



cigre
Colombia

Modelo de carga y mejora del modelo del SIN para facilitar la revisión del impacto de FERNC

JUAN DIEGO VARGAS GIRALDO
ESTEFANIA GALLEGGO CHICA

Agenda

Evaluación de Calidad

- ¿Para qué?
- ¿Cómo?
- Ejemplo de implementación
- ¿Cómo mejorar el modelo?

Modelo de carga

- Antecedentes
- ¿Por qué es necesario?
- Requerimientos
- ¿Qué se ha hecho?
- Trabajo actual
- Resultados iniciales
- Conclusiones

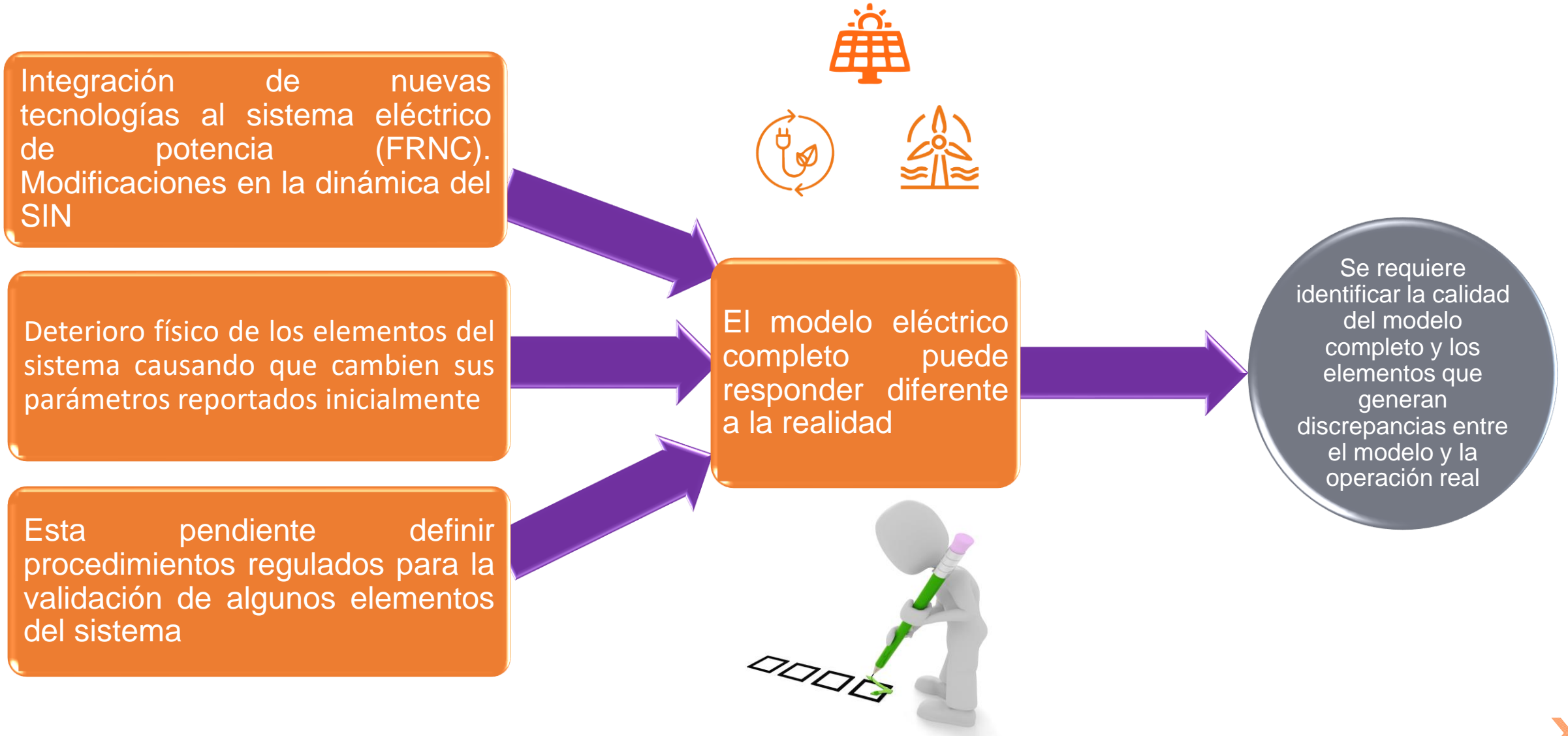


Evaluación de calidad del modelo



Evaluación de calidad del modelo eléctrico

¿Para qué? Garantizar la operación confiable, segura y económica del SIN



Evaluación de calidad del modelo eléctrico

¿Cómo? Métrica Combinada

$$MC = \frac{EAMN + 100(1 - CCL)}{2}$$

Métrica que evalúa la forma.

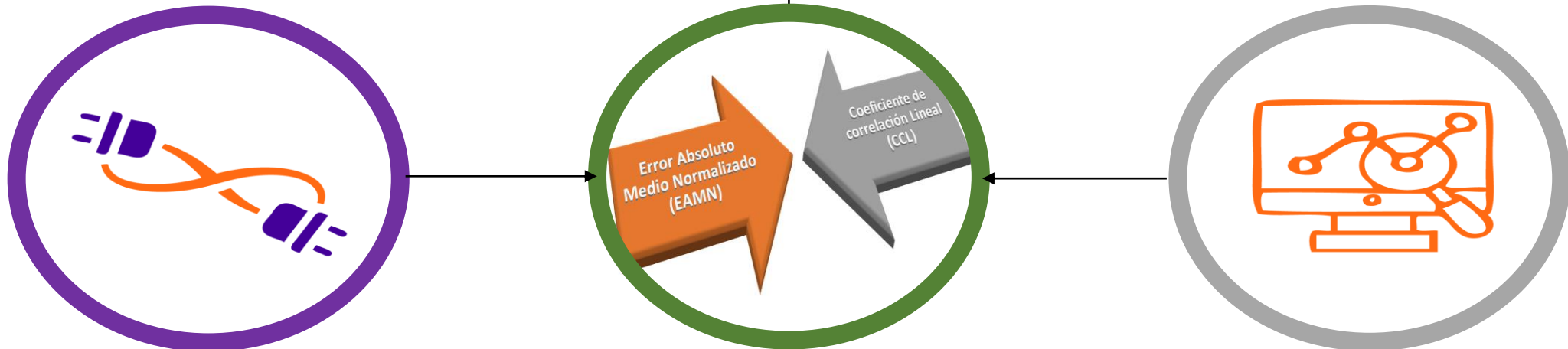
$$CCL = \frac{\sum_{i=1}^n [(X_{Real_i} - \overline{X_{Real}})(X_{Sim_i} - \overline{X_{Sim}})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{Real_i} - \overline{X_{Real}})^2 \sum_{i=1}^n (X_{Sim_i} - \overline{X_{Sim}})^2}}$$

Coefficiente de Correlación Lineal.

Métrica que evalúa la magnitud.

$$EAMN = 100 * \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_{Real_norm_i} - X_{Sim_norm_i}|$$

Error Absoluto Medio Normalizado.



Evaluación de calidad del modelo eléctrico

¿Cómo? Metodología

Puntos de implementación.

El indicador está implementado en 15 nodos piloto de los cuales se cuenta con registros de medición de PMUs



1. Porce 3
2. San Carlos
3. Bolívar
4. Cerromatoso
5. Copey
6. Sabanalarga
7. Ocaña
8. Primavera
9. Sochagota
10. Bacatá
11. Guavio
12. La Reforma
13. San Marcos
14. Jamondino
15. Virginia



Variables y escenarios de evaluación.

- Las variables eléctricas consideradas son la tensión y frecuencia de cada uno de los nodos piloto.
- Aplicación ante eventos de frecuencia y tensión que ocurran en la vida real.
- Acondicionamiento del modelo con el aplicativo DigTNA.
- Clasificación de los resultados: Bueno, por revisar y urgente

Cargar los datos en el aplicativo.

Calculo del indicador del modelo eléctrico del SIN

Datos PhasorPoint Leer/Cargar Cálculo Gráficas Ayuda

Dirección del Leer/Cargar Cargado de Tensión Real: [] Valor mínimo de tensión [p.u.]: -1

Dirección del Leer/Cargar Cargado de Tensión Simulado: []

Dirección del Leer/Cargar Cargado de Frecuencia Real: [] Valor mínimo de frecuencia [p.u.]: -1

Dirección del Leer/Cargar Cargado de Frecuencia Simulado: []

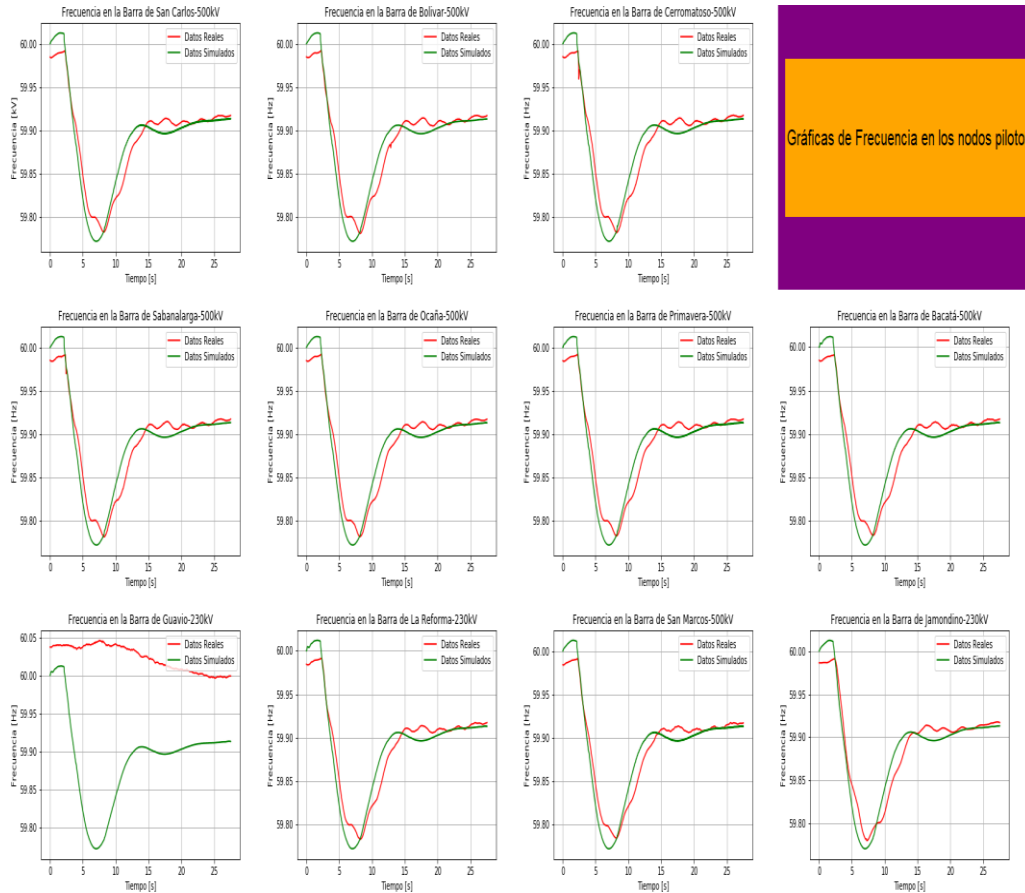
Nodo (Zona)	Tensión			Frecuencia			Indicador Global		Ranking	
	EAMN [%]	CCL [-1, 1]	Indicador Combinado [%]	EAMN [%]	CCL [-1, 1]	Indicador Combinado [%]	Tensión	Frecuencia	Tensión	Frecuencia
1. Porce 3 (Antioquia)										
2. San Carlos (Antioquia)							Indicador Antioquia			
3. Bolívar (Costa)							Tensión	Frecuencia		
4. Cerromatoso (Costa)										
5. Copey (Costa)							Indicador Costa			
6. Sabanalarga (Costa)							Tensión	Frecuencia	Desactivar Nodos	
7. Ocaña (Nordeste)									<input type="checkbox"/> Nodo: 1	<input type="checkbox"/> Nodo: 9
8. Primavera (Nordeste)							Indicador Nordeste		<input type="checkbox"/> Nodo: 2	<input type="checkbox"/> Nodo: 10
9. Sochagota (Nordeste)							Tensión	Frecuencia	<input type="checkbox"/> Nodo: 3	<input type="checkbox"/> Nodo: 11
10. Bacatá (Oriental)									<input type="checkbox"/> Nodo: 4	<input type="checkbox"/> Nodo: 12
11. Guavio (Oriental)							Indicador Oriental		<input type="checkbox"/> Nodo: 5	<input type="checkbox"/> Nodo: 13
12. La Reforma (Oriental)							Tensión	Frecuencia	<input type="checkbox"/> Nodo: 6	<input type="checkbox"/> Nodo: 14
13. San Marcos (Suroccidente)									<input type="checkbox"/> Nodo: 7	<input type="checkbox"/> Nodo: 15
14. Jamondino (Suroccidente)							Indicador Suroccidente			
15. Virginia (Suroccidente)							Tensión	Frecuencia	<input type="checkbox"/> Nodo: 8	

Seleccionar Datos PhPo | Seleccionar Datos | Cargar Datos | Calcular Métricas

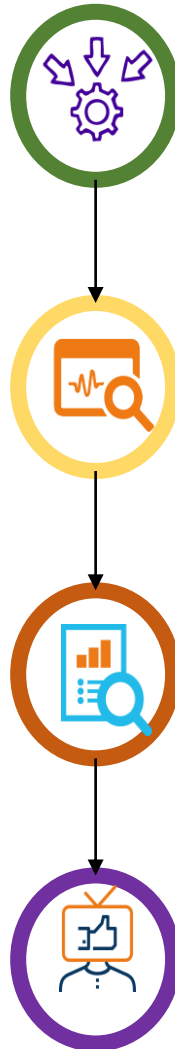
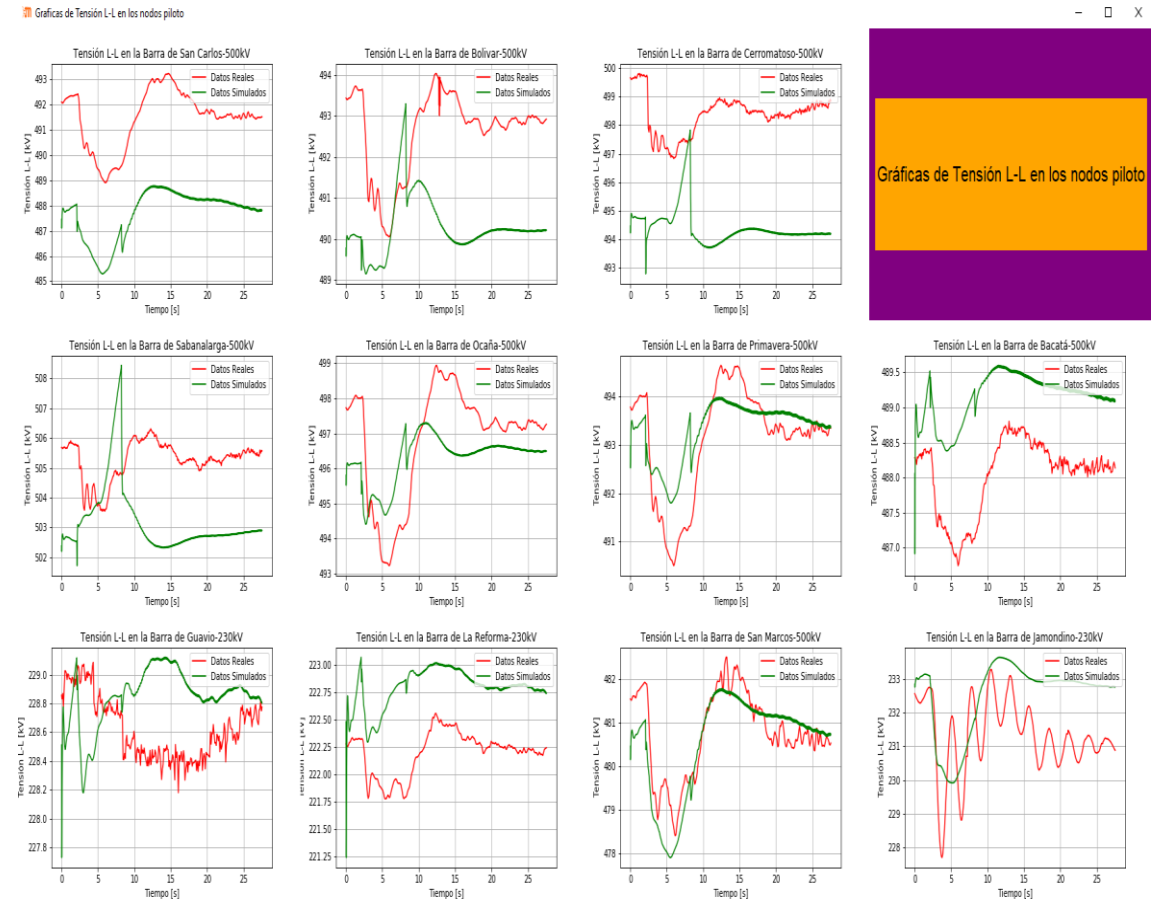
Evaluación de calidad del modelo eléctrico

Ejemplo de implementación evento disparo de Gecelca III

Comparación respuesta en frecuencia



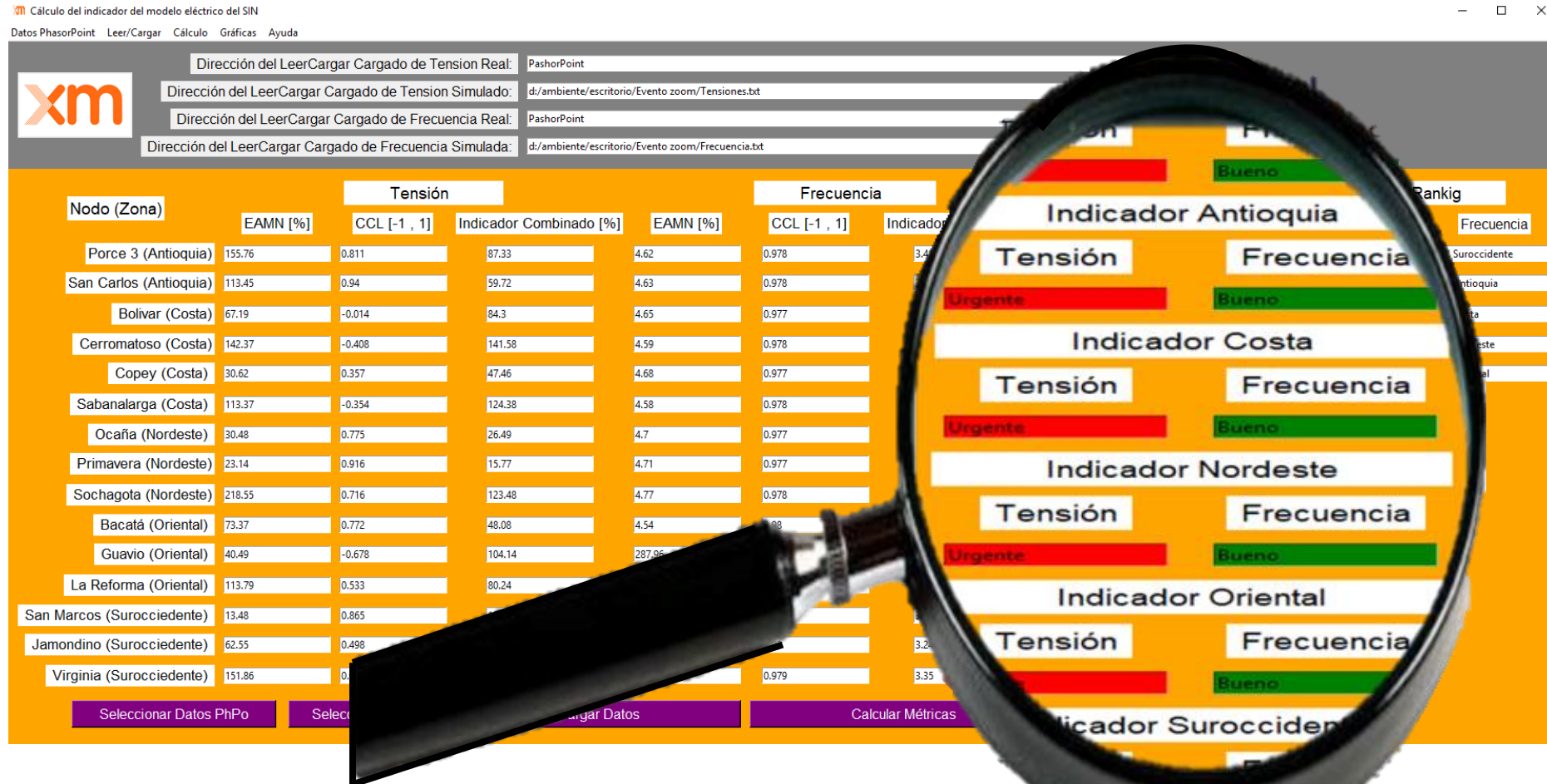
Comparación respuesta en tensión



Evaluación de calidad del modelo eléctrico

Ejemplo de implementación evento disparo de Gecelca III

Desempeño de la metodología aplicada.



Evaluación de calidad del modelo eléctrico

¿Cómo mejorar el modelo?

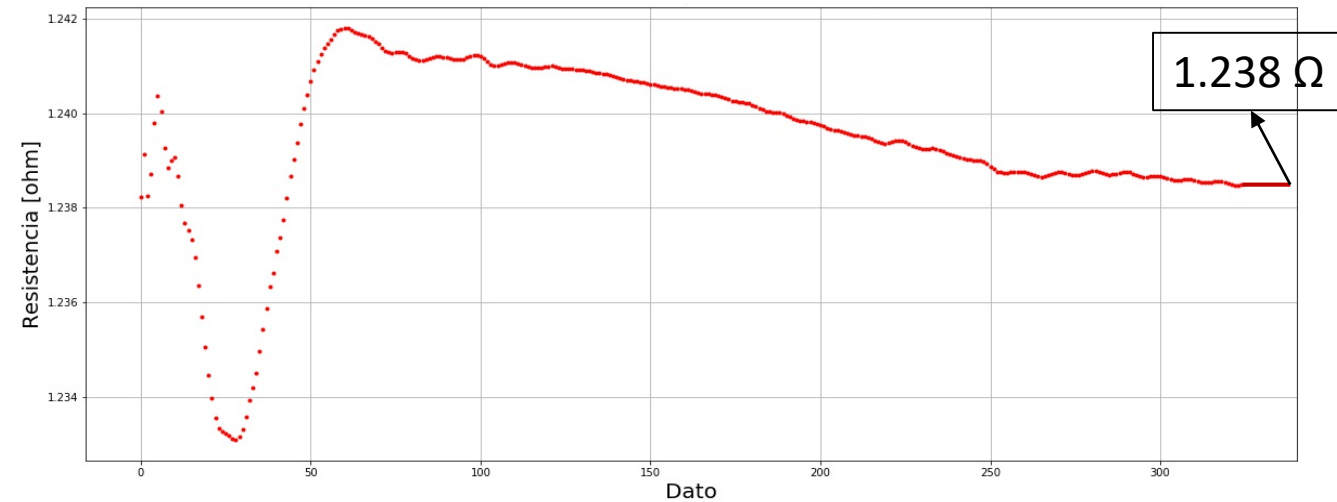
Metodología de ajuste de los modelos de los elementos del sistema.

Al identificar los elementos que afectan la calidad del modelo eléctrico completo, se plantea un procedimiento de ajuste de los parámetros del modelo del elemento identificado, logrando un mejor comportamiento del modelo del elemento en particular y a su vez una mejora en la calidad del modelo eléctrico del SIN

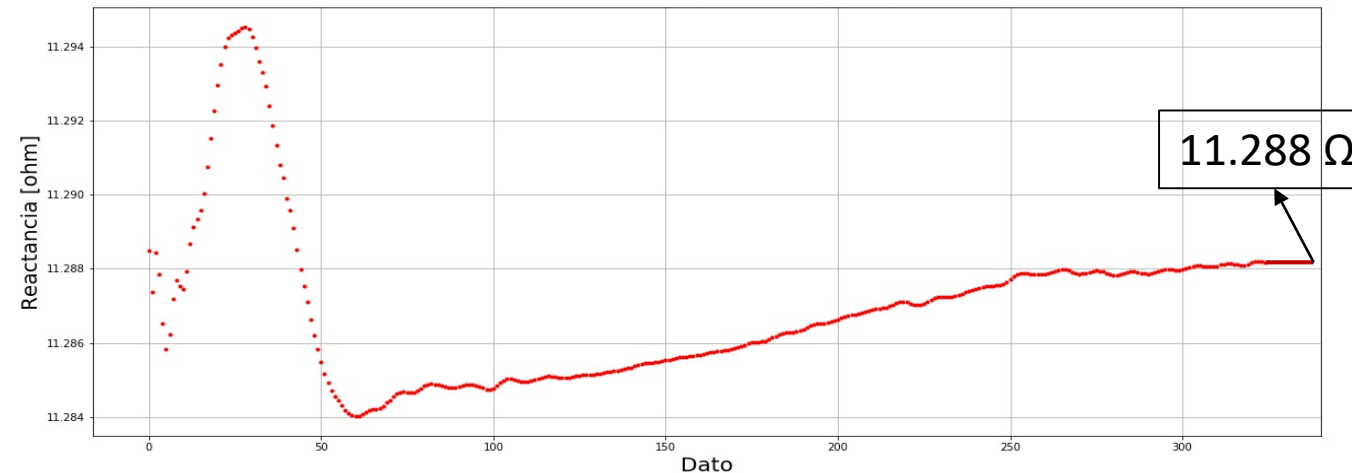
Ejemplo de estimación de parámetros usando filtro de Kalman.

Chivor - Guavio 2 230	
Valores resultantes	
Corriente Nominal (act.)	1.021 kA
Impedancia Sec. Pos, Z1	11.39537 Ohm
Impedancia Sec. Pos, Áng.	84.03229 deg
Resistencia Sec. Pos, R1	1.184754 Ohm
Reactancia Sec. Pos, X1	11.33362 Ohm
Resistencia Sec. Cero, R0	9.00504 Ohm
Reactancia Sec. Cero, X0	30.58075 Ohm
Corriente de tierra, Ice	19.12822 A
Factor tierra k0, Magnitud	0.6077088
Factor tierra k0, Áng.	-16.14464 deg

Estimación resistencia línea Chivor - Guavio 230 kV



Estimación reactancia línea Chivor - Guavio 230 kV





Modelo de carga

Sistema Eléctrico Colombiano



MODELO DE CARGA

Antecedentes

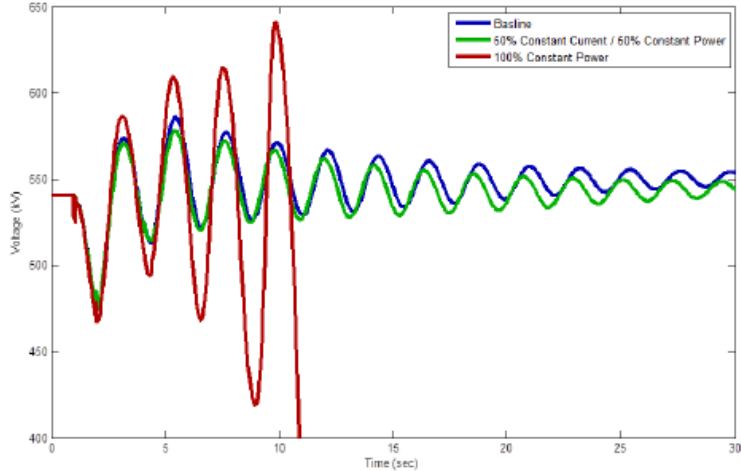
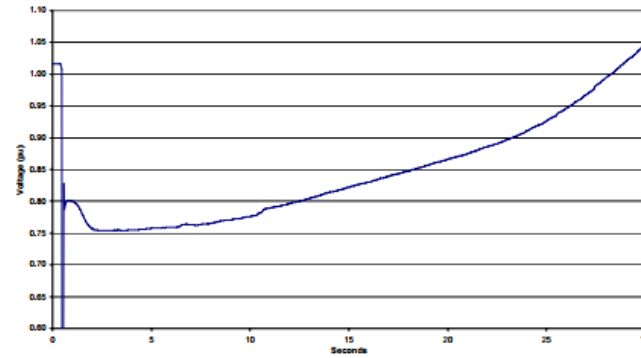


Figure 2.1: Impact of Constant Power Load on Oscillatory Stability [Source: WECC]



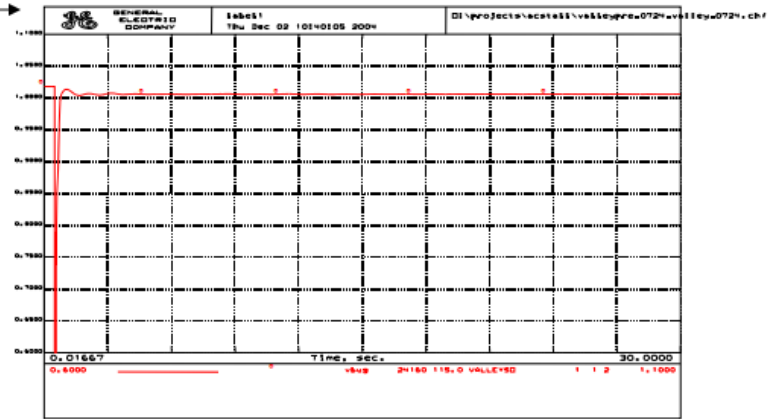
30 seconds



Realidad

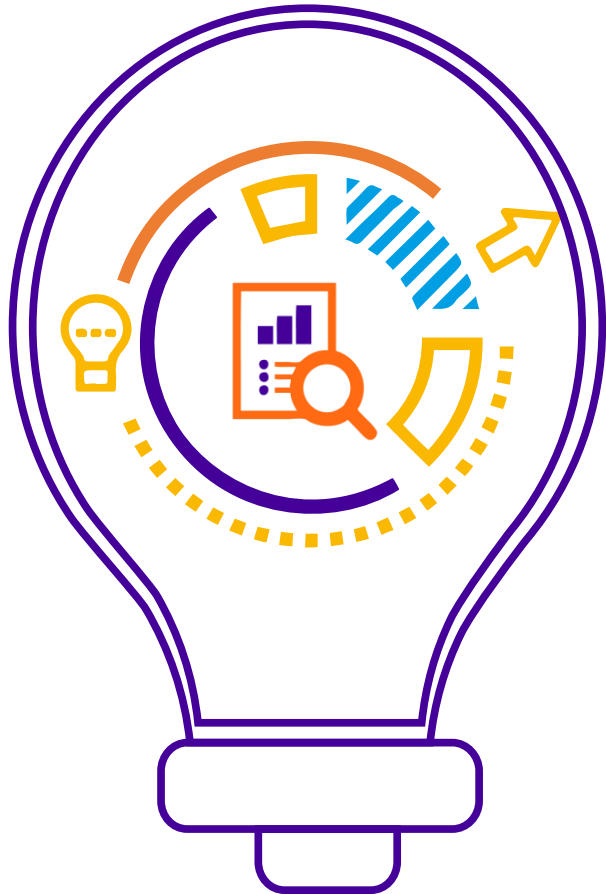


Simulación



MODELO DE CARGA

¿Por qué es necesario?



Integración de FERNC



Modelo de carga actual no validado



Parámetros iguales para todas las cargas del sistema



Modelo típico de DlgSILENT Power Factory

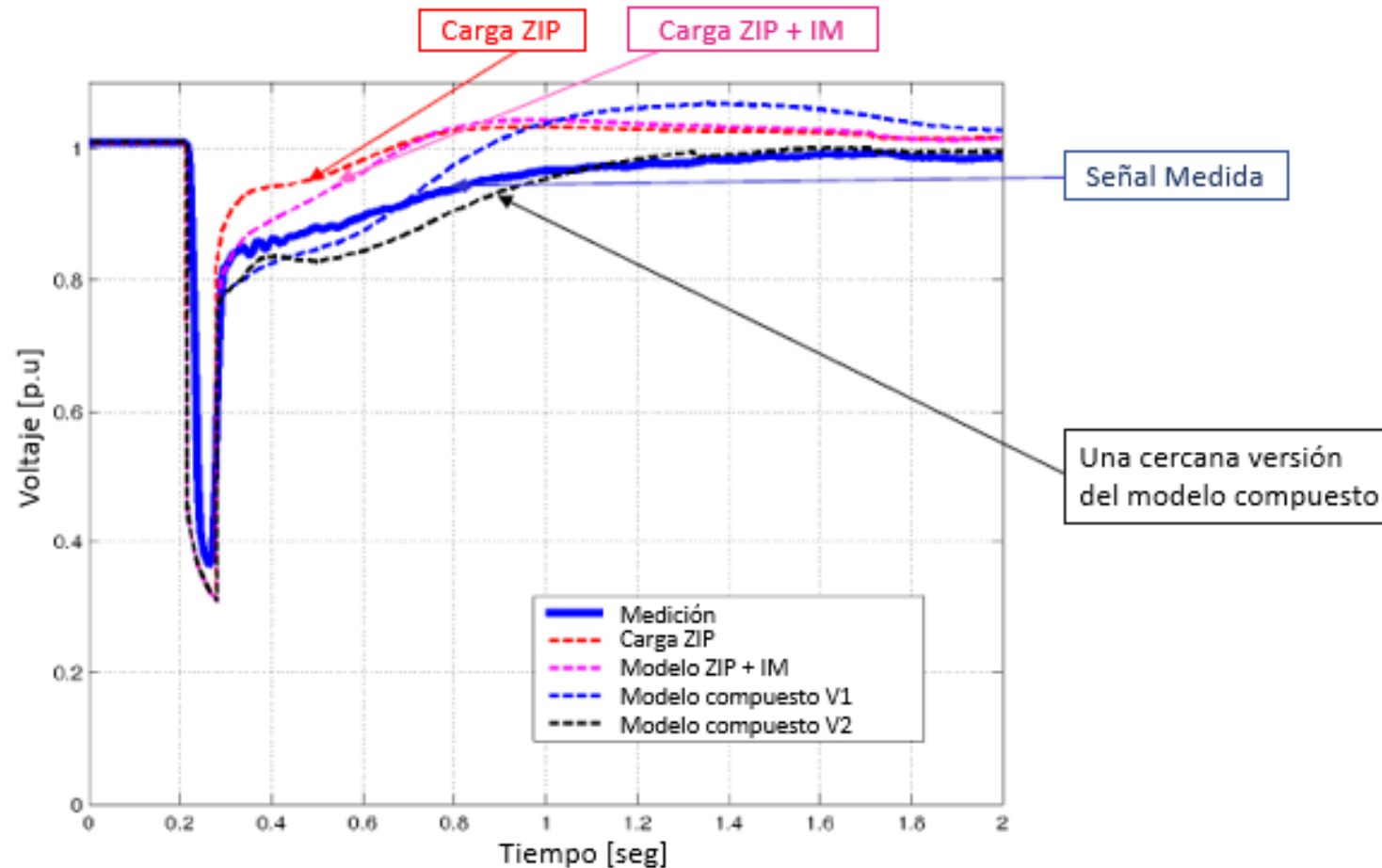
MODELO DE CARGA



- ➔ Incluye componente estática y dinámica de la carga
- ➔ Útil para simulaciones de estabilidad transitoria en el dominio del tiempo
- ➔ Aporte de corriente de corto circuito de motores ante fallas
- ➔ De estructura conocida
- ➔ Parametrizable en función de las características de la carga

MODELO DE CARGA

¿Qué se ha hecho? - Identificación de tipos de modelos

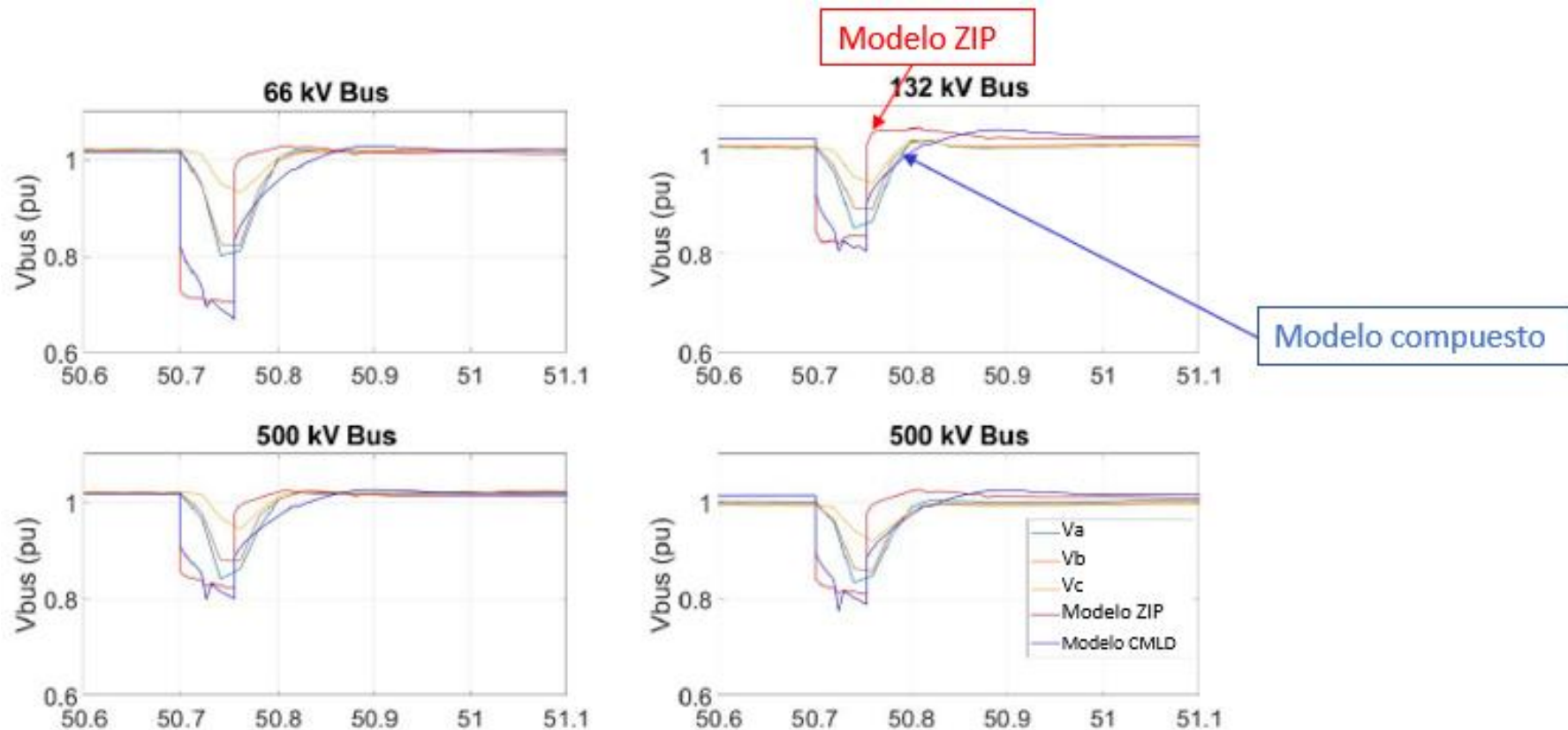


Fuente: P. Pourbeik and B. Agrawal, "A Hybrid Model for Representing Air-Conditioner Compressor Motor Behavior in Power System Studies",

Proceedings of the IEEE PES General Meeting, Pittsburg, July 2008.

MODELO DE CARGA

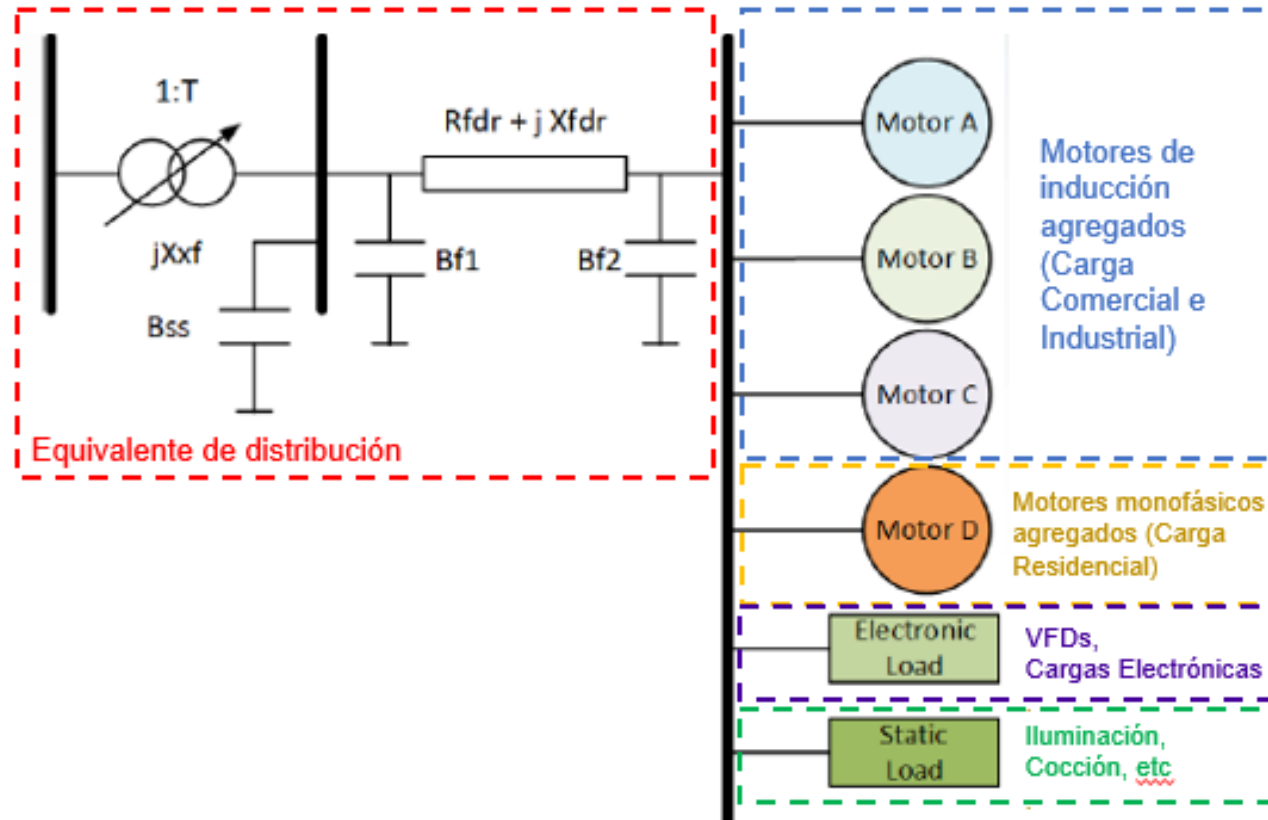
¿Qué se ha hecho? - Identificación de tipos de modelos



Fuente: P. Pourbeik, J. Riesz, J. Lu and B. Badrzadeh, "Utilizing Aggregated Distributed Energy Resource Models in Large Operational and Planning Cases, Together with Verification Against Measured System Events: Australian National Electricity Market's Experience" Presentation at the IEEE PES GM 2019, August, 2019 (© IEEE 2019)
https://resourcecenter.ieee-pes.org/conference-videos-and-slides/general-meeting/PES_CVS_GM19_0806_302_8_12.html

MODELO DE CARGA

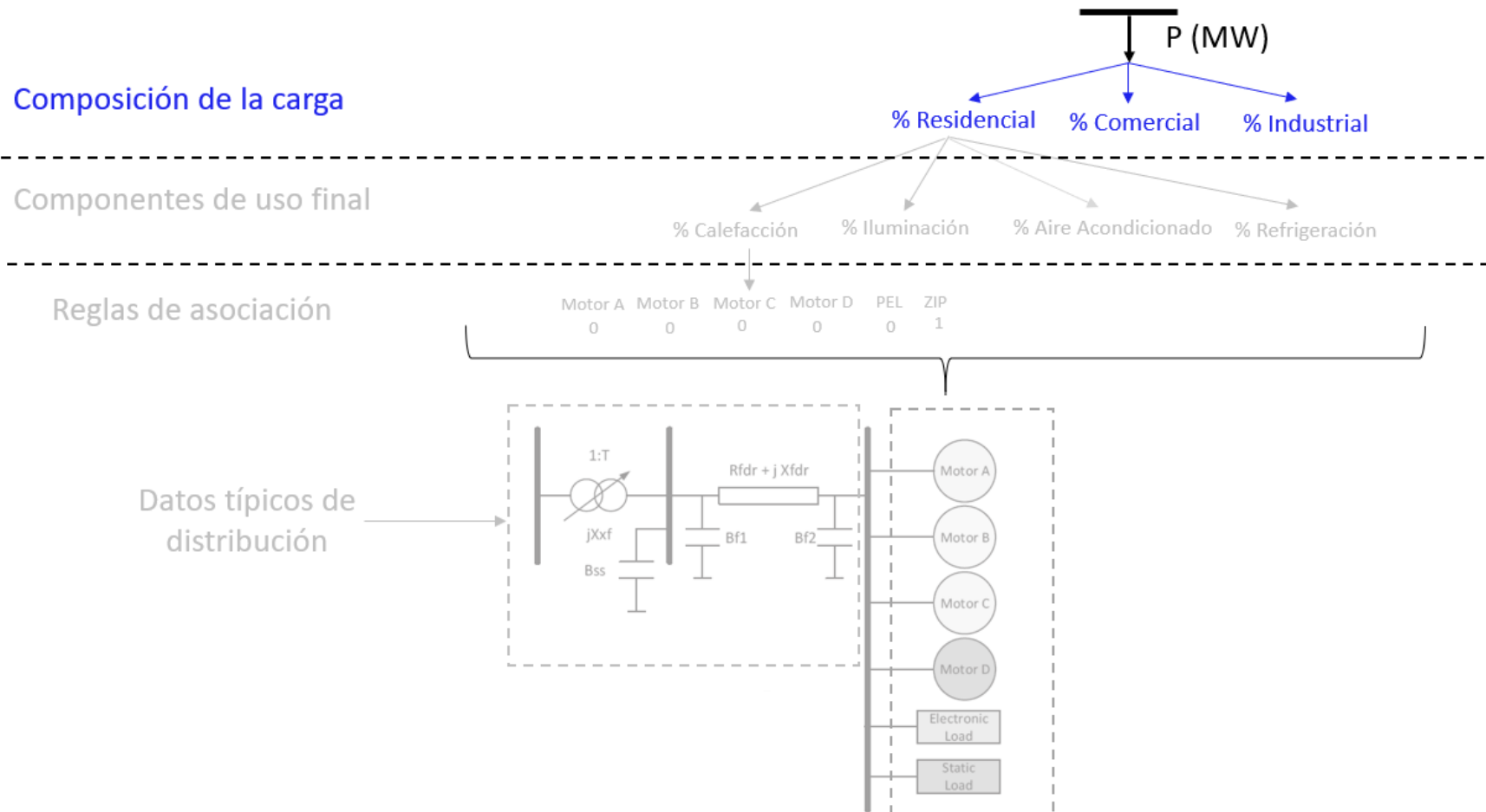
¿Qué se ha hecho? - Selección del modelo de carga



Fuente: P. Pourbeik, J. Riesz, J. Lu and B. Badrzadeh, "Utilizing Aggregated Distributed Energy Resource Models in Large Operational and Planning Cases, Together with Verification Against Measured System Events: Australian National Electricity Market's Experience" Presentation at the IEEE PES GM 2019, August, 2019 (© IEEE 2019)
https://resourcecenter.ieee-pes.org/conference-videos-and-slides/general-meeting/PES_CVS_GM19_0806_302_8_12.html

MODELO DE CARGA

¿Qué se ha hecho? - Definición de una metodología



MODELO DE CARGA

¿Qué se ha hecho? - Aplicación de una Metodología

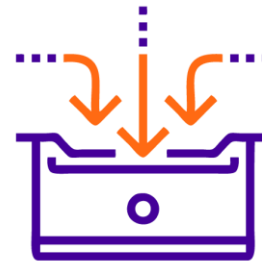
1. Composición de la carga

Reunión de CD
05/04/2019

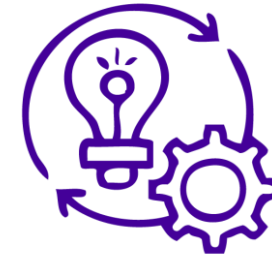


Circular 030 y 031
del CNO

Recibo de la
información



Consolidación de
la información



MODELO DE CARGA

¿Qué se ha hecho? - Aplicación de una Metodología

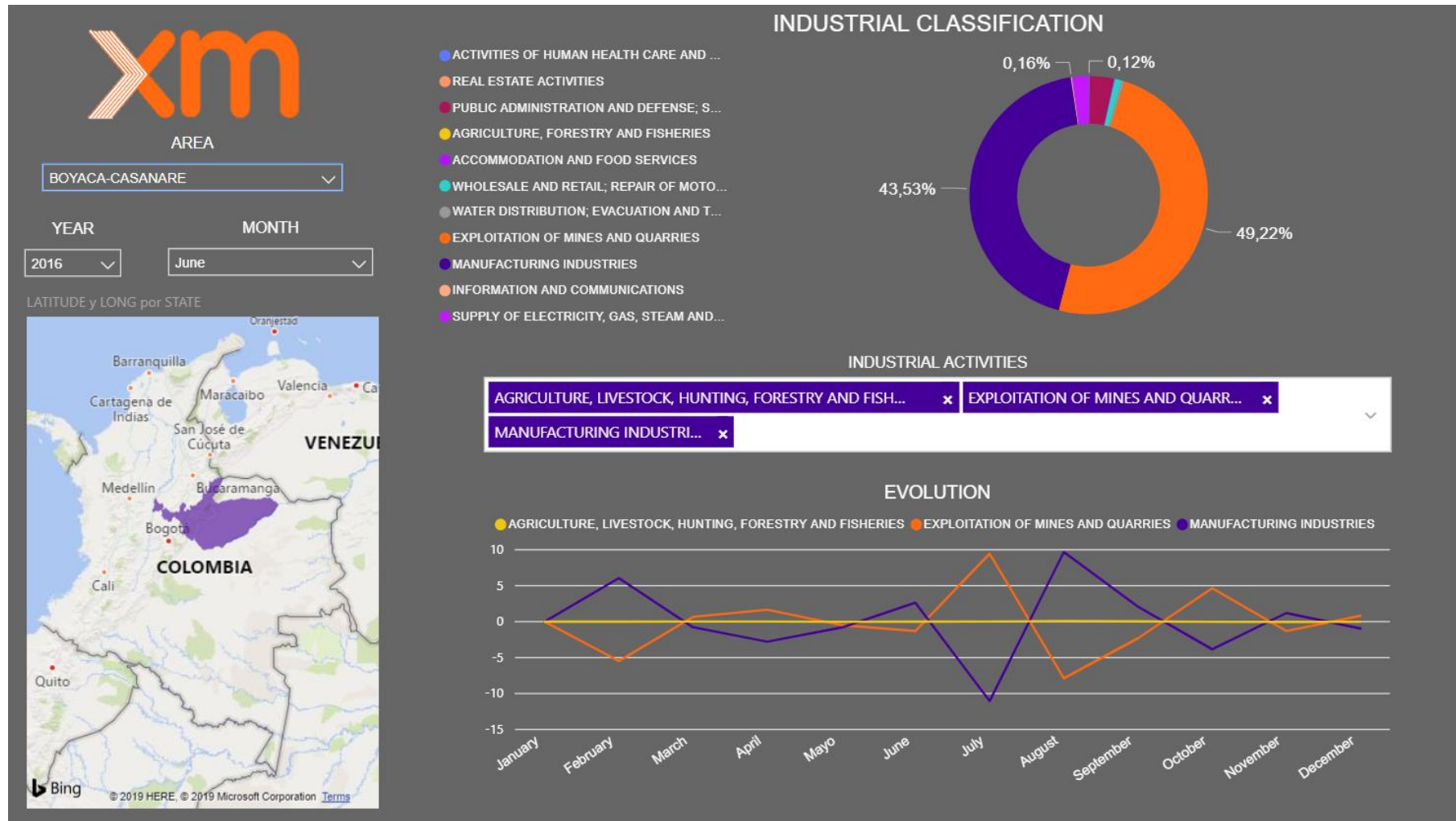
1. Composición de la carga - Aplicativo



MODELO DE CARGA

¿Qué se ha hecho? - Aplicación de una Metodología

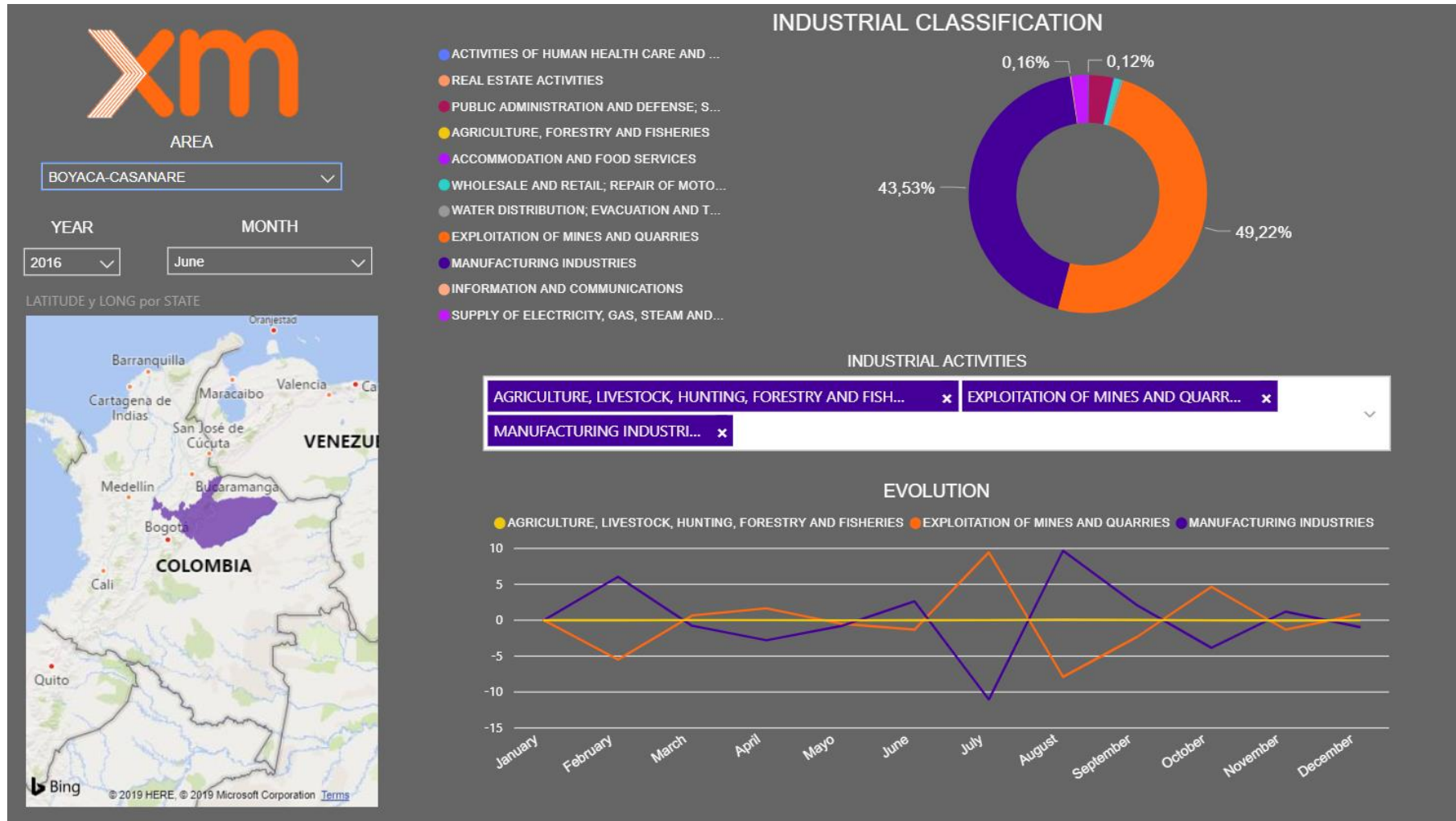
1. Composición de la carga - Aplicativo



MODELO DE CARGA

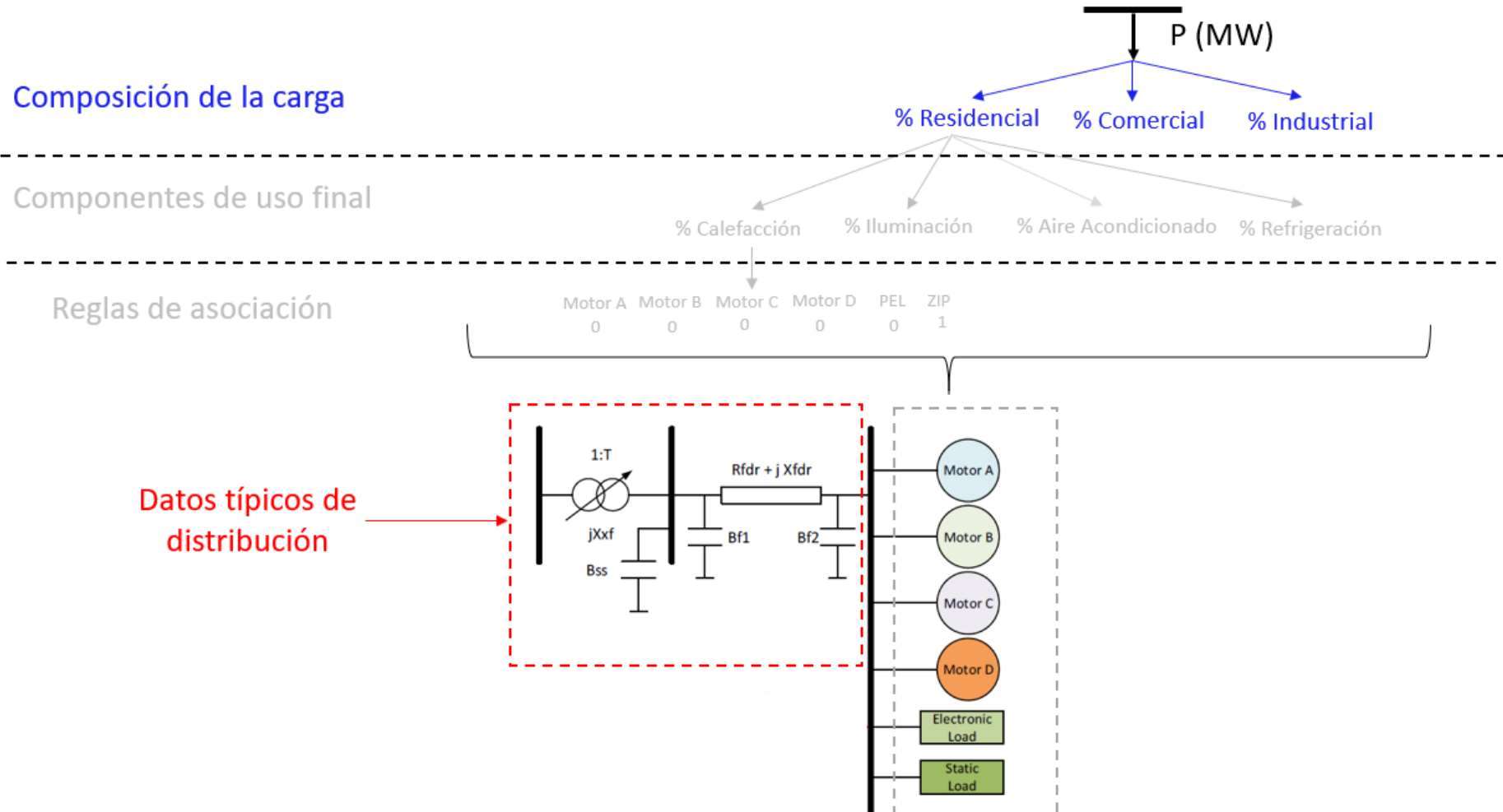
¿Qué se ha hecho? - Aplicación de una Metodología

1. Composición de la carga - Aplicativo



MODELO DE CARGA

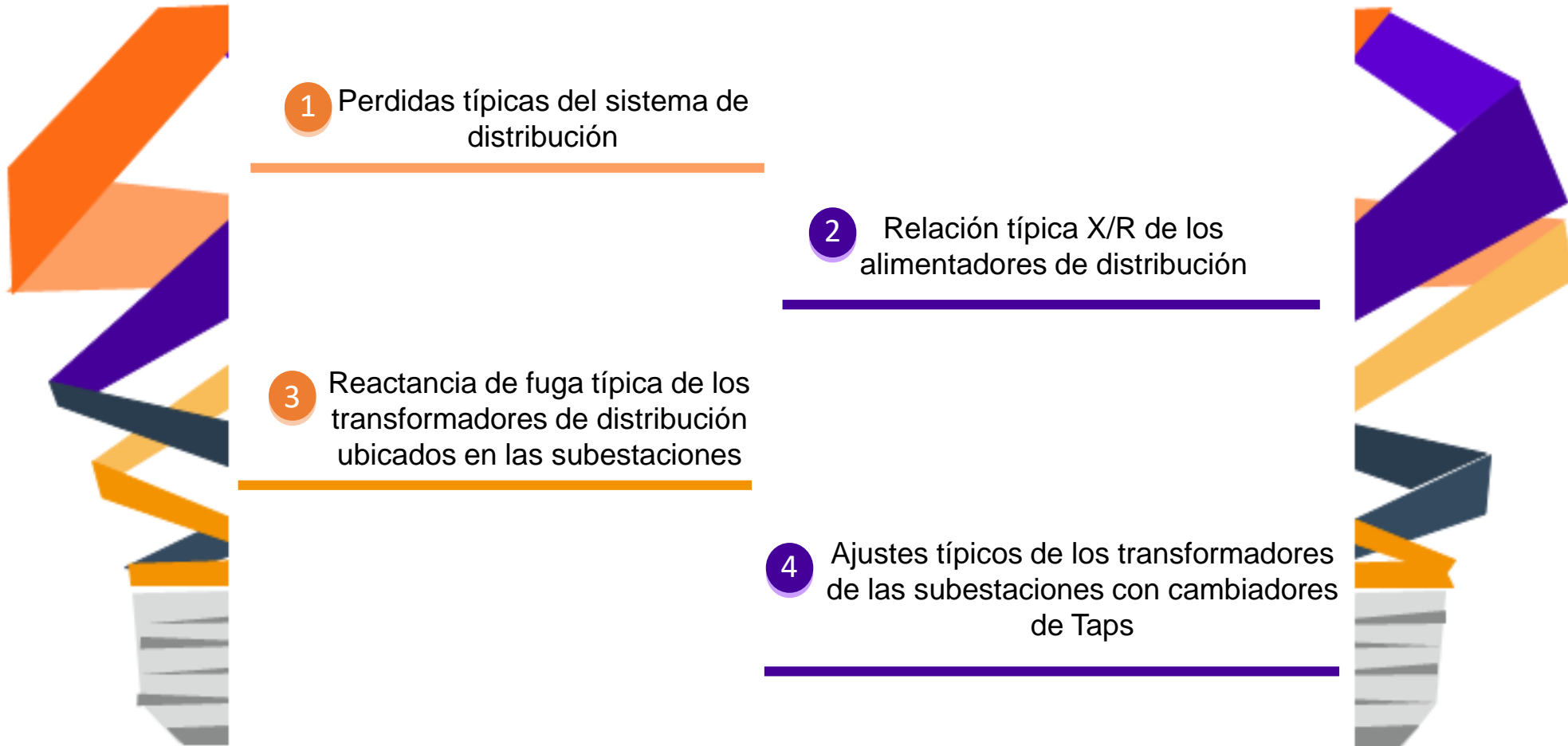
¿Qué se ha hecho? - Aplicación de una Metodología



MODELO DE CARGA

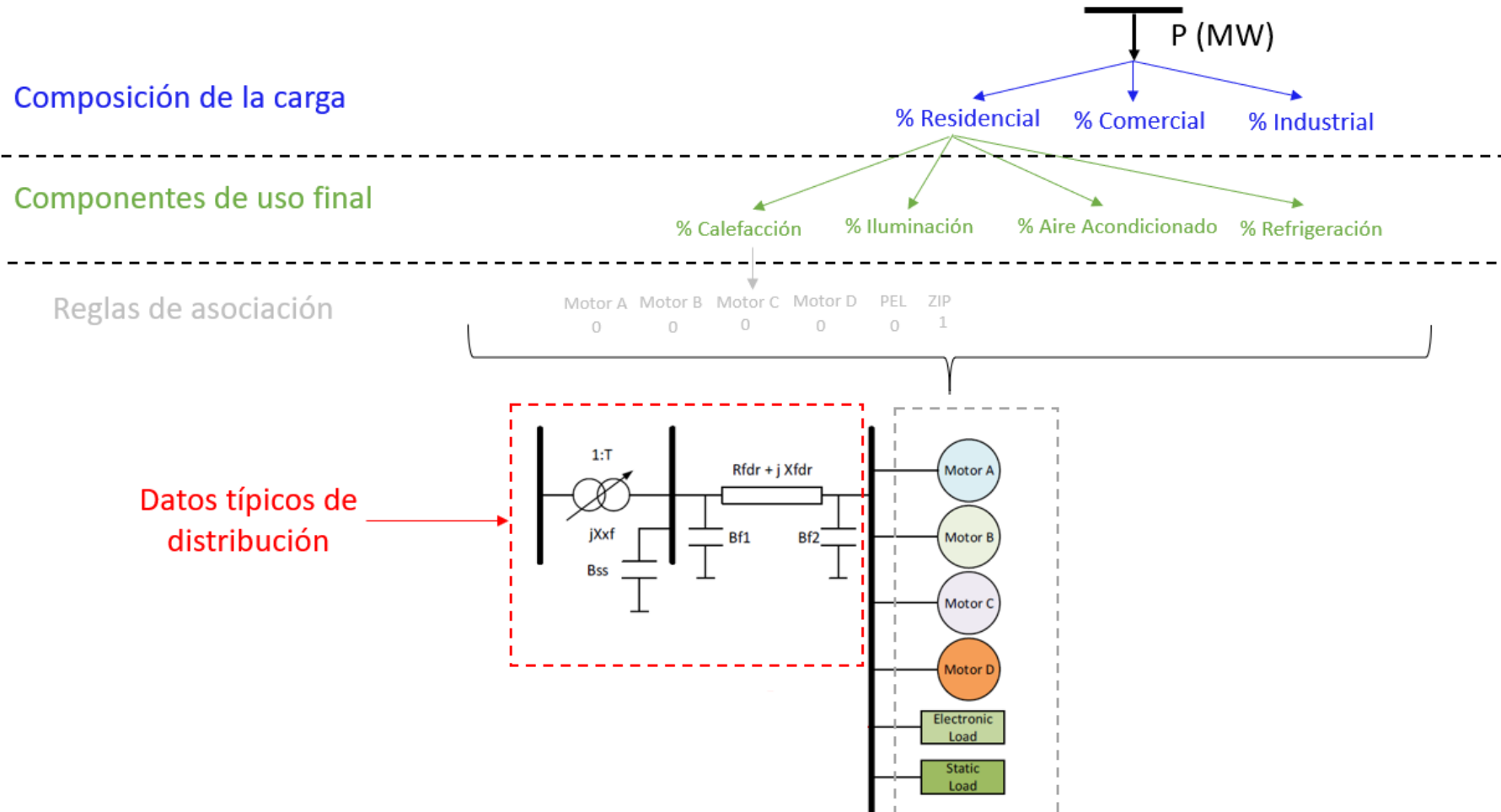
¿Qué se ha hecho? - Aplicación de una Metodología

2. Datos típicos de distribución



MODELO DE CARGA

¿Qué se ha hecho? - Aplicación de una metodología



MODELO DE CARGA

¿Qué se ha hecho? - Aplicación de una Metodología

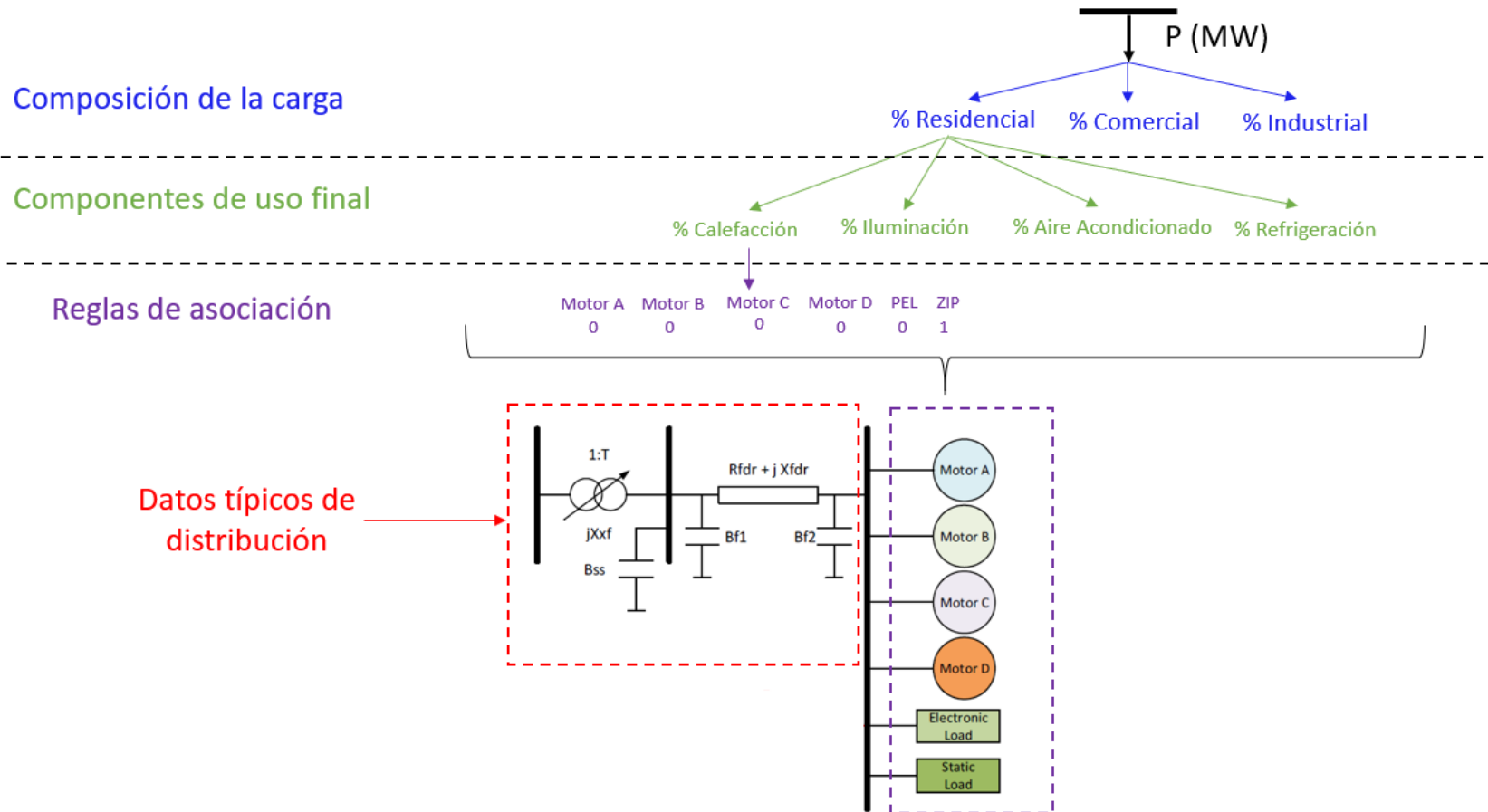
3. Componentes de Uso Final

Composición de la carga	Carga Residencial	Carga Comercial	Carga Industrial
% Motores Trifásicos	0	11.5	75.9
% Iluminación	10	28.7	5.3
% Refrigeración	39	12.9	5.3
% Calor Directo	0	7.1	9
% Calor Indirecto	0	8.3	0.4
% Aire Acondicionado	7	21.1	2.7
% Equipos de Oficina	0	8.1	0
% Televisión	20	0	0
% Plancha eléctrica	2	0	0
% Ducha eléctrica	6	0	0
% Ventilación	6	0	0
% Otros	10	2.3	1.4

Fuente: UPME

MODELO DE CARGA

¿Qué se ha hecho? - Aplicación de una metodología



MODELO DE CARGA

¿Qué se ha hecho? - Aplicación de una Metodología

4. Reglas de Asociación

¿Qué requiere?

1 Entender los tipos de carga

2 Entender la composición cada carga de uso final

3 Puede requerir encuestas

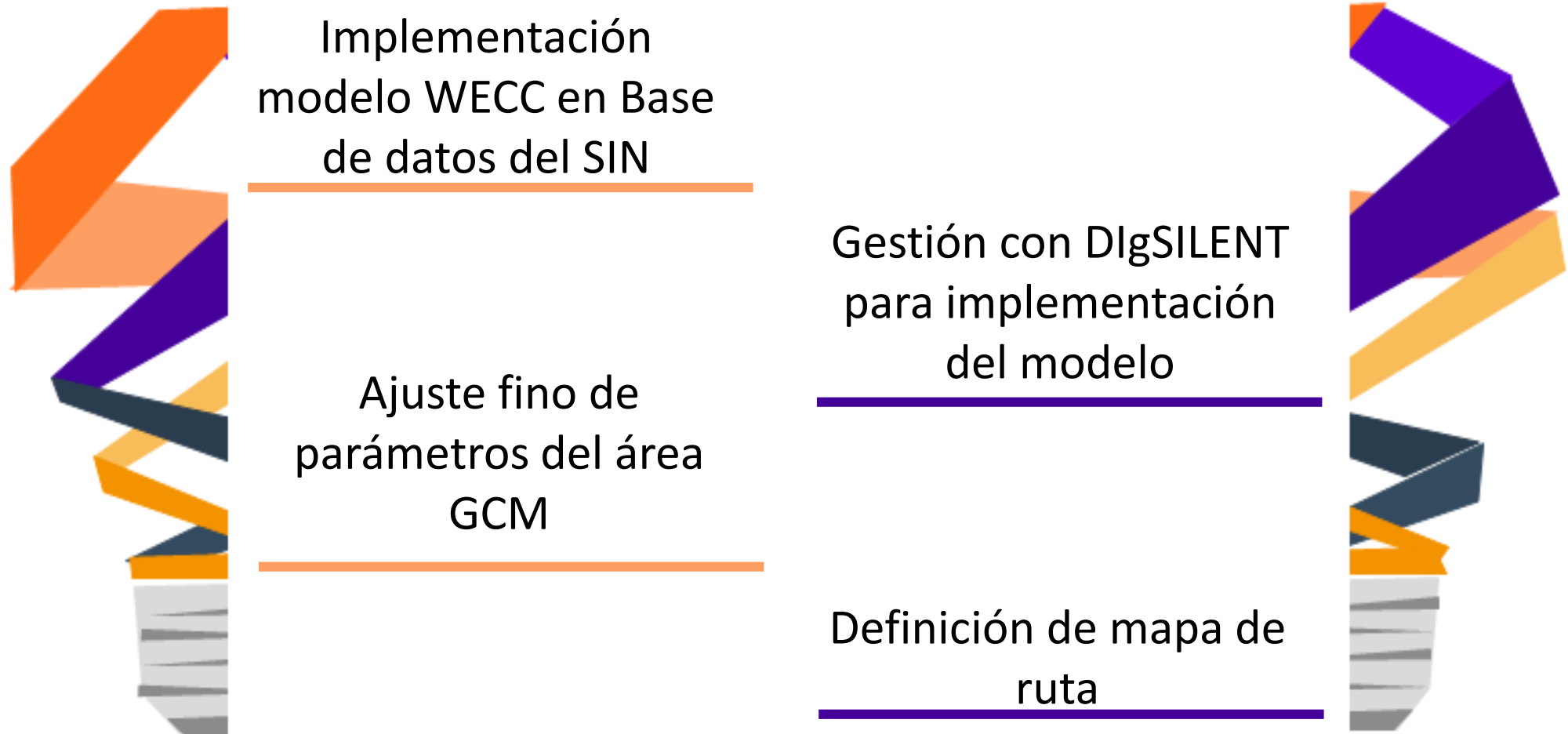
Estimación inicial

Juicio de ingeniería

Datos públicos disponibles en informes de investigación

MODELO DE CARGA

Trabajo actual

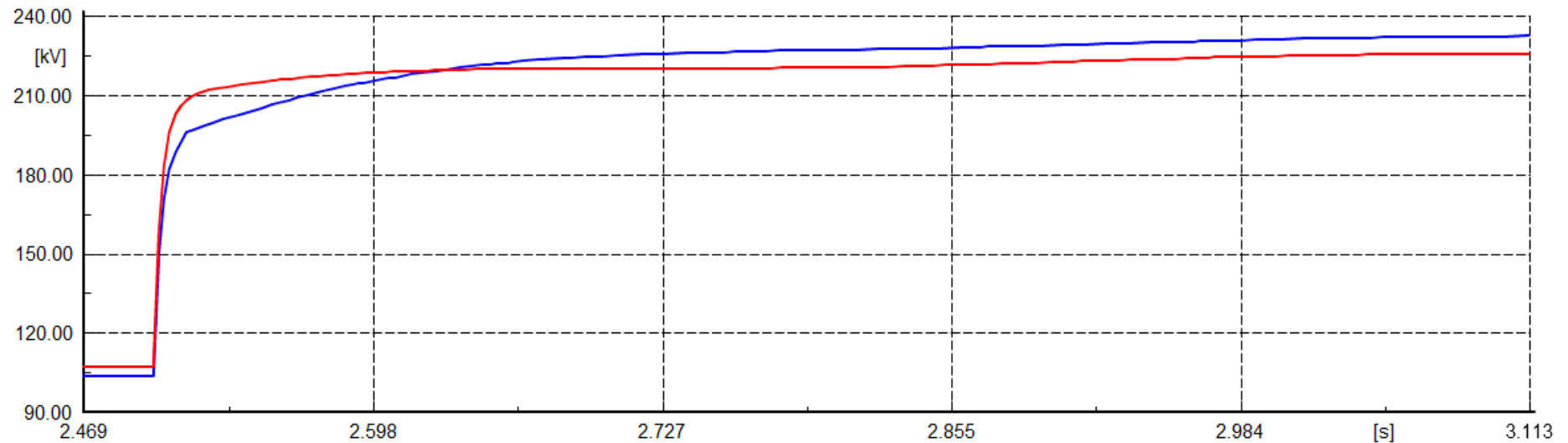


MODELO DE CARGA

Resultados iniciales

Evento: Cortocircuito línea La Loma 500 kV – Ocaña 500 kV

Medición: Valledupar 220 kV



Conclusiones

XM cuenta con una metodología implementada que usa PMUs para evaluar la calidad del modelo eléctrico del SIN.

Hacer seguimiento a la calidad de lo modelo eléctrico completo permite hacer un diagnostico de los posibles problemas que este tiene y que modelos de los elementos del sistema deben ser ajustados.

Tener un modelo eléctrico confiable permite mejorar los estudios de penetración de las FRNC y sus posibles impactos.

Conclusiones

- El modelo de carga seleccionado para el SIN es el modelo compuesto dado que:

Ante la entrada de FERNC se hace necesario contar con un modelo de carga que represente adecuadamente la respuesta dinámica de la tensión.

Permite incorporar las características de la carga (robustez en el tiempo)

Estructura conocida

Permitirá evidenciar diferentes fenómenos de tensión presentados en el SIN contribuyendo con la definición de consignas operativas e identificación de requerimientos adicionales para mejorar la estabilidad del SIN

PREGUNTAS





Gracias

