



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA



Tesis:

“Control de Calidad en el Proyecto Hidroeléctrico El Cajón, Nayarit;  
Caso de estudio: Cortina”

Que para obtener el título de:

INGENIERO CIVIL

Presenta:  
Carlos Cuauhtli Espinosa González

Director de tesis:  
Ing. Luis Zárate Rocha



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/065/06

Señor  
CARLOS CUAUHTLI ESPINOSA GONZÁLEZ  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. LUIS ZARATE ROCHA, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"CONTROL DE CALIDAD EN EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL CAJÓN, NAYARIT;  
CASO DE ESTUDIO: CORTINA"**

- INTRODUCCIÓN
- I. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES DEL PROYECTO
  - II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS DEL PROYECTO
  - III. CONTROL DE CALIDAD
  - IV. DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS DEL CONTROL DE CALIDAD
  - V. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria a 28 de Agosto del 2006  
EL DIRECTOR

  
M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/AJP/gar.

## Agradecimientos:

A mis padres y a mis hermanos, pues la diaria convivencia, el apoyo y el ejemplo han hecho de este camino una aventura.

A mis compañeros, a mis amigos que me han enseñado tantas cosas de la vida y de la carrera, este trabajo es reflejo de lo que podemos hacer, en un grupo con tanto apoyo y solidaridad donde las individualidades se suman.

A todos y cada uno de mis profesores por exigentes y comprometidos con la carrera y con la Universidad Nacional Autónoma de México.

A Ingenieros Civiles Asociados, A. C., y a su gran Fundación por su apoyo y las facilidades ofrecidas.

Al Ingeniero Ibou Badji al permitirme participar en las tareas de campo de Control de Calidad en el "Proyecto Hidroeléctrico El Cajón"

A esas personas que siempre estarán conmigo en lo amargo y dulce de la vida.

A quienes se quedaron en el camino y que me hubiera gustado que fueran testigos de este cierre, que gracias a su guía y enseñanza, logre alcanzar.

A mi facultad, a mi casa de estudios, la máxima en nuestra nación y en mi corazón.

Por mi raza hablará el espíritu.

Atte. Carlos Cuauhtli Espinosa González

# ÍNDICE

Capítulos	Páginas
<i>Introducción</i>	3
<i>I. Antecedentes y Generalidades del Proyecto</i>	
I.1 Ubicación geográfica y características principales del sitio de la construcción.	8
I.2 Objetivos del Proyecto en materia energética.	11
I.3 Sistema Hidrológico Santiago.	11
I.4 Impacto Social e Impacto Ambiental.	14
<i>II. Breve Descripción de las Obras del Proyecto</i>	
II.1 Obra de Desvío.	19
II.2 Obra de Contención.	23
II.3 Obras de Generación.	27
II.4 Obra de Control y Excedencias.	33
II.5 Obras Asociadas.	35
<i>III. Control de Calidad</i>	
III.1 Fundamentos del control de calidad.	40
III.2 Especificación del Control de Calidad en el P.H. El Cajón.	51
III.3 Especificaciones de la Cortina.	56
<i>IV. Descripción de las Tareas del Control de Calidad</i>	
IV.1.- En el cuerpo de la Cortina.	68
IV.2.- En la cara de concreto de la Cortina.	74
IV.3.- Muestra fotográfica de pruebas y ensayos realizados en el Control de Calidad.	79
<i>V. Comentarios y Conclusiones</i>	83
<b>Bibliografía</b>	87

## INTRODUCCIÓN

Cito al Ingeniero Jorge Pérez Montaña, presidente del XXX Consejo Directivo del Colegio de Ingenieros Civiles de México, durante la clausura del XXIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil:

*“El progreso de una nación no debería medirse con estadísticas, muchas veces engañosas. No es en las altas reservas de divisas, la estabilidad macroeconómica, ni en la generación de riqueza donde se refleja el desarrollo económico de México.*

*Las carreteras, los puertos y aeropuertos, las presas y los puentes, los sistemas de servicios esenciales como agua, energía, salud, educación, etcétera, en suma, la infraestructura, es la que permite tener una idea fiel del desarrollo y progreso.*

*Satisfacer las necesidades básicas de los mexicanos requiere un crecimiento anual constante del PIB de al menos un 7%. Mal podemos llamarle crecer a hacerlo a menos de esa cifra, mucho menos aun si en el 3 o 4% que se anuncia están incluidas las remesas de los mexicanos en el exterior y los ingresos por el sobreprecio del petróleo, entre otros.*

*Crecer a menos de 7% no es crecer; tampoco es estancarse: es retroceder, es dejar sin oportunidades a millones de mexicanos que las aguardan desde hace generaciones.*

*Son precisamente esas expectativas y los inmensos rezagos en la satisfacción de las necesidades básicas y esenciales el mayor desafío y la mejor oportunidad para crecer al 7% o más cada año, pero para ello hay que cambiar drásticamente.*

*Es en el desarrollo del mercado productivo interno, y no en el de la especulación financiera, donde se encuentra la respuesta.*

*No hay mejor inversión para México que el desarrollo de la infraestructura que permita poner en marcha el enorme potencial humano que espera su oportunidad. Infraestructura es sinónimo de desarrollo.”*

Con estos fundamentos sobre la importancia de la creación de infraestructura en un país, es necesario definir infraestructura; en general se puede referir al conjunto de estructuras de ingeniería e instalaciones –por lo general, de larga vida útil- que constituyen la base sobre la cual se produce la prestación de servicios considerados necesarios para el desarrollo de fines sociales y productivos.

Podemos decir que la provisión de los servicios de infraestructura es uno de los aspectos más importantes de las políticas de desarrollo, especialmente en los países que pretenden

satisfacer las necesidades básicas de su población, de los insumos para el crecimiento y desarrollo.

Por diversas razones, los países requieren ampliar y modernizar su infraestructura básica de acuerdo con estándares tecnológicos internacionales, lograr niveles máximos de cobertura del territorio nacional y satisfacer con eficacia las necesidades de servicios de infraestructura de las personas y de los agentes económicos.

Asimismo, las redes de infraestructura también constituyen un elemento central en la integración del sistema económico y territorial de un país, haciendo posible las transacciones dentro de un espacio geográfico/económico determinado, y con el exterior. En este sentido, tales redes constituyen un elemento pilar de la estructura económica de los países.

En cuanto a la situación del sector energético se tiene lo siguiente:

El escenario actual, de grandes fluctuaciones en el precio de los energéticos, nos obliga a buscar alternativas confiables para el suministro de energía, tales como combustibles alternativos y la implementación de medidas de ahorro y uso eficiente de la energía.

La capacidad instalada de generación de energía eléctrica en México, a diciembre de 2003, se muestra en la Tabla 1, donde se aprecia que las compañías eléctricas paraestatales (CFE y LFC) representan el 76% de la capacidad instalada. Es importante destacar que en la actualidad la participación privada (productores independientes, PIEs), es del orden del 20%. En total, los productores externos suman el 23,9% de la capacidad de generación instalada en México, incluyendo a PEMEX.

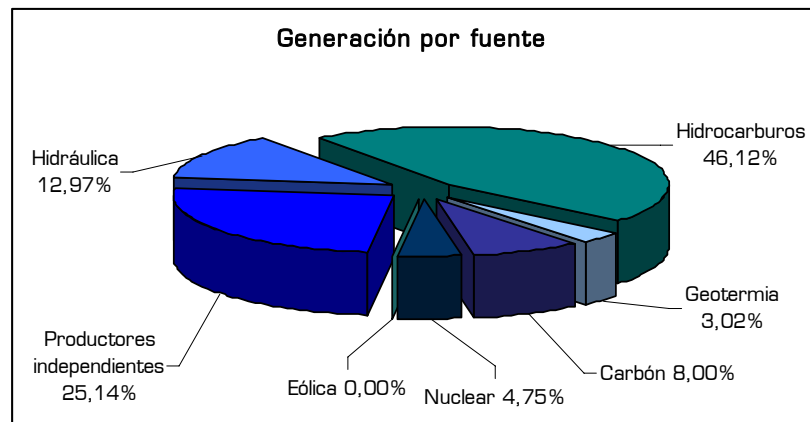
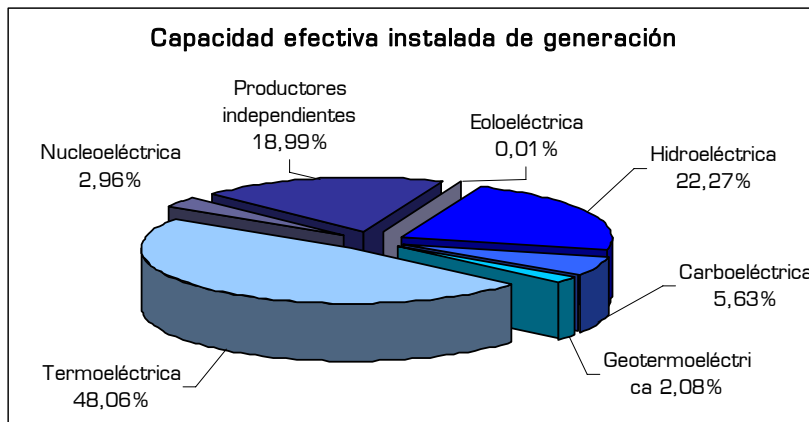
Capacidad instalada en México, 2003		
	MW	%
CFE	36 971	74,4
LFC	834	1,7
PEMEX	1 822	3,7
Productor independiente de energía (PIE)	6 756	13,6
Autoabastecimiento y/o Cogeneración	3 316	6,7
<i>Total</i>	49 699	100,0

Tabla 1. Capacidad instalada a diciembre de 2003

## INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de los proyectos nuevos de generación a gran escala (PIEs y autoabastecimiento) usan gas natural como combustible, operando plantas de ciclo combinado. También los proyectos de cogeneración se han enfocado casi exclusivamente a este combustible. Lo anterior implica una creciente dependencia del sector eléctrico a los precios del gas natural.

En las siguientes gráficas se presenta la información correspondiente a la capacidad efectiva instalada y a la generación por fuente con que cuenta la Comisión Federal de Electricidad (CFE), al cierre de junio de 2006 con una capacidad total de 46 177 MW y una producción total de 109 050 GWh.





## INTRODUCCIÓN

La importancia entonces de la generación hidroeléctrica en nuestro país, donde los nuevos proyectos deberán optimizar al máximo el aprovechamiento de los recursos hidráulicos nacionales, asegurando el suministro necesario en forma oportuna, calidad y cantidad. Los proyectos de ingeniería civil deberán optimizar los recursos científicos, técnicos y tecnológicos, así como administrativos para la construcción de las nuevas presas.

Uno de los nuevos instrumentos en la obra civil lo constituye el Control de Calidad.

En este documento se busca mostrar la importancia que adquiere el Control de Calidad en una construcción, en especial en obras de infraestructura.

Un caso específico de Control de Calidad en la construcción de infraestructura hidroeléctrica lo constituye la construcción del “Proyecto Hidroeléctrico, El Cajón” donde el consorcio Constructora de Infraestructura Internacional, S. A. de C. V [CIISA], para atender los requerimientos contratados con su cliente, la Comisión Federal de Electricidad [CFE], incorpora el Control de Calidad, y con ello establece tareas y actividades para alcanzar, sostener e incluso mejorar los parámetros establecidos por CFE.

En este trabajo se muestran los requisitos establecidos en el caso de la cortina de “El Cajón”, las tareas de Control de Calidad desarrolladas por la empresa constructora y la periodicidad de las mismas.

El documento que a continuación se presenta está integrado por cuatro capítulos; en los primeros dos capítulos se establecen las características generales del proyecto como lo son: su localización y características climatológicas y descripción general de las principales obras que integran el proyecto.

En el tercer capítulo se presenta la información del control de calidad así como las especificaciones de la obra en estudio, y por último, en el cuarto capítulo se detallan las actividades realizadas por la Coordinación de Control de Calidad, apoyado con una muestra fotográfica de las mismas.

# Capítulo I: Antecedentes

## **I.1 Ubicación geográfica y características principales del sitio de construcción.**

### **Ubicación geográfica.**

El sitio de la construcción de las Obras del **Proyecto Hidroeléctrico El Cajón, Nayarit** (ó P.H. El Cajón, Nay.), se encuentra ubicado en el estado de Nayarit, México; a una distancia aproximada de 47 km de la ciudad de Tepic, capital del estado, en los municipios de La Yesca y Santa María del Oro, en terrenos comunales del poblado Cantiles, sobre el río Santiago 60 km aguas arriba de la Central Hidroeléctrica Aguamilpa Solidaridad. Una vez terminado y ya en funciones, se denominará “Central Hidroeléctrica El Cajón, Nayarit”.  
Coordenadas geográficas: 21° 25’ 41” latitud norte. 104° 27’ 14” longitud oeste.

### **Características principales del sitio. Hidroclimatología.**

- ⊕ Temperatura media mensual máxima de 32°C en el mes de mayo y mínima de 23,2°C en el mes de enero.
- ⊕ Evaporación media mensual máxima de 317,8 mm en mayo y mínima de 129 mm en diciembre.
- ⊕ Precipitación media mensual máxima de 234,6 mm en julio y mínima de 10,7 mm en diciembre.
- ⊕ Escurrimiento medio mensual máximo de 918,8 millones de m<sup>3</sup> en el mes de agosto y mínimo de 83 millones de m<sup>3</sup> en febrero.

En la zona de las obras, la temporada de lluvias se presenta muy marcada entre los meses de junio a octubre y el estiaje o sequía pronunciada entre los meses de noviembre a mayo. Durante el invierno se presentan lluvias en un porcentaje ligeramente mayor al 5% de la media anual.

## **Geología**

En el macizo rocoso del sitio donde se ubican las obras y en especial en la margen derecha, se presenta un gran número de fallas geológicas y espesores superficiales de roca descomprimida con valores RQD (Rock Quality Designation) de 0 a 50 % hasta 50 m de profundidad. Esta situación ha implicado en las obras a cielo abierto importantes excavaciones y tratamientos a la roca para desplantar estructuras.

Para la construcción de las obras subterráneas en ambos márgenes, se previnieron intensos tratamientos a la roca, analizando cuidadosamente las condiciones geológicas del sitio.

Cabe mencionar que CFE proporcionó, a manera de contribución para la revisión de las condiciones geológicas del sitio, aunque sin que implicara responsabilidad alguna de su parte, un Informe geológico para la etapa de preconstrucción, editado por la Superintendencia de Estudios de la Zona Pacífico Norte de CFE, y que se incluyeron en las bases del concurso.

CIISA tomó en cuenta los aspectos mencionados al elaborar el programa de construcción de las obras del proyecto y consideró las condiciones geológicas que influyen en las actividades de construcción, sobre todo en aquellas que se refieren al tratamiento de la roca y que se integran a los ciclos de excavación, como: anclaje, drenaje, concreto lanzado, colocación de marcos metálicos o ademes de concreto, etc. Así, tiene la responsabilidad de garantizar la estabilidad de las estructuras y excavaciones durante su construcción, llenado del embalse y durante todo el tiempo de vida útil de la planta.

De la misma manera, CFE realizó estudios geológicos para el desarrollo del P.H. El Cajón, tanto en su etapa de factibilidad como en su etapa de preconstrucción; el primer estudio Geológico data de 1994 y se complementó con información del año 2001.

Este estudio se entregó también dentro de las bases, con el objetivo de que sirviera de base para preparar la oferta técnica y económica, aunque las conclusiones e interpretaciones que de él se obtuvieran serían responsabilidad, en este caso, de CIISA, la cual verificó la información y realizó los estudios geológicos complementarios, necesarios para obtener el diseño ejecutivo del proyecto, considerando en su oferta los costos que implicaron estos trabajos.

Datos principales del sitio de la obra:

<b>Meteorológicos</b>		
Temperatura máxima/mínima [ambiente]	46 / 6,5	°C
Temperatura de diseño máxima/mínima [ambiente]	46 / 6,5	°C
Temperatura máxima promedio verano [ambiente]	42	°C
Temperatura mínima promedio verano [ambiente]	21,5	°C
Zona climática/Ambiente	Cálida subhúmeda/Rural	
Humedad relativa verano/invierno	36,4 / 48,6	%
Humedad relativa promedio	38	%
Aceleración horizontal máxima del terreno para sismo base de operación	0,2g	Gal
Aceleración horizontal máxima del terreno para sismo máximo creíble	0,3g	Gal
Presión barométrica	98	kPa
Velocidad del viento	110	km/h
Altitud para casa de máquinas	221,05	
Altitud para subestación	340	m
Temperatura máxima del agua	31,77	m
Temperatura promedio del agua	27,18	°C
Temperatura mínima del agua	23,83	°C

<b>Hidrológicos</b>		
Área de la cuenca	54 198	km <sup>2</sup>
Escorrentamiento medio anual	3 326,35x10 <sup>6</sup>	m <sup>3</sup>
Escorrentamiento medio mensual	277,20x10 <sup>6</sup>	m <sup>3</sup>
Avenida máxima registrada	7 029,0	m <sup>3</sup> /s
Gasto medio anual	105,48	m <sup>3</sup> /s
Gasto medio aprovechable	100,4	m <sup>3</sup> /s
Periodo de registro	51	años

## **I.2 Objetivos del Proyecto en materia energética.**

El P.H. El Cajón está diseñado para suministrar energía pico con potencia total instalada de **750 MW** por medio de 2 unidades turbogeneradoras de **375 MW** cada una. De esta forma, el aprovechamiento hidroeléctrico considera una Central equipada con dos grupos turbogeneradores los cuales permitirán una generación media anual total de **1 228,637 GWh**.

Además, el embalse contribuirá a regular los escurrimientos de cuenca propia y beneficiará a su vez a la C.H. Aguamilpa, ya que al recibir su vaso las aportaciones reguladas del río, incrementará su generación firme en **69,912 GWh** y se reducirán las probabilidades de derrama por el vertedor.

<b>Generación</b>		
Factor de planta	0,187	
Generación media anual	1 228 637	GWh
Generación media anual firme	864 386	GWh
Generación media anual secundaria	364 251	GWh
Generación media anual firme (Incremento en la C.H. Aguamilpa Nay.)	69 912	GWh

Así la generación media anual total será de **1 298,549 GWh**.

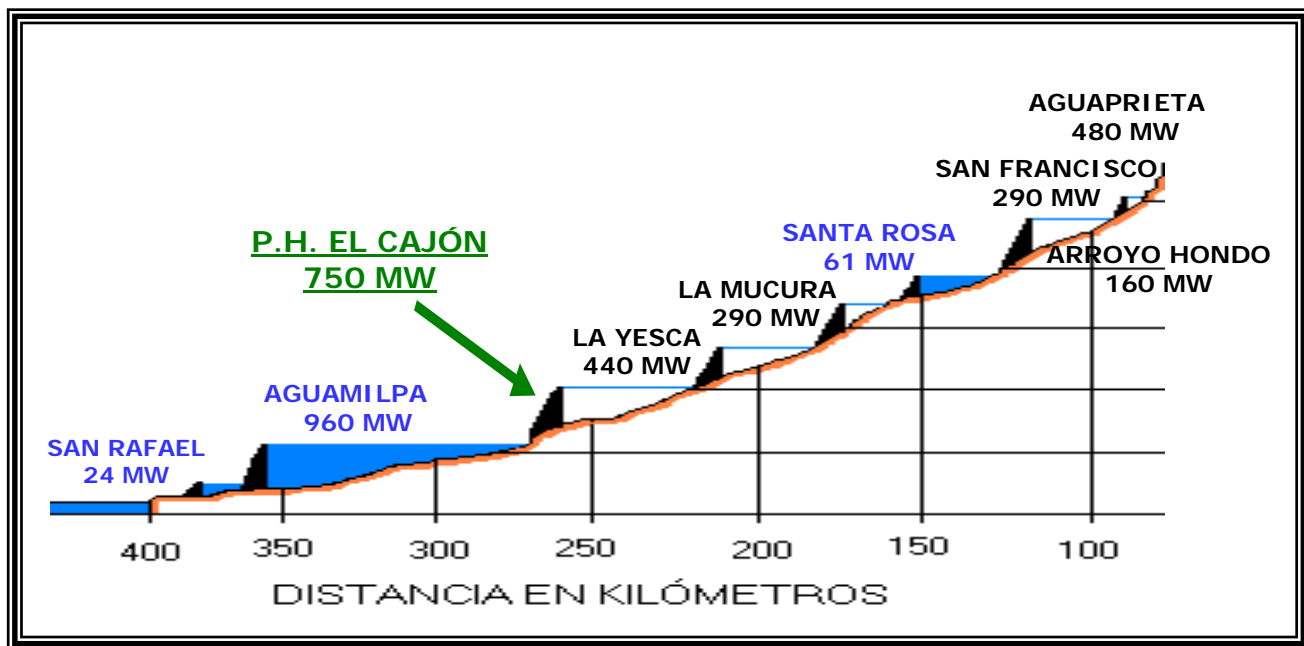
Su finalidad principal es la producción de energía eléctrica, en operación conjunta con otras plantas previstas y ya construidas a lo largo del río y con factores de planta bajos para atender picos de consumo.

## **I.3 Sistema Hidrológico Santiago.**

A partir del Lago de Chapala, hasta su desembocadura en el mar, el río de 475 kilómetros de longitud recibe el nombre de **Río Santiago**, el cual cuenta con un área de aportación de 78, 419 km<sup>2</sup>. La cuenca del Alto Santiago comprende el área drenado por el cauce principal, desde la salida del Lago de Chapala hasta la Presa Santa Rosa (a 150 km del lago).

Tiene una extensión territorial de 36, 077 km<sup>2</sup> y un total de seis cuencas; de las cuales las más extensas son Juchipila y Santa Rosa. La cuenca del Bajo Santiago comprende el área drenada por el cauce principal, desde la salida de la presa Santa Rosa hasta su desembocadura en el océano Pacífico. Cuenta con 5 cuencas y tiene una extensión de 42,342 km<sup>2</sup>. Las cuencas más extensas son Carrizal y Bolaños.

El Sistema Hidrológico Santiago incluye a los Ríos Santiago, Huaynamota, Bolaños, Juchipila, Verde y el Lago de Chapala. Tiene un potencial hidroenergético de **4,300 MW** por medio de 27 proyectos contemplados, de los cuales el P.H. El Cajón, con 750 MW, representa el 17.442 % del potencial total del Sistema. El Cajón forma parte del plan global de aprovechamiento hidroeléctrico del Río Santiago, y ocupará el segundo lugar en cuanto a potencia y generación del sistema, después de la C.H. Aguamilpa (con 960 MW), y el noveno lugar en el ámbito nacional.



Sistema Hidrológico Santiago





#### **I.4 Impacto Social.**

Parte fundamental de los estudios previos de factibilidad para el P.H. El Cajón se relacionó con la afectación directa o indirecta a las comunidades asentadas dentro del área de las obras del proyecto. Esta afectación se presenta principalmente en lo que será la futura área del embalse. Personal de CFE se trasladó a los 12 poblados afectados para informarles sobre los alcances del proyecto, siempre respetando los puntos de vista de los pobladores y haciéndoles notar los beneficios que traería esta obra para la región, explicando que en caso de ser necesario un reacomodo de la población afectada, se les compensaría con apego a derecho.

El embalse del proyecto tendrá una superficie de 3,942 ha, de las cuáles corresponden a 4 municipios de Nayarit en la siguiente proporción: La Yesca con 2,134 ha [54.1 %], Jala con 505 ha [12.8%], Santa María del Oro con 879 ha [22.3%], Ixtlán del Río con 259 ha [6.6 %] y a 1 municipio de Jalisco: Hostotipaquillo con 165 ha [4.2%].

El área del futuro vaso involucra la afectación parcial de 14 predios, cuya tenencia de la tierra corresponde a 4 de propiedad ejidal [21.8% del área de embalse], una comunidad indígena [58.7%], y 9 propiedades privadas [4.4%], el resto corresponde a la zona federal del río Santiago.

Mediante un censo realizado por CFE en el 2003, se identificaron 12 asentamientos humanos, de los cuales “El Ciruelo”, con 100 habitantes, es el de mayores dimensiones, los 11 poblados restantes cuentan con población menor a 30 habitantes. El total de los pobladores es de 173 agrupados en 68 viviendas, de los cuales el 9% pertenece al grupo étnico Huichol.

CIISA por su parte, cuenta con un asesor en gestión social, el cual realiza actividades de apoyo e interrelación con las comunidades.

Es importante señalar que una vez terminado el proyecto, se pretende que la clínica del IMSS sea permanente, y cuente con la infraestructura humana y material suficiente para dar servicio no sólo a los trabajadores permanentes de la Central sino también a las comunidades cercanas que no fueran reubicadas y que requieran sus servicios.

## **Impacto Ambiental.**

Desde el comienzo de las primeras etapas de las obras, se tuvo especial cuidado en lo referente a los estudios previos del Impacto al medio ambiente en el sitio del proyecto. CIISA tiene el objetivo de reducir de manera importante cualquier afectación directa a las diversas especies de flora y fauna que se han encontrado en los lugares de las obras.

La **Mitigación** de estos efectos es de primordial importancia, por lo que se ha procurado preservar ejemplares de los animales encontrados para su recolección y posterior liberación en otro lugar con características ambientales similares, a una distancia prudente de los lugares de los trabajos. De la misma forma se ha recopilado ejemplares de la flora de los sitios donde fue necesaria la tala de árboles y retiro de vegetación para construir la Infraestructura necesaria del proyecto.

## **Organización del área de Protección Ambiental y Medio Ambiente de CIISA.**

De acuerdo a los requerimientos establecidos en lo referente al impacto ambiental, autorización para el cambio de terrenos forestales y especificaciones particulares del P.H. El Cajón, CIISA cuenta con la siguiente estructura para el área de protección ambiental en el proyecto:

### **Aseguramiento de la Calidad, Seguridad y Medio Ambiente [ACSMA]**

Jefatura de Medio Ambiente

Especialista en Flora

Especialista en Fauna

Subjefes de Medio Ambiente

Supervisores de Medio Ambiente

Brigada de Medio Ambiente

Los cuales tienen, entre otras, las siguientes funciones:

*Aseguramiento de la Calidad, Seguridad y Medio Ambiente:* Definir los objetivos y metas ambientales en el proyecto en alineación con los de la empresa.

*Jefe de Medio Ambiente:* Verificar que se cumplan con las leyes, reglamentos, normas, manifiestos, resolutive de impacto ambiental. Elaborar planes y programas de medio ambiente. Promover la capacitación en materia de medio ambiente.

*Subjefe de Medio Ambiente:* Efectuar inspecciones de identificación ambiental. Investigar, cuantificar y reportar los accidentes ambientales ocurridos.

*Supervisor de Medio Ambiente:* Vigilar que el personal cumpla con las disposiciones ambientales. Coordinar actividades de la brigada de medio ambiente.

*Brigada de Medio Ambiente:* Control y mantenimiento de áreas de almacenamiento de residuos. Colocación y mantenimiento de señalamiento. Participación en brigadas de emergencia.

Se realizan acciones paralelas de mitigación, por medio de otras responsabilidades, que incluyen: Asesorar en identificación de especies bajo estado de conservación; capacitar y coordinar acciones para la protección de la flora. El especialista en fauna asesora en identificación de especies bajo estado de conservación, capacitar y coordinar actividades de protección a la fauna. El Ingeniero forestal asesora en actividades de reforestación y conservación de suelos.

# Capítulo II:

## Breve Descripción de las Obras del Proyecto



## **Obra de Desvío.**

Se conforma por 2 túneles de sección portal ubicados en la Margen Izquierda del río, excavados en roca, revestidos de concreto hidráulico de acuerdo a lo indicado en los planos proporcionados por la CFE, así como concreto lanzado en bóveda, diseñados para transitar una avenida de 6481 m<sup>3</sup>/s. Los portales de entrada y salida serán excavados en roca, cada túnel deberá contar con una lumbrera revestida de concreto para alojar y operar los obturadores para el control del flujo de agua. El nivel del piso del túnel 1 es inferior al del túnel 2. Este último cuenta con una lumbrera para la compuerta del cierre final de la presa e inicio del llenado del embalse. La compuerta se deslizará por medio de un malacate, a través de una lumbrera vertical revestida de concreto; el mecanismo instalado estará en la plataforma junto al marco que soportará la compuerta durante el cierre final.

Cualquier modificación propuesta por CIISA se consideró de manera integral en las afectaciones en lumbreras, tratamientos, excavaciones, equipamiento electromecánico, etc. La obra de desvío se complementa con dos ataguías, las cuales están construidas con materiales graduados. El núcleo impermeable de ambas Ataguías (una a cada lado de la cortina, denominadas Ataguía Aguas Arriba y Ataguía Aguas Abajo) debe estar ligado a una pantalla impermeable construida a través del aluvión hasta la roca sana del fondo del cauce del río, para evitar filtraciones hacia la zona de construcción de la cortina.

Una aportación de CIISA en cuanto al diseño de la Obra de Desvío se refiere, es la construcción de la obra de Predesvío, que consistió de un túnel ubicado en la margen derecha del río, a un costado de la Ataguía aguas arriba. Para el desvío del río por el túnel 1 en marzo de 2004, el predesvío se obtuvo provisionalmente por medio de un bordo con material de relleno y posteriormente con un tapón de concreto para obturarlo de forma permanente.

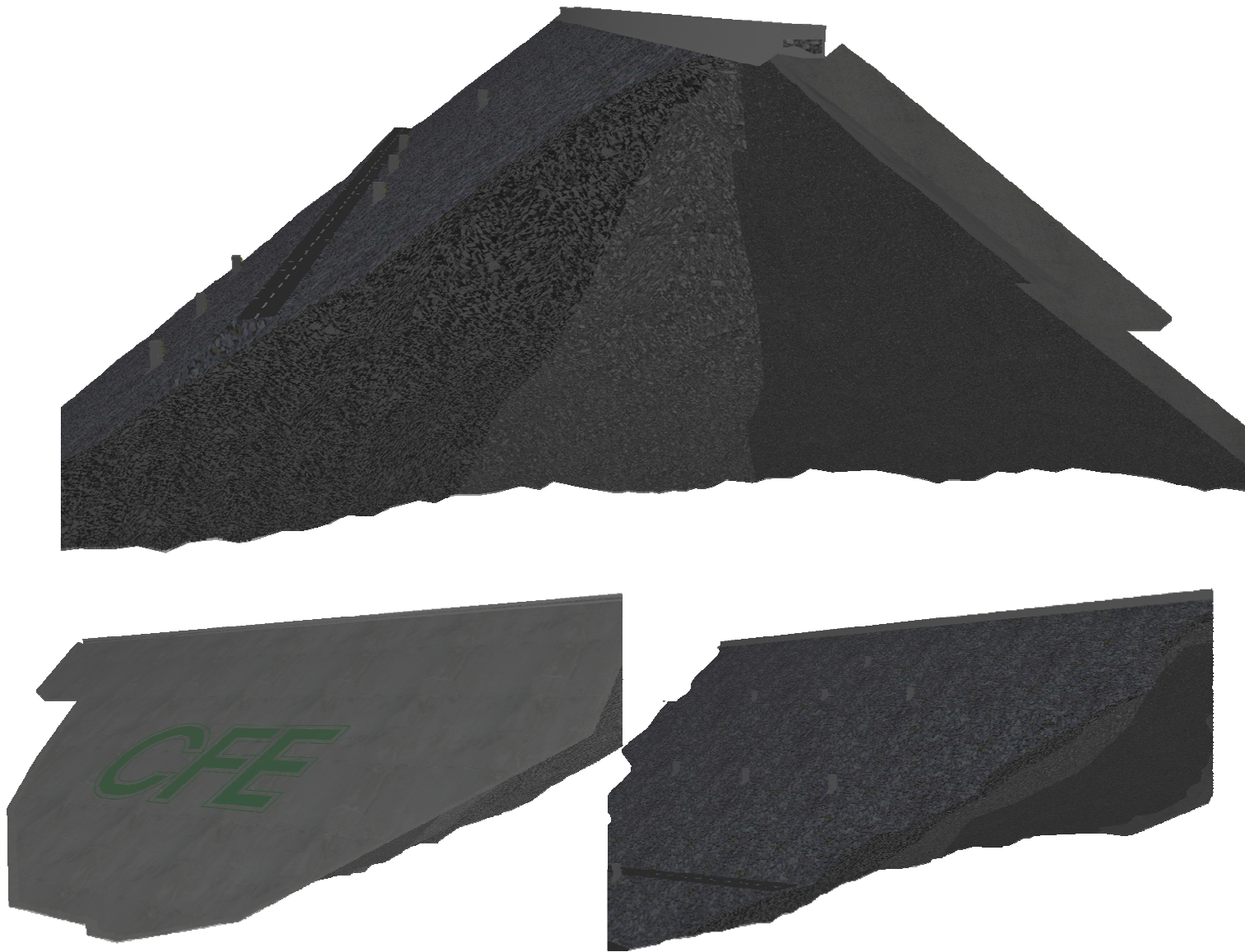
Fue necesario realizar la construcción de las Ataguías antes del período de lluvias del año 2004.

<b>Obra de desvío</b>		
Tipo	Túnel	
Longitud (túnel 1/ túnel 2)	734,09 / 811,05	m
Número de túneles	2	
Gasto máximo de diseño	6481	m <sup>3</sup> /s
Volumen de la avenida	1 930,39x10 <sup>6</sup>	m <sup>3</sup>
Elevación de entrada (túnel 1/ túnel 2)	223 / 227	m
Elevación de salida (túnel 1 / túnel 2)	220,50 / 220,50	m
Elevación de la plataforma de operación para obturadores de cierre provisional del Túnel 1	268,5	m
Elevación del umbral de obturadores de cierre provisional del Túnel 1	222,848	m
Nivel de agua máximo para el obturador de cierre provisional Túnel 1 (Fase de cierre)	226,5	m
Nivel de agua máximo para el obturador de cierre provisional Túnel 1 (Fase de recuperación)	236,5	m
Elevación de la plataforma de operación para obturadores de cierre provisional del Túnel 2	268,5	m
Elevación del umbral de obturadores de cierre provisional del túnel 2	226,851	m
Nivel de agua máximo para el obturador de cierre provisional Túnel 2 (Fase de cierre)	236,5	m
Nivel de agua máximo para el obturador de cierre provisional Túnel 2 (Fase de recuperación)	243,00	m
Elevación de la plataforma de operación para obturador de cierre final del Túnel 2	355,00	m
Elevación del umbral de obturador de cierre final del Túnel 2	225,056	m
Nivel de agua máximo para el obturador de cierre final Túnel 2 (Fase de cierre)	0 [en seco]	m
Nivel de agua máximo para el obturador de cierre final Túnel 2 (Fase de izaje), con cargas equilibradas	346,00	m
Elevación máxima de descarga	233, 385	m
Velocidad máxima de descarga	14,96	m/s
Periodo de retorno [Tr] para el diseño	50	años

Elementos de cierre provisional.	Son los mismos obturadores que se utilizaron en la C.H. Aguamilpa	
Cantidad [para el túnel N° 1-para el túnel N° 2]	2 - 1	pza
Dimensiones [ancho x alto][ túnel N° 1 - túnel N° 2]	6 x 14 / 14 x 14	m
Carga hidráulica máxima [túnel N° 1/ túnel N °2]	27 / 38	m
Masa estimada de cada obturador (túnel N° 1/ túnel N° 2)	86 / 220	t
Mecanismo de izaje (tipo y capacidad) para el cierre provisional	[Los mismos que se utilizaron en la C.H. Aguamilpa]	
Elementos de cierre final [en túnel N°2].	[Los mismos que se utilizaron en la C.H. Aguamilpa]	
Cantidad	1	pza
Dimensiones [ancho x alto]	7 x 13	m
Carga hidráulica máxima	169,14	m
Masa estimada de la compuerta	160	t
Mecanismo de izaje para el cierre final	[Los mismos que se utilizaron en la C.H. Aguamilpa]	

<b>Atagüa aguas arriba</b>		
Elevación de la corona	268,5	m
Ancho de la corona	8,0	m
Longitud de la corona	248,0	m
Volumen	708 532	m <sup>3</sup>
<b>Atagüa aguas abajo</b>		
Elevación de la corona	235,0	m
Ancho de la corona	8,0	m
Longitud de la corona	128,5	m
Volumen	60 444	m <sup>3</sup>





## II.2 Obra de Contención.

### Características Generales para una Presa de Enrocamiento con Cara de Concreto (CFRD).

En el P.H. EL Cajón, dentro de las obras de contención, **La Cortina** de esta Presa, del tipo Enrocamiento con Cara de Concreto [ó CFRD por sus siglas en inglés], es la obra principal y de hecho es la de mayor magnitud en el proyecto. Alcanzará con el parapeto sobre la corona la elevación 396,5 msnm, para una altura de la cortina de 186,5 m. Los taludes, tanto el de aguas arriba como el de aguas abajo, serán con inclinación 1,4:1.

La impermeabilidad de la presa estará dada por medio de una losa de concreto en el talud aguas arriba con inicio a partir de la estructura de apoyo llamada **plinto**. Este último es una zapata corrida desplantada en roca. La impermeabilidad en el entorno subterráneo se logrará por medio de una pantalla de inyecciones efectuadas a partir del mismo plinto.

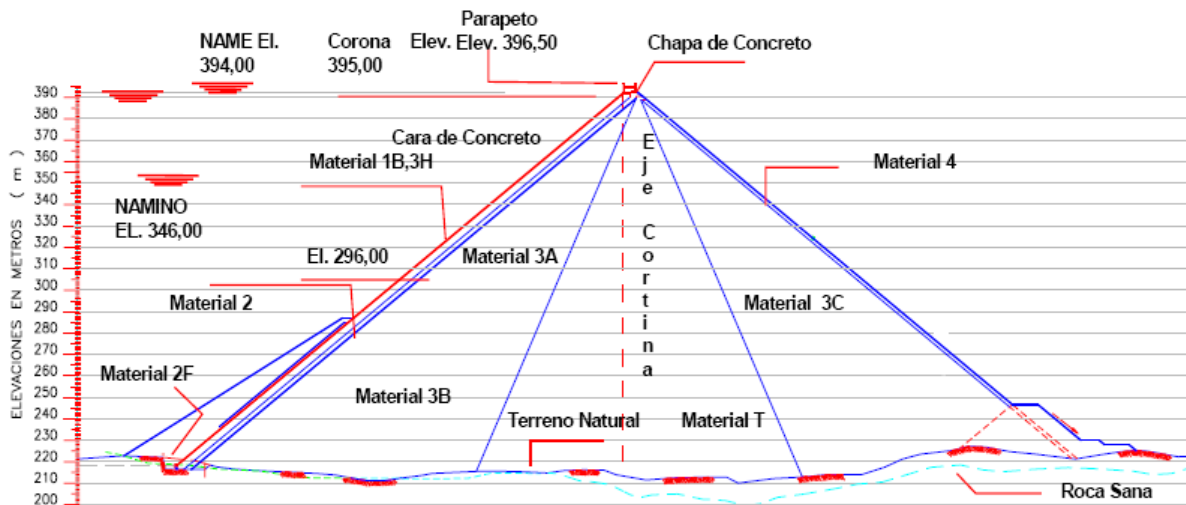
La Cortina del P.H. El Cajón es una estructura de 186,5 m de altura. En el talud de aguas arriba de la cortina se localiza la barrera impermeable, consiste en una losa de concreto de espesor variable denominada cara de concreto; esta losa forma parte del plano de estanqueidad de la cortina. El área de la cara de concreto es del orden de 107 208 m<sup>2</sup>; la unión de la cara de concreto con la roca tanto en la zona del cauce como en las laderas de empotramiento, se forma, como se menciona líneas arriba, por medio del plinto, una losa perimetral de concreto armado anclada a la roca con acero corrugado de alta resistencia e inyectado con mortero de cemento, desde el cual se deben ejecutar las inyecciones de contacto concreto roca, consolidación e impermeabilización de la roca de cimentación, para prolongar el plano de estanqueidad o pantalla impermeable hacia el interior de la masa rocosa.

El cuerpo principal de la cortina y ataguías, es de material procesado producto de voladuras con explosivos de pedreras ubicadas en la margen derecha aguas abajo y de productos de excavación de las zonas donde se ubicarán las estructuras del proyecto, principalmente del Vertedor.

*“Control de calidad en el Proyecto Hidroeléctrico El Cajón, Nayarit; Caso de estudio: Cortina”*

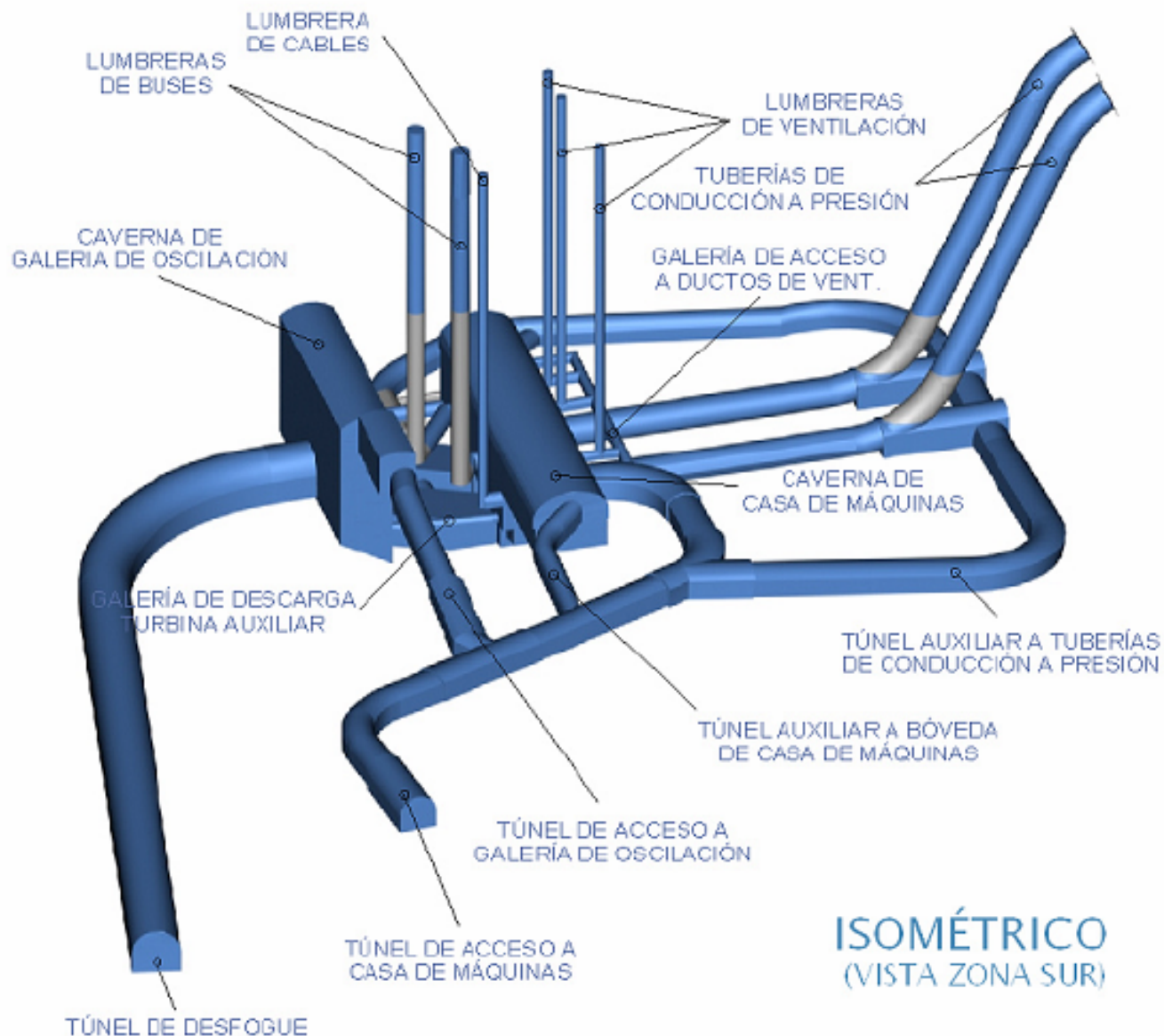
Como se mencionó las Ataguías son estructuras que se construyen como parte de las Obras para desviar el río durante el proceso de construcción de la cortina.

Cortina		
Tipo	Enrocamiento con Cara de Concreto (CFRD)	
Elevación de la corona	395,0	m
Elevación máxima del parapeto	396,50	m
Longitud de la corona	550,0	m
Altura total de la Cortina	186,5	m
Volumen total de terracerías	10 299 696	m <sup>3</sup>
Talud aguas arriba	1,4:1	
Talud aguas abajo	1,4:1	
Altura bordo libre	2,00	m



Adicionalmente, la **Galería de Captación de Filtraciones**, a la elev. 228,60, se ubicará para el aforo de las filtraciones a través de la cortina por mínimas que sean, aguas debajo de ésta. Sobre el talud de aguas abajo, a la elev. 340,00, se ubica el camino de acceso a la Subestación en margen derecha.

<b>Zonificación y características de los materiales que conforman a la cortina.</b>			
<i>MATERIAL</i>	<i>ZONA EN LA ESTRUCTURA</i>	<i>VOLUMEN [m<sup>3</sup>]</i>	<i>CARACTERÍSTICAS</i>
1B	Sobre losa de concreto	25 686	Arena fina limosa sin plasticidad
2F	Filtro bajo junta perimetral y juntas por tensión	7 930	Grava arena limosa bien graduada
2	Soporte de losa	358 650	Grava arena limosa con contenido de finos 6 y 10% y al menos 35% pasando la malla No. 4
3A	Filtro/Transición entre zona 2 y 3B	232 495	Enrocamiento bien graduado con 20 cm de tamaño máximo
3B	Enrocamiento principal	3 269 511	Enrocamiento bien graduado con capas de espesor de 80 cm. Tamaño máximo igual a 65 cm
T	Transición	3 434 422	Enrocamiento bien graduado con capas de espesor de 100 cm. Tamaño máximo de 80 cm
3C	Respaldo de aguas abajo	3 418 465	Enrocamiento bien graduado con capas de espesor de 140 cm. Tamaño máximo de 110 cm
3H	Protección de material 1B	183 593	Rezaga libre de materiales arcillosos y de roca intemperizada, con 30 cm de tamaño máximo
4	Enrocamiento de protección	159 955	Fragmentos de roca sana con tamaño mayor que 100 cm. Colocado con un ancho de 3.0 m



### **II.3 Obras de Generación.**

Descritas en el sentido del flujo de agua y localizadas en la Margen Derecha del río, inician con la **Obra de Toma**, de concreto reforzado y alojada en un canal a cielo abierto excavado en roca; la bocatoma cuenta con rejillas finas metálicas para impedir el paso de cuerpos extraños que puedan dañar las turbinas. Aguas abajo de la obra de toma se encuentran los **Conductos a Presión [o Tubería Forzada o Tubería a Presión]**, que consisten en túneles circulares inclinados excavados en roca, revestidos con concreto reforzado en su primera parte y posteriormente con camisa metálica, la cual estará empacada con concreto.

Aguas abajo de las tuberías a presión se encuentra la **Casa de Máquinas**, alojada en una caverna excavada en roca; las losas y muros serán de concreto reforzado y la bóveda de concreto lanzado, en ella se deben instalar **dos turbogeneradores y una turbina auxiliar**; las turbinas deben ser tipo Francis de eje vertical y la auxiliar del tipo Francis de eje horizontal.

La casa de máquinas debe contar con un sistema forzado de ventilación por medio de lumbreras verticales [Lumbreras de Ventilación], adicionalmente se debe construir otra lumbrera para alojar todos los cables de control, fuerza y medición [Lumbrera de Buses].

En la margen izquierda del río, se encuentra una subestación que servirá para suministrar la energía eléctrica durante el periodo de construcción de la Central a partir de las líneas en 115 kV que provienen de las subestaciones Tepic I y Ahuacatlán y que posteriormente servirá como respaldo de alimentación de los Servicios Auxiliares de la Central.

Las obras de generación se complementan con la **Galería de Oscilación**, excavada en roca y revestida de concreto reforzado y concreto lanzado en bóveda, la cual se comunica con la casa de máquinas por medio de Túneles de Aspiración [o Tubos de Aspiración].

En la galería de oscilación se alojarán compuertas deslizantes movidas con una grúa viajera para poder aislar cualquiera de las dos unidades para mantenimiento.

Después de la galería de oscilación el agua turbinada finalmente se regresa al cauce del río por el **Túnel de Desfogue** revestido de concreto reforzado en piso y muros y concreto lanzado en bóveda.

### **Subestación**

La Subestación de las Obras de Generación se ubica entre la cortina y la obra de excedencias en la margen derecha, a la elevación 340,00 m.

### **Grúas viajeras de casa de máquinas.**

Habrán dos grúas viajeras completas e independientes, para las maniobras del equipo electromecánico en la casa de máquinas; incluyendo un dispositivo de izaje para acoplar ambas grúas y permitir el izaje de la pieza más pesada (rotor del generador completo).

La capacidad preliminar de las dos grúas acopladas es de 6 867 kN, siendo las capacidades de 3 433 kN para cada gancho principal y 343,35 kN para cada uno de los ganchos auxiliares.

### **Unidad auxiliar (turbina tipo Francis)**

Se requiere una unidad auxiliar con turbina tipo Francis de eje horizontal, para suministrar la energía eléctrica necesaria para arrancar y poner en operación las unidades principales, los servicios generales y los servicios auxiliares necesarios, en caso de falla de la alimentación eléctrica normal. La capacidad mínima del generador deberá ser de 3 000 kVA, siendo necesario cubrir esta capacidad en la condición más desfavorable del embalse 346,00 m [NAMINO] y la elevación en el desfogue de 217,00 m [nivel normal, sin unidades principales operando].

<b>Vaso de almacenamiento</b>		
Nivel de diseño [corresponde a la carga de diseño de la turbina]	380,07	m
Elevación al NAMINO	346,00	m
Elevación al NAMO	391,00	m
Elevación al NAME	394,00	m
Capacidad para azolve (Elev. 319,50 m)	482,4x10 <sup>6</sup>	m <sup>3</sup>
Capacidad útil para generación (NAMO - NAMINO)	1 316,2x10 <sup>6</sup>	m <sup>3</sup>
Capacidad de control de avenidas (NAME - NAMO)	117,5x10 <sup>6</sup>	m <sup>3</sup>
Área al NAME	3 9,82x10 <sup>6</sup>	m <sup>2</sup>
Área al NAMO	3 8,52x10 <sup>6</sup>	m <sup>2</sup>
Área al NAMINO	2 0,87x10 <sup>6</sup>	m <sup>2</sup>

<b>Tubería a presión</b>		
Tipo	Acero	
Diámetro	7,95	m
Longitud [ concretoacero]	37,28-222,49	m
Gasto de diseño	259,77	m <sup>3</sup> /s

<b>Casa de Máquinas</b>		
Tipo	Subterránea	
Dimensiones [ancho, largo, alto]	22,2x97,5x49,5	m
Elevación piso de excitadores	224,2	m
Potencia total instalada [generadores]	789,48	MVA
Grúa viajera [cantidad-capacidad]	2x350	t



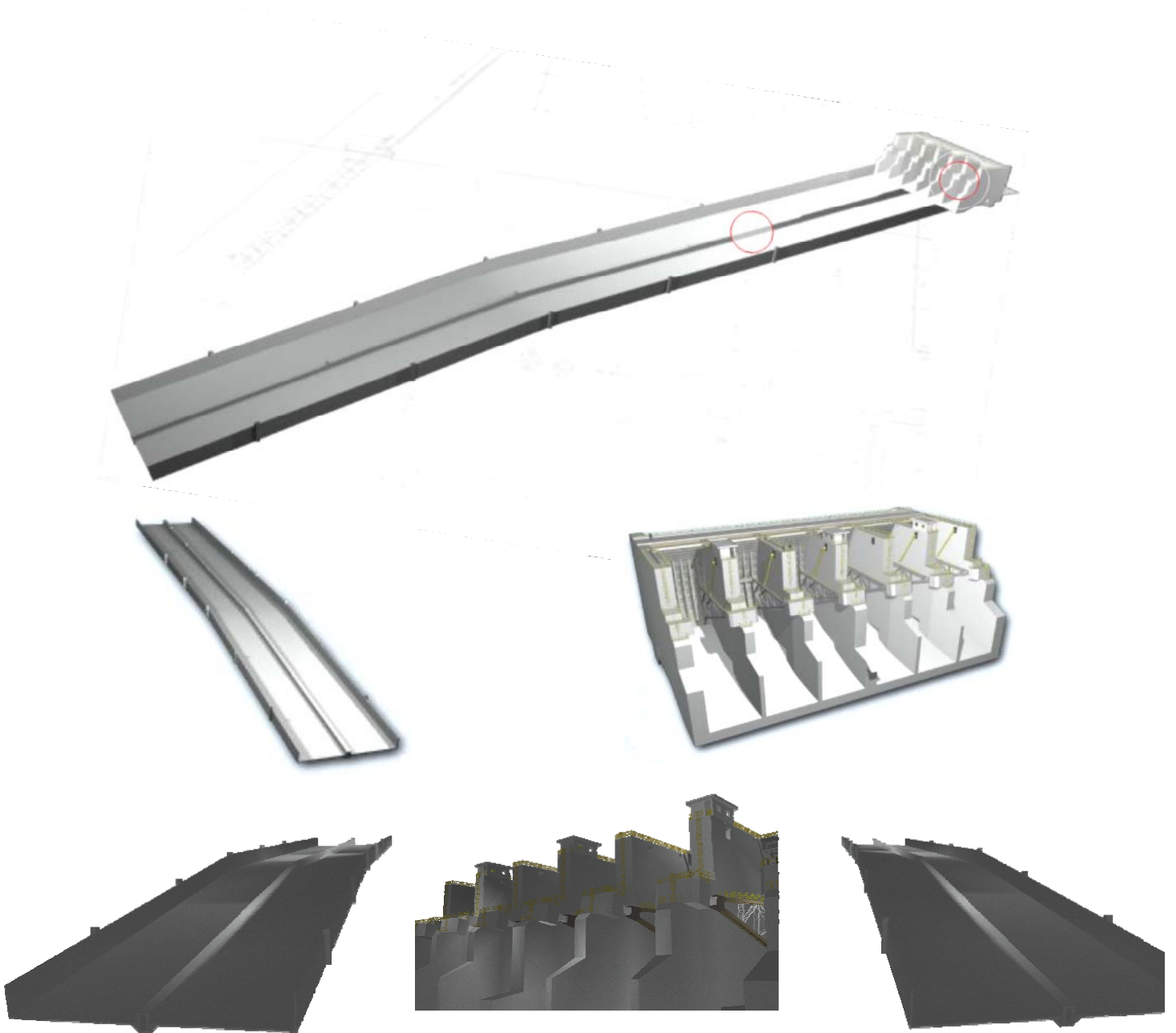
<b>Obra de toma</b>		
Carga hidráulica máxima	22,05	m
Masa estimada del tablero [completo]	144	t
Número de conductos	2	
Dimensiones del vano [ancho, alto]	6,244x7,95	m
Elevación del canal de llamada	322,402	m
Dimensiones de las rejillas [ancho, alto] por conducto	15,38x18,89	m
Elevación de la plataforma de operación de compuertas	396,00	m
Elementos de cierre auxiliar [para mantenimiento]	Compuerta tipo rodante	
Cantidad	1	pza
Elevación del umbral de la compuerta auxiliar	324,332	m
Dimensiones [ancho x alto]	6,244 x 7,95	m
Carga hidráulica máxima	71,13	m
Masa estimada del elemento auxiliar	75	t
Mecanismo de izaje [tipo / capacidad] para elementos de cierre auxiliar.	Grúa pórtico/100	t

<b>Galería de oscilación</b>		
Tipo	Subterránea	
Dimensiones	16 x 66,70	m
Altura máxima	52,75	m
Dimensiones del vano para compuerta [ancho, alto]	7,30x9,74	m
Nivel del agua con vertedor en operación [a gasto de 5 750 m <sup>3</sup> /s] y dos unidades operando a gasto de diseño	241,18	m
Nivel de agua sin unidades operando	217,00	m
Nivel de agua con una unidad operando a gasto de diseño	220,65	m
Nivel de agua con dos unidades operando a gasto de diseño	222,73	m
Ancho total del canal de desfogue de las turbinas	16,60	m
Elementos de cierre	Compuertas deslizantes	
Cantidad	4	pza
Carga hidráulica máxima	42,70	m
Masa estimada	60	t
Mecanismo de izaje [tipo y capacidad] para elementos de cierre	Grúa viajera [75]	t
Distancia entre rieles del puente grúa	5,00	m

<b>Subestación</b>		
Tipo	Interior blindada aislada con gas SF6	
Tensión	400	KV
Area total en plataforma Elev. 340 m	15 252	m <sup>2</sup>
Elevación de la plataforma	340	m
Arreglo	Interruptor y medio	
Número de líneas	2	
Longitud hacia la red	18	Km
Calibre del conductor	2Cxfase de 1113	ACSR
Tensión	400	kV

<b>Equipamiento Electromecánico</b>		
<b>Turbinas</b>		
Tipo (posición del eje)	Francis (vertical)	
Número de unidades	2	
Velocidad síncrona nominal (preliminar)	150	rpm
Altura de succión	-7.645	m
Caída bruta de diseño	157,97	m
Caída neta de diseño	156,54	m
Potencia máxima (turbina)	422,56	MW
Potencia mínima (turbina)	249,19	MW
Potencia nominal (en la turbina a carga neta de diseño)	380,33	MW
Gasto de diseño	259,7	m <sup>3</sup> /s
Gasto considerado para caída máxima	269,86	m <sup>3</sup> /s
Eficiencia considerada a caída de diseño (100% de carga)	95,4	%
Velocidad específica	167,07	kW-m/s

<b>Desfogue</b>		
Tipo	Sección portal	
Dimensiones (diámetro)	13,90	m
Longitud	310,33	m
Nivel del agua en el río con 1 Unid/ 2 Unid [ a gasto de diseño]	220,38/222,10	m



## **II.4 Obra de Excedencias**

Esta obra inicia con un Canal de Llamada excavado a cielo abierto en la margen derecha del río, diseñada para un gasto máximo de 15915 m<sup>3</sup>/s de entrada y 14 864 m<sup>3</sup>/s de salida. La Obra de excedencias debe contar con una Zona de Control formada de cimacio y pilas de concreto reforzado para conformar 6 vanos equipados con Compuertas radiales, accionadas por servomotores.

Dadas las características de operación del vertedor, para casos de emergencia, en la zona de control se debe incluir una planta generadora de energía eléctrica de combustión interna alojada en una caseta. Sobre las pilas se deben ubicar casetas para el equipo oleodinámico que operará los servomotores, será una caseta por cada dos compuertas.

El Canal de Descarga deberá revestirse con concreto reforzado, debido tanto a la velocidad del agua como a la longitud del canal; éste debe contar con aireadores en el piso [5 aireadores distribuidos a lo largo de la longitud del Canal].

El canal está dividido por un muro separador a lo largo del canal para tener dos secciones iguales, por lo que cada uno quedará alimentado con tres compuertas radiales. El muro central también sirve como captación de todas las filtraciones que recibe la red de drenaje que se colocará debajo de la losa de piso del canal de descarga. En su punto de salida, el flujo de agua debe ser alejado de la ladera por medio de una estructura deflectora de concreto reforzado.

### **Compuertas, mecanismos de operación y grúa pórtico del vertedor.**

Esta obra incluye seis compuertas radiales de 20,70 de altura por 12,00 m de ancho y radio de 25 m, tres centrales oleodinámicas y tableros eléctricos alojados en tres casetas [una central oleodinámica para operar dos compuertas radiales], un juego de agujas para obturación de un vano [9 en total iguales e intercambiables], una viga pescadora y una grúa pórtico para la colocación y retiro de las agujas.

<b>Obra de Excedencias</b>		
Tipo	Controlado	
Avenida máxima probable	15 915	m <sup>3</sup> /s
Gasto máximo de diseño	14 864	m <sup>3</sup> /s
Gasto unitario máximo de descarga	207,01	m <sup>3</sup> /s/m
Volumen de la avenida de diseño	5 238x106	m <sup>3</sup>
Periodo de retorno de la avenida de diseño [Tr]	10 000	años
Velocidad máxima en la descarga	46	m/s
Carga sobre la cresta	22	m
Elevación de la cresta	372,00	m
Elevación del umbral compuertas/ agujas	371,597/371,95	m
Elevación de la plataforma de operación de compuertas y agujas	396,0	m
Elevación del eje de rotación de la compuerta radial	382,301	m
Radio de la compuerta radial	25	m
Longitud total de la cresta	72	m
Elementos de cierre	Compuertas radiales	
Cantidad	6	pza
Dimensiones [ancho x alto]	12 x 20,70	m
Relación alto / ancho	1,73	
Carga hidráulica máxima	20,7	m
Masa estimada de cada compuerta	178	t
Mecanismo de izaje para la compuerta radial	Servomotores	
Elementos de cierre auxiliar [para mantenimiento]	Tablero de agujas	
Cantidad	1	
Dimensiones del tablero completo [ancho x alto]	12 x 22,05	m

## **II.5 Obras Asociadas**

Las Obras Asociadas al P.H. El Cajón se refieren a la Infraestructura de apoyo e Infraestructura permanente necesaria durante la construcción y operación de la Central, respectivamente; así mismo están consideradas las Vialidades Internas Definitivas [referidas en obra como VD], que comunican las obras principales del proyecto y los edificios e instalaciones que se requieren para el personal que operará y vigilará la Central.

### **Puente “Río Santiago”**

Este puente se emplea para cruzar el río, consta de tres claros, dos laterales simétricos, así como un claro central, los tramos laterales tienen una longitud aproximada de 65 m, mientras que el claro central es de 110 m de longitud, con un ancho de calzada de 10.50 m, para permitir durante la construcción del proyecto, el paso simultáneo de dos vehículos cargados en ambas direcciones.

La cimentación del puente se apoya sobre roca, la superestructura a su vez se soportará en estribos de concreto en cada arranque del puente, así como dos pilas centrales desplantadas en el cauce del río. En la construcción de la superestructura se utilizaron dovelas de concreto reforzado, con postensados para permitir el lanzamiento de las mismas, en voladizos simétricos, a partir de las pilas centrales.

### **Taller mecánico y eléctrico**

Constará de dos áreas, para alojar el taller electricomecánico y la segunda contiene baños y puesto de fábrica. El área ocupada será de 25,56 x 17,60 m.

### **Campamentos**

La construcción de los campamentos tiene el fin de que una vez que ya no se utilicen sean retirados del lugar. Estas instalaciones incluyen: dormitorios, oficinas, comedores y canchas deportivas [básquetbol, voleibol y fútbol rápido].

Los campamentos se construyeron con los criterios generales siguientes:

a) Dormitorios tipo para personal de mandos medios:

Pisos de concreto pulido, muros y techos de material desmontable, 3.2 m<sup>2</sup> por persona, 2 camas por habitación, 16 habitaciones, capacidad del módulo: 32, 16 sanitarios y 16 regaderas.

b) Dormitorio tipo para obreros:

Pisos de concreto pulido, muros y techos de material desmontable, 3.2 m<sup>2</sup> por persona 4 camas por habitación, 20 habitaciones, capacidad el módulo: 80, 20 sanitarios y 20 regaderas.

Otros servicios complementarios, dirigidos al personal acampamentado incluyen lavandería, mensajería, tienda de productos básicos, servicios bancarios y teléfono público.

### Comedores

Deben tener una capacidad mínima para 80 personas, incluyendo baños, tarjas y parrillas eléctricas o calentar los alimentos con gas, también refrigeradores con capacidad suficiente para preservar alimentos perecederos. El control del servicio para cada alimento se lleva por medio de las respectivas “comandas”.

### Clínica del IMSS

CIISA construyó una clínica con la capacidad suficiente para dar servicio al personal afiliado que trabaje en el área de influencia del P.H. El Cajón; para esto se acordó con el Instituto Mexicano del Seguro Social la operación y administración de la misma.

Cuenta con los servicios de urgencias, consulta externa, módulo de atención al derechohabiente, medicina preventiva [vacunación] y encamados [adultos]. La fuerza de trabajo con la que llegará a su máxima capacidad a finales del año 2004 y durante el 2005, consiste de 6 médicos generales, 12 enfermeras(os), 20 trabajadores de intendencia, 6 operadores de ambulancia, 2 ambulancias [incluyendo la del campamento Las Yeguas] y 3 trabajadores administrativos.

Esta clínica depende directamente de la delegación del IMSS de Tepic, bajo la categoría de Unidad Médica Familiar [UMF].

### Energía eléctrica

CIISA es responsable del suministro de energía eléctrica a todas las instalaciones que conforman la infraestructura de la obra y los frentes de trabajo de la misma.

La energía eléctrica para la ejecución de los trabajos es tomada de la subestación eléctrica de 115/13.8 kV construida por la CFE en la margen izquierda, específicamente para proporcionar este servicio durante la construcción del proyecto. Para poder contar con el

servicio, CIISA celebró un contrato con la Superintendencia de Distribución de la CFE de la zona correspondiente.

#### Almacenes

Almacén central para material y equipo personal de protección y herramienta; almacén de alta y baja rotación de 15,75 x 70 m [incluye bodega para equipo de buceo]; almacenes 1 y 2 de residuos peligrosos 5,15 x 15,45 m y almacén de ceniza volante 34,00 x 4,00 m.

#### Plataforma

Esta plataforma se ubicará en la zona de Loma Bonita frente a la subestación que abastece a la construcción del proyecto, a la elevación 407,90 y tendrá como dimensiones 150 x 30 m, en ella se alojarán el almacén de alta y baja rotación, el taller mecánico y eléctrico, un comedor y el almacén de ceniza volante.

En cuanto a los Servicios básicos, indispensables para el funcionamiento de la infraestructura, CIISA también fue responsable del diseño, construcción, instalación y operación de los servicios de Suministro de agua, Sistema de drenaje, Comunicaciones [servicio telefónico de larga distancia y el servicio de comunicación por radio en el área de construcción del proyecto],

#### Obras de apoyo

Adicionalmente a las instalaciones de infraestructura se encuentran 1 helipuerto en la zona de Loma Bonita, casetas de control y vigilancia, caseta de bomberos y gasolinera, cuyo combustible es proporcionado por PEMEX.

#### Camino de Acceso

El acceso original al sitio de las obras, a partir de la ciudad de Tepic, se lograba mediante un recorrido total de 78 km; éste iniciaba por la carretera federal No. 15 o por la autopista Tepic-Guadalajara, con un desarrollo de 26 km hasta el entronque “La Lobera”, donde se tomaba la desviación por la carretera estatal al poblado y Laguna de Santa María del Oro con un desarrollo de 20 km. A partir de la Laguna de Santa María del Oro se tomaba un camino rural de 6 km de terracería al poblado de El Buruato, y de ahí hasta el sitio del proyecto se recorrían 26 km por un camino tipo brecha de terracería, en ese entonces en malas condiciones de rodamiento.





# Capítulo III:

## Control de Calidad

### III.1 Fundamentos de Calidad

Cuando se utiliza la expresión “Calidad”, generalmente pensamos en términos de algún producto o servicio excelente, que cumple o excede nuestras expectativas las cuales están basadas en el uso para el cual esta pensado el artículo y en el precio de venta del mismo. Por ello, cuando un producto sobrepasa nuestras esperanzas, lo consideramos de calidad. La calidad puede ser cuantificada de la siguiente manera:

$$C = \frac{R}{E}$$

donde:        C = calidad  
                  R = rendimiento  
                  E = expectativas

Sí C es mayor que 1.0, entonces el cliente obtiene una buena percepción del producto o del servicio. Claro que la determinación de R y E estará en la mayoría de las veces basado en nuestra percepción, con la organización determinando el rendimiento y el cliente determinando las expectativas. Cabe mencionar, que las expectativas de los clientes continuamente se vuelven más exigentes y que el término *calidad* puede utilizarse acompañándolo de adjetivos tales como pobre, buena o excelente.

La norma ISO 9000:2000 “Sistemas de gestión de la calidad-Fundamentos y Vocabulario” da las siguientes definiciones:

*Gestión de calidad*: Actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad.

*Calidad*: Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos establecidos.

Planteando los siguientes conceptos:

- ⊕ Inherente: se refiere a la existencia en algo, especialmente como una característica permanente.
- ⊕ Características: que pueden ser cualitativas o cuantitativas.
- ⊕ Requisitos: es una necesidad o expectativa que se establece; generalmente implicadas por la organización, sus clientes, y otras partes interesadas; o de manera obligatoria.

La calidad tiene nueve diferentes dimensiones:

<b>Dimensión</b>	<b>Significado y explicación</b>
Rendimiento	Características primarias del producto, por ejemplo el brillo entre otras.
Distinción	Características secundarias, rasgos adicionales.
Conformación	Conocimiento de las especificaciones o de los estándares industriales.
Confiabilidad	Consecuencia del rendimiento.
Durabilidad	Vida útil o de uso.
Servicio	Resolución de problemas y quejas.
Respuesta	Relación humano-humano.
Estética	Características de acabados.
Reputación	Desempeños pasados y otros intangibles.

Estas dimensiones son de alguna forma independientes; sin embargo, un producto puede ser excelente en una dimensión y promedio o pobre en otra. Muy pocos, si es que algún producto, sobresale en las nueve dimensiones.

Por lo tanto, los productos de calidad pueden ser determinados usando algunas de las dimensiones antes mencionadas.

El Control de Calidad que es parte de la Gestión de Calidad consiste en el uso de técnicas y actividades para alcanzar, sostener y mejorar la calidad de un servicio o producto. Esto involucra la integración de las siguientes técnicas y actividades relacionadas:

- ⊕ Especificaciones de qué es necesario.
- ⊕ Diseño del producto o del servicio para conocer las especificaciones.
- ⊕ Producción o instalación para conocer todas las intenciones de las especificaciones.
- ⊕ Inspección para determinar el ajuste a las especificaciones.
- ⊕ Revisión del uso para proporcionar información para la revisión de las especificaciones de ser necesario.

El empleo de estas actividades brinda al cliente el mejor producto o servicio, al menor costo. El objetivo de la calidad debe ser mejorado continuamente.

Aseguramiento de calidad, que es también parte de la Gestión de Calidad, es el conjunto de todas las actividades planeadas o sistematizadas necesarias para brindar la confianza adecuada para que un producto o servicio satisfaga dados los requisitos de calidad, esto involucra el establecer de manera segura que la calidad será como esta planeada. La continua evaluación permite la adecuación y efectividad de las correcciones y reacciones iniciales, monitoreadas donde sea necesario.

Un proceso, el conjunto de actividades interrelacionadas con aportaciones externas para producciones específicas. La producción de un conjunto de dichas actitudes, generalmente es la aportación de otro. Por ello proceso se refiere tanto a las actividades de negocios como a las productivas. Y el cliente toma en cuenta, al igual que el proveedor, tanto al interno como al externo.

### **Reseña histórica**

La historia del control de calidad es indudablemente tan vieja como la industria en sí. Durante la Edad Media, la calidad tenía un alcance controlado por los largos periodos de entrenamiento requerido por los gremios. Este entrenamiento infundió orgullo a los trabajadores por un producto de calidad.

El concepto de la especialización del trabajo fue introducido durante la Revolución Industrial. Como resultado, un trabajador no realizaba completamente un producto, solamente una parte del mismo. Este cambio, trajo a una disminución en la manufactura, ya que la mayoría de los productos creados en aquel periodo, no eran complicados y la calidad no fue afectada directamente. De hecho, debido a la mejora en la productividad se llevó a cabo una disminución en el costo y lo que llevó a menores expectativas por parte del cliente, con la consecuencia de inspeccionar los productos después de la manufactura.

En 1924, W.A. Shewhart de los Laboratorios Telefónicos Bell, desarrolló un esquema estadístico para el control de algunas variables del producto. Este esquema se considera como el inicio del control de calidad estadístico. Después en la misma década, H. F. Dodge y H. G. Roming, ambos de los laboratorios Bell, desarrollaron el área de aceptación de muestras como sustituto del 100% de la inspección.

El reconocimiento del valor del control de calidad estadístico se volvió efectivo hasta 1942. Desafortunadamente, los gerentes estadounidenses fallaron al reconocer su valor tardíamente.

En 1946 la Sociedad Norteamericana de Calidad (ASQ, por sus siglas en inglés) fue formada, esta organización ha promovido el uso del control de calidad en todos los tipos de productos y servicios mediante el uso de publicaciones, conferencias y sesiones de entrenamiento.

En 1950, W. Edwards Deming, quien aprendió el control de calidad estadístico gracias a Shewhart, ofreció una serie de conferencias sobre métodos estadísticos a ingenieros japoneses y sobre todo la responsabilidad de la calidad a jefes ejecutivos de grandes organizaciones en Japón. Por otro lado, Joseph M. Juran realizó su primer viaje a Japón en 1954 y promovió las responsabilidades gerenciales para alcanzar la calidad necesaria. Usando estos conceptos los japoneses establecieron los estándares de calidad que el resto del mundo imitó.

Con el propósito de mejorar la calidad, en 1960 se formó el primer círculo de calidad, también técnicas estadísticas simples fueron aprendidas y aplicadas por trabajadores japoneses.

Al final de la década de los 70's y a inicios de los 80's, los gerentes norteamericanos estuvieron realizando viajes frecuentes a Japón para aprender el milagro japonés. Estos viajes no eran realmente necesarios ya que pudieron haber leído los escritos de Deming y Juran. Sin embargo, un renacimiento de la calidad empezó a ocurrir en los productos y servicios norteamericanos y hacia la mitad de los 80's los conceptos de Gerencia de Calidad Total comenzaron a ser publicados.

Al final de la década de los 80's, la industria automotriz empezó a hacer énfasis en el control estadístico de procesos (SPC por sus siglas en inglés). Los proveedores fueron requeridos a utilizar estas técnicas. Otras industrias y el Departamento de la Defensa también implementaron las bases para la medición del manejo de Calidad Total. Genechi Taguchi introdujo sus conceptos de parámetros y tolerancias de diseño trayendo con ello el resurgimiento del diseño de experimentación como una valiosa herramienta del mejoramiento de la calidad.

El énfasis en la calidad continuó en la industria automovilística en la década de los 90's cuando el automóvil *Saturn* fue colocado en tercer lugar de preferencias detrás de dos de

los automóviles japoneses más caros. Además, ISO 9000 se convirtió en el modelo mundial para sistemas de calidad. La industria de los automóviles modificó ISO 9000 para hacer mayor énfasis en la satisfacción del cliente y adicionando procesos de aprobación, mejoramiento continuo y capacidades de manufactura sobre los elementos producidos. Por otro lado, la normatividad ISO 14 000 fue aprobada como el modelo mundial para manejo ambiental de sistemas.

Para el año 2000, el enfoque de la calidad estaba dirigido al intercambio de tecnología de información al alcance de la organización y externamente vía internet.

## **Responsabilidad para la Calidad**

### Áreas responsables

La calidad no es responsabilidad de solo una persona o área funcional, es el trabajo de todos. Esto incluye desde el trabajador de la línea de ensamblado, la secretaria, el agente de compras y el presidente de la compañía. La responsabilidad de la calidad comienza cuando el mercadeo determina los requerimientos de calidad y continúa hasta que el producto es recibido por un cliente satisfecho.

La responsabilidad de la calidad es delegada a varias áreas, con la autoridad de hacer decisiones de calidad. Además, un método de **contabilidad**, como lo es el costo, el rango de error, las unidades de desajuste, son incluidos en esas responsabilidad y autoridad.

Las áreas responsables del control de calidad son: el mercadeo, ingeniería de diseño, procura, proceso de diseño, producción, inspección y prueba, empaçado y almacenamiento, servicio de producto y el principal de ellos, el cliente.

## **Mercadeo**

El mercadeo ayuda a evaluar el nivel de calidad en un producto que el cliente quiere, necesita y desea pagar por. Además, el mercadeo brinda información sobre calidad del producto y ayuda a determinar los requerimientos de calidad del mismo.

Cierta cantidad de información del mercado es necesaria para desarrollar su función. La información referente a la insatisfacción del cliente es obtenida de las quejas de éste, reportes de ventas, servicio de producto y casos responsables. La comparación del volumen de ventas con la economía es un buen predictor acerca de la opinión del cliente en cuanto a la calidad de un producto.

El análisis detallado por partes separadas de las ventas puede localizar problemas potenciales de calidad. La información útil sobre calidad es proporcionada también por informes gubernamentales sobre la seguridad del consumo de productos y por laboratorios independientes en reportes de calidad.

Cuando la información no se encuentra disponible, se recurre al empleo de métodos que se pueden desarrollar para la obtención de la información deseada sobre la calidad de un producto, como son los siguientes:

1. Visitando y observando al consumidor para determinar las condiciones del uso del producto y los problemas del usuario.
2. Establecimiento de pruebas de laboratorio realistas, como lo puede ser la prueba de choques de autos.
3. Conducir un estudio de mercado controlado.
4. Organizar una asesoría comercial o enfocada a otro rubro.

El mercadeo evalúa toda la información y determina los requerimientos de calidad para un producto. Un monitoreo de la información y sistemas de respaldo en una base continua es esencial para la colección efectiva de la información.

El mercadeo brinda a la compañía los requerimientos del cliente y los convierte en un conjunto preliminar de especificaciones. Entre las principales se encuentran:

1. Desarrollo de características, como lo son las ambientales, uso y consideraciones de fiabilidad.
2. Características sensoriales, como lo son la moda, el color, el sabor y el olor.



3. La instalación, configuración o la forma.
4. Estándares de aplicación y regulaciones.
5. Empacado.
6. Verificación de la calidad.

El mercadeo es el contacto con el cliente y es un vínculo tan importante para el desarrollo de un producto y que también logre superar las expectativas del cliente.

### **Ingeniería de Diseño**

Traduce los requerimientos de calidad del cliente en características operativas, especificaciones exactas y tolerancias apropiadas para un nuevo producto o para la revisión de uno ya establecido. El diseño mas barato y simple que cumpla las necesidades del cliente es el mejor diseño. Además mientras mas complejo se vuelve un producto su calidad y su confiabilidad se ven disminuidas.

Cabe mencionar que entre mas pronto se involucren el mercadeo, la producción, la procura, la calidad y el cliente, se puede prevenir problemas antes de que ocurran. A este tipo de implicación se le llama concurrencia de la ingeniería.

La tolerancia es la variación permisible en los parámetros de las características de la calidad, es por ello que la selección de las tolerancias tiene un doble efecto en la calidad. Por ejemplo, cuando las tolerancias son intensificadas, resulta generalmente un mejor producto, sin embargo, la producción y el control de calidad se podrían incrementar en costo.

Idealmente las tolerancias deberán ser determinadas mediante un proceso científico, balanceando la precisión deseada con el costo necesario para alcanzar dicha precisión. A partir de que existen varias características de calidad a determinarse científicamente, algunas son determinadas usando dimensionamientos estándar y sistemas para determinar tolerancias.

Las tolerancias críticas deben ser establecidas en conjunto con la capacidad del proceso.

El diseñador determina los materiales a emplear en el producto, donde la calidad del material se basa en especificaciones previamente escritas, las cuales incluyen las características físicas, fiabilidad, criterios de aceptación y empacado entre otros.

Las revisiones de diseño se realizan para identificar y anticipar áreas problemáticas e iniciar acciones correctivas para asegurar que el diseño final e información de soporte cumplan los requerimientos del cliente. Después de ello el equipo de revisión aprueba la producción, de esta forma, los requerimientos finales de calidad son distribuidos. La calidad es diseñada dentro del producto antes de ser entregado al departamento de manufactura. Se sabe que ningún diseño es perfecto, sin embargo, la disposición debe estar presente por el departamento de diseño y control. También debe existir un periodo de reevaluación del producto con la finalidad de asegurar que el diseño sigue siendo valido.

## **Procura**

Empleando los requerimientos de calidad establecidos por la ingeniería de diseño, la procura tiene la responsabilidad de conseguir la calidad en los materiales y los componentes. Las adquisiciones se pueden clasificar en cuatro categorías: materiales estándar, herramientas estándar, componentes menores y componentes mayores. Los requerimientos de calidad podrán variar dependiendo de la categoría de las adquisiciones.

Para un material o componente sin tratamiento en particular podría tener un solo distribuidor o múltiples distribuidores. Un solo distribuidor como fuente está generalmente dispuesto a proveer mejor calidad a un menor precio con mejor servicio. Compañías multidivisionales usan técnicas de distribuidores únicos con lo que pueden tener un control de la calidad, en una manera similar a al control que realizan entre área dentro de una planta.

Existen varios métodos diferentes para obtener pruebas de conformidad para estándares de calidad. Para pequeñas cantidades, la procura será en referencia al distribuidor. Para mejorar la calidad de los materiales y componentes adquiridos es necesaria la constaste comunicación entre el distribuidor y el departamento de procura. Ambas reacciones, tanto las negativas como las positivas, deben ser dadas al distribuidor para ser tomado en cuenta en los equipos de mejora del diseño y del proceso.

## **Diseño del proceso**

El diseño del proceso tiene la responsabilidad de desarrollar procesos y procedimientos que tengan un resultado de calidad. Esta responsabilidad es alcanzada mediante actividades específicas, las cuales incluyen procesos de selección y desarrollo, planeación de la producción y actividades de soporte.

La revisión del diseño del proceso esta enfocada a anticipar problemas de calidad, estos están frecuentemente relacionados con las especificaciones. Cuando la información de la capacidad de un proceso indica que la tolerancia es muy estricta para una productividad satisfactoria. Por lo tanto existen cinco opciones: adquirir equipo nuevo, revisión de las tolerancias, mejora del proceso, revisión del diseño y arreglar los productos defectuosos durante la producción.

La selección de procesos y desarrollo del mismo esta relacionado con el costo, calidad, tiempo de implementación y eficiencia. Una de las técnicas básicas es el estudio de capacidad del proceso, la cual determina la habilidad del mismo a partir de las especificaciones. La información sobre la capacidad del proceso brinda datos sobre decisiones de compra/venta, adquisición de equipo y selección de rutas de proceso. Las responsabilidades adicionales son: el diseño de equipos, el diseño de equipos de inspección y el mantenimiento de todo el equipo de producción.

## **Producción**

La producción tiene la responsabilidad de fabricar artículos de calidad. La calidad no puede ser inspeccionada en un artículo, debe estar constituida dentro del producto.

El inspector de primera línea es la clave para la manufactura de un producto de calidad. Desde que éste es considerado por el personal de operación como la autoridad, su habilidad para transmitir las expectativas de calidad se vuelve crítica para obtener excelentes relaciones laborales.

Para asegurar que el operador sepa cuales son las expectativas, serán necesarias sesiones de entrenamiento en calidad de manera periódica. Estas sesiones reforzaran el compromiso gerencial para lograr un producto de calidad.

De acuerdo con Deming, solo el 15% de los problemas de calidad pueden ser atribuidos al personal operativo, el resto se debe al propio sistema. El control estadístico del proceso mantiene efectivamente los requerimientos de calidad y es una herramienta invaluable para la mejora de la calidad.

### **Inspección y Prueba**

Estas actividades tienen la responsabilidad de evaluar la calidad de artículos tanto manufacturados como adquiridos y también de reportar sus resultados. Los informes se emplean por otros departamentos para tomar acciones correctivas cuando son necesarias. La inspección y prueba debe ser un departamento por sí solo, el cual tiene relación directa con la producción y con el aseguramiento de la calidad.

Si bien, la inspección es realizada por representantes del departamento de inspección y prueba, no quiere decir que se evita las responsabilidades del departamento de producción de entregar un artículo de calidad y de realizar sus propias inspecciones. De hecho, con producciones automatizadas, los trabajadores tienen mucho tiempo para llevar a cabo el 100% de la inspección antes y después de la operación. Uno de los problemas mayores con la inspección es la tendencia a ver al inspector como un “policía”, el cual tiene en responsabilidad de la calidad. Esta actitud puede conducir a una inspección no efectiva y a un deterioro de la calidad.

En función de mejorar la inspección, es necesario el empleo de equipo de medición preciso. Normalmente este equipo es adquirido; sin embargo, puede ser necesario diseñar y construirlo en cooperación con el diseño de proceso. En cualquier caso el equipo debe ser mantenido en buen estado y calibrado constantemente.

### **Empacado y almacenamiento**

Estas actividades tiene la responsabilidad de preservar y proteger la calidad de un producto. El control de la calidad de un producto debe extenderse más allá de la producción hasta la distribución, instalación y uso del producto. Un cliente insatisfecho no está preocupado en cuando o donde se llevaron a cabo las condiciones de inconformidad a los requerimientos.

## **Servicio del producto**

El servicio del producto tiene la responsabilidad de brindar al cliente, con todos los medios, el alcanzar y satisfacer la función del producto durante su supuesta vida. Esta responsabilidad incluye ventas y distribución, instalación, asistencia técnica, mantenimiento y disposición después del uso. Los productos deben ser repuestos rápidamente cuando estos sean instalados inapropiadamente o fallan durante el período de garantía. Un servicio rápido puede cambiar de un cliente insatisfecho a uno satisfecho.

## **Aseguramiento de la calidad**

Esta división no tiene la responsabilidad directa de la calidad, ésta asiste o apoya las otras áreas mientras cumplen sus responsabilidades dentro del control de calidad. El aseguramiento de la calidad tiene la responsabilidad directa de evaluar continuamente la efectividad de los sistemas de calidad. Determina la efectividad del sistema, evalúa la calidad existente, determina las áreas problemáticas y potenciales y asiste en la corrección o minimización de estas áreas problemáticas. En general, su objetivo es el mejoramiento de la calidad del producto en cooperación con los departamentos responsables.

### **III.2 Especificación del Control de Calidad en el P.H. El Cajón**

Este tópico se encuentra detallado en el capítulo 14 de las Especificaciones de Construcción de Obra Civil del P.H. El Cajón, Nay. En el cual se describen los Sistemas de Calidad, Administración Ambiental y Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo, por la finalidad del documento que aquí se presenta sólo se profundizará en los detalles de los Sistemas de Calidad y el Control de Calidad.

#### **Generalidades**

En las especificaciones antes mencionadas se establecen los requisitos de los sistemas de gestión de calidad, gestión ambiental y gestión de seguridad y salud en el trabajo que debe cumplir CIISA a quien se adjudique un contrato para la construcción de un proyecto hidroeléctrico, dentro del marco de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas y del Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas.

En ésta se señala que el Contratista debe cumplir invariablemente con las disposiciones de los sistemas de gestión de calidad, ambiental y seguridad establecidas en las normas:

Calidad	NMX-CC-9001-IMNC-2000 [ISO 9001:2000]
Ambiental	NMX-SAA-001:1988-IMNC [14001:1996]
Salud	NMX-SAST-001-IMNC-2000

También se menciona que CFE realizará las actividades de supervisión de la construcción del proyecto aplicando los sistemas de gestión basados en los modelos de las normas NMX antes mencionados.

#### **Responsabilidades**

En este apartado se enlistan las responsabilidades que adquieren tanto CIISA como CFE, a continuación se mencionan algunas de ellas:

*Del contratista:*

- a) Cumplir con los requisitos especificados en el contrato, especificaciones, códigos, normas y leyes aplicables.
- b) Desarrollar, documentar, establecer y mantener en uso los sistemas de calidad, ambiental y seguridad que cumplan con los requisitos descritos en esta especificación.
- c) Permitir el acceso a personal de la Comisión a sus instalaciones, a sus trabajos o a los de sus Subcontratistas, con el propósito de realizar cualquier labor de supervisión, auditoría o evaluación necesaria, sin que esto releve al Contratista de su total responsabilidad del cumplimiento de los trabajos contratados.
- d) Contar con los recursos técnicos, materiales y humanos conformes, competentes y calificados, según sea el caso, y en cantidad suficiente para cumplir con los requisitos de los sistemas de calidad, ambiental y seguridad exigidos.
- e) Remitir a la Comisión la documentación requerida de los sistemas referidos.
- f) Proporcionar los registros y las evidencias objetivas para la comprobación tanto de la implantación de los sistemas referidos, como de la calidad de los trabajos ejecutados.

*De la Comisión:*

- a) Verificar el cumplimiento, por parte del Contratista, de los requisitos de esta especificación.
- b) Determinar el desempeño de los sistemas de gestión referidos del Contratista mediante la evaluación y auditorías de calidad, ambiental y de seguridad.

### **Documentación requerida del contratista del sistema de calidad**

En este apartado se define que CIISA debe entregar a la Comisión para su revisión la documentación descrita a continuación, en un plazo no mayor a 45 días después de la firma del contrato.

*Manual de calidad*

Describe las políticas y directrices para el establecimiento del sistema de calidad que aplicará. Esta descripción deberá cubrir los requisitos básicos, de manera suficientemente detallada para que su auditor de calidad calificado pueda verificar que todos los requisitos estén identificados y descritos plenamente. Asimismo, la descripción debe comprender el reconocimiento formal por la Dirección de la empresa y su involucramiento con el sistema de calidad.

El manual de calidad debe incluir, sin ser limitativo, lo siguiente:

- ⊕ Hoja de presentación, hoja de control de su distribución.
- ⊕ Hoja para el control de las revisiones del manual.
- ⊕ Descripción de principios y objetivos del manual.
- ⊕ Declaración de políticas y objetivos de la Dirección con respecto a la calidad.
- ⊕ Descripción suficientemente precisa de los bienes y servicios que cubre el manual.
- ⊕ Organigrama y descripción de la organización de la empresa, y de la autoridad y responsabilidad de las diferentes funciones involucradas en el sistema de calidad.
- ⊕ Descripción breve y clara de los requisitos de aseguramiento de calidad para ser aplicados en el sistema de acuerdo con la norma NMX-CC-9001-IMNC-2000 (ISO 9001:2000).

También se establece la obligación del contratista de proporcionarle a la Comisión, copias de los documentos controlados requeridos e información continua sobre los cambios y modificaciones que sufra el manual de calidad.

#### *Procedimientos para la gestión del sistema de calidad*

Estos procedimientos son los relativos a la aplicación de las políticas y principios de calidad enunciados dentro del manual de calidad, y son instrumentos para dirigir y ejecutar los trabajos de manera planeada y sistemática.

Los procedimientos para la gestión del sistema de calidad deben establecer las directrices, los requisitos de la norma y la información detallada para la ejecución de las actividades.

Cada procedimiento debe ser específico e identificarse de forma individual, debiendo conservar su código de identificación, su fecha de publicación y su número de revisión.

#### *Plan de calidad*

Se establece que el Contratista debe documentar un plan de calidad único y aplicable al proyecto, sujetándose a lo establecido en la norma NMX-CC-019-1997-IMNC (ISO 10005:1995). Dentro del plan de calidad, el Contratista debe planear y documentar todas las actividades, motivo del contrato de obra pública.

El plan de calidad debe garantizar el cumplimiento:

Del proyecto ejecutivo y de las especificaciones particulares de construcción.

De la conformidad de sus trabajos a través del establecimiento de las inspecciones y pruebas a sus procesos y productos, indicando las características que serán



inspeccionadas y probadas en cada punto de inspección o prueba, o especificando los procedimientos de inspección y prueba y los criterios de aceptación y rechazo.

Para identificar y establecer los procesos especiales; indicando dónde y cómo debe ser cubierta y documentada la calificación de estos procesos [personal, equipo, material, ambiente y metodología].

#### *Instrucciones de trabajo*

Estas instrucciones deben establecerse con el fin de proveer información práctica que apoye la aplicación de los procedimientos para la gestión del sistema de calidad, de los planes y de los programas de actividades.

#### **Para el control de calidad**

Se establece mediante el cumplimiento y aplicación de un plan de inspección y pruebas como parte de su plan de calidad, debe entregarse a la Comisión mínimo 15 días hábiles, para su revisión, previo al inicio de las inspecciones y pruebas que se realizan durante la construcción de las obras conforme a las especificaciones particulares de construcción, de acuerdo a la frecuencia de realización de dichas pruebas, puntos de verificación y atestiguamiento, y punto de espera.

De la aplicación de este plan de inspección y pruebas, se deben elaborar los registros correspondientes, para lo cual debe entregar a la Supervisión de Comisión un informe mensual de la aplicación del mismo.

Para la aplicación del plan de inspección y pruebas, se requiere instalar o subcontratar, en su caso, laboratorios de prueba que estén acreditados ante la Entidad Mexicana de Acreditación A. C. [EMA], o como mínimo que cumplan con los requisitos establecidos por este organismo.

#### **Para la supervisión de las obras por parte del Contratista**

Para el cumplimiento de la supervisión, se debe entregar a la Supervisión de la Comisión un programa mensual donde se describan las actividades a supervisar de acuerdo al programa de construcción.

## **Para la supervisión de las obras por parte de la Comisión Supervisión de la Comisión**

La Comisión esta facultada para supervisar la aplicación y cumplimiento de la documentación de los sistemas de gestión en la ejecución de las obras a través de supervisiones de calidad realizadas por sus supervisores de obra o a través de auditorías de calidad realizadas por sus auditores de calidad, con objetivos de verificar el cumplimiento del proyecto ejecutivo y de las especificaciones particulares de construcción.

Entre otras se tiene que:

- ⊕ La supervisión de la Comisión requiere contar, invariablemente, con el permiso del Contratista para el acceso a sus instalaciones, a sus trabajos o a los de sus Subcontratistas, y disponer del tiempo necesario, con el propósito de realizar cualquier labor de supervisión, auditoría o evaluación sin adicionar costos al precio del contrato ofertado.
- ⊕ Los mecanismos de control que utiliza la supervisión son las listas de verificación derivadas de las instrucciones de trabajo técnicas, documentadas como parte del sistema de gestión de calidad de la Comisión.
- ⊕ La supervisión de la Comisión aceptará un árbitro mediador que dictamine la calidad en disputa, en caso de que el Contratista esté inconforme con la determinación por parte de la Comisión de un producto no conforme.

## **Costos del cumplimiento e incumplimiento de los requisitos de los sistemas de gestión de calidad.**

Se establece que el costo del cumplimiento de los requisitos, es el establecimiento de una estructura organizacional y recursos necesarios para brindarle la confianza necesaria a la Comisión de que las obras cumplen con las especificaciones particulares de construcción establecidas en el contrato de obra pública.

Así también, se establece en el caso de incumplimiento de las antes mencionadas, las facultades de la Comisión para:

- ⊕ Rescindir el contrato por incumplimiento de requisitos especificados en el mismo.
- ⊕ Contratar con terceros los productos o servicios necesarios con objeto de establecer los sistemas de calidad, ambiental y seguridad, efectuando los cargos correspondientes al Contratista. El Contratista se obliga en todo momento a resarcir a Comisión el costo de los recursos utilizados o servicios contratados.

### III.3 Especificaciones de la Cortina

#### Programa general de construcción

Para garantizar el cumplimiento de los plazos establecidos en el programa general de construcción se vigilan las actividades del mismo y se toman medidas para contrarrestar los atrasos que ocurren. En el caso de la cortina se verifica el cumplimiento de las especificaciones en los puntos siguientes:

- ⊕ El alcance final de limpia del terreno, desmonte, despalme y perfilamiento para desplante de las estructuras.
- ⊕ El destino final de los materiales producto de excavaciones.
- ⊕ El destino final de los materiales producto de procesamientos.
- ⊕ Tratamiento de la roca de cimentación.
- ⊕ El destino final de los materiales por colocar en la cortina.
- ⊕ Procesos de colocación de materiales en la estructura.
- ⊕ Calidad de los materiales por colocar y ya colocados.
- ⊕ Pruebas para verificar la calidad de los materiales colocados.

La construcción de las ataguías y la cortina se efectúan en la secuencia indicada en el programa general de construcción y hasta las líneas y cotas mostradas en los planos. A continuación se indican las actividades que el Contratista debe incluir en el programa:

#### *Etapa I.*

Construcción de la preataguía aguas arriba, ataguía aguas arriba, ataguía aguas abajo, desvío del río y desagüe del recinto.

#### *Etapa II.*

Limpieza, desmonte y despalme de laderas y cauce del río hasta descubrir roca sana, regularización del terreno para desplante, concreto dental y de regularización, tratamientos a la roca para desplante del plinto y de la zona de colocación de materiales, construcción del plinto, anclaje del plinto, tratamientos de inyección para contacto concreto roca, inyección de consolidación e inyección de pantalla de impermeabilización hasta su elevación final.

### *Etapa III.*

Construcción de la cortina hasta su elevación final, de manera continua o hasta las elevaciones que señale el proceso constructivo, incluyendo la extracción, procesamiento, almacenamiento, colocación, adición de agua, compactación de los diferentes materiales y pruebas de control de calidad, instrumentación del cuerpo principal de la cortina, construcción de las casetas de instrumentación y alumbrado de casetas y cortina.

### *Etapa IV.*

Construcción de la cara de concreto, de las juntas de concreto de la cara y plinto, construcción de losas de arranque, construcción del parapeto, corona y acabados. Es muy importante la protección de los sellos colocados en las juntas para garantizar la calidad de éstos.

## **Características y colocación de los materiales de la Cortina**

### *Materiales granulares para el cuerpo de la cortina*

#### **Filtros**

##### ⊕ Materiales 2 y 2F

El material 2 es producto del banco de roca El Vertedor, clasificado como grava-arena limosa con un contenido de finos entre 6 y 10%, con 40% o más de material que pase por la malla No. 4.

El material 2F es producto de los bancos de aluvión y/o el banco de roca El Vertedor, clasificado como grava-arena limosa bien graduada.

Estos materiales se colocan en capas de 30 cm de espesor en estado suelto y se compactan mediante el paso de rodillo liso vibratorio de 104 kN [10,6 t] de peso mínimo estático en el tambor, hasta alcanzar un peso específico seco igual o mayor de 21,06 kN/m<sup>3</sup>, una relación de vacíos igual o menor de 0,22 y un coeficiente de permeabilidad igual o menor que 10<sup>-3</sup> cm/s.

##### ⊕ Material en la zona 3A

Producto del banco de roca El Vertedor, bien graduado con tamaño máximo de 20 cm.

Este material se coloca en capas de 30 cm de espesor con un contenido de agua óptimo, compactado con rodillo liso vibratorio de 104 kN [10,6 t] de peso mínimo estático en el

tambor y con el número de pasadas necesarias para obtener una relación de vacíos igual o menor de 0,28. El coeficiente de permeabilidad de este material debe ser 100 veces mayor que el del material 2 y no menor que  $10^{-1}$  cm/s.

## **Enrocamiento**

### ⊕ Material en la zona 3B y T

El material 3B lo constituye un enrocamiento bien graduado con granulometría tomada de planos y tamaños máximos de 65 cm, producto del banco de roca El Vertedor.

El material T consiste en un enrocamiento bien graduado con granulometría tomada de planos y tamaño máximo de 80 cm, también producto del banco El Vertedor.

En cualquier caso, las partículas de tamaño máximo deben quedar completamente embebidas en los materiales de menor tamaño y no sobresalir del plano superior de la capa.

El material 3B es colocado en capas de espesor en estado suelto no mayor de 80 cm y compactando cada capa con 6 pasadas de rodillo liso vibratorio el cual genera una frecuencia mínima de 30 Hz con un peso estático en el tambor no menor de 118 kN (12 t) y agregando agua en proporción mínima de 200 litros por metro cúbico de material colocado; el agua es agregada durante la descarga y tendido del material para garantizar una distribución uniforme de la misma, no se permite comenzar a adicionar el agua después de la descarga del material.

El material T es colocado en capas de espesor en estado suelto no mayor de 100 cm y compactando y agregando agua de la misma forma que el material 3B.

### ⊕ Material de la zona 3C

Lo constituye un enrocamiento bien graduado con la granulometría tomada de planos y tamaños máximos de 110 cm, producto del banco de roca El Vertedor y/o de excavaciones para alojar estructuras.

El material 3C es colocado en capas de 140 cm de espesor en estado suelto, compactando cada capa con 6 pasadas de rodillo liso vibratorio de 118 kN (12 t) de peso mínimo en el tambor, con frecuencia de vibrado no menor de 30 Hz, y agregando agua en proporción mínima de 200 litros por metro cúbico de material colocado; el agua es

agregada durante la descarga y tendido del material para garantizar una distribución uniforme de la misma, no se permite comenzar a adicionar el agua después de la descarga del material.

⊕ **Material 4 o enrocamiento de protección**

Esta formado por rocas sanas con un diámetro mínimo de 1,0 m, y colocado de tal forma que sus caras mayores quedan apoyadas horizontalmente, entrelazadas y ligadas al material 3C para evitar que éste forme depósitos inestables o susceptibles de deslizamiento. El talud o paramento aguas debajo de la cara terminada de este material cumple con el diseño de la estructura y presenta una superficie uniforme y regular, ofreciendo un solo plano de terminación.

⊕ **Material 1B y 3H sobre la cara de concreto.**

El material 1B es una arena fina limosa con la distribución granulométrica tomada de planos. Se coloca en capas de 30 cm de espesor suelto, evitando segregación y bandeo con tractor.

El material 3H consiste de un enrocamiento de 30 cm de tamaño máximo y con la distribución granulométrica tomada de planos Se coloca en capas de 40 cm de espesor y se bandea también con tractor.

⊕ **Material sellante en zona inferior de junta perimetral**

En toda la zona protegida con el material 1B, se coloca material sellante (ceniza o limo arenoso) para proteger la junta perimetral plinto-losa.

En el anexo al final de éste capítulo se observan las Bandas granulométricas de los materiales

***Cara de concreto de la cortina***

**Juntas**

⊕ **Sellos de cobre (inferior y superior)**

El material es cobre aleación C 12200 laminado en caliente, nombre comercial cobre fosforado y de temple suave, de acuerdo con la norma ASTM B 152.

Las dimensiones de los sellos son en lámina de cobre fosforado calibre 18, [1,02 mm de espesor] de acuerdo con las dimensiones indicadas en planos.

Todas las uniones, de taller y campo entre tramos deben ser de tipo traslape de 15 mm antes de aplicar soldadura, la cual debe ser realizada sosteniendo las placas con una prensa para garantizar un trabajo sin oquedades o poros que permitan la filtración de agua.

Tanto las soldaduras de taller como las de campo deben efectuarse con equipo de oxiacetileno, empleando varillas de soldadura desnuda de 1/16” [1.6 mm] de diámetro con contenido mínimo de plata de 56%, exenta de cadmio, resistencia a la tensión de 5 976 kg/cm<sup>2</sup> [85 000 psi].

#### ⊕ Bandas de asiento del sello inferior de cobre

El material es una banda de polivinil con acabado liso de características tales que absorban cualquier irregularidad de la cama de mortero, donde es colocada, para que la lámina de cobre quede debidamente alineada y no sufra ningún efecto de punzonamiento. Es inorgánica y resistente al intemperismo, de tal forma que no se altere con el tiempo.

Las bandas tienen un espesor mínimo de 0,6 cm, un ancho poco mayor al del sello de cobre, con un excedente de por lo menos 5 cm por lado, para todas las juntas que lo requieran.

Las bandas son alineadas en forma continua, incluso en cambios de dirección e intersecciones. La separación del empalme de las bandas no es mayor de 1,0 mm. No son traslapadas.

#### ⊕ Material de relleno de las juntas

##### *Relleno de madera:*

Se requirió un tipo de madera dura, encino blanco, con características mecánicas como lo son, esfuerzo a la compresión siendo la carga perpendicular a la fibra, de 7,36 MPa [75 kg/cm<sup>2</sup>] y modulo de elasticidad mayor a 11 772 MPa [120 000 kg/cm<sup>2</sup>].

Las dimensiones de cada elemento se expresan en planos con un espesor de tablón común de 1,9 cm.

En las juntas verticales, la madera esta fija a la primera de las franjas de la cara de concreto que se cuele, y aplicando una capa de material antiadherente del lado contrario para evitar que el concreto fresco de la segunda franja se adhiera a la madera, pierda humedad y sufra despostillamiento debido a algún movimiento relativo.

Los tablonces se deben alinear en forma continua. La separación de los empalmes no debe exceder de 1 mm.

*Bulbos de neopreno para el sello inferior.*

El material es un bulbo de neopreno D60 Shore A, de tipo comercial con superficie lisa. Con una sección rectangular en tres caras y semicircular cuyas dimensiones son de acuerdo con las del bulbo del sello inferior de cobre.

*Relleno de espuma de poliuretano.*

Para facilitar la formación del hueco para el bulbo del sello de cobre superior durante el colado de las losas, se recomendó el uso de perfiles de espuma de poliuretano como cimbra provisional con las dimensiones requeridas por el bulbo del sello superior de cobre, retirándolo antes de la instalación de dicho sello.

⊕ Material antiadherente para juntas

Existen dos materiales antiadherentes, cada uno se emplea dependiendo de los requisitos establecidos en planos y en las especificaciones del trabajo a realizar, estos son:

- Pintura asfáltica de tipo comercial.
- Sellador elástico de poliuretano de un solo componente.

Éste último se emplea para garantizar la unión entre solera de neopreno, el cobre y el concreto.

⊕ Contenedor de ceniza

El contenedor es semicircular con aleros rectos y está fabricado de lámina galvanizada calibre 18 con perforaciones de 3,32 mm de diámetro y ocupan 9 agujeros por pulgada cuadrada.

En su interior se coloca un geotextil no tejido [Nonwoven] de polipropileno estabilizado, con tamaño de abertura aparente [AOS] de 0,15 mm [malla 100], resistencia a la tensión mínima en promedio de 0,900 kN, elongación a la tracción 50%, resistencia mínima a la perforación 0,575 kN, resistencia a rayos ultravioleta [UV] 70% en 500 h, permeabilidad de 1,5  $\text{seg}^{-1}$ , flujo de agua de 4 470 L/min/m<sup>2</sup>, y espesor nominal de 2,5 mm.

Las dimensiones del contenedor están de acuerdo con la apertura esperada para las juntas.



#### ⊕ Anclas y ángulos de sujeción

Se colocan con la finalidad de asegurar la posición del sello superior y el contenedor de ceniza en las juntas que así lo requieran.

Los elementos de fijación son taquetes expansivos de acero al carbón galvanizado, con diámetro de 9,52 mm [3/8"], con longitud de 89 mm [3 ½"].

La carga de trabajo es de 488 kg para extracción y 615 kg a cortante en un concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup>.

Los ángulos son de acero de ASTM A-36 de 40 mm [1 ½"], por 4 mm [3/16"] de espesor galvanizados en caliente. Los ángulos son suministrados en tramos de 6 metros y llevan barrenos de 11 mm [7/16"] de diámetro a cada 25 cm para su sujeción con las anclas.

#### ⊕ Cama de arena asfáltica

Se coloca y compacta, en la zona de la junta perimetral del plinto, una mezcla de arena y material asfáltico debajo del sello de cobre.

Dicha mezcla tiene las siguientes características:

Contenido de asfalto	8 – 12%
Fluencia Marshall	15
Estabilidad	100 – 115 kgf/cm <sup>2</sup>

El material procesado en caliente se compacta en capas de 10 cm hasta obtener un grado de compactación del 97%.

#### ⊕ Acero de refuerzo

El acero de refuerzo es el elemento utilizado en el concreto para absorber los esfuerzos de tensión. El habilitado es el proceso para dar las formas requeridas conforme a los planos de proyecto [Cara de concreto], y la colocación es la disposición y sujeción indicada en dichos planos para ser ahogado en las estructuras de concreto.

Se utiliza acero de refuerzo  $f_y = 412,02$  MPa [4200 kg/cm<sup>2</sup>] que cumple las normas DGN-B-252 y ASTM A 185.

El espaciamiento también se detalla en planos y cumple lo especificado en el reglamento ACI 318 en su capítulo correspondiente.

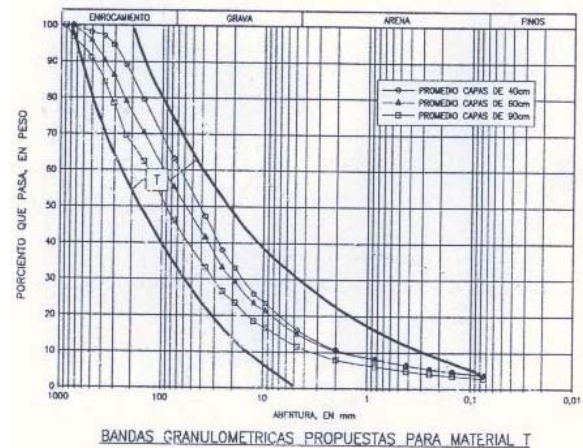
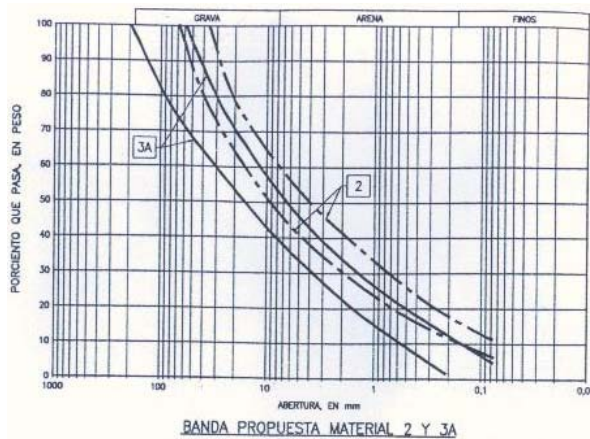
⊕ **Concreto**

El concreto hidráulico es una mezcla de materiales compuesta por gravas, arenas, agua, cemento y en algunos casos aditivos; todos estos elementos dosificados en cantidades determinadas previamente en el laboratorio mediante el diseño de mezclas, son utilizados para los diferentes tipos de concreto que se requieren en las diferentes obras y estructuras.

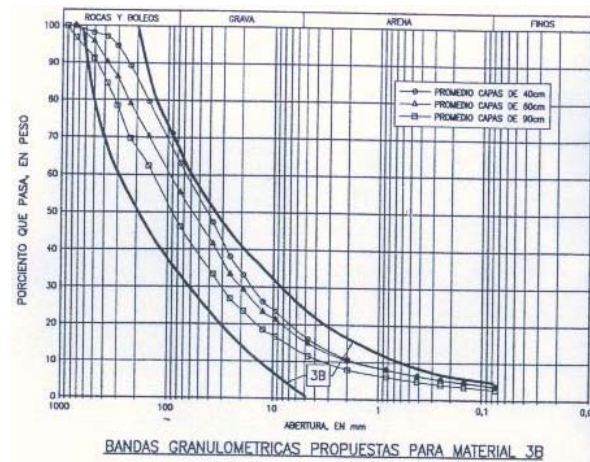
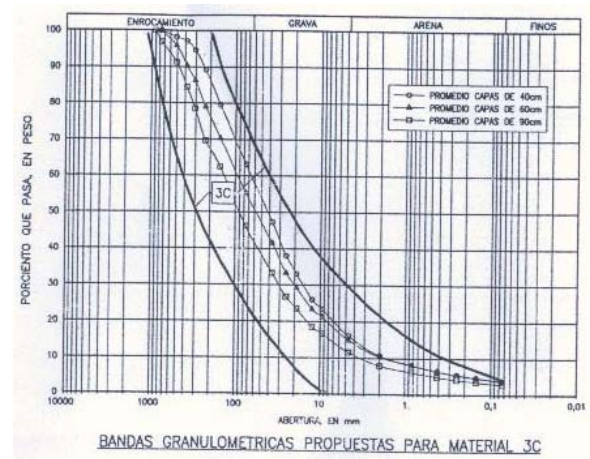
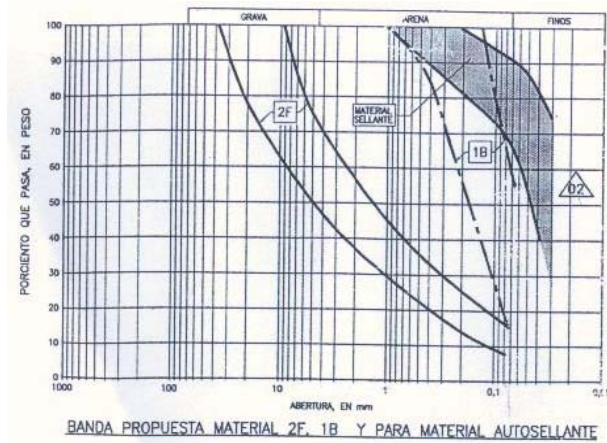
Los detalles de la cara de concreto en cuanto a su elaboración, transporte, colocación, cimbrado, acabado, curado y protección, y en su caso reparación escapa de los alcances de este documento, sin embargo estos datos se encuentran plasmados en las especificaciones del proyecto en su capítulo de concretos.

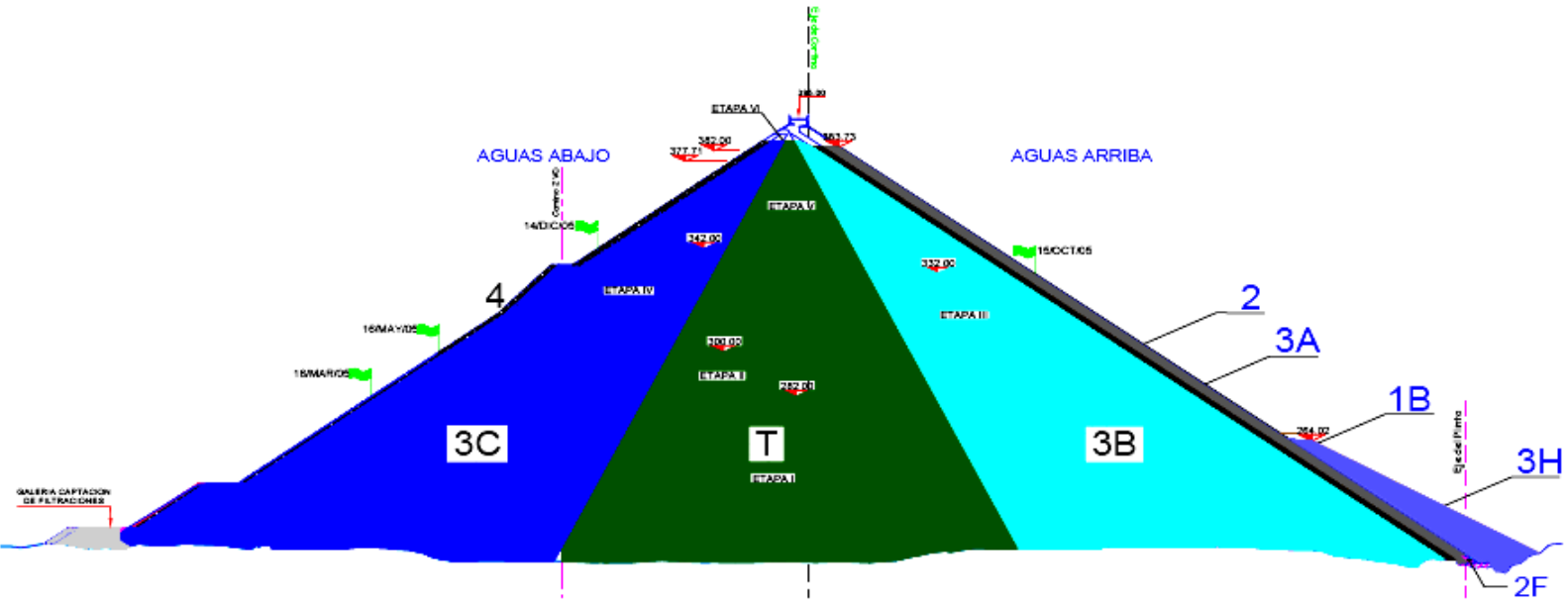
En el caso de la cara de concreto se trata de un concreto semimasivo que por su tipo de colocación se divide en dos diseños de mezcla, de los cuales se presentan a continuación sus principales características.

Diseño de mezcla		4	5
Resistencia de proyecto, f'c	kg/cm <sup>2</sup>	250	250
Tipo de colocación		<b>Bombeable</b>	<b>Canalón</b>
Revenimiento	cm	14 ± 2	10 ± 2



*“Control de calidad en el Proyecto Hidroeléctrico El Cajón, Nayarit; Caso de estudio: Cortina”*





# Capítulo IV:

## Descripción de las tareas del Control de Calidad en la Cortina

#### **IV. Descripción de las tareas del Control de Calidad.**

CIISA es responsable de controlar la calidad de todos los materiales desde su producción, transporte y su colocación final, así como de los procesos de construcción del proyecto; por lo cual, estableció un Sistema de Calidad que asegura el cumplimiento de las especificaciones y todas las normas aplicables, incluyendo las actividades de muestreo, ensaye o pruebas de propiedades índice, clasificación, comparación, resistencia, compresibilidad y permeabilidad con muestras tomadas de cualquier material de la cortina, así como pruebas de campo para comprobar que se estén alcanzando las propiedades especificadas en el diseño. La Comisión puede realizar pruebas adicionales para verificar los resultados obtenidos por CIISA, para lo cual éste debe dar facilidades para tomar muestras y realizar ensayes en los materiales y distribuir su equipo en forma tal que no interfiera con la ejecución de los ensayos.

También se deben instalar los laboratorios de concretos, inyecciones, mecánica de suelos y mecánica de rocas en el sitio de construcción del proyecto para realizar todos los muestreos, pruebas o ensayes de los materiales necesarios para el control de calidad y el aseguramiento de la calidad de las estructuras.

##### **IV.1 En el cuerpo de la Cortina.**

Se realizan pruebas directamente en el campo para comprobar que se están alcanzando las propiedades de los materiales colocados conforme a lo que se señaló en el capítulo anterior; asimismo, se toman muestras y ensayan en su laboratorio para verificar que se están obteniendo las propiedades mecánicas consideradas en el diseño.

Las pruebas se pueden dividir por las diferentes dimensiones del material que conforma el cuerpo de la cortina en Filtros y Enrocamiento, en la siguiente tabla se presentan las tareas de control de calidad que se llevan a cabo en cada uno de estos grupos. Verificando que se realicen inspecciones aleatorias.

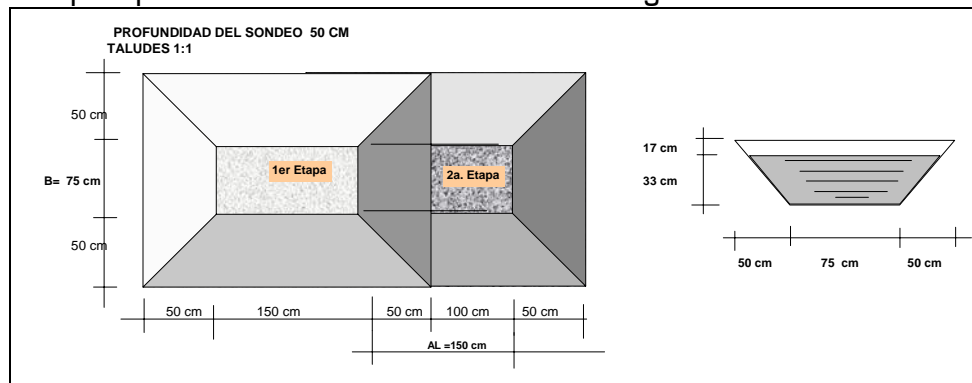
## Tipos de pruebas y ensayos.

Filtros	Enrocamiento
Calas	Calas
Permeabilidad “Matsuo Akai”	Granulometría
Granulometría	Rango de peso volumétrico seco
	Consumo de agua
	Espesor de capa
	Compactación
	Rodillo [velocidad]
	Tiempo de recorrido

### Prueba de permeabilidad Matsuo Akai

Se comienza preparando una zanja en una superficie sensiblemente horizontal, se marcan las dimensiones de la excavación, que se muestran en la figura, se excava con una geometría regular con dimensiones iniciales B como ancho y L como largo, con una relación de  $L = 2B$ ; y con una profundidad en función al espesor de la capa y tipo de material.

La excavación se realizará con el equipo necesario para el tipo de material a estudiar procurando cumplir que los taludes de la excavación tengan una relación 1:1.



Lista la excavación, se llena la misma con agua hasta tener un tirante  $h$ , de 5 a 10 cm por debajo del nivel del terreno y agregando agua constantemente para mantener el tirante  $h$  inicial, todo esto con la finalidad de saturar el material durante 24 horas como mínimo y de 72 horas en materiales finos.

Después de este periodo, y verificado que nivel de agua que se agrega es el mismo que disminuye en el nivel superficial, esto es que se mantenga estable el comportamiento, se

deberá instrumentar con un controlador de niveles, estableciendo un nivel arbitrario de referencia se inicia la toma de lecturas y registro del gasto contra tiempo en intervalos de acuerdo al tipo de material analizado. Como conclusión de esta etapa se obtiene un gasto promedio de las lecturas y se deja drenar totalmente la zanja para continuar con la prueba.

El siguiente paso de la prueba requiere de la ampliación de la zanja en sentido longitudinal al doble de las dimensiones iniciales. Se repite el procedimiento de llenado, estabilización del nivel superior del agua y la determinación de un gasto promedio.

La diferencia entre los dos gastos promedios registrados equivale al gasto de absorción del terreno para la longitud complementaria de la zanja, eliminando el efecto de los extremos. Con la información obtenida se procede a emplear las siguientes expresiones con la finalidad de determinar al coeficiente de permeabilidad del material.

$$k = \frac{q}{\Delta L(B + 2h)} \quad \text{si} \quad y < \frac{3}{2}(y + 2B)$$
$$k = \frac{q}{\Delta L(B - 2h)} \quad \text{si} \quad y > \frac{3}{2}(y + 2B)$$

donde:

$\Delta L$	Longitud adicional excavada, en cm
$k$	Coficiente de permeabilidad, en cm/s
$q$	Gasto de absorción, en $\text{cm}^3/\text{s}$
$h$	Tirante de agua, en cm
$B$	Ancho de la sección, en cm
$y$	Profundidad del manto permeable, en cm

### *Cala volumétrica*

Consiste en realizar una excavación con dimensiones previamente especificadas, con la ayuda de moldes metálicos instalados en el terreno a estudiar se procede a realizar la prueba. Primeramente se coloca un plástico a manera de forro del molde y el contacto con el terreno, después se vierte agua contenida en buretas calibradas y con escalas, determinando así un volumen inicial llamado  $V_1$  [volumen de agua en el recipiente formado]. Se procede a retirar el agua y la protección plástica del molde y se inicia la excavación con el equipo necesario en función del material en estudio. Realizada la excavación se pesa el material producto de la misma, obteniendo así el peso total de la muestra.



A continuación se realiza el mismo procedimiento de protección plástica y llenado de agua de la cavidad para determinar un volumen final o V2.

La diferencia entre V1 y V2 corresponde al volumen de la muestra o de la cala.

Con estos datos de la muestra se obtiene el peso volumétrico húmedo de la misma.

$$\frac{W_m}{V_m} = \gamma_m$$

Del material de la muestra se obtiene el contenido de agua [humedad] de la prueba en el laboratorio y con el resultado se determina el peso volumétrico seco.

$$\frac{\gamma_{mH}}{1 + \frac{w}{100}} = \gamma_{mS}$$

Además se determinan las principales propiedades del material en el laboratorio, como lo es la densidad de sólidos, y con ella y el peso volumétrico seco se determina la relación de vacíos.

$$\frac{S_s}{\gamma_{mS}} = e_m$$

### *Granulometría*

Dependiendo de las características del material en cuestión se realiza su granulometría correspondiente.

Para los materiales 3B, T y 3C el estudio granulométrico se realiza en dos etapas, las cuales se describen a continuación.

El material obtenido de la cala volumétrica es llevado a la criba gigante donde se realiza el cribado y pesaje de los fragmentos de roca desde 30” hasta el retenido en la malla 3”, posteriormente se cuartea el material que pasa por la malla 3” para enviar la muestra al laboratorio y realizar la granulometría complementaria, es decir, desde 3” hasta malla No.200.

El material analizado debe cumplir con las bandas granulométricas correspondientes mostradas en el capítulo anterior, sobre todo teniendo especial cuidado en el valor de la malla No. 200, ya que únicamente se permite la colocación de material con un porcentaje de finos menor al 5% en peso.

En el caso de los materiales 2 y 3-A, aplica granulometría desde 3” hasta malla No. 200, siguiendo el procedimiento convencional.

### *Consumo de agua*

Para facilitar el acomodo y la compactación de los materiales 3-B, T y 3-C, se adiciona agua, en proporción de 200 L/m<sup>3</sup> colocado mediante cañones o monitores de agua.

Debido que el agua es suministrada por tanques de almacenamiento ubicados en elevaciones determinadas, el gasto por cañón será variable dependiendo de la elevación de colocación por lo que se realizan aforos quincenales a dichos tanques para conocer el gasto de descarga vigente.

La verificación del consumo se agua es de manera aleatoria y se realiza de la siguiente manera:

- ⊕ Se registra del número de viajes que descargan material en una zona y horario determinado [generalmente 1 hora], obteniendo el volumen de material colocado.
- ⊕ Se hace una relación entre el volumen permitido especificado por hora por cañón vs. el volumen colocado cuya diferencia siempre debe ser positiva.

### *Espesor de capas*

La revisión del espesor de las capas colocadas se hace de manera manual con ayuda de flexómetros o mediante los escantillones que se colocan durante el tendido de materiales como guía.

### *Pruebas de compactación*

Estas pruebas se realizan mediante la verificación del número de pasadas del rodillo especificadas y la velocidad del rodillo para el correcto cumplimiento de las especificaciones del tendido del material.

### PLAN DE INSPECCIÓN Y PRUEBAS

Material	Pruebas a realizar			
	Calas volumétricas con determinación de Peso Volumétrico Seco, Granulometría y Densidad de Sólidos.	Calas Volumétricas con determinación de Granulometría	Pruebas de Permeabilidad	Pruebas geofísicas
2 y 3ª	Una cala cada dos capas		Una prueba por cada 10 capas	
2F	Una cala por cada 100 m <sup>3</sup> de material colocado			
3B	Una cala por cada 30 000 m <sup>3</sup> de material colocado		Una prueba por cada 90 000 m <sup>3</sup> de material colocado	Una prueba por cada 100 000 m <sup>3</sup> de material colocado
T	Una cala por cada 50 000 m <sup>3</sup> de material colocado		Una prueba por cada 100 000 m <sup>3</sup> de material colocado	Una prueba por cada 100 000 m <sup>3</sup> de material colocado
3C		Una cala por cada 150 000 m <sup>3</sup> de material colocado		Una prueba por cada 150 000 m <sup>3</sup> de material colocado
1B	Una cala cada 2 capas			

Para todos los casos:

Una cala que determine pesos volumétricos secos y granulometría en zonas de compactación especial como las cercanas a instrumentos o a estructuras.

Una cala que determine pesos volumétricos secos, granulometría y permeabilidad, cada vez que las condiciones de trabajo cambien [materiales, equipo, procedimientos].

En el caso de que alguna cala proporcione resultados que no cumpla con especificado [en cuanto a granulometría, peso volumétrico o relación de vacíos], se deben realizar 3 calas más y las pruebas correspondientes. Todas estas calas adicionales deben cumplir con la especificación. Si esto no se cumple, Comisión podrá exigir al contratista que retire el material en toda la zona probada y lo sustituya por un material que cumpla con las especificaciones.

## IV.2 En la cara de concreto de la Cortina.

Se realizan pruebas para comprobar que se están alcanzando las propiedades de los materiales colocados conforme a lo que se señala en las especificaciones de la obra civil; asimismo, se toman muestras y ensayan en laboratorio para verificar que se están obteniendo las propiedades mecánicas consideradas en el diseño.

En cuanto a las tareas de control de calidad en esta parte de la obra se realizan pruebas tanto al concreto empleado, a los sellos de cobre y la cama de arena asfáltica.

### Tipos de pruebas y ensayos.

Cara de concreto
Tensión y dobles de los sellos de cobre
Estanqueidad de los sellos de cobre
Extracción de corazones de arena asfáltica
Concreto
- Revenimiento del concreto
- Temperatura del concreto
- Contenido de aire
- Masa unitaria
- Ensayo de cilindros

#### *Pruebas de tensión y dobles de los sellos de cobre*

Cada soldador debe soldar tres uniones de tramo recto de sellado, de cada unión se deben obtener seis probetas, tres para probarse a tracción y tres para probarse al doblado a un ángulo de 180° sobre un mandril de 4 mm de diámetro.

En la prueba de tracción se debe presentar la rotura en la lámina de cobre y no en la soldadura, comprobando el correcto empleo de la misma.

En la prueba de doblado no debe apreciarse roturas o grietas en la soldadura alrededor de ella.

Las probetas son ensayadas en un laboratorio certificado. Las probetas y el equipo empleado para su certificación se muestran en las imágenes.

### *Pruebas de estanqueidad*

Esta prueba se emplea en la verificación las probetas de cobre durante 24 horas, con una presión máxima de  $20 \text{ kg/cm}^2$  constatando de manera visual que no haya filtraciones de agua por la soldadura.

Se inicia la prueba colocando dentro de los recipientes a emplear una junta de sello [Neopreno], sobre esta se coloca la probeta de cobre a verificar, cuidando que permanezca en posición centrada.

Se arma el cilindro alineado con la guía superior, se colocan los tornillos y se aprietan adecuadamente.

Una vez armados los dispositivos se instalan el o los cilindros en línea, apretando la cuerda-cople adecuadamente.

Se revisa que las válvulas del tanque de aire comprimido estén cerradas y que las válvulas reguladoras de presión del recipiente estén completamente cerradas así también, que los manómetros marquen cero.

Posteriormente se procede a abrir las válvulas de línea y de escape de los cilindros. Se abre el tanque de aire comprimido y se verifica que exista presión. Se coloca el recipiente para captar el agua desalojada a través de las válvulas de escape de los cilindros, para desalojar el aire atrapado en la línea.

A continuación se comienza a abrir lentamente la válvula reguladora de presión, verificando el incremento de presión de aproximadamente  $3 \text{ kg/cm}^2$ , para desalojar el aire en su totalidad, un vez desalojado este se procede a cerrar las válvulas de escape.

Se abre la válvula reguladora de presión lentamente verificando el incremento de presión en los manómetros, el cual deberá ser de 5 en 5  $\text{kg/cm}^2$  hasta llegar a  $20 \text{ kg/cm}^2$ . Al alcanzar esta presión se cierra la válvula de la línea del cilindro de prueba.

### *Extracción de corazones de arena asfaltada*

La arena empleada tiene especificaciones similares a las exigidas para la producción de concreto. El material debe ser de tipo cemento asfáltico [50 – 60 de penetración]. Se realizan tomas de muestras con una descorazonadora para determinar mediante una prueba de ensaye la resistencia del espécimen y verificar que su comportamiento satisfaga las especificaciones establecidas.

Los corazones extraídos tienen una longitud de máximo 40 cm. En promedio su longitud es 25 a 30 cm.

### *Pruebas de verificación*

La obtención depende de la mezcladora que se esté empleando, en el caso de ollas revolvedoras la muestra debe tomarse entre el 15% y el 85% de la descarga. Se deben tomar porciones interceptando el flujo en 3 o más intervalos. Para tomar dichas porciones es necesario interceptar el flujo en su totalidad y de ser necesario es posible desviar el mismo.

Se debe proteger la muestra de los rayos solares y del viento. La obtención de las muestras debe ser en un tiempo no mayor a 15 minutos.

Las pruebas de revenimiento y contenido de aire se deben realizar dentro de los 5 minutos después de obtenida la muestra.

### *Revenimiento*

Esta prueba esta diseñada para determinar la fluidez de la mezcla de concreto y el procedimiento a desarrollar se menciona a continuación.

Primero es necesario humedecer el cono, la varilla y la superficie de apoyo donde se realizará la prueba. En seguida se debe llenar el cono en tres capas, siguiendo un patrón aproximado de 7 cm en la primera capa, 8 cm en la segunda y en la tercera llenar hasta rebosar el recipiente.

Durante el llenado se debe varillar la muestra con 25 penetraciones cada una, en la primera se puede realizar en forma de espiral, mientras que para las siguientes capas se debe penetrar 2 cm en la capa anterior.

En la tercera capa se pueden detener las penetraciones entre los números 10 y 20 si se considera que hace falta muestra para llenar el cilindro.

Una vez varillado y enrazado el recipiente con un giro horizontal de la varilla, se deben colocar las manos sobre las asas laterales del cono y colocar los pies firmemente alrededor del mismo. Se procede a levantar el cono verticalmente en un tiempo de  $5 \pm 2$  segundos, sin movimientos laterales o torsionales que puedan afectar a la muestra.

De inmediato se presenta un movimiento de la mezcla y se procede a medir el asentamiento que se presenta a partir de la altura original y en el centro desplazado, teniendo como referencia la altura del recipiente.

El tiempo total de la prueba no debe exceder de 2 minutos para que tenga valides, de lo contrario es necesario repetir la prueba.

El revenimiento se mide con una aproximación de 1 cm en campo y de 0,5 cm en laboratorio.

### *Temperatura*

Para la determinación de la temperatura del concreto se emplea un aparato con las características de aproximación de 0,5 °C, y se introduce a la muestra de concreto fresco el termómetro de tal manera que tenga un espacio de 7,5 cm sin tocar alguna pared, manteniendo introducido el termómetro durante un periodo mínimo de 2 minutos, se saca y se toma la lectura.

### *Contenido de aire*

Como paso inicial se humedece el interior del recipiente medidor y se coloca sobre una superficie plana, firme y nivelada. Se coloca dentro del recipiente la muestra en tres capas iguales, estas capas son compactadas con 25 golpes de la varilla con una distribución uniforme sobre la superficie y se golpea recipiente externamente con el mazo de hule de 10 a 15 veces, es necesario que en la segunda y tercera capa se penetre la capa anterior 2.5 cm. Después de compactar la última capa se remueve el excedente de concreto, enrasando el borde del recipiente de medición con un movimiento a manera de serrucho, la remoción de aproximadamente 3 mm al nivelar la superficie es considerada óptima.

Terminado esto se procede a realizar la obtención del contenido de aire usando un medidor tipo B, se inicia limpiando los bordes del recipiente y de la cubeta y se ensambla el aparato. Se cierra la válvula de aire ante la cámara de aire y el recipiente de medición. A continuación se abren las llaves de desagüe que se encuentran en los hoyos de la cubierta. Se comienza a inyectar agua a través de las llaves de desagüe y se mece suavemente el medidor hasta que salga todo el aire.

Se cierra la válvula de escape de aire de la cámara y se bombea aire en la cámara hasta que el indicador de presión llegue a la línea de presión inicial, se espera a que se estabilice el indicador de presión inicial bombeando, sacado aire o golpeando ligeramente, conforme sea necesario.

Se cierran las dos llaves de desagüe en los hoyos de la cubierta y se abre la válvula de aire entre la cámara de aire y el recipiente de medición.

Por último, se golpea firmemente los lados del recipiente y suavemente el indicador de presión para estabilizar la aguja y tomar la lectura del porcentaje de aire en la muestra.

### *Masa unitaria*

La masa unitaria compactada se determina usando el método de apisonamiento con varilla de punta de bala.

Se vierte el concreto en tres capas varillando cada una con 25 golpes de varilla distribuidos uniformemente a cada capa. Al apisonar la primera capa debe evitarse que la varilla golpee el fondo del recipiente y al apisonar las superiores la varilla no debe pasarse a la inferior. Se enrasa el recipiente y se determina la masa del recipiente lleno.

*Resistencia a la compresión*

La prueba debe realizarse siguiendo el instructivo de operación de la prensa correspondiente y después de cumplir con el tiempo de curado dependiendo de la edad de ensaye [7, 28 y 90 días]. Posteriormente se realiza el cabeceo de los cilindros, que consiste en aplicar una capa de azufre en ambos extremos para garantizar que la superficie de apoyo sea completamente plana y horizontal al momento del ensaye.

Se coloca el espécimen en la máquina y se aplica la carga a una velocidad de 84 a 210 kg/cm<sup>2</sup>/minuto; para cilindros de 15 X 30 cm la velocidad es de 15 a 35 toneladas por minuto.

Una vez probado, se identifica el tipo de falla, carga máxima y se registran los datos.

**PLAN DE INSPECCIÓN Y PRUEBAS**

Material	Pruebas a realizar				
	Tensión y doblez	Estanqueidad	Extracción de corazones	Revenimiento, Temperatura, Contenido de aire y Masa Unitaria	Ensayo de resistencia
<b>Sellos de cobre</b>	Una prueba cada tres secciones, obteniendo 6 probetas	Una prueba cada tres secciones, obteniendo una probeta			
<b>Arena asfáltica</b>			Dos corazones cada dos losas		Pruebas a cada 7, 14, 28 y en algunos casos 90 días
<b>Concreto</b>				En las primeras 5 ollas descargadas, posteriormente 1 cada 5	Pruebas a cada 7, 14, 28 y en algunos casos 90 días



### IV.3 Muestra fotográfica de pruebas y ensayos realizados en el Control de Calidad



Figura 1. Cala volumétrica



Figura 2. Cala volumétrica y equipo



Figura 3. Cala volumétrica



Figura 4. Excavación de la cala



Figura 5. Cala volumétrica gigante



Figura 6. Prueba de revenimiento



Figura 5. Cala volumétrica gigante



Figura 6. Prueba de revenimiento





Figura 7. Criba gigante

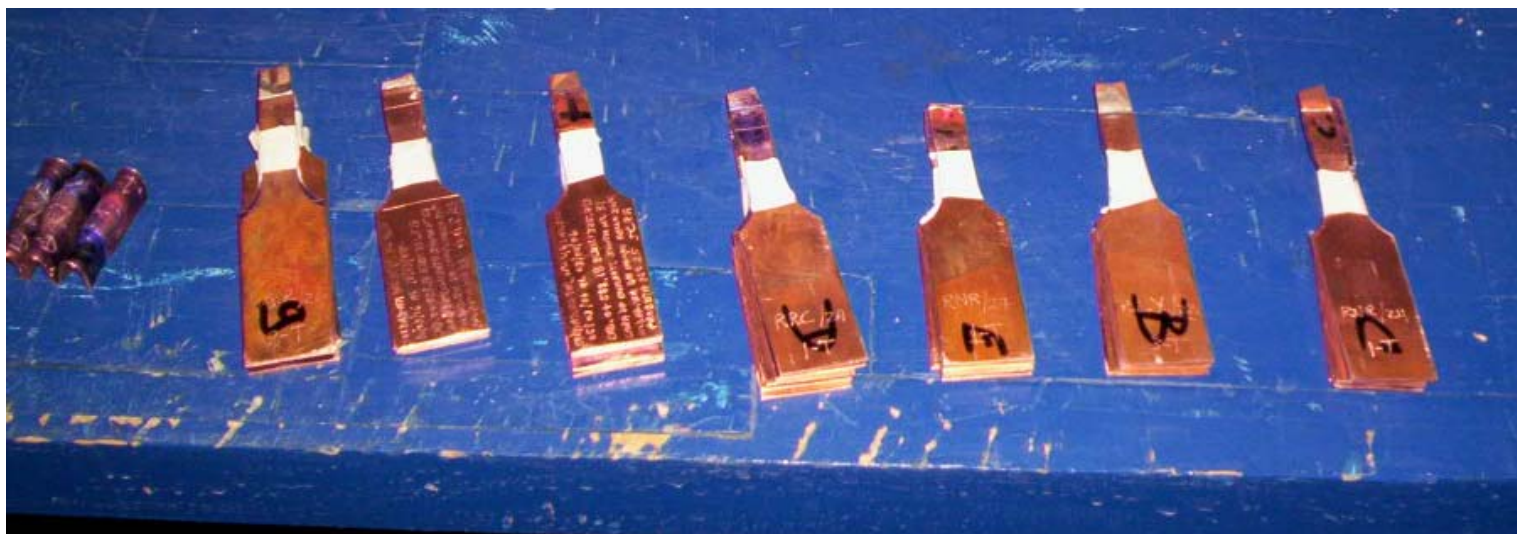


Figura 8. Probetas de tensión y dobléz



Figura 9. Equipo para tensión y doblé



Figura 10. Equipo para estanqueidad



Figura 11. Pruebas al concreto

Capítulo V:

Conclusiones y  
Comentarios

En la actualidad, la energía hidráulica ha ido perdiendo peso a nivel mundial, con una reducción aproximada del 57% en el período 1960-2003.

Esta pérdida de peso se produce principalmente en los países industrializados por la saturación en el aprovechamiento del potencial hidráulico más favorable, los altos costos de las obras, las expropiaciones, los problemas sociales y ambientales por la ocupación de los valles y el mantenimiento de los caudales ecológicos.

Sin embargo, en otras grandes zonas de la Tierra, este recurso está utilizado en pequeña medida [América Latina, Asia y África], y su potencial podría generar la mayor parte de la electricidad que utiliza el mundo. Aquí los ingenieros civiles tenemos un gran reto, construir con calidad para vivir mejor.

En México, la CFE cumple estrictamente su objetivo básico para el que fue creada: organizar y dirigir el desarrollo nacional de los sistemas de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, con base en principios técnicos y económicos orientados a servir los intereses públicos. Y actualmente exige en sus contratos de obra, Control de Calidad.

En nuestro país no existe información difundida sobre el Control de Calidad en la operación y manejo de obras de ingeniería civil. Esta información constituye un acervo valioso para las empresas, tan importante que se convierte en una pieza clave para ganar licitaciones.

Ingenieros Civiles Asociados (ICA) es una empresa pionera que día con día avanza en sus métodos y procedimientos, en su beneficio y en el de la construcción de obras de calidad en nuestro país. En este caso específico siendo parte del consorcio enriquece a Constructora de Infraestructura Internacional, S. A de C. V., con su experiencia técnica y humana, que se hace patente en el gran desempeño que ha tenido la constructora, al adelantar la entrega de obra y su puesta en marcha en fechas anticipadas a lo planeado inicialmente.

Que la importancia de las actividades de Control de Calidad y Supervisión de las obras se haga patente para la optimización de los recursos con una mayor eficiencia y eficacia.

*“Control de calidad en el Proyecto Hidroeléctrico El Cajón, Nayarit; Caso de estudio:  
Cortina”*

La realización de esta investigación técnica y de campo, requirió del empleo de las herramientas adquiridas durante la carrera, en un tema de interés y de aplicación para la misma, que de entrada parece extraño por el título pero que sin embargo, al estudiarlo y profundizar en el mismo se puede apreciar que las tareas realizadas dentro del Control de Calidad de las Obras, son realizadas por Ingenieros Civiles ya que todas ellas son de la competencia fundamental en nuestra formación y en la construcción de las obras.

Con ello deseo cumplir el requisito y compromiso con una extraordinaria institución: la Facultad de Ingeniería y con mi Alma Mater la Universidad Nacional Autónoma de México.

## BIBLIOGRAFÍA

- ⊕ Instrumentación Hidrometeorológica de la Cuenca del Río Santiago para el P.H. El Cajón, Nayarit. CFE. 2002
- ⊕ Informe geológico en la etapa de preconstrucción para el Proyecto Hidroeléctrico El Cajón, Nay. CFE. 1995
- ⊕ Manual de Operaciones de la Coordinación de Control de Calidad. CIISA.
- ⊕ Especificaciones de Construcción de Obra Civil. CIISA.
- ⊕ ROZAS, P. *Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: revisión conceptual*. Octubre de 2004.
- ⊕ “LX Aniversario de la CFE, Seis décadas de realizaciones”; Revista: *CONEXIÓN*; México D. F. 1997
- ⊕ “Los 109 Proyectos Nacionales de Infraestructura Estratégica propuestos por el CICM”; Revista: *IC Ingeniería Civil*, Número 444, abril de 2006; México D. F.
- ⊕ BESTERFIELD, D. *Quality Control*, Pearson/Prentice Hall, 7ª ed, EUA 2004.
- ⊕ Secretaría de Energía, *Prospectiva Sector Eléctrico 2003-2012*;
- ⊕ [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx)
- ⊕ [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)
- ⊕ [www.iea.org](http://www.iea.org)