Congreso Conmemorativo IEEE

"Evolución a Nuevos Sistemas de Transmisión de Alta Confiabilidad"

Ing. Raymundo Carrasco Aguirre

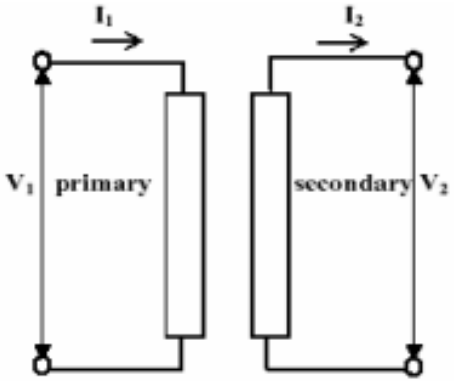
Autotransformador Flexible

Autotransformador Flexible

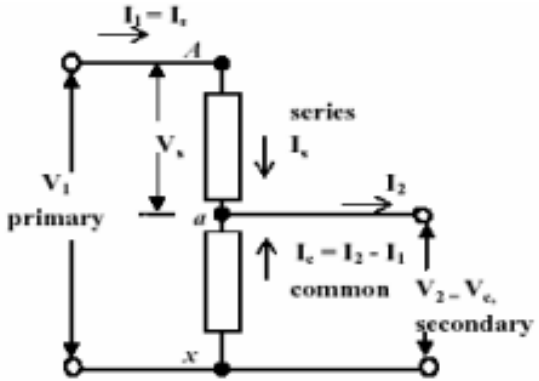
Raymundo Carrasco Aguirre
Monterrey NL, Septiembre 2022

La Función de un Autotransformador (Auto)

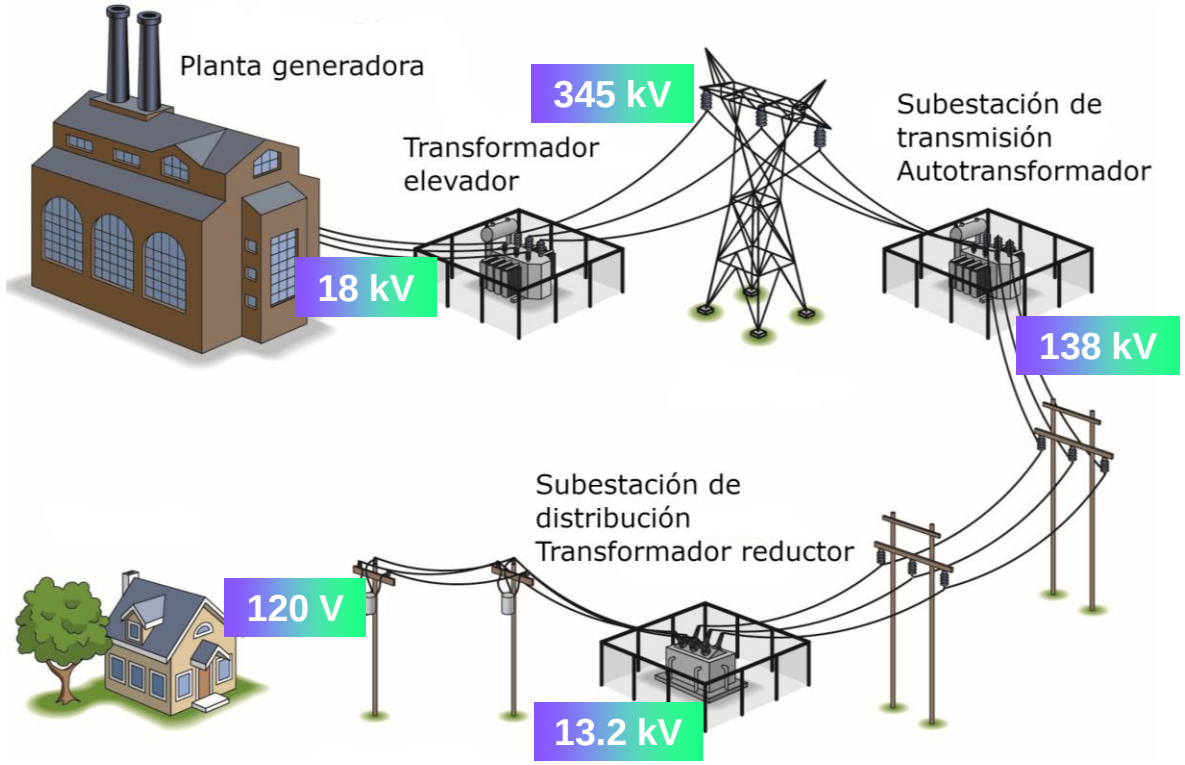
El Auto **conecta 2 sistemas de alto voltaje** por ejemplo de 345 kV y 138 kV.



Transformador 2 Devanados



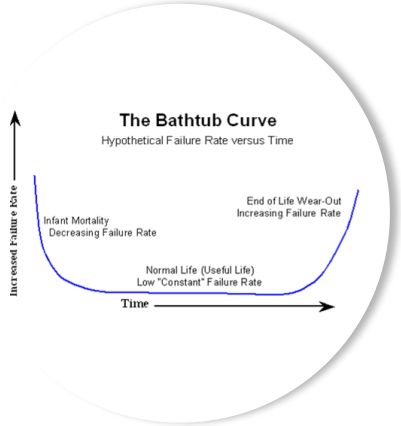
Autotransformador



Económicamente el Auto es preferible al transformador de 2 devanados (menos vueltas, conductor de BT de menor sección = menor peso y dimensiones).

¿Porqué es necesario un Auto Flexible?

Retos de la red eléctrica en EU



Transición a Renovables y Expansion de la Red

- Meta de electricidad limpia
- Duplicar la capacidad de la red para 2035

Infraestructura Vieja

- En EU la edad promedio de los transformadores es de 40 años.
- Entre más antiguo más probable es que falle.

Factores de la Naturaleza

- Cambio climático genera mayores riesgos para la red.
- Huracán María 100 días sin la red eléctrica en Puerto Rico.

Factor Humano

- Vandalismo
- Terrorismo
- Ciberataques

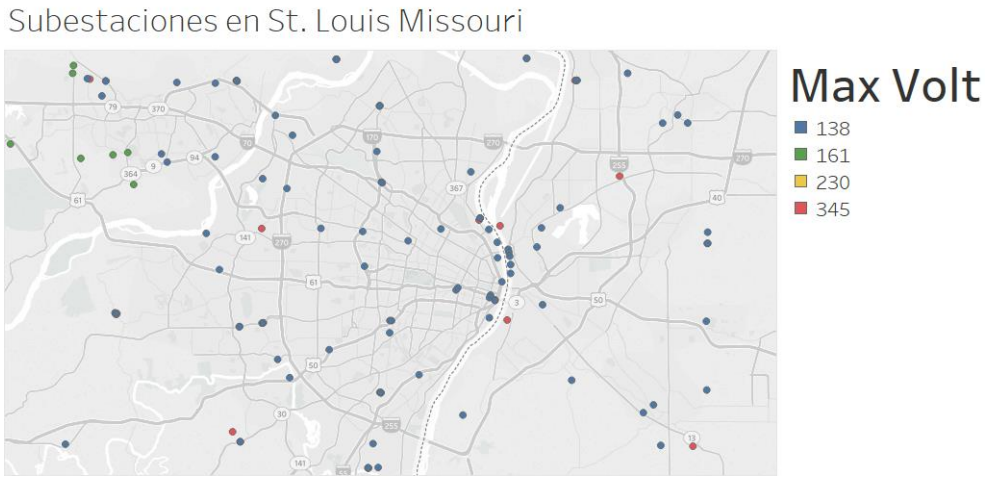
Consecuencia de las Fallas

Retos de la Red Eléctrica en EU

Escenario 1: Falla un equipo

En una subestación falla el Auto 2 y el otro equipo sigue funcionando en condiciones no óptimas temporalmente hasta remplazar el Auto 2.

Escenario 2: Fallan múltiples equipos al mismo tiempo



Se produce una falla en los Autos de la red de 345 kV. El servicio eléctrico se interrumpe durante semanas hasta remplazar los equipos.

Es importante tener un plan de acción para remplazar los equipos fallados, el caso 2 es sumamente difícil de arreglar en corto tiempo.

Desarrollo del Auto Flexible

Departamento de Energía de EU (DOE)

Los Autotransformadores: equipos vulnerables y que tardan en ser remplazados en caso de falla.

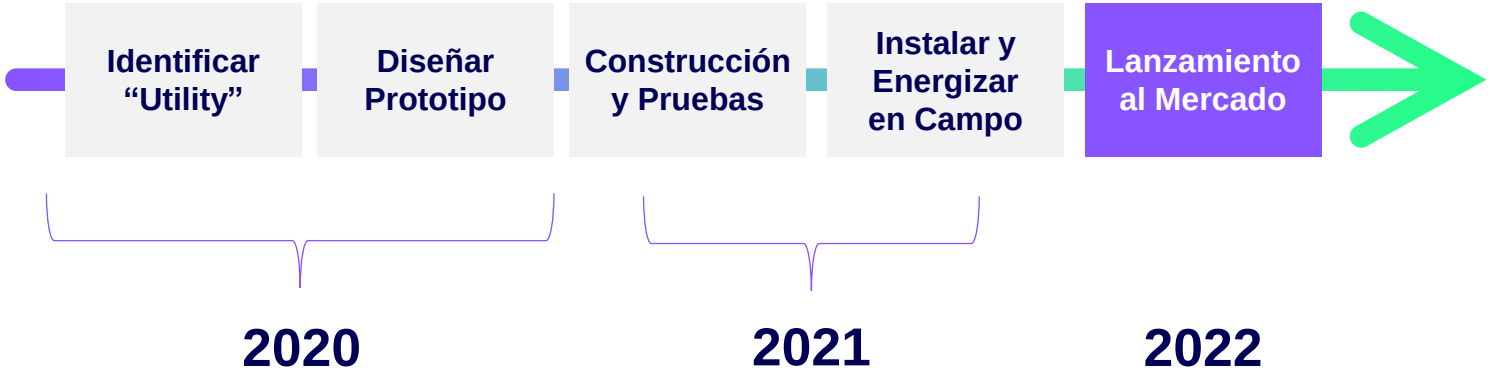
1. **Oportunidad: Resiliencia** de la red en caso de ataques a la infraestructura eléctrica o fenómenos climáticos.

2. El DOE creó un programa para fondear el desarrollo de tecnologías de transformadores y componentes que mejoren la confiabilidad del red.

3. Con este objetivo Prolec GE propuso como proyecto el desarrollo del **primer Autotransformador de impedancia variable y multi-voltaje**. Prolec fue el único fabricante en construir un prototipo a escala real.

Construcción del Prototipo

Proceso de Desarrollo Completo



Prototipo en laboratorio, imagen termográfica.

Pasos del proceso de Desarrollo

- Se identifica a Cooperative Energy de Mississippi como "Utility" participante.
- Prolec GE diseñó el prototipo con impedancia variable y baja tensión multi-voltaje.
- La fabricación y pruebas se hicieron en la planta de Monterrey de Prolec GE.
- Transporte Monterrey-Mississippi, instalación y energización. Validación del desempeño en campo.
- Lanzamiento formal del producto a nuestros clientes.

Validación Final de Prototipo

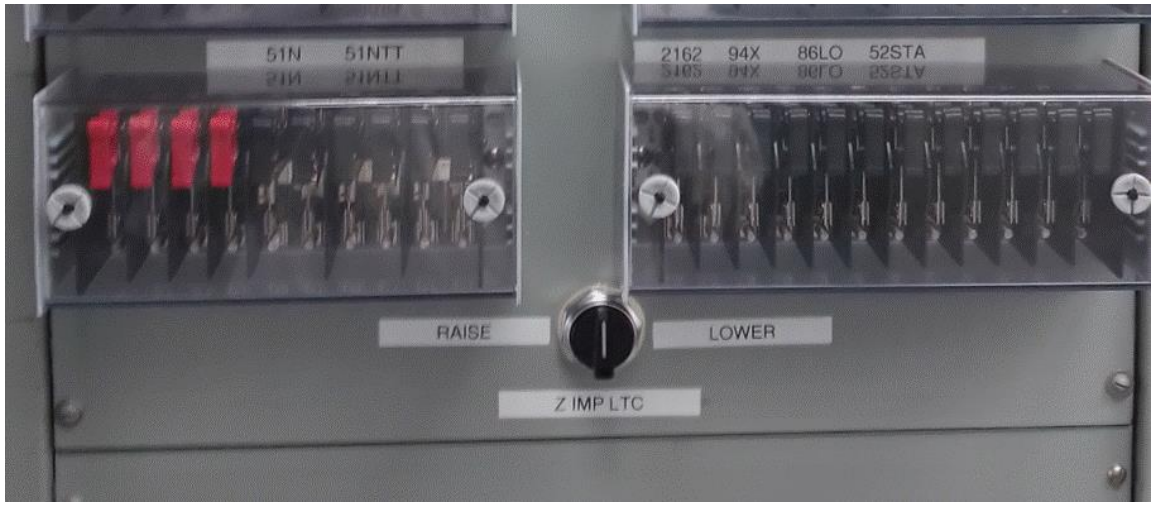
Para validar de forma completa el concepto de Auto Flexible se construyó el siguiente prototipo.

Características	Valores		
Alta Tensión kV		161	
Baja Tensión kV	57.5	69	80.5
Capacidad MVA	60	80	100
Rango de Impedancia		4.2 – 9.3 %	
Cambiador de Derivaciones		LTC	
Ajuste de Impedancia		En línea con Auto energizado	

- El prototipo está en funcionamiento sin ningún incidente desde Septiembre de 2021.
- Es monitoreado en línea mediante 35 sensores de forma remota desde la fábrica de Prolec GE en Monterrey.

Visita a campo DOE

Prototipo energizado

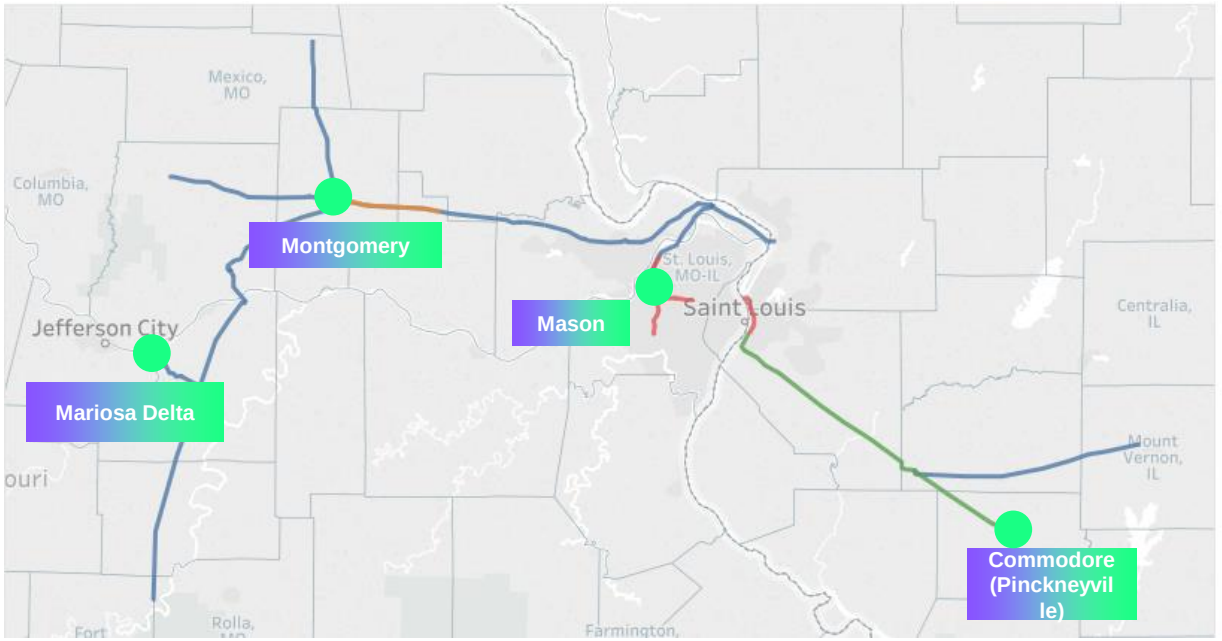


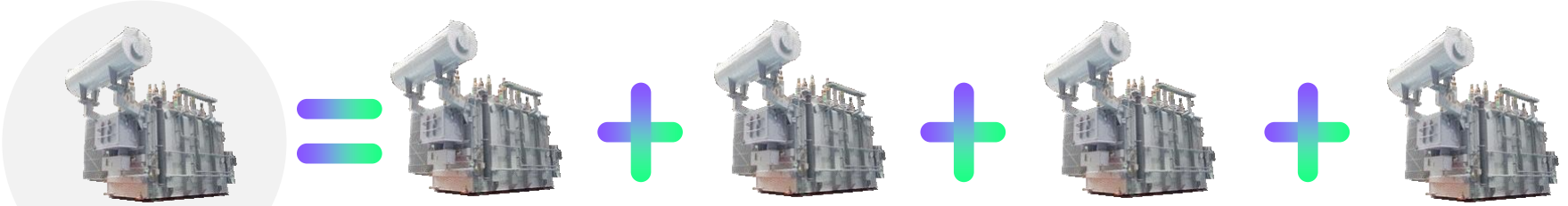
Switch para cambio de valor de impedancia

Ejemplo Aplicación Auto Flexible

El mapa muestra 4 subestaciones de transmisión con voltaje 345 kV.
Un solo Auto Flexible puede remplazar a cualquiera de los 4 distintos equipos mostrados.

Subestación	Características de Autos		
	AT	BT	MVA
Mariosa Delta	345	161	450
Mason 2	345	138	560
Montgomery	345	161	560
Commodore 1	345	230	450





Auto Flexible
560 MVA
345 AT, 230/161/138 BT
Distintos niveles de impedancia

Baja tension configurable e impedancia variable

Auto 1
450 MVA
345 AT, 161 BT
% Z

Auto 2
560 MVA
345 AT, 138 BT
% Z

Auto 3
560 MVA
345 AT, 161 BT
% Z

Auto 4
450 MVA
345 AT, 230 BT
% Z

***Datos de transformadores de Form 1 FERC**

¿Autos Flexibles en México?

En general, los Autos de la Red Nacional de Transmisión (RNT) son monofásicos (1F).

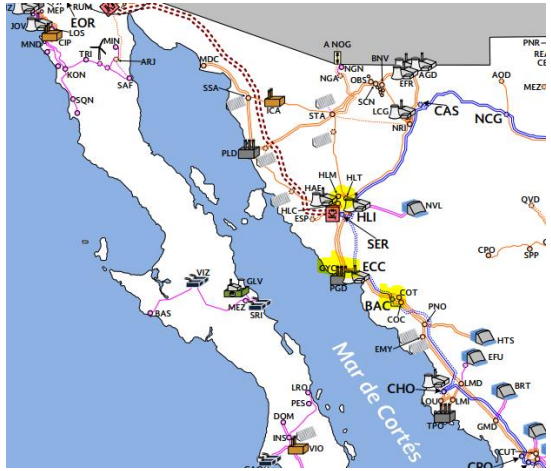
- Las subestaciones cuentan con bancos trifásicos de (3) Autos monofásicos y un Auto de refacción.
- Los autos 1F son fáciles de transportar y aumentan confiabilidad al tener siempre un remplazo en la subestación.
- Las relaciones de voltaje más comunes son 400/230 y 230/115 kV con distintos niveles de impedancia.

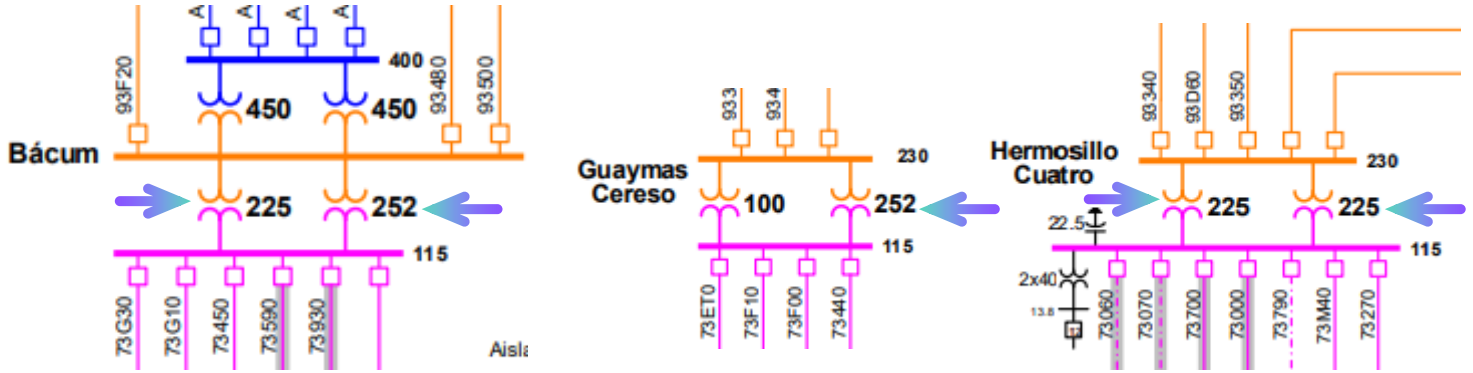
CFE
Comisión Federal de Electricidad

¿Autos Flexibles en México?

Ejemplo

La impedancia variable ofrece ventajas para los Autos de la RNT.
Por ejemplo para las subestaciones Bacúm, Guaymas y Hermosillo.





Equipo remplazable por Auto flexible

Subestación	% Impedancia
Bacúm	6.55
Guaymas	4.53
Hermosillo	5.68

Las 3 subestaciones tienen 15 Autos 1F 230/115 kV de 75 y 84 MVA con distintas impedancias.

Un Auto Flexible de 84 MVA 230/115 kV con rango de impedancia de 4-7% puede remplazar cualquiera de los 15.

Beneficios Autos Flexibles

1. Menor costo de adquisición (Vs varias unidades de remplazo).
2. Ahorros en costo de almacenamiento y mantenimiento.
3. Remplazo permanente Vs solución temporal (subestaciones móviles).
4. Ajuste de impedancia permite un mejor desempeño en corto circuito.
5. La impedancia variable se ajusta a condiciones futuras de la red.

Contacto

Raymundo Carrasco Aguirre
Gerente de Producto
raymundo.carrasco@prolecge.com
(81) 8030.2556

www.prolec.energy/prolec-ge