



Septiembre 17 de 2021

Sistemas FACTS Distribuidos

Estado del arte, aplicaciones y oportunidades para Colombia

Aspectos técnicos regulatorios y económicos de los
sistemas FACTS distribuidos

D-FACTS en el sistema de EPM Primera instalación en Latinoamérica



Giovanni Marín Avalos
UNIDAD PLANEACION INFRAESTRUCTURA T&D ENERGÍA


Un evento:



Universidad
Pontificia
Bolivariana

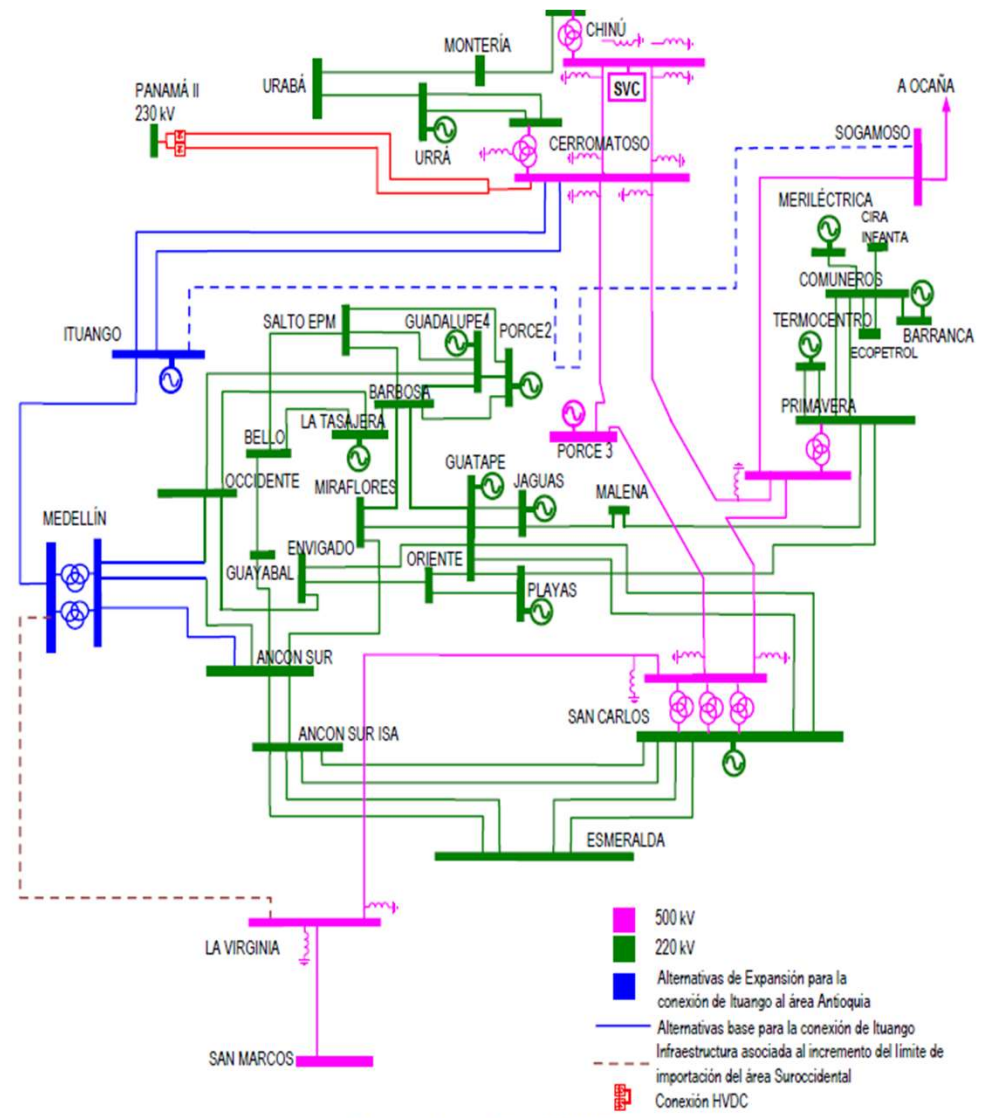
Vigilada Mineducación





Antecedentes en el STN

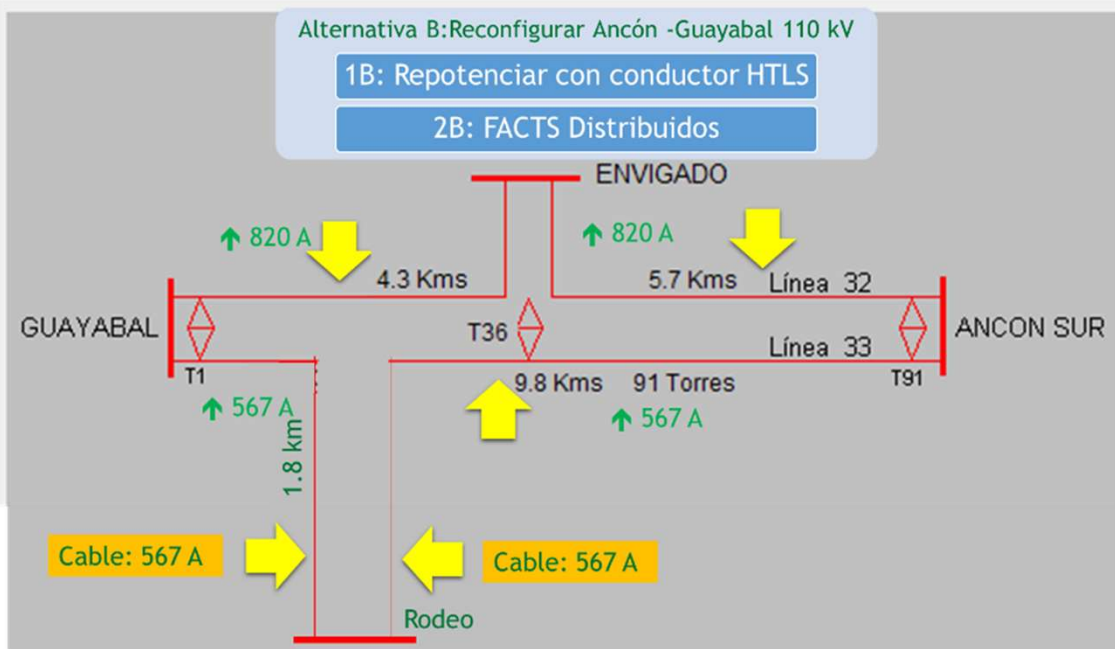
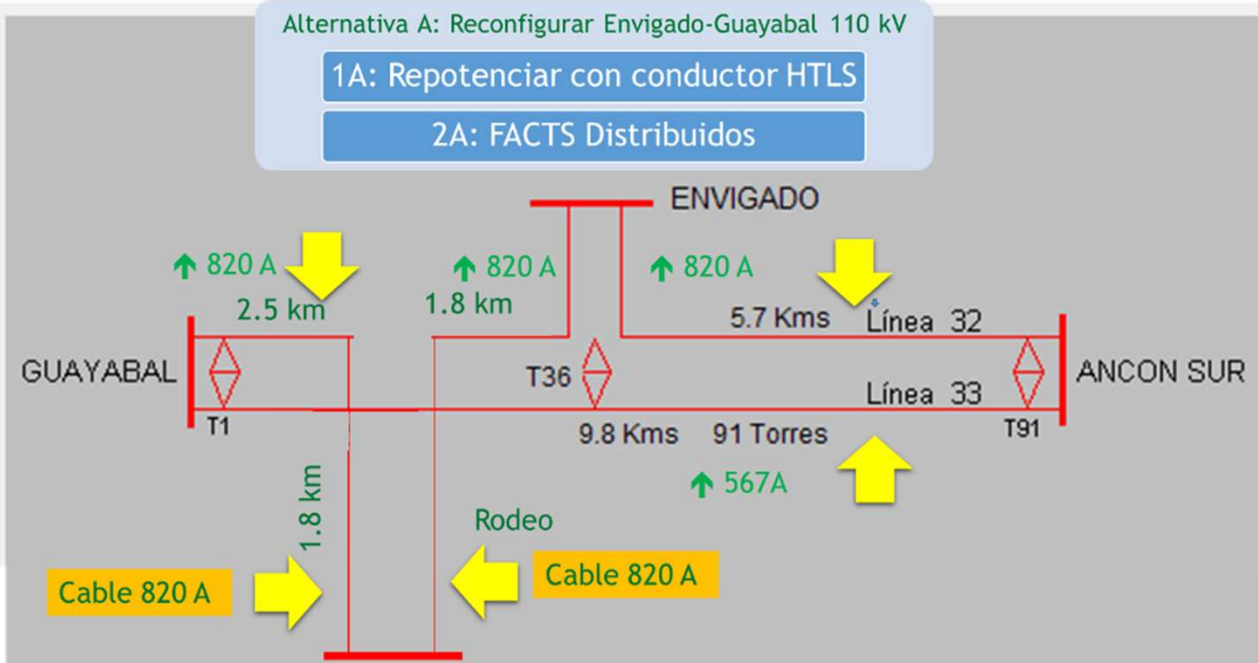
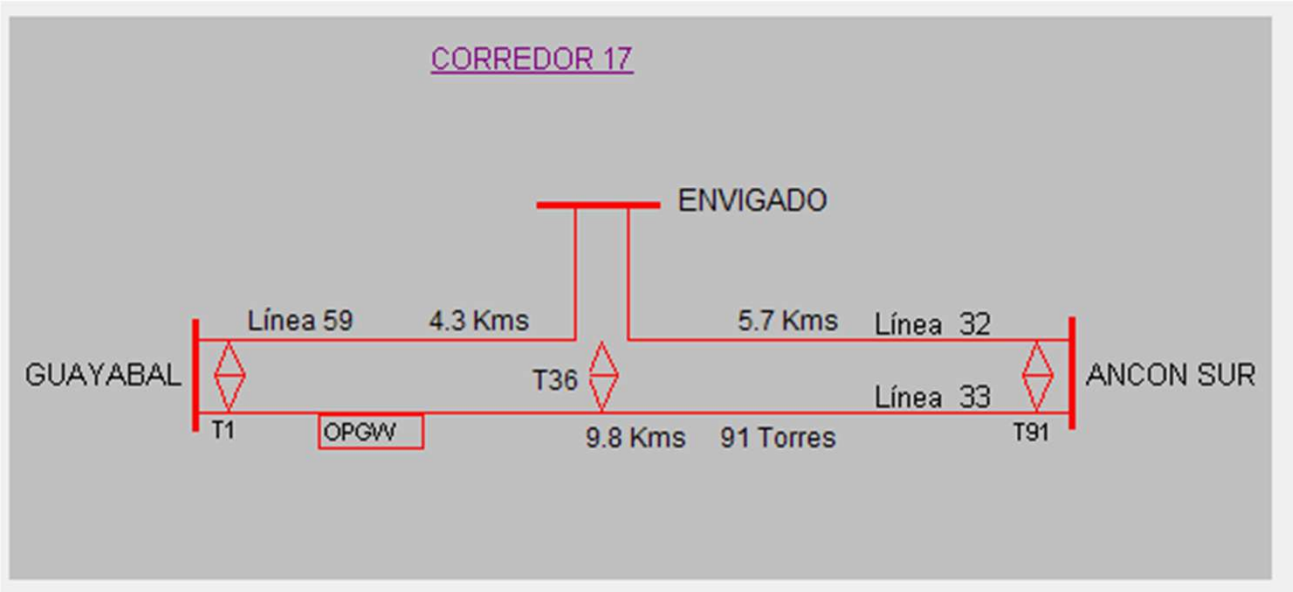
Obras para la interconexión de la central Hidroituango - Plan de Expansión de Referencia Generación – Transmisión 2013 – 2027



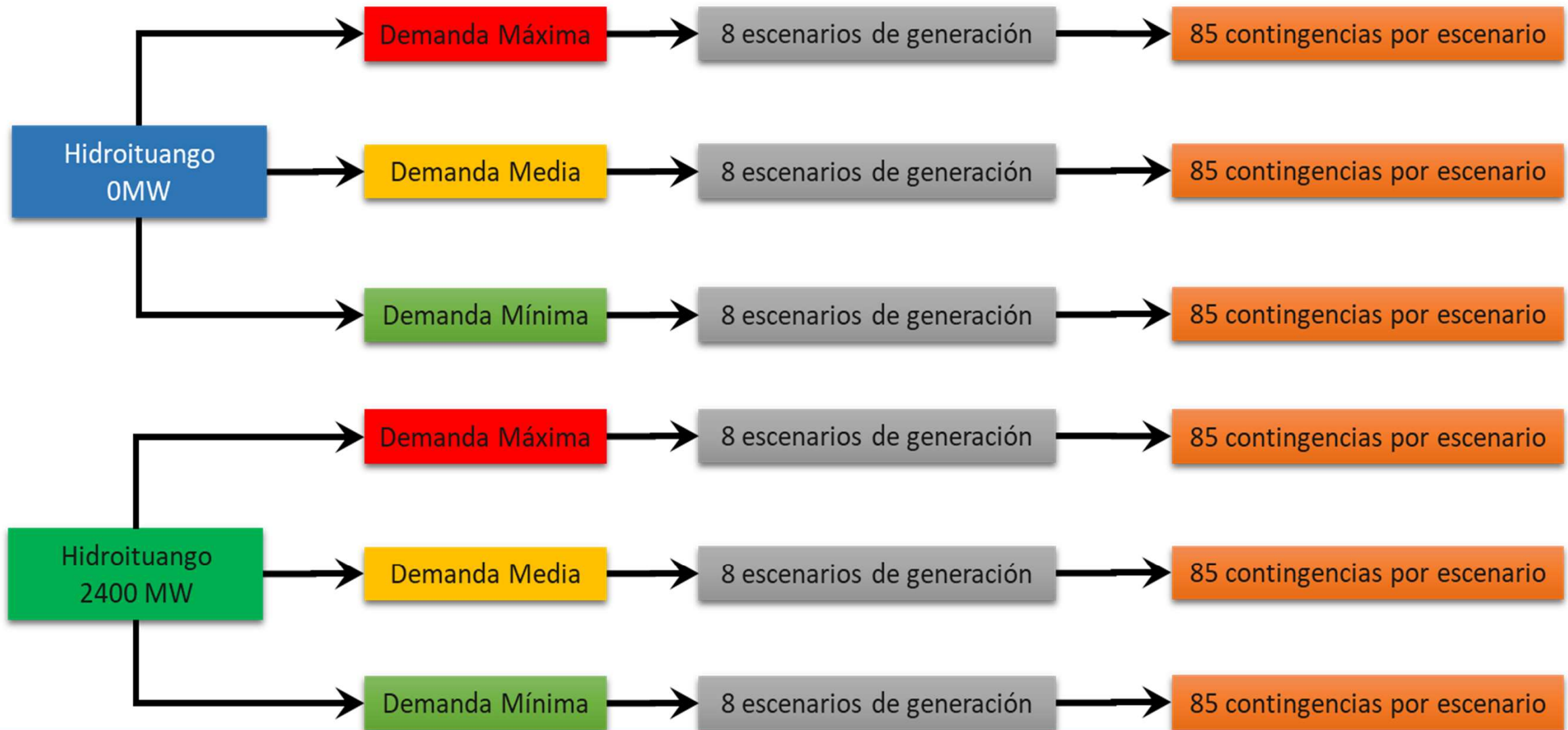
Fuente de gráfica: UPME



Antecedentes en el STR



Escenarios de análisis





Problemas de cargabilidad encontrados

Reconfiguración Envigado-Rodeo-Guayabal

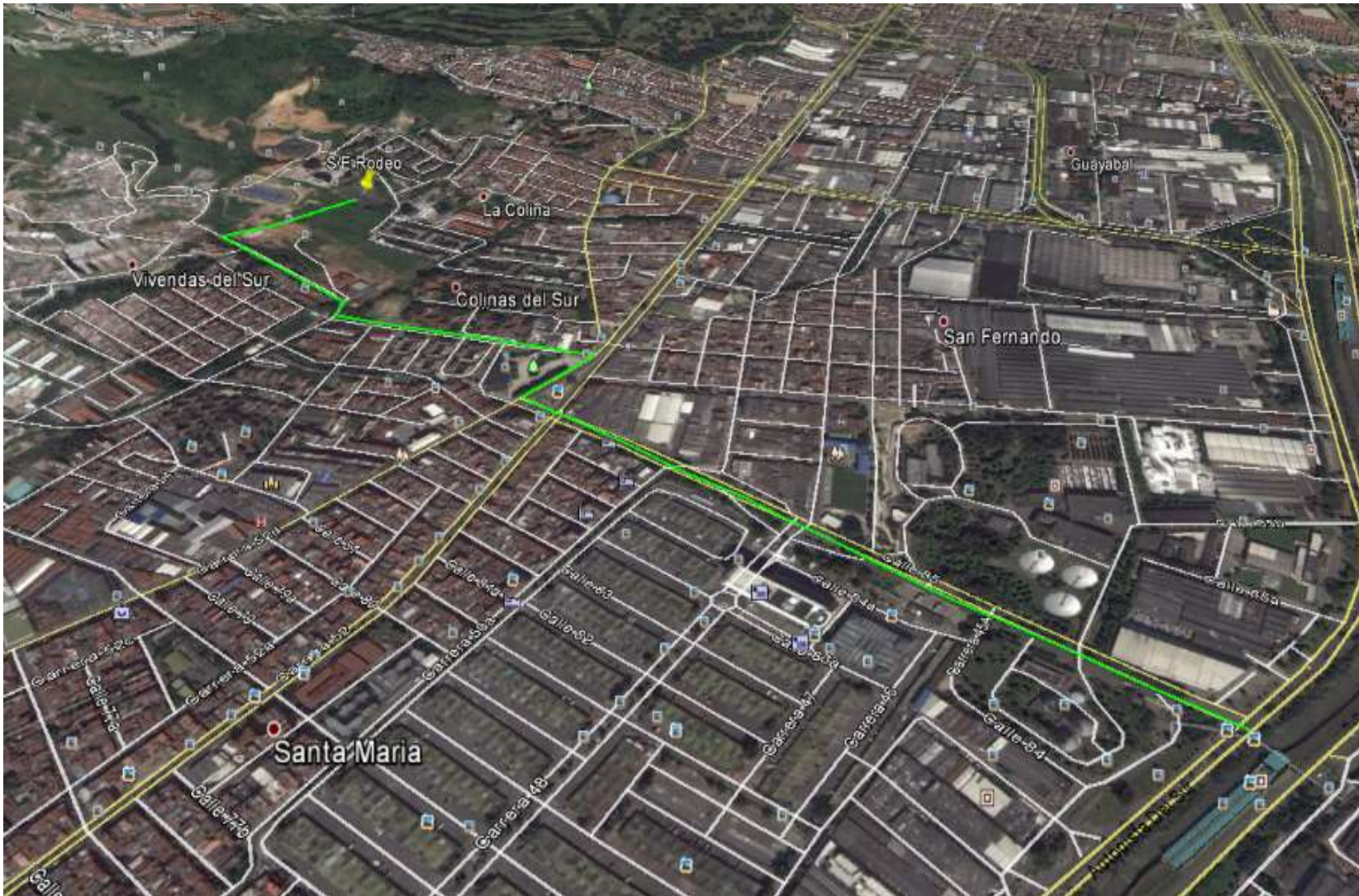
Sobrecargas en estado normal y bajo contingencia

Pequeñas centrales hidráulicas con solicitud de conexión, con una suma de potencia entre ellos mayor de 400 MW.

Atención de la demanda

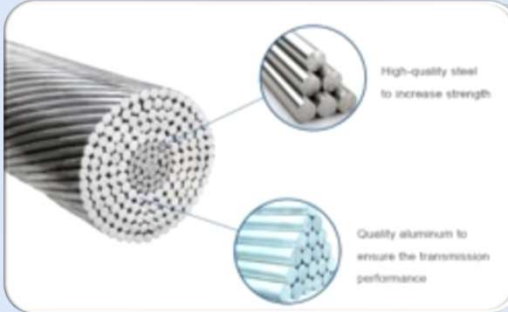
Generation Scenario	Demand Scenario	Affected Element	Contingency	Ituango 2400MW				Ituango 0MW			
				Load % 2020	Load % 2022	Load % 2025	Load % 2030	Load % 2020	Load % 2022	Load % 2025	Load % 2030
NAal_Gsal_pch	Min	Ancón Sur - Envigado 110	Medellín - Occidente 220	139.05	105.21	104.35	104.67	147.97	127.98	126.76	126.18
NAal_GSal	Min	Ancón Sur - Envigado 110	Medellín - Occidente 220	126.22	107.98	106.75	106.66	135.34	127.03	125.69	127.06
Naba_Gsba_pch	Med	Ancón Sur - Envigado 110	Guayabal - Rodeo A 110		100.57	88	81.37	81.85	93.76	94.2	87.98
NAal_GSba	Min	Ancón Sur - Envigado 110	Medellín - Occidente 220	96.41	80.66			105.7	98.58	95.73	98.19
NAal_GSal	Max	Ancón Sur - Envigado 110	Medellín - Occidente 220	92.69				100.69	91.13	86.06	87.38
NAal_Gsal_pch	Max	Ancón Sur - Envigado 110	Medellín - Occidente 220	104.24				113.65	102.17	93.93	91.11
NAal_Gsal_pch	Med	Ancón Sur - Envigado 110	Medellín - Occidente 220	101.49				111.27	93.05	89.65	87.73
NAal_Gsal_pch	Min	Ancón Sur - Envigado 110	Base case	96.11				101.08	85	83.55	82.84
NAal_Gsba_pch	Min	Ancón Sur - Envigado 110	Medellín - Occidente 220	105.85				115.23	98.63	95.13	97.86
Naba_Gsal_PCH	Min	Ancón Sur - Envigado 110	Medellín - Occidente 220	96.35				105.19	89.9	86.51	87.5
NAal_Gsal_pch	Min	Ancón Sur - Guayabal 110	Guayabal - Ancón 220	103.45				105.61	85.41	82.39	
Naba_Gsal	Max	Envigado - Rodeo 110	Envigado - Itagüí 110	123.29	137.88	150.59	170.08	125.09	141.11	154.45	172.93
Naba_Gsal	Med	Envigado - Rodeo 110	Envigado - Itagüí 110	116.77	132.72	145.04	161.86	118.93	135.62	149.08	165.13
Naba_Gsal_PCH	Max	Envigado - Rodeo 110	Envigado - Itagüí 110	100.22	111.92	125.92	145.54	102.75	116.45	129.85	149.17
Naba_Gsba	Max	Envigado - Rodeo 110	Envigado - Itagüí 110	97.44	124.79	123.25	141.14	99.41	115.08	127.57	144.79
Naba_Gsal_PCH	Med	Envigado - Rodeo 110	Envigado - Itagüí 110	93.65	107.84	120.45	138.48	96.56	111.83	124.72	141.83
Naba_Gsba	Med	Envigado - Rodeo 110	Envigado - Itagüí 110	91.29	105.17	117.35	133.58	93.11	109.05	121.66	137.29
NAal_GSal	Max	Envigado - Rodeo 110	Envigado - Itagüí 110	85.63	100.17	113.36	130.29	87.91	104.94	117.2	135.07
Naba_Gsal	Max	Envigado - Rodeo 110	Base case	88.94	100.59	110.43	126.25	90.54	103.83	114.19	129.18
NAal_GSal	Med	Envigado - Rodeo 110	Envigado - Itagüí 110		94.42	106.93	123.6	80.19	98.92	111.36	127.79
Naba_Gsal	Med	Envigado - Rodeo 110	Base case	84.19	96.86	106.46	120.18	86.1	99.78	110.3	123.4
NAal_GSba	Max	Envigado - Rodeo 110	Envigado - Itagüí 110		88.8	100.7	118.99		92.28	105.52	122.56
Naba_Gsba_pch	Max	Envigado - Rodeo 110	Envigado - Itagüí 110		87.67	99.15	117.4		92.04	104.32	121.74
NAal_GSba	Med	Envigado - Rodeo 110	Envigado - Itagüí 110		82.76	94.62	112.45		86.1	99.04	116.08
Naba_Gsba_pch	Med	Envigado - Rodeo 110	Envigado - Itagüí 110		96.86	93.48	109.8		86.23	98.35	114.58
NAal_Gsal_pch	Max	Envigado - Rodeo 110	Envigado - Itagüí 110			89.72	107.62		80.37	95.18	112.53
Naba_Gsal_PCH	Max	Envigado - Rodeo 110	Base case			89.7	105.6		82.83	93.52	109.17
Naba_Gsba	Max	Envigado - Rodeo 110	Base case			90.4	88.16		82.72	92.29	106.29
NAal_Gsal_pch	Med	Envigado - Rodeo 110	Envigado - Itagüí 110				84.15			89.77	106.45
Naba_Gsal_PCH	Med	Envigado - Rodeo 110	Base case				85.82			89.89	103.72
Naba_Gsba	Med	Envigado - Rodeo 110	Base case				83.7			87.78	100.56
NAal_Gsba_pch	Max	Envigado - Rodeo 110	Envigado - Itagüí 110				96.81			82.73	101.35
NAal_Gsal_pch	Min	Medellín - Occidente 220	Ancón Sur - Miraflores 220	125.28	112.71	112.85	112.85	136.02	133.58	133.73	132.3
NAal_Gsal_pch	Min	Medellín - Occidente 220	Base case	109.59	100.28	100.26	100.21	119.62	119.34	119.49	118.11
Naba_Gsal_PCH	Med	Cordova - Miraflores 110	Envigado - Oriente 220	128.32	118.57	122.87	134.9	137.08	130.08	135.95	147.25
Naba_Gsal_PCH	Max	Cordova - Miraflores 110	Envigado - Oriente 220	119.11	116.51	111.83	126.87	126.98	129.61	124.39	139.41
Naba_Gsal	Med	Cordova - Miraflores 110	Envigado - Oriente 220	101.79	102.56	105.32	116.77	108.37	111.47	118.04	128.5
Naba_Gsal_PCH	Med	Cordova - Miraflores 110	Base case	95.86	89.34	92.41	100.97	101.63	96.99	101.15	109.26
Naba_Gsal_PCH	Max	Cordova - Miraflores 110	Base case	87.71	86.01	82.99	93.7	92.91	94.87	91.46	102.15
Naba_Gsal	Max	Miraflores - P Blancas 110	Miraflores - V Hermosa 110	111.59	110.38	118.23	126.34	112.51	111.27	119.24	126.94
NAal_GSal	Max	Amagá - Ancón 2 110	Amagá - Bolombolo 110	101.18				97.04			

Antecedentes en el STR



Corredor con altos
desafíos
ambientales y
prediales

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS



***Repotenciar
con Conductor
tradicional de
alma de acero***

Repotenciar
con Conductor
de alta
temperatura

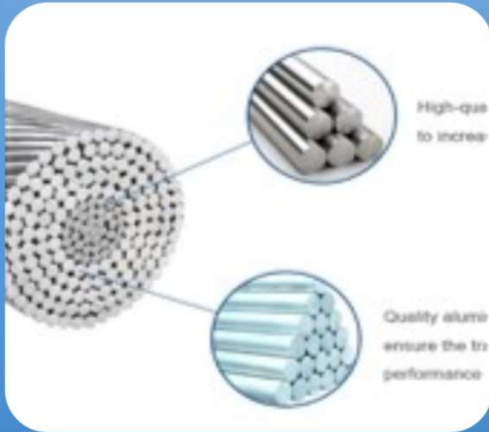
FACTS
Convencionales

FACTS
Distribuidos

FACTS: Flexible AC
Transmission Systems

Características de las soluciones

Conductor tradicional de alma de acero



- ¿Si es Repotenciar o es construir de nuevo? → nuevas torres, actuales no soportarían el peso del nuevo conductor.
- Indisponibilidad del corredor de transmisión → retos y sobrecostos operativos
- Necesidad de licenciamiento ambiental

Conductores de alta temperatura



- En principio se pueden usar las mismas torres, eligiendo adecuadamente el conductor
- Con un conductor con máximo mismo el mismo peso/longitud es posible aumentar sustancialmente la capacidad de corriente
- Posible indisponibilidad del corredor de transmisión → sobrecostos operativos
- Pérdidas eléctricas inherentes a este tipo de tecnología → dentro del OPEX en el horizonte de evaluación
- Posible necesidad de licenciamiento ambiental



Linea de Tiempo de los D-FACTS en EPM

1985:Narain G. Hingorani, Life Fellow, IEEE propone el concepto “Flexible AC Transmission Systems Technology (FACTS)”



2005:EPM conoce la propuesta D-FACTS de Deepak M Divan, Fellow IEEE



2013:T&D World: Control de flujo en TVA



2018:Estudios conjuntos congestión STN-STR Antioquia. Multiplicación de la problemática y la opción a otros agentes del sector



2000: Publicación de “Understanding FACTS”. Se empieza a estudiar la tecnología FACTS en EPM



2007:IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, VOL. 22, NO. 1, JANUARY 2007



2017: Firma de NDA Visita a California y Atlanta



2021: Piloto en EPM. Primera instalación en Latinoamérica



FACTS TRADICIONALES



- ☐ Altos requerimientos de espacio
- ☐ Diseños complejos y a la medida
- ☐ Complejos procesos de mantenimiento con altos OPEX
- ☐ Largos tiempos de diseño y construcción
- ☐ No son directamente reubicables
- ☐ Confiabilidad casi siempre concentrada
- ☐ Sobrevaloración inicial de los dispositivos para acomodar el crecimiento futuro

D-FACTS

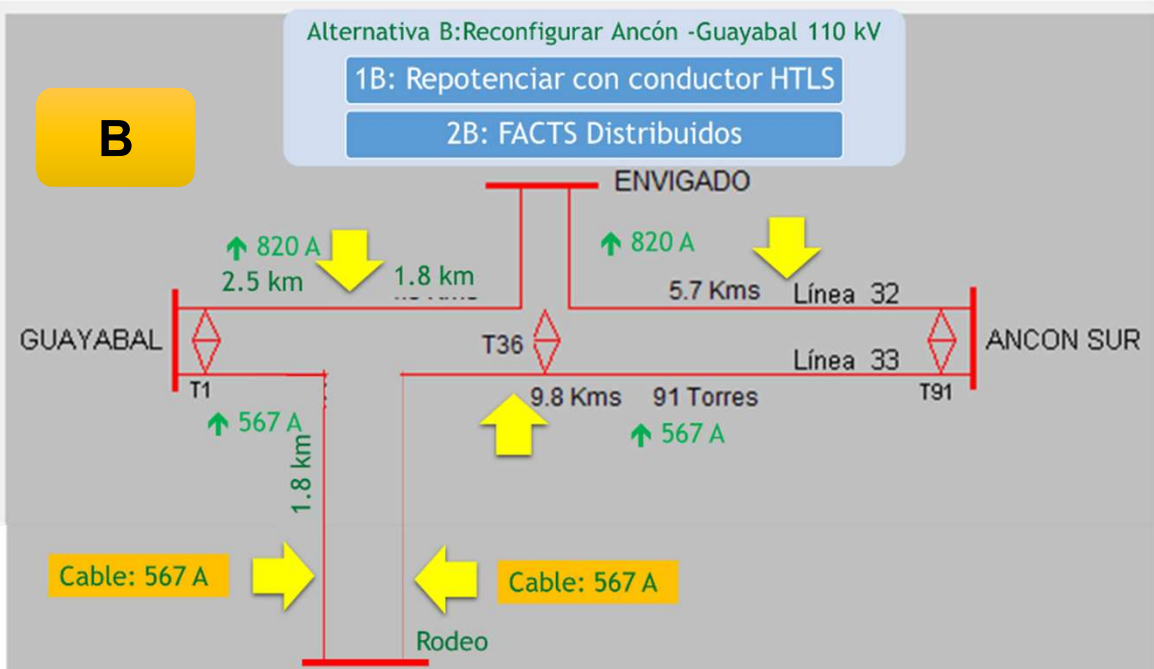
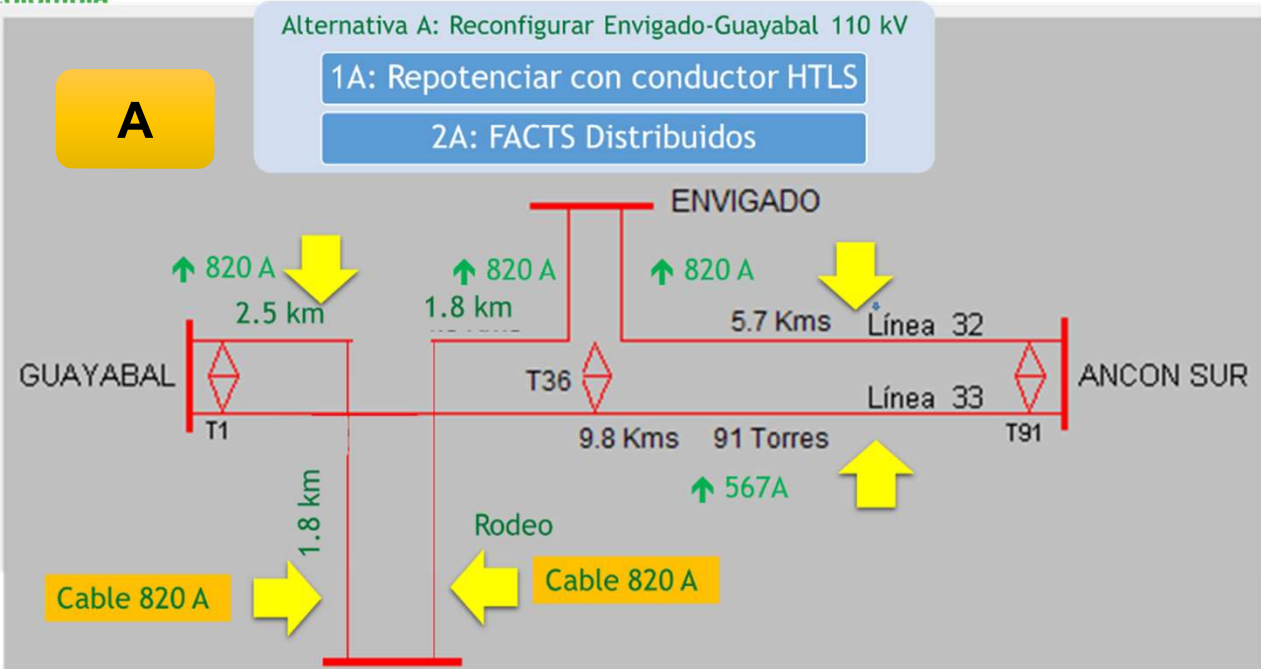


- ☐ Sin los requerimientos de espacio de los FACTS tradicionales
- ☐ Diseños modulares-escalables
- ☐ Mantenimiento sencillo
- ☐ Cortos tiempos de diseño e implementación
- ☐ Fácilmente Reubicables
- ☐ La confiabilidad distribuida
- ☐ Valoración adecuada de requerimientos en el tiempo





Soluciones estudiadas



Lugar de Inyección	Rating (A)	Número de SmartValve 1000-1800			
		2021	2022	2025	2030
Ancón Sur - Guayabal 110	462	6	0	0	0
Ancón Sur - Envigado 110	462	9	6	6	6
Envigado - Rodeo 110	462	6	6	9	12
Total		21	12	15	18

Lugar de Inyección	2021	Inyección Óhmica		
		2022	2025	2030
Ancón Sur - Guayabal 110	2.45	0	0	0
Ancón Sur - Envigado 110	3.68	2.45	2.45	2.45
Envigado - Rodeo 110	2.45	2.45	3.68	4.9

Lugar de Inyección	Rating (A)	Número de SmartValve 1000-1800			
		2021	2022	2025	2030
Envigado- Guayabal 110	462	6	3	3	3
Ancón Sur - Envigado 110	462	0	3	6	6
Guayabal- Rodeo 110	462	3	3	3	3
Total		9	9	12	12

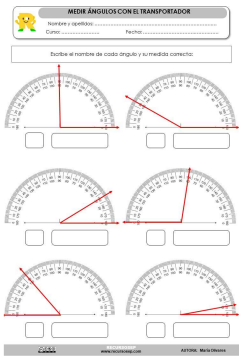
Lugar de Inyección	2021	Inyección Óhmica Máxima		
		2022	2025	2030
Envigado- Guayabal 110	2.45	1.23	1.23	1.23
Ancón Sur - Envigado 110	0	1.23	2.45	2.45
Guayabal- Rodeo 110	1.23	1.23	1.23	1.23



Objetivos del piloto



Validar en un ambiente controlado las premisas operativas de la tecnología D-FACTS al incorporarla al sistema de transmisión regional y analizar las hipótesis relacionadas a la confiabilidad, disponibilidad, efectividad e impacto de los dispositivos en el flujo de potencia.



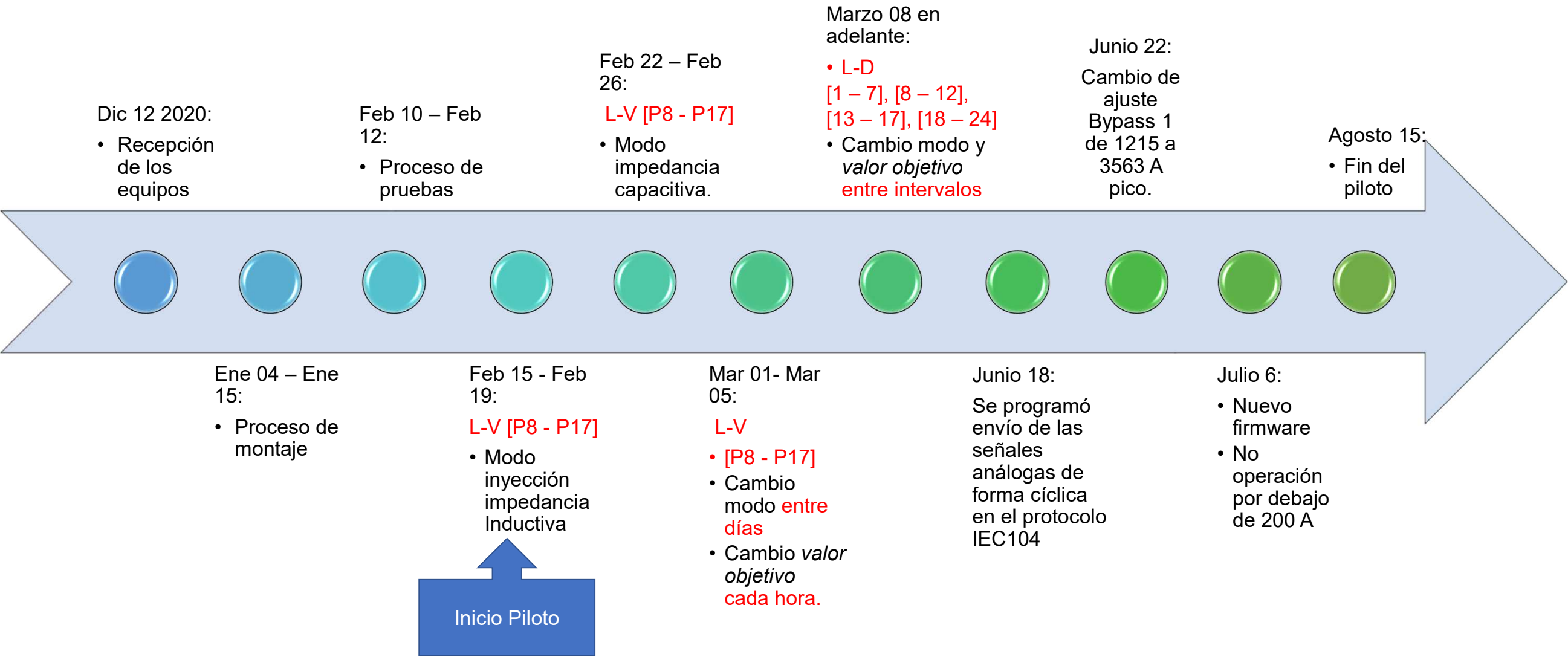
Realizar pruebas intensivas que buscaban dar señales al sector eléctrico sobre la efectividad y la confiabilidad de la tecnología



Facilitar la asimilación tecnológica y la incorporación técnica y regulatoria de esta tecnología en los diferentes proyectos que están planteados en los planes de expansión del sector.



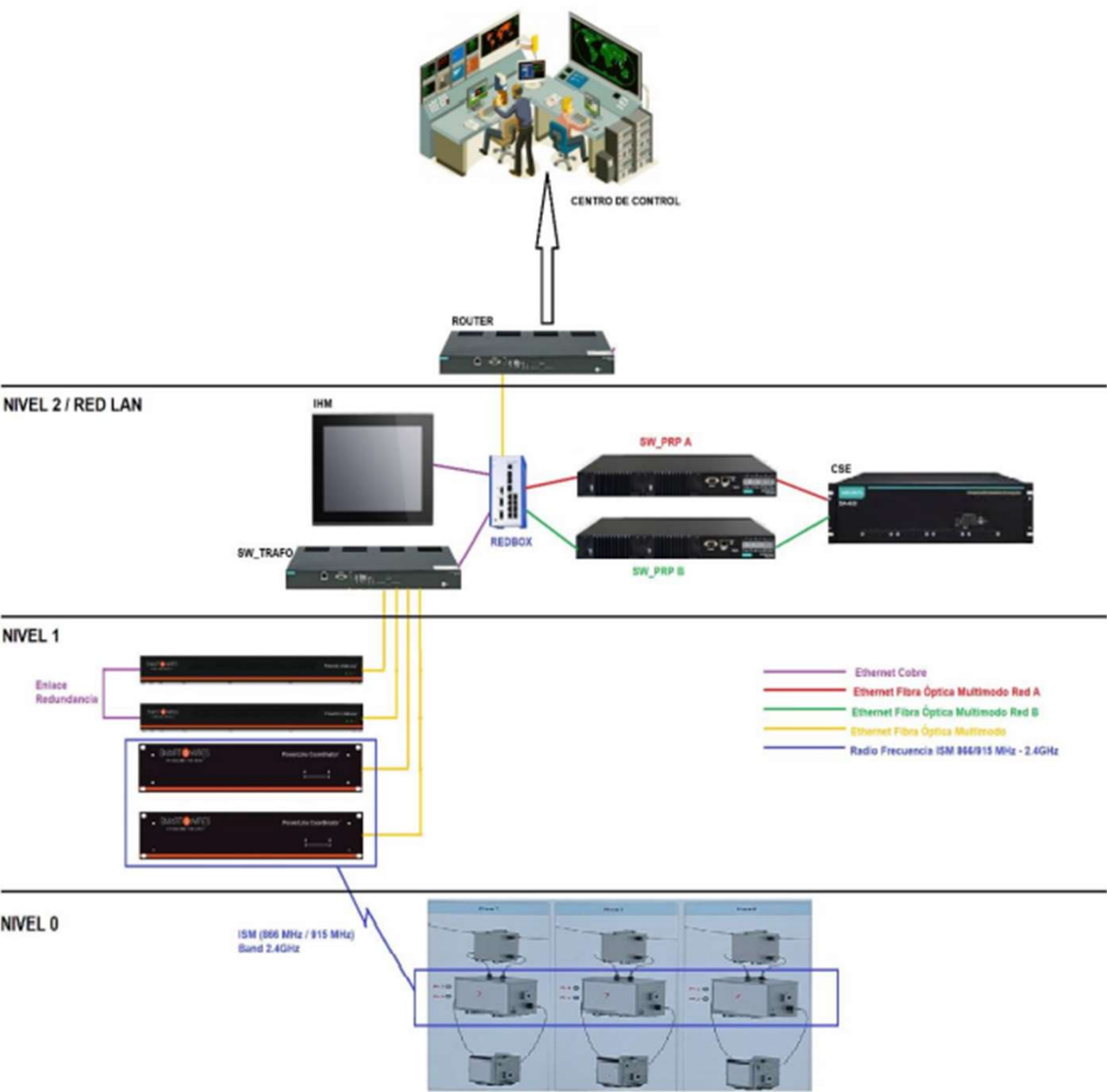
Secuencia Instalación , pruebas y desarrollo piloto



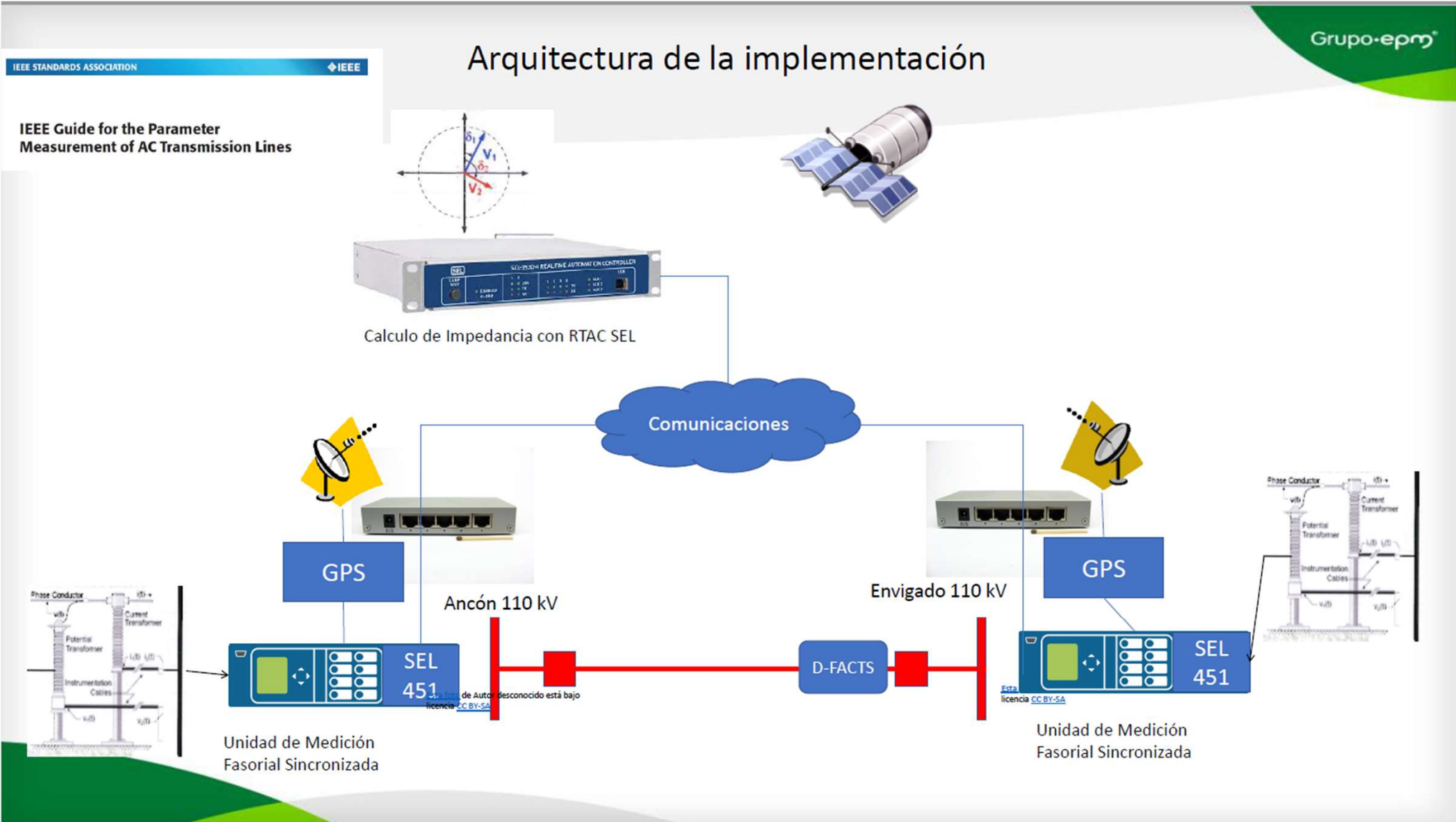
Inicio Piloto



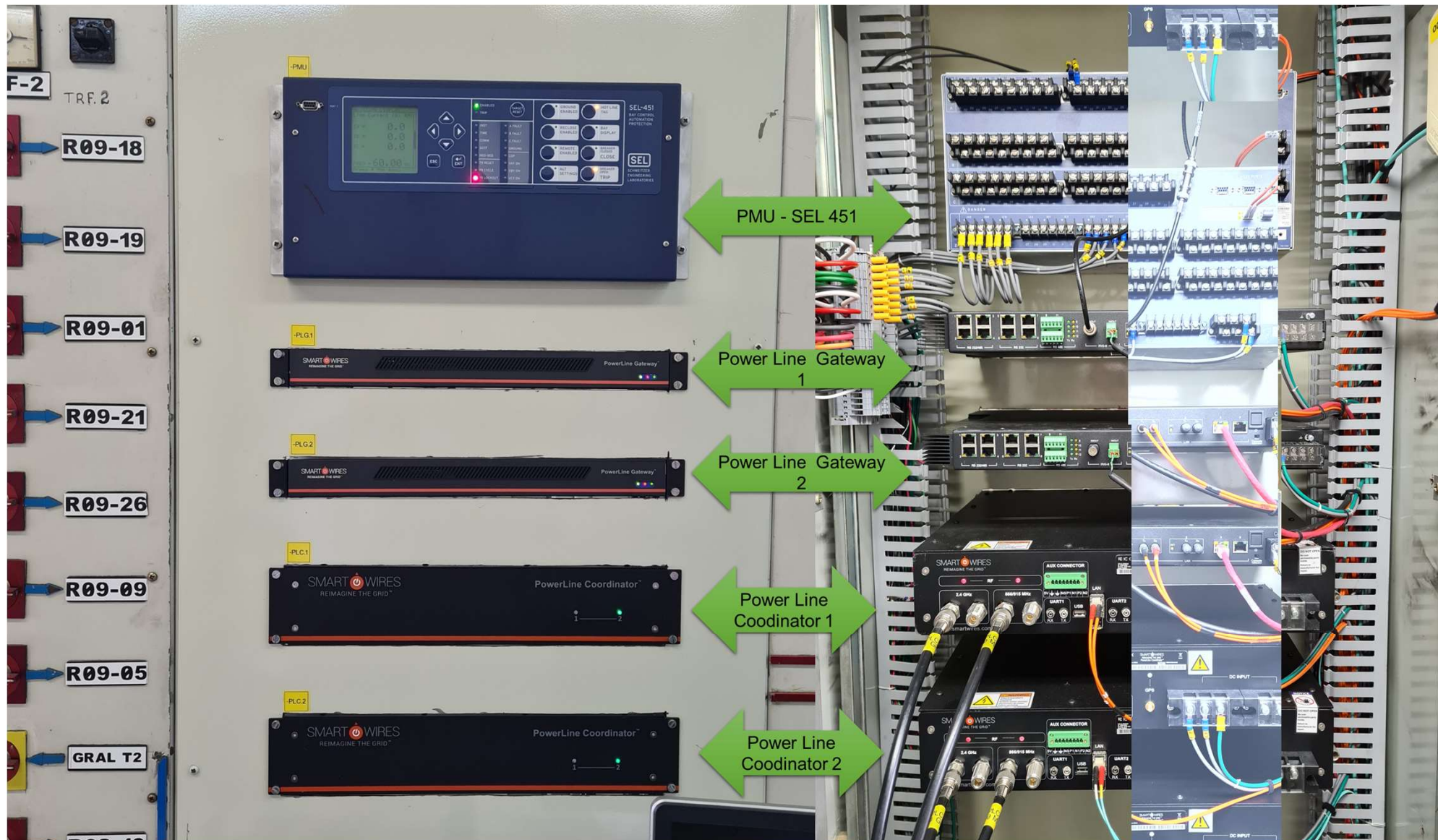
Arquitectura Comunicaciones Piloto D-FACTS



Medición de Impedancia



Equipos de control, comunicaciones y medición instalados

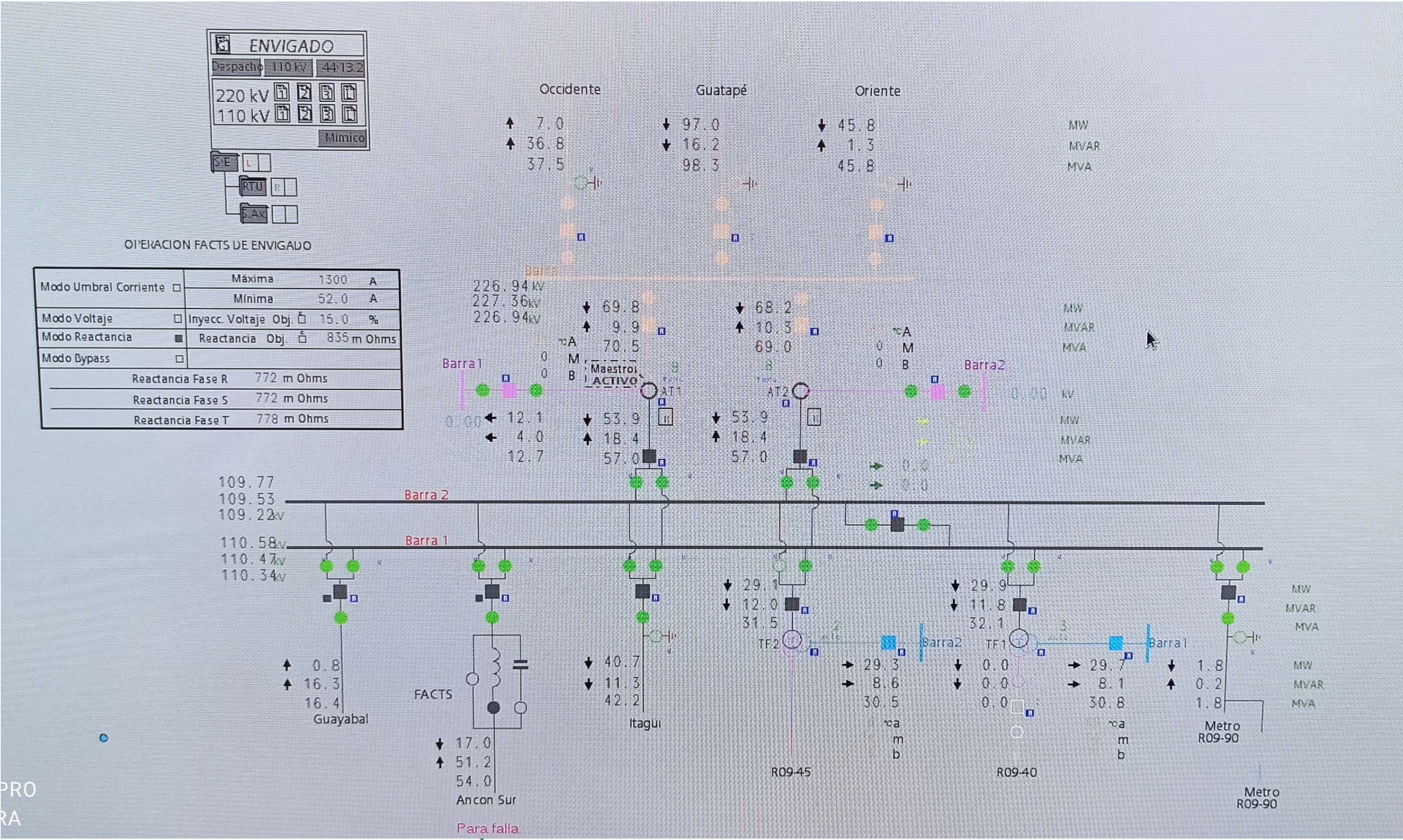


Control de los D-FACTS desde HMI





DESPLIEGUE SCADA DESARROLLADO



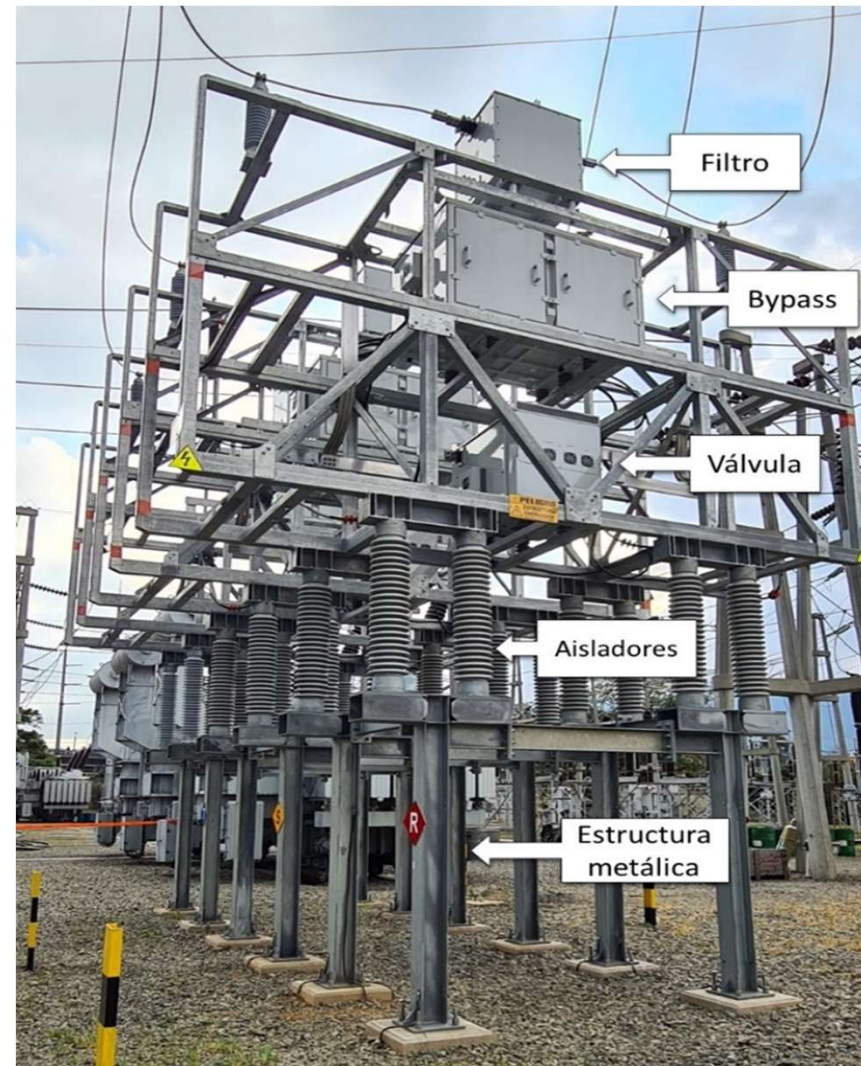
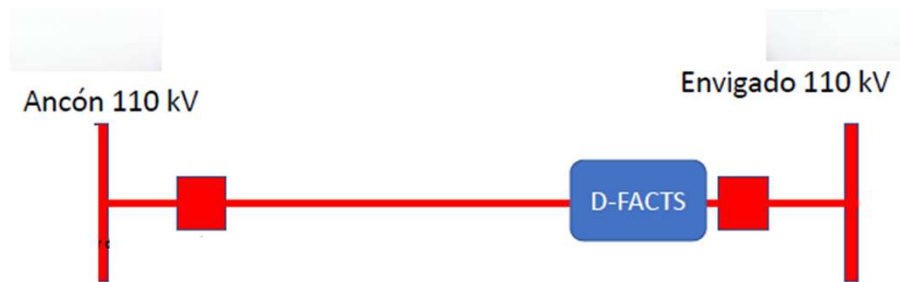
Sistemas FACTS Distribuidos



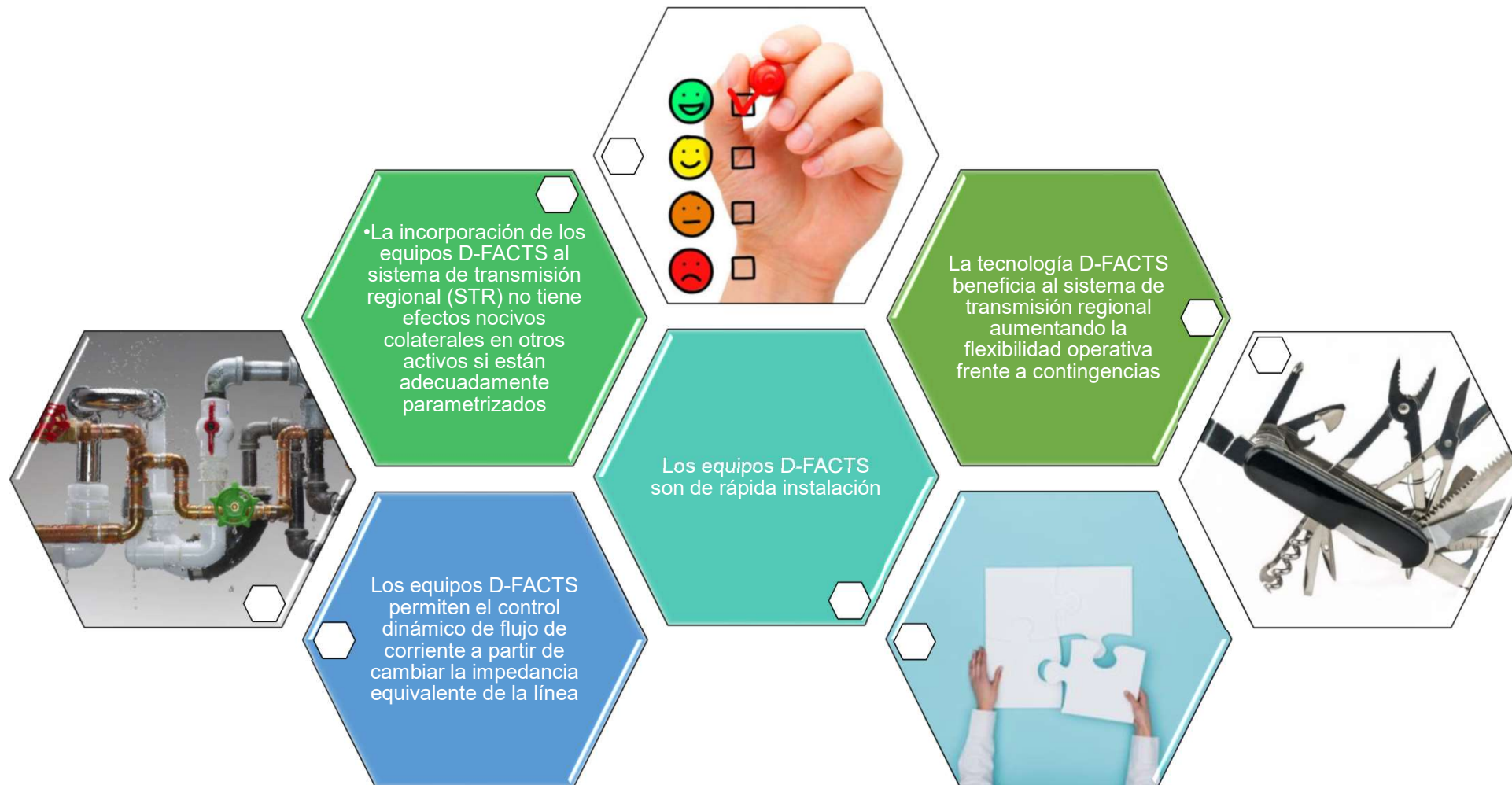
Montaje con personal propio



Equipos D-FACTS Instalados



Hipótesis del Proyecto Piloto D-FACTS





Charla virtual No. 3 

Socialización de resultados

Piloto Tecnología D - FACTS

Sistemas Flexibles de Transmisión en
Corriente Alterna - Distribuidos

Conferencistas:

Smart Wires Inc. - EPM
Centro Nacional de Despacho
Consejo Nacional de Operación

Miércoles 22 de sept. de 2021
2:00 p.m. – 4:00 p.m.
Hora colombiana

Plataforma TEAMS
clic para ingresar

¡Gracias!

Giovanni Marín Avalos
Giovanni.marin@epm.com.co
Celular: 300 485 39 450

