



Consejo Nacional de Operación



Desarrollo Código de Red con Recursos de Generación Variable-VRE

Grupo de trabajo FRNCE
Abril 24 de 2017



Consejo Nacional de Operación



Agenda

- Relación entre la Política Energética y los Códigos de Red.
- Importancia del Sistema de Potencia actual y futuro.
- Aspectos a considerar en el desarrollo del Código de Red con VRE.
- Estándares.
- Requerimientos Relevantes para la integración de VRE.
- Casos de Estudio.
- Recomendaciones.
- Trabajo Propuesto.



Agenda

- Relación entre la Política Energética y los Códigos de Red.
- Importancia del Sistema de Potencia actual y futuro.
- Aspectos a considerar en el desarrollo del Código de Red con VRE.
- Estándares.
- Requerimientos Relevantes para la integración de VRE.
- Casos de Estudio.
- Recomendaciones.
- Trabajo Propuesto.



Relación entre la Política Energética y los Códigos de Red

CONNECTION CODES

- Generator Connection Code
- Demand Connection Code
- HVDC Connection Code

OPERATING CODES

- Operational Security Code
- Operational Planning and Scheduling Code
- Load Frequency Control and Reserve Code
- Emergency Procedure Code

PLANNING CODES

- Generator Planning Code
- Network Planning Code

MARKET CODES

- Market Rules Code
- Network Capacity Allocation and Congestion Management Code
- HVDC Connection Code

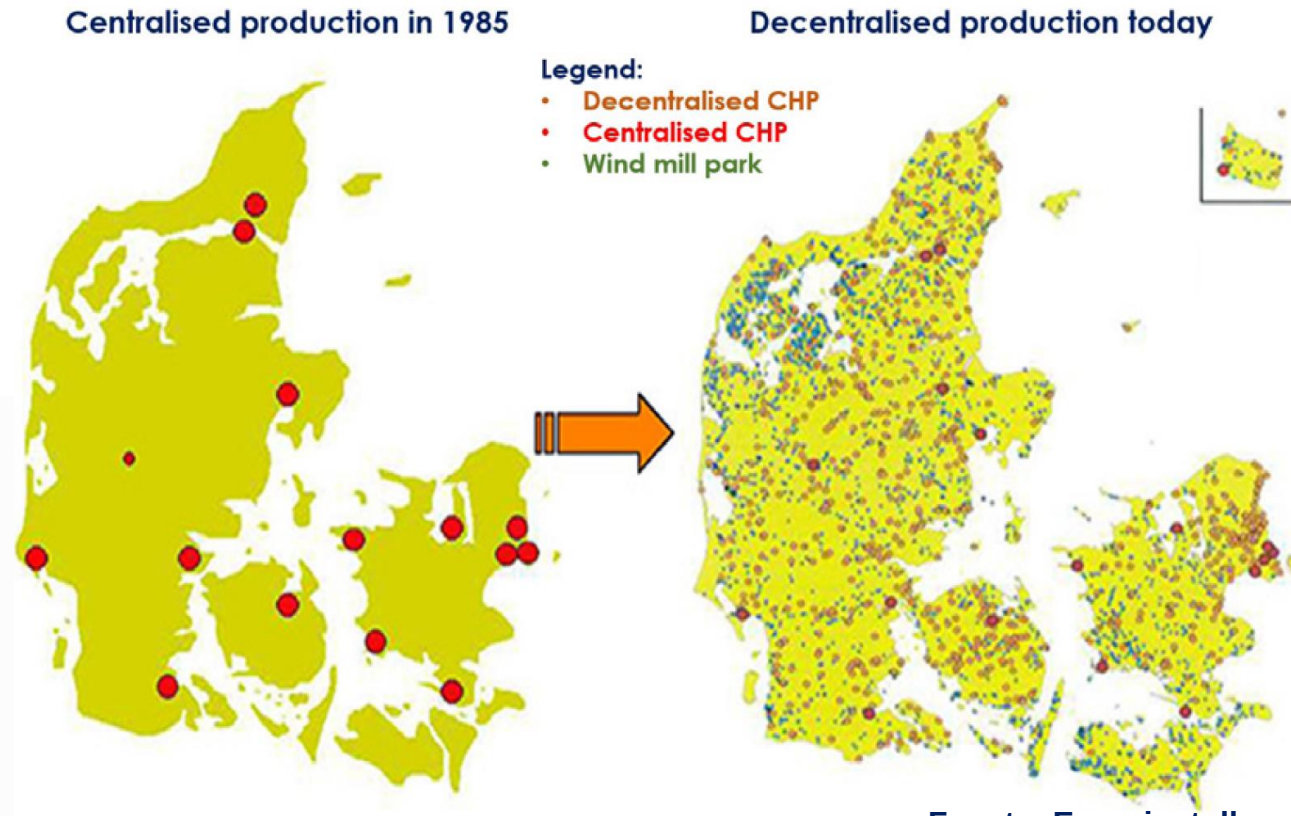
Fuente: ENTSO-E



Consejo Nacional de Operación

- El código de Red (Grid Code) establece las reglas para la operación de los sistemas de potencia y sus mercados inherentes.
- El Código de Red puede estar conformado por el Código de Conexión, Código de Operación, Código de Planeación y el Código del mercado.
- El Código de Red da un entendimiento común a todos los agentes del sector eléctrico (generadores, demanda, operadores de red, etc.), lo cual contribuye a la estabilidad, seguridad y confiabilidad del sistema, así como a un adecuado funcionamiento del mercado de energía.
- Para generadores nuevos de tamaños similares, convencionales y no convencionales, los requerimientos del Código de Red buscan asegurar un tratamiento justo a todas las tecnologías (respecto a condiciones técnicas).
- VRE Grid Code", o Código de Red con Energías Renovables Variable, especifica las condiciones técnicas y diseños mínimos para generadores de este tipo, **que garantice a su vez el cumplimiento u objetivo de una Política Energética.**

Relación entre la Política Energética y los Códigos de Red



Fuente: Energinet.dk

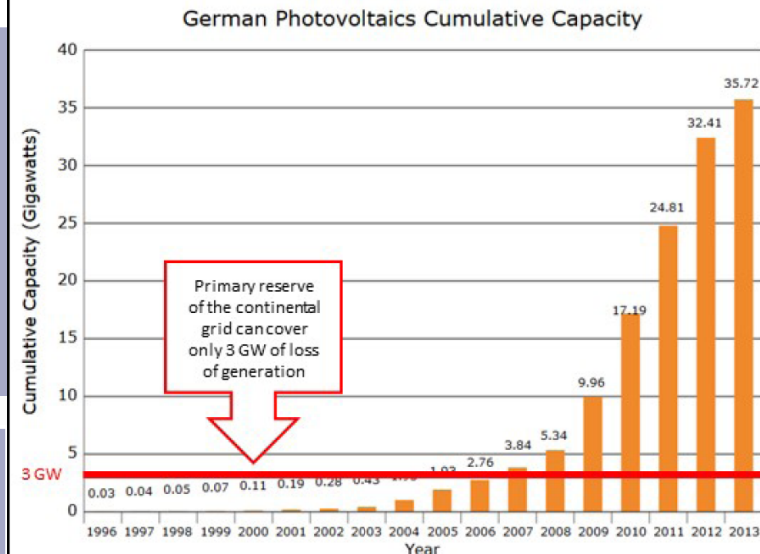
- Respecto a los antecedentes históricos, el desarrollo de los Códigos de Red han sido fuertemente influenciados por la liberalización de los sistemas de potencia, la integración de mercados y la incorporación de recursos VRE. Respecto a este ultimo driver se debe mirar el caso de Dinamarca, donde se paso de un sistema centralizado (numero reducido de plantas térmicas) a uno descentralizado (muchos agentes, principalmente eólicos y solares a nivel distribuido).

Relación entre la Política Energética y los Códigos de Red

Example of lessons learnt from grid code practice: 'the 50.2 Hertz (Hz) problem'

The German '50.2 Hz problem' serves as an example of what can go wrong if grid code development is not co-ordinated with energy policy. A grid code requirement (VDE, 1994 / 2005) was set early on that was unsuitable for high VRE share, and unit behaviour had to be corrected through incentive programmes. The nominal frequency in Germany is 50 Hz. While PV levels were low in Germany, PV generators in the low voltage network were required to disconnect when the system frequency increased above 50.2 Hz. However, Germany's feed-in tariff encouraged PV installations, which grew so fast (see figure 5) that this disconnection behaviour posed a threat to system stability. With tens of gigawatts of PV suddenly disconnecting in the event of an over-frequency disturbance, the system could collapse. In 2011 and 2012, new requirements were introduced with a more gradual frequency cut-off, and policy makers had to provide incentives to retrofit older units (BMJV, 2012).

The 50.2 Hz problem mainly affected PV generators in Germany's low voltage network. In the medium voltage network there is also a legacy of inappropriate grid requirements relating to under-frequency – 'the 49.5Hz problem' (affecting primarily wind and cogeneration plants). This was also recently addressed by legislation - see next box. While 49.5 Hz is further from the nominal frequency of 50 Hz than 50.2 Hz, it is in principle more dangerous to disconnect large amounts of generation when the frequency drops. This is because it indicates there is already insufficient generation in the system to balance the load.



Fuente: German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy

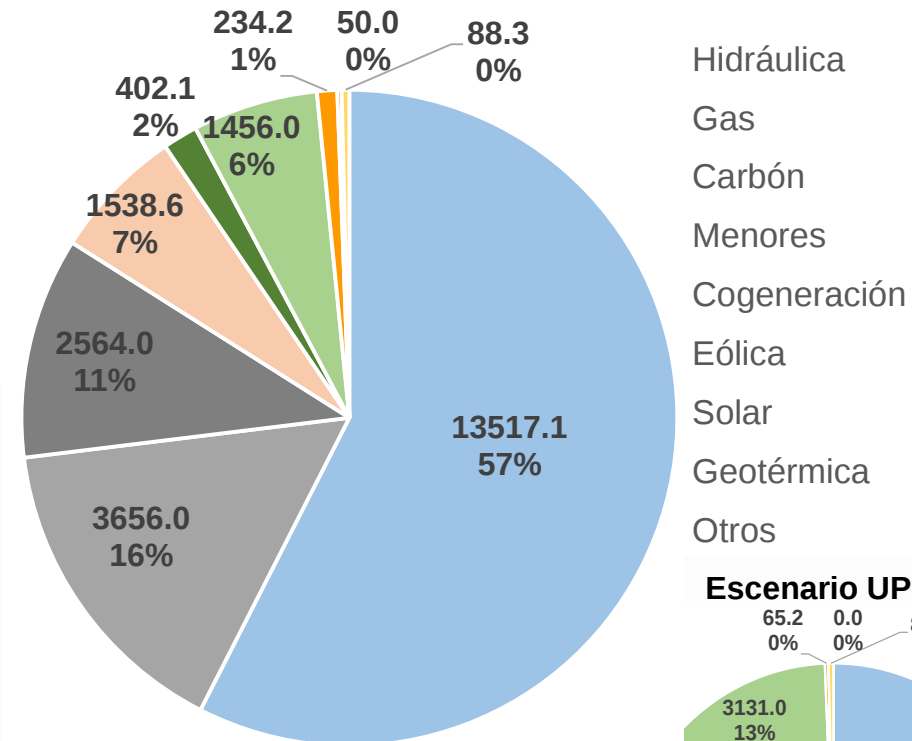
- Los problemas alemanes (50.2 Hz Problem y 49.5 Hz Problem), son un claro ejemplo de la desarticulación entre la Política Energética y los requerimientos técnicos del Código de Red.
- Por un lado el gobierno Alemán incentivo la incorporación de fuentes intermitentes con esquemas Feed-in Tariff, alcanzando una alta penetración de plantas PV, que a su vez puso en peligro la estabilidad del sistema, dadas las condiciones de desconexión requeridas a este tipo de tecnologías cuando la frecuencia superará ciertos límites.



Agenda

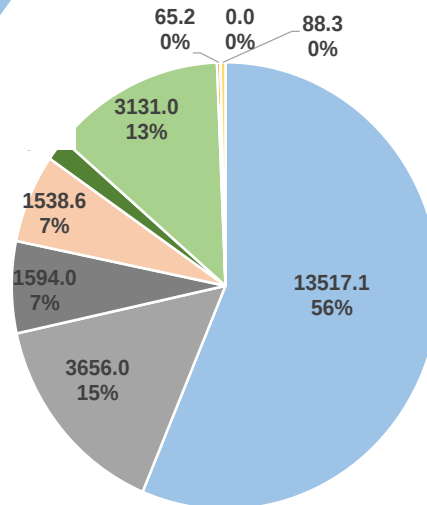
- Relación entre la Política Energética y los Códigos de Red.
- **Importancia del Sistema de Potencia actual y futuro.**
- Aspectos a considerar en el desarrollo del Código de Red con VRE.
- Estándares.
- Requerimientos Relevantes para la integración de VRE.
- Casos de Estudio.
- Recomendaciones.
- Trabajo Propuesto.

Importancia del Sistema de Potencia actual y futuro

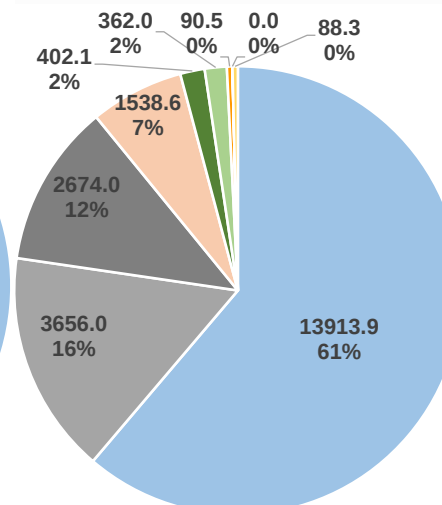


- Los requerimientos técnicos necesarios en el Código de Red dependen del nivel de penetración o participación de las fuentes VRE en el sistema de potencia. Es así que el Código está totalmente relacionado con la Política Energética.
- Es fundamental coordinar los requerimientos técnicos de las fuentes VRE y su PARTICIPACIÓN FUTURA en el sistema. En otras palabras, “se debe redactar el Código de Red teniendo en cuenta el sistema de potencia futuro” (IRENA)

Escenario UPME 4.1



Escenario UPME 1.1

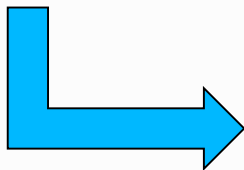


Documento CREG 161



?

Escenario UPME 0



?

cno ⚡

Consejo Nacional de Operación

Fuente: UPME



Agenda

- Relación entre la Política Energética y los Códigos de Red.
- Importancia del Sistema de Potencia actual y futuro.
- Aspectos a considerar en el desarrollo del Código de Red con VRE.
- Estándares.
- Requerimientos Relevantes para la integración de VRE.
- Casos de Estudio.
- Recomendaciones.
- Trabajo Propuesto.

Aspectos a considerar en el desarrollo del Código de Red con VRE

Los requerimientos solicitados a los generadores VRE dependen de las necesidades particulares del sistema de potencia, motivo por el cual no se puede copiar “palabra por palabra” un Código de Red foráneo. Los aspectos que deben tenerse en cuenta para su desarrollo son:

- Tamaño del sistema de potencia, carga pico y características geográficas, tópicos relevantes en la medida que las variaciones de la producción intermitente se suavizan cuando se agregan sobre toda un área.
- Si el sistema de potencia esta aislado o interconectado con otro sistema. Cuando existen interconexiones, los “super plus” de generación intermitente pueden ser exportados a otras áreas eléctricas. Adicionalmente, entre mayor sea la interconexión (adecuada red de transmisión), los sistemas son menos susceptibles a problemas de inestabilidad de frecuencia.
- Si el sistema de distribución tiene circuitos o alimentadores muy largos respecto a su longitud. Ello puede ocasionar sobre tensiones (este es el problema de Japón, donde plantas PV “de cola de circuito”, ocasionan altos voltajes).
- Capacidades de fuentes VRE existentes y planeadas.



Consejo Nacional de Operación

Fuente: IRENA



Fuente: UPME

Aspectos a considerar en el desarrollo del Código de Red con VRE

- Distribución geográfica de los recursos intermitentes, lo cual puede afectar, mas o menos, el control de frecuencia del sistema. Si están ampliamente distribuidos, las variaciones se suavizan si se observa la intermitencia de forma agregada. Ello también afecta la forma como los generadores deben responder ante dichas variaciones.
- El nivel de tensión donde se conectarán las fuentes intermitentes.
- La capacidad de los generadores convencionales que deben cubrir la diferencia entre la producción de las fuentes intermitentes y la demanda eléctrica.
- El marco institucional.
- El desarrollo del Código de Red en paralelo con la evolución tecnológica, lo cual hace que los fabricantes diseñen nuevos equipos.

Fuente: IRENA



Consejo Nacional de Operación



Fuente: UPME

Aspectos a considerar en el desarrollo del Código de Red con VRE

- Lecciones aprendidas de los países pioneros con Códigos de Red ya establecidos y robustos.
- Países que buscan incrementar la participación VRE deben consultar con los desarrolladores, inversores y operadores, en el sentido de asegurarse que los requerimientos del Código se puedan alcanzar.

Fuente: IRENA





Agenda

- Relación entre la Política Energética y los Códigos de Red.
- Importancia del Sistema de Potencia actual y futuro.
- Aspectos a considerar en el desarrollo del Código de Red con VRE.
- **Estándares.**
- Requerimientos Relevantes para la integración de VRE.
- Casos de Estudio.
- Recomendaciones.
- Trabajo Propuesto.

Estándares



Existen muchos estándares internacionales desarrollados por la IEC e IEEE, relacionados con la integración de recursos intermitentes en los sistemas de potencia. Dichos estándares técnicos cubren muchos tópicos y tienen diferentes funciones:

- Comunicaciones, que facilitan la definición de terminología técnica en una manera coherente.
- Requerimientos y especificaciones detalladas para equipos técnicos, construidos en consenso entre diferentes expertos para desarrollar una *ingeniería uniforme*.
- Calidad del voltaje y seguridad del suministro.
- Requerimientos para interconexión de generadores.
- Transferencia de datos y establecimiento de protocolos dentro de los estándares de comunicaciones.
- Procedimientos, practicas, equipos de campo, test, etc.





Relación entre los estándares internacionales y el Código de Red:

- Los estándares internacionales pueden ser mencionados parcialmente o totalmente en un Código de Red, por ejemplo, haciendo referencia a la calidad de la potencia.
- Dichos estándares pueden ser citados cuando se escribe un Código de Red, siendo posible modificarlo, acorte a las condiciones locales y necesidades de los sistemas de potencia.
- Los estándares Internacionales, que establecen la forma de conexión de los generadores VRE, pueden ser usualmente empleados en lugar de un Código de Red.
- Los estándares proporcionan soluciones ya probadas y verificadas, y ahorran tiempo y esfuerzo.
- Se debe hacer participe al operador de red en la elaboración del Código de Red y propiciar que el mismo **sea complementado y comentado por todos los Agentes y Fabricantes** (Fuente: IRENA).



Estándares

Ejemplos de Estándares:

Standard	Function	Content
IEC 61036	Standard practices	AC electricity metering
IEC 61268	Standard practices	Reactive power metering
IEC 61936	Standard practices	Erection of power installations
IEC 62053	Standard practices	AC electricity metering
IEC 62054	Standard practices	Electricity metering
IEC 62305	Standard practices	Protection against lightning
IEEE 142	Standard practices	Grounding in power systems
IEC 61140	Standard practices	Protection against electric shock - common aspects for installation and equipment
IEC 62257	Interconnection	Microgrids
IEC 62786	Interconnection	Distributed energy resources interconnection with the grid (under development)
IEEE 1547	Interconnection	Interconnecting distributed resources with electric power systems

Fuente: IRENA

Standard	Function	Content
IEC 60617	Terminology	Graphical symbols for diagrams
IEC 60034	Product specifications	Rotating electrical machinery
IEC 60044	Product specifications	Instrument transformers
IEC 60045	Product specifications	Steam turbines
IEC 60076	Product specifications	Power transformers
IEC 60143	Product specifications	Series capacitors for power systems
IEC 60186	Product specifications	Voltage transformers
IEC 60308	Product specifications	Hydraulic turbines
IEC 60358	Product specifications	Coupling capacitors
IEC 60521	Product specifications	AC watt metres
IEC 60687	Product specifications	Static watt metres
IEC 60905	Product specifications	PV devices
IEC 61194	Product specifications	Characteristic parameters of stand-alone PV systems
IEC 61277	Product specifications	Terrestrial PV systems
IEC 61400	Product specifications	Wind turbine design
IEC 61868	Product specifications	Insulating mineral oils
IEC 62052	Product specifications	Electricity metering equipment
IEEE 1094	Product specifications	Wind farm design and operation
IEEE 112	Product specifications	Induction motors
IEEE 115	Product specifications	Synchronous machines
IEEE 421	Product specifications	Synchronous machines
IEEE 929	Product specifications	Solar PV
IEC 60870	Data, broadcasting, communication	Telecontrol tasks
IEC 62056	Data, broadcasting, communication	Electricity metering exchange
IEC 61970	Data, broadcasting, communication	Energy management system application programme interface
IEC 61724	Data, broadcasting, communication	PV system performance monitoring - guidelines for measurement
IEC 61727	Data, broadcasting, communication	PV systems - characteristics of utility interface
IEC 61850	Data, broadcasting, communication	Communication networks and systems in substations - Part 3: general requirements
IEC 61968	Data, broadcasting, communication	Application integration at electric utilities
IEC 60071	Standard practices	Insulation co-ordination
IEC 60326	Standard practices	Design and use of printed boards

Fuente: IRENA

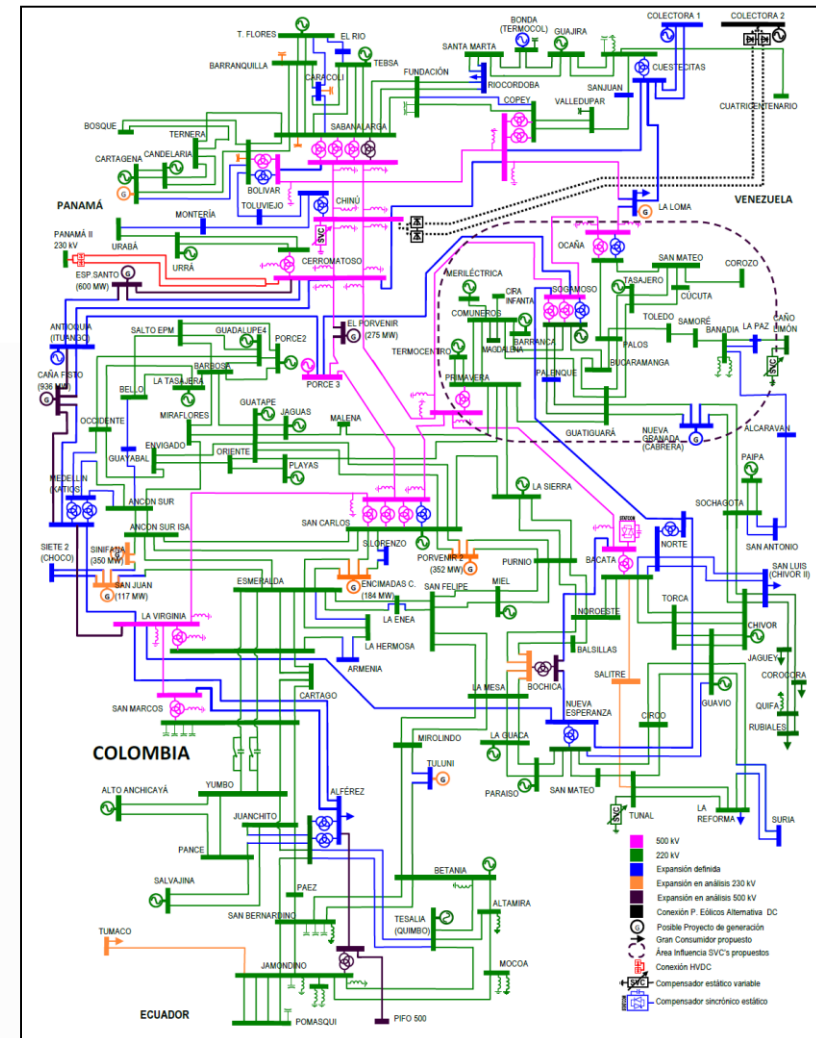


Agenda

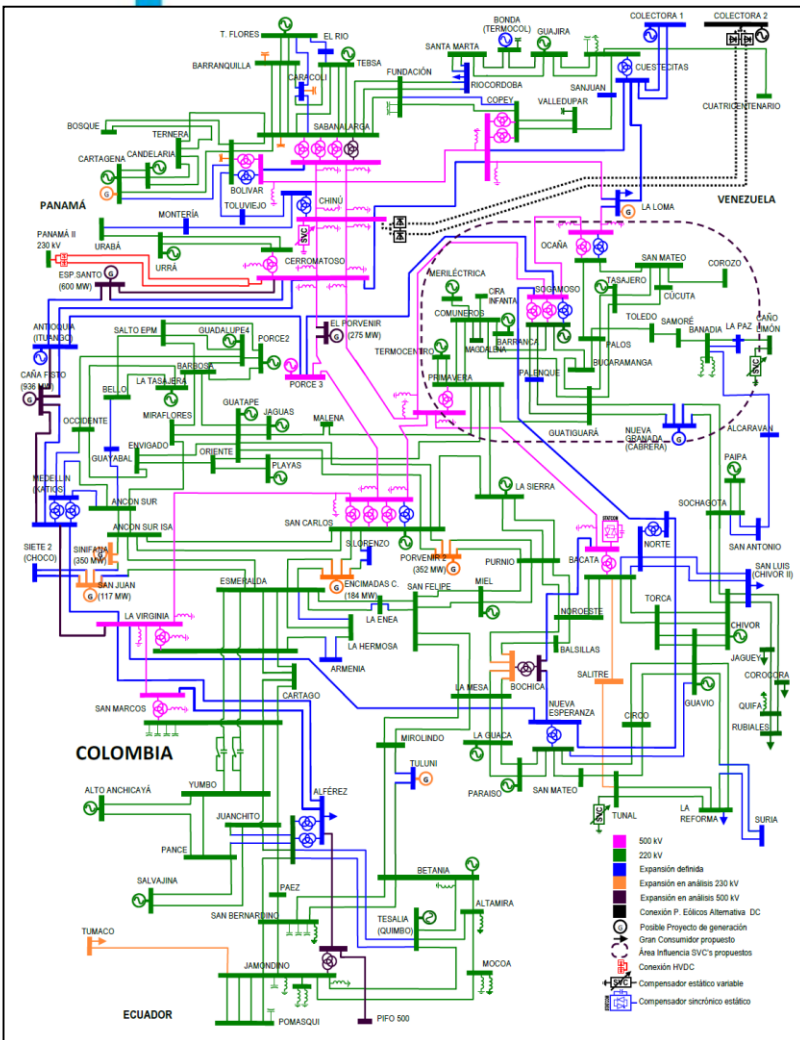
- Relación entre la Política Energética y los Códigos de Red.
- Importancia del Sistema de Potencia actual y futuro.
- Aspectos a considerar en el desarrollo del Código de Red con VRE.
- Estándares.
- **Requerimientos Relevantes para la integración de VRE.**
- Casos de Estudio.
- Recomendaciones.
- Trabajo Propuesto.

Requerimientos Relevantes para la integración de VRE

- Cuando la participación de las fuentes intermitentes es muy alta en la matriz eléctrica, dichas tecnologías deben asumir un gran número de tareas, que anteriormente llevaban a cabo los generadores convencionales (desplazamiento).
- Si por el contrario la participación es mínima, su gestión se puede realizar de una manera mas sencilla. El rol del Código de Red con sus respectivos requerimientos, es el asegurar que estos generadores VRE adquieran las capacidades técnicas para hacer estas tareas.
- Es importante comprender el cambio estructural, donde los servicios de estabilización del sistema ya no son realizados por los generadores convencionales. Las fuentes intermitentes pueden prestar ciertos servicios, independientemente del nivel de tensión donde se conecten.
- Los requerimientos impuestos a los generadores VRE en un Código de Red cubren una variedad de aspectos. Estos incluyen, por ejemplo:
 - ✓ Calidad de la potencia.
 - ✓ Soporte para el sistema durante condiciones normales de operación (control de voltaje y últimamente control de frecuencia).
 - ✓ Comportamientos específicos durante fallas para la protección del sistema (LVRT, FRT y FreqRT).



Requerimientos Relevantes para la integración de VRE



- Muchos requerimientos implican establecer las necesidades del sistema de potencia. Es decir, en función de las características del sistema actual y futuro, se definen los requerimientos del Código. Los siguientes estudios son necesarios:
- ✓ Estudios de flujo de carga para determinar las capacidades de los generadores para suministrar potencia reactiva.
- ✓ Estudios estáticos y dinámicos de corto circuito para determinar protecciones y requerimientos de LVRT.
- ✓ Estudios de rampa respecto a requerimientos de reserva y limitación de gradiente.
- ✓ Estudios de estabilidad de frecuencia (FreqRT).
- Dichos análisis deben ser desarrollados por el **Operador y Planeador del sistema.**

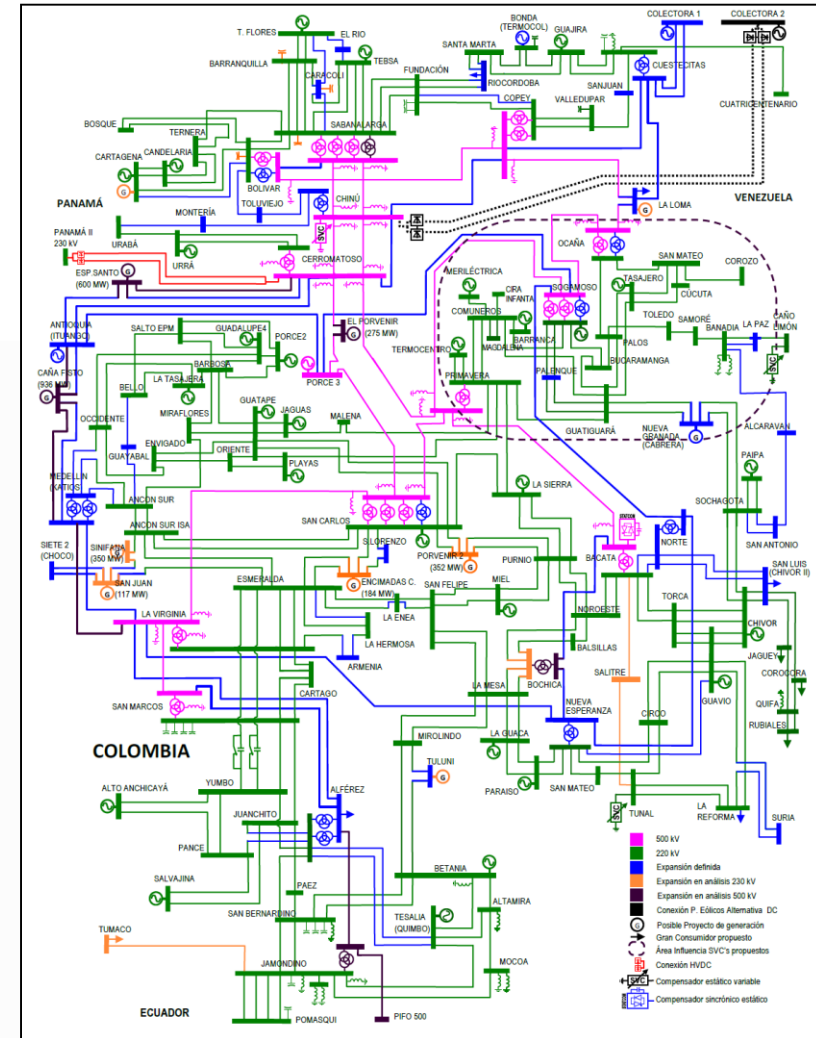
Requerimientos Relevantes para la integración de VRE

- Rangos de operación para el voltaje y la frecuencia:
 - ✓ Todos los generadores deben funcionar dentro de la banda de tolerancia especificada alrededor del valor nominal, frecuentemente $\pm 10\%$.
 - ✓ La tolerancia de la banda de frecuencia es $\pm 2\%$ para sistemas anillados o interconectados.
- Calidad de la Potencia:
 - ✓ Los requerimientos especifican límites para las distorsiones de voltaje y corriente.
 - ✓ Todos los generadores incluyendo los intermitentes e independientemente del nivel de penetración, deben cumplir con límites similares.
- Suministro de potencia reactiva para el control de tensiones:
 - ✓ En sistemas de distribución, un rango amplio de suministro de potencia reactiva puede reducir las necesidades de refuerzo de la red (causadas por la integración de generadores VRE).
 - ✓ En los sistemas de transmisión, plantas VRE con una capacidad alta de suministro de potencia reactiva reducen las unidades “must run” que se necesitan para el control de tensiones (Ejemplo área Caribe).

Fuente: IRENA

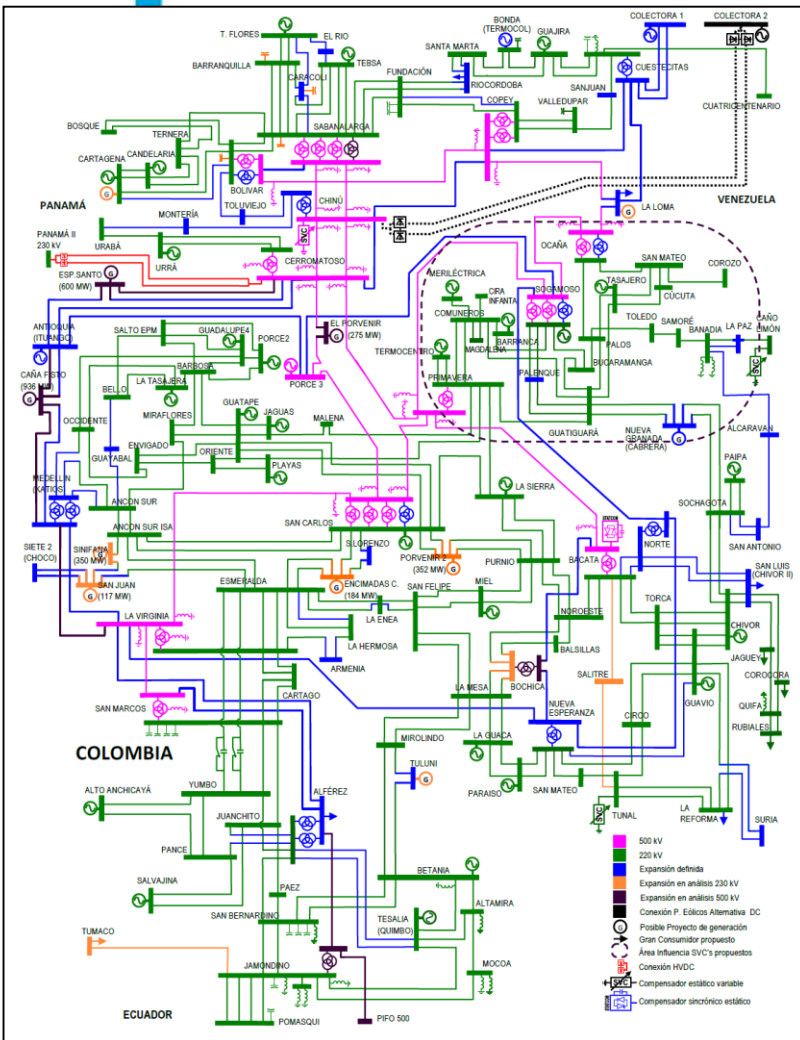


Consejo Nacional de Operación



Fuente: UPME

Requerimientos Relevantes para la integración de VRE



Consejo Nacional de Operación

Fuente: UPME

■ Soporte de Frecuencia:

- ✓ La generación de fuentes intermitentes por si sola no es adecuada para proporcionar control de frecuencia. Sin embargo, medidas de apoyo contra grandes excursiones están disponibles a través de las tecnologías VRE (ej: ENERCON).
- ✓ Durante episodios de sobre frecuencia, los generadores VRE deben reducir gradualmente su potencia de salida, mientras permanezcan conectados a la red. Ellos deben desconectarse solamente en un umbral específico, solo si se cuenta con suficiente margen de reserva.
- ✓ Proporcionar reserva durante episodios de sub frecuencia, es un aspecto que está en investigación, no obstante en algunos sistemas como el Danés, ello es posible (alcanzable si se tiene una alta participación de fuentes intermitentes).

■ Gradiente de potencia activa (rampa):

- ✓ La inyección agregada de potencia variable de los generadores VRE pueden causar requerimientos de rampa, que incrementan la reserva (desbalances).
- ✓ Imponer limites de rampa a los generadores VRE en algunos casos ayuda a limitar las necesidades de reserva, y subsecuentemente contribuye a la eficiencia del sistema.
- ✓ El esfuerzo requerido para implementar rampas en los generadores VRE depende de los tipos de desbalances (si es reducción o inyección).

Fuente: IRENA

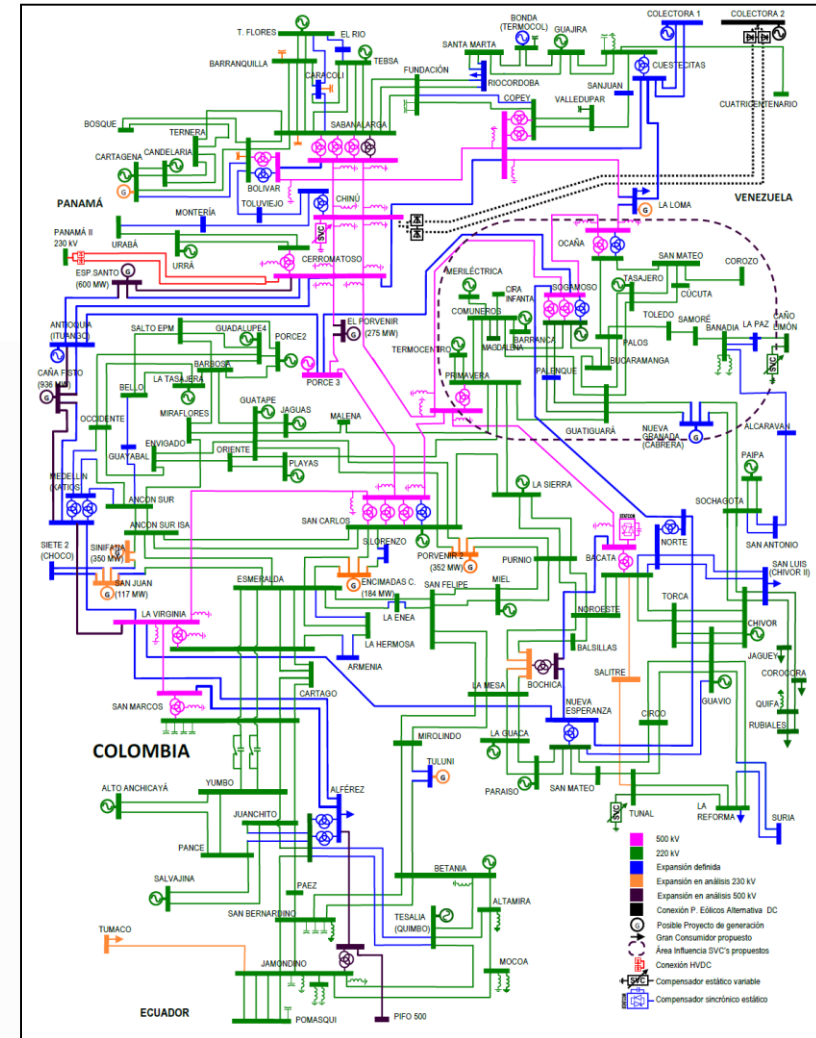
Requerimientos Relevantes para la integración de VRE

- “Active Power Management” (acceso de los recursos al ISO/TSO).
- Comunicaciones:
 - ✓ Cuando el nivel de penetración de fuentes intermitentes es alto, los generadores VRE necesitan interfases de comunicación con el ISO/TSO par implementar funciones de control.
 - ✓ Los métodos de comunicación deben ser basados en estándares internacionales (ISO/IEC 27000, IEC 61850, IEC 62351).
- Protecciones.
- Inercia Sintética (Futuro).
- Arranque en negro (Futuro).
- Amortiguamiento de oscilaciones (Futuro)

Fuente: IRENA



Consejo Nacional de Operación



Fuente: UPME

Requerimientos Relevantes para la integración de VRE

Requirement	Synchronous machine	PV converter	Wind turbine with full converter	Wind turbine with DFIG	Wind turbine with SCIG
Power quality: harmonics (see section 3.3)	No issues	Depends on design, and needs integrated filters	Depends on design, and needs integrated filters	Depends on design, and needs integrated filters	No issues
Power quality: flicker (see section 3.3)	No issues	No issues	Mitigation via control	Mitigation via control	Poor power quality
Reactive power capability (see section 3.3)	Wide capability range	Converter can provide wide range of reactive power if sufficiently dimensioned	Converter can provide wide range of reactive power if sufficiently dimensioned	Limited capability, controlled by rotor side converter; may require extra equipment	reactive power not controllable, needs additional compensation equipment
Frequency support: reduction at over-frequency (see section 3.3), active power management (see section 3.3)	Full control	Full control, maximum is subject to irradiation	Full control, maximum is subject to wind conditions	Full control, maximum is subject to wind conditions	Limited controllability via pitch and/or rotor resistor
LVRT, including current contribution (see section 3.3)	Can be achieved within converter, which can supply current during fault	Can be achieved within converter, which can supply current during fault	Can be achieved within converter, which can supply current during fault	Can be achieved within generator and converter control	Requires significant additional equipment

- Dependiendo del tipo de generador VRE, los requerimientos técnicos impuestos pueden ser fácilmente implementados o requieren de un esfuerzo significativo.
- La facilidad de la implementación de los requerimientos a las tecnologías VRE en el Código de Red dependen de muchos factores, entre ellos el tipo de generador. Algunos pueden implementarse simplemente actualizando software, mientras otros requieren nuevo hardware y software. En la tabla se observa la facilidad de implementación de los requerimientos, desde la perspectiva del generador:



Requerimientos Relevantes para la integración de VRE

Requirement	Synchronous machine	PV converter	Wind turbine with full converter	Wind turbine with DFIG	Wind turbine with SCIG
Inertia (see section 3.4)	No issues	Complex implementation of synthetic inertia, may require storage	Complex implementation of synthetic inertia	Complex implementation of synthetic inertia	No issues

Fuente: IRENA

- Dependiendo del tipo de generador VRE, los requerimientos técnicos impuestos pueden ser fácilmente implementados o requieren de un esfuerzo significativo.
- La facilidad de la implementación de los requerimientos a las tecnologías VRE en el Código de Red dependen de muchos factores, entre ellos el tipo de generador. Algunos pueden implementarse simplemente actualizando software, mientras otros requieren nuevo hardware y software. En la tabla se observa la facilidad de implementación de los requerimientos, desde la perspectiva del generador:



Requerimientos Relevantes para la integración de VRE

Power system context	Technical requirements
Always needed	• protection, • power quality, • power reduction during over-frequency
Low VRE share	• communication • adjustable reactive power • constraining active power (active power management)
Higher VRE share	• LVRT including current contribution • simulation models
Very high VRE share	• active power gradient limitation • reduced output operation mode for reserve provision • synthetic inertia
Exclusive use of VRE	• stand-alone frequency control • full integration into general frequency control scheme • stand-alone voltage control • full integration into general voltage control scheme

Fuente: IRENA



Consejo Nacional de Operación

Fuente: IRENA



Agenda

- Relación entre la Política Energética y los Códigos de Red.
- Importancia del Sistema de Potencia actual y futuro.
- Aspectos a considerar en el desarrollo del Código de Red con VRE.
- Estándares.
- Requerimientos Relevantes para la integración de VRE.
- **Casos de Estudio.**
- Recomendaciones.
- Trabajo Propuesto.

Casos de Estudio

	Germany (ENTSO-E, n.d.) (ENTSO-E, 2014)	Ireland (EirGrid Plc., 2015a) (EirGrid Plc and SONI, 2012) (ENTSO-E, 2014)	Australia (National Electricity Market) (AEMO, n.d.) (AEMO, 2015)	Barbados (BLPC, 2015b)	Philippines (Philippines Department of Energy, 2014)
Population (million)	80.6	4.6	23.1	0.28	98.4
Area [km²]	357,114	70,273	7,692,024	430	300,000
Interconnected with other countries?	Strong interconnection	AC interconnection with Northern Ireland on synchronously independent island of Ireland. The island has two HVDCs* with Great Britain	Several synchronously independent zones	Synchronously independent island	Several synchronously independent zones
Peak load [MW]	81,738 (2014)	4,613 (2014)	33,100 (2014)	152 (2014)	11,822 (2014)
Minimum load [MW]	36,709 (2014)	1,664 (2014)	14,900 (2014)	82 (2014)	-

Fuente: IRENA

Casos de Estudio

	Germany (ENTSO-E, n.d.) (ENTSO-E, 2014)	Ireland (EirGrid Plc., 2015a) (EirGrid Plc and SONI, 2012) (ENTSO-E, 2014)	Australia (National Electricity Market) (AEMO, n.d.) (AEMO, 2015)	Barbados (BLPC, 2015b)	Philippines (Philippines Department of Energy, 2014)
Total conventional generating capacity [MW]	108,000 (2014)	7,405 (dispatchable 2014)	48,000 (2014)	239	17,500 (2014)
Wind [MW]	38,000 (12/2014)	2138 (2014)	3,600 (01/2015)	0 (03/2015)	283 (2014)
PV [MW]	38,000 (12/2014)	0 (2014)	3,440 (01/2015)	7.6 (03/2015)	23 (2014)
VRE capacity versus minimum load [%]	207%	128%	47%	9.30%	-
Yearly load [Terawatt-hour (TWh) p.a]	505 (2014)	29 (2014)	188 (2014)	0.968	77 (2014)
VRE share of annual load [%] (International Energy Agency, 2010)	19.56%	15.50%	7.50%	1.30%	0.22% (2014)
VRE connected to distribution or transmission level?	Both	Both	Wind to both, PV mostly to distribution	Distribution	-



Casos de Estudio

- En el pasado, los operadores de red han incorporado experiencias de países que han afrontado el reto renovable (integración VRE). Esto evitando y aprendiendo de los errores de la adopción temprana de tecnología.
- Los fabricantes han desarrollado generadores VRE que pueden cumplir muchos de los requerimientos de varios códigos. Lo anterior fue producto de la búsqueda de las necesidades básicas de los sistemas de potencia.
- El Código de Red frecuentemente necesita especificaciones particulares para cada país en función de las características de cada sistema de potencia. Para encontrar dichas necesidades se necesita experticia y conocimiento. Por ejemplo, sistemas aislados deben regular ellos mismos su frecuencia y ello conlleva estrictos controles a esta variable (Irlanda). Por otro lado, países con áreas débiles necesitan tener una capacidad de suministro de potencia reactiva (Australia). Para sistemas interconectados es más sencilla la regulación de frecuencia y el control de potencia (Alemania).
- Los Códigos de Red frecuentemente son adoptados separadamente en función del nivel de tensión, o también en función de diferentes clases de generador (tamaño o capacidad instalada).
- Cuando el operador del sistema está revisando el Código de red, otros Stakeholders deben ser consultados. Estos incluyen, por ejemplo, Generadores, Operadores, Reguladores, Fabricantes, etc.
- Países sin recurso para certificaciones de cumplimiento del Código pueden valerse de la experiencia de otros países o cuerpos regionales.
- Una revisión regular del Código puede ayudar a incorporar cambios en los requerimientos, en función de las necesidades de cambio del sistema.



Agenda

- Relación entre la Política Energética y los Códigos de Red.
- Importancia del Sistema de Potencia actual y futuro.
- Aspectos a considerar en el desarrollo del Código de Red con VRE.
- Estándares.
- Requerimientos Relevantes para la integración de VRE.
- Casos de Estudio.
- Recomendaciones.
- Trabajo Propuesto.



Recomendaciones

- Asegurarse de un proceso adecuado para desarrollar el Código de Red: Los aspectos técnicos discutidos son relevantes para todos los sistemas de potencia con generación VRE, independientemente de la estructura del mercado. En función del país y el tamaño del sistema de potencia, depende el desarrollo y la aplicación del Código.
- Socializar el Código con todos los Agentes del mercado y Fabricantes.
- El desarrollo del Código de Red debe contemplar condiciones locales en relación a las características del sistema de potencia. Adoptar otros Códigos es aceptable si hay semejanzas entre los sistemas.
- Los países y regiones en donde la generación VRE esta creciendo (Colombia), pueden aprender de los países pioneros. Requisitos que habrían sido demasiado exigentes al inicio, ya no puede ser un problema debido a la amplia disponibilidad de tecnología.
- Una estructura coherente del Código de Red es deseable. Se debe definir un limite entre la legislación energética y la regulación técnica.
- El Código de Red debe ser revisado y actualizado regularmente para seguir los desarrollos tecnológicos y económicos. Debe establecerse con qué frecuencia ajustarlo. Las revisiones que son demasiado recurrentes pueden ser costosas. Sin embargo, un Código actualizado después de la manifestación de un problema, genera necesidades de reforzamiento del parque renovable existente (Alemania y España).



Recomendaciones

- Considerar las condiciones específicas para el desarrollo de requerimientos técnicos: Lo anterior debido a que reglas que son fundamentales en un sistema de potencia (demandantes), pueden ser irrelevantes en otro. Los factores claves son:
 - ✓ Tamaño de sistema de potencia en términos geográficos y de electricidad (longitud de líneas, potencia pico, potencia mínima).
 - ✓ Nivel de interconexión (fuertemente interconectado, débilmente interconectado, sincrónicamente independiente, acuerdos con otros países o servicios de intercambio).
 - ✓ Nivel de voltaje donde se conectarían las plantas intermitentes.
 - ✓ Distribución de la generación y carga en términos geográficos.
 - ✓ Características de la generación convencional, unit commitment y régimen de despacho.
 - ✓ Políticas de energías renovables, relacionadas con el desarrollo de plantas VRE, y que puede implicar beneficios y privilegios.
 - ✓ Nivel de participación actual y futuro de las tecnologías VRE.
 - ✓ Prácticas operacionales: Cómo el sistema de potencia es operado actualmente y como se planea operar en el futuro (ubicación de reservas, programación de despacho (cada cuanto y para que horizonte), criterios de seguridad). Esto puede influenciar el detalle de los requerimientos de conexión y que tan demandantes deben ser.
- Estos aspectos implican que no hay una manera fácil de evitar el costo de redacción de un Código de Red.
- Diferentes requerimientos para varios niveles de voltaje, tipos y tamaños de generadores, deben ser considerados en términos de las características del sistema. Reglas muy estrictas para pequeños generadores pueden impedir su desarrollo (altos costos). Por otro lado, un gran número de pequeños generadores en la red de distribución pueden tener un alto impacto en la estabilidad del sistema, haciendo necesario la definición de requerimientos estrictos.



Recomendaciones

- Los requerimientos del Código de Red deben soportar la política energética para las fuentes renovables. Si hay un fuerte esquema de soporte para una o varias tecnologías, el operador de red debe evitar someterlos a estrictos requerimientos. Sin embargo, este debe seleccionarlos adecuadamente de tal forma, que inclusive el desarrollo muy rápido de dichas tecnologías VRE, no ponga en riesgo la seguridad del sistema.
- Asegurar el cumplimiento de los generadores, respecto al Código de Red: Los mecanismos de cumplimiento son cruciales. Establecer requerimientos para generadores sin mecanismos de chequeo no tiene sentido. Dependiendo de las condiciones locales y de infraestructura, hay muchas maneras de establecer dicho cumplimiento.



Agenda

- Relación entre la Política Energética y los Códigos de Red.
- Importancia del Sistema de Potencia actual y futuro.
- Aspectos a considerar en el desarrollo del Código de Red con VRE.
- Estándares.
- Requerimientos Relevantes para la integración de VRE.
- Casos de Estudio.
- Recomendaciones.
- Trabajo Propuesto.



Trabajo Propuesto

- Acompañamiento del Ministerio de Minas y Energía junto con sus Unidades adscritas.
- Establecimiento de escenarios posibles de penetración de tecnologías renovables en el corto, mediano y largo plazo.
- Establecimiento de las necesidades del SIN en función de sus características esperadas y futuras.
- Priorización de tecnologías respecto a las necesidades identificadas (Geotermia y Biomasa no son prioritarias).
- Análisis de caso de estudio de un Sistema de Potencia similar al Colombiano (Australia y Aspectos de Alemania, preliminarmente)
- Priorización de temas por tecnología.
- Alcance del trabajo a desarrollar desde el C.N.O: Se va hacer una propuesta de modificación a la Resolución CREG 025 de 1995 ?. Se va hacer una propuesta de un nuevo Código de Red para fuentes intermitentes ? (esta última es lo mejor según IRENA).
- Determinar procedimiento de socialización con Fabricantes: Este paso es fundamental, ya que son los desarrolladores de tecnología los que determinaran si las necesidades identificadas por el CND y C.N.O son alcanzables.
- Revisar el mecanismo de cumplimiento del Código de Red.



GRACIAS