



Daniel Hernández, PE, MEM
PRET -Founder & Editor
PRGRIDLLC@YAHOO.COM

Puerto Rico vive en una encrucijada energética: apagones frecuentes, costos elevados y una integración de renovables que avanza sin el andamiaje técnico necesario. En medio de nuevas licitaciones y debates sobre contratos, lo que sigue faltando es un orden técnico que guíe la transformación.

La solución no puede ser improvisada ni fragmentada. El camino correcto comienza por realizar estudios de ingeniería que definan con precisión los pasos a seguir. Con esa base técnica es que se debe estructurar **una hoja de ruta integrada** que alinee los esfuerzos bajo una misma visión técnica, económica y operativa.

De la misma forma, la ejecución de esos resultados tiene que estar plasmada en un plan maestro que alinee todos los esfuerzos de manera lógica y coherente, asegurando que la implementación considere todas las iniciativas —tanto las financiadas con fondos federales como las desarrolladas por el sector privado— y que cada una encaje dentro de una estrategia común y ordenada.

La experiencia internacional demuestra que toda transformación exitosa descansa en **dos fundamentos clave: estudios de ingeniería rigurosos y un plan maestro integral.**



ESTUDIOS DE INGENIERÍA

- Definir capacidad, tecnología y ubicaciones
- Determinar la combinación adecuada de renovables y generación firme
- Identificar mejoras en la red



PLAN MAESTRO

- Integrar mejoras en generación, transmisión y distribución
- Alinear proyectos financiados por fuentes federales, tarifarias y privadas
- Clasificar proyectos:
 - ✓ Críticos
 - ✓ Prioritarios
 - ✓ Modernización

En esta edición de **PRET – noviembre 2025** estaremos hablando sobre por qué estos dos pilares son indispensables, qué elementos deben contener, y cómo pueden servir de **receta práctica para transformar el sistema eléctrico de Puerto Rico.**

1. ESTUDIOS DE INGENIERÍA

La primera base son los estudios técnicos, que constituyen la brújula para cualquier proceso de transformación energética. Estos permiten simular y anticipar cómo responderá el sistema eléctrico ante nuevas incorporaciones de generación, almacenamiento o infraestructura, evitando decisiones a ciegas que comprometan la confiabilidad.

Entre los principales se incluyen:

A. Estudios de impacto al sistema

Utilizando plataformas como PSS/E o PSCAD, estos estudios identifican violaciones térmicas en líneas de transmisión, limitaciones de capacidad en subestaciones y problemas de estabilidad dinámica. Son esenciales para determinar cuánto y dónde se puede integrar nueva generación sin provocar sobrecargas o riesgos de apagones.

B. Estudios de localización óptima de recursos

Analizan los nodos de la red donde resulta más efectivo instalar tecnologías críticas como:

- BESS (Battery Energy Storage Systems) para control de rampa y regulación de frecuencia.
- Condensadores síncronos para aportar inercia, capacidad de corto circuito y soporte de voltaje.
- Equipos avanzados de control de variabilidad (FACTS, STATCOM).
- Generación flexible que pueda suplir respaldo rápido.
- Renovables a gran escala, ubicadas donde maximizan su valor sin crear vulnerabilidades operativas.

C. Estudios de capacidad y balance de recursos

Determinan la mezcla óptima entre renovables variables y generación firme, considerando escenarios de demanda, intermitencia solar/eólica, disponibilidad de gas natural y costos de combustible.

D. Estudios de expansión de red (T&D upgrades)

Identifican refuerzos en transmisión y distribución, nuevas líneas, subestaciones y sistemas de protección para manejar contingencias de tipo N-1 o incluso N-2. También incluyen la evaluación de estabilidad de voltaje, oscilaciones de potencia y flujos de carga.

Sin estos estudios, cualquier inversión en generación o red corre el riesgo de convertirse en un parche costoso que no resuelve los problemas estructurales del sistema, sino que los posterga.



PUNTO CLAVE

En conjunto, estos estudios no son ejercicios académicos: son la base científica y operativa que permite planificar inversiones con certeza, definir prioridades y asegurar que la transición energética se traduzca en un sistema más confiable, resiliente y eficiente.”

2. UN PLAN MAESTRO

La segunda base es un plan maestro de transformación, un marco que articule de manera lógica y ordenada todas las piezas del sistema energético. Puerto Rico no puede continuar con proyectos aislados ni iniciativas desconectadas entre sí.

Para garantizar su efectividad, el plan maestro debe estar respaldado por una **estructura de gobernanza técnica** —una mesa interinstitucional con autoridad para coordinar la ejecución entre **LUMA, Genera PR, PREB, el gobierno y los desarrolladores privados**, promoviendo transparencia, coordinación y eficiencia.

Se requiere una hoja de ruta clara, respaldada por datos técnicos, que alinee objetivos, recursos y plazos.

Un verdadero plan maestro debe contemplar:

- **Integración de generación y mejoras T&D**

No basta con anunciar nuevas plantas o más renovables: todo debe coordinarse con las **capacidades reales de la red** de transmisión y distribución. El plan debe incluir refuerzos en subestaciones, nuevas líneas estratégicas, sistemas de protección y esquemas de control avanzados para garantizar que la energía llegue al abonado con estabilidad y confiabilidad.
- **Alineación de fuentes de financiamiento**

Hoy confluyen varias fuentes de capital: fondos federales (FEMA, CDBG, DOE), recursos tarifarios y capital privado. Un plan maestro debe definir **qué proyectos se financian con qué fuente**, evitando solapamientos y priorizando el uso de fondos públicos para infraestructura crítica, mientras el capital privado se dirige a proyectos de generación y eficiencia.
- **Categorización de proyectos con prioridades claras**

La planificación debe organizar los proyectos en tres niveles:

- **Críticos**
- **Prioritarios**
- **Modernización**

PROYECTOS CRÍTICOS → mejorar la confiabilidad del sistema

Son proyectos que atienden los **problemas principales del sistema eléctrico**: el gran número de interrupciones que afectan directamente a los clientes y el **alto costo de la energía**. Estos se dividen en dos áreas esenciales:

- **Generación:**
 - **Corto plazo:** reemplazo de **componentes críticos** en las plantas envejecidas que hoy provocan averías y salidas forzadas constantes —motores, bombas, válvulas y equipos de caldera.
 - **Mediano plazo:** sustitución de las **plantas ineficientes** por nueva tecnología de generación **flexible, altamente eficiente y confiable**, capaz de responder a la variabilidad renovable y reducir significativamente los costos de operación.
- **Transmisión y Distribución (T&D):**

Las interrupciones de servicio en Puerto Rico provienen principalmente de dos causas:
 - **Vegetación en contacto con las líneas eléctricas**, que genera cortocircuitos y disparos de protección.
 - **Obsolescencia de equipos críticos** que han excedido su vida útil y fallan constantemente.

El sistema de T&D cuenta con más de **350 subestaciones**, la mayoría fuera de vida útil, lo que provoca fallas frecuentes y apagones. Lo mismo ocurre con la flota de más de **550 transformadores de potencia** y sobre **800 interruptores que utilizan aceite como medio de aislamiento**, cuya falla provoca que miles de clientes pierdan el servicio instantáneamente.

Los proyectos críticos de T&D deben incluir un plan agresivo de reemplazo de transformadores, subestaciones e interruptores, junto con un programa sistemático de manejo de vegetación para reducir significativamente las interrupciones del servicio.



PUNTO CLAVE

“Estos proyectos críticos son los que el cliente percibe directamente en menos apagones, menos fallas y menor costo.”

PROYECTOS PRIORITARIOS → mejorar la resiliencia del sistema

Son proyectos que buscan aumentar la capacidad del sistema para resistir, responder y recuperarse rápidamente ante emergencias y eventos naturales extremos.

- Generación:
 - Incrementar la capacidad de arranque en negro (blackstart) para restablecer el sistema tras un apagón total.

- Desplegar generación de emergencia moderna, disponible en minutos y no en horas o días, capaz de sostener cargas críticas mientras se restablece la red principal.
- Desarrollo de mini-redes regionales que mantengan en operación hospitales, acueductos, aeropuertos y otros servicios esenciales durante emergencias mayores.

- Transmisión y Distribución (T&D):
 - Reemplazo y modernización de postes eléctricos para que resistan vientos huracanados.
 - Fortalecimiento estructural de líneas y subestaciones, incorporando diseños y materiales más robustos que aumenten la capacidad de recuperación del sistema.



PUNTO CLAVE

“Los proyectos prioritarios no solo reducen la vulnerabilidad ante desastres naturales, sino que también garantizan que comunidades y servicios críticos puedan seguir funcionando aun en escenarios extremos.”

PROYECTOS DE MODERNIZACIÓN → competitividad y digitalización a largo plazo

Son proyectos diseñados para preparar al sistema eléctrico de Puerto Rico hacia un modelo más eficiente, digital y competitivo,

capaz de operar con altos niveles de renovables y nuevas tecnologías.

- **Sistemas de control, protección y monitoreo:** actualización de los sistemas que permiten detectar fallas, proteger equipos y mantener la estabilidad del sistema.
- **Medición avanzada:** reemplazo de los medidores de facturación tradicionales por medidores inteligentes, que brindan información en tiempo real y facilitan la gestión activa de la demanda.
- **Comunicaciones modernas:** implementación de un nuevo sistema de comunicación que permitirá al operador de T&D tener visibilidad en tiempo real de la generación renovable distribuida, especialmente de los sistemas solares en techos residenciales.
- **Energy Management System (EMS):** despliegue de un nuevo sistema de control de energía que optimizará la operación y el despacho de la nueva matriz energética de Puerto Rico, integrando recursos firmes, renovables y almacenamiento de manera coordinada.



PUNTO CLAVE

“Los proyectos de modernización son la base para un sistema eléctrico inteligente, transparente y flexible, capaz de garantizar confiabilidad y costos competitivos en un futuro dominado por las renovables.”

Visión de implementación paso a paso

Un plan maestro no es solo una lista de proyectos, sino una ruta de ejecución clara y ordenada que permita avanzar sin improvisaciones. Para lograrlo, es necesario:

- **Definir fases de implementación:**

Establecer un cronograma dividido en corto, mediano y largo plazo, donde cada fase construya sobre la anterior.
Por ejemplo:

- **Corto plazo (0–3 años):** atender proyectos críticos de generación y T&D que reduzcan apagones y fallas inmediatas.
 - **Mediano plazo (3–7 años):** añadir proyectos prioritarios que fortalezcan resiliencia, como mini-redes y refuerzo estructural de líneas y subestaciones.
 - **Largo plazo (7–10 años):** completar proyectos de modernización que digitalicen la red y preparen al sistema para operar con altos niveles de renovables.
- **Metas medibles e indicadores de desempeño:**

Cada fase debe incluir indicadores claros: reducción de interrupciones (SAIDI/SAIFI), aumento en capacidad de respuesta de blackstart, reducción de pérdidas técnicas, integración de renovables sin impactos de estabilidad, entre otros.

- **Mecanismo de ajuste continuo:**

El plan debe revisarse periódicamente (cada 2–3 años) para adaptarse a cambios tecnológicos, regulatorios y de mercado, asegurando que no quede obsoleto frente a la evolución del sector energético.

- **Coordinación entre entidades:**

Requiere que operadores (LUMA, Genera PR), regulador (PREB), gobierno y sector privado trabajen bajo la misma hoja de ruta, evitando duplicidad de esfuerzos y maximizando el uso de recursos.



PUNTO CLAVE

“Una implementación paso a paso garantiza que las inversiones no solo se planifiquen correctamente, sino que se ejecuten con disciplina, dando resultados tangibles al cliente y construyendo confianza en la transformación energética.”

Conclusión

Toda transformación energética debe comenzar por entender el sistema que se quiere cambiar. Los **estudios de ingeniería** son esa brújula: permiten anticipar los efectos de cada decisión y evitar errores costosos. **Ignorar esta etapa equivale a construir sin planos** —un riesgo que puede traducirse en inversiones mal dirigidas, sobrecargas en la red y una pérdida de confianza pública cuando los resultados no se materializan.

Sobre esa base técnica, el **plan maestro** es la herramienta que da coherencia a la ejecución: organiza los proyectos, define prioridades, asigna recursos y coordina a las entidades responsables. Sin un plan, las iniciativas se dispersan, se duplican los esfuerzos y se diluye el impacto de los fondos disponibles.

Dentro de esa estructura, los **proyectos críticos** son el punto de partida natural: los que atienden las causas inmediatas de los apagones, las fallas y el alto costo energético. Son los proyectos que los clientes sienten primero y los que devuelven credibilidad al proceso de transformación.

La secuencia es innegociable: **primero los estudios, luego el plan, después la ejecución**. Solo así Puerto Rico podrá avanzar de la improvisación al orden técnico y de los diagnósticos a los resultados tangibles: un sistema eléctrico estable, confiable y sostenible.

Transformar el sistema eléctrico nos toca a todos —a nadie más. Pongamos a Puerto Rico primero.



PUNTO CLAVE

“La receta correcta para la transformación energética comienza con proyectos críticos que devuelvan confianza al cliente, se fortalece con proyectos prioritarios que aumenten la resiliencia ante emergencias, y se consolida con proyectos de modernización que preparan el sistema para la próxima década.” DHM

BIO Daniel Hernández Morales

Daniel Hernández es ingeniero electricista con más de 35 años de experiencia en generación, transmisión y distribución de energía en Puerto Rico. Ha liderado iniciativas clave en el sector público y privado, entre ellas:

- **Vicepresidente de Operaciones en Genera PR (2023–2025):** dirigió la estabilización de la flota generatriz, el lanzamiento de 430 MW en almacenamiento con baterías (BESS) y proyectos críticos de recuperación.
- **Director de Renovables a Gran Escala en LUMA (2021–2023):** lideró la interconexión técnica y regulatoria de proyectos solares y eólicos.
- **Director de Generación en la AEE (2018–2021):** supervisó la operación de la flota durante eventos como los terremotos de 2020 y la pandemia.

Durante su carrera en la AEE (1989–2018) fue jefe de subestaciones y líder en protección eléctrica, impulsando la modernización e innovación de sistemas críticos. Actualmente es Director Técnico del Proyecto Hostos, donde lidera la coordinación estratégica, regulatoria y técnica de esta iniciativa binacional. Es también fundador y editor de PRET – Puerto Rico Energy Transformation, una plataforma técnica dedicada a la política energética y la planificación del sistema. Además, se desempeña como consultor estratégico independiente, asesorando a agencias, reguladores y desarrolladores en temas de integración de energías renovables, interconexión, protección eléctrica y planificación regional.

Ediciones Anteriores de PRET

A continuación, presentamos una recopilación de las ediciones previas de PRET – Puerto Rico Energy Transformation, como referencia para los lectores que deseen seguir la evolución del análisis técnico, regulatorio y estratégico desarrollado a lo largo del 2025. Cada edición examina un componente esencial del sistema energético y aporta una pieza clave dentro del marco más amplio que culmina en esta edición de noviembre.

Todas las ediciones están disponibles para acceso público a través de la página del CIAPR:

<https://www.ciapr.org/pret/>

FEBRERO 2025 – 100% Energía Renovable: ¿Cómo lograrlo sin comprometer la estabilidad eléctrica?

MARZO 2025 – El futuro energético de PR: ¿Está listo el sistema para 1,000 MW más de renovables en 2027?

ABRIL 2025 – Análisis técnico y propuestas ante la orden del Negociado de Energía sobre nueva generación

MAYO 2025 – Lo que los apagones de España y Puerto Rico revelan sobre nuestros sistemas eléctricos

JUNIO 2025 – Servicios Ancilares: la columna vertebral del sistema eléctrico moderno

JULIO 2025 – Interconexión eléctrica PR–RD: Viabilidad y beneficios para la transformación energética del Caribe

AGOSTO 2025 – El trilema energético de Puerto Rico: tarifas, deuda y desarrollo

SEPTIEMBRE 2025 – Tres prioridades urgentes para transformar el sistema eléctrico de Puerto Rico

OCTUBRE 2025 – Generación Moderna: la ruta para reducir apagones y bajar tarifas

NOVIEMBRE 2025 – Estudios de Ingeniería y un Plan Maestro: la receta para la transformación eléctrica

