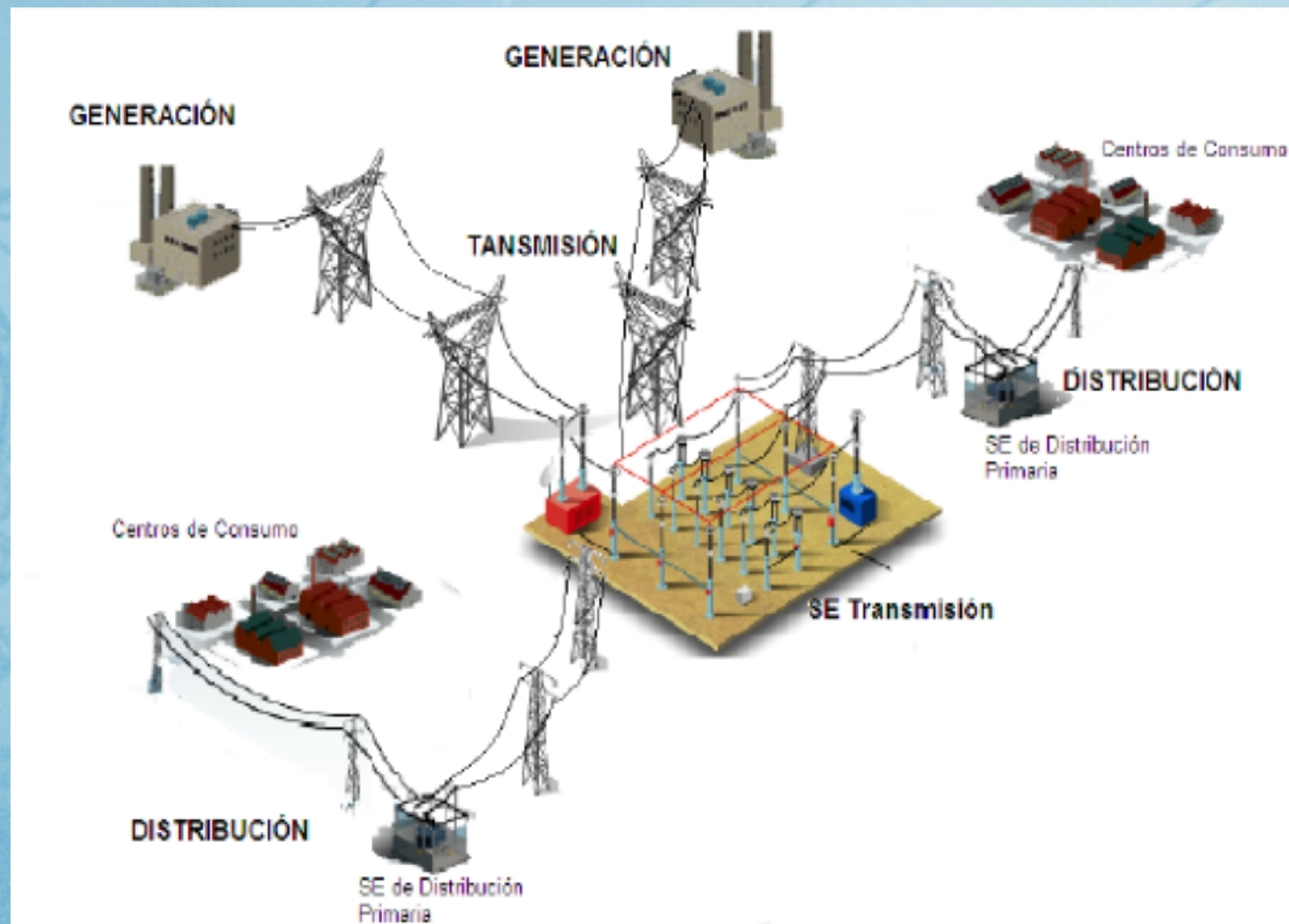


The background of the slide is a photograph of a high-voltage power line tower on the left, with several power lines stretching across the sky. Below the tower, there is a dense line of green trees. The sky is a clear, bright blue. The entire image has a semi-transparent blue overlay.

Fundamentos de Líneas de Transmisión

Ingeniería Eléctrica

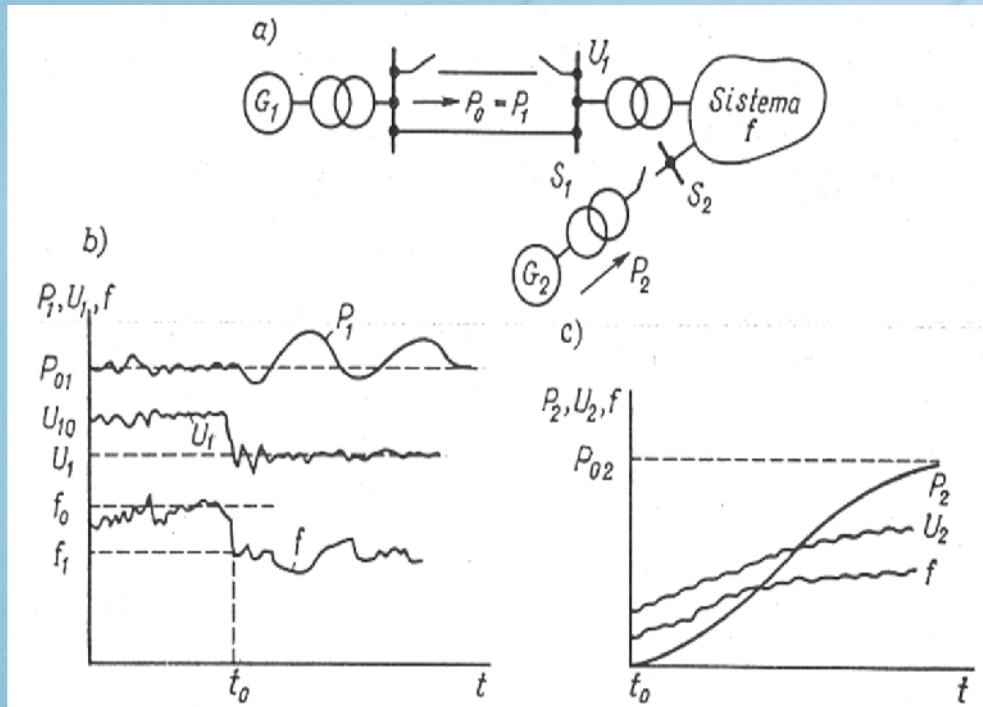
Introducción



Sistema de Potencia

- Elementos de Potencia: de producción (generadores con sus motores primarios), de conversión (transformadores, rectificadores, inversores), de transmisión y distribución (líneas de transmisión y redes) y consumidores (cargas) de la energía eléctrica.

Elementos de control: los que regulan o modifican el estado del sistema (regulador de excitación de las máquinas síncronas, reguladores de velocidad, relés, interruptores, etc.).



Líneas de Transmisión

- Los sistemas de transmisión transportan la energía eléctrica desde las unidades generadoras hasta el sistema de distribución, que es el que, en el último caso, alimentan la carga.
- Los voltajes de sub-transmisión y transmisión que están normalizados y en servicio en Bolivia son:

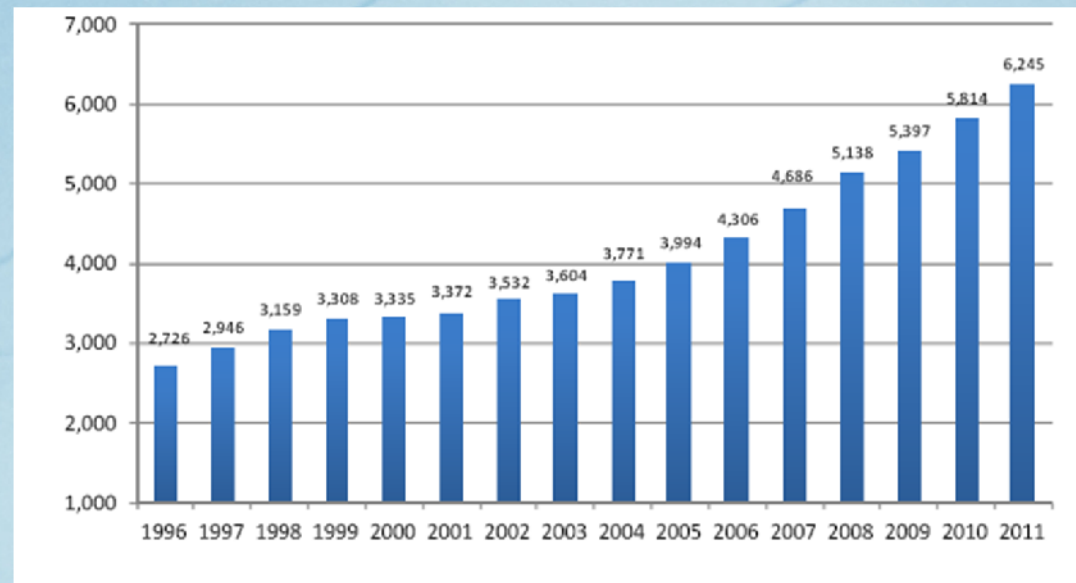
VOLTAJES EN KILOVOLTIOS	
Nominal	Máximo
24.9	26.2
34.5	36.5
44	46.2
69	72.5
115	121
230	242

The background of the slide is a photograph of a high-voltage power line tower on the left side, with several power lines stretching across the sky. Below the tower and lines is a dense line of green trees. The sky is a clear, bright blue. The entire image has a slightly grainy texture.

Escenario Boliviano

Situación Boliviana – Gestión 2011

En el período 1996 - 2011, la demanda de energía eléctrica creció al 5.7% promedio anual.

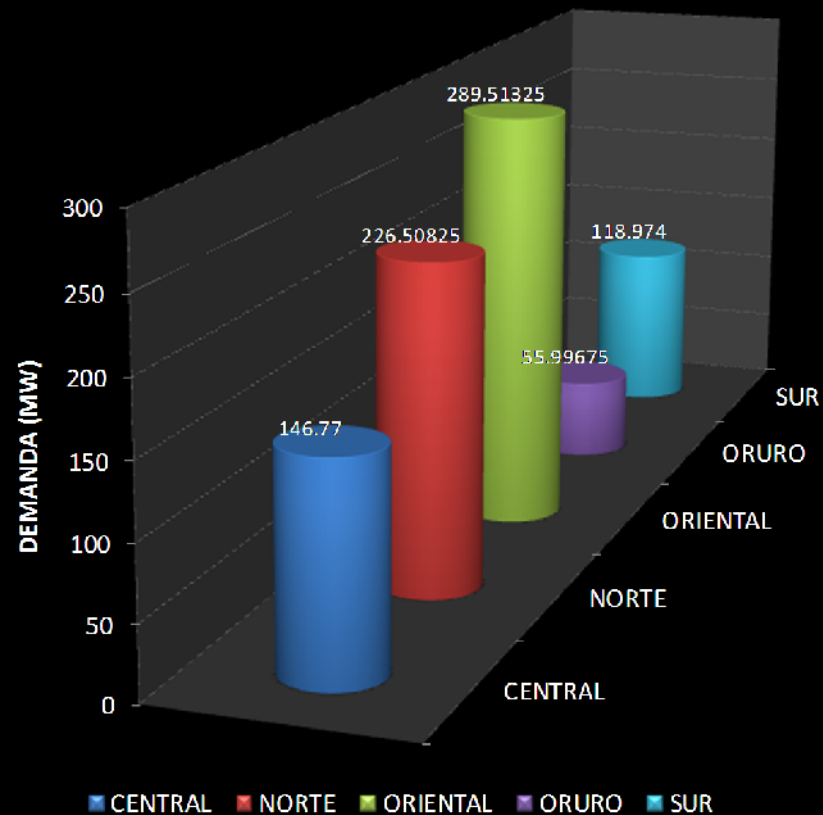


DEMANDA EN BOLIVIA

La demanda del SIN está compuesta por la demanda de los Consumidores Regulados, que son atendidos por las Empresas de Distribución y por la demanda de los Consumidores No Regulados.

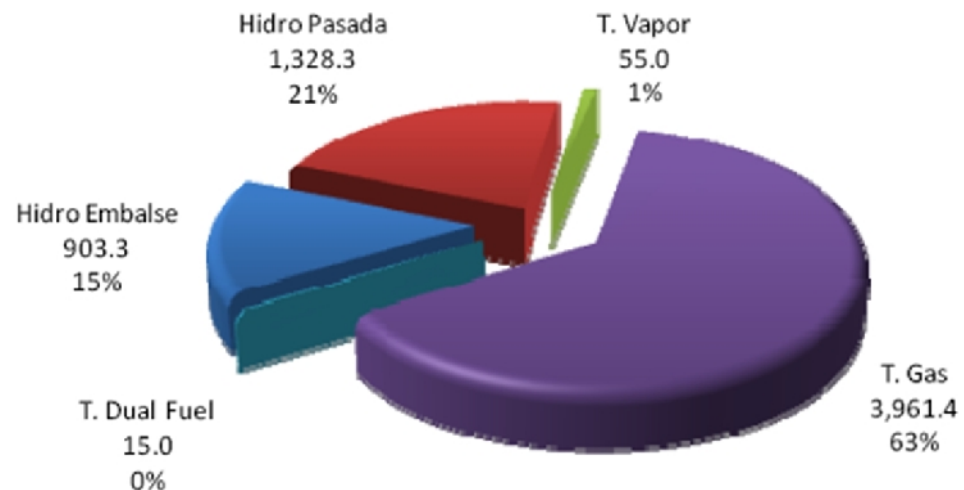
Los Consumidores No Regulados son la Empresa Metalúrgica Vinto, COBOCE, la Empresa Minera Inti Raymi y la Empresa Minera San Cristóbal.

**DEMANDA MÁXIMA DE POTENCIA DEL SIN
DICIEMBRE 2008**



GENERACION POR TIPO DE TECNOLOGIA

La capacidad de generación en octubre de 2011, en bornes de generador en el SIN, es de 1,221.0 MW, de los cuales 475.7 MW corresponden a centrales hidroeléctricas y 745.3 MW a centrales termoeléctricas. La capacidad térmica corresponde a la temperatura máxima probable.



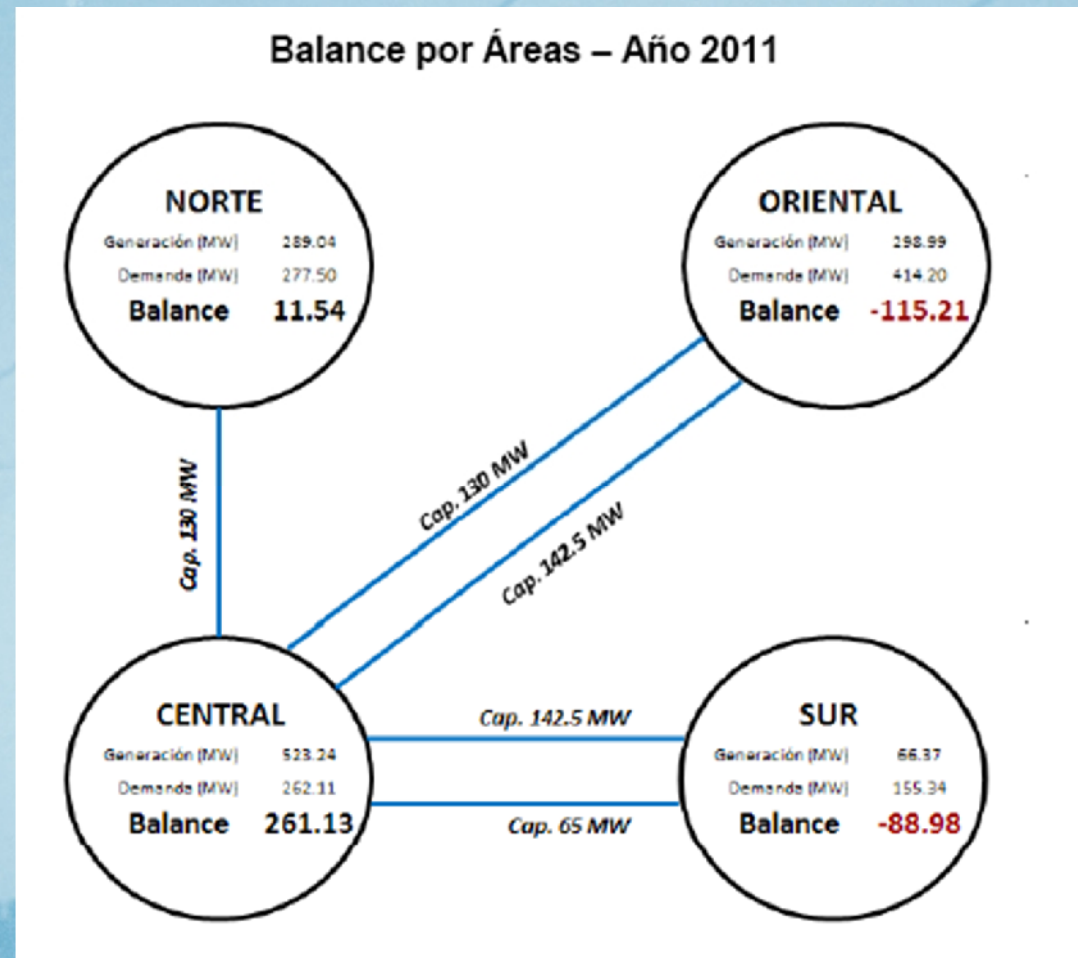
BALANCE DE POTENCIA POR AREAS - 2011

El área norte comprende los departamentos de La Paz y Beni. Esta área está conectada

al resto del SIN por medio de la línea Vinto – Kenko (ver figura anterior). El análisis n-1

de esta área implica que cuando la línea Vinto – Kenko esté indisponible, la generación

local del área de La Paz y Beni tiene que ser suficiente para atender la demanda.



The background of the slide is a photograph of a high-voltage power line tower on the left side, with several power lines stretching across the sky. Below the tower, there is a dense line of green trees. The sky is a clear, bright blue. The entire image has a slightly faded, blue-tinted appearance.

Plan de Expansión en Bolivia

METODOLOGÍA DE PLANEAMIENTO DE LA EXPANSIÓN DEL SIN

■ DATOS INICIALES:

- Parámetros, que especifican todos los supuestos básicos sobre los que se realiza el estudio, como ser: horizonte de estudio, precios de combustibles, tasa de actualización, etc.
- Proyección de la demanda eléctrica
- Sistema de transmisión y unidades generadoras existentes
- Oferta de gas natural
- Proyectos candidatos de generación y transmisión.

METODOLOGÍA DE PLANEAMIENTO DE LA EXPANSIÓN DEL SIN

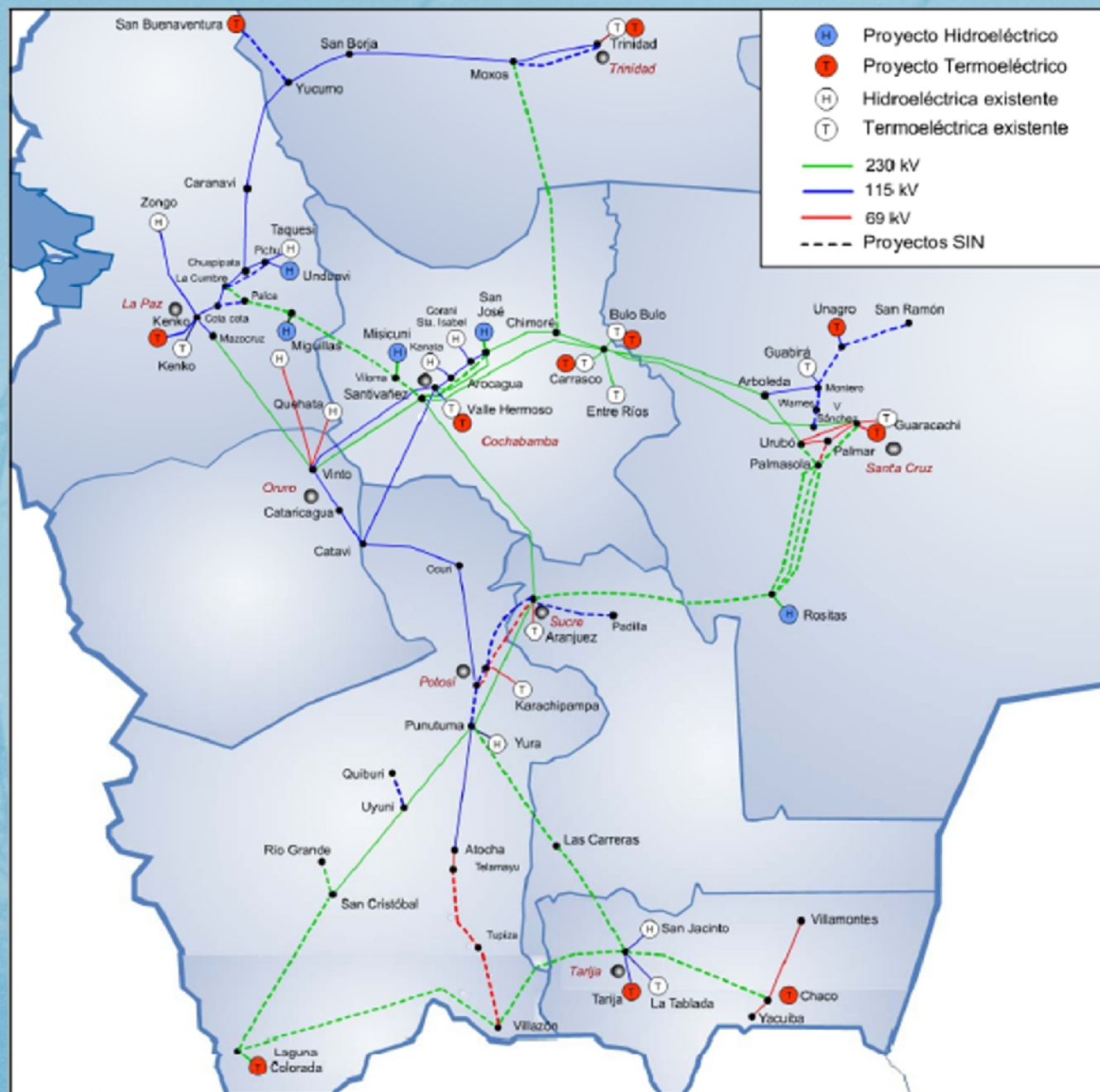
- Paso 1 Obtener la alternativa de expansión
 - Se utiliza el Modelo OPTGEN, en su versión integrada al modelo SDDP, cuyo objetivo es definir dónde, cuándo y cuáles proyectos deben ser construidos de manera de minimizar la suma de los costos anualizados de inversión, operación y falla (confiabilidad de suministro). Ambos modelos han sido desarrollados por la firma PSR de Brasil.

METODOLOGÍA DE PLANEAMIENTO DE LA EXPANSIÓN DEL SIN

- Paso 2 Verificar la suficiencia del parque generador
 - Esta verificación se efectúa por medio de un balance de potencia uninodal para la hora de demanda máxima anual de años característicos.
- Paso 3 Verificar la suficiencia del parque generador y de la red de transmisión
 - Esta verificación se efectúa simulando la operación del sistema para la hora de demanda máxima de años característicos utilizando el modelo NCP (flujo DC con pérdidas cuadráticas).

METODOLOGÍA DE PLANEAMIENTO DE LA EXPANSIÓN DEL SIN

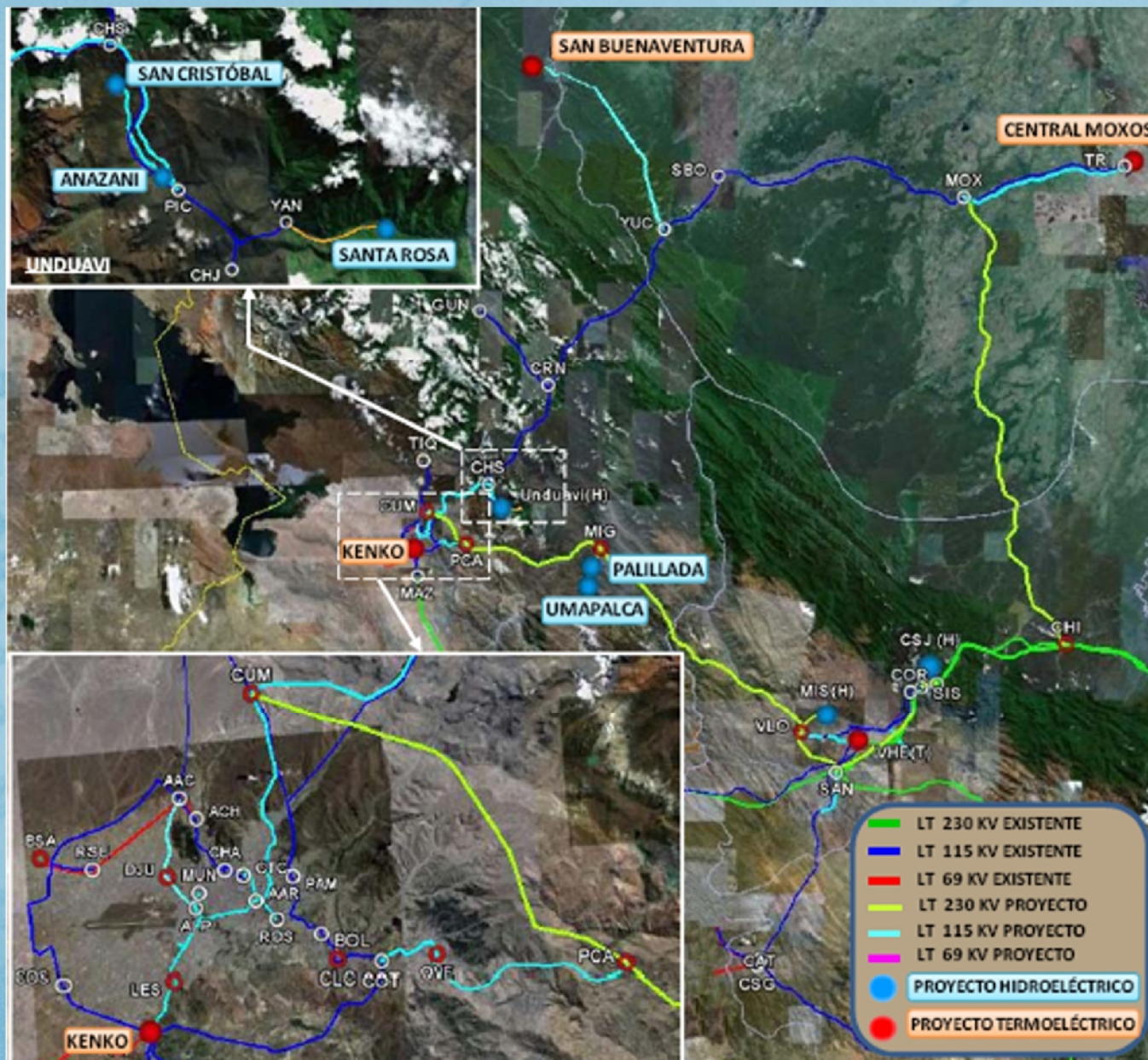
- Paso 4 Verificar la operación semanal
 - Esta verificación se efectúa simulando la operación semanal del sistema para la semana de demanda máxima y para una semana del período lluvioso de los años característicos, utilizando el modelo NCP con la función de costo futuro obtenida con el Modelo SDDP..
- Paso 5 Análisis AC
 - Este análisis se efectúa con el programa de análisis de sistemas de potencia “Power Factory de Digsilent” para verificar que la operación futura del sistema se realiza dentro de los estándares de seguridad y confiabilidad establecidos en las Condiciones de Desempeño Mínimo del SIN.



■ Plan de Expansión Optimo del SIN – CNDC 2012 a 2022

AÑO	EQUIPO	PROYECTOS		TENSIÓN (kV)	LONGITUD (Km)	CAPACIDAD (MW)	COSTO (MMUS\$)
		DECIDIDOS	EXPANSIÓN				
Ene-12	SE	Chimore (Div. línea Carrasco-San José) (1)		230			1.2
Abr-12	SE	Adecuación Larecaja (1)		115			0.4
May-12	LT	Elev. tensión Potosí - Punutuma (1)		115	73.2	74.0	1.9
Jul-12	LT	Punutuma - Tarija (1)		230	252.4	130.0	42.6
Ago-12	SE		La Cumbre	115			2.0
Sep-12	SE		Potosí (Nuevo nodo retiro SEPSA)	115			0.7
Nov-12	SE	Ampliación Arocagua (1)		115			1.7
Nov-12	SE	Cataricagua (Div. línea Catavi-Vinto) (1)		115			1.9
Ene-13	SE		Coboce (Div. línea Catavi-Valle Hermoso)	115			1.7
Mar-13	TR		Punutuma	230/115		95.0	5.5
Mar-13	LT	Tarija - Chaco (DTI) (2)		230	150.0	142.5	26.2
Abr-13	TR		Vinto	115/69		47.5	1.3
Jun-13	SE		Sacaba (Div. línea Santa Isabel-Arocagua)	115			1.7
Ene-14	LT		San Cristóbal - Río Grande	230	40.0	142.5	9.7
Ene-14	SE		Uyuni (S/E con Transformador)	230/115		47.5	6.7
Ene-14	LT		Repotenciamiento Karachipampa - Potosí	69	10.2	32.0	0.3
Ene-14	TR		Sucre	230/115		95.0	5.3
Ene-14	LT		Sucre-Karachipampa-Potosí	115	114.0	85.0	12.5
Ene-14	SE		Karachipampa (S/E y Transformador)	115/69		48.0	4.3
Ene-14	CP		Karachipampa, 12 MVar	115			0.9
Jun-14	LT	Santivañez - Viloma -La Cumbre		230	276.5	150.0	59.8
Jun-14	TR	La Cumbre		230/115		142.5	6.2
Jun-14	LT	Misicuni-Viloma (2)		230	15.0	150.0	3.7
Jun-14	TR		Viloma	230/115		95.0	5.3
Ene-15	LT		San Cristóbal-Laguna Colorada (2)	230	170.0	142.5	27.8
Ene-15	LT		Tarija-Villazón	230	118.0	142.5	19.3
Ene-15	LT		Villazón-Laguna Colorada	230	250.0	142.5	42.1
Ene-15	LT		Moxos- Trinidad (Segunda línea)	115	86.2	74.0	10.4
Ene-15	LT		Chimore-Moxos	230	275.0	142.5	40.9
Ene-15	TR		Moxos	230/115		95.0	5.3
May-15	LT		Yucumo-San Buenaventura (2)	115	120.0	74.0	12.1
Jun-15	LT		Central San José-San José (2)	230	9.0	142.5	3.0
Jun-15	LT		San José-Santivañez (2)	230	75.8	142.5	10.6
Ene-16	LT		Repotenciamiento Atocha - Villazón	69	176.1	32.0	4.2
Ene-16	LT		Santivañez-Viloma (Segunda terna)	230	35.0	150.0	3.5
Ene-16	LT		Tangara-Vilcara-Miguillas (2)	230	21.0	167.0	10.0
Ene-16	SE		Palca (S/E y Transformador)	230/115		95.0	7.3
Ene-16	LT		Línea Palca-Ovejuyo-Cota Cota	115	11.5	95.0	3.1
Jun-16	SE		Valle Sanchez (S/E y Transformador)	230/115		142.5	8.5
Ene-18	TR		Vinto (Segundo transformador)	230/115		95.0	5.5
Ene-19	LT		San Cristóbal-Pichu (2)	115	8.1	95.0	1.7
Ene-19	LT		Anazani-Pichu (2)	115	1.4	95.0	1.0
Ene-19	LT		Santa Rosa-Yanacachi (2)	11.5	6.7	9.1	0.2
Ene-19	LT		Pichu-Cumbre (2)	115	59.0	95.0	7.4
Ene-20	LT		Rositas-Sucre (2)	230	280.0	142.5	39.1
Ene-20	LT		Rositas-Palmasola (Doble terna) (2)	230	125.9	334.0	35.9
Ene-20	LT		Rositas-Palmasola (Simple terna) (2)	230	125.9	167.0	20.7
Ene-20	LT		Palmasola-Urubó	230	20.4	150.0	4.2
Ene-20	LT		Palmasola-Guaracachi	230	16.7	150.0	3.5
Ene-20	TR		Palmasola	230/69		142.5	6.0
Ene-20	TR		Santivañez	230/115		95.0	5.3

Plan de expansión en transmisión – CNDC 2012 - 2022



Plan de Expansión Área Norte – CNDC 2012 a 2022

The background of the slide is a photograph of a high-voltage power line tower, also known as a pylon, which is a lattice-structured steel tower. It is positioned on the left side of the frame. Several high-voltage transmission lines are visible, stretching from the top left towards the right side of the image. The lines are supported by the tower and other unseen towers. The bottom of the image shows a dense line of green trees, suggesting a forest or a wooded area. The sky is a clear, pale blue. The entire image has a slightly faded, blue-tinted appearance, giving it a professional and clean look.

Elementos Principales de Líneas de Transmisión

Marco Legal

- La Ley de Electricidad N° 1604 del 21 de diciembre de 1994 y sus Reglamentos:
 - **Transmisión.** Es la actividad de transformación de la tensión de la electricidad y su transporte en bloque desde el punto de entrega por un Generador, autoproducer y otro Transmisor hasta el punto de recepción por un Distribuidor, Consumidor No Regulado u otro Transmisor. Para efectos de la presente ley, la actividad de Transmisión constituye transformación y transporte de un bien privado intangible, sujeta a Regulación. *[Art. 2 de la Ley de Electricidad]*.
 - Los niveles de tensión definidos son:
 - Alta Tensión. Nivel de tensión igual o superior a sesenta y nueve mil (69,000) voltios.
 - Media Tensión. Nivel de tensión superior a mil (1.000) voltios y menor a sesenta y nueve mil (69.000) voltios.
 - Baja Tensión. Nivel de tensión igual o inferior a mil (1,000) voltios

Líneas de Transmisión

- Las características de una línea de transmisión se definen en base al estudio de parámetros eléctricos, ambientales y mecánico estructurales.
- Las actividades de diseño concluyen en la elaboración de las normas de construcción las cuales constituyen el resumen de los estudios técnicos y evaluaciones económicas que determinan los costos anuales del proyecto.



Conductores

- Los conductores constituyen uno de los elementos más importantes en el costo de una línea, representando generalmente entre el 20 y el 30% del costo de Mano de Obra y Materiales, es esencial seleccionar el tipo de conductor y la sección más apropiadas para la óptima eficiencia de la operación.



Conductores

- En la construcción de líneas aéreas de transmisión de energía eléctrica, se utilizan casi exclusivamente conductores metálicos desnudos, que se obtienen mediante cableado de hilos metálicos (alambres) alrededor de un hilo central.
- Los metales utilizados en la construcción de LT deben poseer tres características principales:
 - presentar una baja resistencia eléctrica, y bajas pérdidas Joule en consecuencia.
 - presentar elevada resistencia mecánica, de manera de ofrecer una elevada resistencia a los esfuerzos permanentes o accidentales.
 - costo limitado.

Tipos de Conductores

- Conductores de Aluminio:

- Diseños homogéneos: AAC (All-Aluminium-Conductor) o AAAC (All-Aluminium- Alloy conductor).
- Diseños compuestos: esencialmente ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced) con núcleo de acero.
- Conductores de Aluminio revestido (Aluminium-Clad Alumoweld)
- Conductores de aluminio cubierto (Aluminium-coated)

- Conductores de Acero:

- Se utilizan conductores de acero galvanizado con varios espesores de recubrimiento de zinc.

Conductores

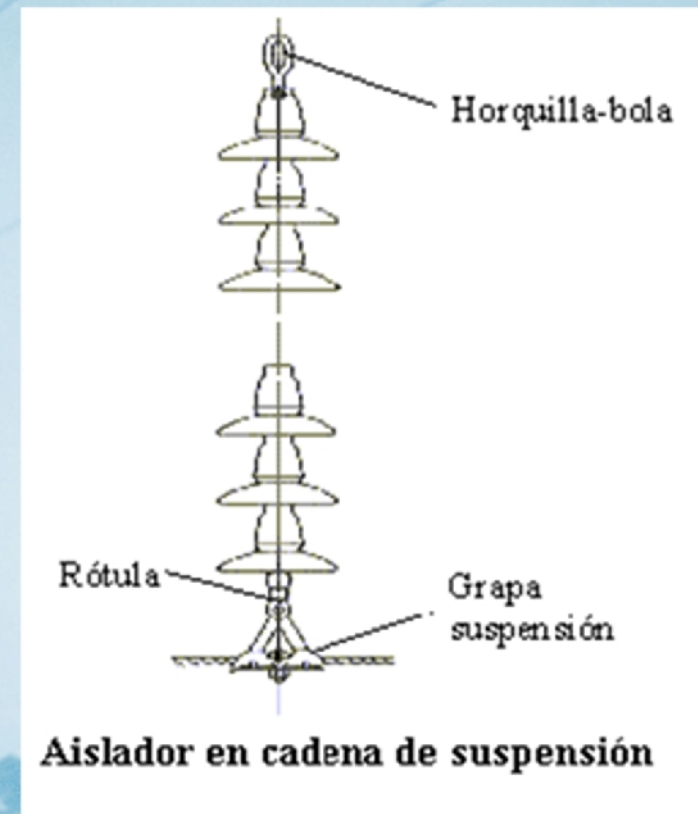


Aisladores

- Las cualidades específicas que deben cumplir los aisladores son:
 - Rigidez dieléctrica suficiente para que la tensión de perforación sea lo más elevada posible.
 - Disposición adecuada, de forma que la tensión de contorneamiento presenta valores elevados y por consiguiente no se produzcan descargas de contorno entre los conductores y el apoyo a través de los aisladores.
 - Resistencia mecánica adecuada para soportar los esfuerzos demandados por el conductor, por lo que la carga de rotura de un aislador debe ser cuanto menos igual a la del conductor que tenga que soportar.
 - Resistencia a las variaciones de temperatura.
 - Ausencia de envejecimiento.

Tipos de Aisladores

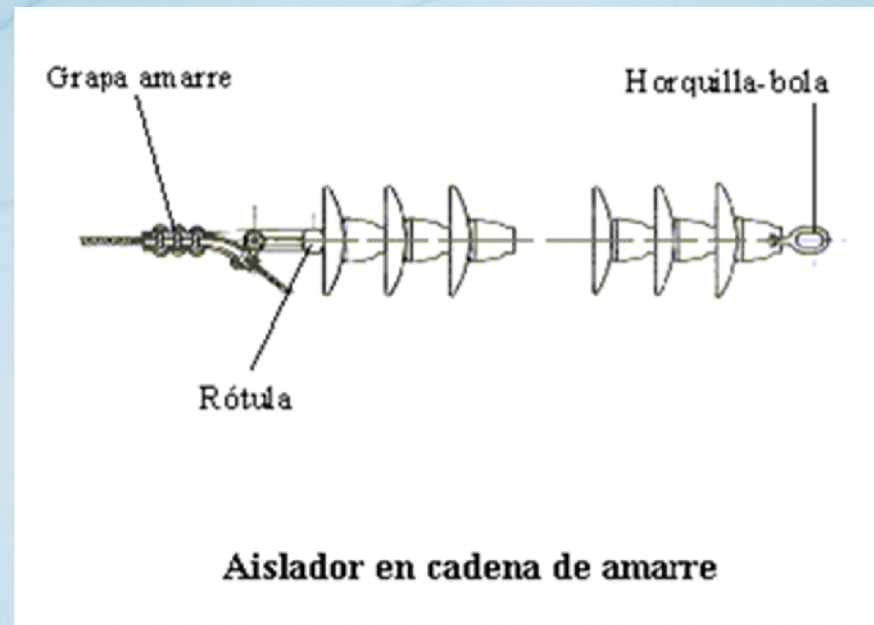
- Aisladores de porcelana:
 - Su estructura debe ser homogénea y, para dificultar las adherencias de la humedad y polvo, la superficie exterior está recubierta por una capa de esmalte.
- Aisladores de vidrio:
 - Están fabricados por una mezcla de arena silíceo y de arena calcárea, fundidas con una sal de sodio a una temperatura de 1300°C , obteniéndose por moldeo. Su color es verde oscuro.



Tipos de Aisladores

- Aisladores de esteatita y resinas epoxi:

- Se emplean cuando han de soportar grandes esfuerzos mecánicos, debido a que su resistencia mecánica es aproximadamente el doble que la de la porcelana, y sus propiedades aislantes también son superiores; sin embargo, el inconveniente que tienen es el de ser más caros.

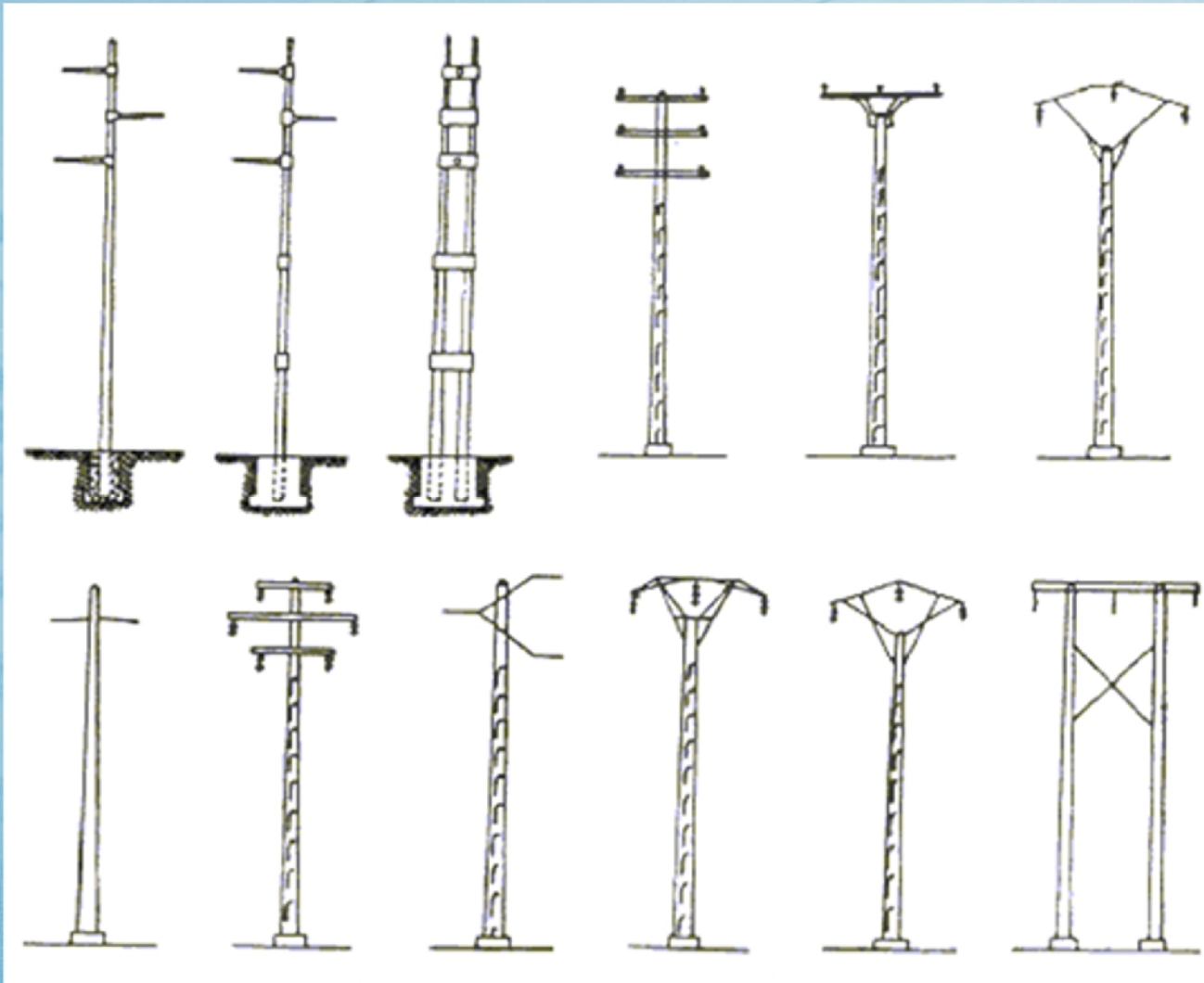


Estructuras de Apoyo

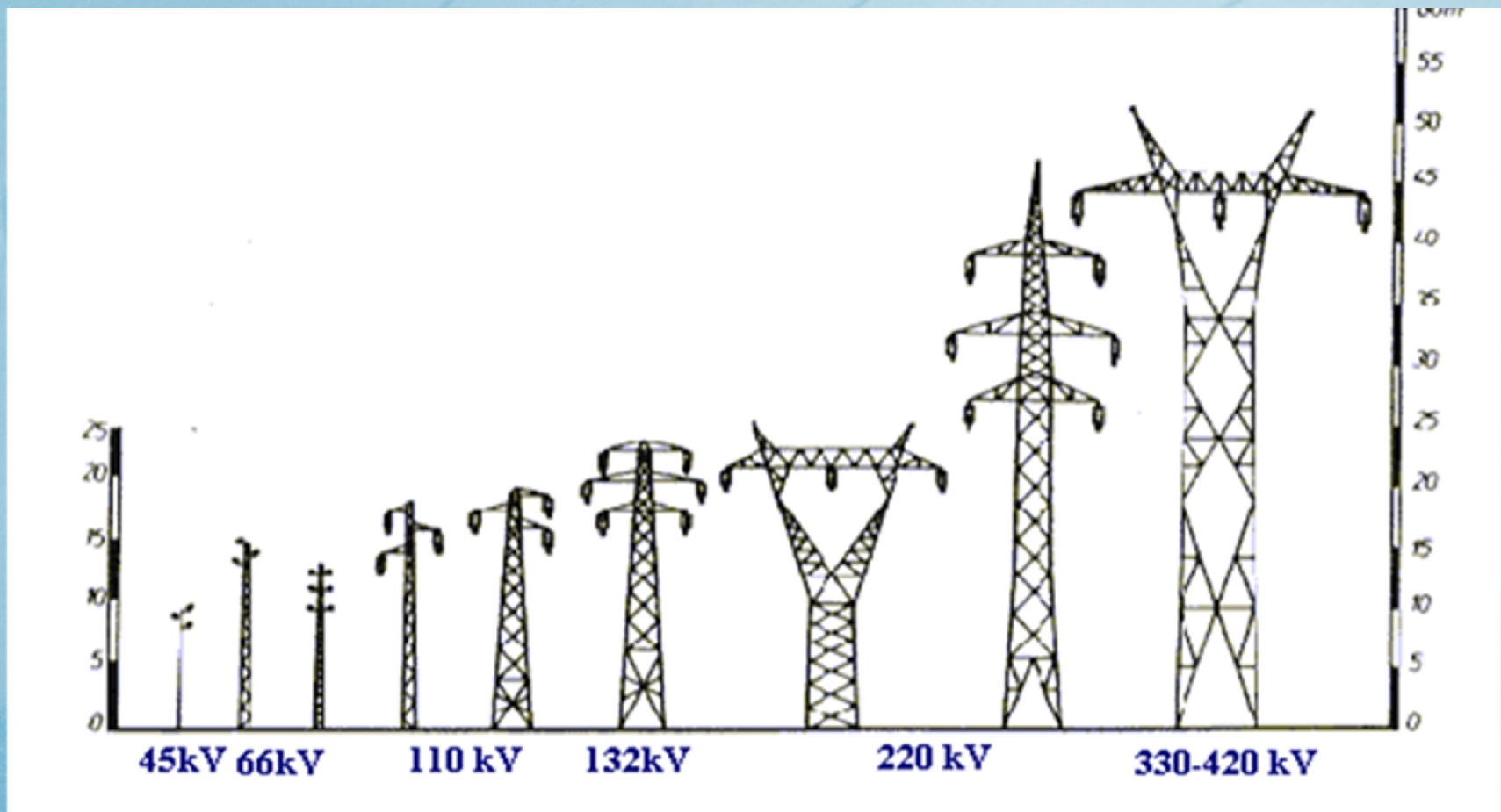
- Están sometidos a fuerzas de compresión y flexión, debido al peso de los materiales que sustentan y a la acción del viento sobre los mismos. Se pueden clasificar en:
 - Apoyos de alineación
 - Apoyos de ángulo
 - Apoyo de anclaje
 - Apoyos de fin de línea
 - Apoyos especiales

■

Postes de Hormigón Armado



Poste Autosportados



The background of the slide is a photograph of a power line tower on the left, with several power lines stretching across the sky. Below the tower is a dense line of green trees. The sky is a clear, bright blue. The text "Gracias Por Su Atención" is overlaid in the center in a bold, yellow font.

Gracias Por Su Atención

Fin