

## FICHA INFORMATIVA DE PROYECTOS

**Coordinación:** Hidráulica  
**Subcoordinación:** Hidráulica Ambiental  
**Jefe de proyecto:** M.I. Cecilia Millán Barrera

**Clave:** HC-0871.3

**Título del proyecto:** Elaboración del proyecto ejecutivo de instrumentación de la C.H. El Cajón, la modelación numérica, y supervisión de instalación y puesta en servicio de los sistemas de medición ultrasónica de flujos turbinados en Centrales Hidroeléctricas, Etapa III.

**Problemática:** Tradicionalmente al inicio de operación de las unidades generadoras de energía, se llevan a cabo pruebas de aceptación, para verificar y validar garantías, quedando tales pruebas como referencia del comportamiento de la unidad. Sin embargo, a medida que el tiempo pasa las condiciones operativas de dichas unidades y de la Central misma cambian, por lo que las pruebas de referencia dejan de ser representativas, cayendo en el desconocimiento de la eficiencia real de las unidades. Con el avance de la tecnología de medición hoy es posible monitorear la eficiencia de las unidades generadoras en tiempo real así como verificar y/o registrar los cambios o eventos durante su operación mediante un sistema de medición de tipo ultrasónico. Debido a que la Subcoordinación de Hidráulica Ambiental tiene experiencia en la supervisión y medición ultrasónica de flujo, la Comisión Federal de Electricidad le ha encomendado la supervisión de la instalación de estos sistemas por 3 años consecutivos, además de la elaboración del proyecto ejecutivo de la instrumentación en la Central Hidroeléctrica "Leonardo Rodríguez Alcaine" (El Cajón).

**Objetivo:** Garantizar la correcta instalación de sistemas de medición de tipo ultrasónico en 6 unidades generadoras de las siguientes Centrales Hidroeléctricas: Chicoasén (1 unidad), Caracol (1 unidad), Infiernillo (2 unidades) y El Cajón (1 unidad). Además, elaborar el Proyecto Ejecutivo para la instrumentación de la Central Hidroeléctrica "El Cajón".

### Resultados y/o productos:

Se supervisó que la instalación de 2 sistemas de medición ultrasónica y puestas en operación en las correspondientes unidades generadoras fuera de acuerdo a las normas y estándares vigentes en la Comisión Federal de Electricidad.

La Supervisión se llevará a cabo en las Centrales Hidroeléctricas: Chicoasén (1 unidad), Caracol (1 unidad).

Se entregaron Reportes de Supervisión para cada Central conteniendo cada uno la siguiente información:

1. Supervisión de la Instalación de los sistemas de medición.
  - a) Reporte de actividades realizadas en la fecha de visita

- b) Anexo fotográfico y
- c) Minutas de acuerdos

2. Supervisión de la puesta en operación de los 2 Sistemas de Medición.

a) Análisis estadístico de los datos indicando la exactitud de la medición obtenida por el equipo durante la prueba correspondiente.

3. Reporte de la Modelación Numérica del flujo en las obras de toma de generación de las Centrales: Chicoasén (1 unidad), Caracol (1 unidad), Infiernillo (2 unidades), La Villita (1 unidad) y El Cajón (1 unidad).

4. Proyecto Ejecutivo de la Instrumentación en la Central Hidroeléctrica "Leonardo Rodríguez Alcaine" (El Cajón).

Informe Final.

### **Metodología y desarrollo:**

La Metodología para elaborar el Proyecto Ejecutivo consistió en las siguientes etapas:

- a. Visita por parte del IMTA a la Central Hidroeléctrica para recabar y/o verificar dimensiones, contenidas en los planos ejecutivos y alguna otra característica que pueda servir como alternativa o de apoyo
- b. Modelación numérica del flujo del conducto como herramienta para decidir la localización óptima del sistema de medición.
- c. Elaboración del Documento.

En cuanto a la instalación de los sistemas de medición la metodología general es la siguiente:

La CFE emite calendario de instalaciones programadas en las Centrales, a su vez la empresa encargada de llevar a cabo las instalaciones emite el calendario de actividades para llevar a cabo éstas en la Central respectiva.

El IMTA se pone en contacto con la empresa, con la Superintendencia General de la Central respectiva y con la Subcoordinación de Generación para acordar fechas de las visitas de supervisión.

La Supervisión de los trabajos verifica en sitio que las especificaciones técnicas contenidas en los proyectos ejecutivos respectivos se cumplan, e incluso puede aceptar o proponer nuevas especificaciones si lo amerita el caso previo acuerdo entre las partes involucradas, vigilando siempre que los sistemas de medición queden bien instalados y funcionando de tal manera que satisfagan los requerimientos de seguridad y calidad para lo que están siendo implementados.

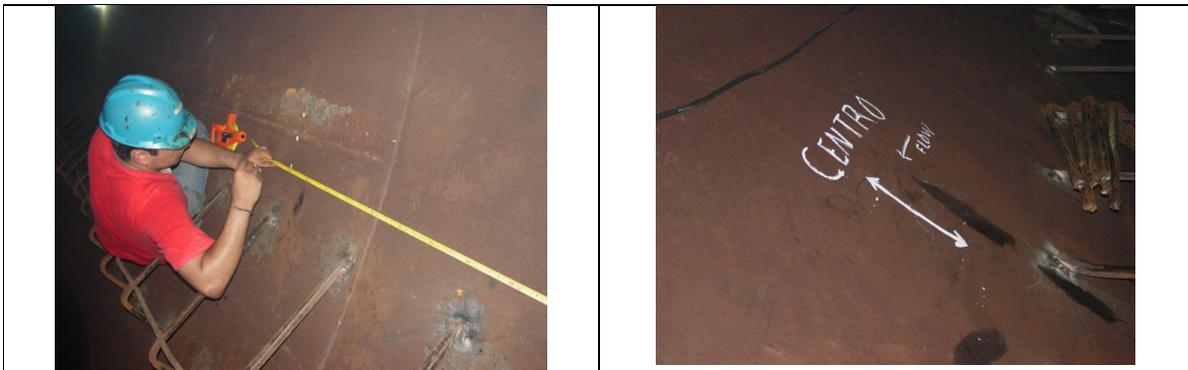
Al empezar los trabajos se supervisa cada actividad reportando diariamente a la Coordinación de Generación las actividades efectuadas, el porcentaje de avance de los trabajos, y en su caso las recomendaciones dadas por el IMTA a la empresa que lleva a cabo el trabajo. Se envía copia electrónica de este reporte a la Coordinación de Generación, LAPEM, a la Superintendencia de la Central y a la Empresa instaladora.

Cuando se pone en operación la unidad se lleva a cabo la prueba de funcionamiento del medidor o prueba de entrega durante la cual se toman datos. A partir de éstos datos (Velocidad y Gasto) y de los datos de la instalación se hace la evaluación de la incertidumbre.

Se hace un reporte de incertidumbre mismo que se entrega por igual a los involucrados.

### **Actividades supervisadas**

- **Localización del centro del sistema.**



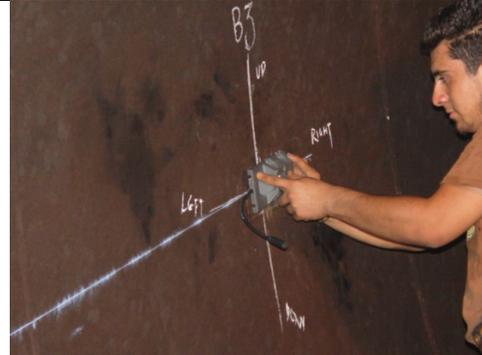
Punto determinado a través de simulación numérica, permitiendo con esto observar el comportamiento del flujo y el perfil de velocidades.

- **Adecuación del lugar de trabajo.**



Colocación de estructura o andamios, con la finalidad de acceder a cualquier punto de la tubería de presión, en la sección donde será instalado el sistema de medición.

- **Determinación de la posición geométrica de los sensores.**



Ubicación de la posición geométrica de cada sensor mediante el uso del teodolito.

- **Fijación de protecciones mecánicas.**



Procesos de fijación mediante soldadura de arco convencional, y pernos autosoldables.

- **Limpieza y protección anticorrosiva de cada elemento del sistema.**



Limpieza mecánica con carda eléctrica y posterior barrido mediante solvente, finalizando con la aplicación de alquitrán de hulla como protector anticorrosivo.

- **Prueba de medición de espesores.**



El parámetro de espesor establecido es de 16 milésimas de pulgada.

- **Prueba de adherencia.**



Prueba basada en procedimientos de operación de CFE.

- **Colocación y alineación de sensores.**



Alineación mediante rayo láser calibrado.

- **Cableado del sistema.**



Arrastre de cable coaxial RG-59 a través de sus protecciones mecánicas..

- **Conexión de sensores y prueba en seco de los mismos.**



Excitación de la cara del sensor y verificación del pico de voltaje generado al otro extremo de la línea de transmisión de señal.

- **Verificación de posiciones geométricas de cada sensor.**



Una vez que los sensores han sido colocados, conectados y alineados se verifica la posición geométrica de cada uno de ellos determinada con anterioridad.

- **Localización del punto de salida de cable del ducto de presión.**



Ubicación del punto de salida de las líneas de transmisión y perforación del ducto de presión previo a la colocación del sistema para sacar el cableado.



Sistema para sacar el cableado.

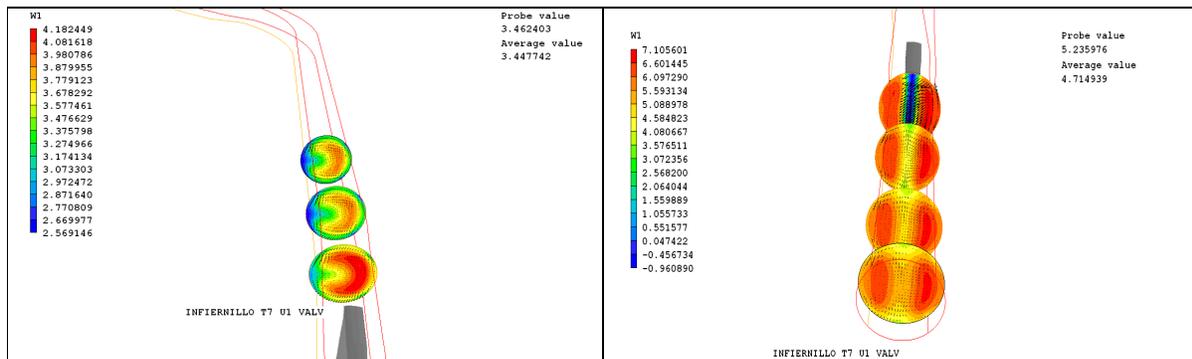
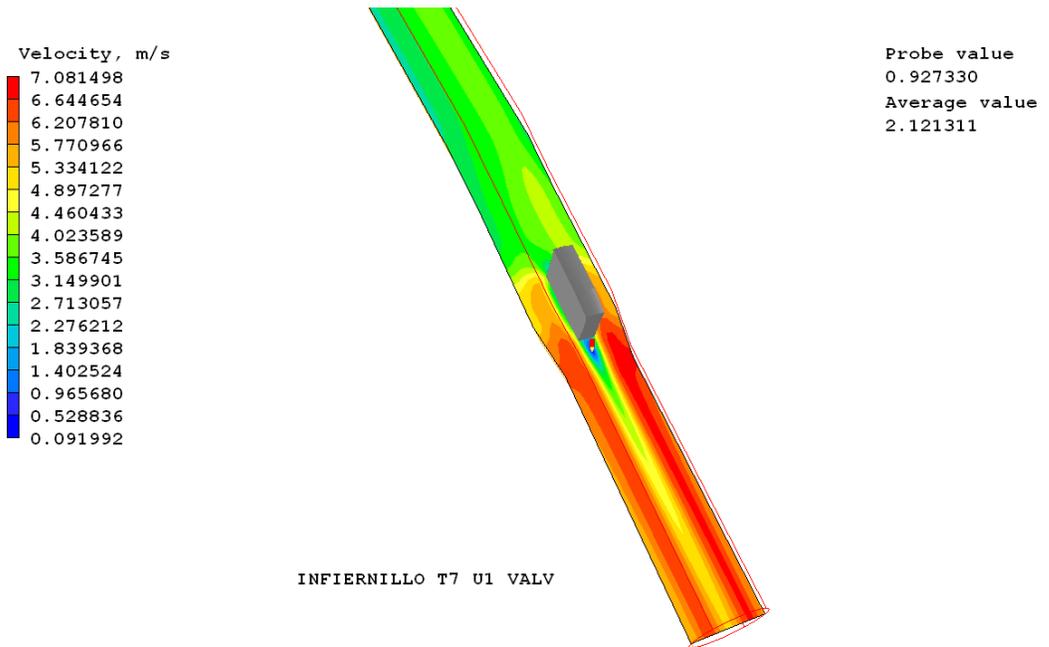
- **Sistema instalado.**



Sistema instalado al interior del ducto de presión.

Las actividades anteriores se llevan a cabo al interior del ducto de presión. Al finalizar estas, se da paso a la instalación del Sistema de Monitoreo Local, el cual es al exterior del ducto y está constituido por la unidad electrónica, sistema de manejo de señales, Workstation, servidor y sensores en diferentes partes de la Central.

### Modelación numérica del flujo en 6 unidades de Generación



Resultados de la modelación numérica en el conducto presión de la unidad 6 de la C.H. Infiernillo a partir de estos resultados se elabora el dictamen técnico del sitio óptimo de instalación de los sistemas de medición. La modelación numérica se llevo a cabo en la 6 unidades generadoras mencionadas.

**Elaboración del Proyecto Ejecutivo para la instalación de un sistema de medición en la C.H. El Cajón**

Elaboración del proyecto ejecutivo de instrumentación de la C. H. El Cajón, la modelación numérica, y supervisión de instalación y puesta en servicio de los sistemas de medición ultrasónica de flujos turbinados en Centrales Hidroeléctricas, Etapa III

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

