

# TRANSPORTE DE ENERGÍA Y GESTIÓN DE LA OPERACIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO COLOMBIANO

ALEJANDRO DUQUE GÓMEZ, M.Sc.



## ¿Quiénes somos?

Somos una empresa de servicios públicos mixta, constituida como sociedad anónima, encargada de desarrollar, administrar, operar y mantener los activos de ISA en el Sistema Interconectado Nacional.





# INTERCOLOMBIA – INFORMACIÓN GENERAL



INTERCOLOMBIA



## 75 Sub.

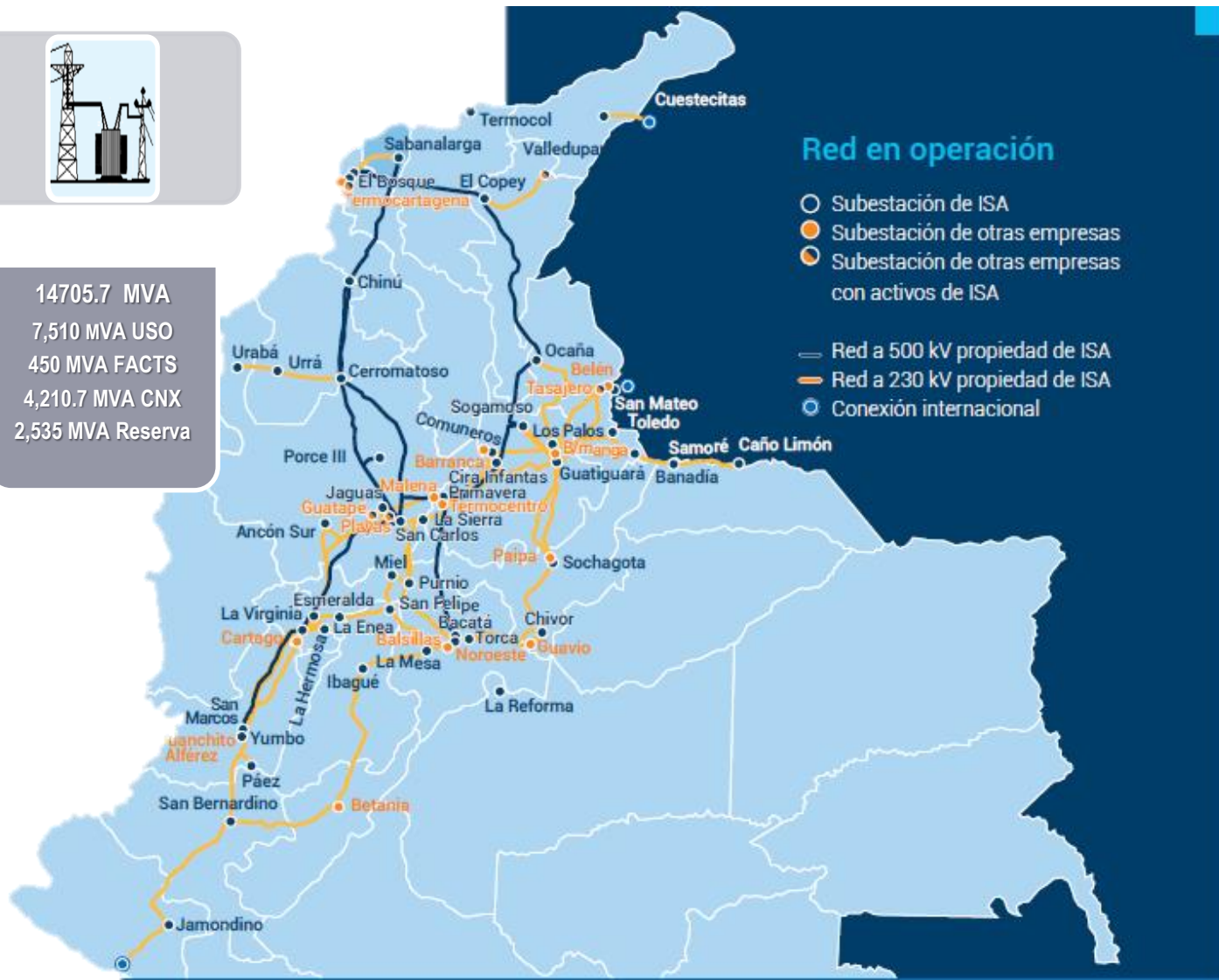
13 en 500 kV  
42 en 220 o 230kV  
20 < 220 kV

## 10309.1 km

2,489.8 km en 500 kV  
7,647.43 km en 220 o 230 kV  
171.93 km < 220 kV

## 14705.7 MVA

7,510 MVA USO  
450 MVA FACTS  
4,210.7 MVA CNX  
2,535 MVA Reserva





# INTERCOLOMBIA – INFORMACIÓN GENERAL

INTERCOLOMBIA



**El mayor transportador de energía en el país y el único con cubrimiento nacional.**

**Representamos, administramos, operamos y mantenemos 10.309 km de circuito y activos en 75 subestaciones\***

**Contamos con 552 empleados altamente capacitados**

**Tenemos presencia en 356 municipios del país**

**Usamos responsablemente los recursos, en equilibrio con el medio ambiente y en el marco de una gestión sostenible.**

**Desarrollamos proyectos de transmisión de energía con seguridad, confiabilidad y oportunidad**

\*87 subestaciones del Sistema Interconectado Nacional, de las cuales 75 son de propiedad de ISA.



Generación

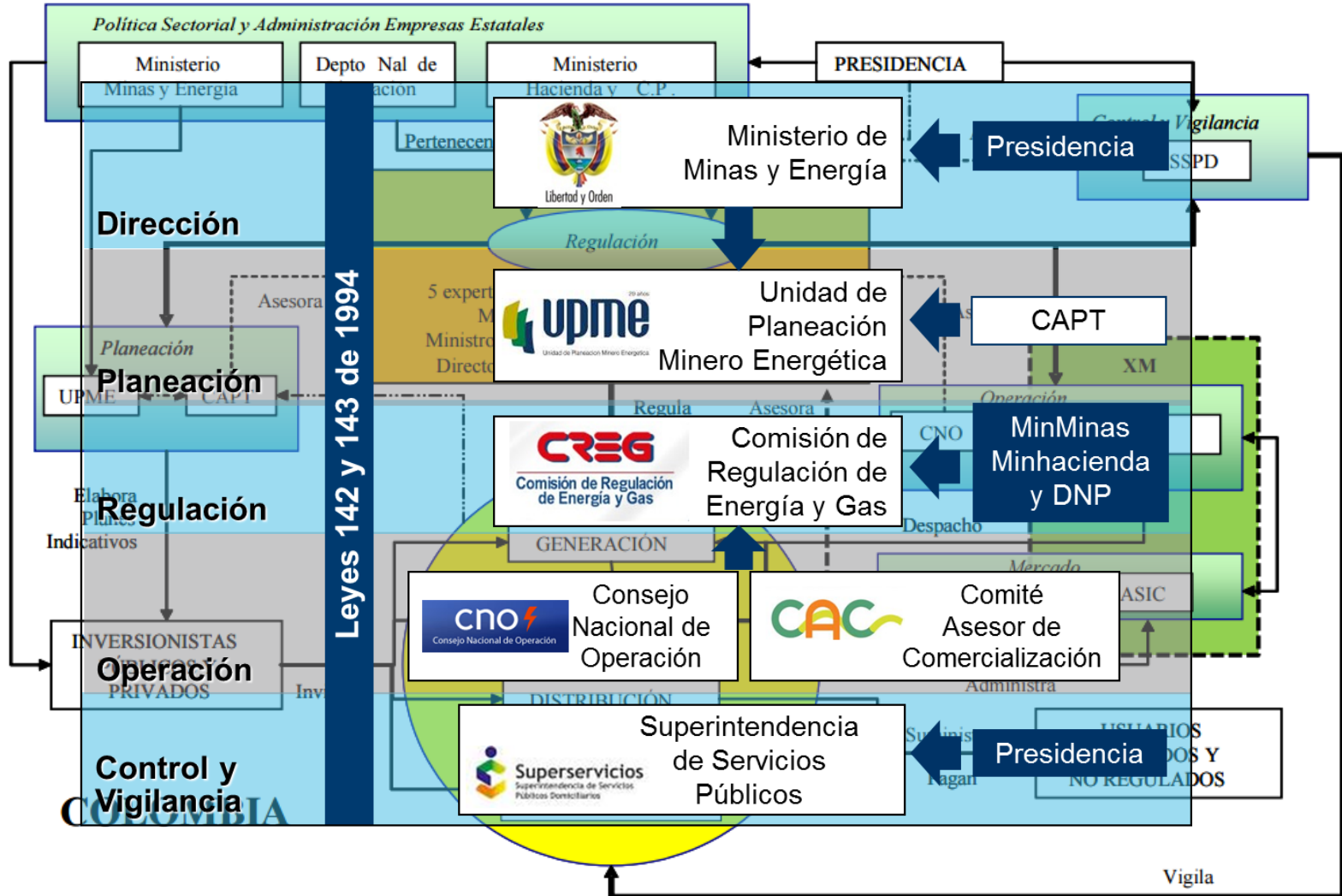
Transmisión

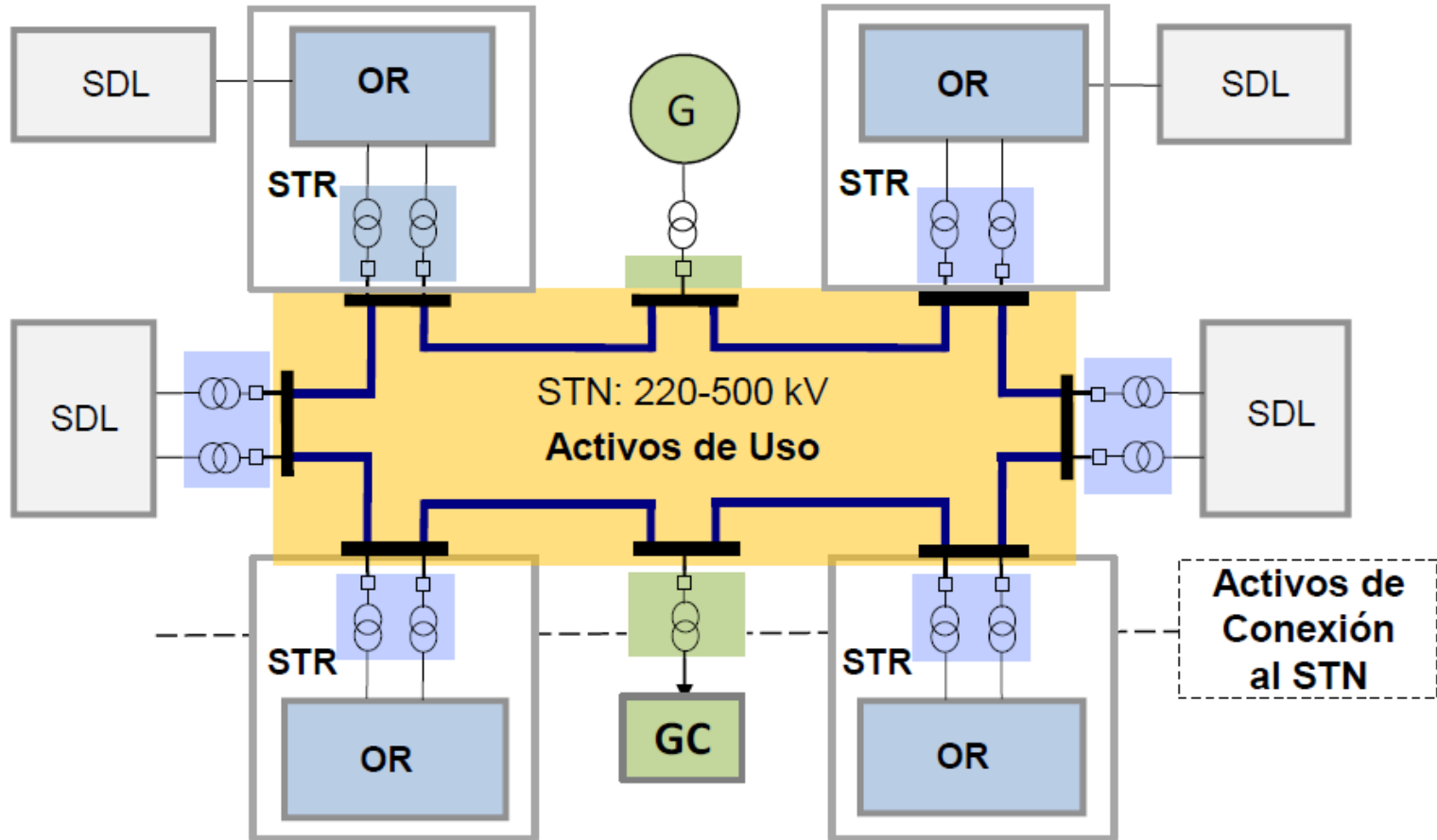
Distribución

Comercialización

Uso final









$$CU = G + T + D + C + P + R$$

Actividad	Registrados
Comercialización	109.00
Distribución	31.00
Generación	70.00
Transporte	15.00

TOTAL (\$ / kWh)	373.19	100%
G = Generación	148.62	40%
D = Distribución	123.24	33%
C = Comercialización	47.03	13%
P = Pérdidas	27.36	7%
<b>T = Transporte</b>	<b>21.68</b>	<b>6%</b>
R = Restricciones	5.26	1%

\* Tarifa estrato 4





# NEGOCIO DE TRANSPORTE DE ENERGÍA



## INTERCOLOMBIA

Convocatorias Sistema de Transmisión Nacional	Estado
UPME 07 - 2016 Línea de Transmisión Virginia - Nueva Esperanza 500 kV	Abierta Oficialmente
UPME 05-2016 Conexión de la Subestación La Enea a 230 kV al circuito San Felipe Esmeralda 230 kV	Abierta Oficialmente
UPME 03 - 2016 Subestación San Antonio 230 kV y Líneas de transmisión asociadas	Abierta Oficialmente
UPME 09 - 2015 Cartago 230 kV	En Ejecución
UPME 05 - 2015 Palenque 230 kV	En Ejecución
UPME 08 - 2014 Expansión Subestación Valledupar 220 kv	En Ejecución
UPME 01 - 2014 Proyecto La Loma 500 kV	En Ejecución
UPME 06 - 2014 Proyecto Río Córdoba 220 kV	En Ejecución
UPME 05 - 2014 Refuerzo Costa Caribe 500 kV	En Ejecución
UPME 04 - 2014 Refuerzo Suroccidental 500 kV	En Ejecución
UPME 03 - 2014 Subestaciones Ituango - Medellín (kativos)	En Ejecución
UPME 02 - 2014 Reforma 230 kV	En Ejecución
UPME 07 - 2013 Montería	En Ejecución
UPME 06 - 2013 Caracolí (Soledad)	En Ejecución
UPME 05 - 2013 Suria	En Ejecución
UPME 04 - 2013 Bello (Guayabal) Ancón 230 kV	En Ejecución
UPME 03 - 2013 Tuluní 230 kV	En Ejecución
UPME 02 - 2013 Segundo Transformador Copey 500/220 kV	En Operación
UPME 01 - 2013 Sogamoso - Norte - Nueva Esperanza 500 kV	En Ejecución
UPME 05 - 2012 Línea Bolívar - Termocartagena 220 kV	En Ejecución
UPME 03 - 2010 Chivor Norte Bacatá	En Ejecución
UPME 05 - 2009 Quimbo	En Ejecución
UPME 04 - 2009 Sogamoso	En Ejecución
UPME 02 - 2009 Armenia	En Ejecución
UPME 01 - 2008 Nueva Esperanza	En Ejecución

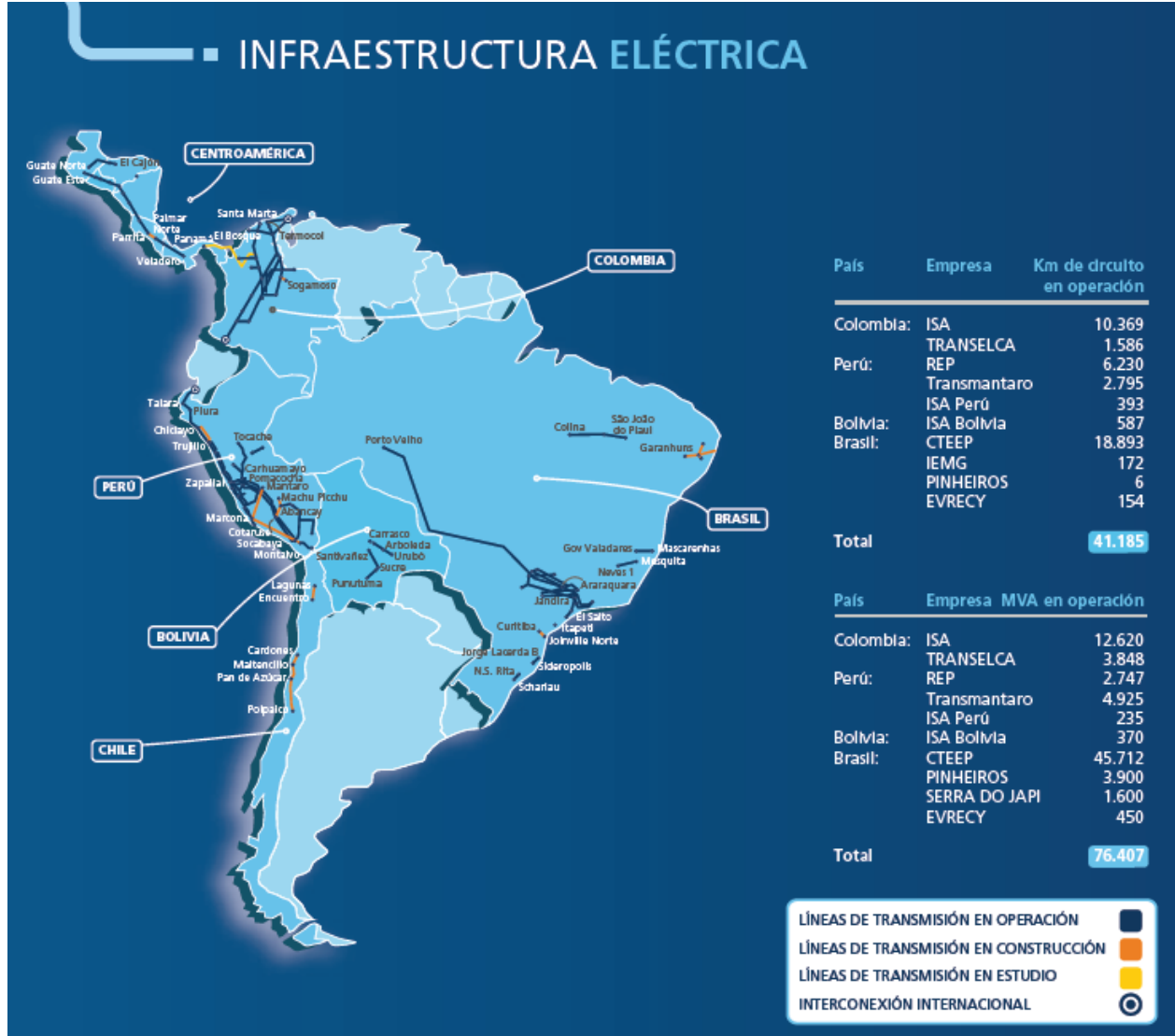
Fuente: UPME

Transmisión [km]	
LÍNEAS A 110 kV	3,132.05
LÍNEAS A 115 kV	7,207.54
LÍNEAS A 138 kV	15.49
LÍNEAS A 220 kV	2,539.05
LÍNEAS A 230 kV	9,598.10
LÍNEAS A 500 kV	2,489.50
<b>TOTAL SIN</b>	<b>24,981.73</b>

Fuente: XM



© To



## Presencia en Latinoamérica del negocio de Transporte de Energía Eléctrica

ISA a través de sus empresas filiales y subsidiarias, expande, opera y mantiene Sistemas de Transmisión de Energía a alto voltaje, lo cual la posiciona como el mayor transportador internacional de electricidad en América Latina, con 41.885 km de circuito de alta tensión, 80.815 MVA de capacidad de transformación e interconexiones entre Venezuela y Colombia, Colombia y Ecuador, y Ecuador y Perú.

**\$3,8 billones**  
Ingresos

**\$18,8 billones**  
Activos

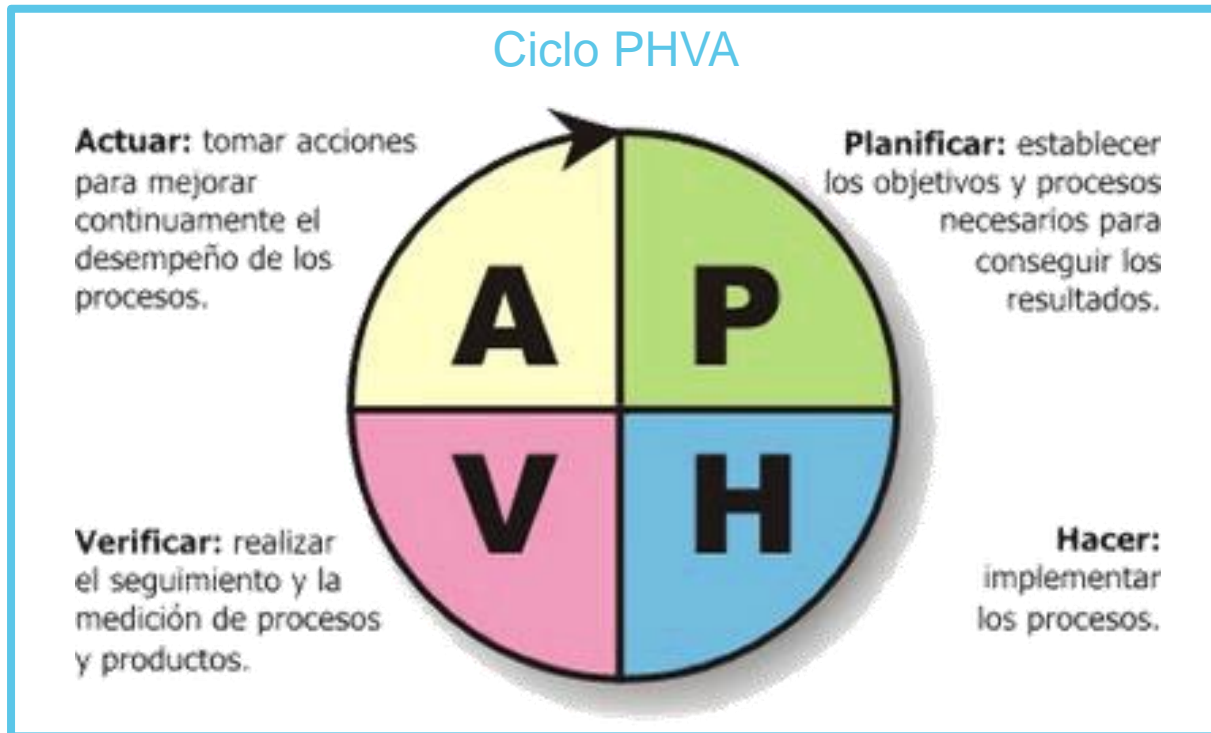
**\$2 billones**  
EBITDA

**2.828**  
Trabajadores

**41.588 km**  
Circuito



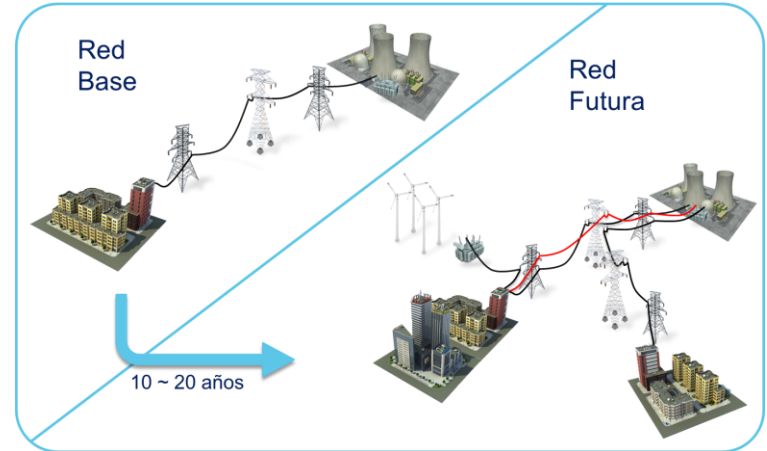
- Las redes de transmisión son sistemas altamente complejos, donde no solo se manejan los flujos de potencia, sino además el flujo de grandes cantidades de datos.
- La operación de un agente transportador de energía eléctrica tiene como objetivo maximizar la disponibilidad de los equipos, reduciendo los riesgos e incurriendo en costos sostenibles en el tiempo.



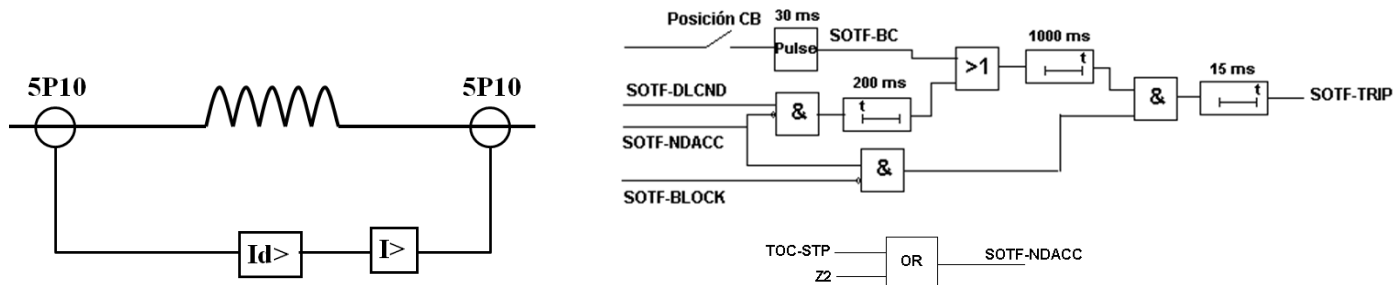
## Estudios de conexión



## Planes de Expansión



## Coordinación de Protecciones



## I. Información General

### 1. Información Básica

Clase de Consignación: LOCAL	Tipo Ingreso: Plan	Origen de Mantenimiento:
Fecha Inicial: 17.05.2016 08:30:00	Fecha Final: 22.05.2016 17:00:00	Semana: 000020
Activo Principal: SOCH230MCOMU	Descripción: Sochagota 230 kV - Módulo Común	
Jefe Trabajos: LIBARDO ORTIZ MARTINEZ	Jefe Trab. Sustituto: MAURICIO HERNANDO RODRIGUEZ VASQUEZ	

Trabajos a Realizar: MP2A SOCH230 S.Aux. SPAT  
MP Sochagota 230 kV Serv. Aux. 2A  
1- Mantenimiento Programado Serv. Aux. 2A de Sochagota 230 kV  
2- Mantenimiento de 2Años a los bancos de baterías de las casetas No 2 - 3 - 6 en 125 Vdc y en la sala de control de 48Vdc.  
3- Mantenimientos a los cargadores de 1 año.

### XM COMPAÑÍA DE EXPERTOS EN MERCADOS

C0132970

Consignación Nacional Equipos del SIN

5/13/2016 2:59:03 PM



Jefe Trabajo: Armando Amador Lugar Mantenimiento: Col.Nar.Pasto Responsable Mantenimiento: David Alvarez Telefono: 74387

Tipo Elemento: Transformador	Elemento Consignado: JAMONDINO 1 150 MVA 230/115/13.8 kV	Tipo Ingreso: FueraPSM	Estado Actual: Aprobada
Fecha Inicio Programado: 16/05/2016 08:30	Fecha Fin Programado: 16/05/2016 17:30	Semana Inicio: 20	Semana Fin: 20
		Origen Mantenimiento: Normal	Fecha Estado Actual: 12/05/2016 15:30

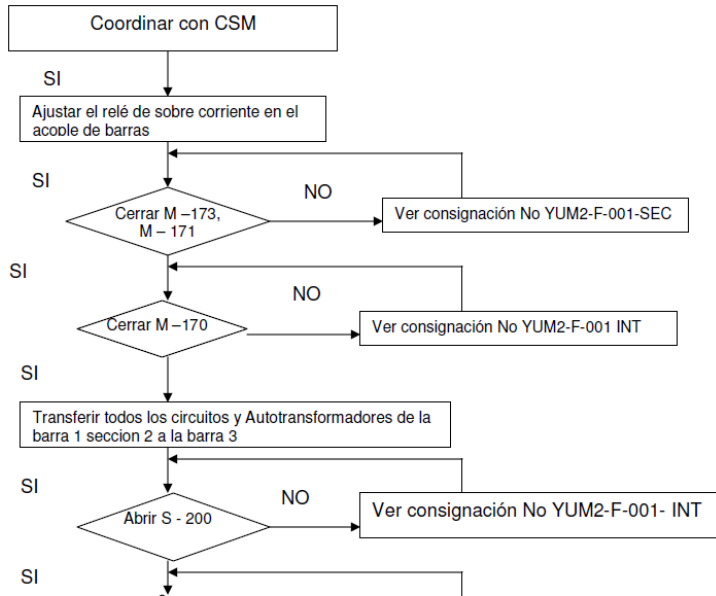
Usuario Solicitante: David Alvarez Agente Propietario: INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P. Agente Operador: INTERCOLOMBIA S.A. E.S.P. DNA [MW] TDC [MW]

Ref	Tipo	Fecha Inicial	Fecha Final	Nombre Elemento	Estado Operativo y Detalle	Periodos
AP	Transformador	16/05/2016 08:30	16/05/2016 17:00	JAMONDINO 1 150 MVA 230/115/13.8 kV	Desenergizada	P07 - P17
EA	BahiaTrafo	16/05/2016 08:30	16/05/2016 17:00	BT JAMONDINO 1 150 MVA 115 kV	Desenergizada	P07 - P17
EA	BahiaTrafo	16/05/2016 08:30	16/05/2016 17:00	BT JAMONDINO 1 150 MVA 230 kV	Desenergizada	P07 - P17
RD	BahiaTrafo	16/05/2016 17:01	16/05/2016 17:30	BT JAMONDINO 1 150 MVA 115 kV	-	P18 - P 18
RD	BahiaTrafo	16/05/2016 17:01	16/05/2016 17:30	BT JAMONDINO 1 150 MVA 230 kV	-	P18 - P 18
RD	Transformador	16/05/2016 17:01	16/05/2016 17:30	JAMONDINO 1 150 MVA 230/115/13.8 kV	-	P18 - P 18

#### Descripción de los trabajos a realizar:

Mantenimiento correctivo

## INTERCOLOMBIA

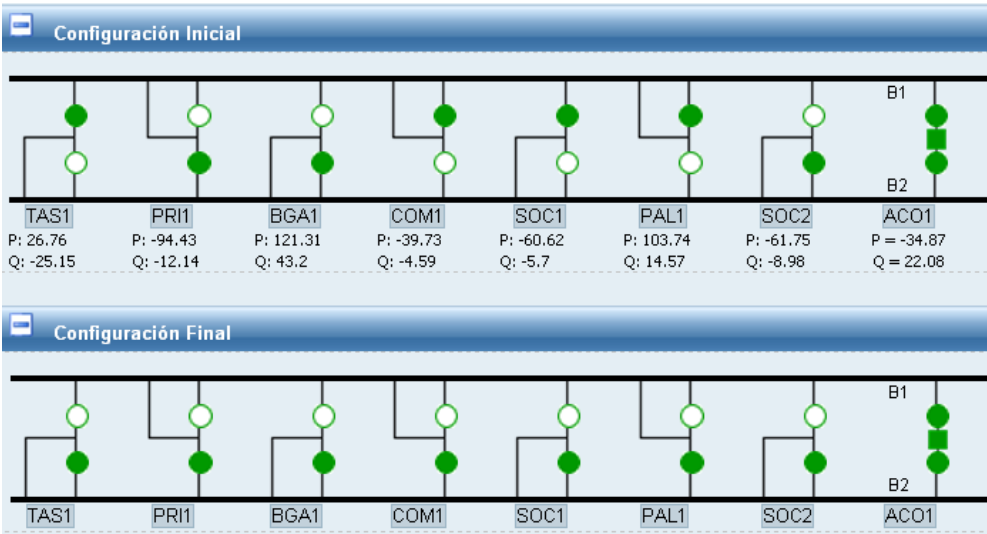


### INTERCOLOMBIA S.A. E.S.P. PROTOCOLO DE MANIOBRAS

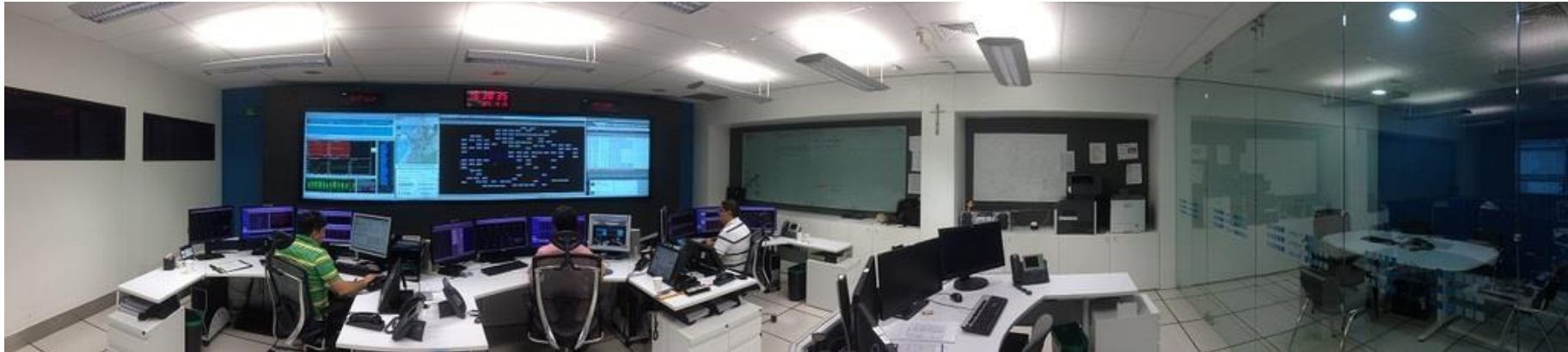
Información Protocolo	
Nombre Protocolo:	LT Cerromatoso-Urrá 2 + Urrá B1, B2 + Cerromatoso B3 aterrizados. Día 1.
Estado Protocolo:	Autorizado
Usuario Creación:	ITCO3838
Fecha Creación:	05/03/2014 15:07
Usuario Actualización:	ITCO3829
Fecha Actualización:	14/03/2014 02:20

Información Consignación		
Número Consignación	Fecha Inicial	Fecha Final
C0100232	15/03/2014 06:30	15/03/2014 17:30
C0104661	15/03/2014 07:30	15/03/2014 10:30
C0100233	15/03/2014 07:30	15/03/2014 17:30

Observaciones Generales		
Usuario	Fecha	Observaciones
ITCO3838	05/03/2014 15:07	En Urrá, desenergizar Barra 1 entre 07:30 y 10:30.
ITCO3838	05/03/2014 15:07	En Urrá, desenergizar Barra 2 entre 10:31 y 14:30.
ITCO3838	05/03/2014 15:07	En Cerromatoso 230 kV, la Barra 3 se aterrizará con portátiles entre 6:30 y 17:30.



Elemento	Equipo	Acción
BL Guatiguará 230 kV - Tasajero 1	Seccionador-L132	Cierre
BL Guatiguará 230 kV - Tasajero 1	Seccionador-L131	Apertura
BL Guatiguará 230 kV - Comuneros 1	Seccionador-L162	Cierre
BL Guatiguará 230 kV - Comuneros 1	Seccionador-L161	Apertura
BL Guatiguará 230 kV - Los Palos 1	Seccionador-L182	Cierre
BL Guatiguará 230 kV - Los Palos 1	Seccionador-L181	Apertura
BL Guatiguará 230 kV - Sochagota 1	Seccionador-L172	Cierre
BL Guatiguará 230 kV - Sochagota 1	Seccionador-L171	Apertura



CSM
500/230
S/E ISA
SYSTEM MONITOR
Frecuencia : 60.000 Hz

**CHINÚ SVC** RTU: SCAN

AJUSTE	VALOR	MAX	MIN
VCM	499.9	SUBIR	BAJAR
MVar	↓ 24.5		
REF. Q	0.0	105.0	95.0

**CAÑO LIMÓN SVC** RTU: SCAN

AJUSTE	VALOR	COMANDO
VCM	34.7	34.7
MVar	↑ 31.4	
GANANCIA		RESET

**CONEXIONES INTERNACIONALES**

CAMPO	INTERRUPTOR	P	Q	V
JAM-POM1	Abierto	0.0	0.0	3.3
JAM-POM2	Cerrado	-40.8	-6.1	236.0
JAM-POM3	Cerrado	-40.7	-6.3	236.0
JAM-POM4	Cerrado	-46.2	-7.7	235.7
PAN-TUL1	Abierto	0.0	0.0	139.3
CUE-CUA1	Cerrado	0.0	-23.3	233.4
SMT-COR2	Abierto	0.5	0.1	0.1

**BACATÁ STATCOM** RTU: SCAN

AJUSTES	VALOR	COMANDO
VCM	495.0 kv	495.0 kv
MVAR	↑ 30.9 MVar	
V MIN	475.0 kv	475.0 kv
V MAX	525.0 kv	525.0 kv
Q MIN	-50.0 MVar	-50.0 MVar
Q MAX	50.0 MVar	50.0 MVar

MODO DE CONTROL: Auto

BANDA Q FLOTACION: ON

RECIERRE: Habilitado

COMANDOS DOBLES

MODO DE CONTROL: Auto

BANDA Q FLOTACION: ON

AJUSTE DE GANANCIA: Auto

FUNCION POD: ON

RECIERRE: Habilitado

TEST DE GANANCIA: Habilitado

MODO POD M/A: Manual

BACATÁ STATCOM 28		RTU	SCAN
800	230	115	28
SSAA	SA-CAS		
ALARM	SOE	EDD	MED
CMD	CSM		

© Todos los derechos reservados INTERCOLOMBIA S.A. E.S.P.

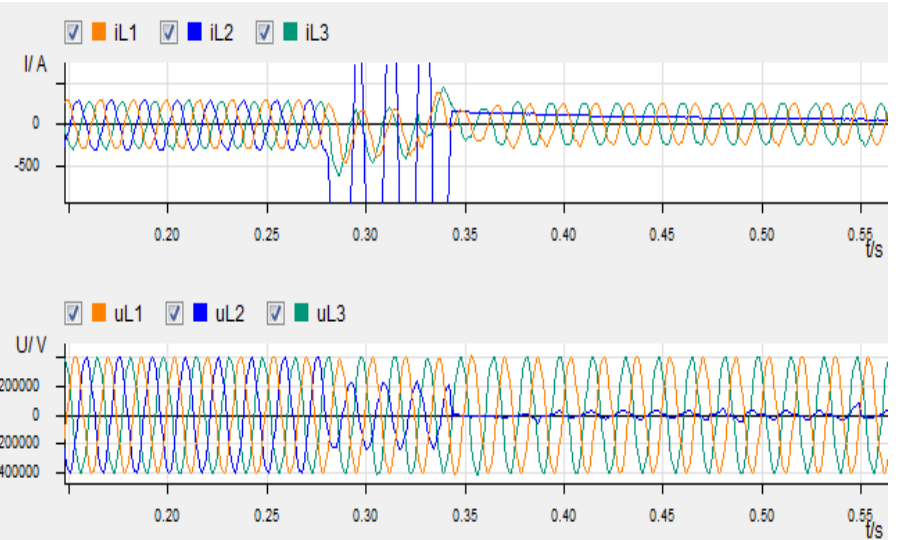
16



## Alarmas

Fecha/Hora	Origen	Descripción	Event	Valor	Calidad d	Call
07/05/2016 03:44:46.782	BACATA 500	ATRAFO1 5A2-2 51 ARRQ FB		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.783	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P1 21 ARRQ FB		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.784	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P2 67N ENVIO TPS		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.784	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P1 67N ARRQ		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.784	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P2 21 ARRQ FB		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.784	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P2 67N ARRQ		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.784	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P1 67N ENVIO TPS		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.787	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P1 21 DISP GRAL		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.787	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P1 21 DISP FB		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.788	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P2 21 DISP FB		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.788	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P2 21 DISP GRAL		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.788	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P1 85 ENVIO TPS		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.788	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P2 85 ENVIO TPS		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.789	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P1 79 EN PROGRESO		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.795	BACATA 500	STATCOM1 TRF-1 P2 50/51 ARRQ		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.796	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P1 85 RECIBO TPS		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.796	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P2 85 RECIBO TPS		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.813	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P2 67N RECIBO TPS		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.813	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P1 67N RECIBO TPS		Activo	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.814	BACATA 500	PRIMAV1 5L180 INTERRUPTOR		Defect	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.815	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P1 INTERR FB		Abrió	Good	Good
07/05/2016 03:44:46.816	BACATA 500	PRIMAV1 7SA61 P2 INTERR FB		Abrió	Good	Good

## Registros del evento



### CONDICIONES OPERATIVAS DURANTE EL EVENTO

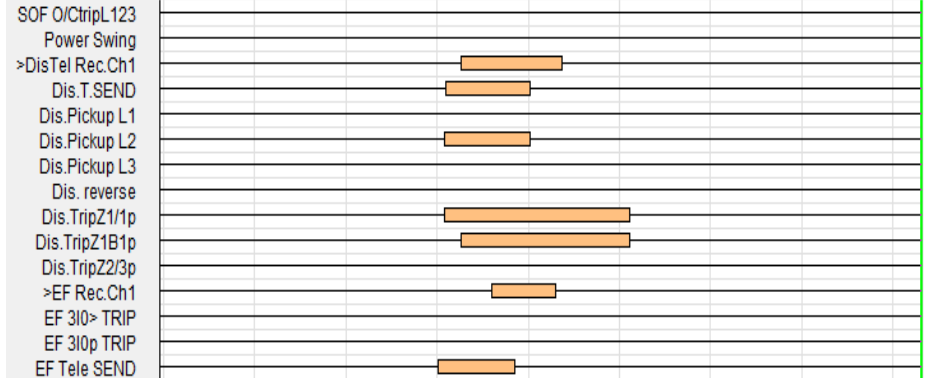
SECUENCIA	TIPO SECUENCIA	ELEMENTO	Ia [kA]	Ib [kA]	Ic [kA]	In [kA]	Va [kV]	Vb [kV]	Vc [kV]	Vn [kV]	t [ms]	P [MW]	Q [MVar]
Millisegundos: 50	Disparo	BL Primavera 500 kV - Bacatá - 1	0.118	4.490	0.136	4.240	296.000	156.000	293.000		50	113.000	603.000
Millisegundos: 62	Disparo	BL Bacatá 500 KV - Primavera 1	0.230	2.190	0.240	2.480	284.290	173.720	290.010		62	90.000	272.000

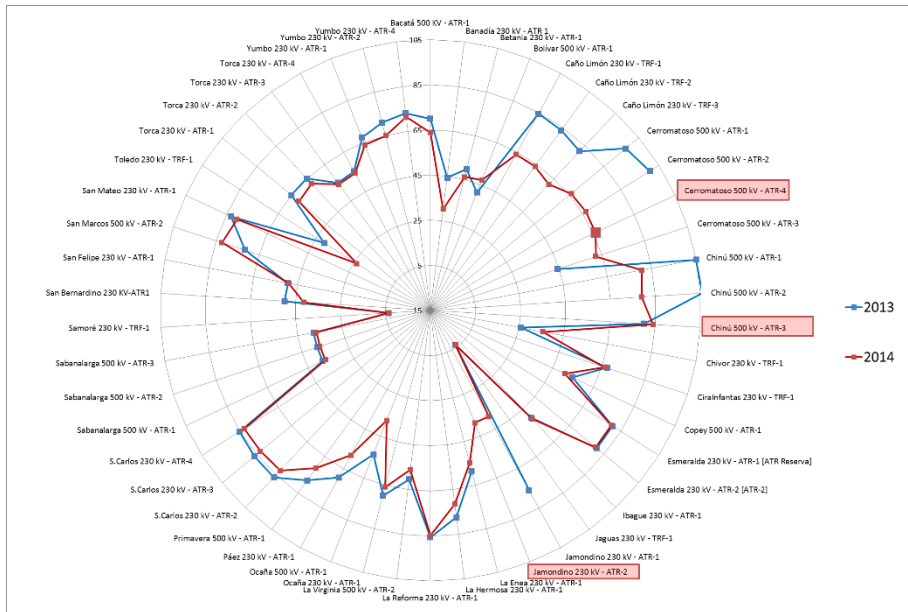
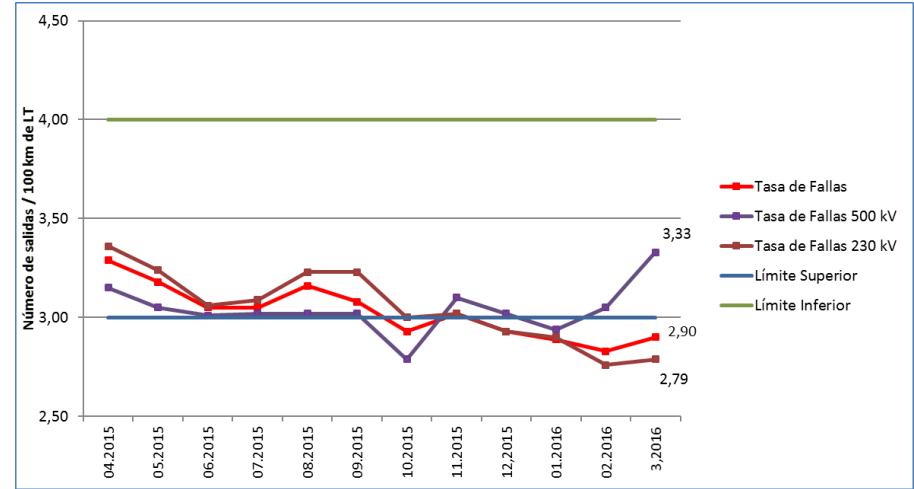
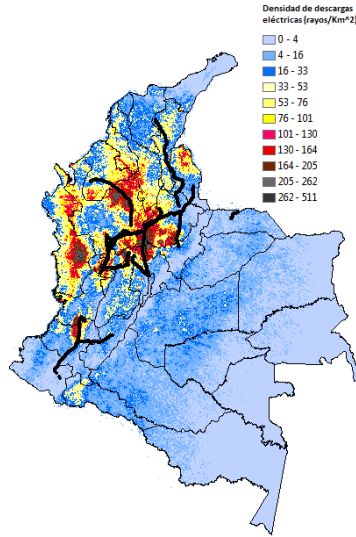
### SECUENCIA DEL EVENTO

SECUENCIA	TIPO SECUENCIA	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Millisegundos: 0	Falla	LT Bacatá - Primavera 500 kV - 1	Falla fase B
Millisegundos: 50	Disparo	BL Primavera 500 kV - Bacatá - 1	Disparo polo B Interruptor 5L160
Millisegundos: 62	Disparo	BL Bacatá 500 KV - Primavera 1	Disparo polo B Interruptor 5L180
Millisegundos: 827	Normalización	BL Primavera 500 kV - Bacatá - 1	Recierre exitoso polo B Interruptor 5L160
Millisegundos: 941	Normalización	BL Bacatá 500 KV - Primavera 1	Recierre exitoso polo B Interruptor 5L180

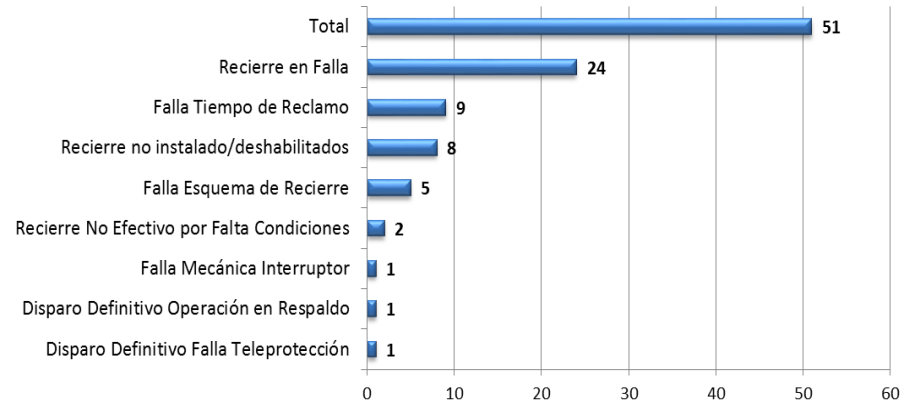
### DESEMPEÑO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN

SECUENCIA	ELEMENTO	SISTEMA	RELE	FUNCIÓN	DESEMPEÑO	CATEGORÍA CAUSA	CAUSA
Millisegundos: 50	BL Primavera 500 kV - Bacatá - 1	PL1-Protección Principal Línea 1	7SA612-Relé 21 Multifuncional	21N-Distancia	Correcto		
Millisegundos: 50	BL Primavera 500 kV - Bacatá - 1	PL2-Protección Principal Línea 2	7SA612-Relé 21 Multifuncional	21N-Distancia	Correcto		
Millisegundos: 50	BL Primavera 500 kV - Bacatá - 1	PL2-Protección Principal Línea 2	7SA612-Relé 21 Multifuncional	79-LógicaRecierre 1F	Correcto		
Millisegundos: 50	BL Primavera 500 kV - Bacatá - 1	Teleprotección	PL1-21 Aceleración		Correcto		
Millisegundos: 50	BL Primavera 500 kV - Bacatá - 1	Teleprotección	PL2-21 Aceleración		Correcto		
Millisegundos: 62	BL Bacatá 500 KV - Primavera 1	PL1-Protección Principal Línea 1	7SA612-Relé 21 Multifuncional	21N-Distancia	Correcto		
Millisegundos: 62	BL Bacatá 500 KV - Primavera 1	PL1-Protección Principal Línea 1	7SA612-Relé 21 Multifuncional	79-LógicaRecierre 1F	Correcto		
Millisegundos: 62	BL Bacatá 500 KV - Primavera 1	PL2-Protección Principal Línea 2	7SA612-Relé 21 Multifuncional	21N-Distancia	Correcto		
Millisegundos: 62	BL Bacatá 500 KV - Primavera 1	Teleprotección	PL1-21 Aceleración		Correcto		
Millisegundos: 62	BL Bacatá 500 KV - Primavera 1	Teleprotección	PL2-21 Aceleración		Correcto		



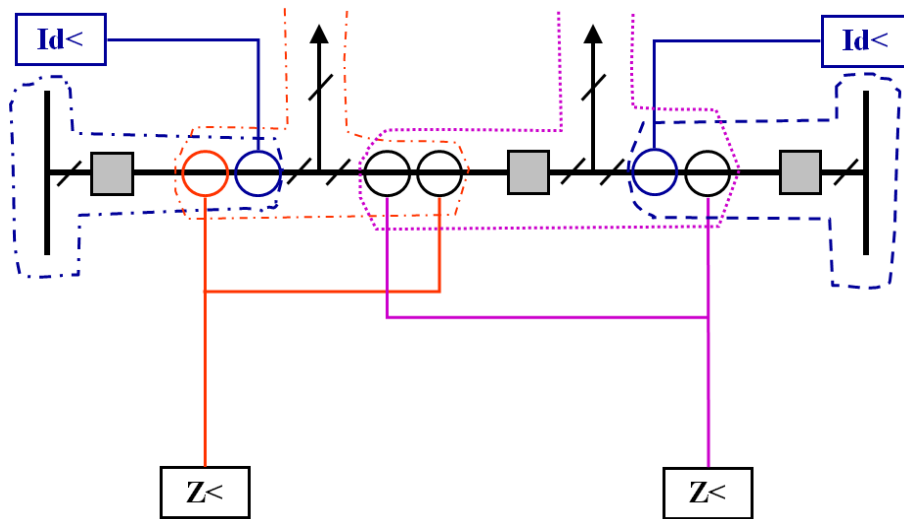


## Efectividad Recierre





## Modificación a esquemas de protección



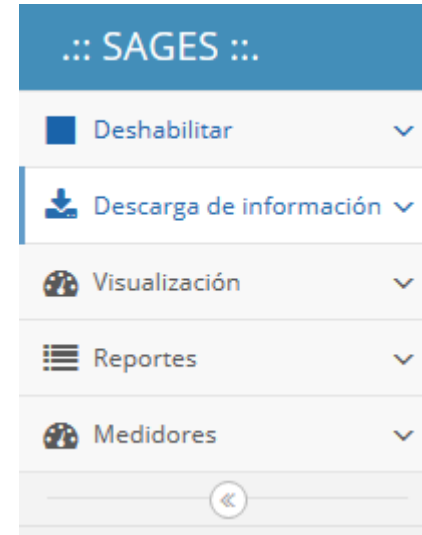
## Modificación a ajustes de protecciones

Ajuste de la corriente mínima de falla ( $I_{kmin}$ ) Sistema de corriente de neutro	500...6000 A en escalones de 100 A 100...6000 A
Factor de estabilización (k)	0.7...0.9 en escalones de 0.05
Alarmas corriente diferencial Ajuste de corriente Ajuste de retardo	5...50% x $I_{kmin}$ en escalones de of 5% 2...50 seg en escalones de 1 seg.
Alarma seccionador Retardo	0.5...90 seg
Tiempo de disparo típico	20...30 mseg para $I_{diff}/I_{kmin} \geq 5$ incl. los relés de disparo; para $f_N = 50, 60$ Hz 30...40 mseg para $I_{diff}/I_{kmin} \geq 5$ incl. los relés de disparo; para $f_N = 16.7$ Hz
Relación de transformación de los transformadores de corriente por alimentador	50...10 000/1 A, 50...10 000/5 A, ajustable a través del IHM
Tiempo de reposición	30...96 mseg (para $1.2 < I_k/I_{kmin} < 20$ ); para $f_N = 50, 60$ Hz 45...159 mseg (para $1.2 < I_k/I_{kmin} < 20$ ); para $f_N = 16.7$ Hz

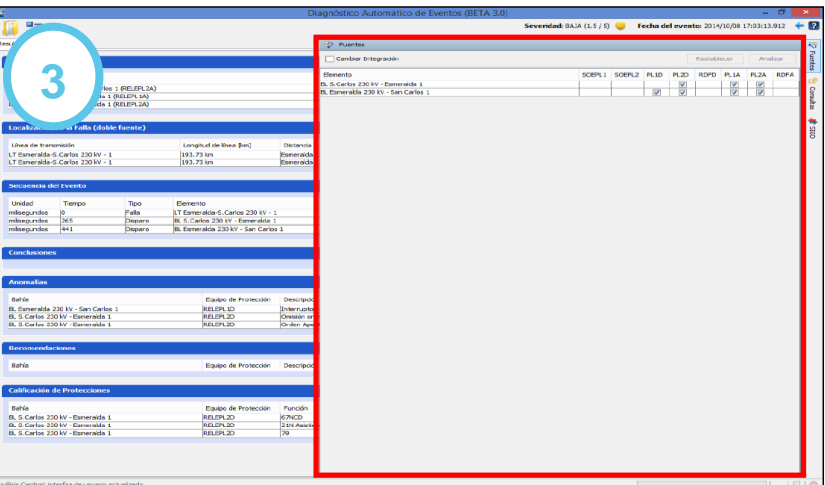
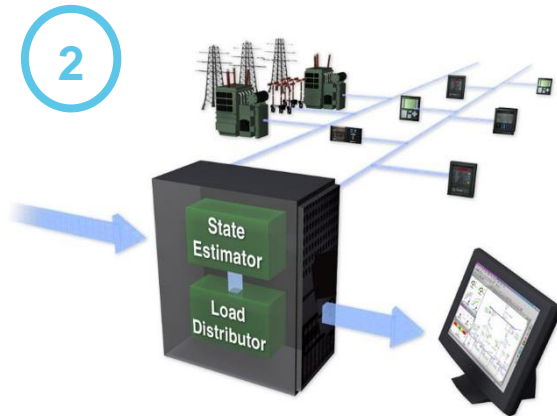


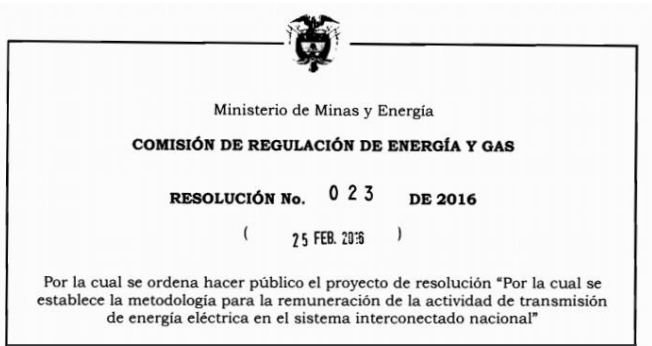
1. Sistema Automático de Gestión Equipos Subestaciones.
2. Estimador de Estado
3. Diagnóstico Automático de Eventos

1



2





- Plantea una metodología de remuneración de Costo de Reposición Depreciado.
- Exige a los agentes transmisores la implementación y certificación en un sistema de gestión de activos acorde a ISO55001 en un plazo de 5 años.



- Gestionar los activos con una visión integrada de su ciclo de vida, considerando la optimización del costo, el riesgo y su desempeño para lograr su máximo valor y contribuir a obtener los objetivos de la organización de manera sostenible.
- Operar los activos del sistema, garantizando la continuidad del servicio en términos de costo-riesgo-desempeño

## INTERCOLOMBIA

- El sector eléctrico colombiano está estructurado en empresas y entes de control que conforman los cuatro componentes de la cadena de suministro: generación, transporte, distribución y comercialización.
- La energía eléctrica generada debe ser transportada a través de una red de líneas de transmisión y subestaciones que operan a altos voltajes, soportada en una infraestructura informática con equipos de comunicación, medida, control y protección.
- La operación de un agente transportador de energía eléctrica tiene como objetivo maximizar la disponibilidad de los equipos, reduciendo los riesgos e incurriendo en costos sostenibles en el tiempo.
- El enfoque de los procesos de operación de los activos de transmisión propiedad de ISA en Colombia por parte de INTERCOLOMBIA, se divide en tres momentos: pre operativo, operación en tiempo real y post operativo, todos ellos enmarcados dentro de un ciclo PHVA.
- Los cambios regulatorios y estratégicos en torno a la gestión de activos optimizada tienen un impacto significativo sobre la operación de un sistema de transmisión, buscando una visión integral del ciclo de vida los activos, con criterios de costo, riesgo y desempeño.

En **INTERCOLOMBIA**  
transportamos energía. Por Colombia



**isa** INTERCOLOMBIA



INTERCOLOMBIA



En **INTERCOLOMBIA**  
transportamos energía. Por Colombia



Conmutador: (574) 325 24 00

Fax: (574) 317 04 17

Línea única de atención: 01 800094 20 01



[www.intercolombia.com](http://www.intercolombia.com)



[intercolombia@intercolombia.com](mailto:intercolombia@intercolombia.com)



Calle 12sur #18-168

Bloque 1. Pisos 2 y 3

Medellín, Colombia



© Todos los derechos reservados INTERCOLOMBIA S.A. E.S.P.