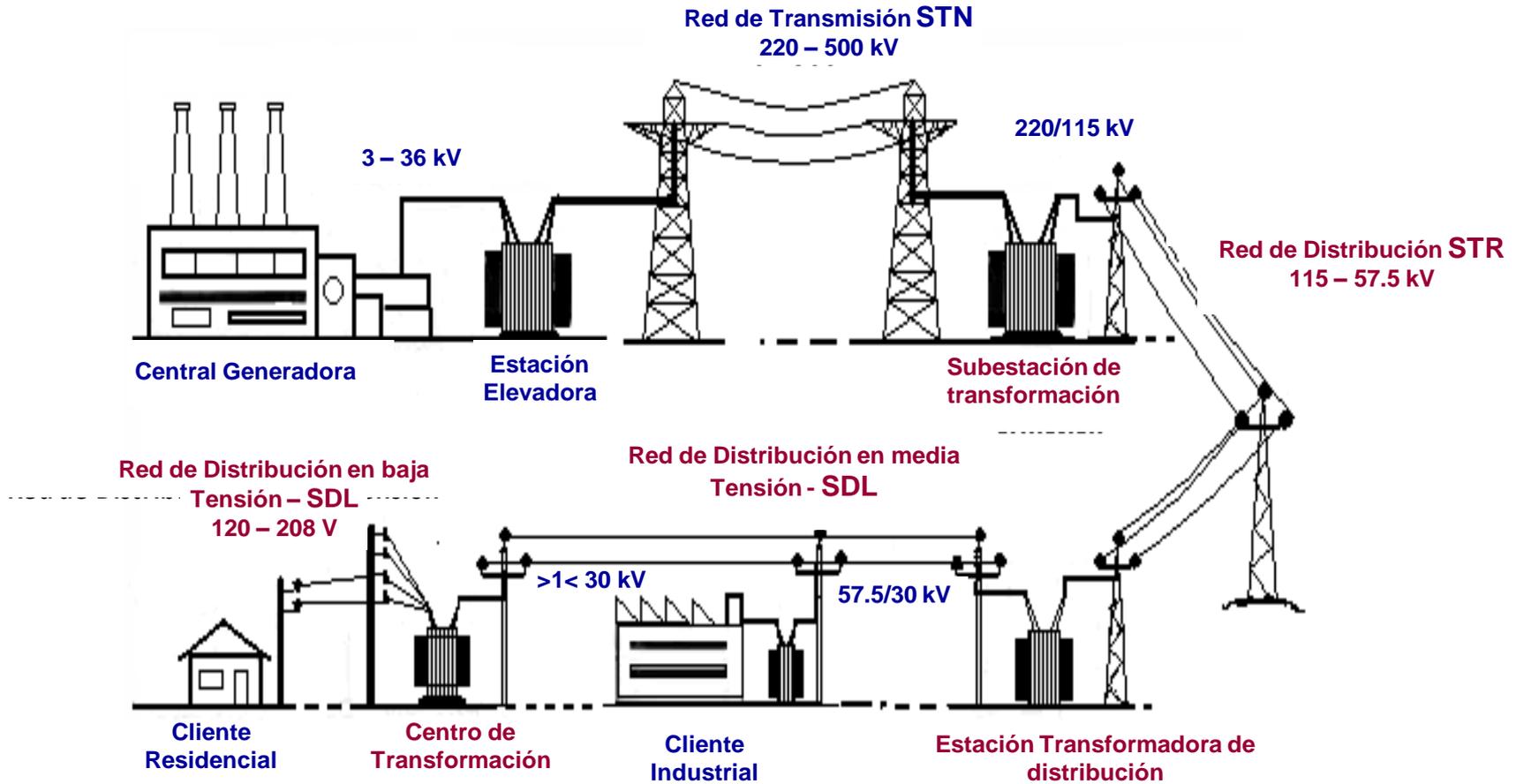
2010

- **Separación de actividades** para la prestación del servicio
- Participación de **agentes privados** en la prestación del servicio.
- Entidad de regulación - Comisión de Regulación de Energía y Gas - **CREG**
- Entidad de planeación - Unidad de Planeación Minero Energética - **UPME**
- Entidad de vigilancia y control Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios – **SSPD**
- **Participación ciudadana** (audiencias públicas, vocales de control).
- Régimen tarifario quinquenal
- Regulación para cada actividad de la cadena de prestación del servicio

Esquema Institucional Sector Eléctrico en Colombia



Cadena de prestación del servicio

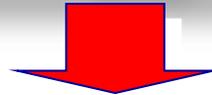


Sistema de Transporte de energía eléctrica

TRANSMISIÓN

**Sistema de Transmisión Nacional
STN**

≥ 220 kV

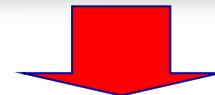


DISTRIBUCIÓN

< 220 kV

**Sistema de Transmisión
Regional
*STR Norte***

**Sistema de Transmisión
Regional
*STR Centro-Sur***



**Sistema de
Distribución
Local - SDL**

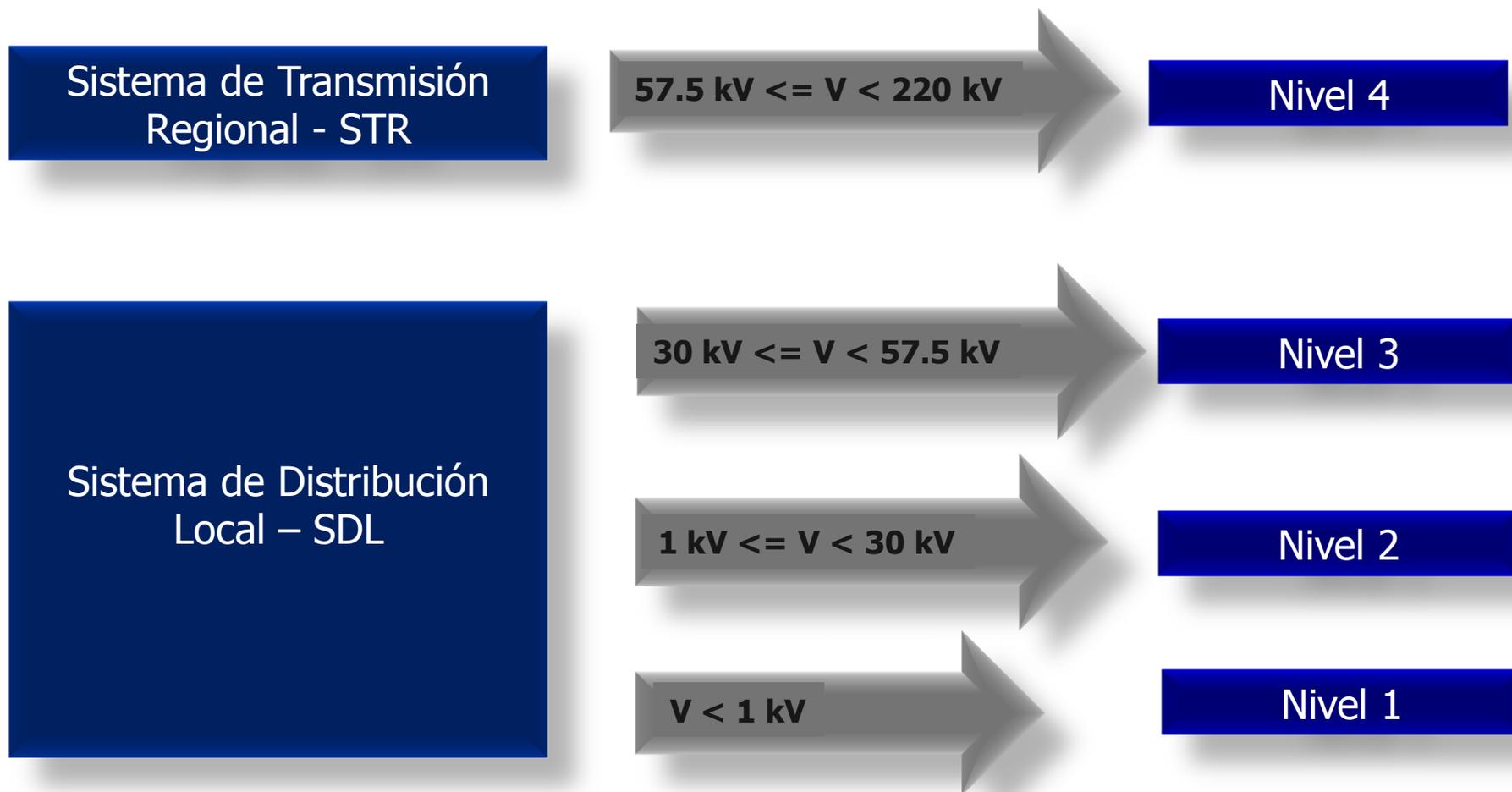
**Sistema de
Distribución
Local - SDL**

**Sistema de
Distribución
Local - SDL**

.....

**Sistema de
Distribución
Local - SDL**

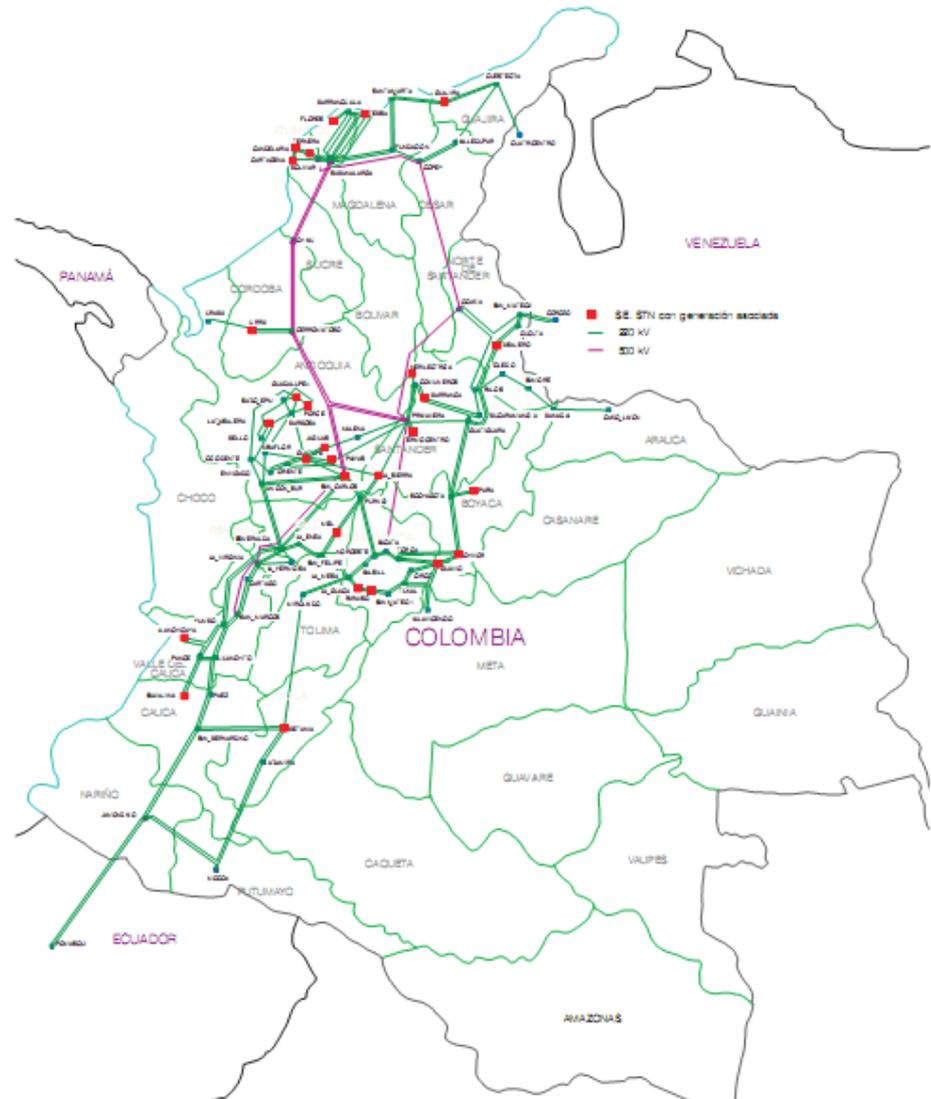
Sistema de distribución - Niveles de tensión



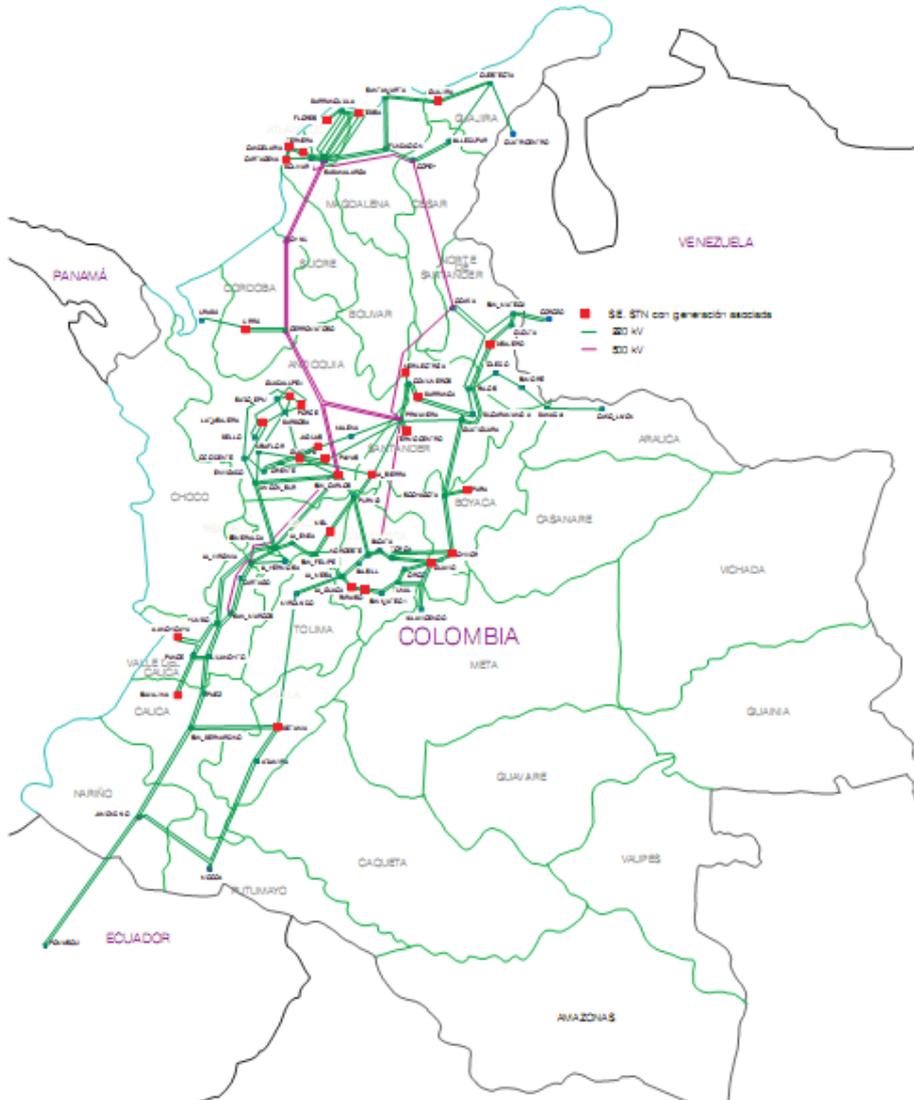
Características del Sector Eléctrico

Capacidad Instalada [MW]	
Plantas Hidráulicas	8.525
Plantas Térmicas	4.298
Plantas Menores	558
Cogeneradores	25
Total	13.406

Interconexiones Internacionales [MW]	
Ecuador	
Importación	
Exportación	500
Venezuela	
Importación	
Exportación	336
Panamá	
Exportación *	300



Características del Sector Eléctrico



Transmisión [km]

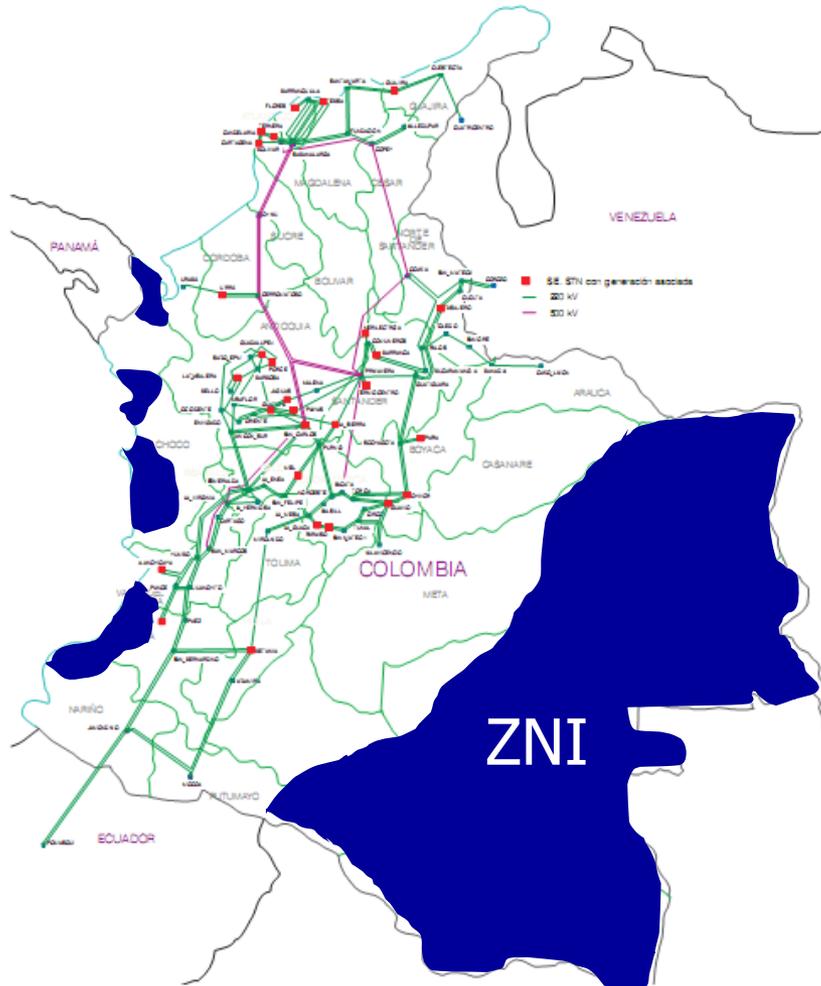
Líneas a 500 kV	2,399
Líneas a 220 - 230 kV	11,647
Líneas a 138 kV	16
Total	14,062

Distribución [km]

Líneas a 115 kV	9,600
Líneas a 34.5 kV	16,300
Líneas a 11.4/13.2 kV	176,900
Líneas < 1000 V *	250,000
Total	452,800

* Estimado

Características del Sector Eléctrico



Agentes	
Generadores	43
Transportadores	9
Distribuidores	29
Comercializadores	72

Demanda de Energía SIN	
Energía generada	56.000 GWh
Crecimiento Energía	1,8%
Demanda máxima Potencia	9.300 MW
Crecimiento Potencia	2,3%
Usuarios SIN	11,200,000

- **Generación**

Competencia en precios - Mercado de Energía Mayorista

- **Transmisión**

Tasa de retorno para infraestructura existente hasta 2001
Expansión mediante convocatorias a partir de 1999

- **Distribución**

STR : Ingreso regulado
SDL : Precio máximo

- **Comercialización**

Competencia

Costo de prestación del servicio

Valores ajustados por la calidad
del servicio prestado

Cargo fijo

$$CU = (G + T + D + C_v + Pr + R) * Consumo + C_f$$

Cargo variable

G = Cargo por generación

T = Cargo por transporte

D = Cargo de distribución

C_v = Cargo variable de comercialización

Pr = Cargo de pérdidas reconocidas

Pr = Restricciones del sistema

C_f = Cargo fijo de comercialización

Cargo de Transmisión

Cargo mensual calculado por el LAC (Liquidador y Administrador de Cuentas)

$$IMT = \frac{IAT}{12} + IE - VCM$$

IAT = Ingreso anual (Activos + AOM)

IE = Ingreso esperado convocatorias

VCM = Valor mensual a compensar

Valor asociado con el esquema de calidad del servicio del STN

$$T = \frac{IMT - PCP - VTG}{DTC}$$

IMT = Ingreso mensual (Activos + AOM)

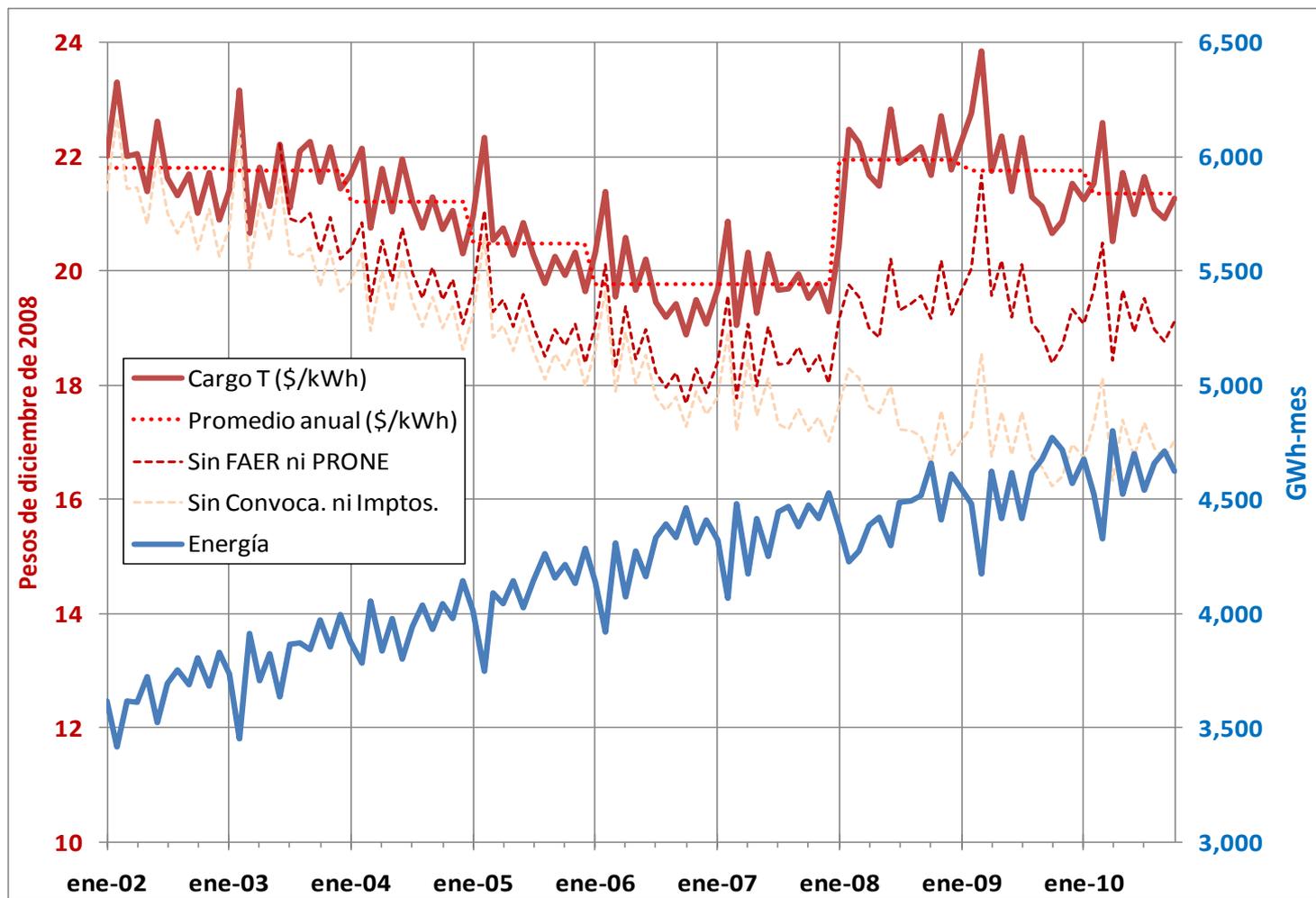
PCP = Descuento Activos Conexión profunda

VTG = Garantías

DTC = Demanda total

COBERTURA
CALIDAD SERVICIO
CALIDAD DE LA POTENCIA

Evolución del cargo de Transmisión



1 USD \$ = 2.300 COP \$

Cargo de Distribución

Cargo mensual de distribución de nivel de tensión 1, es un cargo acumulado.

$$CD = \frac{CAI + AOM}{E_u}$$

CAI = Costo anual de inversiones [\$/año]

AOM = Gastos aprobados [\$/año]

Eu = Energía útil [kWh/año]

Valor asociado con el esquema
de calidad del servicio del SDL

$$Dt_1 = \frac{CD_4}{(1 - Pr_1)} + \frac{CD_2}{(1 - Pr_{1-2})} + CDI_1 + CDM_1 + \Delta Dt$$



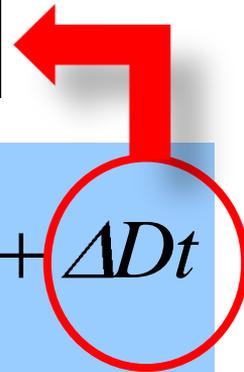
COBERTURA
CALIDAD SERVICIO
CALIDAD DE LA POTENCIA

Dt₁ = Cargo de distribución de nivel 1 [\$/kWh]

CD_i = Cargo máximo del nivel de tensión i

CDI = Cargo máximo inversiones, nivel 1

CDI = Cargo máximo AOM, nivel 1



Tipo de usuarios por tarifas

Usuario Regulado - UR

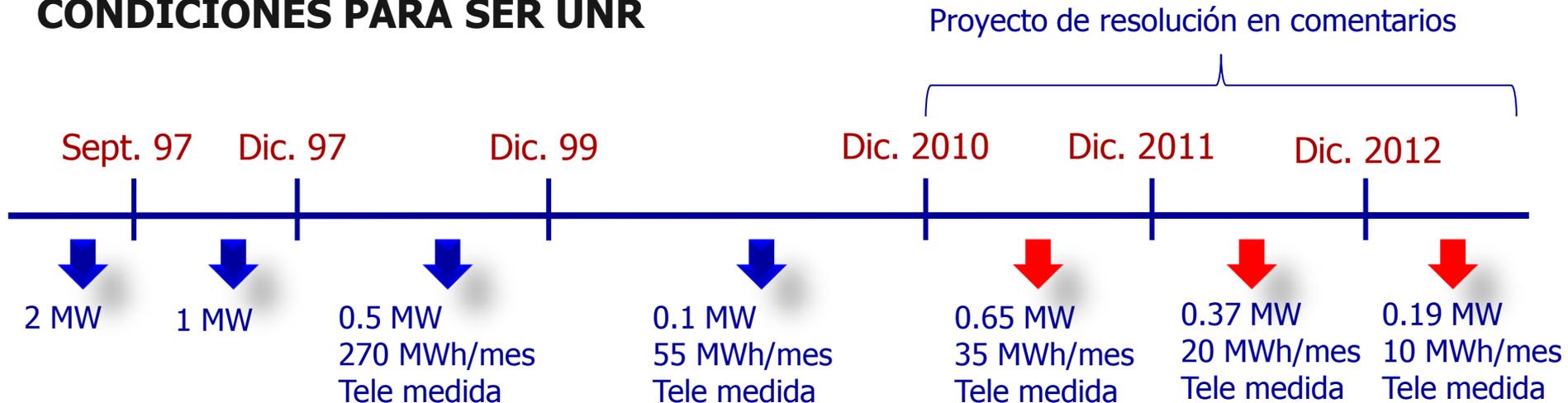
Persona natural o jurídica cuyas compras de electricidad están sujetas a **tarifas establecidas por la CREG**

Usuario no Regulado - UNR

Persona natural o jurídica con una demanda superior a **2 MW*** cuyas compras de electricidad se realizan a **precios acordados libremente.**

* Valor modificado por las resoluciones CREG 199 de 1997 y 131 de 1998.

CONDICIONES PARA SER UNR



La estratificación socioeconómica es el **instrumento técnico** que permite **clasificar la población** de los municipios y distritos del país, a través de las viviendas y su entorno, en estratos o grupos socioeconómicos diferentes.

- Se realiza, principalmente, para cobrar los **servicios públicos** domiciliarios con **tarifas diferenciales** por estrato y para **asignar subsidios** en esta área. Quienes tienen más capacidad económica pagan más por los servicios públicos y contribuyen para que los estratos bajos puedan pagar sus tarifas.
- Permite orientar la planeación de la inversión pública.
- Sirve para **cobrar tarifas de impuestos** asociados a los inmuebles como el predial unificado, en forma diferencial por estrato.

Usuarios residenciales según estrato

Estratificación socioeconómica	
1	Bajo-Bajo
2	Bajo
3	Medio-Bajo
4	Medio
5	Medio-Alto
6	Alto

Recibe **subsidio** sobre el consumo de subsistencia

Paga el costo del servicio

Paga **contribución** del 20%

Consumo de subsistencia	
Altura [m.s.n.m.]	Consumo [kWh/mes]
< 1000 m	173
>= 1000 m	130

Porcentajes de subsidio	
Estrato	Subsidio
1	60%
2	50%
3	15%

Usuarios no Residenciales por sector de consumo

Tipo usuario	Contribución
Industrial	SI
Comercial	SI
Oficial	NO
Especial asistencial*	NO
Especial educativo**	NO
Industrial bombeo ***	NO
Distrito de riego ****	NO

} Contribución del 20 %
sobre el consumo

- * Hospitales, Clínicas, puestos de salud.
- ** Colegios y universidades
- *** Prestación servicio de acueducto y alcantarillado
- **** Estos usuarios tienen un régimen especial de subsidios

Tarifa a usuario final

Ajuste por calidad del servicio
STN y STR (-)

$$Tarifa = (G + T + D + C_v + Pr + R) * Consumo + C_f$$

- Subsidio
+ Contribución

Ajuste por calidad del servicio
SDL N3, N2, N1 (+ / -)

De las funciones generales de las comisiones de regulación, artículo 73.4 de la ley 142 de 1994:

*“Fijar las **normas de calidad** a las que deben ceñirse las empresas de servicios públicos en la prestación del servicio”.*

Calidad del servicio

Calidad de la energía: Condiciones en las que se suministra la energía eléctrica en un sistema, con base en valores predefinidos en normas técnicas y regulatorias.

PRODUCTO = Energía Eléctrica

**SERVICIO
COMERCIAL**

CREG 108 de 1997

En revisión

CONTINUIDAD

CALIDAD DEL SERVICIO

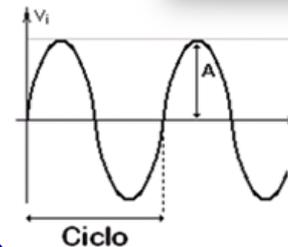
CREG 070 de 1998

CREG 097 de 2008

CREG 043 de 2010

**Nuevo esquema en
proceso de aplicación**

CALIDAD SEÑAL



**CALIDAD DE LA
POTENCIA**

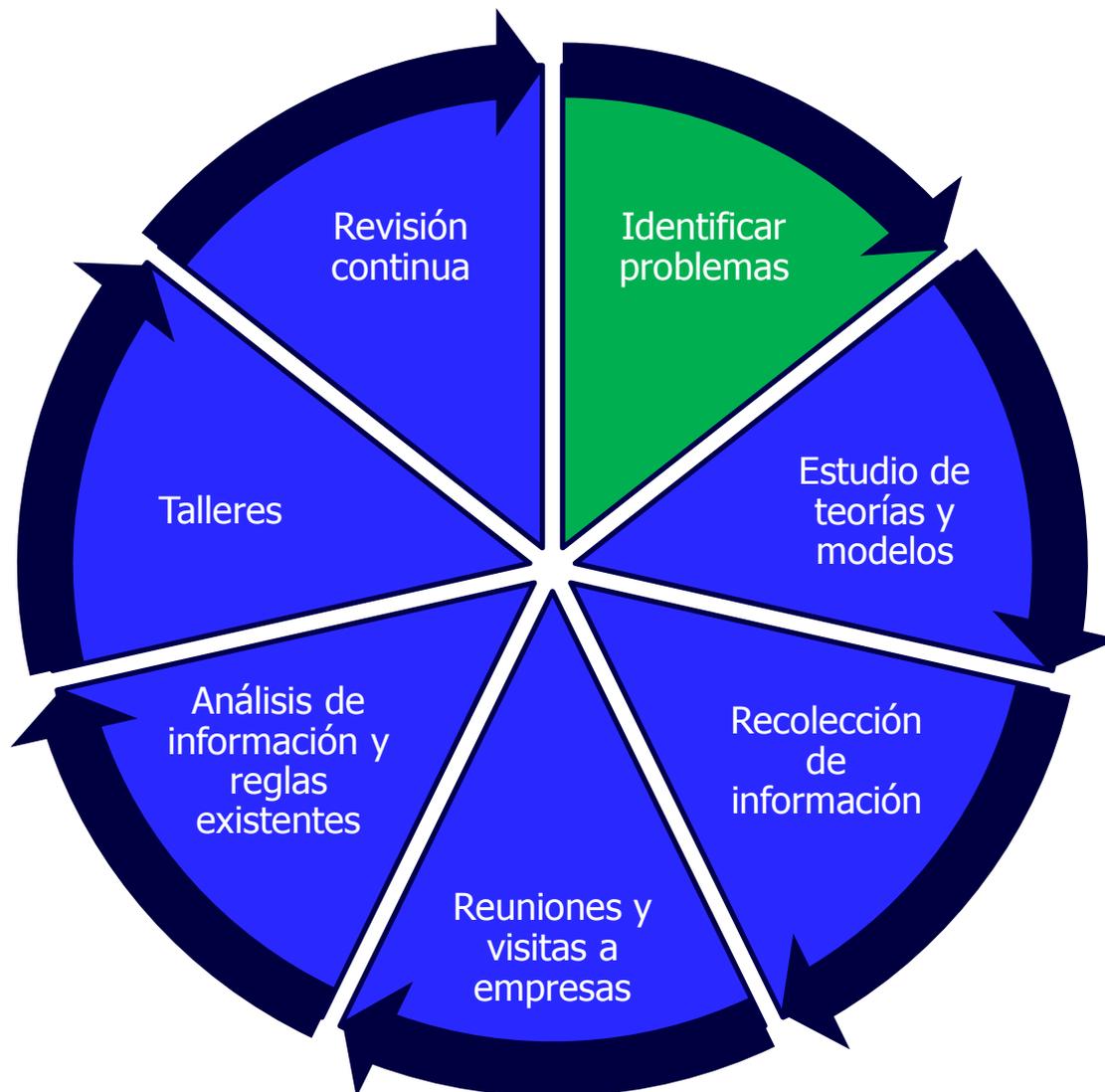
CREG 070 DE 1998

CREG 024 de 2005

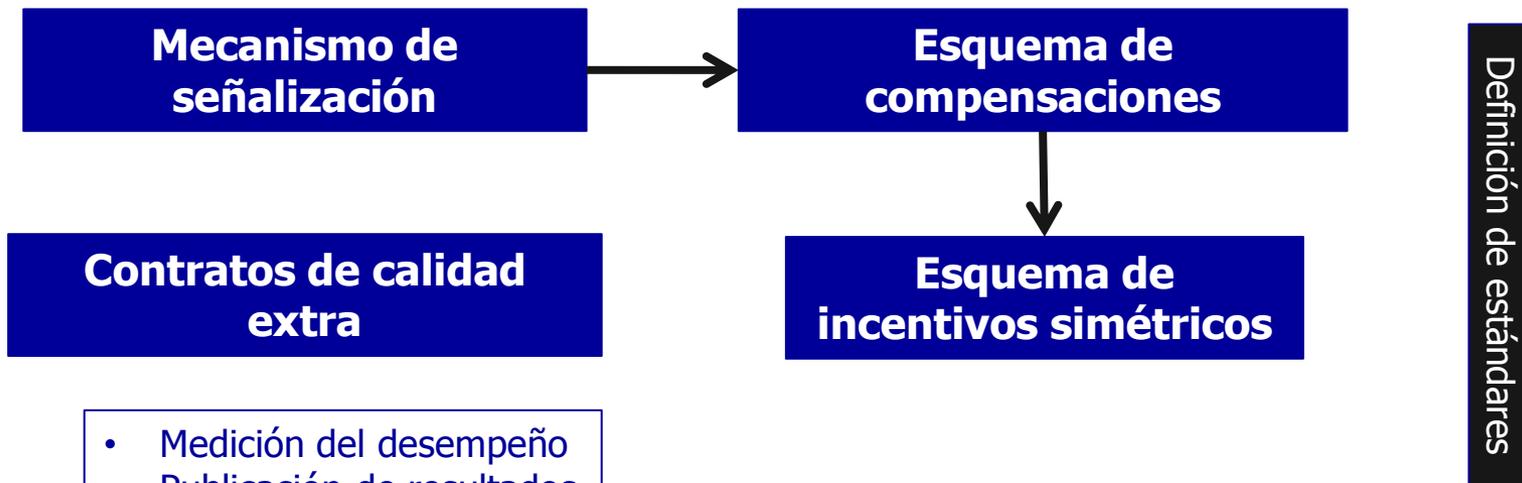
CREG 016 de 2007

En revisión

Proceso de regulación de la calidad



Instrumentos para la regulación de la Calidad



- Medición del desempeño
- Publicación de resultados

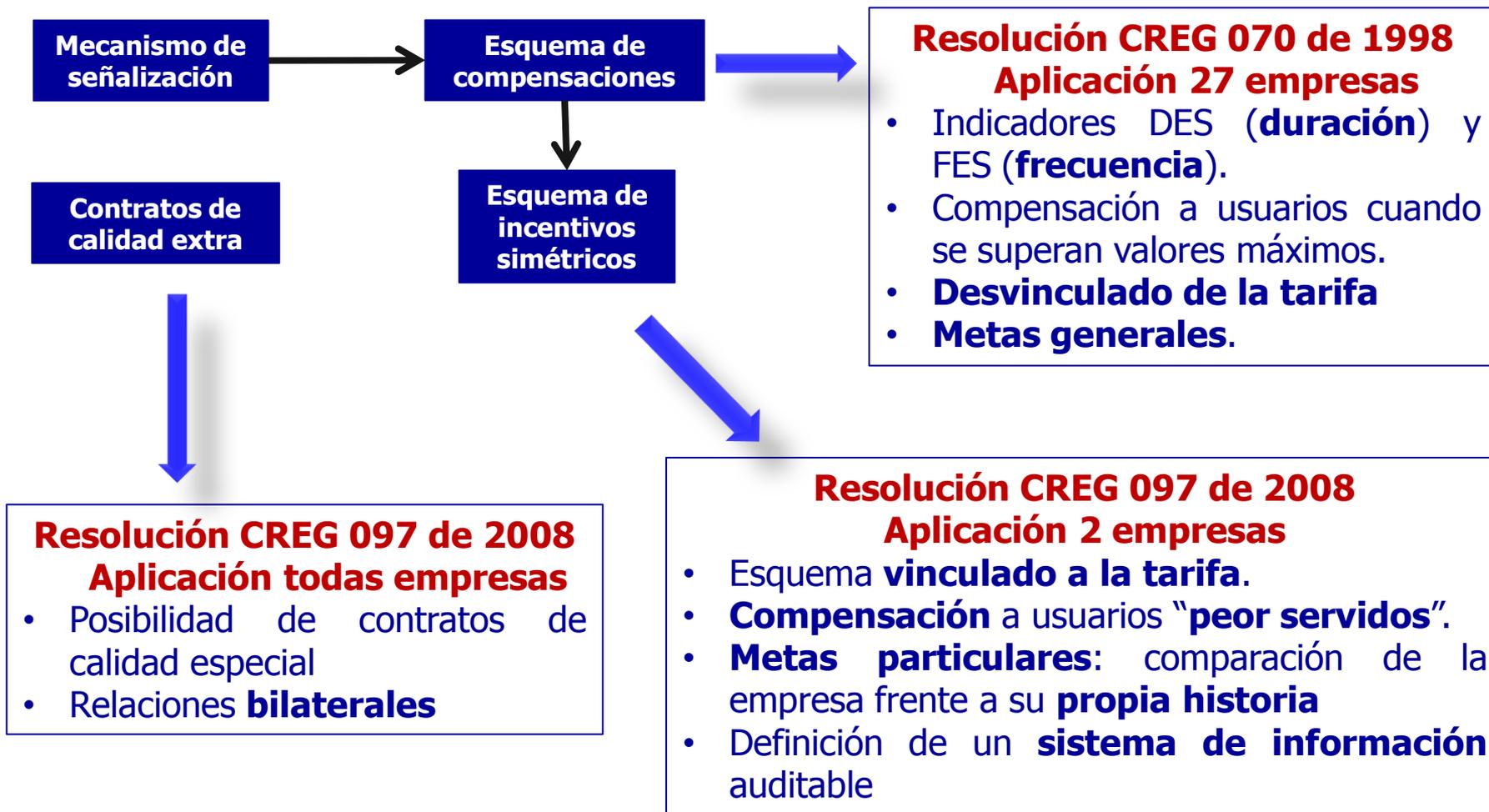
- **Penalizaciones** por incumplimiento
- Es útil cuando el OR presta **niveles bajos** de calidad **a un grupo de usuarios**
- Requiere información de costos de mejoramiento y beneficios a los usuarios

- Conocer la valoración de los usuarios sobre la calidad prestada
- Se requiere un **sistema de medición e información confiable**
- Es **complejo** de diseñar, implementar y controlar
- Se establecen **estándares de calidad e incentivos financieros**

- Relaciones **bilaterales** de calidad entre usuarios y prestadores del servicio
- Especiales para usuarios con **alta valoración** de la calidad del servicio
- Se definen **estándares particulares de calidad y precio**
- Se definen **pagos por incumplimiento**

Definición de estándares

- Los instrumentos regulatorios deben ser **claros** y **sencillos de implementar**.
- Se requieren **reglas claras** sobre la **medición y recolección** de datos.
- Deben considerarse las **condiciones de cada país/región**, y valorar los **beneficios** de mejorar contra los **costos de implementación**
- La implementación de regulación de calidad debe ser un **proceso gradual**
- Se requiere una **revisión periódica** de los instrumentos regulatorios
- Se requiere un **sistema de medición confiable** de los indicadores de calidad
- **Definir estándares** para determinar la calidad del servicio que la empresa debe suministrar



1. Medición de las Interrupciones del Servicio
 - **Número** de Interrupciones (Indicador FES)
 - **Duración** de las interrupciones (Indicador DES)
2. Metas **Trimestrales** DES-FES por Grupo de Calidad
3. Incumplimiento de las Metas DES y/o FES generan
 - Pago de **compensaciones** a los usuarios afectados
 - Energía no suministrada pagada a Costo de Racionamiento
 - Compensación > 20% Ingreso Distribución: Causal de **Intervención** por parte de la SSPD

Resoluciones CREG 070/98, 089/99, 096/00, 113/03 y 103/04.

El esquema actual consiste en:

1. Medición de las Interrupciones del Servicio

Mensualmente los OR registran el número de interrupciones (FES) y la duración de las interrupciones (DES) para cada **circuito y transformador** de los niveles de tensión 2 y 3.

Para este fin utilizan equipos registradores de eventos y reportes telefónicos de los usuarios.

2. Reporte de las Interrupciones del Servicio

Cada OR reporta **mensualmente** en la base de datos del SUI las duraciones y frecuencias de los eventos en circuitos y transformadores, junto con información adicional solicitada en el formato.

3. Metas DES-FES por Grupo de Calidad

Revisión trimestral del cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles de DES y FES para cada Grupo de Calidad. Su **incumplimiento genera compensación** económica para los usuarios.

Clasificación de las interrupciones para el cálculo de los Indicadores

Incluidas:

- Programadas.
- No Programadas.

Excluidas:

- Racionamiento de emergencia o programadas por eventos de generación o del STN.
- Indisponibilidades permitidas de activos de conexión al STN
- Inferiores a un (1) minuto.
- Seguridad ciudadana y organismos de socorro.
- Suspensiones por incumplimiento del contrato de servicios públicos.
- Eventos de fuerza mayor

Esquema de compensaciones en SDL

$$DES_c = \sum_{i=1}^{NTI} t(i)$$

$$FES_c = NTI$$

$t(i)$ = tiempo en horas de la interrupción
i-ésima

NTI = Número total de interrupciones
durante el trimestre

Valores Máximos Admisibles para DES y FES

GRUPO	DES (horas)	FES
1	11	26
2	19	44
3	29	51
4	39	58

Valores anuales

Compensación a usuarios afectados

Si $[DES_c - VM_{DES_c}] \leq 0$, entonces $VCD_c = 0$

Si no, $VCD_c = [DES_c - VM_{DES_c}] \times CI \times DP_c$

Si $[FES_c - VM_{FES_c}] \leq 0$, entonces $VCF_c = 0$

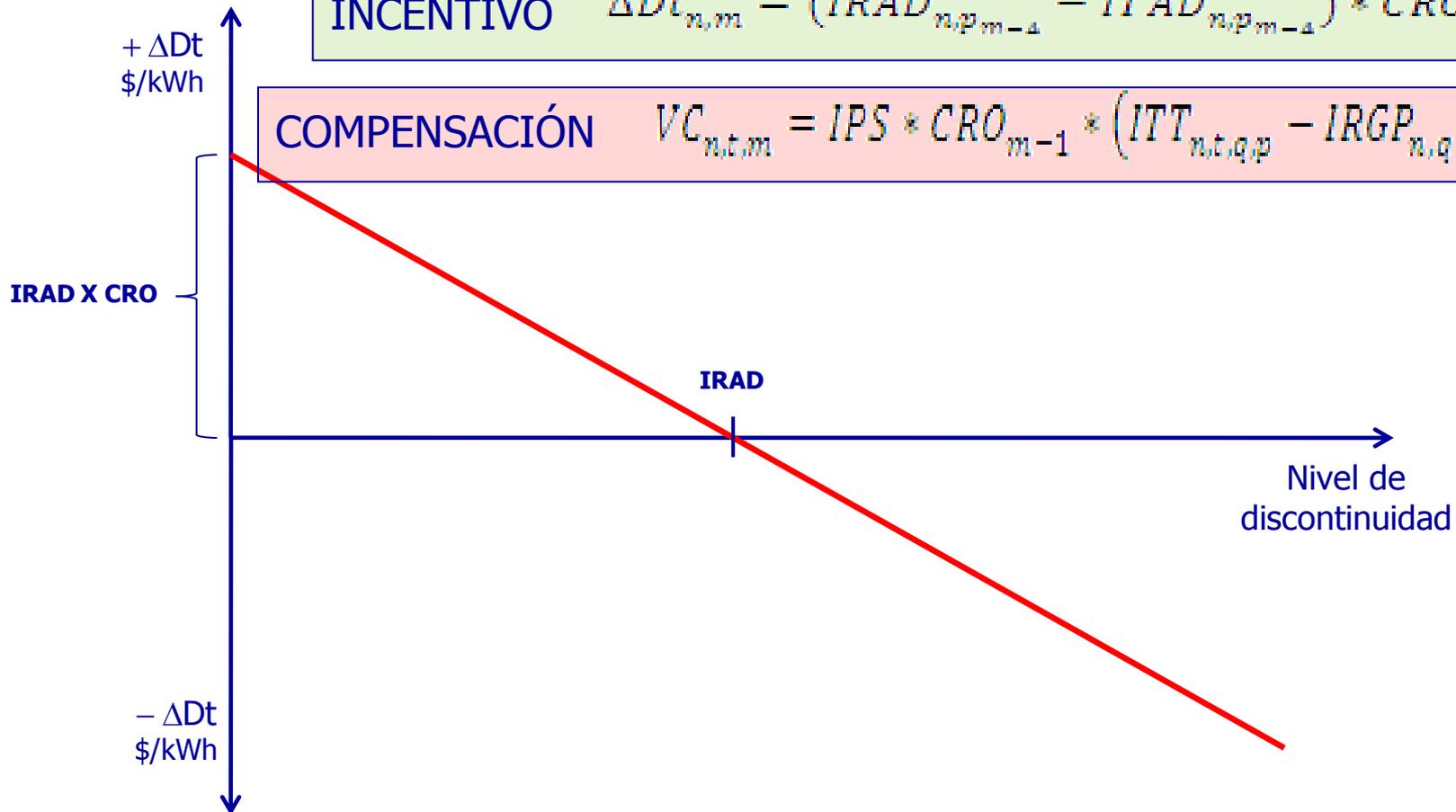
Si no, $VCF_c = [FES_c - VM_{FES_c}] \times [DES_c / FES_c] \times CI \times DP_c$

VM = Valor máximo admisible
VCD = Valor a compensar por DES
VCF = Valor a compensar por FES
CI = Costo de racionamiento
DP = Demanda promedio

Esquema de incentivos simétricos en SDL

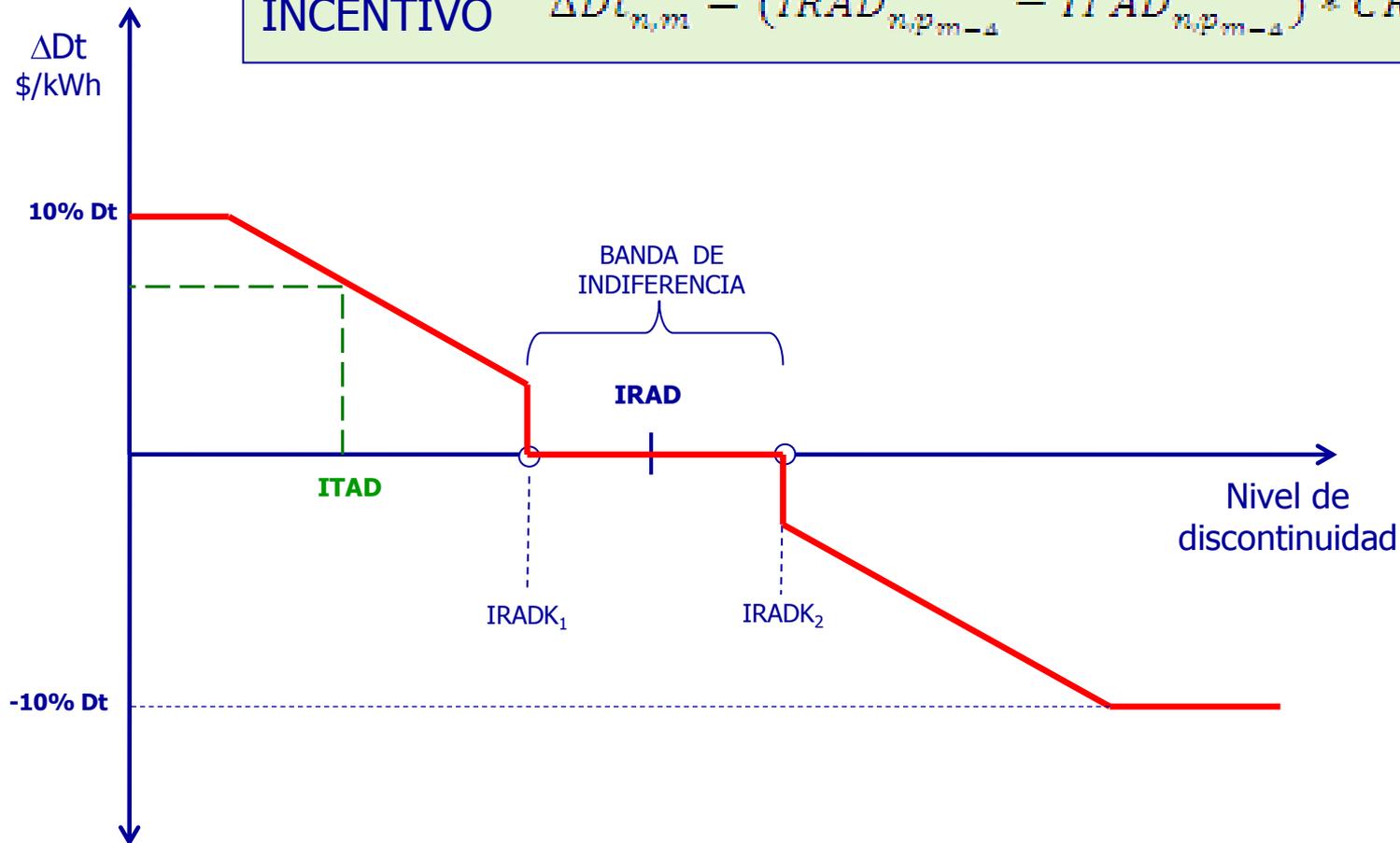
INCENTIVO $\Delta Dt_{n,m} = (IRAD_{n,p,m-a} - ITAD_{n,p,m-a}) * CRO_{m-1}$

COMPENSACIÓN $VC_{n,t,m} = IPS * CRO_{m-1} * (ITT_{n,t,q,p} - IRGP_{n,q}) * CM_p$



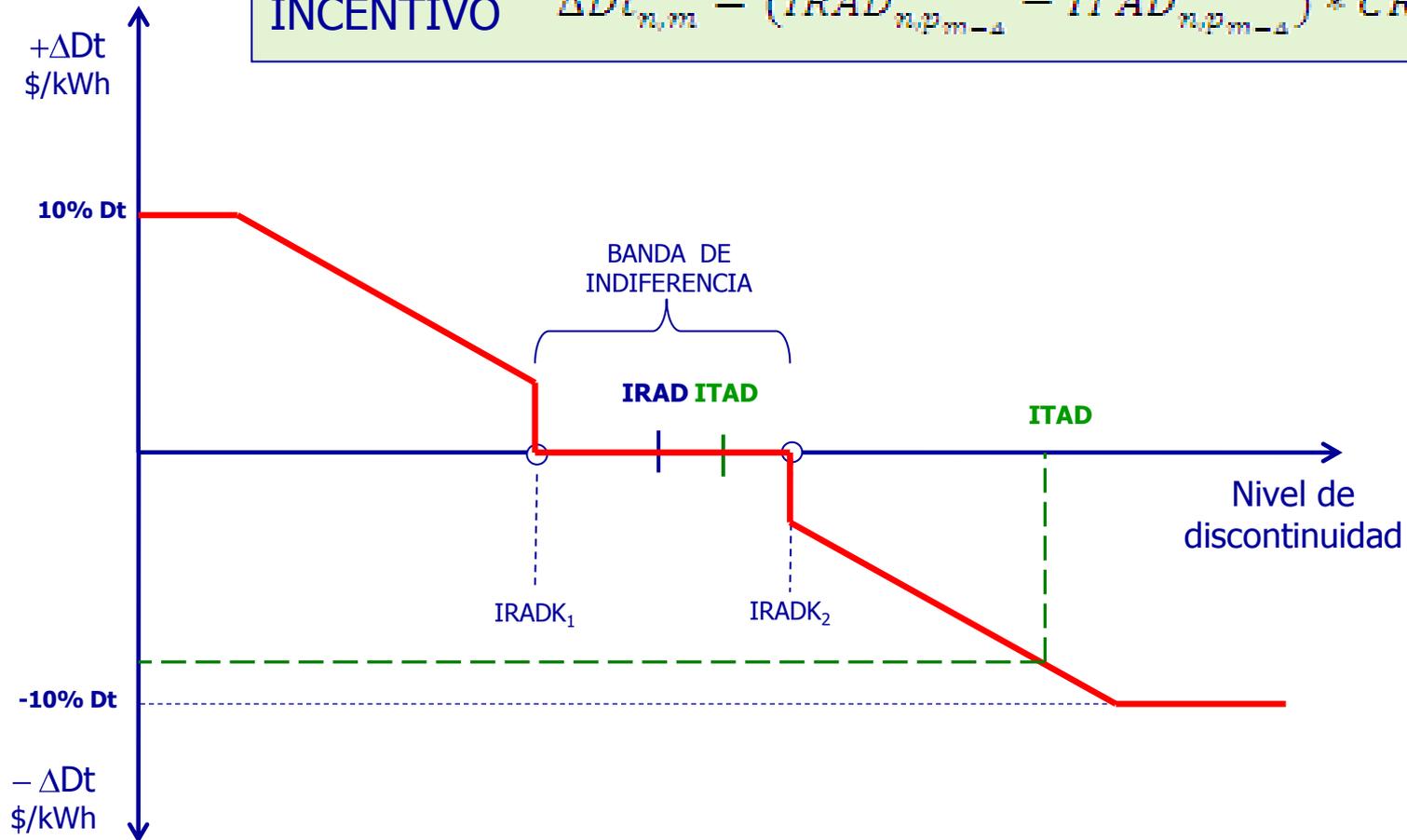
Esquema de incentivos simétricos en SDL

INCENTIVO $\Delta Dt_{n,m} = (IRAD_{n,p_{m-d}} - ITAD_{n,p_{m-d}}) * CRO_{m-1}$



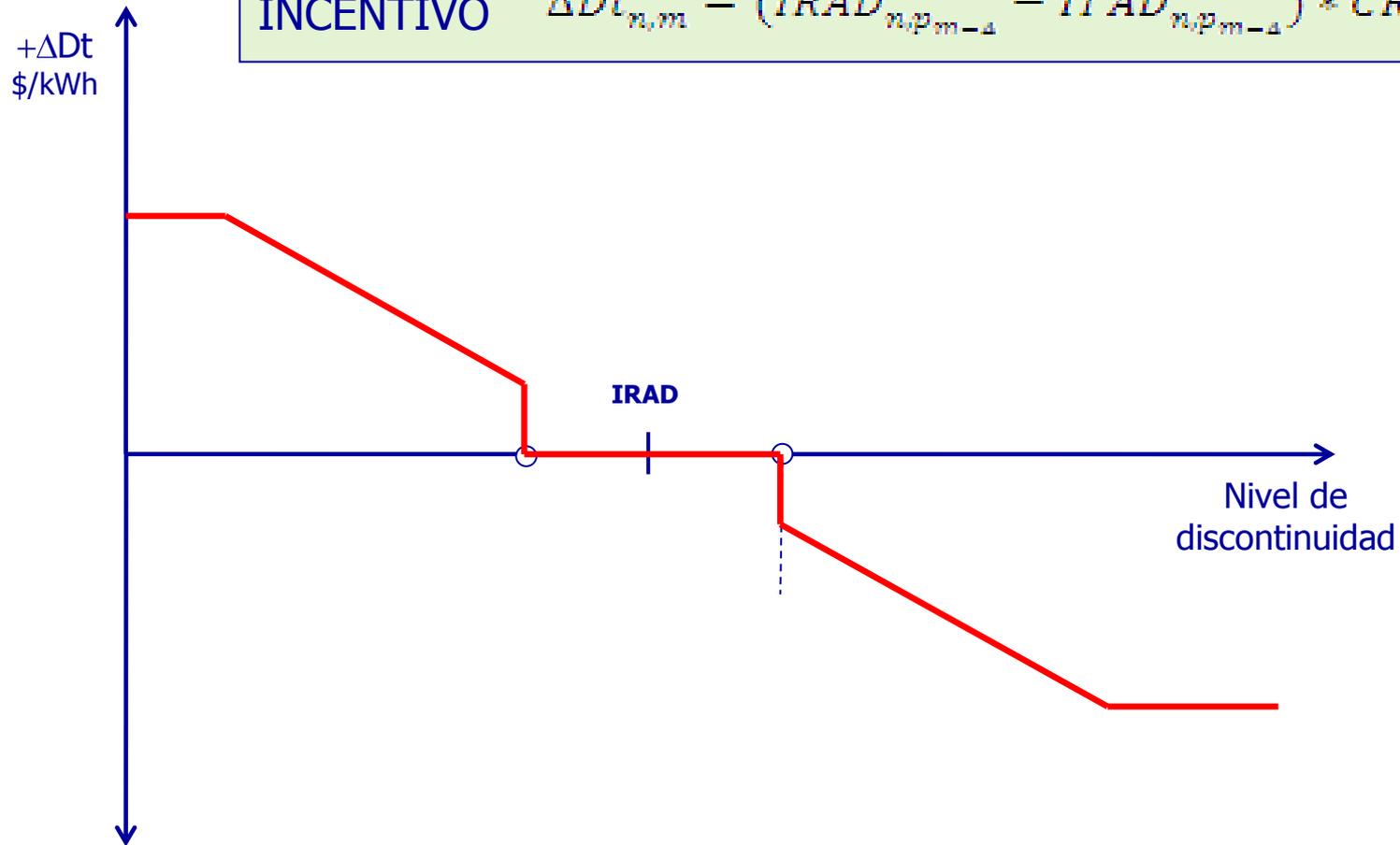
Esquema de incentivos simétricos en SDL

INCENTIVO $\Delta Dt_{n,m} = (IRAD_{n,p_{m-d}} - ITAD_{n,p_{m-d}}) * CRO_{m-1}$



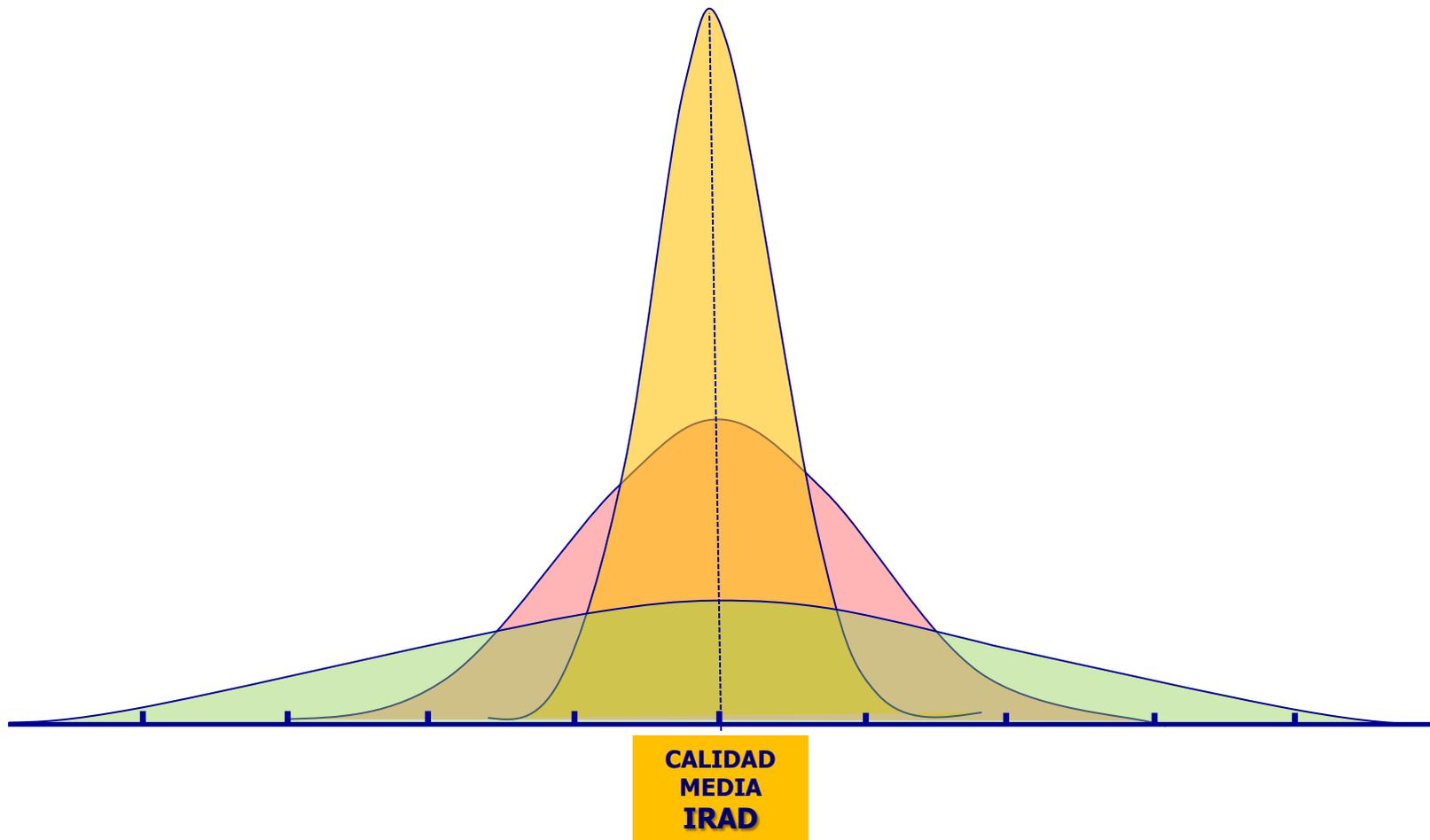
Esquema de incentivos simétricos en SDL

INCENTIVO $\Delta Dt_{n,m} = (IRAD_{n,p_{m-1}} - ITAD_{n,p_{m-1}}) * CRO_{m-1}$



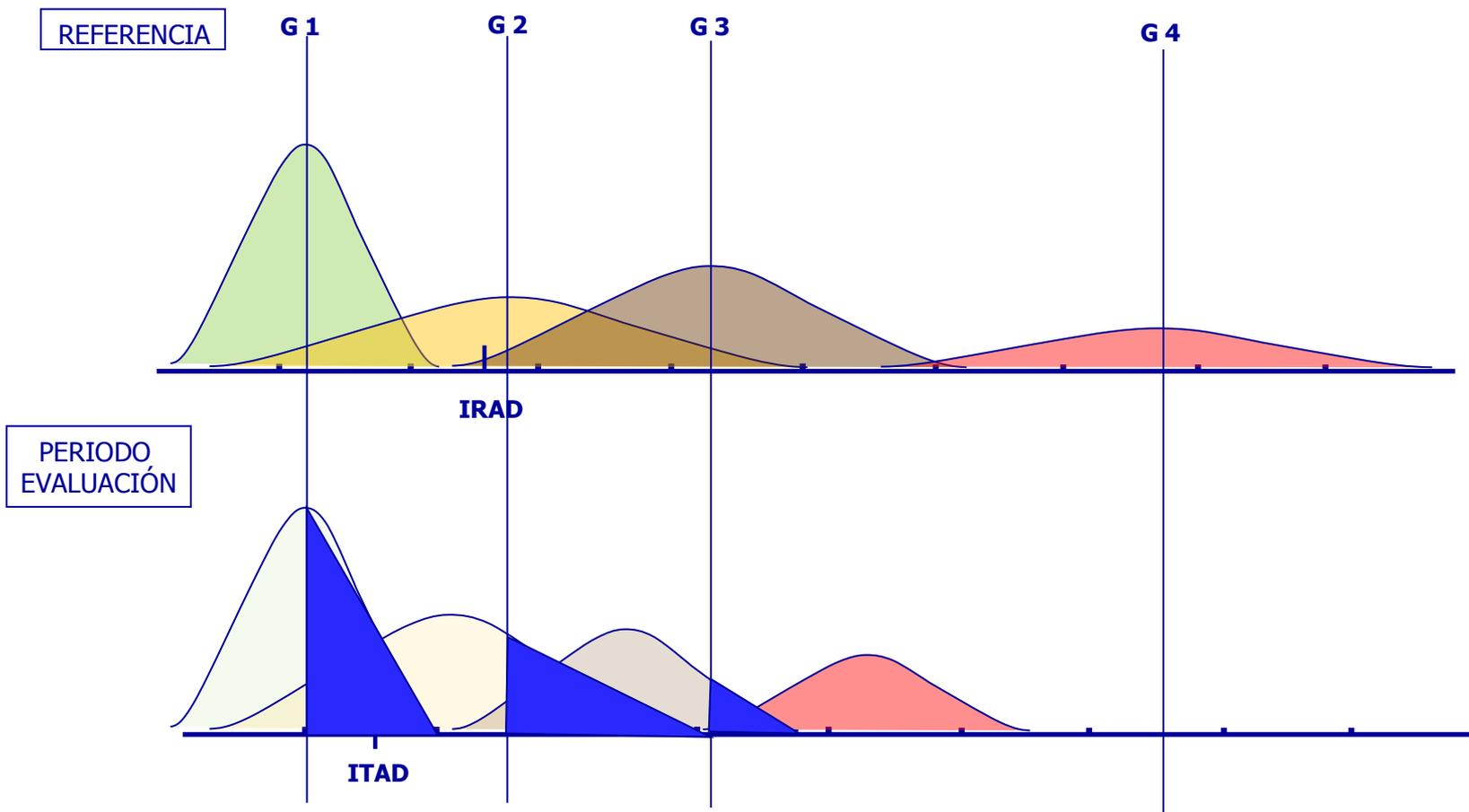
Esquema de incentivos simétricos en SDL

COMPENSACIÓN $VC_{n,t,m} = IPS * CRO_{m-1} * (ITT_{n,t,q,p} - IRGP_{n,q}) * CM_p$



Esquema de incentivos simétricos – Compensación peor servido

$$VC_{n,t,m} = IPS * CRO_{m-1} * (ITT_{n,t,q,p} - IRGP_{n,q}) * CM_p$$



¿Hacia dónde vamos?

Calidad del servicio SDL

- ✓ **Concentración** de los niveles de calidad brindados a los usuarios.
- ✓ **Robustez** en los sistemas de medición y en la recolección de la información.
- ✓ **Impulso** a empresas rezagadas.
- ✓ Exploración de **nuevos conceptos** (smart-metering, smartgrids).
- ✓ Concientización de **derechos y deberes de los usuarios**.

Res. 061 de 2000

Exceder límites de duración de indisponibilidades

Res. 011 de 2009

- ✓ Exceder límites de duración de indisponibilidades
- ✓ Exceder 6 meses en recuperación activos
- ✓ Causar Energía No Suministrada (ENS) o dejar otros activos No Operativos

Esquema de compensaciones STN

Esquema de compensaciones por:

SOBREPASAR EL MÁXIMO DE HORAS PERMITIDO

Disminución del ingreso proporcional al número de horas a compensar

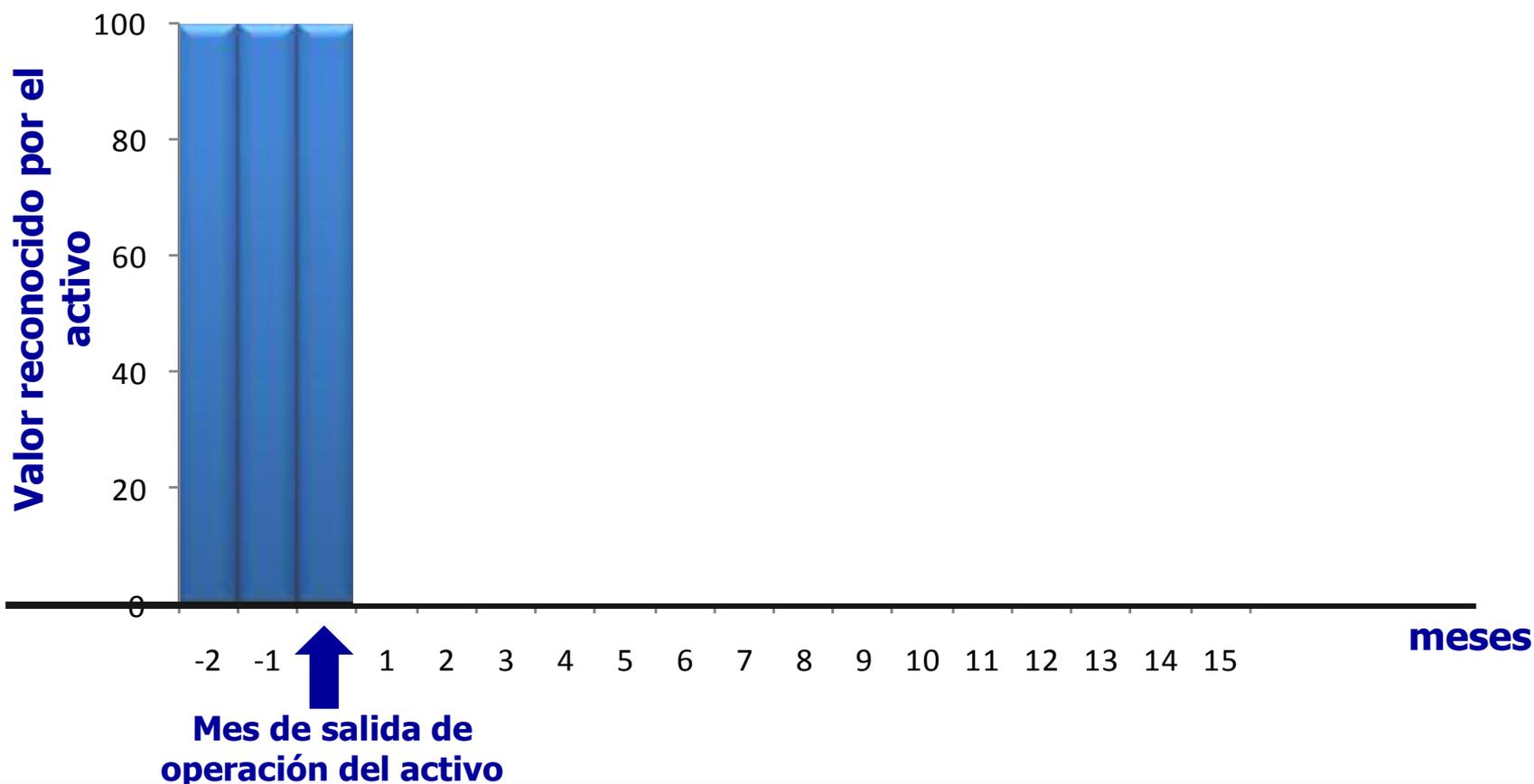
Activos	Máximas Horas Anuales de Disponibilidad - MHA
Bahía de Línea	15
Bahía de Transformación	15
Bahía de Compensación	16
Módulo de Barraje	15
Módulo de Compensación	15
Autotransformador	28
Línea de 220 o 230 kV	20
Línea de 500 kV	37
VQC	5
Otros Activos	10

$$Compensación_{UC} = VR_{UC} * \frac{HAI - MHA}{HA - MHA}$$

VR_{uc} = Valor reconocido por el activo
HAI = Horas anuales de indisponibilidad
MHA = Horas anuales de indisponibilidad permitida
HA = Horas año

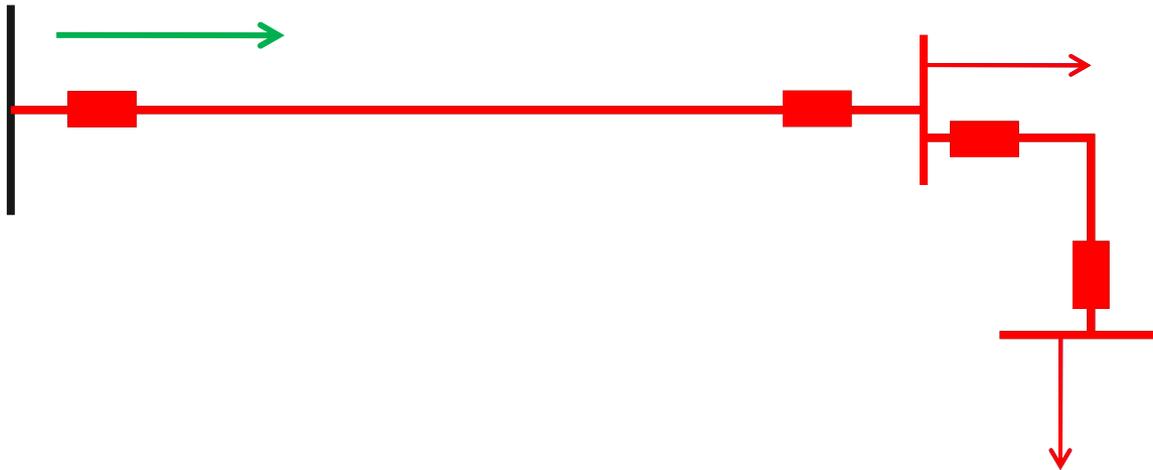
DEMORA EN RESTABLECIMIENTO DE ACTIVOS

Disminución del ingreso proporcional al número de meses transcurridos después del sexto mes de ocurrido el evento



ENERGÍA NO SUMINISTRADA - ENS O POR DEJAR NO OPERATIVOS OTROS ACTIVOS DEL SISTEMA

Disminución proporcional a la ENS o a los elementos inoperativos



Si $HAI > MHAI$ se calcula el costo de los activos afectados durante la duración del evento

Se calcula la ENS y se valora al Costo de racionamiento se verifica si:
 $ENS * CR > 2\%$ demanda proyectada

Se aplica el máximo valor de los dos anteriores

Adecuación de Sistemas. Áreas que pueden quedar sin servicio en el caso de una contingencia simple:

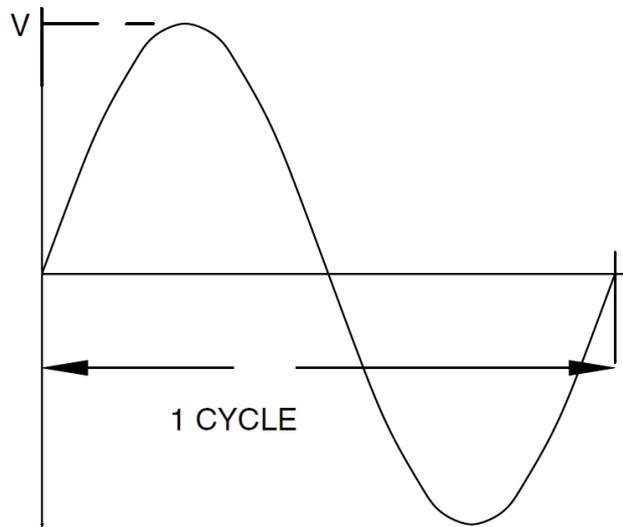
- OR presenta en seis meses plan para mitigar fallas **y evitar que contingencias del STR afecten el STN**
- UPME define viabilidad de alternativas y confirma plazo de ejecución
- Si UPME no aprueba y no se sugiere otra alternativa, no aplica compensación por ENS
- Si hay aprobación, la compensación se calcula a partir de la fecha confirmada por la UPME

La calidad de la potencia ha tomado importancia por el **aumento de cargas perturbadoras** (iluminación, electrodomésticos, maquinaria automatizada) y **cargas sensibles** a estas perturbaciones.

Una mala calidad ocasiona:

- ✓ Daños, fallas y disminución de la vida útil de equipos
- ✓ Tiempos muertos en procesos productivos
- ✓ Pérdida de información sistematizada
- ✓ Operación no deseada de protecciones

- Características de la electricidad en un punto dado de un sistema eléctrico, evaluado contra un conjunto de **parámetros técnicos** de referencia.
- La característica técnica evaluada en el sistema es la **señal de tensión**:



Parámetros técnicos buscan evaluar:

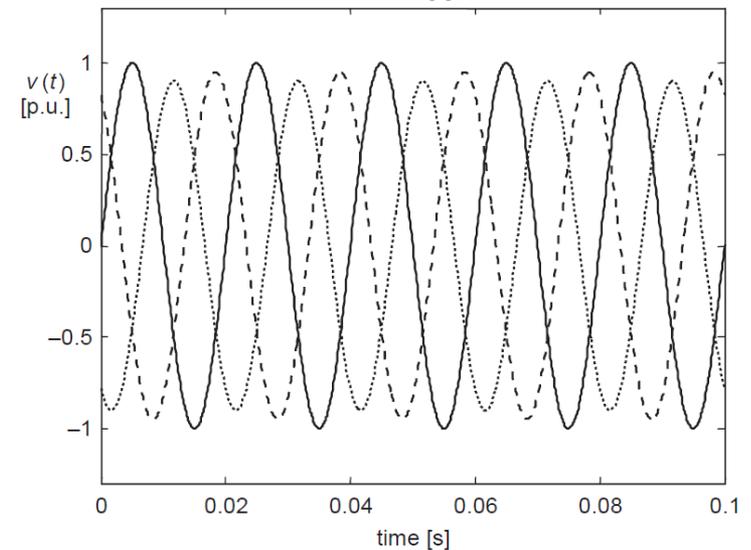
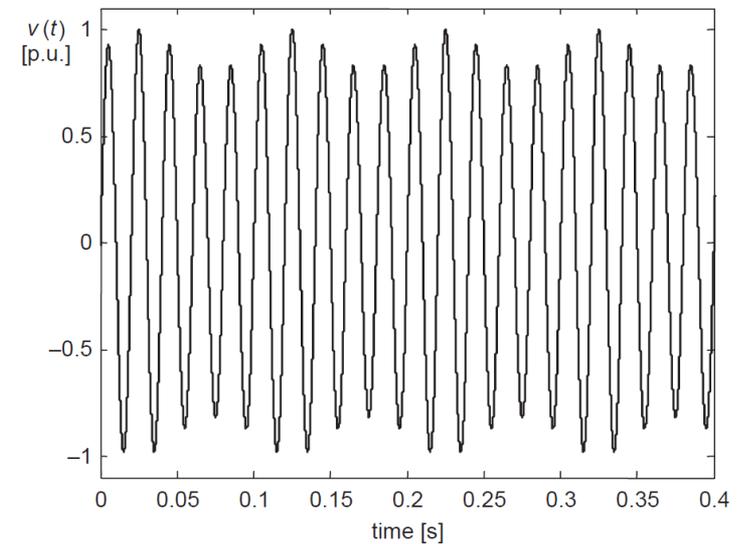
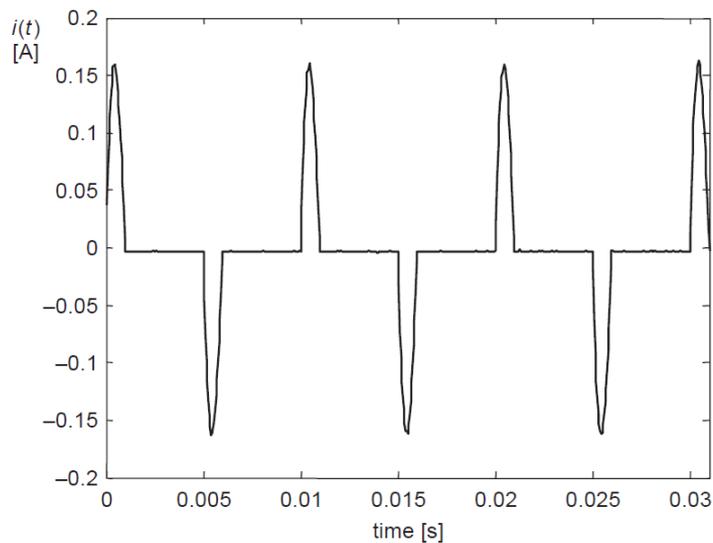
- ✓ **Magnitud**
- ✓ **Frecuencia**

Los fenómenos caracterizados se pueden agrupar en permanentes y aleatorios:

- Permanentes
 - ✓ Distorsión armónica
 - ✓ Desbalance
 - ✓ Parpadeo

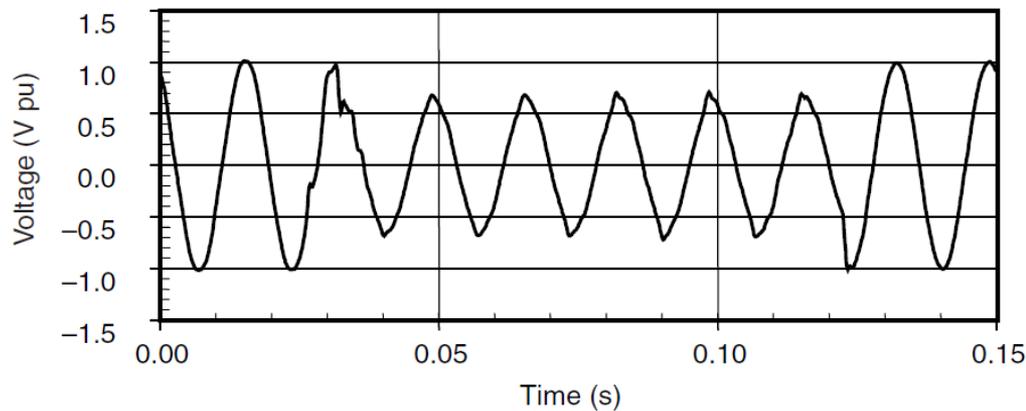
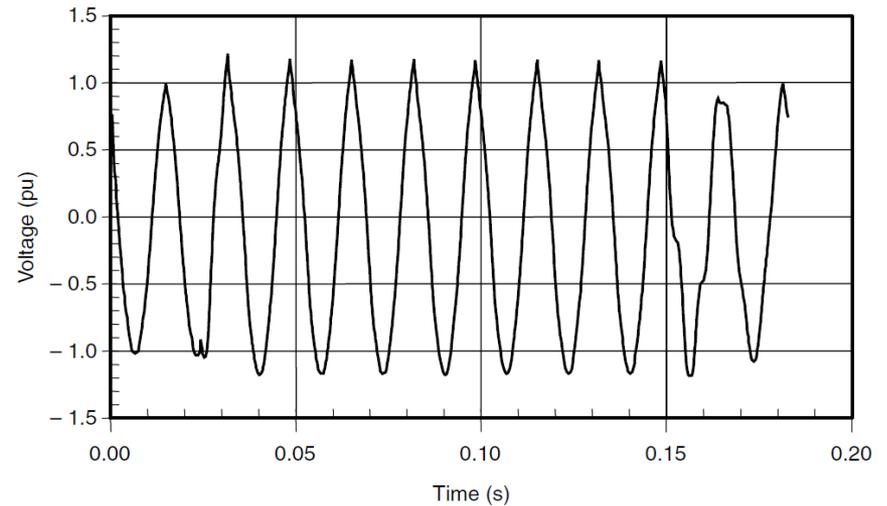
- Aleatorios (duración < 1min)
 - ✓ Hundimientos
 - ✓ Elevaciones
 - ✓ Interrupciones

- Permanente:
 - ✓ Distorsión armónica
 - ✓ Desbalance
 - ✓ Parpadeo



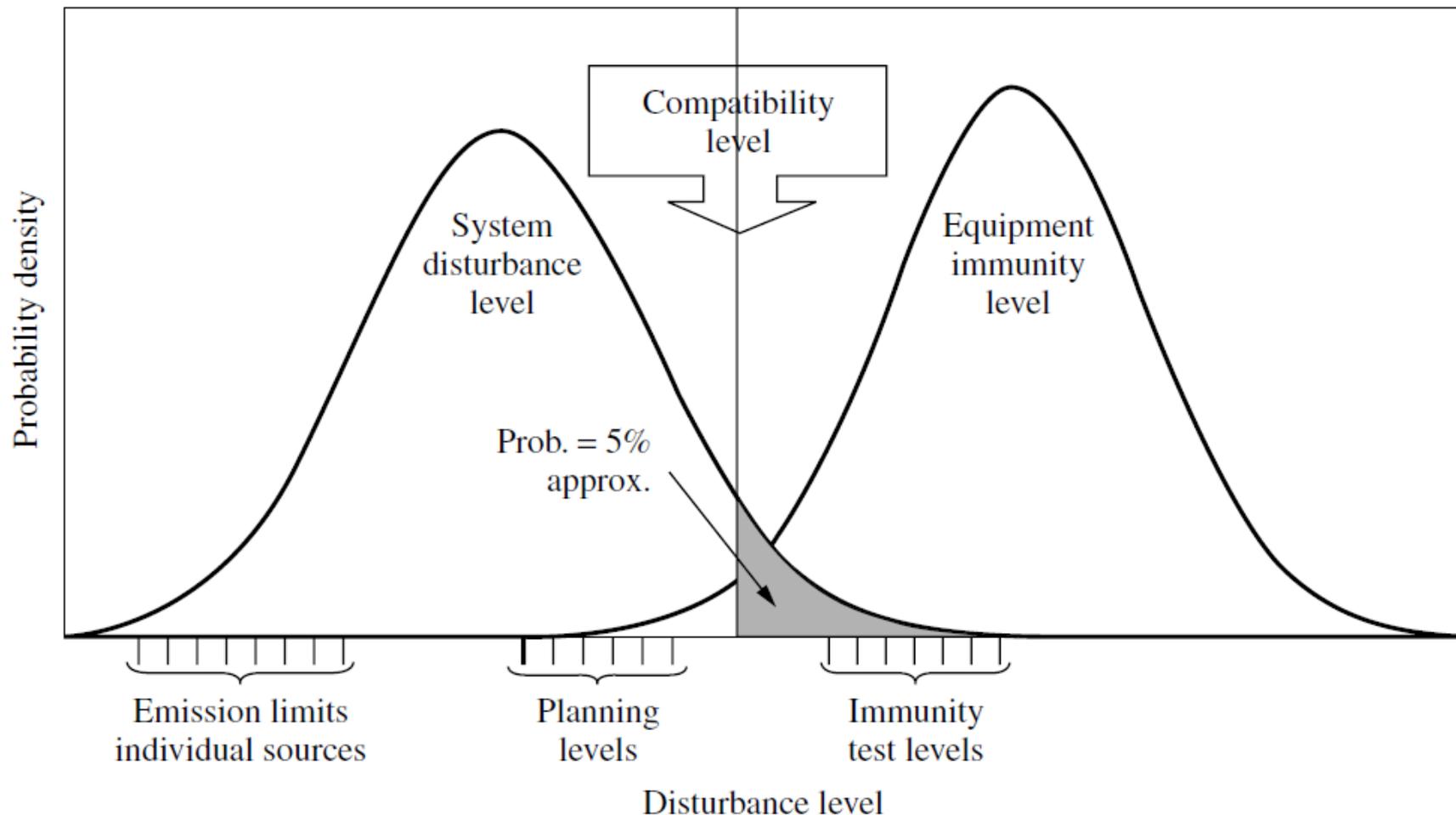
■ Aleatorio:

- ✓ Hundimientos
- ✓ Elevaciones
- ✓ Interrupciones



- **Institute of Electrical and Electronics Engineers**
IEEE 519:1992, IEEE 1159:2009, IEEE 1453:2004 y Draft IEEE 1564.
- **International Electrotechnical Commission – IEC**
IEC 61000-4-30:2008,
IEC 61000-4-15:2003,
IEC 61000-3-3:2008,
IEC 61000-3-7:2008.
- **Comité Europeo de Normalización Electrotécnica**
EN 50160:2007.
- **Norma Técnica Colombiana - ICONTEC**
NTC 5000:2002
NTC 5001:2008

Criterio de definición de estándares IEC



CREG 070 DE 1998

- ✓ Se definen estándares de calidad de potencia eléctrica, CPE, en el SIN, plazos para corregir deficiencias y garantías financieras.

CREG 024 DE 2005

- ✓ Definición de estándares de calidad, implementación de un sistema de medición y registro de CPE, definición esquema de reporte de información a la CREG.

CREG 016 DE 2007

- ✓ Se ajustan plazos para el inicio del reporte y aclaraciones sobre el sistema de medición y registro.

Calidad de la potencia

- ✓ **Análisis de la información** de CPE reportada por los OR a partir del año 2008.
- ✓ Elaboración de un **diagnóstico** de la calidad de la potencia en el SIN.
- ✓ **Revisión del sistema de medición y registro** de CPE implementado por los OR y ajustes a los reportes.
- ✓ **Análisis integral** de la calidad de la potencia (generadores, transmisores, distribuidores y usuarios).
- ✓ Análisis de **regulación internacional** de la CPE.

Relacionada con la continuidad en la prestación del servicio.

CREG 091 DE 2007 (ZNI)

- ✓ Se establecen reglas para localidades con servicio las 24 horas, basadas en la reglamentación de los usuarios rurales del SIN.
- ✓ Se utiliza el indicador DES.

CREG 091 DE 2007 (ZNI)

- ✓ Se establecen estándares sobre rangos de frecuencia y variaciones de voltaje frente al valor nominal.
- ✓ Se determinan las condiciones de medición y registro que como mínimo deben tener los prestadores del servicio.

Ley 142 de 1994 – Ley de Servicios Públicos Domiciliarios

Ley 143 de 1994 - Ley del Sector Eléctrico

CREG 097 de 2008 – Metodología de remuneración actividad de Distribución

CREG 011 de 2009 – Metodología de remuneración actividad de Transmisión

CREG 119 de 2007 – Metodología para establecer el Costo Unitario de Prestación
del Servicio a Usuarios Regulados

CREG 070 de 1997 – Reglamento de Distribución

CREG 024 de 2005 – Calidad de la potencia en STR y SDL

CREG 016 de 2007 – Calidad de la potencia en STR y SDL

Gracias !!!

Germán Castro Ferreira

Experto Comisionado – CREG

gcastro@creg.gov.co - creg@creg.gov.co

Av. Calle 116 No. 7-15 Edificio Cusezar Int. 2 Oficina 901

Conmutador (571) 603 2020 – Fax 603 2100 – 603 2049

Bogotá - Colombia