

Autor: **SAMUEL VALLE LARA**  
 Empresa: **OSS On Site Services ([www.oss.mx](http://www.oss.mx))**  
 Luis Spota 33 Oficina 304 Ciudad de México 03660  
 Movil: 55 54188124 Ofna: 55 54458429  
[samuel.valle@oss.mx](mailto:samuel.valle@oss.mx) / [samuel.valle@ieee.com](mailto:samuel.valle@ieee.com)

## 1. INTRODUCCION

El mal funcionamiento de un SISTEMA DE TELEPROTECCION (SDT) en los sistemas eléctricos de transporte de energía eléctrica, puede producir apagones que afecten a regiones o incluso a países enteros. La fuerte dependencia a la energía eléctrica que presenta la sociedad moderna no acepta cortes de suministro eléctrico, no solo por su impacto en la vida pública, más importantemente, por las consecuencias económicas que se desencadenan a partir de una deficiente operación del sistema de protección. Por ello, es vital evitar al máximo las fallas en los sistemas de protecciones eléctricas y muy especialmente en los EQUIPOS DE TELEPROTECCION (EDT). Pero que es un EDT? A continuación lo explicare brevemente:

Un EDT tiene por objetivo principal DESCONECTAR en el menor tiempo posible (DEPENDABILIDAD), pero con un elevado grado de confiabilidad (SEGURIDAD), una falla en una línea de transmisión que pudiera afectar al equipo primario en una subestación. Esta es la principal aplicación pero NO es la única. Últimamente y debido a los avances en la parte de comunicaciones a través de fibra óptica y equipos de transporte dedicados. Se ha venido aplicando el EDT como medio de desconexión para enviar a las estaciones generadoras de energía los "DAG (DISPARO AUTOMATICO DE GENERACION)" y/o DAC (DISPARO AUTOMATICO DE CARGA).

## 2. ASPECTOS BASICOS DE LOS EDT SOBRE LINEAS DE TRANSMISION ELECTRICA

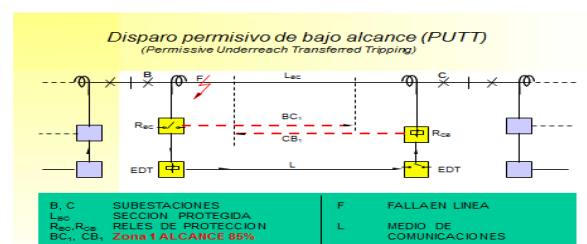
La intención de este artículo se centra en el uso de los EDT aplicados a los esquemas de disparos automáticos de carga (DAC) y Generación (DAG). Por lo anterior, solo hare un brevísimo repaso de la operación de los EDT sobre la redes de transmisión eléctrica. Si el lector desea profundizar en esta modalidad de aplicación de los EDT, hay un buen número de publicaciones que tratan a detalle los dos modos principales de operación en líneas de transmisión de los EDT:

### 2.1 Disparo Permisivo (PUTT / POTT)

En el caso de un PUTT / POTT, los elementos de la detección de falla (relés de protección) ubicados en los extremos de la línea reciben conjuntamente, además de la información local, a través del EDT, información del extremo opuesto de la línea. El resultado de la medición local y la información del extremo distante, forman el criterio de desconexión de la línea. ESTE DISPARO ES MAS RAPIDO EN SU OPERACIÓN QUE EL DTT.

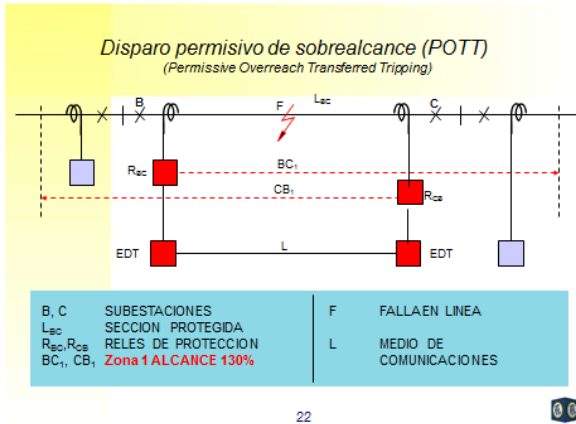
Características del PUTT:

- La calibración de relés de protección abarcan 85% de la Línea.
- Solamente el 70% de la Línea está protegida por los relés de ambos extremos.
- Posee buena Confiabilidad de protección ante fallas dentro de la Línea
- Posee buena selectividad en la protección.



### Características del POTT

- La calibración de relés de protección abarcan 130% de la Línea.
- El 100% de la Línea está protegida por los relés de ambos extremos.
- Posee gran Confiabilidad de protección ante fallas de toda la línea.
- Posee gran selectividad en la protección.

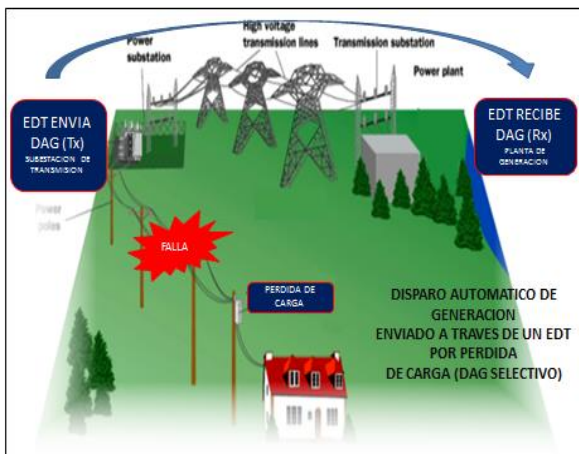


22

### 2.2 Disparo Directo Transferido (DTT)

Para el DTT, se torna muy importante la transmisión de la señal del EDT, ya que desconexiones erróneas causarían indisponibilidades importantes en el sistema de transmisión. Además que, si no se realiza una transmisión inmediata pueden ocasionarse serios daños al sistema dado que este disparo directo debe ser especialmente seguro porque NO tendrá ningún testigo que valide su operación.

Deberá ponerse especial atención en evitar que sea susceptible a interferencias en la comunicación desde el tablero de protecciones hasta la regleta de conexión del EDT. Este DTT hace imperativo una elevada seguridad y confiabilidad, siendo el tiempo de transmisión no tan crítico. ES MÁS LENTO EN SU OPERACIÓN QUE EL POTT/POTT.



### 3.0 SELECCIÓN DE EDT APLICADOS EN ESQUEMAS QUE MANEJAN DAG / DAC.

En la actualidad el escenario descrito en el punto 2 de este artículo, se ha complementado porque las empresas privadas están cada día mas interconectadas a las empresas electricas del estado en la modalidad de productor externo de energía PEE. Es por esto que en los últimos años se ha venido dando énfasis a la aplicación de los EDT en los esquemas que manejan DAG y DAC. Hare una breve descripción de cuando se aplica un DAG y un DAC:

Los sistemas DAG son utilizados para desconectar generación en forma automática cuando por pérdida de un vínculo o desconexión imprevista de carga se produce un desbalance de energía que obliga a reducir el número de unidades de generación. Los sistemas DAC se usan entre otras cosas, debido a una condición de sobrecarga en los elementos de transmisión, Pérdida de sincronismo en las unidades generadoras, baja frecuencia o, en general cuando hay una violación de algún parámetro en la red de transmisión.

La consecuencia de operar con un SDT poco confiable o NO homologado con IEC 60834-1, en esta ultima aplicación (DAG/DAC), trae aparejado UN ALTO RIESGO de operación en falso que repercute en costosas perdidas no solo económicas, sino de CONFIABILIDAD como PEE ante CFE. En Mexico, en esta modalidad operan diversos PEE (Iberdrola, Gas Natural, Acciona, Etc.) Un elemento clave para garantizar un SDT confiable, tiene que ver con el buen criterio de selección para definir precisamente al EDT.

### 3.1 Costos y afectaciones como resultado de un SDT poco confiable.

Hablando de costos de producción de energía eléctrica solamente (no de venta). Tomare como referencia para estimar la afectación ECONOMICA que trae un DISPARO EN FALSO DE UN EDT. Los siguientes datos aplican para generación Eólica y Ciclo combinado.

Unidad	Generación	Costo producción
MegaWatt (Mw)	Eolica	850.00 Pesos
KiloWatt (Kw)	Eolica	0.85 pesos
Fuente consultada: <a href="http://www.energia.org.mx/el-negocio-de-la-energia-eolica-en-mexico-por-jose-luis-apodaca/">http://www.energia.org.mx/el-negocio-de-la-energia-eolica-en-mexico-por-jose-luis-apodaca/</a>		
MegaWatt (Mw)	C. Combinado	480.00 Pesos
KiloWatt (Kw)	C. Combinado	0.48 pesos
Fuente consultada: <a href="http://oss.mx/data/documents/Enrique-Ochoa-Kilowatt-Price-Financial-Times-Nov-2014.pdf">http://oss.mx/data/documents/Enrique-Ochoa-Kilowatt-Price-Financial-Times-Nov-2014.pdf</a>		

Supongamos una planta de CC de 535 Mw (Iberdrola Energía La Laguna, México):

<http://www.iberdrola.es/conocenos/una-gran-empresa/mapa-instalaciones/2013/>

Esta empresa produce a máxima capacidad, 535 Mw por 01 Hora. Esto sería con los datos de la tabla anterior:

480 X 535 = **256,800 Pesos por Hora (\$15,563 USD)**  
(Tipo de cambio de 16.5 pesos x Dólar USD)

De este cálculo estimado podemos deducir porque en muchas regiones de transmisión y generación de CFE afirman que:

“CON UNA SOLA OPERACIÓN EN FALSO DE UN EDT, EL COSTO DE LA AFECTACION Y EL ABATIMIENTO DE LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA ELECTRICO SE VEN GRANDEMENTE SUPERADOS. EN COMPARACION A LA INVERSION QUE RESULTA DE ESCOGER ADECUADAMENTE UN SISTEMA DE TELEPROTECCION.

### 3.2 Criterios para determinar un EDT

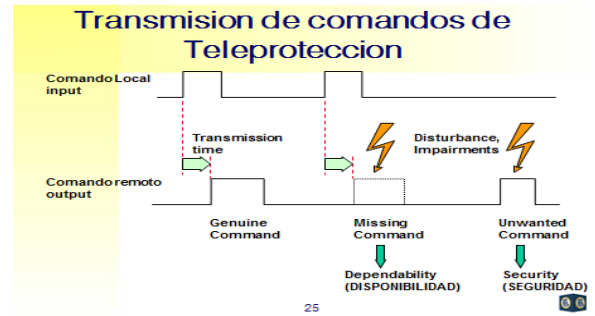
La Seguridad, la Dependibilidad y la Velocidad de transmisión son los criterios determinantes para elegir un EDT

Actualmente es muy raro que un PEE use EDT Analógicos. En los cuales el ruido presente en el canal afecta el desempeño del SDT. El canal digital posee una alta inmunidad a tales perturbaciones. En el canal digital serán los bits erróneos los que producirán comandos no deseados o los que retardaran la recepción de un comando, al extremo de no recibirla.

En la norma IEC 60834-1 se usan ráfagas de ruido para la evaluación de la dependibilidad y seguridad del equipo analógico. Lo equivalente en el canal digital son ráfagas de errores. Por lo anterior, se recomienda solicitar a los fabricantes el modelo matemático que demuestre el comportamiento de los EDT frente a estos efectos.

La **Seguridad** es la probabilidad de recepción de disparos no-deseados. En general esta depende del protocolo utilizado y del modo de operación del equipo de teleprotección.

La **Dependibilidad o Disponibilidad**, es la probabilidad de pérdida de comando emitido. Los bits erróneos pueden perturbar el SDT demorando la llegada de una orden al extremo receptor, pues los mensajes recibidos con errores son rechazados. Además, puede existir la pérdida de sincronismo y también es motivo de pérdida de comandos.



La **Velocidad de transmisión** es el Tiempo entre la activación del comando de entrada en el transmisor y la activación del comando de salida en el receptor. Estos tres parámetros sumados al ancho de banda están interrelacionados entre si. Ejemplo:

Un equipo 100% SEGURO esta 0% DISPONIBLE. En otras palabras, estará apagado para que nunca opere en falso. Esta afirmación es ilustrativa solamente para ejemplificar la siguiente grafica que nos ayuda a entender la interrelación de estos parámetros:



A este fin, todo el equipo de teleprotección debe cumplir los requisitos relevantes de seguridad, fiabilidad y tiempo de transmisión definidos en la norma IEC 60834-1.

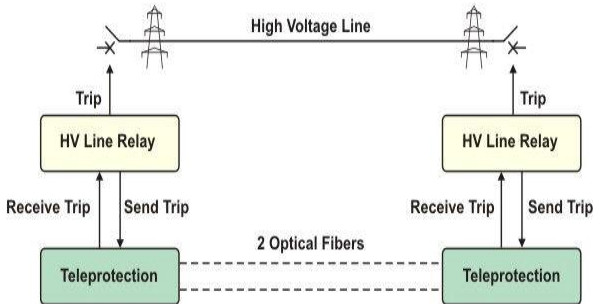
Otro criterio importante es la disponibilidad del propio canal de comunicaciones para que lleve a cabo la función requerida en cualquier momento de un intervalo determinado. **El nivel de disponibilidad de un sistema de telecomunicaciones utilizado para EDT debe ser al menos de un 99,99%.**

Otro parámetro importante y crítico es la compatibilidad electromagnética (EMC) del sistema de teleprotección y su inmunidad a interferencias provocadas por ráfagas bruscas de transitorios y otras perturbaciones exteriores. Todo el diseño del SDT y los equipos correspondientes deberá efectuarse de forma que puedan soportar interferencias justo en el momento de una falla en el sistema, es decir, en el momento en que es más

necesaria su capacidad para transmitir comandos de forma fiable.

**4 CARACTERISTICAS INDISPENSABLES EN UN EDT**

Para esquemas de teleproteccion se aplicara SIN EXCEPCIÓN Y CON CARÁCTER MANDATORIO, la norma IEC 60834, que se comenta brevemente:



**4.1 Desempeño y pruebas de equipos teleproteccion - Parte 1** (IEC 60834-1 ed2.0 - Teleprotection equipment of power systems - Performance and testing - Part 1: Command systems)

Se aplica a los sistemas de teleproteccion utilizados para transmitir comandos provenientes de los relés de protección. Tiene por objeto establecer los requisitos de rendimiento y los métodos recomendados de prueba para equipos de teleproteccion.

La norma establece los parámetros de performance (desempeño) de un sistema de teleproteccion. En ella se define la capacidad de enviar comandos de teleproteccion al extremo receptor, a pesar de la presencia de degradaciones en el canal de comunicación. Igualmente, la capacidad de un receptor de rechazar el comando "falso" de teleproteccion por las degradaciones del canal de comunicación.

**4.2 Desempeño del sistema de teleproteccion frente a degradaciones del canal**

La norma IEC 60834-1 especifica cómo debe comportarse el sistema de teleproteccion cuando se presentan degradaciones en el canal de comunicaciones. En un canal digital, por ejemplo:

Durante una pérdida de sincronía en la red de multiplexores, puede aceptarse una pérdida de confiabilidad, pero no pueden aceptarse comandos no deseados.

**4.3 La Norma CFE U1100-28 (punto 6.6.1) debe aplicarse con énfasis especial en los siguientes incisos:**

d) Debe cumplir con todos los tiempos de transmisión para el envío de comandos de

protección, especificados en la norma IEC 60834-1.

i) Deben contar con la opción de crecimiento modular en sus interfaces de salida hacia la protección.

k) Deben soportar interfaces de línea del tipo: eléctrica G.703.6 (2.048 Mbps), eléctrica G.703 1 (64 kbps) e interfaz óptica para fibra unimodo para corto y largo alcance (1310 nm y 1550 nm) y multimodo (850 nm y 1300 nm) e interfaz óptica de acuerdo a la bibliografía [1] de CFE U1100-28.

l) Para equipos digitales deben soportar el envío desde 1 hasta 8 comandos de protección que operen en forma independiente y/o simultánea, con **filtro ajustable de supresión de impulsos** de por lo menos 5 ms.

ESTE PARAMETRO ES IMPORTANTISIMO PORQUE PERMITE DISCRIMINAR COMANDOS FALSOS ATRIBUIBLES A INDUCCIONES EN EL CABLEADO PROVENIENTE DEL RELE DE PROTECCION HASTA LA REGLETA DEL EDT. PREVIENE LOS DISPAROS EN FALSO E INCREMENTA SUSTANCIALMENTE LA SEGURIDAD DEL EDT.

<http://es.slideshare.net/samuelvalle716/analisis-de-soe-grafico-oct-2012>

m) Deben tener la capacidad para **prolongación de comando en sus tiempos de recepción** parametrizable de forma independiente para los diferentes esquemas y servicios de teleproteccion (Directo y/o Permisivo).

ESTE PARAMETRO ES IGUAL DE IMPORTANTE QUE EL ANTERIOR PORQUE PERMITE EXTENDER EL DISPARO EL TIEMPO NECESARIO ASEGURANDO QUE EL RELE DE PROTECCION RECIBA CON SEGURIDAD Y POR EL TIEMPO NECESARIO EL COMANDO DEL EDT COLATERAL.

<http://es.slideshare.net/samuelvalle716/analisis-de-soe-grafico-oct-2012>

Nombre de Ajuste	Ajuste por Default	Descripción
Transmit Command Extend	1-5 mseg	Este Timer indica la EXTENSION en el tiempo de transmisión del comando una vez que el contacto de entrada de la teleproteccion ha DEJADO de recibir voltaje.  (This sets the length of time the function is transmitted after the input goes away section 8.4.4 Gard 8000 Manual)
Transmit Time delay	1-5 ms	Este Timer indica la EVALUACION O RETARDO en el tiempo de transmisión del comando una vez que el contacto de entrada de la teleproteccion COMIENZA a recibir voltaje.  NOTA: Se debe COMPENSAR este ajuste con el TRANSMIT COMMAND EXTEND a efecto de no modificar el comando proveniente de los esquemas de protección.  This sets the length of time before an input causes a trip to be sent section 8.4.4 Gard 8000 Manual)
Receive Pre-Trip Time delay	1 ms	Este Timer indica la EVALUACION EN EL EQUIPO DE TELEPROTECCION QUE RECIBE EL COMANDO antes de ser reconocido.  (This sets the length of time a trip function must be received before it is recognized section 8.4.4 Gard 8000 Manual)
Receive Trip Hold Time delay	1 ms	Este Timer indica la EXTENSION en el tiempo de cierre del contacto una vez que el envío ha cesado.  (This sets the length of time a trip output is held active after the received trip goes away section 8.4.4 Gard 8000 Manual)

p) La interfaz de entrada/salida de los EDT deben poder ser activados por voltajes de 48/125/250 VCD de manera programable en polaridades y configuraciones independientes. La interfaz de salida de comandos debe tener capacidades de corriente para soportar relevadores de protección electrónicos y electromecánicos.

q) Deben cumplir con todos los requerimientos de seguridad y Dependibilidad especificados en la norma IEC 60834-1.

r) Deben ser capaces de manejar comandos de protección mediante contactos y/o mensajes GOOSE, de acuerdo a la norma IEC 61850-8-1, para comunicar un EDT con los equipos de protecciones.

s) Deben ser capaces de manejar un tiempo de transmisión menor a 5 ms para el envío de mensajes GOOSE. De acuerdo a los requerimientos de la CFE.

t) Deben estar homologados por el LAPEM, o por algún otro laboratorio acreditado internacionalmente ante LAPEM.

u) Deben incluir el software de programación y parametrización del equipo para plataforma Windows Vista y/o Windows 8 o según se especifique en Características Particulares.

aa) Deben soportar sincronización en tiempo a través de un puerto IRIG-B (no modulado) con conector tipo BNC, usando un receptor GPS externo como referencia de tiempo, el cual debe ser capaz de proporcionar una resolución menor o igual a 1 ms.

ee) Deben contar con un registrador de eventos integrado y memoria interna, para registrar un mínimo de 1024 eventos independientes y no modificables, con registro de tiempo que indique fecha, hora, minutos, segundos y milisegundos (tiempo de estampado de 1 ms).

- **Este punto resulta vital para, en caso de presentarse un DAG o un DAC tanto el PEE como la empresa transportadora de energía analizan las causas y deslindan responsabilidades.**



Aquí se observa el REGISTRADOR de un EDT RFL GARD 8000. La oscilografía del evento (OSCILOSCOPIO), permite el análisis detallado del DAG en su Tx (Verde) y Rx (Amarillo).

gg) Deben tener la capacidad de ser gestionados de forma local o remota basados en el protocolo SNMP V2 o superior, a través de un puerto Ethernet y de forma local a través de RS-232, USB, para el mantenimiento basado en condición (CBM).

Este inciso permite una mejor coordinación y ajuste de los comandos de Tx/Rx al tener desde un solo EDT el control del equipo colateral.

## 5 CONCLUSIONES

El tema de los disparos (DAG/DAC), asociados a EDT por parte de los PEE y las empresas portadoras como CFE seguirá evolucionando en el futuro próximo. Lo que aquí hemos presentado tiene por objeto establecer con claridad los parámetros mínimos necesarios que debe tener un sistema confiable de EDT.

A través de la discusión de múltiples escenarios que han servido de base para determinar y analizar el comportamiento de los SDT, es que la CFE ha establecido a finales de 2013 una especificación que toma como base el estándar internacional IEC 60834.

La norma CFE U1100-28 adiciona las características que deben tener los EDT para su uso en las redes Eléctricas Mexicanas y que también aplican a los PEE. Cabe resaltar que cuando un PEE no tiene un EDT homologado por CFE corre el riesgo de operar en falso un comando de teleprotección o, sencillamente no operar cuando se requiere. Esto último aplica para "Los Tiros De Carga" y/o para cualquier maniobra que requiera ejecutar el CENACE a través de los EDT que interconectan al PEE y a CFE.

## 6 REFERENCIAS

- a) Dirección General de Planeación Energética Prospectiva del sector eléctrico 2006-2015  
[http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/putb/prospectelec2006.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/putb/prospectelec2006.pdf)
- b) USING IEC 61850 FOR TELEPROTECTION  
[http://www.cired.net/publications/cired2007/pdfs/CIRE2007\\_0147\\_paper.pdf](http://www.cired.net/publications/cired2007/pdfs/CIRE2007_0147_paper.pdf)
- c) Teleprotection over IP/MPLS Test Report  
<http://www.tmcnet.com/tmc/whitepapers/documents/whitepapers/2014/10693-migrating-teleprotection-application-ipmpls-networks.pdf>
- d) ABB Protección avanzada de redes eléctricas  
[http://www05.abb.com/global/scot/scot221.nsf/v eritydisplay/f63b6e324d77fa43c12579b2002ea749/\\$file/Reimpresion%20-%20ABB%20revista%203\\_2011\\_lowres.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot221.nsf/v eritydisplay/f63b6e324d77fa43c12579b2002ea749/$file/Reimpresion%20-%20ABB%20revista%203_2011_lowres.pdf)

- e) Equipo de transmisión de señales de protección SWT 3000  
<http://www.energy.siemens.com/hq/pool/hq/automation/power-transmission-distribution/network-communication/protection-signalling/swt-3000-sophisticated-teleprotection-facilities-power-networks/swt3000-broschuere-sp.pdf>
- f) Terminal de Teleproteccion SEL-2595  
<https://www.selinc.com/SEL-2595/?LangType=1034>
- g) RFL GARD 8000 Teleprotection Channel  
[http://www.rflect.com/images/products/pdfs/RFL\\_GARD\\_TPC\\_web.pdf](http://www.rflect.com/images/products/pdfs/RFL_GARD_TPC_web.pdf)
- h) Alstom High-reliability multi-support Teleprotection  
<http://www.alstom.com/Global/Grid/Resources/Documents/Automation/NMS/NMS%20HiRES%20Brochure/e-terragridcom%20DIP%20Brochure%20GB.pdf>

**AUTOR**



**JOSE SAMUEL VALLE LARA**

*Ingeniero Mecánico Electricista por la UNAM (1997). Desde 1999 se desempeña como ingeniero de comisionamiento para la línea de Multiplexores, Relevador diferencial de línea y Teleproteccion de la empresa RFL Electronics Inc. Cuenta con más de 100 puestas en servicio de sistemas de Teleproteccion y ha asistido técnicamente a varias empresas del sector público como CFE (México), ETESAL (El Salvador), ETESA (SIEPAC Panamá). Así como a varios PEE que actualmente suministran energía a la red CFE. Tales como : IBERDROLA, GRUPO DRAGON, ABENGOA, ELEC NOR, ENDESA, FENOSA, GAS NATURAL, TECHINT, entre otras. En 2006 funda en sociedad con otros ingenieros, una empresa de servicios en sitio, cuya principal función consiste en realizar pruebas, puestas en servicio y hacer mantenimiento preventivo / correctivo a equipos de misión crítica en subestaciones de CFE y plantas de productores externos de energía (PEE).*