



denomina gran visión y corresponde a la etapa de ubicación de los diversos sitios probables con sus características de carga hidráulica, con la potencia a instalar y la generación esperada en cada uno de ellos. A continuación, está la etapa de prefactibilidad, donde se realizan estudios más precisos de topografía, geología superficial y de registro de escurrimientos hidráulicos para determinar la hidrología de la cuenca. Finalmente se concluye con las etapas de factibilidad técnica y económica. Superada estas etapas, se integra la Residencia de Actividades Previas a la construcción donde se complementan los estudios geológicos y de materiales a detalle. En la etapa de factibilidad y durante la vigencia de las actividades previas, con la participación de Consultores nacionales y extranjeros de reconocida y probada experiencia y solvencia técnica, se determinan los principios de la ingeniería básica, la constructibilidad de las obras previstas, su duración y costo estimado. En resumen, la elección de un lugar para aprovechamiento hidroeléctrico es el resultado de muchos años de estudios.

En esta clase de proyectos es frecuente que se manifiesten circunstancias geológicas indeseables, sin embargo, en este sentido se ha demostrado en diversas ocasiones que la ingeniería mexicana es capaz de enfrentarlos y resolverlos, en la Comisión Federal de Electricidad se dispone de capacidad técnica y de decisión suficiente y oportuna. Justamente durante la construcción del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca, ha sido posible demostrar lo anterior ya que en los primeros meses de 2008, se manifestó el problema de un deslizamiento de un bloque inestable de 5 millones de toneladas de roca y tierra que amenazaba con obstruir y colapsar lo que son ahora los túneles de desvío. Es decir 5 millones de toneladas de material empezaron a moverse con una velocidad cercana a los 20 mm cada 24 horas, por lo que hubieron de realizarse, diversas acciones por demás inmediatas así como la realización de trabajos adicionales diversos, entre los que destacaron: la instrumentación, la remoción de casi un millón de metros cúbicos de material de la parte superior del bloque inestable, la construcción de un gran contrafuerte de concreto, y la recarga de materiales, todo para contrarrestar el peso actuante, así como para controlar el desplazamiento, lo que se logró en un plazo relativamente corto ya que a finales del mismo año el movimiento estaba controlado. No obstante, CFE ha determinado, después de seguir analizando el posible comportamiento de ese bloque ante los efectos del llenado del embalse y un posible vaciado rápido, la conveniencia de construir muy importantes y complejas obras complementarias para garantizar la seguridad de la presa y la operación de la hidroeléctrica

Estas circunstancias geológicas no son privativas de ningún país en el mundo y los ingenieros estamos comprometidos y preparados para enfrentarlos. Esta es la mística de la Subdirección de Proyectos y Construcción y de la Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos de la CFE. Justamente por la posibilidad de que se presenten estas circunstancias en cualquier obra en el mundo, mencionaré el caso de la ampliación de una hidroeléctrica en Niágara Falls en

Canadá, que considera la construcción de un túnel de 10 km de longitud y 14 m de diámetro. Esta obra tenía un programa de duración de seis años, y a los tres años se interrumpió porque las condiciones geológicas resultaron diferentes a las establecidas en las bases de la licitación lo que dio lugar a que el contratista advirtió que antes de continuar o realizar cualquier obra fuera del alcance contratado se tendría que definir el diseño y las nuevas condiciones del contrato. Después de tres años de discusiones, el proyecto ha triplicado su costo y va a terminarse ocho años más tarde.

Sobre la experiencia acumulada en el sector, en materia de diseño y construcción de obras de esta característica, hay que señalar que se han logrado incorporar nuevas técnicas a través del tiempo. Este es el caso del material impermeable del núcleo que, prácticamente se fabricó especialmente para la construcción de la cortina de materiales graduados en Chicoasén. La utilización de este material fue una aportación de México a la ingeniería internacional que recientemente fue reconocida internacionalmente en China por su excelente comportamiento a través de 40 años de operación, junto con la presa El Cajón destacada por sus innovaciones técnicas y tecnológicas. La Central Hidroeléctrica de Chicoasén es la de mayor potencia instalada en el país aunque con un embalse del orden de 1600 millones de metros cúbicos la cortina tiene un volumen de 14.5 millones de metros cúbicos de enrocamiento y núcleo impermeable y es una de las más altas del mundo en su tipo con sus 262 metros de altura. La cortina de Chicoasén tiene como característica particular estar ubicada en una boquilla con laderas de muy fuerte pendiente, lo que implicó hacer un diseño muy especial para garantizar un adecuado contacto de la arcilla con las paredes casi verticales de las laderas.

En La Yesca se han tenido que enfrentar situaciones adversas naturales derivadas de circunstancias geológicas, las cuales como he tratado de decir antes, se presentan frecuentemente en la construcción de este tipo de obras en mayor o menor cantidad, características y comportamiento, y con la alta posibilidad de generar importantes impactos técnicos, económicos y en el tiempo. Para los ingenieros de CFE, las adversidades que nos ofrece la naturaleza o las circunstancias durante la construcción de La Yesca representa una motivación, un reto y una satisfacción cuando comparamos nuestra forma de actuar en comparación con otros casos como el relato de la hidroeléctrica en Niágara Falls, obra canadiense con un consorcio constructor alemán-estadounidense.

Actualmente La Yesca tiene un avance de obra de 62 %, considerando el equipo fabricado y ya transportado al sitio de la obra, además de los materiales de instalación permanente ya adquiridos, aunque no necesariamente instalados.

La cara de concreto está formada por un conjunto de losas unidas por sellos de cobre y neopreno, con protecciones de PVC, poliuretano y ceniza volante confinada en un contenedor semicircular de material

galvanizado. Es una tecnología que han desarrollado muy bien los especialistas del grupo de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de CFE. Estos materiales han sido previamente ensayados, su comportamiento está garantizado por ser resultado de la optimización de la tecnología utilizada en Aguamilpa y El Cajón. Adicionalmente tendrá incorporados más de 600 instrumentos para diversos propósitos para auscultación y vigilancia permanente de su comportamiento.

El cierre de las obras de desvío de La Yesca para iniciar el llenado del embalse estaba programado para julio de 2011, por las circunstancias geológicas imprevisibles y no imputables a ninguna de las partes ya relatadas, ahora se tiene programado para mayo de 2012, sin embargo, esperamos anticiparlo para manejar un llenado controlado. Esencialmente se va a llenar con agua de las cuencas de los ríos Santiago y Bolaños que convergen tres kilómetros arriba del sitio del proyecto. Estos ríos tienen aportaciones entre 80 y 100 millones de metros cúbicos históricos en promedio de noviembre a mayo, que se incrementan hasta 600 millones de metros cúbicos en los meses posteriores. Nosotros necesitamos solo 500 millones de metros cúbicos y con esto alcanzamos el nivel mínimo de operación para realizar las pruebas de puesta en servicio. Con lo anterior quiero decir que a pesar de la diferencia de fechas en el inicio del llenado del embalse, mantenemos el compromiso de que las dos unidades inicien su operación comercial en 2012.

En todo el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca que incorpora las obras periféricas y complementarias estamos trabajando cerca de cinco mil personas. El 80% habitamos, dormimos y comemos en el sitio, y el 20% restante, en las poblaciones vecinas. Entre esas obras complementarias destacan los caminos y puentes un ejemplo es el puente Analco que ha sido necesario construir con 350 m de largo y pilas hasta de 120 m de altura para restituir un puente existente. Sin duda, una obra de ingeniería relevante.

Los beneficios de las presas son múltiples y en cuanto a aspectos ambientales son dignos de reconocer. Entre otros, debo mencionar que en los embalses de las presas se fomenta el desarrollo piscícola, y en La Yesca se espera obtener una producción superior a 2500 ton de pescado anualmente.

Por otro lado, la legislación indica que cada desarrollo de infraestructura que afecte a terrenos forestales deberá sembrar diez árboles por cada uno de los que derribe y, con base en eso, serán sembradas 10 mil hectáreas con productos forestales, por lo que la CFE ha tenido que aportar 70 millones de pesos para la siembra de árboles, a través de la Comisión Nacional Forestal quienes identifican las áreas y la especie más conveniente de árboles que se deben sembrar. Por otra parte, a través de las universidades tanto de Nayarit como de Guadalajara, se están desarrollando estudios sobre negocios ambientales y sobre los impactos en los cuerpos de agua derivado de la construcción de las presas y en los mismos cauces de



los ríos prácticamente desde Agua Prieta hasta la desembocadura en el Océano Pacífico y por supuesto, considerando también los efectos socioeconómicos que fomentan el desarrollo de las zonas de la región del noroeste de Jalisco y sureste de Nayarit. Agregado a lo anterior, como una de las tantas acciones de compensación social se han construido también aljibes, bordos o jagüeyes para almacenar agua de lluvia que servirán como abrevaderos al ganado y así estimular la economía y la vocación de esta región.

La Comisión Federal de Electricidad también reconoce la participación de las Instituciones de Educación Superior en los estudios y análisis del diseño así como para la construcción de los grandes proyectos hidroeléctricos. Este es el caso de los Institutos de Ingeniería, Geología y Geofísica de la UNAM, en especial del primero por su

*participación en los análisis, estudios y pruebas de laboratorio de hidráulica y del diseño de las respectivas cortinas de los proyectos de Chicoasén y Angostura en Chiapas y en el caso de La Yesca, esta colaboración fue fundamental no solamente en los análisis del diseño básico de la cortina, sino también en el correspondiente a la problemática de la inestabilidad de la margen izquierda que encontró en el grupo de destacados académicos e investigadores una aportación relevante para definir las acciones y obras para el control del deslizamiento. Igualmente, es de reconocerse la participación en diversos rubros adicionales, del Instituto Politécnico Nacional, la Universidad de Guadalajara y otras muchas instituciones de educación superior por su importante contribución en la construcción de este Proyecto Hidroeléctrico La Yesca.*

*Es necesario destacar el apoyo de la Comisión Federal de Electricidad a través de este proyecto hidroeléctrico en el desarrollo educativo de las nuevas generaciones de ingenieros, así como de otras disciplinas académicas ya que han encontrado un invaluable campo de oportunidades para sus prácticas profesionales. En forma permanente,*

*existen 40 estudiantes del último semestre de su carrera profesional, preferentemente de las universidades e instituciones de estudios superiores de provincia, realizando sus prácticas que se van relevando cuando las concluyen y algunos de ellos han regresado después de graduarse para incorporarse al grupo existente de profesionistas en la construcción del proyecto. Esta práctica que se estimuló desde la construcción del Proyecto Hidroeléctrico El Cajón, permitió que varios de esos nuevos ingenieros, sean ahora destacados Jefes de Supervisión en áreas civiles y electromecánicas, así como responsables del desarrollo de la ingeniería de diseño de las obras.*

*Agradezco la oportunidad de esta entrevista para reconocer esencialmente la labor, el esfuerzo y dedicación responsable de todos los trabajadores en sus diversos oficios, así como del personal en general, especialmente agradezco a la Comisión Federal de Electricidad por permitirme continuar disfrutando de la construcción de estos proyectos ya que como lo he manifestado repetidamente, con mi modesta participación en este proyecto “compré vida” —concluyó Don Próspero Ortega-.* 🇲🇽