



ALTERNA

Revista de periodismo y divulgación científica de la Comisión Federal de Electricidad

ENERGÍAS LIMPIAS: EL SOL VS EL MAR · THERMOFLOW, EL SOFTWARE QUE USA LA CFE PARA PROYECTAR LA CONSTRUCCIÓN DE SUS CENTRALES · ¿QUÉ HACE EL DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFÍA DE LA CFE? · CÓMO SE ANTICIPA LA CFE ANTE UN POSIBLE BLACKOUT · ENTREVISTA CON CUAUHTÉMOC CÁRDENAS · LA CENTRAL GEOTÉRMICA LOS HUMEROS SUSTITUYE SU CENTRO DE CONTROL PARA SEGUIR GENERANDO ENERGÍA LIMPIA PARA MÉXICO · EL ORDEN PETROLERO BAJO EL COROLARIO TRUMP · A 20 AÑOS DEL DESCUBRIMIENTO DE VESTIGIOS ARQUEOLÓGICOS EN LA HIDROELÉCTRICA EL CAJÓN · MARÍA FERNANDA MENDOZA, LA MUJER QUE SE SUMERGE EN LAS PROFUNDIDADES DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA



DEPARTAMENTO DE
OCEANOGRAFÍA

Central Termoeléctrica

General Francisco Villa

Delicias, Chihuahua



Central Ciclo Combinado

Chihuahua El Encino

Chihuahua, Chihuahua





LAPEM obtiene el acreditamiento del **primer grupo de pruebas químicas, mecánicas, metrológicas y de calibración.**

Irapuato, Guanajuato, se convierte en la sede de LAPEM. En este territorio se crean los Laboratorios de Alta Tensión y Alta Potencia, y se asignan actividades de evaluación y desarrollo de proveedores.

El Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales participa en la dirección general de normas para el desarrollo del **Sistema de Acreditamiento de Pruebas (SINLAP)**, que supervisa la tecnología, competencia técnica y personal operativo de la CFE.

Se otorga a LAPEM la responsabilidad de **unificar criterios de calidad** de equipos dentro de la CFE.

LAPEM inicia actividades de **control de calidad e inspección de equipos y productos fabricados en el extranjero** que se usan en el sector eléctrico de México.

Se crea el **Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica (CCONNIE)**, con sede en LAPEM, para impulsar el desarrollo de especificaciones de la CFE.

1983

Se pone en operación el **Laboratorio de Extra Alta Tensión y de Corto Circuito en Baja Tensión.**

LAPEM consolida la calidad de sus servicios y es reconocida por otros laboratorios y empresas particulares.

El Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales **encausa sus actividades** a los procesos de generación, transmisión y distribución de la CFE.

Entre 2001 y 2010 **se establece como una organización madura y especializada**, cuyo personal posee un alto nivel competitivo. LAPEM

obtiene la certificación internacional ISO9001:2000 y la patente de un sistema de medición de tensión para líneas de transmisión (2004). Recibe varios premios en este periodo, entre ellos el INTRAGOB (2003), el INNOVA 2006, el Premio Nacional de Calidad (2008) y el Premio Iberoamericano de la Calidad (2010). Dos años antes, en 2008, alcanza el 100% de acreditación ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) para sus pruebas reguladas.

2001-2010

2011

Es reconocido en Singapur con el **Global Performance Excellence Award**. Recibe, además, el Smart Wireless Innovators Award, así como el sello de Empresa Socialmente Responsable y el Corporate Award de la IAIA.

2014

Obtiene las acreditaciones de la EMA como **Unidad de Verificación de Productos.**

2015

Se convierte en **gestor del Fondo de Aportaciones de la CFE al INEEL** para implementar proyectos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico.

2017

Se acredita como **Organismo de Certificación de Producto y Proceso**. Redefine sus objetivos y se constituye como una **Unidad de Negocio** de acuerdo al Estatuto Orgánico de la CFE.

2021

LAPEM se compromete a maximizar el valor de las empresas del sector energético para garantizar la calidad de los suministros de la CFE. Además, se convierte en el **organismo con la mayor cantidad de acreditaciones en México.**

2026

Actualmente LAPEM es responsable de la **actualización y verificación de la normativa técnica**, que garantiza la adquisición de bienes y servicios de la CFE.

1985-87

1994

1995-2000

1981

1979

1977

1971

1965

1960

1952

4 de enero **Se crea el Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales** que selecciona, pone en servicio, conserva y da mantenimiento de los equipos para los centros productores de energía eléctrica del país.

LAPEM es designada para **implementar y difundir** normas de especificaciones de la industria eléctrica.



74 LAPEM ANIVERSARIO

BREVE HISTORIA



DIRECTORIO

Emilia Esther Calleja Alor
Directora General de CFE

Israel Rodríguez Alvear
Coordinador de Comunicación

Director editorial Iván García Reyes

Editor Abel Pérez Cervantes

Dirección de arte Jenny Damaris Santana Sierra

Diseño y formación Juan José Martín Andrés

Portada Lourdes Elizabeth Ponce Wainer

Colaboradores Guadalupe Gutiérrez Arana
Gina Guadarrama Nava
Abel Pérez Cervantes
Pedro Luis Ramírez de Aguilar
Lucero Ríos Huerta

Fotografía Carmen Lilián Ayala Melo
Mario Cano Lara
Mimí Fernández Medina

Agradecimientos a:

A Paulina Badillo, enlace de Responsabilidad Social y Difusión Cultural de la DIPI.

A Ernesto Barroso, enlace de Comunicación y Responsabilidad Social de la Subdirección de Generación.

A la arqueóloga Deyanira Bello Alarcón, encargada de la Disciplina de Afectaciones Reacomodo y Ecología de la Coordinación de Energías Limpias de la CFE.

Al maestro Francisco Javier Maldonado Ramos, director de Operación.

Al ingeniero José Miguel Mota Cervantes, coordinador nacional de Generación Hidroeléctrica.

A Erika Reyes Pohlenz, enlace social de género y comunicación de la Subdirección de Generación.

Al ingeniero Mario Flavio Ruiz Mosqueda, gerente de Ingeniería Civil.

*Altern*a es una publicación trimestral de la Coordinación de Comunicación de la Comisión Federal de Electricidad.

Río Lerma 334. CP 06580. Ciudad de México.

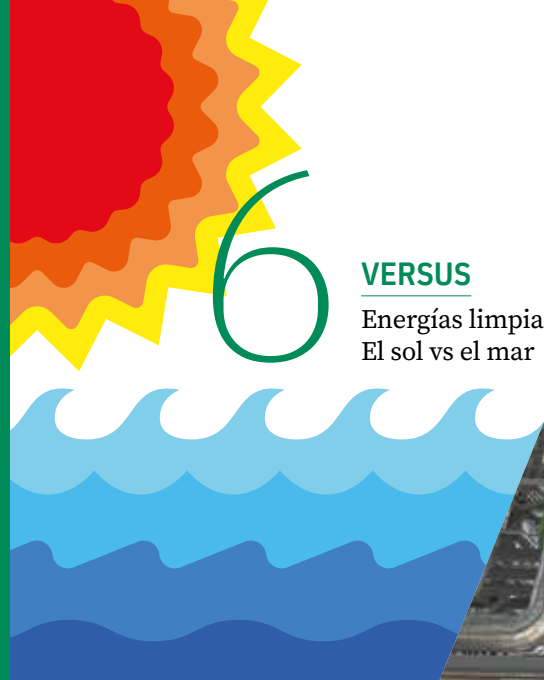
Año 4. Número 16. Marzo-mayo de 2026.

Los artículos firmados expresan la opinión de sus autores y no representan forzosamente el punto de vista de *Altern*a ni de la Comisión Federal de Electricidad. Las opiniones y datos expresados por las personas entrevistadas son responsabilidad exclusivamente de quienes los emitieron. Los textos pueden ser reproducidos siempre y cuando se cite la fuente y el autor.

¿Dudas?

¿Quieres participar en *Altern*a?

Escríbenos a comunicacion@cfе.mx



6

VERSUS

Energías limpias: El sol vs el mar



8

CIENCIA SIN FICCIÓN

Thermoflow, el software que usa la CFE para proyectar la construcción de sus centrales



10

EQUIPO CFE

¿Qué hace el Departamento de Oceanografía de la CFE?



12

CIENCIA SIN FICCIÓN

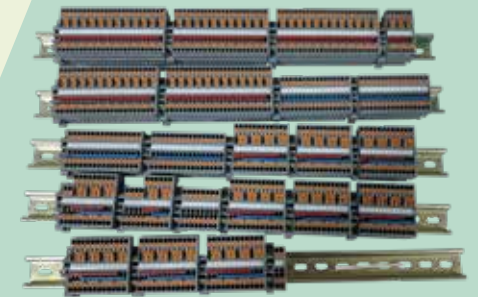
Cómo se anticipa la CFE ante un posible blackout



16

ENTREVISTA CON

Cuauhtémoc Cárdenas



20

ENERGÍA FUTURA

La central geotérmica Los Humeros sustituye su centro de control para seguir generando energía limpia para México



22

ENSAYO

El orden petrolero bajo el corolario Trump



26

TÚNEL DEL TIEMPO

A 20 años del descubrimiento de vestigios arqueológicos en la hidroeléctrica El Cajón



32

SER CFE

María Fernanda Mendoza, la mujer que se sumerge en las profundidades de la generación eléctrica

Energías limpias: El sol



el mar

Por **Pedro Luis Ramírez de Aguilar**

EL PRIMER IMPULSO A las energías verdes nació en los 70, tras sucesivas guerras y crisis en Medio Oriente. Aumentaron los precios del petróleo y, después, de la electricidad. Como la primera parte de la historia se está repitiendo, puede que también la segunda. Depender del petróleo causa los mismos problemas una y otra vez.

Si Dios quisiera que tuviéramos energía limpia y barata, dicen, hubiera puesto un reactor de fusión nuclear en el cielo. No en vano el sol ha sido tan deificado: toda la energía en el planeta llegó de ahí. El carbón, el gas natural y el petróleo, que eran plantas y animales, son sol mineralizados. Se estima que a la Tierra le caen del cielo 865 millones de Terawatts hora cada año; 165 mil Terawatts al día.

Desde 1839 Edmond Becquerel descubrió que dos electrodos metálicos en una solución podían convertir los rayos del sol en electricidad, pero por décadas fue muy caro hacerlo a gran escala: en 1956, generar un Watt con paneles solares costaba 300 dólares, mientras que en una central convencional el precio era de 50 centavos.

El interés en las celdas fotovoltaicas revivió con la exploración espa-

cial. Se instalaron en los satélites Vanguard 1 y Sputnik 3 puestos en órbita en 1958. En la década de 1970, Elliot Berman, patrocinado por una petrolera, resolvió el problema del costo y pudo desarrollar celdas fotovoltaicas costeables. El presidente Jimmy Carter célebremente instaló unas en la Casa Blanca (retiradas por su sucesor, Reagan) y empezó una lenta, pero segura, masificación de la generación solar.

La Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) estima que la capacidad renovable global se duplicaría en 2030 y que la mayoría de los 4,600 Gigawatts (GW) instalados, el 80%, sería solar fotovoltaica. Si el pronóstico se cumple, ésta se volverá la mayor fuente de energía renovable en el planeta, desplazando a la hidroeléctrica al segundo lugar. Y su crecimiento no depende sólo de las grandes centrales: 47% de la producción fotovoltaica añadida en 2024 fue a pequeña escala, mediante generación distribuida.

Asia ha liderado la expansión fotovoltaica. Los mayores desarrollos solares están entre el Medio Oriente y China. El más grande es el Parque Solar Golmud, en el Desierto de Gobi, China, con una capacidad de 2.8 GW. Le sigue el Parque Solar Bhadla, en la India, con 2.3 GW. China es

también el lugar donde tienen origen los equipos fotovoltaicos de bajo costo, aunque el futuro de sus fabricantes es incierto. Fueron víctimas de su propio éxito constructivo y en 2024 acumulaban pérdidas por 5 mil millones de dólares.

Una compañía, Reflect Orbital, lanzará en 2026 dos satélites para reflejar desde el espacio la luz del sol a lugares donde sea de noche. Si sus planes se cumplen, en 2035 tendrá 50,000 satélites dedicados a ello, con terribles efectos para la salud de la gente, las plantas y los animales. Posiblemente sea más costeable almacenar la energía en baterías (cuyos precios poco a poco van bajando) que desplegar una flotilla distópica de espejos; pero la osadía del proyecto ilustra hasta dónde llega el afán por cultivar la energía del sol. Se habla de fotovoltaicas en la luna y de velas solares que nos llevarán a otros astros y otros mundos. Si algún día llegamos, estos son los primeros pasos.

GENERAR EN LOS SIETE MARES

Nuestra relación con el mar y el viento, también adorados desde tiempos mitológicos, ha sido duradera y provechosa. En la antigüedad había molinos para triturar cereales y en el siglo XV para sacar agua de las minas. El primer aerogenerador lo construyó

un millonario, en 1888, para encender los focos de su mansión. Funcionó por 15 años.

Hubo un tiempo, cuando las redes eléctricas no llegaban al campo, en que las granjas solían tener molinos de viento para generar un poco de electricidad, apenas para un foco y un radio, pero más que suficiente entonces. Windcharger había vendido hacia 1945, 400 mil aerogeneradores en todo el mundo. Los primeros a gran escala (prototipo de los que hoy utilizamos) se desarrollaron en Dinamarca, a mediados del siglo XX, y poco a poco se diseminaron desde ahí.

Según datos de la IEA, las centrales eólicas han padecido problemas de suministro y cancelación de proyectos, pero igual se espera que su capacidad global se duplique en 2030. La más grande del mundo es la Granja Eólica Gansu, en China, con una capacidad de 20 GW y 20 mil unidades. El segundo lugar no está en tierra firme, sino en el mar, a 130 kilómetros de la costa inglesa: Dogger Bank Wind Farm, con una capacidad de 3.6 GW y 277 unidades.

Las centrales marinas pueden tener aspas más grandes que las terrestres para aprovechar vientos más veloces y consistentes. No compiten por espacio, no afectan paisajes y están en el paso de menos aves. Su ma-


yor y gran desventaja —común a todo proyecto en altamar— son sus elevados costos de construcción, mantenimiento y operación. Lo que el mar no corroe, el viento y las olas lo destruyen. La capacidad de las eólicas en alta mar suma cerca de 85 GW, menos del 1% de la electricidad producida en el planeta; con Europa y China a la cabeza de la mayoría de proyectos.

Como el agua es 800 veces más densa que el aire, tiene más energía potencial, pero ha sido difícil aprovecharla. Ciertas turbinas, así como unos “papalotes” que oscilan con el mar, transforman el ir y venir de las mareas en electricidad, pero son pocas las centrales de este tipo. Desde 1966 opera una en el estuario del río Rance, en Francia, con 240 Megawatts (MW) de capacidad; en 2011, en el lago Sihwa, Corea del Sur levantó una con 254 MW.

Los generadores undimotrices no explotan la marea, sino las olas. El más exitoso se llamó Pelamis y operó frente a la costa de Portugal entre 2008 y 2014, hasta que sus problemas técnicos y financieros se salieron de control. Cada unidad debe operar en todo tipo de olas, con fuerzas, frecuencia y dirección variables, sin averiarse. En Europa, Japón, China y Australia continúan los experimentos para un diseño que sea a la vez

eficiente y resistente, pero la capacidad undimotriz instalada es mínima.

En el mar abundan los gastos y los problemas, pero también proliferan las oportunidades para la generación renovable. Como lo más caro son las líneas submarinas para enviar la electricidad a tierra firme, se ha propuesto concentrar varias tecnologías en un solo lugar: islas artificiales con módulos fotovoltaicos interconectados, aerogeneradores gigantes, dispositivos undimotrices y baterías. Podrían almacenar electricidad, fabricar hidrógeno verde, y cultivar algas, moluscos, camarones y peces.

Algunas islas generadoras seguirían conectadas a tierra firme, mientras otras viajan por los mares para abastecer de energía a una flota de barcos verdes, para cruzar los océanos sin más emisiones ni contaminación. ¿Llegaremos a verlo? Mientras queden combustibles fósiles, puede que no. Pero algo sabemos de cierto: un día, quizá más tarde que temprano, se va a acabar el petróleo. El sol, el mar y el viento seguirán ahí. 

Para saber más:

- Luofeng Huan. *Ocean Renewable Energy Systems (2026)*
- International Energy Agency. *Renewables 2025: Analysis and Forecasts to 2030 (2025)*
- Anthony Penna. *A History of Energy Flows (2020)*

Thermoflow, el software que usa la CFE para proyectar la construcción de sus centrales

Por **Guadalupe Gutiérrez Arana**

CÓMO DETERMINAR CUÁNTAS hectáreas son suficientes para construir una central eléctrica y cuánta energía se puede producir en ese espacio? La Subdirección de Generación (SDG) de la CFE trabaja con un software que en 15 minutos es capaz de determinar estos datos. Su nombre es Thermoflow.

Una vez que el personal de ingeniería especializado de la Subdirección de Generación incorpora información básica como la temperatura del lugar, la humedad relativa y la altitud del sitio, el programa estipula la viabilidad de la construcción de la central y la energía eléctrica que puede generar.

Thermoflow ofrece entre sus virtudes un comparativo de costos y marcas de turbinas disponibles a nivel mundial, y proyecta los precios de comercialización de la energía que se puede producir con ellas. Su principal ventaja es el ahorro de tiempo para elaborar estos cálculos: si fueran hechos a mano tardarían semanas o meses y la CFE perdería competitividad.

La CFE opera este programa a través del área de Evaluación y Análisis de Proyectos de la SDG. El maestro Mario Alberto Ramírez Ramírez, jefe de esta área, que pertenece a la Subdirección de Generación, explica que la CFE concretó su adquisición en 2017, pero se tienen antecedentes desde 2008.

Thermoflow es un programa autónomo para el diseño y simulación de la operación de sistemas térmicos. Cuenta con una base de datos con más de 2,000 modelos de todos los fabricantes: General Electric, Siemens, Mitsubishi, entre otros. Este software tiene 34 años de antigüedad y su línea ha crecido hasta convertirse en el sistema más popular dentro del sector eléctrico. Su sede se halla en Jacksonville, Florida, pero tiene representación en Europa, Asia, Sudamérica y América Latina.

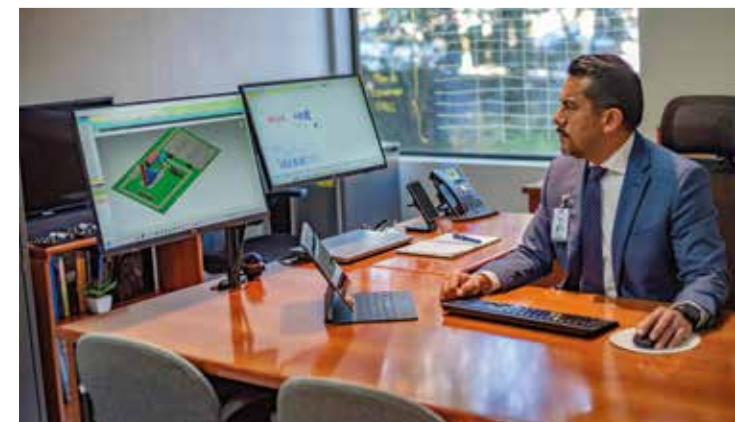
Simula la operación de una central tomando como referencia más de 2,500 parámetros, entre los que se encuentran la calidad del combustible o la afectación por condiciones ambientales y degradación de equipos principales. Incluye herramientas para realizar estudios de viabilidad, crear diseños conceptuales para proyectos de energía y calcular el rendimiento termodinámico de diferentes cargas de operación o distintas condiciones ambientales en un sitio. Analiza sistemas compuestos por generadores de energía renovable (fotovoltaicas, parques eólicos), sistemas de almacenamiento de energía eléctrica con baterías, plantas de producción de hidrógeno y plantas de energía térmica para calcular el rendimiento combinado a nivel del sistema eléctrico o un sistema aislado.

Además, genera automáticamente especificaciones de equipo y estimaciones de costos detalladas para cualquier planta (diseñada o existente). Agrega detalles de ingeniería a las tuberías y dimensiones de la central. Las imágenes que proyecta se muestran en 3D.

En el caso de México, Thermoflow fue la primera herramienta que se utilizó para proyectar “los 1,000 Megawatts de la Central Fotovoltaica Puerto Peñasco, las más grande de América, así como todos los ciclos combinados que se han inaugurado y se están construyendo actualmente”, comenta el maestro Mario Alberto Ramírez Ramírez.

THERMOFLOW Y EL TERRENO DE UNA CENTRAL

Thermoflow es el primer cimiento “de las plantas de generación de energía que vamos a construir”. Después de constatar los datos básicos del sitio (temperatura, humedad relativa y altitud), conocemos el predio disponible para la edificación de la central de generación. Por ejemplo, “en El Sauz había cinco hectáreas disponibles, y al hacer el modelo de la central de ciclo combinado, el pro-



Arriba: antes de hacer cualquier construcción, la CFE proyecta la capacidad de una central en un territorio como ocurrió recientemente en el Sauz, Querétaro, la central de ciclo combinado que produce más de 500 Megawatts.

Abajo: las áreas que tienen acceso a Thermoflow son las DIPI, las cinco Coordinaciones Regionales y la Subdirección de Generación. Foto de Mario Cano.

grama me indica que se necesitan para este proyecto entre 3.5 y 4 hectáreas; con ello sabemos que el tamaño del terreno es perfecto. Así supimos que este ciclo combinado puede producir alrededor de 270 Megawatts de energía eléctrica”.

Las áreas que tienen acceso a Thermoflow son la Dirección de Ingeniería y Proyectos de Infraestructura (DIPI), así como las cinco Coordinaciones Regionales de la Subdirección de Generación.

EL ABC DE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CENTRAL


Cuando la CFE proyecta la construcción de una nueva central, las Direcciones de Planeación y Operación identifican las necesidades de energía que manifiesta el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE). Entonces se desarrolla un modelo conceptual de ingeniería básica para determinar la prefactibilidad del proyecto. Posteriormente,

la Dirección de Ingeniería y Proyectos de Infraestructura (DIPI) determina la factibilidad del sitio.

“En coordinación, la SDG y la Coordinación de Proyectos Termoeléctricos (CPT) conciliamos un modelo con parámetros reales del sitio y unificamos criterios hasta llegar a los datos más precisos. Con esa información tenemos las referencias para diseñar la central”, comenta el maestro Mario Alberto Ramírez, “y la CPT inicia con el desarrollo de las especificaciones técnicas del proyecto”.

Posteriormente la Subdirección de Contratación y Servicios (SCS) investiga las condiciones del mercado. Por ejemplo, para un proyecto introduce las soluciones técnicas elaboradas con los resultados de Thermoflow y éste arroja resultados para determinar la mejor compra de una turbina de gas por su eficiencia y costo.

Hay páginas de Internet gratuitas donde también se pueden hacer simulaciones de centrales de generación de energía eléctrica, pero no como las del Thermoflow, ya que el alcance de éstas es limitado. Además, “este programa resguarda la información de la CFE, que se almacena en computadoras asignadas”, indica el maestro Mario Alberto Ramírez.

La Subdirección de Generación actualmente usa Thermoflow para una cartera de centrales fotovoltaicas, ciclos combinados, centrales de combustión interna, sistemas de almacenamiento y centrales eólicas a desarrollarse en México en los próximos años: “Renovar y modernizar todo el parque de generación de la CFE. Ese es nuestro principal objetivo”. 

¿Qué hace el Departamento de Oceanografía de la CFE?

Surgido en los años ochenta del siglo pasado, el Departamento de Oceanografía estudia entre otras cosas las condiciones del agua de los océanos, lagos y ríos para fomentar el cuidado del medio ambiente en el proceso de generación eléctrica de México.

Por **Guadalupe Gutiérrez Arana**

Foto **Carmen Lilián Ayala Melo**



PARA GENERAR ELECTRICIDAD la Comisión Federal de Electricidad monitorea y estudia el agua. No sólo en las centrales hidroeléctricas, sino también en las de ciclo combinado, las termoeléctricas y, por supuesto, en la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde.

Esta labor corresponde al Departamento de Oceanografía, que forma parte de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC), adscrita, a su

vez, a la Dirección de Ingeniería y Proyectos de Infraestructura (DIPI).

El ingeniero Roberto Uribe Romero, gerente de Estudios de Ingeniería Civil, menciona que este departamento surgió en los años ochenta del siglo pasado como una iniciativa para analizar las opciones de toma y descarga de agua, para las principales centrales térmicas del país de aquel entonces: Tuxpan, Rosarito, Manzanillo, Petacalco, Laguna Verde. ¿Cuáles son los criterios que toman en cuenta? El oleaje, las corrientes y la marea.

Las centrales hidroeléctricas, termoeléctricas, ciclo combinado y nucleares requieren agua para la generación de energía; por ello se ubican cerca de ríos, mares o lagunas. Para tomar el agua es indispensable estudiar sus condiciones en estado natural y se hace lo mismo cuando se devuelve a su lugar. En la imagen se muestra la descarga de agua de una central termoeléctrica.

Las centrales hidroeléctricas, termoeléctricas, ciclo combinado y nucleares requieren agua para la generación de energía; por ello se ubican cerca de ríos, mares o lagunas. Para tomar el agua es indispensable estudiar sus condiciones en estado natural y se hace lo mismo cuando se devuelve a su lugar; por eso este proceso se llama toma y descarga.

“Cuando se interviene la costa o el mar se paga un precio por los posibles impactos. Una obra de toma de este tipo en una central requiere estructuras para captar el agua. Esas estructuras se llaman escolleras o rompeolas, y modifican la línea de costa. Esta modificación impacta la sedimentación o la erosión. El Departamento de Oceanografía identifica el alcance de ese impacto”, comenta el ingeniero Uribe.

MÁS ALLÁ DE LA CFE

En sus inicios el Departamento de Oceanografía trabajaba exclusivamente para la Comisión Federal de Electricidad. Sin embargo, con el paso del tiempo y la diversificación de su personal también le dio atención a gobiernos estatales y a PEMEX.

En la penumbra del siglo XX el Departamento estudió el problema de erosión de las playas de Quintana Roo. Y en 2000 el gobierno de la entidad contrató sus servicios en el Proyecto de Regeneración de las Playas de Cancún. Estas actividades se ampliaron de 2009 a 2015 para estudiar los efectos del huracán Wilma (2005) y rehabilitar los espacios que provocó este fenómeno natural.

Apoyaron a PEMEX con estudios y diseños para sus terminales marinas. PEMEX solucionó problemas de su infraestructura de mar con base en manuales de la CFE. El departamento participó desde 1993 en la elaboración de los manuales de Diseño de Obras Marinas y Terminales Marítimas, que se publican desde 1969. Y revisó su actualización en 2015 (esta versión está disponible en Amazon.)

Entre 2015 y 2016 el Departamento colaboró con la Secretaría de Energía en el grupo de trabajo de Energías Renovables del Océano para determinar el tipo de energía del océano para incidir en la matriz energética de México: “Colaboramos con ellos e incluso revisamos con CONAHCYT la información generada”, recuerda el ingeniero Uribe Romero.


Dentro de la CFE “trabajamos con la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde para eliminar las problemáticas de sedimentación en su obra de toma; hemos sido uno de sus brazos técnicos para conocer el impacto ambiental de ese territorio”.

Para la proyección del Pronóstico Meteorológico y Oceánico, que se desarrolla con la Coordinación de Monitoreo y Análisis Operativo (CMAOE), adscrito a la Subdirección de Generación, el Departamento de Oceanografía hace un pronóstico marítimo que determina la ruta de tránsito de buques que proveen de combustible a las centrales de las costas del Pacífico y del Golfo. Esta información también se comparte con PEMEX, ya que, finalmente, es el proveedor de este insumo.

El modelo de proyección climática cuenta con una validación oficial y está a la vanguardia de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en inglés). El ingeniero Roberto Uribe Romero explica que “hoy en día nos hemos aproximado a lo que ellos hacen. Tomamos como referencia datos del viento. En la CFE contamos con un Centro Meteorológico [ver *Alternativa* 3] que nos ofrece esta información. Incluso contamos con mejores modelos y mejores resoluciones que el NOAA porque ellos hacen un modelo para todo el mundo, y, para México, tienen un modelo con una resolución de kilómetros. Nosotros somos todavía más precisos: nuestra resolución es de cientos de metros.”

El Departamento de Oceanografía efectúa asimismo estudios de batimetría, de corrientes y de temperaturas para la instalación del cable submarino de Playa del Carmen que va a cruzar por Cozumel. Y ha elaborado trabajos geotécnicos, civiles y de ingeniería de las costas para una regasificadora de Manzanillo, debido a que los buques que descargan gas para las centrales de dicha región van del puerto de Laguna de Cuyutlán a Guadalajara, proyecto que lidera la ingeniera Diana Karina Morán, jefa del departamento de Oceanografía.

Con más de 11 integrantes, este departamento se concentra en 2026 en cerca de 90 proyectos que la Subdirección de Generación les ha encargado. ¿En qué consisten? Ingeniería civil y estudios de la tierra para centrales térmicas, hidroeléctricas y líneas de transmisión o distribución. Además, colabora con la CONAGUA y la SEMARNAT para establecer los límites de la temperatura del agua de salida, una vez que ésta cumplió su ciclo dentro de las centrales térmicas.

Para el ingeniero Roberto Uribe Romero no es necesario que las coordinaciones que integran la CFE salgan a buscar empresas de ingeniería para hacer lo que necesitan: “Aquí se hace. Aquí lo hacemos en coordinación con otras áreas”. 

Cómo se anticipa la CFE ante un posible blackout

¿Qué pasaría si el sistema eléctrico de México se viera comprometido a tal grado que un territorio se quedara sin energía eléctrica por varias horas? La CFE cuenta con una serie de protocolos para evitar el mayor daño posible y restablecer la energía, entre ellos aislar energéticamente al lugar afectado y usar centrales de otras regiones para abastecer aquellas que la demandan.

Por *Alternativa*

A MEDIADOS DE FEBRERO DE 2021 Estados Unidos sufrió una de sus mayores crisis eléctricas cuando más de cuatro millones de habitantes de Texas se quedaron sin energía por al menos una semana. La peor nevada de la historia de ese estado provocó que las personas encendieran la calefacción, y el sistema eléctrico, que no estaba preparado para tal nivel de demanda, sencillamente se vino abajo. El frío extremo, además, congeló los ductos de gas y parte de la infraestructura eléctrica.

Debido a la dependencia que México tenía en ese entonces del gas que provenía de Estados Unidos, una parte del norte de nuestro territorio también se apagó. El 12 de febrero el CENACE activó el control operativo y un día después declaró un estado de emergencia. El 14 comenzaron los primeros cortes de energía. Y un día después el escenario fue rumbo a peor: una parte del norte de México se quedó sin electricidad.

Lo que acabamos de describir se llama blackout: un apagón que compromete la infraestructura del sistema eléctrico de un territorio considerable por varias horas. El blackout de aquel 2021 se restableció en México en pocas horas gracias a que la CFE cuenta con un sistema interconectado que, por un lado, aísla al territorio para que no afecte al resto del país y, por otro, echa mano de centrales de otras regiones para abastecer de energía aquellas que la demandan.

El ingeniero César Urbano, del Centro de Control de Generación Huites (CCGH), dice que “la CFE cuenta con un Plan Regional de Restablecimiento ante un colapso, y que cada región cuenta

con su propio plan. En la Región Noroeste del territorio nacional, el CCGH controla las centrales hidroeléctricas El Novillo, Huites, El Fuerte, Mocúzari y Oviachic, cada una de las cuales cuentan con Arranque de Emergencia, Operación Isla y Soporte de Tensión”, y se coordinan con la Gerencia de Control Regional del Noroeste.

El ingeniero Jesús Manuel Rubio Meza, del Centro de Control de Generación Culiacán (CCGC), menciona que “el CCGC controla las centrales hidroeléctricas de Bacurato, Humaya, Sanalona y Comedero, de la Región Noroeste, en coordinación con la Gerencia de Control Regional del Noroeste. Además controlan las hidroeléctricas Boquilla y Colina de la Región Norte junto a la Gerencia de Control Regional del Norte. Estas centrales también cuentan con Arranque de Emergencia, Operación Isla y Soporte de Tensión”.

El Soporte de Tensión se refiere a la capacidad de las regiones de aportar y absorber voltaje para estabilizar el sistema eléctrico. El Arranque de Emergencia es la disposición de las unidades generadoras para generar electricidad de forma autónoma con plantas de diésel o con una turbineta. “La turbineta —explica el ingeniero Rubio Meza— funciona con el agua de la presa y no requiere más energía. Con esta agua se mueve una turbina acoplada a un generador que alimenta los servicios auxiliares para el funcionamiento de equipos que intervienen en el arranque de la unidad generadora, como las bombas, los compresores y las válvulas”. Finalmente, la Operación Isla es una particularidad que tienen algunas centrales para operar con independencia al sistema interconectado. Un ejemplo: si no hay electricidad en ciertos



Un operador mira una serie de pantallas con el menor número de parpadeos posible. Si una persona pasa por allí y observa la estampa, probablemente pensaría que no está haciendo nada, pero en realidad ese operador está procesando todo lo que ve: tendencias, comportamientos, alarmas. Estas personas verifican el comportamiento de las centrales para evitar un blackout.

pueblos de la región de Tamazula, Durango, por fallas en las líneas de transmisión y distribución, este territorio se desconecta del Sistema Interconectado Nacional, y con la central Sanalona (Culiacán, Sinaloa) se genera energía en modo isla.

El Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) designa las centrales que ofrecen estos servicios. “En este sitio la Central Hidroeléctrica Humaya —comenta el ingeniero Rubio Meza— está designada para Soporte de Tensión, Arranque de Emergencia y Operación Isla; Bacurato, por su parte, funciona para Soporte de Tensión y Arranque de Emergencia. Las centrales controladas por los Centros de Control de Generación Culiacán y Huites pueden realizar Arranque de Emergencia. Si cambian las condiciones del sistema interconectado, CENACE puede pedir que otra central intervenga”.

La CFE hace cuatro pruebas al año para cerciorarse de que los servicios de arranque de emergencia están a disposición: pruebas de equipos, bombas de regulación, compresores de regulación, compresores síncronos, etc.

—¿Cómo se prepara la CFE para un blackout por falta de gas?

—Nuestro recurso es el agua, comenta el ingeniero Jesús Manuel Rubio. Existen presas es-

tratégicas reguladoras que almacenan agua para que se ocupen sólo en caso de que sea necesario. Para tomar estas decisiones la CFE está en coordinación con CONAGUA, distritos de riego y gobiernos estatales. Cuando se necesita agua para generar energía eléctrica de emergencia se emplea la Asignación de Unidades de Generación por Confiabilidad (AUGC), un plan de despacho específico para las necesidades del momento.

—Nuestro recurso es el agua, comenta el ingeniero Jesús Manuel Rubio. Existen presas reguladoras estratégicas que almacenan el agua utilizada para la generación en caso de que sea necesario; de esta manera no se derrama el agua al mar. Para tomar estas decisiones la CFE está en coordinación con CONAGUA, distritos de riego y gobiernos estatales. Cuando se necesita generar energía eléctrica de emergencia, el CENACE emplea la Asignación de Unidades de Generación por Confiabilidad (AUGC). Asimismo, en la Región Noroeste se implementa un plan de despacho específico para las necesidades del momento utilizando volúmenes excedentes de agua (que la CONAGUA no solicita para riego). Este volumen excedente se concilia con CONAGUA una vez pasada la emergencia.

QUIÉN ESTÁ DETRÁS DE LA PREVENCIÓN DE APAGONES

Un operador u operadora mira una serie de pantallas con el menor número de distracciones posibles. Si otra persona pasa por allí y observa esta escena, probablemente pensaría que el operador u operadora no está haciendo nada, pero en realidad está procesando todo lo que ve: tendencias, comportamientos, alarmas. Estas personas verifican el comportamiento de las centrales para evitar un blackout.

Para agudizar su sentido de respuesta ante los cambios de estados de los sistemas que se ven en las pantallas, la persona debe conocer el funcionamiento de los sistemas y los equipos de las centrales: qué es una válvula, por dónde van las tuberías, cómo funcionan los procesos de enfriamiento de una central, cómo se comporta el sistema de regulación, cómo se mueven los álabes, qué es una turbina, qué es un generador, cuál es la obra de toma o cómo operan los sistema y equipos ante una indicación del operador u operador desde las computadoras.

—También toman cursos de redacción, apunta el ingeniero César Urbano. Suena extraño, pero las y los operadores deben llenar un informe. ¡Imagina que ese informe lo leen varias personas, ni modo que haya una “b” donde debe haber una “v”! Para ellos hay cursos de manejo del estrés porque están 8 horas continuas inspeccionando varios de los procesos más importantes para que el país no se quede sin energía.

—Por eso antes de ser operador u operadora, añade el ingeniero Rubio Meza, la persona visita las plantas, conoce los equipos, escucha los ruidos de las máquinas: debe saber cuáles son los instrumentos de una central, cómo se traducen en la operación de un sistema o al presionar un botón en su computadora: cuál es su complejidad y cuál su valor.

Los operadores tienen tres turnos diarios los 365 días del año, y sólo una persona teleopera las centrales por cada turno en un Centro de Control. Con un operador se controlan cinco centrales en el CCGH y con otro operador se controlan seis centrales en el CCGC. “En total el CCGH es

En México el agua es el recurso más importante para generar energía eléctrica para evitar un blackout. Existen presas reguladoras que almacenan agua para que se ocupen sólo en caso de que sea necesario. Para tomar estas decisiones la CFE está en coordinación con CONAGUA, distritos de riego y gobiernos estatales.



En México las centrales hidroeléctricas se utilizan estratégicamente para generar energía de forma emergente para regiones de alta demanda. Esta reserva se echa a andar en menos de 10 minutos. Una de las hidroeléctricas que funcionan así es La Boquilla, que se ubica en Chihuahua.

responsables de 657.4 Megawatts y el CCGC de 330 Megawatts de capacidad instalada, por eso es importante atender el sistema de alarmas inteligente”, dice el ingeniero César Urbano.

—Si hubiera un blackout, hay muchos indicadores para que el operador u operadora lo noten; además de que el CENACE hace una llamada casi de forma inmediata para notificarlo, resalta el ingeniero Rubio. Gracias al sistema telecontrolado las unidades más rápidas pueden comenzar a producir electricidad en 3 minutos; las que llevan más tiempo quizás lo hagan en 7 minutos.

QUÉ PROVOCA UN BLACKOUT

El blackout puede ocasionarse por varias situaciones. Si una central produce, digamos, 700 Megawatts, y deja de operar (falla) por cualquier razón de manera súbita, se debe cubrir esa generación rápidamente o la frecuencia del sistema va a disminuir, y se corre el riesgo de que las demás centrales cercanas también colapsen. Otro ejemplo es aquel que se describió al inicio de este texto, con el fenómeno invernal en Texas, donde se congelaron los ductos que transportaban gas de Estados Unidos a México. Las soluciones son las igualmente mencionadas: aislar la región y/o cubrir la demanda con otras centrales de generación. La CFE está comprometida con

suministrar energía eléctrica en cualquier momento y trabaja para que no haya eventualidades de ese tipo.

Los Centros de Control que monitorean y controlan las centrales hidroeléctricas pueden realizar maniobras a distancia para que estas centrales participen de forma rápida para mitigar cualquier emergencia del Sistema Interconectado Nacional. Estos centros iniciaron a finales de la década de los noventa del siglo pasado, pero con los avances de la tecnología del siglo XXI se han transformado de forma extraordinaria. Hoy para poner en servicio ciertas centrales de generación solamente se necesita apretar un botón.

En 2010 la CFE hizo oficial la operación de los Centros de Control que funcionan actualmente, en las que están a disposición centrales como Huites, El Novillo, El Fuerte, Oviachic, Mocúzari, Bacurato, Humaya, Sanalona, Comedero, Boquilla y Colina. Y se trabaja en tres centrales más y otros centros de control para evitar los blackouts para que la vida moderna no se detenga.

Los Centros de Control revolucionaron la manera en que se supervisa la operación de las centrales y se anticipan las emergencias, donde la gran protagonista en el caso de México es la energía hidroeléctrica. ☺

Cuauhtémoc Cárdenas: “Actualmente me parece importante que en México impulsemos las energías alternativas: eólica, solar. Y tenemos que aprovechar también las corrientes marinas, la biomasa”.

Texto por **Abel Cervantes**
Fotos por **Mario Cano**

Cuauhtémoc Cárdenas recibió a la Coordinación de Comunicación y a la Subdirección de Generación de la Comisión Federal de Electricidad en su residencia de la Ciudad de México, para conversar sobre su trayectoria como ingeniero civil y el estado de las cosas de la energía eléctrica en México. La entrevista forma parte de las actividades que la CFE prepara para difundir en el encuentro de la Comisión Internacional de Grandes Represas (ICOLD, por sus siglas en inglés), que tendrá lugar en Jalisco a finales del próximo mes de mayo: una de las reuniones más relevantes a nivel internacional para compartir conocimientos sobre el diseño, la construcción, el mantenimiento y el impacto de las grandes represas del mundo.

EL ESTUDIO ES AMPLIO y rectangular. La puerta de apertura es de madera clara. Y las dos pequeñas entradas en su interior dan a un saloncito con una impresora y a una gran oficina, que a su vez, abre paso al resto de la casa. Pasado el mediodía, el estudio recibe una luz prodigiosa que lo ilumina todo: los libreros a cuatro paredes, la mesa de centro, los sillones que, en conjunto, asemejan una sala de estar. Hay dos cuadros al óleo con las figuras del general Lázaro Cárdenas y Emiliano Zapata, una banderita de

México y libros que, aquí y allá, todavía no llenan los entrepaños. Los libros son de historia de México, ingeniería civil, historia mundial y, en lo alto, la trilogía americana de Philip Roth. Más abajo un par de tomos sobre la Comisión del Río Balsas.

—Bienvenidos, adelante.

En el pequeño jardín de fuera, un busto de Lázaro Cárdenas mira hacia la entrada de la casona. Y el pasillo empedrado, por el que hace apenas unos minutos dos repartidores de agua cruzaron un par





de veces con garrafas a punto de estrenarse, es un piso poroso al que todavía le caben años de la historia que comenzó a llenarse con el anterior propietario de la casa, el general Lázaro Cárdenas.

—Bienvenidos, bienvenidos.

Aunque Cuauhtémoc Cárdenas es conocido por participar tres veces como candidato a la presidencia de México y por ser el primer jefe de gobierno de la capital del país, en 1997, entre muchos otros hitos políticos, su trayectoria como ingeniero civil también cuenta con una fila de pilares de la historia de México. Es ingeniero civil por la Universidad Nacional Autónoma de México: “Estudí en la entonces Escuela de Ingenieros, cuando aún no era la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Soy generación 51-55. Me recibí a principios del 57, y tuve la oportunidad de participar en los estudios para el aprovechamiento de los recursos de la Cuenca del Río Balsas entre 1959 y 1961. Esos estudios se extendieron posteriormente para aprovechar los recursos de la costa de Oaxaca”.

Cárdenas participó en la construcción de la presa José María Morelos, La Villita, y también formó parte de la Comisión del Río Balsas: “Ahí me pasé un buen número de años. Participé en los inicios de la construcción de la siderúrgica de Las Truchas, hoy Lázaro Cárdenas; y en la ampliación de Lázaro Cárdenas, en la costa de Michoacán, un proyecto urbano complementario a la industria siderúrgica que se estaba estableciendo en aquella región”.

—¿Por qué estudió Ingeniería?

Me llamaban mucho las obras. En mi juventud tuve la oportunidad de recorrer con mi padre muchas obras en construcción, concretamente las que iniciaron en la región del Tepalcatepec en los años 47, 48. Seguramente eso influyó para que tomara la decisión de estudiar Ingeniería. Tuve la oportunidad de acompañar a mi padre en distintos recorridos de trabajo, de turismo o con la familia, en muchas regiones del país. Uno de mis viajes más significativos tuvo lugar cuando mi padre nos invitó a mí y a un grupo de pasantes a re-

Cárdenas trabajó en la construcción de la presa La Villita y formó parte de la Comisión del Río Balsas: “Ahí me pasé un buen número de años. Participé en la construcción de la siderúrgica de Las Truchas, hoy Lázaro Cárdenas; y en la ampliación de Lázaro Cárdenas, en la costa de Michoacán”.

correr una parte del sureste de México. Entonces vimos las obras que se estaban haciendo en aquella época: en la zona del Grijalva, sobre el río Usumacinta; seguramente estas imágenes influyeron en lo que después hicimos como ingenieros varios de mis compañeros y yo.

Fue residente de obra de La Villita. Y como parte de la comisión del Balsas inició la construcción de caminos de acceso. “En esa época Lázaro Cárdenas, un puerto importante ahora del Pacífico, era un pequeño poblado de unos 2,500 habitantes; estoy hablando de 1964: se llamaba Melchor Ocampo del Balsas; posteriormente le cambiaron el nombre a la población y al municipio. Construimos los caminos de acceso. Después vino el tendido de las líneas eléctricas, porque no llegaba la energía a esas zonas. Localizamos los bancos de materiales, hicimos los estudios del río. Mi tesis como estudiante fue justamente sobre los proyectos del río Balsas, Infiernillo y La Villita”.

—México ha vivido una transformación extraordinaria en temas políticos, sociales y económicos impulsados por la energía eléctrica. ¿Qué papel ha desempeñado la energía hidroeléctrica en ese sentido?

Ha sido muy importante el desarrollo de la energía hidroeléctrica en muchas partes del país. En el caso de La Villita, por ejemplo, se combina el aprovechamiento del río para regar ambas márgenes e instalar una planta eléctrica, que, además, sirve para comunicar la zona limítrofe de los estados de Michoacán y Guerrero. La energía eléctrica ha sido fundamental para el desarrollo del país. No sólo la hidroelectricidad, sino las distin-

tas formas de generar energía eléctrica. Y tenemos todavía retos importantes en este momento, como modernizar y ampliar las redes de transmisión o de distribución.

—¿Cuáles son los méritos más importantes de la CFE para el desarrollo del país?

Primero, haber iniciado y fomentar el desarrollo de servicios de energía eléctrica a muchas partes de México. En la década de los cincuenta y los sesenta llevó energía eléctrica a zonas rurales del país, lo que permitió que en muchas poblaciones pequeñas y relativamente aisladas haya llegado la electricidad, con todo lo que esto significa para la producción y el comercio. Actualmente me parece muy importante que aquí en México impulsemos las energías alternativas: eólica, solar. Y tenemos que aprovechar también las corrientes marinas, la biomasa.

—¿Cuáles serían los retos que tiene México en el futuro alrededor de la energía eléctrica?

Son muchos. Garantizar que en cualquier parte del país puedan instalarse industrias, servicios, etcétera. Y para ello me parece que son fundamentales lo que mencionaba anteriormente: la modernización y ampliación de las redes de transmisión y distribución. Tenemos que aprovechar las energías nuevas, como la solar: prácticamente todo el país es un buen lugar para ello. Y buscar la colaboración con otras áreas de la administración pública para disminuir gradualmente la dependencia que tenemos del gas del exterior. En el sector hidroeléctrico tenemos todavía un potencial importante. Hay que cuidar los problemas sociales; pero, por ejemplo, se puede aprovechar la parte alta de la Cuenca del Usumacinta. Existen otros ríos con menos potencial hidroeléctrico que, sin embargo, también pueden generar energía eléctrica, como Uxpanapa, Coatzacoalcos, Oaxaca. Me parece que las y los jóvenes ingenieros de la Comisión tienen mucho que hacer todavía por delante. En otro sentido, tenemos que aumentar la capacidad de generación para propiciar el incremento de autos eléctricos o los equipos para tecnología de datos, que demandan un consumo muy alto de energía eléctrica. En suma, crear las condiciones para que estos servicios y empresas tengan las circunstancias ideales que requieren. ☺

La central geotérmica de Los Humeros sustituye su centro de control para seguir generando energía limpia para México

Por **Guadalupe Gutiérrez Arana**

LAS CENTRALES DE GENERACIÓN de energía cuentan con un centro de control donde se proyectan diagramas, indicaciones numéricas de valores de campo en tiempo real, el estado del generador o los componentes mecánicos de la turbina. Si se observa con ojo cinematográfico el hardware de este centro de control parece una imagen del HAL 9000 de Kubrick en *2001: odisea del espacio* (1968): pequeños módulos de computadora en bloque que pueden montarse o desmontarse como piezas de lego. Sin este equipo no se puede generar energía eléctrica en ninguna central.

En 2020 la unidad 11 de la Central Geotermoelectrónica Los Humeros mostraba los primeros signos de descompostura, por lo que los ingenieros de esta planta iniciaron su sustitución. Gracias al éxito de este reemplazo se mantiene la operación de Humeros intacta: casi 100 Megawatts de energía limpia para México.

La unidad 11 de Los Humeros cuenta con tres controladores principales: el U111, que se encarga del Sistema Eléctrico; el U112, para equipos auxiliares responsables de los sistemas de lubricación, enfriamiento, ventilación o equipos de bombeo; y el U113, que se encarga del turbogenerador: controla los componentes mecánicos de la turbina (velocidad, flujo de combustible, actuadores) y el generador. En suma, el U113 gestiona la conversión de energía mecánica en eléctrica.

El centro de control se traduce en su formato de software en una serie de pantallas donde se proyectan estos indicadores. El ingeniero Abraham Zárate Morales, técnico superior del Departamento Eléctrico de Instrumentación y Control de



Los Humeros, explica que después de diversas pruebas detectaron “que el controlador U112 tenía fallas intermitentes de comunicación que complicaban el monitoreo” y podían afectar el proceso de generación: era necesario instalar un nuevo sistema.

El U112 está integrado por cinco racks (estructura metálica diseñada para alojar, organizar y proteger equipos electrónicos, de red o servidores) de entradas y salidas: la U112_02, U112_04, U112_06, U112_08 y U112_10. Hasta el 2020 tenía un sistema de control de Alstom, llamado C3000.

El primer obstáculo que tenía este equipo de la CFE era encontrar un dispositivo igual, porque como puede suceder con equipos de uso cotidiano como computadoras o celulares, las empresas sencillamente dejan de producirlos.

El ingeniero Abraham Zárate Morales y su equipo plantearon una segunda solución: “En el sistema de control teníamos instalados otro modelo de controladores y con la certeza de que eran compatibles con el sistema de control”. ¿Podían usarlo para hacer una migración parcial? “Rede-

finir un cambio de sistema de control es un proceso extenso que puede demorar más de dos años por las especificaciones, las aprobaciones, etc.”, comenta el ingeniero Adrián Ayala Leyva, supervisor técnico de la Central Los Humeros. En este caso no era factible esperar tanto tiempo, porque “hubiera significado dejar fuera la unidad y perder una parte de la generación de esta central geotérmica”, por lo que echaron manos a la obra.


Se adecuó la alimentación y se puso en marcha la nueva reingeniería en el cableado. El cambio fue gradual y llegó a su fin en 2025, cuando se reemplazó por completo el controlador U112.

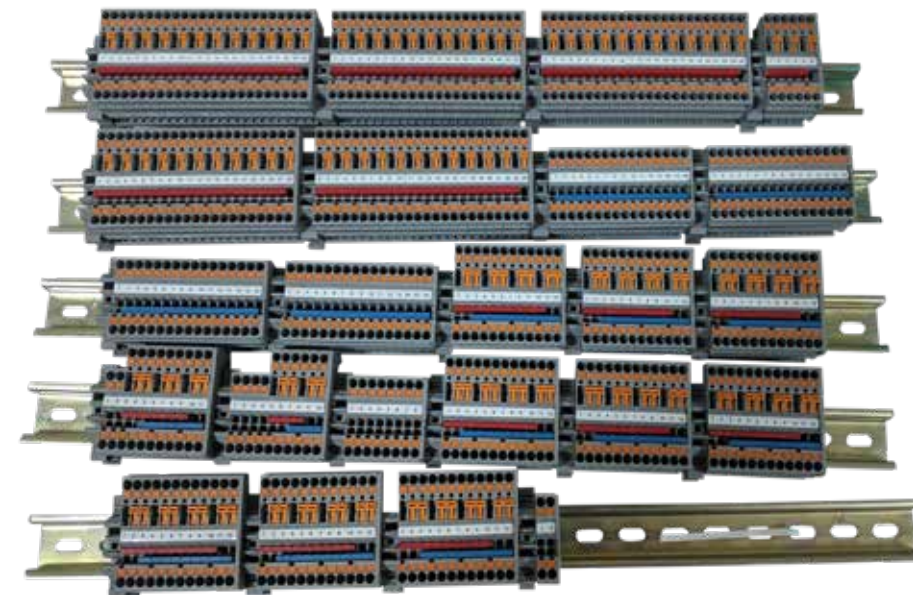
“Al cambiar este hardware del sistema de control se redujeron las fallas en la unidad y se tuvo una mayor confiabilidad en su operación”, describe el ingeniero Zárate Morales. Fue la primera vez que en la CFE se realizó un proceso de esta

magnitud en una central de generación, por eso el ingeniero Abraham Zárate Morales y su equipo conformado por profesionales de perfiles diversos (electromecánicos, instrumentistas y ayudantes técnicos) tomaron la ruta más larga pero también la más segura: marcaron cada cable para analizar su funcionamiento y regresarlo a su sitio. Desmontaban la pieza, le ponían un indicador para conocer su función exacta en el hardware y la sustituían con una que tenía la misma función.

“Lo más retador siempre es el inicio. Afortunadamente se recuperó el sistema de control de la unidad y todo funciona como debe”, explica el ingeniero ingeniero Ayala Leyva.

Aunque poco se sabe, las centrales están diseñadas para funcionar con un operador central y un ayudante de campo, pero dependen de un sistema de control: “El operador está para realizar ajustes, poner puntos de consigna; indica con un set point en el HMI o en la pantalla de operación los valores que debe mantener. El sistema de control se encarga de las regulaciones, mover válvulas, arrancar motores, subir o bajar carga, parámetros eléctricos”, comenta el ingeniero Ayala Leyva.

Gracias a este hardware también se eliminan posibles errores de manipulación de equipos y se aumenta la duración de los equipos al mantenerlos estables. Los ingenieros explican que el cambio tiene una garantía de al menos 5 años: “Tiempo suficiente para desarrollar una especificación y hacer una migración a un sistema de control completo”. 



De 2020 a 2025 se sustituyó el hardware del centro de control de la Central Geotermoelectrónica Los Humeros: pequeños módulos de computadora en bloque que pueden montarse o desmontarse como piezas de lego. Sin este equipo no se puede generar energía eléctrica en ninguna central. Las imágenes son cortesía de la central Los Humeros.

INSTALACIÓN DEL SISTEMA

El ingeniero Ayala Leyva describe que en mayo de ese año comenzó el cambio del sistema de control: “Revisamos la ingeniería, los diagramas y el cableado, así como los modelos de controladores, las conexiones, las alimentaciones, y la configuración en el control, porque teníamos que borrar toda la configuración anterior para crear una nueva”.

Posteriormente se hicieron las pruebas para asegurar el correcto funcionamiento y dar paso al desmontaje. Este equipo de ingeniería de la CFE armó su propio rack de controladores e hizo las pruebas con cada tarjeta de entrada y salida digital, y de entrada y salida analógica. Sí, como en la película de Kubrick, tomaron con la mano los módulos de la computadora y los desmontaron uno a uno.

El orden petrolero bajo el corolario Trump

Por Rosío Vargas *

LO QUE SE CONOCE COMO Orden Basado en Reglas, surgido después de la Segunda Guerra Mundial, que se caracterizó por su estructura basada en el libre comercio, la democracia liberal y la defensa colectiva, un sistema financiero con la preeminencia del dólar, entre los aspectos más importantes, se derrumba.

Este sistema hoy es cuestionado y modificado por los Estados Unidos de América (EUA), país que lo lideró en los últimos ochenta años, porque ahora le resulta poco efectivo para mantener su hegemonía a la luz de sus efectos adversos para su economía y su liderazgo internacional, por los resultados que le trajo la globalización; paradójicamente, potencias como China terminaron beneficiándose de él.

EUA enfrenta desafíos económicos muy grandes como el déficit presupuestal (6% del PIB) o la deuda pública, que ronda un 120% de este mismo déficit; además de todas sus crisis internas: epidemia de drogadicción, conflictos sociales, desindustrialización o concentración del ingreso, entre los más importantes. El globalismo financierista está muriendo porque EUA ha perdido y busca reposicionar su hegemonía en un sistema internacional que reconoce multipolar (con Rusia y China también a la cabeza), por lo que busca modificar la correlación de fuerzas y su posición para hacer a América Grande de Nuevo (MAGA, por sus siglas en inglés).

Hoy EUA diseña las reglas que pretende imponer al resto del mundo. El atlantismo o la comunidad con la Unión Europea llega a su fin para que este continente asuma su propia responsabilidad. Con una nueva Doctrina Monroe, los EUA, bajo su corolario (Trump), diseñan una visión y modus operandi basados en la Estrategia de Seguridad Nacional (2025) y la Estrategia de Defensa (2026) elaborada por el Pentágono. En ellas se ve la preeminencia del retorno a la fuerza y el ejercicio del poder como método para proyectar la idea de que Estados Unidos es único y ejemplar en un tono que nos recuerda al excepcionalismo norteamericano.

Por su parte, el derecho internacional parece haber sido dejado al margen con este ejercicio del poder a través de formas diversas de hegemonía: aranceles, rechazo a organismos y agencias internacionales, creación de organismos alternativos a Naciones Unidas, invasiones, sanciones, confiscaciones, etc. En materia petrolera el ejercicio del poder retoma la fuerza sobre la diplomacia, en tanto las agendas desdibujan los compromisos del cambio climático y las energías renovables, para colocar de nuevo a los hidrocarburos en la palestra de los desarrollos futuros junto con la energía nuclear.

El plan de dominio energético de Trump en el diseño de este nuevo orden fue ejecutado con la invasión a Venezuela el 3 de enero de 2026, y el secuestro de su presidente y su esposa. De esta manera, inició el control “indefinidamente” de su petróleo y de su industria, su comercio y sus ingresos petroleros.

LA ESTRATEGIA DE SEGURIDAD NACIONAL DE LOS EUA (2025) Y LA ESTRATEGIA DE DEFENSA NACIONAL (2026)

Aunque no es mi intención hablar de tráfico de sustancias ilícitas, en este cambio sistémico es imposible dejarlo fuera para analizar la consecución de los objetivos de la política exterior de los EUA. Por lo demás, el tema no es reciente: EUA ha utilizado tradicionalmente el narcotráfico como un instrumento de expansión geopolítica para intervenir en otros países y encubrir operaciones militares y paramilitares.

Meses antes de la invasión a Venezuela, desde el 2 de septiembre de 2024, 107 personas fueron ejecutadas extrajudicialmente por fuerzas estadounidenses en 27 bombardeos a embarcaciones en el Caribe y el Pacífico. El 3 de enero de 2026 Donald Trump autorizó el despliegue de la Operación Resolución Absoluta en Caracas, que culminó con el secuestro del presidente Nicolás Maduro y su esposa, Cilia Flores, y la invasión de Caracas en una guerra relámpago (Blitzkrieg) con un despliegue de capacidad tecnológica ofensiva que dejó más de 100 muertos.

El presidente de Venezuela fue acusado ante una corte federal de Nueva York por cargos como ‘narcoterrorismo’ y conspiración para importar cocaína. El presidente Maduro lo negó declarándose inocente. (<https://www.milenio.com/internacional/narcotrafico-el-instrumento-de-eu-para-intervenir-gobiernos-latinos>)

Para entender la coyuntura petrolera y la aplicación de las políticas y acciones del corolario Trump es importante conocer las bases conceptuales y políticas de la Estrategia de Seguridad Nacional de la Casa Blanca, publicadas en noviembre de 2025, cuyo objetivo reconoce abiertamente restaurar la preeminencia estadounidense en el hemisferio occidental.

En la versión 2.0 de la Doctrina Monroe de 1823 —con el Corolario Roosevelt en versión Trump—, los EUA no tienen empacho en decir lo que piensan hacer con el mundo. Dos de sus objetivos más importantes son: 1) tener acceso a recursos hemisféricos e identificar puntos y recursos estratégicos en el hemisferio occidental con miras a su protección y desarrollo conjunto con los socios regionales; y 2) sacar del hemisferio a sus competidores (China y Rusia), que por años han invertido en la región, con el fin de seguir siendo la potencia energética dominante del mundo.

Con esta estrategia EUA decide concentrarse en el hemisferio como la región en donde consolidará su poder, aun cuando su política exterior también se ejerce en otras regiones y países.

Este corolario de Trump, coherente con los intereses de seguridad de Estados Unidos para el hemisferio occidental, declara como objetivos “reclutar y expandir”. ¿Cuáles son las implicaciones de esto? Presencia militar en el hemisferio occidental. Establecer o ampliar el acceso en lugares de importancia estratégica. Diplomacia comercial y cadenas de producción.

Este reconocimiento cínico de sus intereses es parte del estilo de la actual política exterior de los EUA: una visión donde los negocios son primero y existe una insaciable narrativa para “ganar” en cualquier circunstancia.

El diseño del nuevo orden internacional de la energía también está delineado en la Estrategia de Seguridad Nacional de los EUA: “Rechazamos las desastrosas ideologías del ‘cambio climático’ y del ‘cero neto’, que han perjudicado enorme-

mente a Europa, amenazan a Estados Unidos y subvencionan a nuestros adversarios”.

Esta estrategia es el punto de partida para anunciar que EUA se retira de 66 organizaciones internacionales, muchas de ellas relacionadas con la ONU, y de los propósitos para enfrentar el cambio climático con energías renovables, bajo el argumento de que estas instituciones son redundantes en su alcance, están mal gestionadas, son innecesarias, derrochadoras, y han sido capturadas por los intereses de actores que promueven sus propias agendas (contrarias a las de EUA), o que son una amenaza para la soberanía, las libertades y la prosperidad general de los Estados Unidos. Sin duda los presupuestos de las instituciones se verán afectados por el retiro del financiamiento.

La Estrategia de Defensa Nacional (2026), elaborada por el Departamento de Guerra de EUA, se refiere al papel que tiene el Pentágono en la implementación del objetivo de reposicionamiento hegemónico de los EUA. En ese contexto el papel del Departamento de Guerra es “restaurar la paz mediante la fuerza. Defender[...] activa y valientemente los intereses de Estados Unidos en todo el hemisferio occidental. Garantizar[...] el acceso militar y comercial de Estados Unidos a territorios claves, especialmente el Canal de Panamá, el Golfo de América y Groenlandia”. Debo hacer énfasis en la siguiente línea: “Defender[...] activa e intrépidamente los intereses de Estados Unidos en todo el hemisferio occidental”.

Si bien EUA pretende mantener buenas relaciones con sus vecinos (desde Canadá hasta Centroamérica y Sudamérica), advierte que exigirá que respeten y defiendan sus “intereses comunes: Donde no lo hagan, estaremos listos para tomar medidas específicas y decisivas que promuevan concretamente los intereses de EEUU”. Bajo la narrativa del narcotráfico, EUA dice que puede atacar cualquier lugar para combatirlo: “Sabemos dónde viven los narcos; [haremos] ataques terrestres en cualquier lugar, incluido México”, señaló Trump.

LA INVASIÓN A VENEZUELA

Las políticas de agresión de Washington a Venezuela no son recientes; pero las que tuvieron lugar en enero de 2026 intentan transformar la nacionalización de su industria petrolera, su régimen

político y su orientación diplomático/político/comercial en favor de potencias como China y Rusia.

La principal razón de Washington para esta invasión tiene que ver con las enormes reservas petroleras de Venezuela (303,221 millones de barriles), su fácil extracción, sus enormes reservas gasíferas (asociadas), su crudo pesado atractivo para las refinerías de EUA y, *least but not last*, su ubicación estratégica en el hemisferio occidental.

Aunque EUA es la primera potencia productora de hidrocarburos (13.5 millones de barriles diarios) y cuenta con un amplio potencial de reservas gasíferas, estos recursos no son renovables. El auge de los EUA en este rubro proviene de la fracturación hidráulica, fracking, cuyos horizontes productivos (plays) son muy breves (4 años).

Debido a que el consumo de estas fuentes es el mayor del planeta, EUA debe garantizar su suministro a lo largo del tiempo, y la bonanza petrolera actual tiene límites. Los trabajos del geofísico David Hughes (Instituto Postcarbon en Palo Alto, California) han demostrado que prácticamente todos los plays en EUA han rebasado su pico de producción y sólo la cuenca Pérmica del Sur de EUA sigue en ascenso; pero alcanzaría su pico máximo productivo (3,300 millones de barriles por día) entre 2034 y 2040. Entonces comenzaría su declive gradual.

Las narrativas de la prensa internacional han minimizado este hecho. Y, por el contrario, destacan únicamente el potencial energético del momento para sugerir que las reservas de Venezuela no son imprescindibles. Sin embargo, quien conoce la importancia de la seguridad energética de los EUA, sabe que el asunto constituye un tema de seguridad nacional para apropiarse de los recursos de este país y otras latitudes como Nigeria, Canadá, Groenlandia e Irán, entre los más importantes.

Pero en Venezuela el petróleo no es el único recurso de interés, ya que existen otros como el litio, minerales estratégicos y tierras raras. Para conseguir los objetivos MAGA (Make America Great Again), el presidente Trump procura que EUA continúe como la potencia hidrocarburífera del planeta bajo la política de Dominio Energético.

Otro de los objetivos de Washington es preservar un orden monetario para anclar el poder de Estados Unidos afianzando la dependencia global



de su moneda, sus activos denominados en dólares y los mercados financieros globalmente dominantes en suelo estadounidense.

Por ello representaba un riesgo para sus intereses que el gobierno del presidente Maduro fijara el precio de su reserva petrolera, la más grande del mundo, no en dólares, sino en una cesta de monedas liderada por el yuan y respaldada por oro. Igualmente, fue mal visto que pretendiera integrar su sector energético en el Sistema de Pago Interbancario Transfronterizo (CIPS) de China, para eludir la Sociedad para las Comunicaciones Interbancarias y Financieras Mundiales (SWIFT, por sus siglas en inglés), monitoreada por la Agencia de Seguridad Nacional estadounidense.

En el pasado Libia e Iraq intentaron desplazar al dólar por el euro y el oro como monedas de cambio, y sus territorios fueron invadidos o sus presidentes asesinados.

Otro antecedente detrás de la invasión a Venezuela es la ambición del sector petrolero internacional, particularmente de las empresas que fueron parte de la industria petrolera venezolana antes de su nacionalización, algunas de las cuales financiaron la campaña electoral del presidente Trump como Vitol, Trafigura y Repsol.

Esa es la razón por la que los primeros convocados a compartir el botín fueron las grandes transnacionales: la estadounidense ExxonMobil, la italiana ENI, la española Repsol; las medianas como Halliburton; y los comercializadores de petróleo como Vitol y Trafigura.

La empresa española celebró la apertura marítima mientras en una entrevista sugirió que se

cambiara el nombre de Golfo de México por el de Golfo de América, en consonancia con Trump.

Aún cuando a todas vino bien esta convocatoria, con excepción de Chevron, que siempre ha estado en Venezuela, las grandes empresas no aceptaron la oferta de invertir 100 mil millones de dólares para modernizar la industria petrolera venezolana, bajo el argumento de que no tienen la certeza legal necesaria para regresar al país, después de que Venezuela expropiara el petróleo en años anteriores. ExxonMóvil y Conoco sopesaron el riesgo.

Las grandes petroleras demandan un cambio de régimen y un marco regulatorio que garantice sus inversiones. EUA presiona para obligar a la presidenta encargada, Delcy Rodríguez, a modificar el marco jurídico para abrir la industria hidrocarburífera a los capitales internacionales y lograr esa certeza con la Ley Orgánica de los hidrocarburos, que busca garantizar la soberanía de los recursos al tiempo que abre la industria a todo el capital privado en el mundo.

Los negocios recurrirán a los inversores independientes y a los ‘wildcatters’ para iniciar la recuperación de la producción y las exportaciones petroleras que el presidente Trump prometió: de entre 30 y 50 millones de barriles de crudo venezolano. Dos comercializadores, Vitol y Trafigura, ya lograron la venta de 500 millones de dólares, que fueron colocados por Washington en Catar para garantizar la participación de EUA en el manejo de dichos ingresos. Tres cuartas partes de estos ingresos fueron compartidos con el Estado venezolano a través de su banca y su banco central; EUA mantuvo el resto. A esto se le llama ingeniería financiera.

Bajo la lógica de lo que EUA busca en ese retorno al monroismo, surge una pregunta: ¿Qué querrán de México? En primer lugar, recursos: el petróleo remanente del sur de México; los esquistos del norte, especialmente de la Cuenca de Burgos; el litio; la plata y las tierras raras que pudieran existir. En los hechos EUA ya tiene buena parte del agua de la frontera norte a través de un tratado bilateral.

Es probable que EUA busque que el sector energético de México se alinee a su Estrategia de Seguridad Nacional. EUA le ha demandado históricamente a México la inclusión de un capítulo energético para abrir la inversión extranjera directa en todas las áreas del sector. ¿Es esto incom-

patible con los cambios constitucionales realizados por el gobierno mexicano? No. La apertura al capital privado transnacional es perfectamente posible a través del régimen de contratos.

CONCLUSIÓN

La invasión y apropiación de recursos y el secuestro del presidente venezolano el 3 de enero de 2026 es consecuencia de la implementación de la Estrategia de Seguridad Nacional de noviembre de 2025 y, particularmente, del corolario Trump, que promete extenderse en el hemisferio con la Estrategia de Defensa de 2026. Los EUA “lideran desde una posición de fuerza” reconociendo que rompen con el derecho internacional al mencionar abiertamente la apropiación del petróleo venezolano, su comercio y sus ingresos. Esta vez el despojo no busca disfrazarse con narrativas como la existencia de armas de destrucción masiva, la liberación del pueblo o la implementación de la democracia o cambio de régimen, como ocurrió en Iraq en 2003.

Fue un hecho inédito que Trump reconociera en sus declaraciones que sus acciones tenían como límite su mente y su moral. La paradoja del “desdén de Trump por el derecho internacional” es que esto es justamente lo que las grandes petroleras requieren para participar de la apertura venezolana.

No obstante lo anterior, el desdén al derecho internacional dispara las alertas por el riesgo de pérdida de soberanía, pérdidas territoriales o las posibles agresiones que pudiera haber para conseguir la apropiación de recursos en países que cuenten con ellos o estén en la mira de los EUA: Groenlandia, Canadá, Irán o Panamá, entre otros. El contenido de la Estrategia de Seguridad Nacional y la Estrategia de Defensa tornan preocupante el devenir de la política exterior de EUA, particularmente en América Latina, a la luz de la declaratoria que hizo Trump: “El hemisferio es nuestro”.

Un objetivo menos evidente pero igualmente importante es el cambio de régimen en Venezuela: acabar con la revolución bolivariana para garantizar la apropiación de los recursos y sus activos. El mensaje debería ser escuchado por el resto de los gobiernos progresistas de América Latina. ⚠️

* Rosío Vargas es doctora en Ingeniería Energética e Internacionalista.



A 20 años del descubrimiento de vestigios arqueológicos en la hidroeléctrica El Cajón

Por **Lucero Ríos**

Liubliana, capital de Eslovenia. Es 2009 y en esta ciudad de Europa Central, ubicada a 18 horas de vuelo de la República Mexicana, se exhibe una muestra arqueológica titulada *México antes de Colón*, con 168 piezas descubiertas durante la construcción de la hidroeléctrica El Cajón de la CFE, en Nayarit. La muestra es organizada por el equipo de Salvamento Arqueológico del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) que, en colaboración con la Comisión Federal de Electricidad, halló las piezas y las rescató para su posterior análisis y exhibición.

El salvamento arqueológico de El Cajón tuvo lugar entre 2003 y 2006; es decir, hace 10 años. Esta obra, además, marcó el regreso de la construcción de presas de la CFE para generar energía eléctrica, luego de 10 años de ausencia de este tipo de proyectos en México.

Un día de febrero de 2006, desde el salón de un hotel cercano al Templo Mayor, en el Centro Histórico de la Ciudad de México, Raúl Barrera, en aquel entonces jefe del proyecto de Salvamento arqueológico de la presa hidroeléctrica El Cajón, menciona que “cuando se llevan a cabo obras donde generalmente hay vestigios arqueológicos en México, todas las dependencias de gobierno, así como empresas privadas, tienen la obligación de notificar al INAH. Posteriormente, se hacen convenios de colaboración”.

En 2002 la CFE y la Dirección de Salvamento Arqueológico del INAH firmaron un convenio “para identificar, estudiar y conservar los vestigios del pasado que pudieran encontrarse durante el desarrollo de las obras del sector eléctrico”. La CFE y el INAH evalúan conjuntamente el diseño de los proyectos para la conservación de posibles vestigios arqueológicos. En el caso

de hallarse se contemplan modificaciones en el diseño, cambios en la ubicación y variaciones en las obras; asimismo, si es necesario se apoyan los trabajos de salvamento y los rescates que aseguren la correcta investigación y conservación del patrimonio cultural. A raíz de esta colaboración, la CFE ha contribuido con el registro de sitios arqueológicos de diversos tipos y ha publicado libros para la difusión de estos trabajos.

Barrera, con 38 años de experiencia en la arqueología, es el actual director del Programa de Arqueología Urbana (PAU) del Museo del Templo Mayor, a través del cual se investigan los vestigios de la antigua Tenochtitlán en el corazón de la Ciudad de México. Además coordina la investigación en los predios de la calle Guatemala, donde fueron descubiertos el templo Ehécatl-Quetzalcóatl y el Huei Tzompantli.

El Cajón se ubica en el río Santiago, entre los municipios de La Yesca y Santa María del Oro. Tiene una cortina de 188 metros de altura y 650 metros de ancho, y un embalse que almacena 5 mil millones de metros cúbicos de agua. Cuenta con una capacidad de generación total de 750 Megawatts de energía limpia; es decir, el 2% del total nacional.

Este proyecto hidroeléctrico “alcanza una longitud cercana a los 65 kilómetros y su embalse abarca parcialmente cinco municipios: Santa María del Oro, Jala, Ixtlán del Río y La Yesca en

Nayarit y Hostotipaquillo en Jalisco”, explica el arqueólogo.

“El Occidente de México es una subárea cultural de Mesoamérica poco conocida. En comparación con otras regiones, hay escasa información de su vida prehispánica. Los contados relatos de acontecimientos relevantes ocurridos entonces en la región provienen de las crónicas u otros documentos escritos por invasores españoles, misioneros y viajeros de la época de la Conquista.

“Como es parte de la Sierra Madre Occidental, una zona sumamente agreste, el terreno está muy escarpado: hay pocas partes con laderas y planicies pequeñas, uno pensaría que la ocupación humana ahí es imposible”.

Por eso los equipos de arqueología de la CFE y el INAH no imaginaron lo que iban a encontrar: 72 sitios arqueológicos en la zona de influencia.

Se trataba en principio de “pequeños asentamientos estacionales de familias de la época prehispánica que tenían casas muy sencillas. Eran alineamientos de piedra en forma circular o rectangular. Las casas eran de materiales perecederos como maderas, bajareques, postes de madera, techos de paja y también había ocupación en cuevas. Además, se registraron tres centros ceremoniales fuera de la zona del embalse en la parte alta de los cerros”, relata el arqueólogo Barrera.

Panorámica del río Santiago, Nayarit, uno de los lugares claves donde se encontraron restos arqueológicos de El Cajón. Todas las imágenes, excepto las de las figurillas, son de la Coordinación de Comunicación.



DESCUBRIMIENTO DE PANTEONES DE TUMBAS DE TIRO

Pero quizás el descubrimiento más relevante fue el sitio arqueológico conocido como La Playa, situado en las inmediaciones de la comunidad del mismo nombre, donde hallaron un panteón de tumbas de tiro que data del Preclásico Terminal y Clásico Temprano de la región que comprende de los 200 años antes de Cristo a los 600 años después de Cristo.

Este fue el primer panteón de tumbas de tiro identificado en el río Santiago, y data de hace más de 2,200 años.

“Registramos 28 tumbas de tiro, de las cuales 12 estaban intactas; es decir, que no habían sido saqueadas. Las tumbas de tiro consisten en un pozo vertical, generalmente cilíndrico, de 70 a 90 centímetros de diámetro que pueden tener hasta 18 metros de profundidad. Las tumbas de tiro de esta zona sólo tenían una profundidad que oscilaba entre 1.20 y los cinco metros de profundidad. Al fondo de estos tiros se hacía una bóveda donde introducían a sus muertos, que, además, poseían un ajuar funerario.

Este ajuar consistía en “objetos de barro como vasijas, cajetes y esculturas de animales y seres humanos. Entre estos últimos hay jugadores de pelota, siameses, músicos, ancianos, mujeres embarazadas y guerreros.”

“En las tumbas de tiro se encontraron también objetos de concha, que por lo general formaban parte de collares, pulseras y ajorcas. Son alrededor de 12 mil pequeños objetos de concha que provenían en su gran mayoría de una ruta comercial que iba del Océano Pacífico, quizá de las costas de Nayarit y Jalisco, y que las subían a pie por la sierra sobre las márgenes del río o la parte alta de las montañas”.

Para organizar el material se crearon cinco categorías: cuentas, pendientes, pulseras, orejeras y narigueras. Las cuentas representaron el 70%; los pendientes el 29.9%.

Las piezas eran consideradas en aquella época objetos de lujo, como la concha, la turquesa y la jadeíta, que, según los estudios, pertenecían a personas con rangos importantes que conseguían por intercambio, debido a que la región no ofrece estos recursos.

“Estos hallazgos son relevantes porque son pocas las tumbas de tiro excavadas y estudiadas en la arqueología mexicana. Las piezas, tan diferentes a las de otras partes de Mesoamérica, son un indicador arqueológico muy útil para conocer aspectos relacionados con la estratificación social y en general con la vida cotidiana de aquella época en el Occidente de México. Y nosotros tuvimos la oportunidad de verlas y rescatarlas gracias a la construcción de esta presa”.



En esta página: excavación de alineamientos de piedra correspondientes a asentamientos prehispánicos. Página siguiente, arriba: recreación del interior de la bóveda de una tumba de tiro en la exposición del Templo Mayor, 2006. Abajo, izquierda: excavación de un muro prehispánico. Más abajo: excavación de alineamiento circular. Derecha, arriba: entrada de una tumba de tiro. Abajo: tumba de tiro con ofrenda.



TRABAJO EN EQUIPO

Los proyectos de salvamento arqueológico se diseñan, proponen y generan con antelación. “Nuestras dinámicas son muy similares a las de la CFE porque antes de que se construya la presa, el equipo de la paraestatal también hace recorridos, hace topografía, marca los límites del embalse, ubica el lugar de los campamentos y la reubicación de los poblados. Y nosotros, en el ámbito arqueológico, igualmente hacemos recorridos de superficie para registrar y buscar mecanismos de protección a los sitios arqueológicos susceptibles de ser analizados”.

En el proyecto de El Cajón el equipo de arqueólogos de la CFE que acompañó al INAH fue la Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos (CPH), ahora Coordinación de Energías Limpias (CPEL), de la Subdirección de Infraestructura y Administración de la Construcción (SIAC).

“El acceso a los sitios es difícil y como arqueólogos hay que adaptarse a las condiciones del terreno, vivir en pequeños campamentos, en casas de campaña, quedarnos a la orilla del río y, ocasionalmente, en cuevas”, menciona el arqueólogo Raúl Barrera. Hay que tener conocimiento del campo, de las personas que viven en las medianías. “Dependemos de ellos porque ellos conocen sus comunidades, sus caminos y en muchas ocasiones los invitamos a trabajar, aunque sea temporalmente”.

“Por otra parte, es difícil llevar garrafones de agua, porque son pesados: hay que buscar pequeños manantiales o veneros y acondicionarlos para consumir agua. Donde no hay agua, hay que retirarse porque las temperaturas en esos sitios son muy altas”.

¿QUÉ SE HACE CON LOS OBJETOS ARQUEOLÓGICOS ENCONTRADOS?

Las piezas halladas se mandaron a analizar, limpiar y clasificar con el equipo de restauración. Algunas de estas esculturas son prominentes: de hasta 60 centímetros de altura y representan a mujeres embarazadas con el cuerpo decorado con líneas verticales, diagonales y círculos. También hay representaciones de guerreros que portan una macana y llevan en la cabeza un sombrero bicorne. Su rostro está decorado con elementos iconográficos cuya tradición perdura entre los grupos Naayeri y Wixárika de la región. Además, hay esculturas de animales: una codorniz, una paloma, un tlacuache hembra embarazada. Hay tres jugadores de pelota, músicos que tocan un tambor y otros que tocan un güiro.

Esta vasta riqueza cultural sirvió para montar la exposición itinerante que viajó al interior del país y al extranjero. Se inauguró en el Museo del Templo Mayor el 26 de octubre de 2006 y continuó en el Museo Tecnológico de la CFE en



2007. Siguió su camino en los museos regionales del INAH de Nayarit y Jalisco, pasando por el Museo Casona de la Estación de Zitácuaro, Michoacán; el Centro Cultural Cankarjev Dom, Ljubliana; y el Parque Recreativo y Cultural Silao, Guanajuato.

“Finalmente, 165 piezas regresaron al Museo Regional de Nayarit, en Tepic, donde hoy se exhiben en una sala permanente”, recuerda el arqueólogo Barrera. “Y seguimos trabajando en ellas. Recientemente enviamos muestras al laboratorio del Instituto de Geofísica de la UNAM para hacer una datación más precisa a partir de los pigmentos de algunas de las piezas halladas”.

El trabajo arqueológico no termina cuando se rescata una pieza: gracias al estudio y análisis posterior de las piezas encontradas se crea un tú-

nel del tiempo hacia el pasado para interpretarlo y reconstruirlo parcialmente.

“Nosotros como arqueólogos tenemos la misión de investigar, pero también de proteger el patrimonio de todos los mexicanos; no nos oponemos al desarrollo ni a las grandes obras. Juntos, INAH y CFE, podemos hacer mucho”.

Fuentes de consulta:

- “Arqueología en El Cajón, Nayarit”, en *Arqueología Mexicana*. Núm. 84, pp. 66-73.
- Raúl Barrera y Anna Kraczkowska. “Guerreros de Nayarit. Testimonios de una herencia ancestral”, en *Arqueología Mexicana*. Núm. 95, pp. 22-29.
- Deyanira Bello Alarcón. “20 Años de la firma del convenio de colaboración de la CFE y el INAH”. Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos.
- Berenice Flores Montes de Oca. “Objetos de concha de las tumbas del sitio La Playa”, en la revista *Arqueología Mexicana*. Número. 42, septiembre-diciembre 2009, pp. 77-87.

Exposición *Entre ríos y montañas sagradas: arqueología en el Cajón*, que tuvo lugar en el MUTECH de la Ciudad de México en 2007.

Figurillas de las ofrendas de tumbas de tiro encontradas en El Cajón y expuestas en una diversidad de museos, entre ellos el MUTECH y el Templo Mayor: mujeres embarazadas, jugadores de pelota, músicos y guerreros ataviados con orejeras, narigueras y sombreros con cornamentas. Fotos: Área Ambiental y del Patrimonio Arqueológico de la CFE.

María Fernanda Mendoza, la mujer que se sumerge en las profundidades de la generación eléctrica

Por Gina Nava

Solo unos pocos encuentran el camino, otros no lo reconocen cuando lo encuentran, otros ni siquiera quieren encontrarlo.
Lewis Carroll

EN EL CIERRE de *Siddhartha* (1922), de Hermann Hesse, uno de los libros que fascinan a María Fernanda Mendoza González, Mafer, el protagonista encuentra el conocimiento que buscó toda su vida como barquero: “Notó él que la voz del río le hablaba; de ella aprendió, pues el agua le educó y enseñó; el río le parecía un dios”. De una manera similar, el agua también le habló a María Fernanda.

Cuando tenía 23 años, y con el apoyo de su familia, Mafer desertó de la carrera de Ingeniería Química Industrial (que cursaba en el ESIQIE del Instituto Politécnico Nacional, en la CDMX) para inscribirse en el Tecnológico Nacional de México, Veracruz, donde egresó de la carrera de Técnico Superior Universitario de Buceo Industrial en 2020.

Hoy es buza adscrita a la Central Hidroeléctrica Infiernillo, y desde hace cuatro años apoya en la brigada de buceo de la Subdirección de Generación para que las centrales hidroeléctricas funcionen sin las obstrucciones que disminuyen su capacidad de generación eléctrica.

Esa “cosquilla” había estado ahí siempre. El agua, explica, la hacía sentirse en paz. En la escuela vocacional eligió soldadura industrial como una carrera técnica “obligatoria”, actividad que terminó maravillándola: “Ahí es donde conocí el buceo y la soldadura subacuática”.

—Cuando era pequeña me gustaba mucho la hora del baño. Me metían a

la bañera, y yo me quedaba ahí jugando. Para mí esa rutina era bien importante: me quedaba horas hasta que el agua estaba fría y mis dientes tiritaban. Mis manitas estaban todas hechas pasa y yo quería seguir sumergida en el agua. Era mi momento favorito del día. Esa ha sido una constante en mi vida: todo el tiempo he tenido esta relación con el agua.

La actividad del equipo de buceo no inicia al ingresar al agua: todos los días se ejercitan dos horas, aunque la carga de trabajo no siempre se los permite, cuidan su alimentación, se hacen exámenes médicos con frecuencia y tienen una condición física sobresaliente.

Bajo el agua y en profundidades que pueden rebasar los 30 metros, el equipo de buceo de la CFE se enfrenta a desafíos como retirar la mayor cantidad de palotada en una inmersión para que una central recupere al 100% su capacidad de generación eléctrica.

—Tenemos que ser capaces de ejercer cualquiera de los roles de buceo. Por ejemplo, ahorita yo buceé, pero primero fui *tender* (asistente). Y es posible que después tenga que asistir los trabajos desde la radio de comunicación.

Entre sus primeras asignaciones, Mafer recuerda una de la Central Nucleoeléctrica

Laguna Verde, en Veracruz: “Estaba lleno de conchuela. La corriente era súper ruda. Creo que fue uno de los trabajos con más dificultades”.

Una de las referentes de Mafer es la buza sudamericana Rosita Bustamante Toro: “Cuando la veo me pregunto: ¿será que yo puedo hacer lo mismo? Y me maravillo al cuestionarme si ella en algún momento se hizo la misma pregunta”.

Mafer mide 1.62 metros de estatura y ha transformado sus limitaciones en fortalezas: “Estoy muy atenta a los detalles. Me gusta que mi trabajo quede bien hecho”. Los principales trabajos que realiza como buza en la CFE son calafateos, asentamientos de compuertas, cortes y soldaduras subacuáticas, retiros de palotada o mantenimientos correctivos y preventivos. Actualmente es la única mujer que desempeña esta actividad especializada en la Comisión Federal de Electricidad. ♻️



Todas **PODEMOS** **SER lo QUE** **QUERAMOS**

Es tiempo de nombrar a las mujeres

8M * 2026

LinierA

Buza

Médica

Arqueóloga

IngenierA

AbogadA



Gobierno de México



CFE

Comisión Federal de Electricidad®

LOS HUMEROS

THERMOFLOW

**ARQUEOLOGÍA
EN EL CAJÓN**

