

SADI

**SISTEMA ARGENTINO DE
INTERCONEXION**

**INTEGRACION DE LA
GENERACION RENOVABLE**

MISIONES JUNIO 2018



- **Parte 1**



CÓMO SE INTEGRARÁN LA GENERACION RENOVABLES CON EL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL Y FUTURO

Ing. Gabriel Lo Giudice CAMMESA

CAMMESA COMPAÑIA ADMINISTRADORA
DEL MERCADO MAYORISTA ELÉCTRICO

FUENTE: JUNIO 2018

Energía
Estratégica

- Se van a incorporar nuevas estaciones transformadoras en líneas de 500 kV en algunas de las cuales ya se han iniciado, siguiendo un criterio de diseño.
- El criterio está condicionado por las zonas donde se están desarrollando las grandes cantidades de generación de energías renovables, ubicadas “a gran distancia de los centros de consumo de mayor concentración el país
- 5.794 MW que avanzan en diferentes etapas hoy día.





NOA
CENTRALES FOTOVOLTAICAS
A INSTALAR

CUYO Y COMAHUE
CENTRALES HIDRAULICAS
Y CENTRALES FOTOVOLTAICAS
A INSTALAR

AREA PATAGONICA
CENTRALES HIDRAULICAS
Y CENTRALES EOLICAS A
INSTALAR

36% DE LA DEMANDA
NACIONAL SE CONCENTRA
EN ESTA ZONA

60% DE LA DEMANDA
NACIONAL SE CONCENTRA
EN ESTA ZONA

NECESIDADES DE TRANSMISION PARA INTERCONECTAR RENOVABLES



PROYECTOS RENOVABLES ADJUDICADOS/ASIGNADOS

1393 MW
ADJ./ASIG.

31 PROYECTOS

849 MW
ADJ./ASIG.

33 PROYECTOS

468 MW ADJ./ASIG.
57 PROYECTOS

3083 MW
ADJ./ASIG.

64 PROYECTOS

LICITACIÓN	POTENCIA TOTAL	PROYECTOS
Renovar 1	1142	29
Renovar 1.5	1286	30
Renovar 2	2050	88
Resolución 202	500	10
MATER	816	28
TOTAL	5794	185



- Pero su desarrollo va a generar congestiones que pueden ser serias.
- Esto ha generado que se produzca ya previsiones sobre la saturación de algunos sistemas de 500 kV, indicados en el siguiente esquema



Activa en la red de
500 KV

RESTRICCIONES DE TRANSMISION EN EL SADI

**LINEA 500 KV .
RECRO-MALVINAS. PAX 850 MW
POR CAPACITORES SERIE**

**LINEA 500 KV ATUCHAI-GRAL
RODRIGUEZ. PAX 1500 MW CON
ALTA DAG Y CORTES DE DEMANDA**

**LINEAS 500 KV .OLAVARRIA-
ABASTO. PAX 2300 MW POR
CAPACITORES SERIE**

**LINEA 500 KV .PTO MADRYN-
CHOELE CHOEL. PAX 1000 MW POR
ESTABILIDAD ANGULAR**

**TRANSFORMADORES 132/330KV
2*60 MVA PTO MADRYN
SOBRECARGADOS**

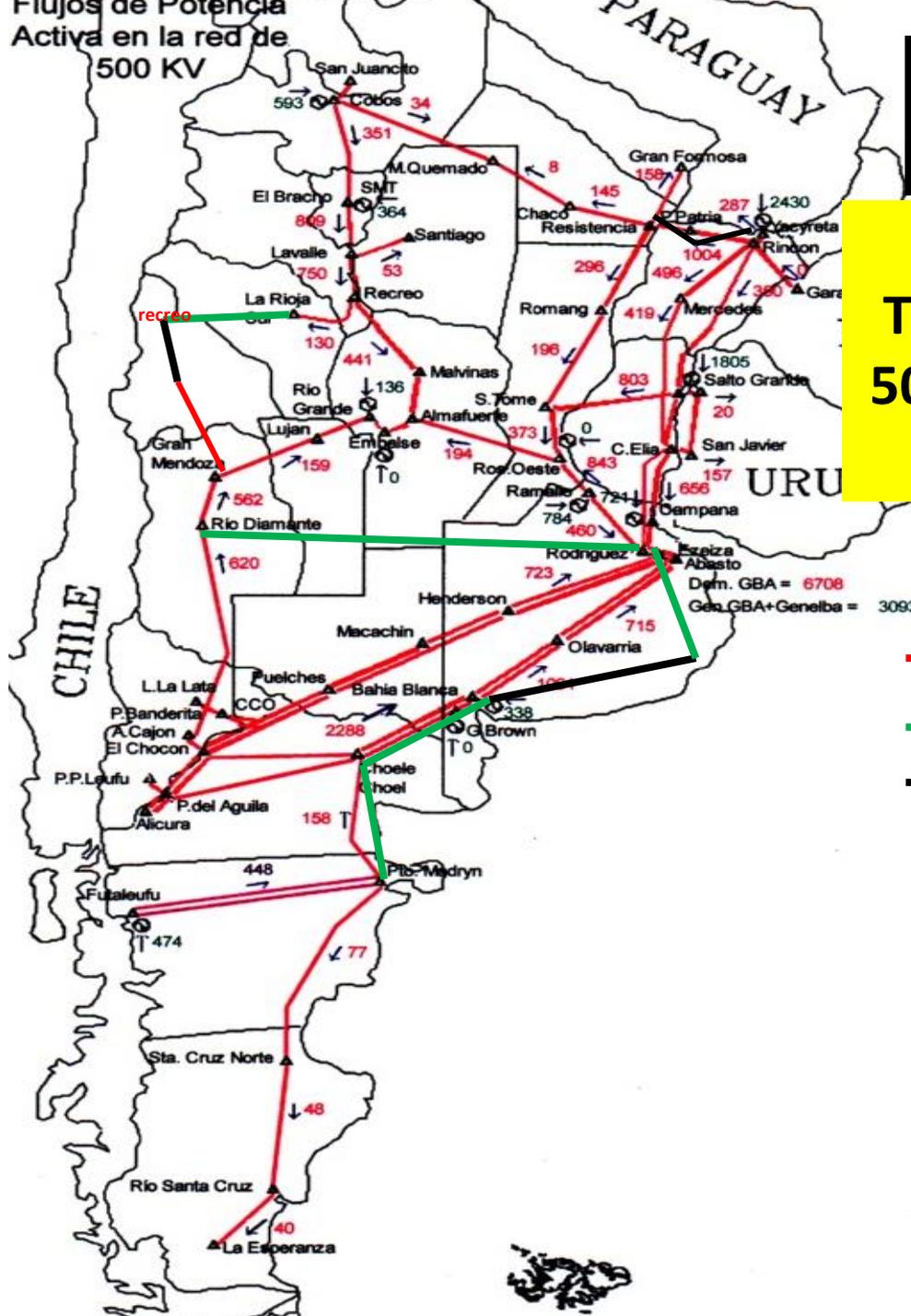
**LINEA 500 KV SANTA CRUZ NORTE-
PTO MADRYN. PAX 400 MW POR
ESTABILIDAD ANGULAR**



- De ahí la necesidad de incorporar Líneas de 500 kV y ET (Estaciones Transformadoras) en distintos puntos del país, capaces de reforzar demanda en la zona metropolitana.
- Para resolver estas restricciones se definió, de acuerdo con todos los participantes del mercado, la incorporación de adaptaciones”, anticipó.
- Incorporar un nuevo corredor entre el NOA y Cuyo, una nueva línea de 500 kV”, señaló y aseguró que esta obra que va de la La Rioja hasta San Juan “se podrá ampliar la capacidad para nueva energía renovable entre NOA y Cuyo de unos 300 a 500 MW”.



Flujos de Potencia Activa en la red de 500 KV



REFUERZO LINEAS 500 KV SADI

LINEAS 2500KM
TRANSFORMADORES 500/220 Y 500/132 KV
4500 MA

- EXISTENTES
- NUEVAS
- EN CONSTRUCCION



Se está pensando un nuevo vínculo entre Mendoza y Gran Buenos Aires”, que va a contar con 2 estaciones intermedias, Charlone (límite de las provincias de Córdoba, Santa Fe, Buenos Aires y La Pampa) y O’Higgins (Junin). “Esta obra va a permitir la generación de incorporación de renovables en el área Cuyo, permitir mejorar el abastecimiento de la demanda intermedia, porque ingresan con vínculos de 132 kV, y actualmente la redes que abastecen la demanda en estas áreas son muy débiles, tenemos problemas de tensión”, explicó. Y remarcó el montaje de obras en el Sur del país. “Con esto se estima ampliar en unos 1.000 MW la capacidad de inserción de energías renovables”, remarcó el especialista de CAMMESA. Resaltó que, una vez que se monten los proyectos de energías renovables comprometidos, este recurso, en horas de demandas medias o medias bajas, y en estaciones de menor consumo, como en primavera u otoño, “va a desplazar a la térmica, donde alrededor del 50 por ciento de esa tecnología está instalada en la zona metropolitana



Ing Gabriel Lo Giudice

CAMMESA

CAMMESA

COMPAÑIA ADMINISTRADORA
DEL MERCADO MAYORISTA ELÉCTRICO



REQUISITOS TECNICOS PARA CONEXIÓN DE PARQUES DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA AL SADI (Argentina)

Autores: Roberto Molina - Félix Gallego - Víctor Sinagra
CAMMESA

CAMMESA

COMPAÑIA ADMINISTRADORA
DEL MERCADO MAYORISTA ELÉCTRICO

FUENTE

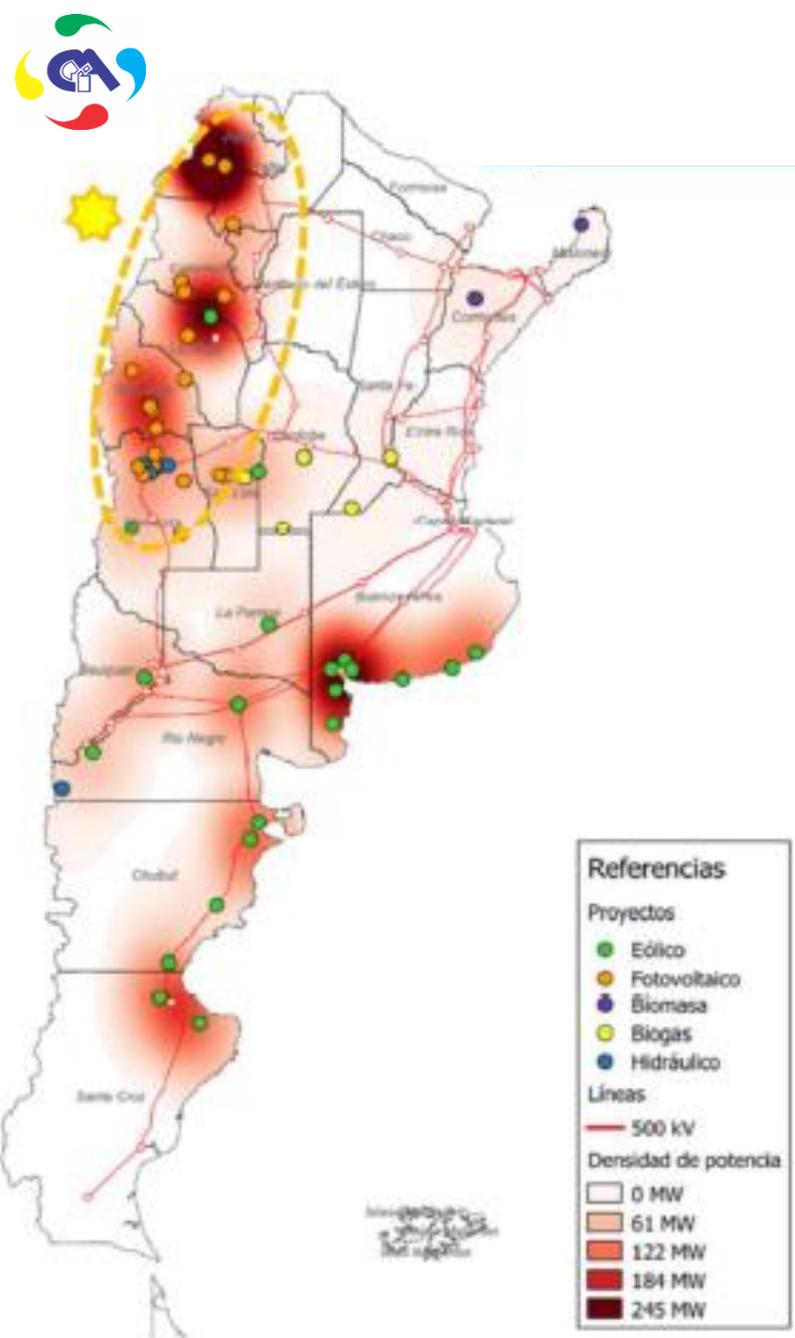
**Seminario Nacional
CIGRE Argentina 2018**

*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires
Medrano 951 - CABA
4 y 5 de Junio de 2018*



**DESARROLLO DE LOS
SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA Y SUS
COMPONENTES**

Generación Renovable Intermitente (GRI) en el SADI (Argentina)



Año 2015 ; Ley 27191 → OBJETIVO: abastecer con GRI el 20% de la demanda de energía eléctrica de la Rep. Argentina, a fines de 2025.

Año 2016:

Ministerio de Energía y Minería de la Nación, da inicio al “Plan de Energías Renovables en la Argentina” impulsando dos Licitaciones Internacionales.

Se adjudicaron proyectos de GRI por una potencia \approx 2400 MW:

- Generación eólica: 1475 MW
- **Generación fotovoltaica (PFV): 920 MW.**

FPV Parque FotoVoltaico

Año 2025 → Demanda pico estimada \approx 35000 MW

Para abastecer con GRI el 20% de la demanda de energía eléctrica se requerirá una GRI media \approx 5000 MW (10000 MW potencia instalada)

→ La GRI en PFV podría superar los 4000 MW instalados para el año 2025



REQUISITOS TECNICOS para conexión de PFV al SADI



REQUISITOS TECNICOS DEL PFV PARA LIMITAR / MINIMIZAR:

- ✓ **EL IMPACTO EN LA TENSION DEBIDO A LAS VARIACIONES FRECUENTES DE POTENCIA**
- ✓ **LA OPERACIÓN DE EQUIPOS DE LA RED**
- ✓ **EL AUMENTO DE LAS RESERVAS DE POTENCIA**
- ✓ **EFFECTOS ADVERSOS SOBRE LA CALIDAD DEL SERVICIO**



CAPACIDAD PQ del PFV

P: Potencia activa en MW

P/P_n 100%

Q: Potencia reactiva en MVAR

Q/Q_n 33%

Cos ϕ : 0.95



REQUISITOS TECNICOS para PFV que se conectan al SADI

TOLERANCIA A DESVIOS DE TENSION EN LA RED por la conexión del PFV

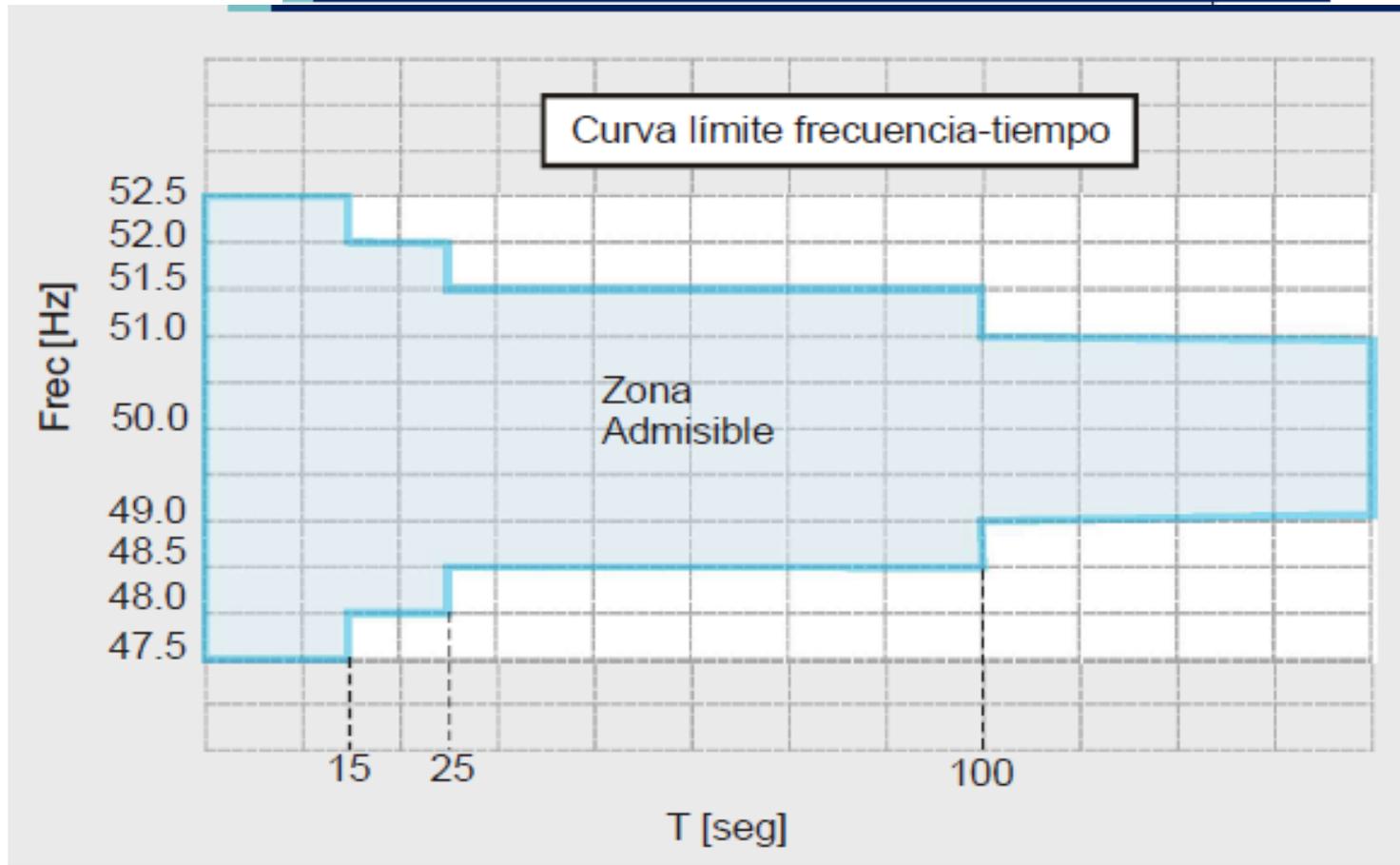
MAXIMOS DESVIOS DE TENSION ADMITIDOS

- < 1% en nodos MAT (345 - 500 kV)
- < 2% en nodos AT (330 - 66 kV)
- < 3° en nodos MT (≤ 33 kV)





TOLERANCIA A DESVIOS DE LA FRECUENCIA



REQUERIMIENTO SIMILAR PARA EOLICOS y GENERACION FIRME



CONTROL CONJUNTO DE TENSION (CCT) DEL PFV

CCT Modo de control de tension

APTITUD TECNICA REQUERIDA

Control automático y continuo de la tensión en el punto de conexión del PFV con la red.

Durante **HORAS DIURNAS** el CCT debe:

- ▶ Mantener la tensión en el nivel exigido.
- ▶ Limitar las fluctuaciones de tensión y asegure la calidad de la regulación de tensión.
- ▶ Evitar sobretensiones excesivas.
- ▶ Permitir una coordinación con los dispositivos de control de potencia reactiva y tensión de la red de distribución



CONCLUSIONES

- ➡ Basado en experiencias internacionales se presentaron los principales requisitos que definen la APTITUD TÉCNICA de PFV para operar en el SADI
- ➡ Se destacaron requisitos especialmente establecidos el SADI: CONTROL DE TENSION EN HORAS NOCTURNAS, CONTROL DE DESVIOS FRECUENTES DE TENSION, CURVAS DE TOLERANCIA A DESVÍOS DE TENSION Y DE FRECUENCIA.
- ➡ El cumplimiento de los requerimientos técnicos permitirá consolidar el crecimiento de la generación fotovoltaica en la matriz eléctrica argentina preservando la calidad y seguridad de servicio.



**AUTORES INGENIEROS:
ROBERTO MOLINA-FELIZ GALLEGO –VICTOR
SINAGRA**

CAMMESA

CAMMESA

COMPAÑIA ADMINISTRADORA
DEL MERCADO MAYORISTA ELÉCTRICO





- **Parte 3**

DISTORSION ARMONICA, INTERMONICA Y SUBARMONICA EN PRESENCIA DE GENERACION RENOVABLE DE GRAN PORTE

Ing. Guillermo E. Alonso



**Seminario Nacional
CIGRE Argentina 2018**

*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires
Medrano 951 - CABA*



**DESARROLLO DE LOS
SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA Y SUS
COMPONENTES**

DISTORSION ARMONICA, INTERMONICA Y SUBARMONICA EN PRESENCIA DE GENERACION RENOVABLE DE GRAN PORTE

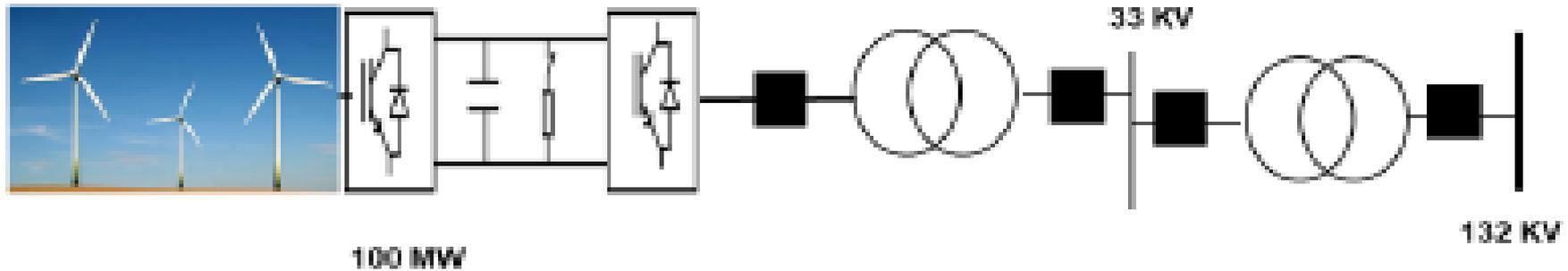
CONSIDERACIONES GENERALES

La incorporación a la red eléctrica de nueva generación renovable de mediano y gran porte, en Argentina, basada en Eólica y Solar nos enfrenta con nuevos desafíos. Uno de ellos es el de la polución armónica e interarmónica que inyectarán en el Sistema Eléctrico asociada al uso intensivo de la electrónica de potencia de este tipo de generación basada en recursos renovables.

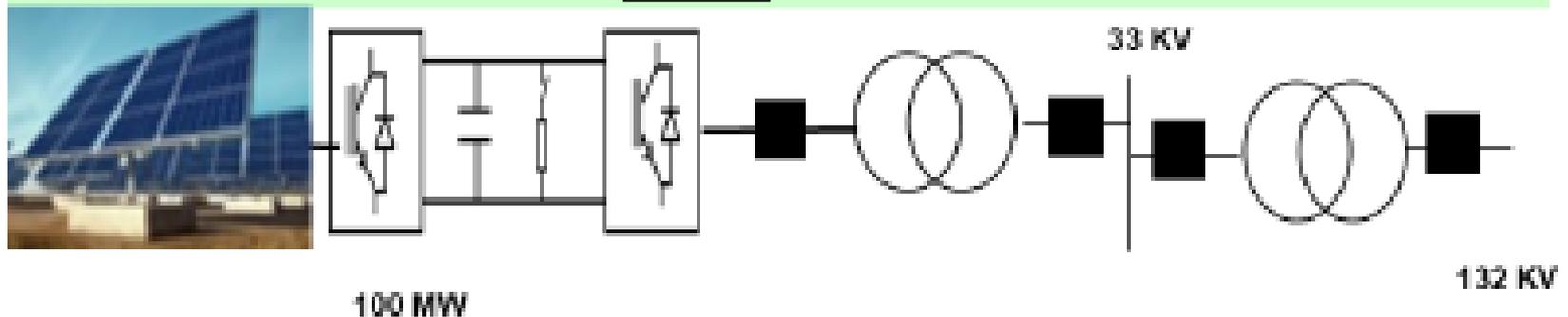




PARQUE EOLICO



CENTRAL SOLAR FV



Si no contemplamos apropiadamente este aspecto técnico podría convertirse en una limitante sobre el grado de penetración Eólico y Solar.



El desafío lo enfrentan tanto el segmento de la Trasmisión como el de la Distribución y en todos sus niveles de tensión si se contemplan los Proyectos de Generación de mediano y gran porte que se conectan y conectarán al Sistema a través de los programas Renovar y Acuerdo Entre Privados. Sin dejar de lado los de mediana y pequeña escala que se incorporarán a través de la evolución de la Generación Distribuida.



Acerca de la Literatura especializada

- Existe abundante y variada literatura escrita y publicada sobre esta temática, tanto académica como de los tecnólogos de Equipos, Aparatos y Dispositivos que componen a cualquier Sistema Eléctrico de Potencia.
- Está claramente reconocido en la literatura la existencia de fallas dentro de Parques Eólicos con causa raíz en la distorsión armónica y/o interarmónica.
- De la literatura especializada se desprende claramente que no está todo dicho sobre cuales son las mejores herramientas de cálculo y simulación en este campo, sea en el dominio fasorial como en el dominio tiempo.
- En el ámbito regional son de destacar los excelentes aportes realizados por distintos autores con enfoques y tratamientos enriquecedores tal como se ilustra en las Referencias adjuntas al final de esta presentación.



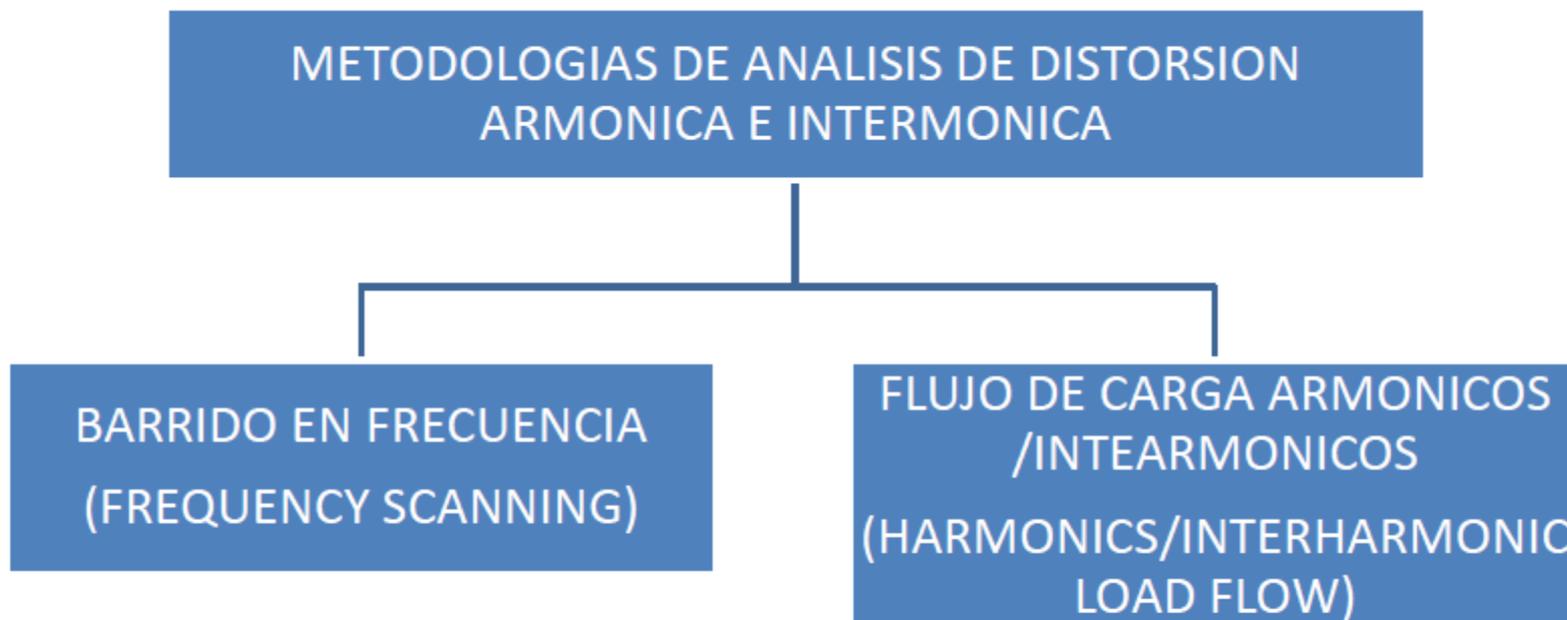
CONSIDERACIONES GENERALES

En etapas tempranas de los Proyectos hemos observado:

- a) Una falta de identificación del riesgo de resonancia armónica, interarmónica y subarmónica.
- b) Que los interlocutores técnicos por parte de los Fabricantes, en general no suministran información técnica específica sobre distorsión si no se les reclama específicamente. Algunos Fabricantes son mas estrictos y rigurosos en suministrar información, dado que además de los niveles de distorsión entregan mayor información sobre los modelos de sus Equipos para el tratamiento de la distorsión armónica e interarmónica.
- c) Que los estudios eléctricos, en general, en etapas tempranas del Proyecto no abordan esta temática y que luego cobra una relevancia significativa.



RESUMEN DE ASPECTOS BASICOS



Estudios de penetración armónica/interarmónica en la red eléctrica - Riesgos de resonancia - Solicitación de componentes de la red – Efectos sobre las protecciones eléctricas.



RESUMEN DE ASPECTOS BASICOS

DISTORSION INTERAMONICA VERSUS ARMONICA

- Las interarmónicas se origina debido a la presencia de armónicas.
- Las interarmónicas originan fluctuaciones de la tensión (flicker).
- Modifican el cruce por cero.
- Originan sobrecargas en forma análoga a los armónicos.
- Originan sobretensiones cuando resultan amplificadas.
- La mitigación de armónicas reduce las interarmónicos si la solución de mitigación no introduce nuevas frecuencias de resonancia.
- Los filtros pasivos en conexión paralelo introducen frecuencias de resonancia en el rango interarmónico que pueden amplificar los mismos causando mayor distorsión y flicker. Por lo tanto el uso de filtros pasivos requiere de la introducción de amortiguamiento.
- El diseño de bancos de capacitores desintonizados a armónicos presentes deben evitar la amplificación interarmónica.



RESUMEN DE ASPECTOS BASICOS

MODELOS DETALLADOS VERSUS MODELOS SIMPLIFICADOS

No es el objetivo de esta presentación debatir cuando debemos adoptar Modelos simplificados, reducidos o equivalentes frente a Modelo detallados.

Según el objetivo perseguido por el Estudio y poniendo la frontera en el PCC de la Central de generación, la red simplificada puede ser:

- a) del lado del Parque Eólico (para evaluar solamente efectos sobre la red eléctrica externa) y/o
- b) del lado del Sistema de Potencia (para evaluar efectos internos al PE)

ACERCA DE LA DETECCION TEMPRANA DEL RIESGO DE RESONANCIA EN PRESENCIA DE DISTORSION ARMONICA E INTERARMONICA



RIESGO DE RESONANCIA ARMONICA, INTERARMONICA y SUBARMONICA

Definimos Riesgo de Resonancia Armónica y/o Interarmónica a la Posibilidad de Ocurrencia y Consecuencias asociadas de la eventual amplificación de armónicos y/o interarmónicos inyectados a la red eléctrica por los Convertidores AC/D/AC de la Fuente de Energía Renovable.

La Posibilidad de ocurrencia depende de las características de la red eléctrica en cuanto a frecuencias de resonancia natural eléctrica, vistas desde el PCC, que se encuentre cercanas a las frecuencias armónicas, interarmónicas y Subarmónicas inyectadas por los Convertidores de la Fuente Renovable de Energía (sea esta Eólica o Solar Fotovoltaica).

La Consecuencia depende del nivel de amplificación de armónicos, interarmónico y/o subarmónicos que se originen, dependiendo del grado de sintonía que se produzca entre las frecuencias de resonancia eléctrica natural de la red y la frecuencia de distorsión inyectada por cada uno de los Convertidores del Parque de Generación Renovable. Estas Consecuencias pueden tanto para la Red Externa como para la Interna del Parque de Generación

Por las características de la red eléctrica vistas desde el PCC o por los requerimientos exigidos en el PCC puede existir la posibilidad que los armónicos y/o interarmónicos inyectados por la Fuente Renovable, con uso intensivo de Convertidores AC/DC/AC, sean amplificados significativamente, pudiendo afectar la calidad de potencia de la red externa y/o solicitar adversamente el equipamiento propio como de terceros.



RIESGO DE RESONANCIA ARMONICA, INTERARMONICA y/o SUBARMONICA

Las Consecuencias son:

- Violación de niveles de distorsión armónica y/o interarmónica
- Solicitación térmica (sobrecarga) de Equipos de Potencia
- Sobretensiones sobre las instalaciones
- Sobre exigencia de descargadores de sobretensión
- Mal funcionamiento de dispositivos y/o sistemas de control
- Mal funcionamiento de esquemas de protección
- Salidas de servicio intempestivas de Equipos por sobrecargas, por sobretensiones o por actuación inapropiada de protecciones (pérdida de seguridad de los esquemas de protección)
- Indisponibilidad no contemplada del Parque.

En definitiva, pérdida de Confiabilidad y pérdidas económicas imprevistas



OPORTUNIDADES DE DETECCION TEMPRANA EN ARGENTINA

En la fase de desarrollo del Proyecto Eólicos (también Solar Fotovoltaica) se abordan los estudios de ETAPA I según el Procedimiento Técnico N° 1 y Anexo 40 de los Procedimientos de CAMMESA. Esta es la primera oportunidad donde es posible detectar que existan riesgos de resonancia, aún pensando que la tecnología adoptada para el Proyecto no será la definitiva.

La Detección en Forma Temprana permite contemplar en los costos de inversión la necesidad o no de filtrado o la menos dejar instaurado el tema para ser abordado en Etapas siguientes.

Los modelos para detección temprana pueden ser simplificados pero deben poder capturar condiciones de resonancia eléctrica relevantes y en ese caso son suficientemente válidos para demostrar si existe o no riesgo de resonancia. No es necesario recurrir a modelos detallados aunque es posible hacerlo si se dispone de los recursos económicos y tiempos. No existen dudas en aquellos casos en que los Parques requieran de compensación reactiva capacitiva para cumplir con la curva de capacidad P-Q declarada en el punto de conexión y cumplir con los requerimientos del Operador de la Red Eléctrica (en nuestro caso CAMMESA).

La detección en Estudios Eléctrico de Etapa 2 (Perturbaciones) es tardía si se juega con los tiempos regulatorios, deben adelantarse estos Estudios al principio del Proyecto una vez tomada la decisión construcción del mismo para evitar sorpresas posteriores.



CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

- La expansión de las fuentes renovables de energía en Argentina basadas en la eólica y la solar tendrán asociado una creciente inyección de corrientes armónicas e interarmónicas.
- Es de fundamental importancia detectar en forma temprana condiciones de riesgo de resonancia armónica o interarmónica en los nodos de conexión a los efectos de tomar medidas de mitigación y su costo de inversión asociada para que no sea una sorpresa en las etapas posteriores de los Proyectos.
- Los Fabricantes deben suministrarnos los modelos a usar para disponer de la mejor representación de cada Aerogenerador. No debemos olvidar que existe una diferencia significativa entre Aerogeneradores tipo DFIG versus FCSG o FCIG. El primero modifica inclusive las frecuencias de resonancia de la red eléctrica a donde están conectados mientras que los basados en “Full Converter” no lo hacen.
- Para evitar esfuerzos de modelamiento y sus costos asociados es posible recurrir a aproximaciones con redes reducidas que permita evaluar el riesgo de amplificación por resonancia eléctrica natural de la red en estrecha sintonía con los armónicas e interarmónicos presentes que permitan alertar a los Fabricantes y a los desarrolladores de Proyectos.

**AUTOR INGENIERO:
GUILLERMO ALONSO
ICONO SRL**





INGENIERÍA DE LA TRANSMISIÓN EN CORRIENTE CONTINUA EN EL CORREDOR ELÉCTRICO PATAGÓNICO

Director:	Raúl Villar
Investigadores Formados:	Ricardo Crivicich - Leonardo Casterás - Pablo Stemberg Federico Muiño - Celestino García - José Crisanti - Carlos Requena
Investigadores Alumnos:	Federico Carestía - Mariano Scheinkman - Ignacio Chaves - Juan Pablo Catolino



Seminario Nacional CIGRE Argentina 2018

*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires
Medrano 951 - CABA
4 y 5 de Junio de 2018*



**DESARROLLO DE LOS
SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA Y SUS
COMPONENTES**



Introducción

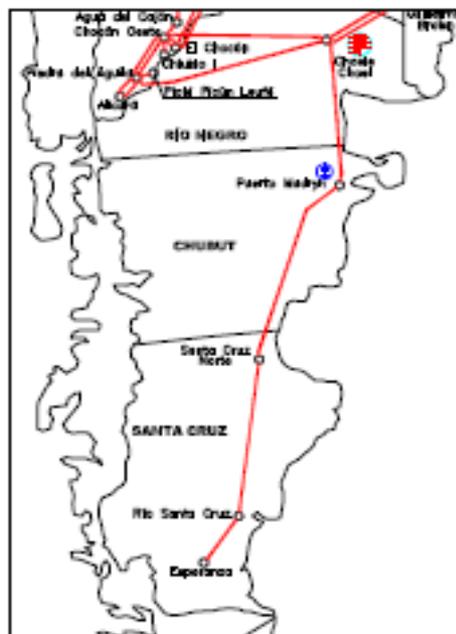
Región Patagónica



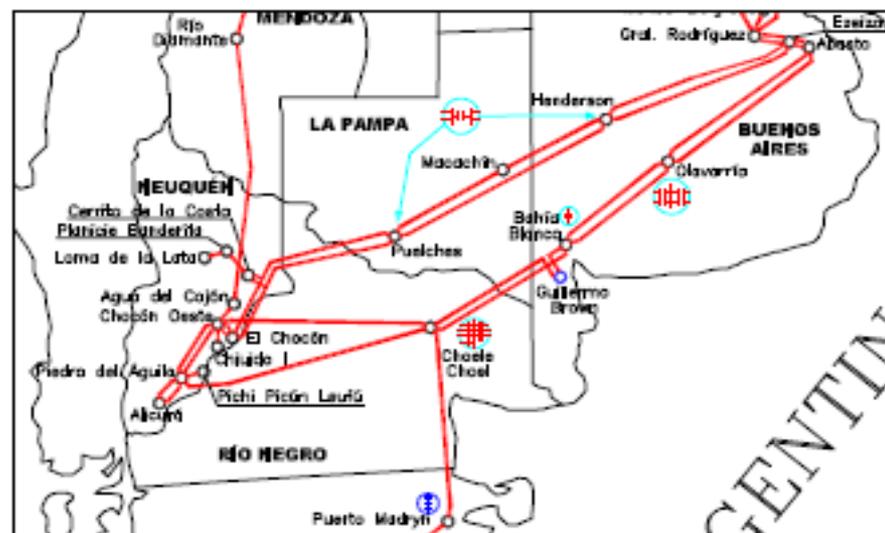
Gran potencial energético
Baja demanda en la zona



Región Exportadora



EXCEDENTE ENERGÉTICO



NECESIDAD DE AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN





Introducción

Resumen de proyectos en la región por tipo de generación

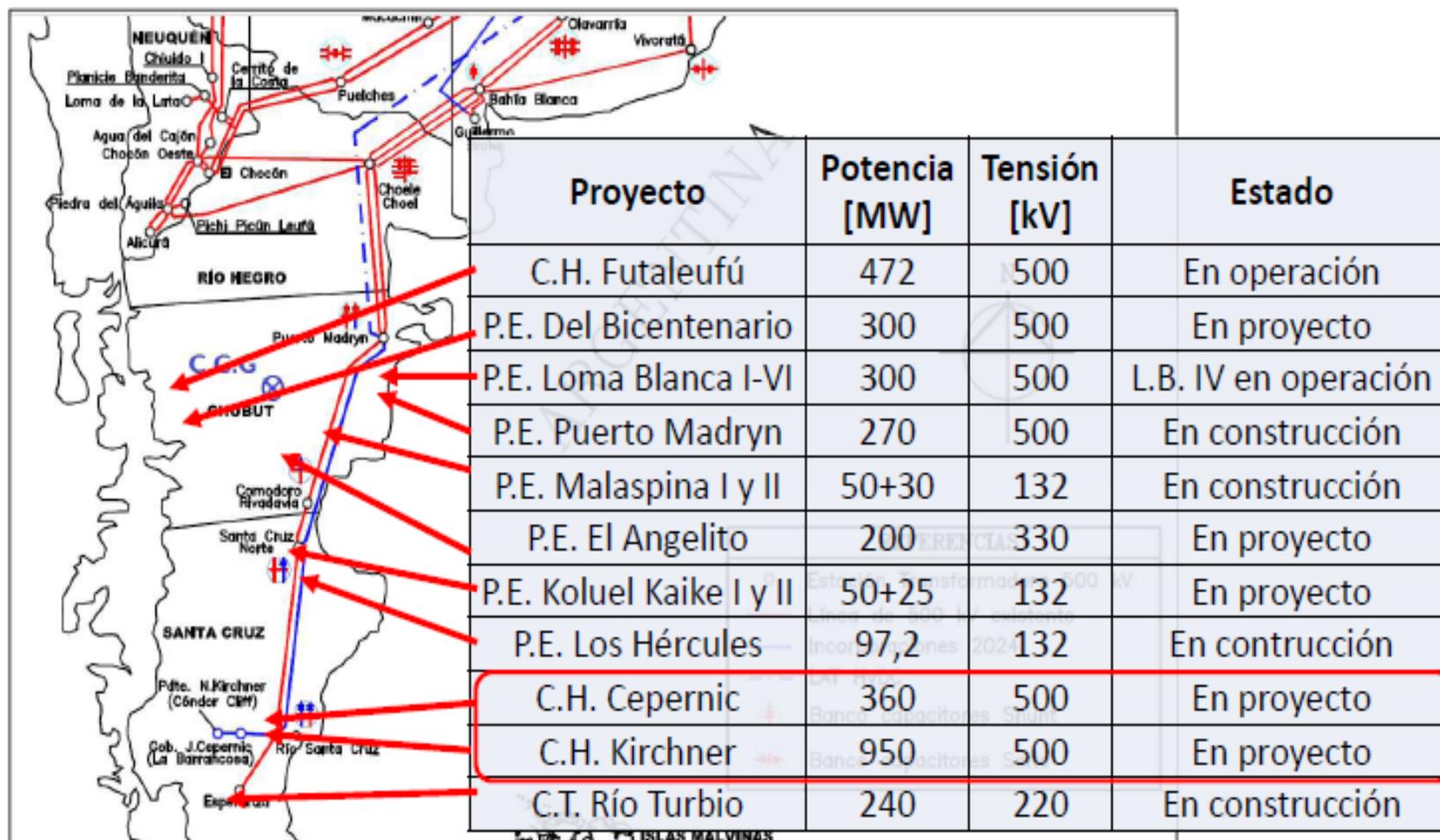


<i>Consideraciones</i>	<i>Proyecto FAC-TCC</i>	<i>Proyecto ING-TCC</i>
Generación Hidráulica	1740	1310
Generación Eólica	2000	1300
Generación Térmica	700	700
<i>Potencia Exportable</i>	<i>3600</i>	<i>3000</i>
<i>Distancia de transmisión</i>	<i>2000</i>	<i>1300</i>



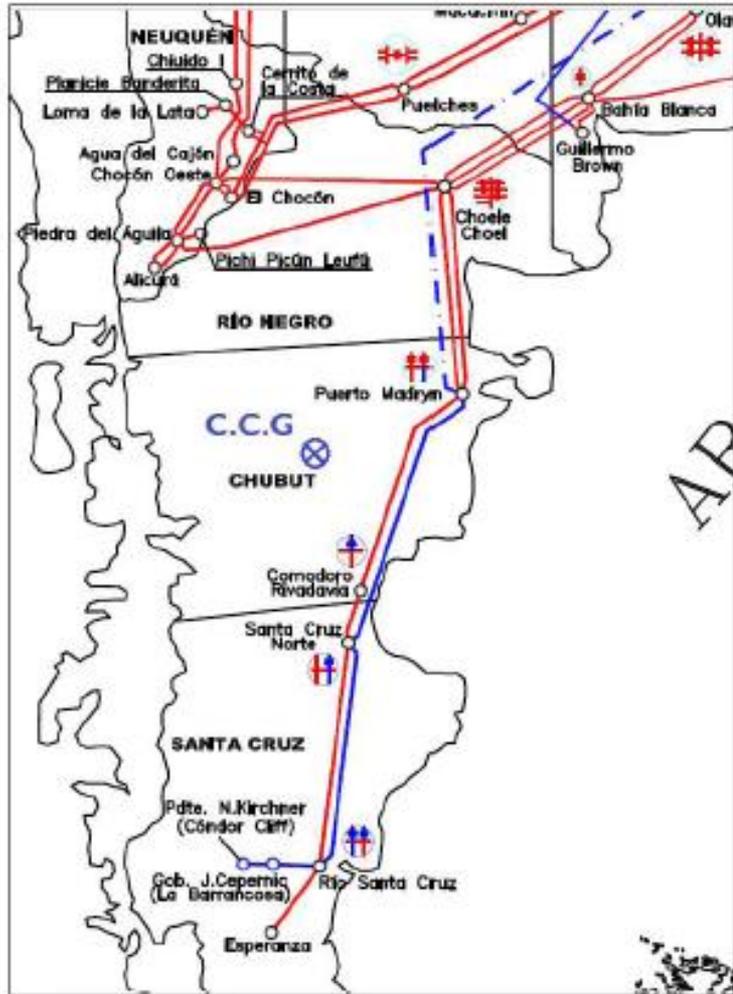
Introducción

Principales proyectos de generación en el Sistema Interconectado Patagónico

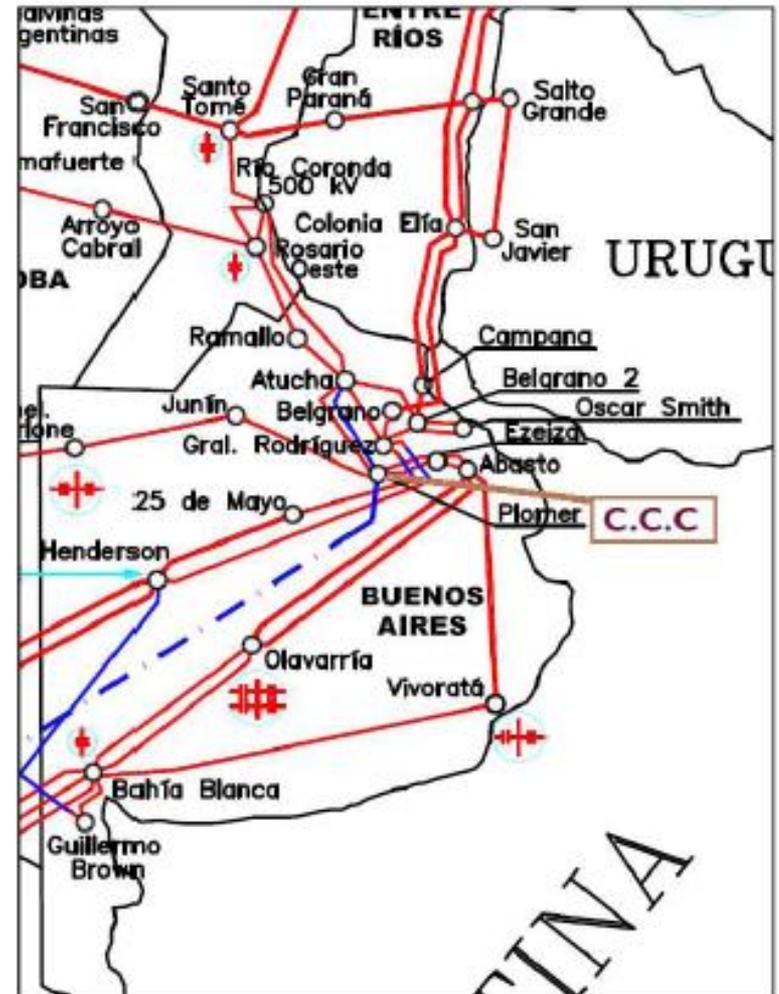




Introducción



Centro de Cargas de Generación (CCG)



Centro de Cargas de Consumo (CCC)

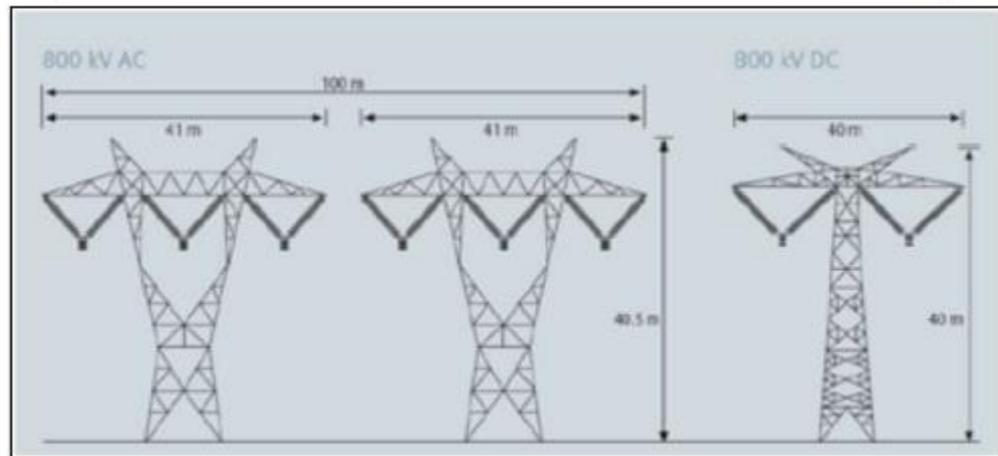
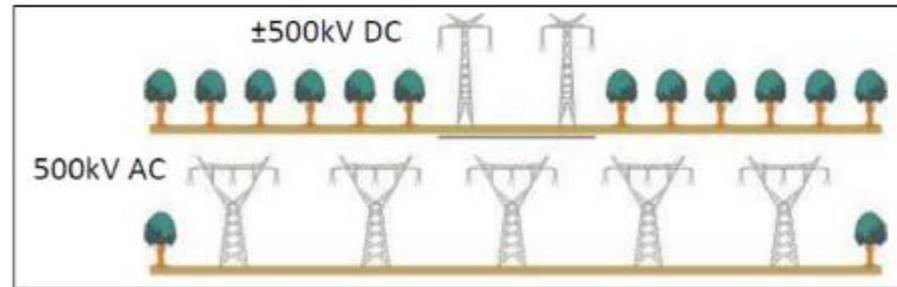


Ventajas de transmisión en CC vs. CA

- Menor costo total (a partir de cierta potencia y distancia).
- Control del flujo de potencia.
- Mayor estabilidad del sistema.
- No incrementa el nivel de potencia de cortocircuito.
- Menor franja de servidumbre (menor impacto ambiental).
- Interconexión sistemas de distintas frecuencias.
- Menores pérdidas de transmisión.



Ventajas de transmisión en CC vs. CA





Traza estudiada



POTENCIA EXPORTABLE
3000 MW

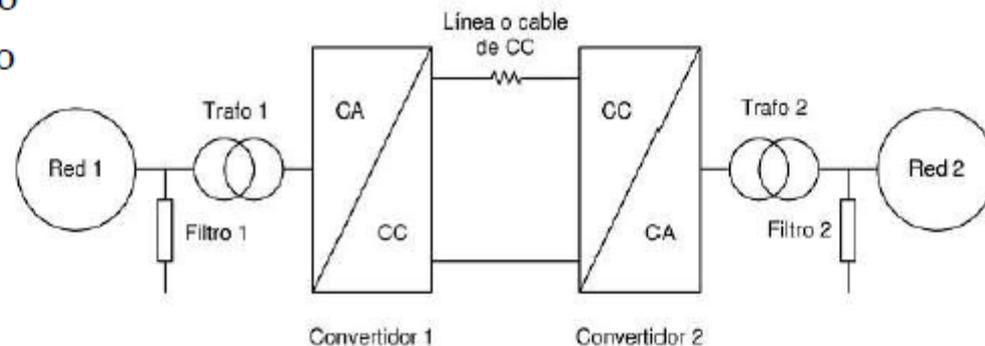
DISTANCIA DE TRANSMISIÓN
1300 km





HVDC Convencional – HVDC LCC

- Por el tipo de conversión electrónica, inyecta corrientes armónicas en la red por lo que requiere transformadores de diseño especial y filtros de armónicos en la red de alterna
- Por su diseño tiene una capacidad inherente de limitar cortocircuitos en el lado de corriente continua
- En su funcionamiento tiene tres requisitos imprescindibles:
 - ✓ Tensión de alterna: Es la referencia de las válvulas para poder conmutar
 - ✓ Potencia reactiva: El convertidor consume potencia reactiva de la red de alterna, por lo que se debe conectar en una red con suficiente potencia de cortocircuito
 - ✓ Mínimo técnico





Conclusiones

La alternativa HVDC estudiada en el PID FAC-TCC presenta **comportamiento estático y dinámico aceptable.**

La alternativa ***HVDC*** bipolar permite una mayor transmisión de potencia efectiva al GBA.

Los nuevos estudios deberán reflejar y verificar los resultados obtenidos para la configuración del PID FAC-TCC, y **ampliar nuevas conclusiones** debido al cambio topológico del sistema.

Se deberá prestar especial atención al cambio en las fallas de diseño, las cuales podrían encontrarse ahora en el corredor sur (3ra y 4ta líneas Comahue – GBA).



Director: Raúl Villar

Investigadores Formados: Ricardo Crivicich - Leonardo Casterás - Pablo Stemberg
Federico Muiño - Celestino García - José Crisanti - Carlos Requena

Investigadores Alumnos: Federico Carestía - Mariano Scheinkman - Ignacio Chaves - Juan Pablo Catolino





**INGENIERO EDUARDO SORACCO
COMISION DE POLITICA ENERGETICA PLANEAMIENTO Y
MEDIO AMBIENTE DEL CONSEJO PROFESIONAL DE
ARQUITECTURA E INGENIERIA**

COMPILADO DEL SEMINARIO DEL CIGRE 2018

**Seminario Nacional
CIGRE Argentina 2018**

*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires
Medrano 951 - CABA
4 y 5 de Junio de 2018*



**DESARROLLO DE LOS
SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA Y SUS
COMPONENTES**