



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

ADMINISTRACION DEL SISTEMA DE CALIDAD EN LA
CONSTRUCCION DE LA 2da. ETAPA DE LA CENTRAL
HIDROELECTRICA ING. MANUEL MORENO TORRES
"CHICOASEN" APLICADA A LA OBRA CIVIL.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A :

FEDERICO GUSTAVO SANDOVAL DUECK



DIRECTOR: ING. LUIS ZARATE ROCHA

MEXICO, D. F.

MAYO 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 VICERRECTORÍA GENERAL
 ADMINISTRACIÓN ESCOLAR

FACULTAD DE INGENIERÍA
 DIRECCIÓN
 FING/DCTG/SEAC/UTIT/090/03

Señor
 FEDERICO GUSTAVO SANDOVAL DUECK
 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.

ADMINISTRACION DEL SISTEMA DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCION DE LA 2a. ETAPA DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA ING. MANUEL MORENO TORRES "CHICOASEN" APLICADA A LA OBRA CIVIL.

- INTRODUCCION
- I ANTECEDENTES
- II DESCRIPCION DEL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD
- III PRODUCCION DE CONCRETO
- IV PROGRAMA DE EJECUCION
- V ANALISIS DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

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. Universitario a 28 Septiembre 2003.
 EL DIRECTOR

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

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Federico Gustavo Sandoval Dueck

FECHA: 30 Abril 2004

FIRMA: P.A.

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

- A Dios: Gracias por brindarme salud y haberme permitido vivir...
“Mira que te mando que te esfuerces y seas muy valiente;
No temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en donde quiera que vayas”.
- Josué 1:9
- A mis Padres: Les agradezco su apoyo y cariño, así como alentarme para llegar a esta etapa. Que Dios los bendiga.
-No es el final, sino el inicio de otra etapa más, en la cual espero que Dios y mis Padres siempre estén conmigo.
Para que mis hechos hablen, lo que mi silencio de hoy calla.-
- A mi Hermano: Que la excelente convivencia y la sana competencia que nos une, siempre sea un aliento para que seas mejor que yo.
- A mi Esposa: Nena que el amor y cariño que nos une, permanezca para Siempre, Te amo.
- A mis Hijos: Fede E. y los que vienen en camino; que siempre estén orgullosos de su padre.
- A mi Familia: Por el gran cariño que les tengo.
For the big love that I have for you.
- A mi Cuñada: Por hacer feliz a mi hermano.
- A mis Suegros: Gracias, por su cariño y apoyo.
- A mis Amigos: Alejandra, Antonio, Arely, Claudia, Clemente, Efrén, Gerardo, Gina, Juan Pablo, Lorelle, Luis, Noemí, Scott, Víctor, Fam. Dabaghi, Fam. Casas, Fam. Moedano, Fam. Palacios, Gracias por brindarme su amistad y entusiasmo.
- A los Hermanos Maristas; Por la formación que me brindaron.
- A la UNAM: Por ofrecerme la oportunidad de pertenecer a ella. Por sus agradables estancias y por sus valiosos catedráticos.
- A mis Profesores: Por sus conocimientos y experiencias; sobretodo por el empeño diario y el Don de enseñar.
- Al Ing. Luis Zárate R. Por brindarme la oportunidad de desarrollar este trabajo.

Al. Ing. José F. Chavarría S.: Por la guía durante toda la carrera y la culminación de este trabajo. Muchas Gracias.

A mis Sinodales; Por permitirme formar parte de este gremio.

A la México Compañía Constructora, S.A. de C.V. Por permitirme aprender la práctica de la realidad.

Al. Ing. Julio Larrea M. Por brindarme la gran oportunidad de aprender y crecer.

Al. Ing. Héctor R. Huerta A. Por tus consejos y dirección, gracias por ser mi hermano mayor.

A mis Compañeros y Amigos: Carolina, Eduardo, Fernando L., Fernando V., Héctor, Manuel, Moctezuma, Olivia, Schme; por la convivencia y conocimientos que me brindaron.

For the angel that God let me meet,

Mom this is for you!

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	IV
I. ANTECEDENTES	001
I.1 <u>Localización.</u>	001
I.2 <u>Descripción de la Central Hidroeléctrica.</u>	002
I.2.1 Generalidades del Proyecto.	004
I.2.2 Geología de la Zona.	005
I.2.3 Bancos de Materiales.	006
I.3 <u>Proyecto de la Primera Etapa.</u>	006
I.3.1 Cortina.	006
I.3.2 Obra de Desvío.	008
I.3.3 Obra de Excedencias.	008
I.3.4 Desagüe Intermedio.	009
I.3.5 Planta Hidroeléctrica.	009
I.4 <u>Alcances de la Segunda Etapa.</u>	013
1.4.1 Levantamiento Topográfico.	013
1.4.2 Casa de Máquinas.	014
1.4.3 Galería de Transformadores.	014
1.4.4 Galería de Oscilación.	014
1.4.5 Túnel de Desfogue # 1.	015
1.4.6 Ataguía de Protección en Portal del Túnel de Descarga.	015
1.4.7 Plataforma de Lumbreras de Cables.	015
1.4.8 Subestación Eléctrica.	016
1.4.9 Edificios Auxiliares.	016
1.4.10 Obra de Toma.	016
II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	017
II.1 <u>Manual de Calidad para la Obra Civil.</u>	017
II.1.0 Definiciones Aplicables.	018
II.1.1 Responsabilidad de la Dirección.	019
II.1.2 Sistema de Calidad.	022
II.1.3 Revisión del Contrato.	024
II.1.4 Control del Diseño.	024
II.1.5 Control de Documentos y Datos.	024
II.1.6 Compras.	026
II.1.7 Control de Productos Proporcionados por el Cliente.	027
II.1.8 Identificación y Rastreabilidad del Producto.	027
II.1.9 Control del Proceso.	027
II.1.10 Inspección y Pruebas.	030

II.1.11	Control de Equipo de Inspección, Medición y Pruebas.	032
II.1.12	Estados de Inspección y Pruebas.	032
II.1.13	Control del Producto No Conforme.	032
II.1.14	Acción Correctiva y Preventiva.	033
II.1.15	Manejo, Almacenamiento, Empaque, Conservación y Entrega.	034
II.1.16	Registros de Calidad.	034
II.1.17	Auditorías Internas de Calidad.	034
II.1.18	Capacitación.	035
II.1.19	Servicios.	035
II.1.20	Técnicas Estadísticas.	035
II.2	<u>Administración y Aplicación del Sistema de Calidad para la Obra.</u>	036
II.2.1	Procedimientos Relacionados para la Implementación del Sistema de Calidad.	036
II.2.2	Procedimientos Elaborados por la Aplicación del Sistema de Calidad en la Obra.	039
II.3	<u>Aplicación del Sistema Ambiental para la Obra.</u>	047
II.3.1	Implementación.	048
II.3.2	Actividades Realizadas del Sistema de Administración Ambiental.	054
III.	PRODUCCIÓN DE CONCRETO	062
III.1	<u>Estrategia de la Producción del Concreto.</u>	062
III.1.1	Actividades y Responsabilidades.	062
III.1.2	Dosificación de Mezclas.	063
III.1.3	Control de Calidad.	063
III.1.4	Materiales.	064
III.1.5	Equipo para la Producción de Concreto.	066
III.1.6	Elaboración del Concreto.	067
III.1.7	Transporte del Concreto.	068
III.1.8	Colocación del Concreto.	068
III.2	<u>Producción de Agregados en la Clasificadora.</u>	068
III.3	<u>Producción de Hielo.</u>	069
III.4	<u>Logística previa a la Producción de Concreto.</u>	069
III.5	<u>Producción de Concreto en la Dosificadora.</u>	070
III.5.1	Continuidad en la Producción de Concreto.	076
III.2	<u>Laboratorio de Concreto.</u>	079
III.2.1	Operatividad del Laboratorio.	079
III.2.2	Pruebas.	087
IV.	PROGRAMA DE EJECUCIÓN	103
IV.1	<u>Programa de Obra y Ruta Crítica.</u>	103
IV.2	<u>Producción Calendarizada.</u>	103

V.	ANÁLISIS DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	112
V.1	<u>Casa de Máquinas.</u>	112
V.1.1	Limpieza Previa en la Casa de Máquinas.	112
V.1.2	Protección en la Casa de Máquinas.	112
V.1.3	Galería de Drenaje.	114
V.1.4	Colado del Caracol.	117
V.1.5	Colado del Manguito.	126
V.1.6	Colados del Nivel 202 al Nivel 211.	128
V.1.7	Colados del Nivel 211 al Nivel 221.30 (Trabe Carril).	132
V.2	<u>Fosos y Túneles de Aspiración.</u>	133
V.2.1	Colado del Cono de Aspiración del Difusor.	133
V.2.2	Foso Difusor.	134
V.3	<u>Galería de Oscilación.</u>	139
V.3.1	Limpieza.	139
V.3.2	Trabajos Previos.	139
V.3.3	Aguas Arriba "A/A" (Muro, Pilas Narices y Plataforma de Operación).	139
V.3.4	Tímpano.	141
V.3.5	Aguas Abajo "a/a".	143
V.3.6	Losa del Piso.	144
V.4	<u>Túnel de Desfogue # 1.</u>	145
V.4.1	Preliminares.	145
V.4.2	Formación de la Rampa en el Interior del Túnel hasta el Tapón de Concreto y la Demolición de éste.	145
V.4.3	Excavación del Túnel de Desfogue # 1.	148
V.4.4	Colocación del Concreto.	159
V.5	<u>Túneles de Barras.</u>	165
V.5.1	Secuencia de los Colados en los Túneles de Barras.	165
V.6	<u>Galería de Transformadores.</u>	168
V.6.1	Excavación.	168
V.6.2	Colados de Muros, Bóveda y Pisos.	173
V.7	<u>Lumbreras de Cables.</u>	177
V.7.1	Información Preliminar.	177
V.7.2	Trabajos en Adicionales en la Lumbrera de la U7.	179
V.7.3	Fabricación y Montaje del Molde (Cimbra Deslizante).	181
V.7.4	Trabajos para Fabricación y Colocación del Concreto en el Sitio.	182
	CONCLUSIONES	186
	BIBLIOGRAFÍA	189

INTRODUCCIÓN

En la actualidad cualquier organización debería considerar la INVERSIÓN del diseño e implementación de un Sistema de Calidad debiendo considerarla una inversión a mediano plazo. Algunas empresas que consideran este costo son principalmente manufactureras de materiales, productos y servicios.

El presente trabajo, describe el diseño, implementación y buena administración de un Sistema de Calidad enfocado a una de las obras de mayor importancia en nuestros tiempos y que una empresa constructora dedicada a Obras Civiles de Gran Infraestructura ejecutó. Hoy en día este tipo de compañías comienzan a tener la necesidad de invertir en un sistema de calidad por dos principales razones: la primera porque el cliente así lo exige y la segunda por la necesidad de ser más competitivo; sin embargo este proceso es muy lento por la cultura e idiosincrasia que se tiene en el país pero no así imposible, gracias al deseo de la Alta Dirección de que la industria de la construcción siga siendo negocio, fue necesaria la labor de convencimiento hacia todo el personal bajo su cargo de dar a conocer las ventajas que se tienen optimizando el Sistema de Calidad.

Como se describirá en los siguientes capítulos, la Alta Dirección es el inicio para el diseño del Sistema de Calidad, una vez que se convenza de las ventajas que se tienen al asegurar con calidad cada uno de sus procesos y el incremento de clientes satisfechos de nivel mundial que surgirán, la inversión se recuperará a corto plazo y solo dependerá de una buena administración y actualización del sistema para continuar con los siguientes pasos: “La Mejora Continúa” y Mantenerse, como una Empresa Competitiva.

El objetivo del Diseño, Implementación y Administración de un Sistema de Calidad en la Construcción de la 2ª Etapa de la Central Hidroeléctrica Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén”, es asegurar la calidad de los trabajos de la obra civil, de una manera sistemática y ordenada, involucrando directamente los procedimientos, descritos necesarios y requeridos para lograr la construcción de dicha Etapa y la satisfacción del cliente; esta metodología se basa en la norma internacional, ISO 9000-1994, sin embargo una vez que se tiene la buena administración del sistema, será fácil realizar la interfase para la actualización del sistema, cuando así se requiera.

La metodología de la administración de un sistema de calidad, no siempre asegura el éxito de una empresa, ni pretende ser el remedio de todos los problemas en una empresa. La metodología significa dejar de trabajar de la manera tradicional, para dar paso a la modernización que significa trabajar eficientemente y reduciendo errores.

Básicamente los objetivos primordiales en la Administración del Sistema de Calidad son:

- Responder rápidamente a la demanda y competencia que se tiene actualmente en el mercado de la construcción.

- La disposición de las personas involucradas, siendo más preparadas para reaccionar a cualquier cambio que se presente, en cuanto clientes y proyectos distintos, que en la Industria de la Construcción suceden continuamente.
- Incrementar clientes “satisfechos” eficientando las actividades de los procesos constructivos.

Para poder lograr lo anterior, se requieren estudiar todos los aspectos que intervienen en un sistema de calidad, así como el dominio de la norma bajo el cual se diseña, implementa y administra.

I. ANTECEDENTES

I.1 Localización.

La Central Hidroeléctrica Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén”, se encuentra a 43 Km al Norte de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Capital del Estado de Chiapas. (Fig. 1.1.1).

Las coordenadas geográficas del Sitio son:

Longitud Oeste $93^{\circ} 5,9''$.

Longitud Norte $16^{\circ} 36,5''$.

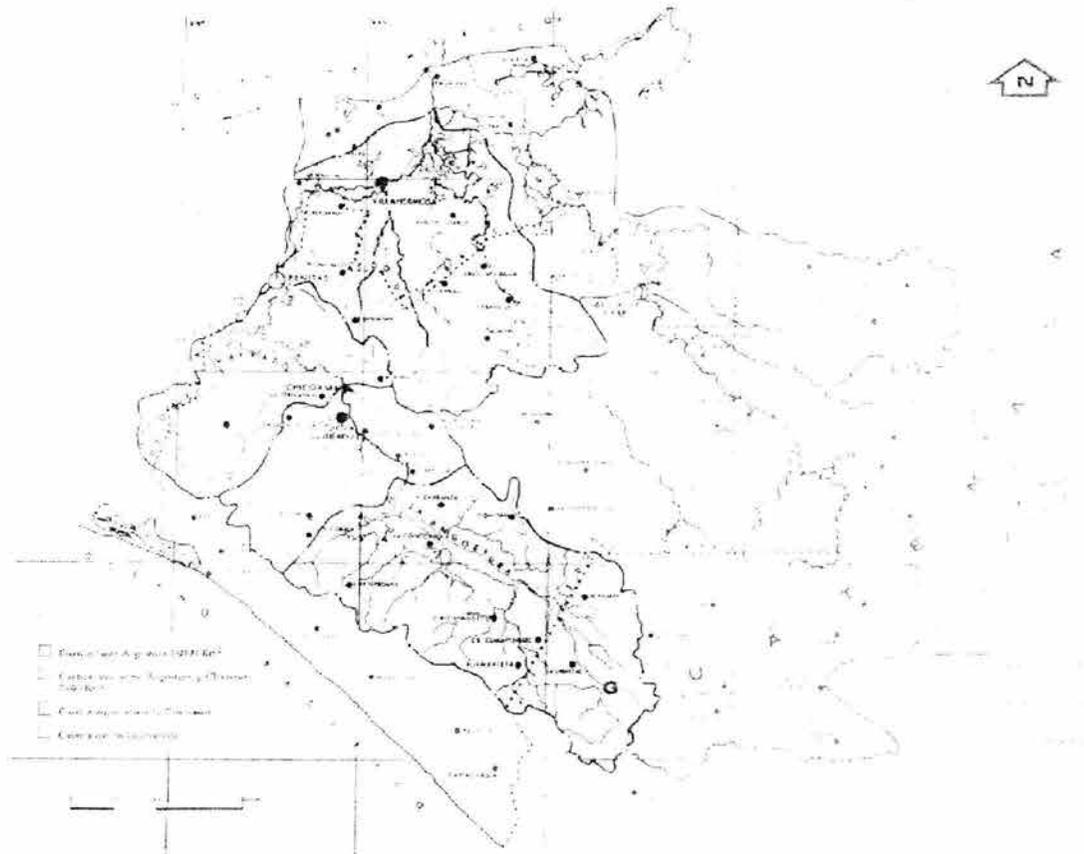
El acceso principal es por la carretera N° 102 que va desde la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez hasta el Sitio donde se ubica la obra.



Fig. 1.1.1 Localización del Proyecto.

I.2 Descripción de la Central Hidroeléctrica.

La cuenca Grijalva - Usumacinta, localizada en el Sureste de la República Mexicana, aporta el 30 % de los recursos hidráulicos del país y cubre un área de 131,157 Km², de los cuales 52,600 Km², corresponden al Río Grijalva. (Fig. 1.1.2). La Comisión Federal de Electricidad inició desde el año de 1958 los estudios en la cuenca para determinar su potencialidad hidroeléctrica y realizar el Plan Integral del Río Grijalva.



Cuenca Grijalva -
Usumacinta

Fig. 1.1.2 Cuenca Grijalva - Usumacinta.

La Central Hidroeléctrica Ing. Manuel Moreno Torres "Chicoasén", se sitúa sobre el Río Grijalva en el Estado de Chiapas, forma parte del sistema de aprovechamiento hidráulico de este río y está ubicada en el segundo lugar del sistema, de aguas arriba hacia la desembocadura.

Actualmente el Plan Integral del Río Grijalva lo constituyen cuatro (4) Centrales Hidroeléctricas: Belisario Domínguez (La Angostura) 1969, Ing. Manuel Moreno Torres (Chicoasén) 1974, Malpaso 1964 y por último Peñitas 1981. (Fig. 1.1.3).

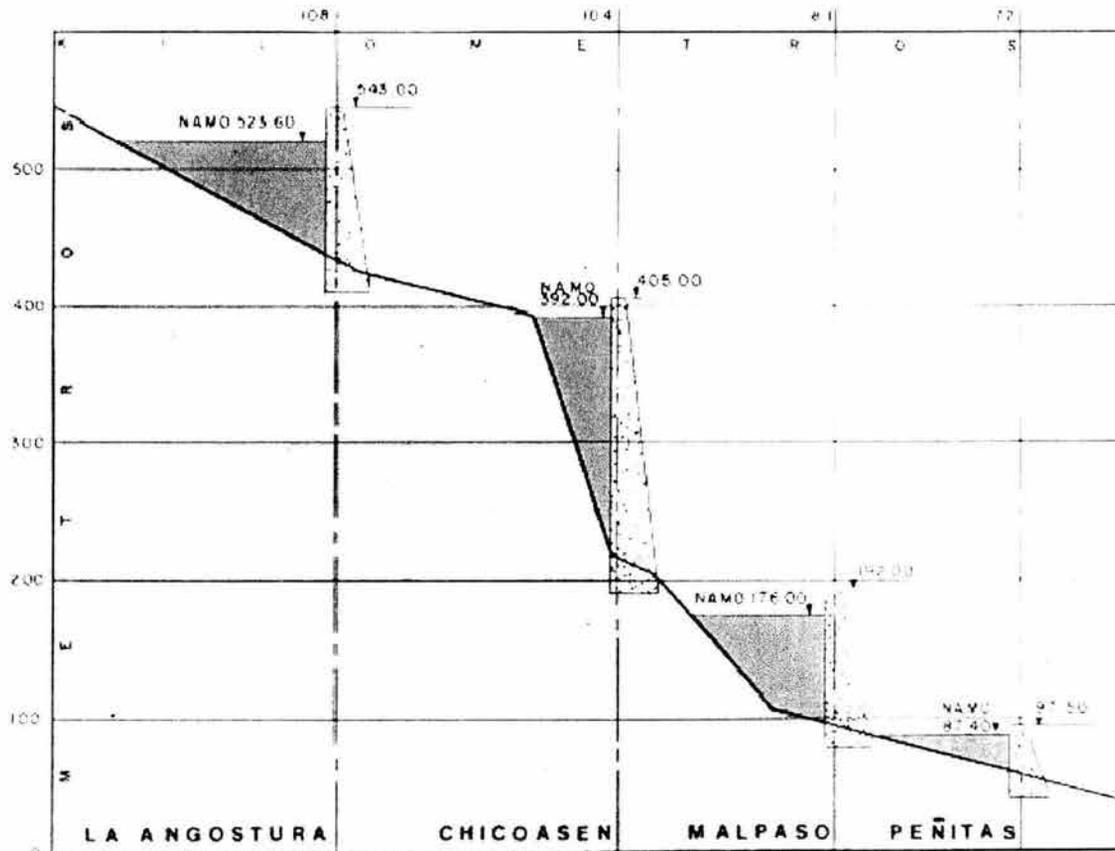


Fig. 1.1.3 Plan Integral del Río Grijalva

La Comisión Federal de Electricidad inició en diciembre de 1974, para cubrir la demanda de energía de picos en el Sistema Interconectado Nacional, la construcción de la Central Hidroeléctrica Ing. Manuel Moreno Torres (Chicoasén), cuya cortina tipo enrocamiento tiene una altura de 245 m, siendo por sus características, la cortina más alta de las construidas en América Latina. La Casa de Máquinas subterránea, en su primera etapa aloja cinco unidades (en operación) las cuales están formadas por turbinas Francis de eje vertical de 318 MW de potencia y Generadores de 315,790 KVA de capacidad. La segunda etapa estará constituida por otras tres unidades similares a las de la 1ª Etapa y que serán las (6, 7 y 8).

La 2ª Etapa de la central hidroeléctrica se destinará principalmente a cubrir la demanda de energía de picos en el Sistema Interconectado Nacional.

I.2.1 Generalidades del Proyecto.

El Proyecto de 2ª Etapa lo constituye las obras complementarias y el equipamiento para las tres unidades nuevas: 6, 7 y 8 de casa de máquinas subterránea. El Proyecto original está constituido por el conjunto de ocho unidades de generación, en la primera etapa se realizaron los trabajos completos para dar funcionamiento a las ocho unidades como lo son: Cortina, Obra de Toma, Obra de Excedencias, Tubería a Presión. (Fig. 1.1.4 y 1.1.5).

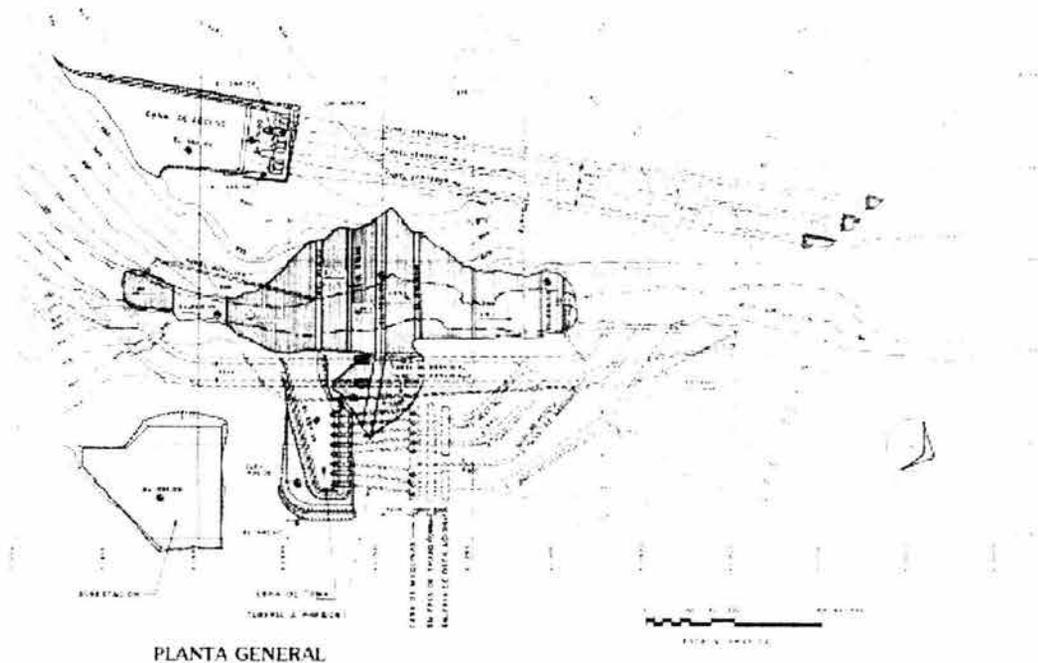


Fig. 1.1.4 Planta General de la Central Hidroeléctrica Ing. Manuel Moreno Torres "Chicoasén".

Además se realizaron los trabajos completos para las cinco unidades en operación como son la Casa de Máquinas, Galería de Transformadores, Galería de Oscilación, Túneles de Desfogue 2 y 3 y la Subestación.

Y finalmente trabajos parciales para las unidades 6, 7 y 8 como son las excavaciones de Casa de Máquinas, Galería de Transformadores, Galería de Oscilación y el Desfogue # 1.

La Casa de Máquinas está localizada en la margen derecha, se alimenta por medio de un canal de llamada para ocho bocatomas en rampa. De éstas, actualmente están operando cinco, su entrada está protegida por rejillas, una compuerta de servicio y una de emergencia.

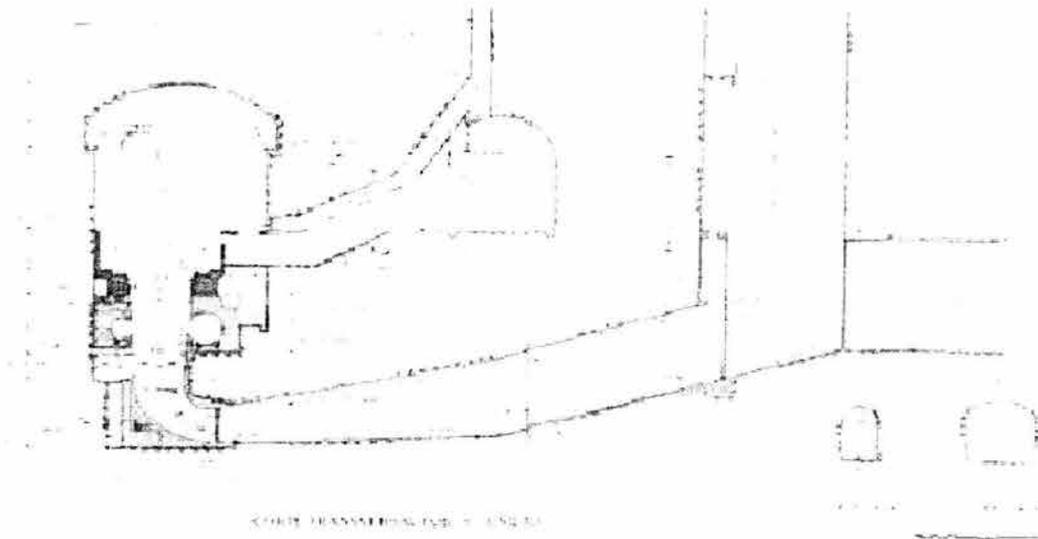


Fig. 1.1.5 Corte Transversal de la Central Hidroeléctrica Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén”.

Las conducciones a presión tienen una inclinación de 52° respecto a la horizontal, están revestidas de concreto y tienen un encamisado de acero de 6.20 m de diámetro, el cual al entrar al caracol de la turbina se reduce a 5.50 y 4.78 m. La caverna que aloja la Casa de Máquinas tiene dimensiones de 199 m de longitud por 20.35 m de ancho y una altura de 44.45 m. El acceso a la Casa de Máquinas es a través de un túnel de 800 m de longitud.

La energía eléctrica generada en esta central se transmite a través de diez líneas, seis de ellas a 400 KV hacia Veracruz y al centro del país, con enlace de la C. H. La Angostura y a la C. H. Malpaso. A 115 KV se tienen cuatro líneas, dos hacia Tuxtla Gutiérrez, una a San Cristóbal de las Casas y otra como enlace a la C. H. Bombaná.

I.2.2 Geología de la Zona.

La geología del Sitio de la Central Hidroeléctrica Ing. Manuel Moreno Torres (Chicoasén) la constituyen formaciones de caliza. Estas son de dos tipos: una interestratificada con capas arcillosas y la otra es roca masiva. Tres sistemas locales de vallas subverticales cruzan el sitio, las dos primeras se intersecan entre sí, formando un ángulo de 80° aproximadamente, en tanto que la tercera corre paralela al río. A nivel regional, el bloque geológico sobre el que se encuentra el Sitio está limitado al Norte por la falla normal Chicoasén, a 500 m aguas abajo de la presa; al Sur por la falla inversa Muñiz, a 5 Km aguas arriba del eje de la cortina.

I.2.3 Bancos de Materiales.

Para la obtención de gravas, se explota la pedrera N° 1 localizada en la margen izquierda, a la altura de la descarga de vertedores, triturando y clasificando el material para obtener los materiales necesarios.

La arena, se obtiene de los bancos de material existentes en las riberas del Río Santo Domingo, localizados en el municipio de Chiapa de Corzo, en el camino a la C. H. Belisario Domínguez (Angostura), aproximadamente a 66 Km del proyecto. Estos bancos son privados y se explotan comercialmente.

Se cuenta con un estudio realizado por la Gerencia de Ingeniería Experimental y Control (GIEC), el cual define la capacidad de las arenas empleadas en los concretos del proyecto, pruebas y definición de mezclas, son realizadas por el contratista en su laboratorio de campo.

I.3 Proyecto de la Primera Etapa.

I.3.1 Cortina.

Para el diseño de la cortina se analizaron dos alternativas: En la primera se proponía una presa de concreto tipo arco-bóveda, y en la segunda un terraplén de materiales graduados. Se optó por esta última alternativa debido a la presencia de una falla geológica importante muy próxima al sitio de la cortina (falla Chicoasén) y la posibilidad de que se presentaran movimientos diferenciales entre los empotramientos como resultado de la acción de un sismo intenso. La sección de la cortina constituida por material de enrocamiento se definió con un núcleo central flexible, impermeable, protegido con filtros, transiciones y respaldos amplios, que resultara resistente a sismos y con capacidad para absorber desplazamientos que pudieran tener lugar en las fallas secundarias de la boquilla en caso de que ocurriera algún movimiento importante en la falla Chicoasén.

La cortina tiene una altura máxima de 262 m a partir del punto más bajo de su cimentación; los depósitos del río en un espesor aproximado de 52 m fueron removidos, desplantándose la cortina a la elevación 140 msnm. Los taludes exteriores son de 2:1, aguas abajo y de 2.1:1, aguas arriba. El núcleo central es simétrico; tiene aproximadamente 110 m de ancho en la base y 15 en la corona, con un bordo libre de 7 m.

Dentro del cuerpo de la cortina quedaron integradas las ataguías construidas para el desvío del río, que tienen 61 m de altura la de aguas arriba y 26 m la de aguas abajo; se construyó en cada una de ellas una pantalla impermeable flexible de 60 cm de ancho con bentonita y cemento a través de la parte superior de los depósitos del río, la cual se prolongó por medio de inyecciones de cemento y aditivos hasta el contacto con la roca de cimentación.

El volumen total de la cortina se estima del orden de 15 millones de m³. La corona tiene una longitud total de 584 m de los cuales 300 corresponden al ancho del cañón y el resto a una discontinuidad topográfica muy marcada de la margen derecha.

Se desarrolló un tratamiento intensivo de la cimentación a base de una pantalla de inyecciones y drenajes adecuados, así como rellenos de concreto para homogeneizar espesores, superficies, etc.

Los materiales que forman el enrocamiento de la cortina se seleccionaron de tal manera que sean lo menos compresibles posible.

Para la construcción del corazón impermeable, 2.1 millones de m³ en volumen (material 1), se colocó en la parte inferior en contacto con la roca de cimentación un conglomerado arcilloso que se compactó en capas de 30 cm con equipo vibratorio. A continuación se construyó el resto del corazón con lutita intemperizada que contiene fragmentos finos plásticos del orden del 20 %, cuyo manejo y procedimiento de compactación fue experimentado y definido en los terraplenes de prueba. Los filtros fueron construidos a base de grava-arena proveniente de los depósitos del río (material 2), con tamaño máximo de 5 cm colocado en capas de 30 cm compactándose con rodillo vibratorio de 13 ton.

El material de transición fue obtenido de la rezaga de las excavaciones de las obras (material 3), procesado en tamaños máximos de 15 cm y compactado en capas de 30 cm con rodillo vibratorio de 13 ton.

Los respaldos de enrocamiento compactado (material 4), están formados por fragmentos de caliza provenientes de las excavaciones de la obra de excedencias, de la obra de toma y de la Casa de Máquinas; los que no satisficieron las especificaciones se trituraron hasta tamaños máximos de 30 cm y todo se compactó en capas de 50 cm de espesor con rodillo vibratorio de 13 ton, humedeciéndose con riego de agua durante su colocación y compactación.

Los respaldos de protección (material 5) son a base de enrocamiento con tamaño máximo de 60 cm acomodado con tractor.

La protección contra el oleaje se construyó a base de enrocamiento de gran tamaño con fragmentos de peso mínimo de 1 ton (material 6). Se determinaron las propiedades mecánicas del enrocamiento mediante la práctica de pruebas de compresión unidimensional y triaxiales en especímenes de gran tamaño.

Con el objeto de analizar la estabilidad de taludes de la cortina, se emplearon métodos bidimensionales basados en criterios de falla convencionales a lo largo de superficies circulares y cuñas de deslizamiento, aplicando coeficientes sísmicos hasta de 0.15 g.

Los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante, necesarios para mantener la estabilidad de los taludes, se han comparado con los resultados obtenidos en pruebas de laboratorio sobre los materiales compactados usados en la construcción de la cortina.

Por último, para poder conocer el comportamiento de la cortina y de las dos ataguías durante las etapas de construcción y operación del embalse, se previó un amplio programa de instrumentación a base de inclinómetros, extensómetros lineales,

celdas para medición de presión, piezómetros neumáticos, medidores hidráulicos de asentamientos y bancos superficiales para nivelación y colimación.

Los datos producidos por las mediciones se han comparado con los esfuerzos y deformaciones teóricas resultantes del análisis por el método de elementos finitos. Este estudio también ha sido empleado para revisar la estabilidad general de la estructura.

I.3.2 Obra de Desvío.

El desvío del río se realizó en condiciones muy favorables, ya que los trabajos se iniciaron después de haberse interrumpido el flujo en el Río Grijalva al cerrarse el embalse de La Angostura. Esta circunstancia originó que los caudales del río en el sitio Chicoasén fuesen inferiores a $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dado el reducido caudal del río después del cierre de La Angostura, fue posible desviarlo para librar la zona de construcción de la ataguía de aguas arriba mediante la excavación de un túnel auxiliar de 343 m de longitud de sección portal sin revestir, de 7 m de ancho y 6 m de altura, excavado en la margen izquierda, lo que permitió iniciar los trabajos de construcción de la ataguía de aguas arriba, de mayor altura y volumen que la de aguas abajo.

La obra de desvío para manejar la avenida de diseño de $4\,500 \text{ m}^3/\text{s}$, consta de dos túneles excavados en la margen derecha, de sección portal sin revestir, de 13 m de ancho y 13 m de altura. Cada túnel cuenta con una estructura de entrada para facilitar las operaciones de control. Se previó una estructura para el cierre final en los Túneles 1 y 2, la cual quedó integrada al tapón del cierre definitivo. Los tapones son del tipo aligerado, localizándose aproximadamente a la mitad de la longitud de los túneles. Las ataguías de materiales graduados forman parte de la cortina. Para el cierre final se usó una compuerta de $7,00 \times 13,00 \text{ m}$ diseñada para poder soportar una presión hidrostática de 170 m ($17 \text{ Kg}/\text{cm}^2$). La compuerta pesó 200 Ton y está dividida en 4 secciones.

I.3.3 Obra de Excedencias.

Considerando la avenida de diseño de $17\,400 \text{ m}^3/\text{s}$, así como las características de la cortina y las condiciones topográficas y geológicas del sitio, se estudiaron diferentes alternativas para la obra de excedencias.

La solución adoptada consiste básicamente de tres vertedores en túnel alojados en la margen izquierda controlados por compuertas radiales.

El acceso del agua a los vertedores se efectúa a través de un canal excavado a cielo abierto, de ancho variable, con un mínimo de 140 m en la zona cercana a la estructura de control; tiene 350 m de longitud por su eje y un ancho promedio de 170 m. El volumen total excavado fue de 2 millones de m^3 aproximadamente.

Cada uno de los vertedores tiene tres compuertas radiales de 8,40 m de claro por 19 m de altura; los empujes hidrostáticos sobre ellas se transmiten directamente a la roca.

La cresta del cimacio, tipo Creager, se fijó a una elevación de 373 m y permite evacuar un gasto de 15 000 m³/s (5 000 m³/s por túnel), bajo una carga máxima de 22 m.

La transición entre la estructura de control y el túnel de descarga está constituida por secciones tipo portal que varían paulatinamente hasta llegar a la sección circular. La longitud de la transición es de 180 m. Los túneles de descarga se excavaron en 17 m de diámetro y se revistieron de concreto a 15 m; la longitud aproximada de cada uno es de 900 m con una pendiente uniforme de 0,0322. La relación del tirante al diámetro considerada es de $d/D = 0,75$, con una velocidad máxima admisible de 38 m/s.

La estructura terminal, localizada en el portal de salida de cada túnel, está constituida por una cubeta de lanzamiento (salto de esquí). Con objeto de observar detalladamente el comportamiento de las diferentes estructuras que componen a los vertedores bajo diversas condiciones de funcionamiento, se construyeron modelos hidráulicos.

I.3.4 Desagüe Intermedio.

El desagüe intermedio es una obra formada por un túnel de 6,50 m de diámetro, revestido de concreto, con una longitud de 1 100 m, controlado por una compuerta de 6,50 x 6,50 m.

Su entrada se localiza a la elevación 315,00 m y tiene una pendiente de 0.01 y 0.065, lo que permite hacer extracciones hasta de 800 m³/s con nivel máximo a la elev. 373,00 (cimacio del vertedor).

El objeto de esta obra fue permitir el control en el llenado del vaso, evitando que, en caso de que llenado fuera muy rápido, se presentaran asentamientos o movimientos no previstos en la cortina. A pesar de que el llenado fue más rápido de lo previsto (menos de 3 meses) no se usó el desagüe intermedio ya que no se presentaron movimientos indeseables. Los aparatos instalados en la cortina detectaron movimientos menores que los esperados.

El cierre final se hizo el 1° de mayo de 1980 y el 26 de julio del mismo año entró en operación la primera unidad.

I.3.5 Planta Hidroeléctrica.

La planta hidroeléctrica, localizada en la margen derecha, consta de Obra de Toma, Conducción a Presión, Casa de Máquinas Subterránea, Galería de Transformadores, Galería de Oscilación, Túneles de Desfogue y la Subestación Eléctrica.

I.3.5.1 Obra de Toma.

La obra de toma se encuentra ubicada a 182 m aguas arriba de la Casa de Máquinas y a 112 m del eje de la cortina. Consiste de un canal de acceso y 8 tomas independientes.

El canal de acceso comprende una excavación del orden de $1,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ con cortes hasta de 70 m de altura en la proximidad de las estructuras de toma. Su plantilla está a la elevación 354.35 m. Se diseñaron ocho estructuras de toma, una para cada grupo generador, provistas de rejillas, de una compuerta automática de accionamiento hidráulico rápido de $6,70 \times 6,70 \text{ m}$ y de ranuras para alojar una compuerta de emergencia en caso de reparaciones. Han sido diseñadas para un gasto de $189 \text{ m}^3/\text{s}$ cada una.

I.3.5.2 Conducción a Presión.

Cada una de las ocho conducciones corresponden a un mismo diseño y están integradas por dos partes principales: la primera corresponde a una sección de transición de 15,00 m de longitud, que se inicia en una sección de $6,7 \times 6,7 \text{ m}$ y termina en una sección circular de 6,2 m de diámetro; la segunda, está constituida por un tubo de acero que se inicia con 6.2 m de diámetro interior y termina en 4,78 m a la entrada del caracol de la turbina. El tubo de acero se instaló en un túnel excavado en mayor diámetro para dar lugar a su confinamiento con inyecciones de concreto. El peso total de las ocho tuberías es de 9 500 Ton.

I.3.5.3 Casa de Máquinas.

La Casa de Máquinas es Subterránea y tiene la clave de su bóveda a una profundidad de 181 m abajo del nivel del terreno natural. El eje de los grupos generadores está localizado paralelamente a 70 m aguas abajo del eje de la cortina. La caverna tiene 199 m de longitud, 20,5 m de ancho y 43 m de altura. Para su construcción se excavaron aproximadamente $160\,000 \text{ m}^3$ de roca y se utilizaron $60\,000 \text{ m}^3$ de concreto armado. La excavación y obra civil, incluyendo las obras de toma y conducción a presión, se hizo para ocho unidades, instalándose cinco en la Primera Etapa y dejando prevista la Segunda Etapa.

I.3.5.4 Características de las Unidades.

5 turbinas tipo Francis, eje vertical $416\,000 \text{ cv}$ con carga de 180,00 m $444\,800 \text{ cv}$ con carga de 185,00. 5 Alternadores de $345\,000 \text{ KVA-80 } ^\circ\text{C}$ ($300\,000 \text{ Kw}$). Se dispone de un sistema de aire acondicionado en la sala de tableros.

El acceso a la Casa de Máquinas se hace a través de un túnel de 800 m de longitud, de sección portal de $8,45 \text{ m} \times 9,40 \text{ m}$.

Para personal se cuenta con un elevador que da acceso directo a la sala de tableros desde un punto cercano a la corona de la cortina.

I.3.5.5 Galería de Transformadores.

Se localiza paralela a la Casa de Máquinas, con su eje a 40 m aguas abajo del de las unidades. La galería de sección portal de 202 m de longitud, 11,50 m de ancho y 13,90 m de altura.

Se excavaron cerca de 32 000 m³ de roca y se colocaron 6 000 m³ de concreto armado. En esta galería se alojan cinco bancos trifásicos de transformadores de 350 000 KVA cada uno, 20/400 KV, conectados a los alternadores a través de cinco túneles de 20 m de longitud, por medio de barras aisladas a 20 KV (bus de fase aislada); la conexión con la Subestación se hace por medio de cables, aislados en aceite a 400 KV saliendo a la superficie a través de cinco lumbreras verticales de 1,80 m de diámetro y 180 m de longitud.

Las obras civiles de excavación (únicamente) para la segunda etapa se construyeron simultáneamente a las de la primera.

I.3.5.6 Galerías de Oscilación.

Su eje se localiza a 142 m aguas abajo del de la cortina ya 70 m del de la Casa de Máquinas.

Se construyeron dos Galerías de Oscilación, la primera para las Unidades 3, 4 y 5 y la segunda para las unidades 1, 2 y que terminada la 2ª Etapa también servirá para las unidades 6, 7 y 8.

I.3.5.7 Túneles de Desfogue.

El desfogue de las turbinas se restituye al río, aguas abajo de la cortina. Cada turbina desfoga a un túnel que se conecta a las Galerías de Oscilación. A partir de las Galerías de Oscilación se construyeron tres Túneles de Desfogue, el No. 3 para la primera Galería de Oscilación, que regula las Unidades 3, 4 y 5, los Túneles de Desfogue 2 y 1 en común para las Unidades 1 y 2 en conjunto con las Unidades 6, 7 y 8. Para los Túneles de Desfogue 1 y 2 se aprovecharon parcialmente los Túneles de Desvío 1 y 2.

I.3.5.7 Subestación.

Recibe los circuitos de los transformadores que van conectados a través de un sistema de buses de 400 KV con 19 circuitos: 8 de los transformadores de Chicoasén, 2 de La Angostura, 2 de Malpaso, 2 de Itzantun, 2 de la subestación Temascal (rumbo a la ciudad de México) y 3 futuros para posibles ampliaciones.

I.3.5.8 Línea de Transmisión, Interconexión al Sistema Eléctrico Nacional.

Para transmitir la energía producida por Chicoasén, e interconectar esta planta al sistema eléctrico nacional, se construyó la línea de transmisión Chicoasén-Juile - Temascal - Topilejo.

El primer tramo, Chicoasén - Juile - Temascal, está integrado por 1 000 torres diseñadas para soportar una línea de doble circuito a 400 KV y tiene 400 Km de longitud. El calibre de los conductores (dos en cada fase), es de 1 113 MCM y la línea ha sido prevista para convertirla en un futuro a un solo circuito, aislada a 800 KV con 4 conductores por fase, incrementando así su capacidad de transmisión.

El segundo tramo de Temascal a Topilejo es una línea de un solo circuito a 400 KV con 2 conductores por fase con calibre de 1 113 MCM, su longitud es de 350 Km.

Las dos líneas anteriores se integran a la red de transmisión en alta tensión y al conjunto de subestaciones construidas con anterioridad para transmitir la energía de las plantas de Angostura y Malpaso.

I.3.5.9 Obras Auxiliares y de Infraestructura.

El acceso a la Central se efectúa a través de un camino totalmente pavimentado con una longitud de 42 Km el cual parte de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. En su desarrollo se excavó un túnel de 900 m de longitud y de sección portal de 11 x 6 m lo cual redujo el recorrido en 8 Km y se evitó un desnivel de 800 m. Este túnel carretero fue en su construcción el de mayor longitud de la República.

Para la construcción de los diferentes frentes de la obra y de la línea de transmisión se construyeron varios cientos de kilómetros de caminos, muchos de ellos han desaparecido bajo las aguas del embalse de la presa, otros más sólo se utilizaron para el transporte de torres, cable y accesorios para tender la línea de transmisión y algunos otros continuarán dando servicio a las diferentes secciones que integran la obra.

Fue indispensable proyectar y construir dormitorios para el personal, almacenes y talleres a fin de dar servicio de mantenimiento y reparación a todo el equipo que se empleó durante la construcción de la obra.

Inicialmente hubo que ajustarse al medio virgen con instalaciones provisionales con el objeto de contar a la mayor brevedad con alojamiento para los trabajadores.

Poco tiempo después, la Comisión Federal de Electricidad y las empresas contratistas participantes, construyeron diversas obras de infraestructura, como fueron dormitorios confortables para técnicos y obreros, oficinas administrativas, comedores, canchas deportivas, centros de salud, zona comercial y otras instalaciones destinadas a servicios públicos tales como banco, oficina de teléfonos, correos y telégrafos y escuelas; todo ello destinado a servir a una población que durante la máxima etapa de construcción fue de 20 000 personas que trabajan diariamente en tres turnos. Muchos trabajadores establecieron su residencia en las poblaciones

vecinas a la obra como son San Fernando, Chicoasén, Nuevo Osumacinta, y rancherías vecinas.

En el área para ingenieros y administradores se incluyeron el hotel y casas de visitas para los numerosos visitantes que diariamente llegaban a conocer la obra o a participar por diversos motivos en relación con la construcción de la obra. A esta sección se le dio el nombre de Tankah-Pakbal, voz maya que significa Ciudad de Constructores.

Se ha considerado que en el futuro las instalaciones podrán servir como infraestructura turística o también, algunas otras, para alojar futuras industrias, talleres y escuelas, estas últimas con la finalidad de preparar a los técnicos cuya participación requiere el creciente desarrollo industrial del sureste de México.

I.3.5.10 Reacomodo de Pobladores.

El único poblado afectado por el embalse de la presa resultó ser el de Osumacinta. Los 600 habitantes que comprendían las 126 familias fueron trasladados a la nueva población de Osumacinta, localizada a la orilla del embalse. En este centro habitacional se construyeron, además de las casas para las familias desalojadas, los siguientes edificios civiles y públicos para la comunidad: escuelas, palacio municipal, casa del ejido, mercado, clínica médica, casa de integración familiar, club juvenil, campos deportivos, templos religiosos y el cementerio.

I.4 Alcances de la Segunda Etapa.

Descrito lo anterior se tiene una capacidad instalada de 5 unidades de 330 Mw c/u dando un total de 1 550 Mw y que para la 2ª Etapa se encuentran en instalación 3 unidades más de la misma capacidad para 990 Mw, con la finalidad de obtener un gran total de 2 540 Mw de capacidad instalada. De los cuales se dejaron en la Primera Etapa en su gran mayoría las excavaciones en Casa de Máquinas, Galería de Transformadores, Túneles de Aspiración, Galería de Oscilación casi terminadas faltando solamente los afines y sus respectivos concretos, pero faltando en el Túnel de Desfogue # 1 casi un 50 % de las excavaciones y el recubrimiento con concreto, como a continuación se describen.

El alcance de los trabajos de la obra civil para la 2ª Etapa de la central hidroeléctrica, motivo de este proyecto es el siguiente:

1.4.1 Levantamiento Topográfico.

El realizar antes del inicio de los trabajos, un levantamiento topográfico para determinar la cantidad de obra realizada en la primera etapa correspondiente a la zona de las tres unidades nuevas.

1.4.2 Casa de Máquinas.

Limpieza y retiro de material acumulado en fosos y en diversas zonas antes de los inicios de los trabajos, cárcamo de bombeo adicional al actual ubicado entre las unidades 6 y 7, muros y losa de piso de la Galería de Drenaje en Casa de Máquinas en la zona de las unidades 6, 7 y 8; todas las losas de los pisos de: Generadores, Barras, Turbinas, Galería de Inspección; complementar la trabe carril incluyendo la colocación de trabe metálica y riel, el complemento de los muros y bóveda de la Casa de Máquinas, la estructura de concreto complementaria para dar apoyo a los equipos electromecánicos de las tres unidades nuevas, Tubo de Aspiración, Túnel de Aspiración, Lumbrera de Ventilación, Túneles de Barras, escaleras, rejillas para las escotillas, rejillas para trincheras de drenaje, barandales, drenaje, escaleras marinas, acabados en los pisos mencionados, acabados en muros, ranuras en muros para recibir losas principales, demoliciones de muros en mal estado y en zonas de traslape de refuerzo existente con nuevo para recibir las nuevas estructuras, afines o peines en roca, limpieza y retiro de: material aprovechable, roca suelta, material producto de demoliciones y escombros: retiro de acero de refuerzo expuesto y sin protección, partes fijas en primer colado para fijar equipo electromecánico y fijar barandales, escaleras, rejillas, etc.

1.4.3 Galería de Transformadores.

Complemento de los muros, bóveda y pisos de concreto incluyendo trinchera de drenaje, mamparas para transformadores, foso para la captación de aceite de los transformadores, dos fosos separadores aceite – agua, suministro y colocación de rieles para transformadores, rejillas, revestimiento de lumbreras de cables incluyendo las partes fijas para la instalación de los cables de potencia y para elevador tipo cremallera, arreglo de escaleras marinas y escotillas con tapa para acceso desde la lumbrera de cables al piso de la Galería de Transformadores, escaleras marinas en diversos sitios, puertas contra incendio, tapas para los fosos separadores de aceite – agua, demoliciones en zonas de traslape de refuerzo existente con nuevo para recibir las nuevas estructuras, afines o peines de roca, limpieza y retiro de todo el material producto de la excavación, afine, escombros o demolición, retiro de acero de refuerzo expuesto y sin protección, partes fijas en primer colado para fijar equipo electromecánico y fijar barandales, escaleras, rejillas, etc.

1.4.4 Galería de Oscilación.

Afines o peines de roca, limpieza y retiro de todo el material producto de afines de roca, escombros o demolición, losas, muros y bóveda, travesaños, barandal, rejillas, escaleras marinas, rectificación de muros para paso de la grúa viajera, demolición de muros en mal estado y en zonas de traslape de refuerzo existente con nuevo para recibir las nuevas estructuras, calafateo de compuertas, 2^{os} colados en ranuras para compuertas, retiro de acero de refuerzo expuesto y sin protección, partes fijas en primer colado para fijar equipo electromecánico y fijar barandales, escaleras, rejillas, retiro de mampara metálica existente, etc.

1.4.5 Túnel de Desfogue # 1.

Afines o peines de roca en zonas predeterminadas, excavaciones en roca para dejar a sección completa el túnel en las zonas anexas a la intersección con los Túneles de Desvío 1 y 2, en la zona del tapón de concreto y en el portal de salida, demolición y retiro de tapón de concreto incluyendo estructura metálica usada como cimbra en el lado de aguas abajo, limpieza y retiro de material producto de la excavación, roca suelta y escombros; complemento del revestimiento de concreto en: losa de piso, muros, bóveda y boquilla; tres tapones de concreto en las intersecciones con los túneles de desvío 1 y 2 conformando la sección del desfogue, tratamientos de la roca en zona de falla y sistemático en la zona de excavaciones, inyecciones de contacto concreto – roca en bóveda; para evitar interferencias durante los trabajos se realiza la reubicación temporal de la descarga del drenaje de la Galería 7 que actualmente se hace por medio de un barreno que comunica la cuneta de aguas debajo de la galería por donde se encauza el agua, con el túnel de desvío N° 2, durante los trabajos este drenaje se encauza hacia la Galería de Oscilación a través del túnel que comunica la galería 7 con la Galería de Oscilación a la altura de la clave de la bóveda utilizando tubería de acero de 30,48 cm (12") de diámetro sujeta a la pared de aguas abajo con anclas y la descarga se ubicará a nivel del agua en la zona del desfogue de las unidades 1 y 2, terminando los trabajos, se restablecerá la condición original, esto es, la descarga estará en el Túnel de Desvío N° 2 a través del barreno mencionado.

1.4.6 Ataguía de Protección en Portal del Túnel de Descarga.

Construcción de la ataguía hasta el nivel que cubra la posible descarga del vertedor, colocación y retiro del material de la misma, posterior a la terminación de los trabajos; bombeo de achique del agua contenida entre la ataguía y el tapón existente, así como la contenida en los túneles de desvío 1 y 2 hasta los tapones de cierre final; pantalla de inyección en la zona del portal, para evitar filtraciones durante los trabajos.

1.4.7 Plataforma de Lumbreras de Cables.

Relleno para complementar la plataforma a la elevación 377,50 complemento de la cimentación de las estructuras menores y mayores, retiro del refuerzo en mal estado, prolongación en concreto de la sección de lumbreras de cables e inyección de cables e inyección de aire, desde la roca hasta la elevación 377,50; concreto en trinchera para cables, casetas de ventilación, retiro de cerca actual, complemento de la estructura metálica para apoyo del polipasto, cimentación de la estructura de apoyo del polipasto, obras de drenaje para control de agua de lluvia; trincheras, drenes, etc., excavación y relleno para ubicar la red de tierras, estructura metálica para marco de salida, tratamiento de taludes, cerca nueva para delimitar el área de la plataforma incluyendo la 2ª Etapa, se debe considerar los requerimientos de seguridad física, conexión con la cerca existente y cimentación, partes fijas en primer colado para fijar equipo electromecánico y fijar rejillas, tapas, etc., placas bases, anclas necesarias para montar estructuras mayores y menores.

1.4.8 Subestación Eléctrica.

Estructuras mayores, cimentación de equipo mayor y menor, fosos para captación de aceite y cimentación para los reactores, suministro y colocación de riel para el traslado de los reactores, anclas y placas bases para fijación de los equipos mayor y menor, trincheras y ductos para alojar cables. Montaje de las estructuras mayores y menores, desmontar estructuras mayores existentes, carga y traslado hasta los lugares de almacenamiento que indique la Comisión, obras para drenaje: trincheras y drenes, placas, bases, anclas necesarias para montar estructuras mayores y menores.

1.4.9 Edificios Auxiliares.

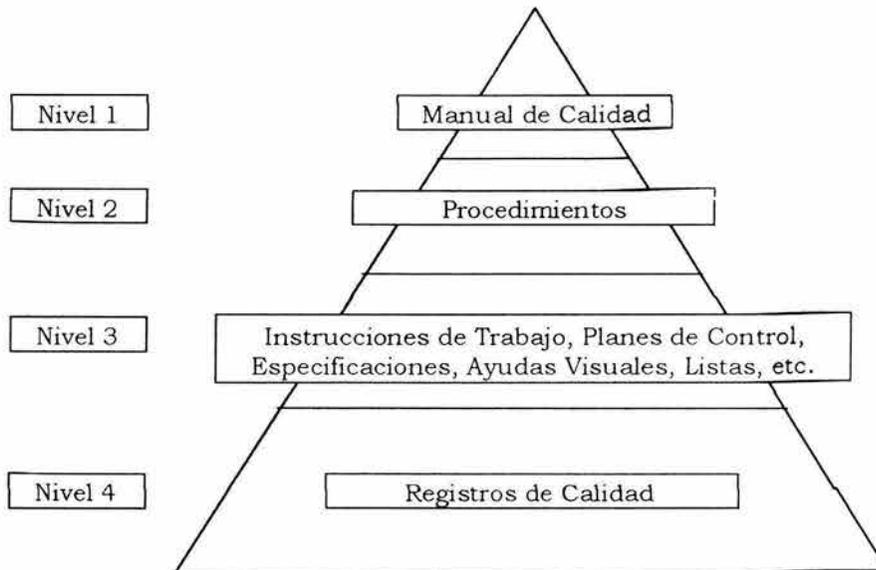
Diseño, construcción, instalaciones eléctricas, hidráulicas, sanitarias, telefónica de los siguientes edificios: Administrativo, Edificio en subestación, Taller Electromecánico y Sala de Baterías; modificación y reacondicionamiento del Cuarto de control y oficinas para el personal técnico: Caseta con Control de Acceso y cercado para el área del Edificio Administrativo, para el suministro de agua del Edificio Administrativo el se considera la tubería desde el río hasta el cárcamo intermedio y de este hasta el tanque anexo al auditorio, estructura de apoyo para equipo de bombeo en el cárcamo intermedio, obra civil para la tubería y llegada a los tanques, incluyendo trazo, diseño y topografía de la línea de alimentación.

1.4.10 Obra de Toma.

- Se considera la obra civil necesaria para recibir el equipo oleodinámico nuevo para la operación de compuertas.

El alcance es enunciativo, más no limitativo, por lo que el se debe prever los trabajos adicionales que se requieran, al criterio, para la realización del proyecto a entera satisfacción de la Comisión. Es responsabilidad del Contratista los trabajos adicionales originados como consecuencia de las dimensiones que den el diseño específico del equipo nuevo que deba suministrar.

II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.



II.1 Manual de Calidad para la Obra Civil.

El Manual de Calidad es un documento que establece la política de calidad y describe el sistema de calidad de una organización, se describen todas las actividades de una organización o solamente parte de ellas. El título y alcance del manual reflejan el campo de aplicación, en este caso la Obra Civil de la 2ª Etapa de la Central Hidroeléctrica Ing Manuel Moreno Torres "Chicoasén".

Dentro del Manual de Calidad se hace referencia a los siguientes puntos:

- a) La Política de Calidad,
- b) Las responsabilidades, autoridades e interrelaciones del personal que administra, ejecuta, verifica o revisa un trabajo que afecte a la calidad de los trabajos de la Obra civil.
- c) Los procedimientos de la obra civil y/o instrucciones del sistema de calidad.
- d) Las disposiciones para la revisión actualización y control del manual.

El manual de calidad puede variar en profundidad y formato, para adaptarse a las necesidades de una organización.

El Sistema de Calidad que se ejecutó está regido por las bases de licitación del concurso, que establece el uso de las Normas Mexicanas y/o de las ISO 9000:1994, y de igual forma para el Sistema Ambiental con la norma ISO 14000:1996.

El Sistema de Calidad se implementa en todas las áreas, en forma piramidal, es decir desde la integración de un Manual de Calidad, con los veinte puntos de la norma

y la responsabilidad de la dirección hasta los últimos niveles, en donde se llevan a cabo los registros de las actividades.

El Plan de calidad es un documento que establece las prácticas relevantes específicas de la calidad, los recursos y secuencia de actividades pertenecientes a un producto, proyecto o contrato, haciendo generalmente referencia a las partes aplicables al caso específico del Manual de Calidad. En este caso específico es para aplicarlo en las actividades de la Obra Civil.

II.1.0 Definiciones Aplicables.

Para un mejor entendimiento de los términos para la implementación de un sistema de calidad, bajo la norma de referencia se mencionan los siguientes términos.

- a) **Procedimiento:** Documento que generalmente contiene los propósitos y alcance de una actividad.
- b) **Producto,** el resultado de una actividad o proceso.
- c) **Cliente:** El receptor de un producto suministrado por el proveedor
- d) **Proveedor:** puede ser llamado contratista, el proveedor puede ser por ejemplo: el productor, distribuidor, importador, ensamblador u organización de servicio. El proveedor puede ser interno o externo a la organización.
- e) **Calidad:** Conjunto de características de un elemento que confieren la aptitud para satisfacer necesidades explícitas e implícitas.
- f) **Conformidad:** Cumplimiento de los requisitos especificados.
- g) **No Conformidad:** Incumplimiento de un requisito especificado.
- h) **Administración de la Calidad:** Conjunto de actividades de la función general de administración que determina la política de calidad, los objetivos las responsabilidades y la implementación de éstos por medio tales como la planeación, el control, aseguramiento y el mejoramiento de la calidad, dentro del marco del Sistema de Calidad.
- i) **Planeación de la Calidad:** Son las actividades que determinan los objetivos y requisitos para la calidad, así como los requisitos para la implementación de los elementos del Sistema de Calidad.
- j) **Control de Calidad:** Técnicas, actividades de carácter operacional, utilizadas para cumplir los requisitos para la calidad.
- k) **Aseguramiento de la Calidad:** Conjunto de actividades planeadas y sistemáticas implementadas dentro del sistema de calidad y demostradas según se requiera para proporcionar confianza adecuada de que un elemento cumplirá los requerimientos para la calidad.
- l) **Sistema de Calidad:** Es la **estructura organizacional**, los **procedimientos**, los **procesos** y los **recursos necesarios** para implantar la administración de la calidad.
- m) **Mejoramiento de la Calidad:** Son las acciones tomadas en toda la organización, para incrementar la efectividad y la eficiencia de las actividades y de los procesos, a fin de prever beneficios adicionales, tanto para la organización como para sus clientes.
- n) **Especificación:** Un documento que establece requisitos.
- o) **Registro:** Un documento que prevé evidencia objetiva de las actividades ejecutadas o resultados obtenidos.

- p) **Acción Correctiva:** Acción tomada para eliminar las causas potenciales de no conformidades, defectos u otra situación indeseable a fin de prevenir su recurrencia, las acciones correctivas pueden involucrar cambios tanto en procedimientos como en sistemas, a fin de obtener la mejora de la calidad en cualquier etapa del ciclo de calidad. Existe una diferencia entre “corrección” y “acción correctiva”, la corrección se refiere a reparación, retrabajo o ajuste y se refiere a la disposición de una no conformidad existente. La acción correctiva se refiere a la eliminación de las causas de una no conformidad.

A continuación se enumeran los veinte puntos de la norma y la aplicación dentro de las actividades de la Obra civil para este proyecto:

II.1.1 Responsabilidad de la Dirección.

La búsqueda de la Máxima Productividad es un ejercicio que las empresas de mayor prestigio en el mundo tienen como fundamento de su filosofía; sin duda este proyecto uno de los más importantes para el país es un ejemplo de la productividad y excelencia además de ser pilar en la economía del mismo, donde la buena administración es privativa de los grupos con visión y ambición de crecimiento.

Por tal motivo se hace frente al reto de crecimiento que nuestro país exige con importantes proyectos de inversión para fortalecer su posición de privilegio en la Industria de la Construcción.

Sin duda, establecer los lineamientos generales es un punto muy sutil para lograr la máxima eficiencia en los servicios que se prestan; por lo que la Organización de la Empresa y la Política que la rigen ilustrados por los Procedimientos del Manual, deben garantizar la exitosa conclusión de los trabajos.

Dicho esto, cabe mencionar que aún la persona más experimentada puede encontrar algunas dificultades al presentar Sistemas Gerenciales a la Dirección, Gerencias y Personal, y es por eso que el Manual se usará para dar explicaciones básicas de los alcances que se buscan, a través de sus procedimientos corporativos y su Plan General de Calidad; quedando de manifiesto que la Dirección General es responsable final de la calidad de los servicios.

Son por estos motivos que la participación de la alta dirección al sistema de calidad es la base de cualquier sistema, es la que toma las decisiones y las evaluaciones y revisiones al sistema de calidad. La alta dirección asigna un Representante de la dirección, que es el que reporta continuamente a la alta dirección, para que se realicen las evaluaciones al sistema.

Para la realización de la responsabilidad de la dirección, el representante de la dirección reporta con la siguiente información:

- Resultados de las auditorías internas y externas.
- Revisión a la política de calidad.
- Revisión de las acciones correctivas tomadas.

II.1.1.1 Política de Calidad.

La dirección con responsabilidades ejecutivas debe definir y documentar su política de calidad incluyendo los objetivos para la calidad y su compromiso con la calidad.

Se define la política de calidad y se asegura que sea entendida, implementada y mantenida en todos los niveles de la organización.

La definición de una política de calidad en el desarrollo del proyecto, asegura resolver los grandes problemas del cliente, que es el objetivo principal.

Estar a la vanguardia, tomar decisiones oportunas y brindar un buen servicio.

Asegurar siempre que el trabajo esté bien comprendido, planeado, proyectado, construido, supervisado y muy bien terminado.

Proporcionar al cliente servicios integrales de construcción, ingeniería, procura y puesta en marcha; cumpliendo con los requisitos del contrato y con los reglamentos vigentes.

Transmitir a todos los integrantes del proyecto la política, objetivos, directrices y lineamientos tal como son formalmente expresados por la alta dirección.

Seguir invariablemente los lineamientos en servicio y calidad, establecidos en el manual del sistema de la calidad.

II.1.1.2 Organización, Responsabilidad y Autoridad.

II.1.1.2.1 Organización.

La Dirección General para poder afrontar los retos del proyecto de infraestructura, determina la estrategia organizativa para dar respuestas a las interrogantes Técnicas y Profesionales que esta problemática representa. La interrelación del personal que dirige, ejecuta y verifica el trabajo que afecta la calidad del producto.

II.1.1.2.2 Responsabilidad y Autoridad.

Se define la responsabilidad, autoridad e interrelación del personal que dirige, desarrolla y verifica el trabajo que afecta la calidad del producto, particularmente para el desarrollo de la Obra Civil, para personal que necesita la libertad organizacional y autoridad para:

a) Iniciar acción para prevenir la ocurrencia de cualquier No Conformidad relacionada al producto, proceso y sistema de calidad,

- b) Identificar y registrar cualquier problema relacionado al producto, proceso y sistema de calidad,
- c) Iniciar, recomendar o prever soluciones a través de los canales designados,
- d) Verificar la implementación de soluciones,
- e) Controlar el procesamiento, entrega o instalación del Producto No Conforme, hasta que la deficiencia o condición insatisfactoria, ha sido corregida.

II.1.1.2.2.1 Dirección.

La Dirección es responsable inicial de la calidad de los productos y servicios proporcionados a los clientes. En este caso, de todo el desarrollo de la Obra Civil.

II.1.1.2.2.2 Representante de la Dirección.

La Dirección con responsabilidad ejecutiva, debe designar a un miembro de su administración, quien independientemente de otras responsabilidades, debe tener autoridad para:

- a) asegurar que el sistema de calidad se establezca, implemente y mantenga de acuerdo a la norma referida.
- b) informar a la dirección acerca del desempeño del sistema de calidad para su revisión y como base para mejorar el sistema de calidad.
- c) el representante puede incluir enlaces con organizaciones externas en asuntos relacionados con el sistema de calidad, por ejemplo los proveedores.

II.1.1.2.2.3 Recursos.

Se identifican las necesidades de recursos y proporciona los recursos adecuados, incluyendo la asignación del personal capacitado, para la administración, realización de los trabajos de la Obra civil y de las actividades de verificación incluyendo actividades de auditoría de calidad interna.

II.1.1.3 Revisión de la Dirección.

La Dirección con responsabilidad ejecutiva debe revisar el sistema de calidad a intervalos definidos, suficientes para asegurar su adecuación y efectividad continua, debiéndose mantener registros de estas revisiones. La responsabilidad de conducir esta revisión es el representante de la dirección designado, quien tiene la responsabilidad de informar a la Dirección, el desempeño que ha tenido el Sistema de Calidad, como una base para efectuarle revisiones y mejoras.

Las Direcciones, Gerencias, Superintendencias, Residencias y Jefaturas son responsables de efectuar revisiones departamentales periódicas durante el año, para verificar la efectividad y adecuabilidad del Sistema de Calidad.

Al Comité de Dirección de Calidad, formado por la Dirección General, Subdirección de Construcción y Subdirección Técnica se le presenta un informe conteniendo lo siguiente:

- Acciones identificadas en la anterior revisión de la Dirección.
- Reportes de auditorías.
- Análisis de No Conformidades.
- Resultados y avances del proceso de mejoramiento de calidad.
- Revisión de comentarios y quejas del cliente.
- Revisión de la Política de Calidad y sus objetivos.

Se identifican las acciones a tomar y se elabora un registro de los compromisos a realizar con el fin de mantener la Mejora Continua en el Sistema de Calidad.

II.1.2 Sistema de Calidad.

II.1.2.1 Generalidades.

Para garantizar que la política de calidad este implementada y mantenida, se dispone de un sistema de calidad documentado que está diseñado para cumplir con los requerimientos especificados. El manual de calidad debe incluir o hacer referencia a los procedimientos del sistema de calidad y describir la estructura de la documentación usada en el sistema de calidad.

II.1.2.2 Procedimientos del Sistema de Calidad.

El Sistema de Calidad documentado consta de los siguientes procedimientos para dar cumplimiento a la norma referida:

Procedimientos Generales.

Estos documentos incluyen las responsabilidades del personal relevante y los métodos generales para implementar la política. Son de naturaleza interdepartamental.

Procedimientos de Administración.

Estos documentos señalan los lineamientos necesarios para la revisión de los contratos y obligaciones derivadas de la prestación de los servicios, los lineamientos para la elaboración de propuestas de trabajo, también se refiere a los lineamientos para contratación y cese del personal en todas las categorías requeridas que intervienen con la calidad del producto.

Procedimientos Departamentales.

Estos documentos señalan la responsabilidad de las actividades, personal relevante y métodos de los departamentos y gerencias que intervienen con la calidad del producto.

Procedimientos de Construcción.

Estos documentos señalan la responsabilidad de las actividades, personal relevante y métodos de la construcción y sus etapas.

Instrucciones de Trabajo y Plan de Calidad del Proyecto.

Estos documentos incluyen las responsabilidades del personal relevante y los métodos generales para implementar la política en el proyecto.

Instrucciones de Proyecto.

Estos documentos incluyen instrucciones detalladas y obligatorias que especifican como se deben ejecutar y controlar las actividades.

Manual de Procedimientos de Residencia General de Obra.

Este manual describe los lineamientos para la Residencia Técnica de Control de Obra, incluyendo el Control de Documentos, las Estimaciones y Costos de Obra, la Administración del Contrato en Obra, los Servicios Tecnológicos y la Topografía.

Manual de Procedimientos de Seguridad Industrial.

Este manual incluye todos los lineamientos de Seguridad que se implementa en la Obra.

Referencias de Diseño.

Estos documentos son guías no obligatorias para asistir al personal en el desarrollo de sus actividades.

Especificaciones.

Aquellos documentos que establecen los criterios de diseño, requisitos de materiales, requisitos de financiamiento, requisitos de control de calidad de construcción, etc. Las especificaciones abarcan (según apliquen) los requisitos de reglamentos locales, nacionales o internacionales así como códigos industriales aceptados por la práctica; también en algunos casos se toman los reglamentos del cliente.

Normas.

Documentos donde se describe la estandarización de conceptos tales como símbolos, dimensiones de construcción, pruebas de obra civil, eléctricas, de equipo, de instrumentación y detalle de componentes.

II.1.2.3 Planeación de la Calidad.

Se debe definir y documentar cómo se deben cumplir los requisitos para la calidad. La planeación de la calidad debe ser consistente con los otros requisitos del sistema de calidad y debe ser documentada en forma que se adapte al método de operación, se deben considerar para el cumplimiento de este punto las siguientes actividades:

- a) la preparación de los planes de calidad,

b) la identificación y adquisición de cualquier control, proceso, equipo (incluyendo equipo de inspección y prueba), dispositivos, recursos y las habilidades que sean necesarias para lograr la calidad requerida,

c) asegurar la compatibilidad de los procedimientos de diseño, del proceso de producción, de la instalación del servicio, de la inspección y de prueba y la documentación aplicable,

d) la identificación de las verificaciones adecuadas en las etapas apropiadas de la realización del producto,

e) la identificación y preparación de registros de calidad.

Los planes de calidad pueden estar en forma de una referencia a los procedimientos documentados pertinentes que forman parte integral del sistema de calidad.

II.1.3 Revisión del Contrato.

Se deben establecer y mantener procedimientos documentados para la revisión del contrato y para la coordinación de estas actividades.

El procedimiento define la revisión del contrato, las modificaciones al contrato y los registros para la revisión.

II.1.4 Control del Diseño.

Se establecen procedimientos documentados para controlar y verificar el diseño del producto con el fin de asegurar que cumplan con los requisitos especificados.

Este punto incluye:

Planeación del diseño y desarrollo, interrelaciones organizacionales y técnicas, datos de entrada, resultados, revisión, verificaciones, validaciones y cambios del diseño, manteniéndose registros para cada fase del diseño, siempre y cuando se defina en el alcance contractual.

II.1.5 Control de Documentos y Datos.

II.1.5.1 Generalidades.

Se deben mantener y establecer procedimientos documentados para controlar todos los documentos y datos que se relacionan con los requisitos de la norma en referencia.

En función de los requerimientos del sistema de calidad, se cuentan con procedimientos capaces de controlar los documentos que intervengan con la calidad

del producto. Estos documentos incluyen según la extensión aplicable, a documentos de origen externo tales como estándares y dibujos proporcionados por el cliente.

Los documentos y datos que se generan obedecen a la forma de copia dura, medio electrónico o una combinación de ambos.

Los documentos se distribuyen de acuerdo con la distribución de documentos contenida en las instrucciones de trabajo del proyecto.

II.1.5.2 Aprobación y Emisión de Documentos y Datos.

Los procedimientos aseguran que los documentos y datos son revisados y aprobados para su adecuación por personal autorizado previo a su edición.

Todos los documentos están regidos por la información general mínima indispensable, donde se señala con exactitud la información general que debe mostrar cada documento. Dentro de las Instrucciones de Trabajo se cuenta con la lista de documentos del proyecto, donde se enumeran los documentos de proyecto y la revisión de los mismos, esto con el fin de evitar documentos inválidos y/o obsoletos.

Los documentos y datos de origen externo recibidos de proveedores o subcontratistas se revisan para asegurar su aprobación antes de ser usados.

Los documentos y datos se identifican, indexan y archivan apropiadamente.

Los documentos y datos apropiados y pertinentes se encuentran disponibles en los sitios y departamentos en donde son necesarios.

Los documentos obsoletos retenidos para propósitos legales y/o preservación de conocimiento son debidamente manejados y archivados.

II.1.5.3 Cambios de Documentos y Datos.

Los documentos que tienen cambios deben ser revisados, aprobados y reemitidos por las mismas funciones organizacionales la revisión y aprobación original a menos que se designan otras.

Se mantiene un sistema de indexación de documentos para cumplir con los requisitos del proyecto. Este sistema identifica el estado de cada documento.

La descripción de los cambios que sufre un documento se encuentra identificada en el propio documento o en sus anexos. Todos los documentos y datos obsoletos son desechados, pero se puede guardar alguna copia para consulta pero ésta deberá tener la leyenda Obsoleto.

II.1.6 Compras.

II.1.6.1 Generalidades.

Se dispone de un sistema de procedimientos documentados para asegurar que los materiales y servicios que se adquieren, cumplen con los requisitos que garanticen la calidad del producto, quedando debidamente documentados los registros de calidad de estos. Estos procedimientos aseguran que los requisitos estén claramente definidos e incluidos en las requisiciones de material, órdenes de compra, documentos para proveedores y subcontratistas.

II.1.6.2 Evaluación de Proveedores y Subcontratistas.

Se evalúan y seleccionan a los proveedores y subcontratistas en base a su capacidad para cumplir con los requisitos de economía, calidad, de programa y de especificaciones técnicas.

Los proveedores se seleccionan de la lista de proveedores y subcontratistas así como de otros proveedores aprobados específicamente para el proyecto, procedimiento MDA 001, por lo general, a solicitud del cliente que tiene sus propias preferencias. En estos casos, se considera que el cliente ha seleccionado a dichos proveedores en base a la capacidad demostrada previamente. Lo anterior está sujeto a confirmación, y así se especifica en los documentos de contrato y en las instrucciones de trabajo.

II.1.6.2.1 Aseguramiento de Calidad de Proveedores.

Los procedimientos aseguran que los controles del sistema de calidad aplicados a los proveedores son efectivos mediante los siguientes:

- Eligiendo proveedores que pertenecen a la lista aprobada.
- Preparando requisiciones de compra legibles, precisas y fáciles de entender que definen claramente los requisitos y que son revisadas y aprobadas antes de ser emitidas.
- Efectuando monitoreos al trabajo desarrollado por proveedores.
- Monitoreando el sistema de aseguramiento de calidad de los proveedores y manteniendo registros relacionados con lo anterior.
- Visitas de avance y Expedición a los proveedores para garantizar que se cumplan los programas.
- En la recepción de los productos suministrados en las obras.
- Retroalimentando las listas de proveedores autorizados.

II.1.6.3 Datos para Compras.

Los procedimientos aseguran que los documentos de adquisiciones, tales como requisiciones, órdenes de compra y anexos (especificaciones, planos y hojas de datos) describen claramente el material, equipo o servicio requerido y que se revisan y aprueban antes de ser emitidos.

Los documentos de adquisiciones incluyen:

- El detalle de las especificaciones y normas aplicables (incluyendo normas del sistema de calidad).
- Lista de todos los planos de diseño y hojas de datos que deberán ser proporcionados de acuerdo con el programa.
- Inspección y pruebas suficientes para garantizar que existe evidencia objetiva de conformidad con los requisitos.

II.1.7 Control de Productos Proporcionados por el Cliente.

Se deben mantener procedimientos para establecer documentalmente el control de verificación, almacenamiento y mantenimiento de los productos proporcionados por el cliente, cuando aplica.

II.1.8 Identificación y Rastreabilidad del Producto.

Se cuentan con procedimientos establecidos en donde sea apropiado mantener y establecer para identificar el producto por medios adecuados desde su recepción y durante todas las etapas de producción, entrega e instalación. Los procedimientos establecen una identificación única de productos individuales o lotes. Esta identificación debe registrarse.

II.1.9 Control del Proceso.

Se cuentan con procedimientos documentados para el control del proceso donde se afecta directamente la calidad del producto, que aseguran que el proceso se lleva a cabo mediante condiciones controladas, como monitoreo, cumplimiento de estándares y mantenimiento apropiado.

Para garantizar el cumplimiento del estándar se consideran los siguientes puntos para el control del proceso:

II.1.9.1 Planeación de la Construcción.

En todas las áreas de trabajo se realiza la planeación de la construcción, para garantizar que los alcances de los trabajos están bien comprendidos y con la asignación de recursos necesaria, equipo requerido para la realización de las actividades y verificaciones requeridas.

II.1.9.2 Control de Obra.

Para garantizar que durante la ejecución de los trabajos se cumplan los compromisos, y la asignación de los recursos se tienen documentados procedimientos adecuados que abarcan las incidencias que se presentan en la obra.

II.1.9.3 Residencia General de Obra.

Para garantizar que los lineamientos generales de calidad en el aspecto técnico que se aplica en la obra, se tienen implementados una serie de procedimientos que se adecua al proyecto dentro de las instrucciones de trabajo.

II.1.9.4 Control de Procesos Especiales de Proveedores.

Se especifica a los proveedores, los requisitos, procedimientos y calificaciones del personal; apropiados para los procesos especiales utilizados en la manufactura, inspección y pruebas que deben cumplirse para que puedan ser aprobados.

Los procesos especiales que pueden estar involucrados durante la manufactura de un producto específico incluyen, pero no están limitados a:

- Concreto Antiácido.
- Estructuras de Acero.
- Explosivos.
- Protección contra Fuego.

Se conservan los registros apropiados para los procesos, equipos y personal especiales.

II.1.9.5 Aplicación de Normas y Reglamentos de Construcción.

Las condiciones particulares de cada proyecto se apegan al seguimiento de normas y reglamentos, que quedan establecidos en los contratos en la descripción del alcance de los trabajos; la empresa garantiza que estos requisitos se aplican y registran.

II.1.9.6 Movimiento de Tierras y Terracerías.

Para la etapa de movimiento de tierras y Terracerías, se garantiza que los trabajos están bien ejecutados, implementando, manteniendo y documentando los registros adecuados.

II.1.9.7 Elaboración de Concretos.

Para la etapa de elaboración de concretos, se establecen los concretos ciclópeos (concreto pobre) y los concretos de alta resistencia, se garantiza que los trabajos están bien ejecutados; implementando, manteniendo y documentando los registros adecuados.

II.1.9.8 Procesos de Edificación.

Para la etapa de edificación, se garantiza que los trabajos están bien ejecutados; implementando, manteniendo y documentando los registros adecuados.

II.1.9.9 Erección de Estructuras.

Para la etapa de Erección de Estructuras, se garantiza que los trabajos están bien ejecutados; implementando, manteniendo y documentando los registros adecuados. (No aplicó a este proyecto).

II.1.9.10 Colocación de Tuberías.

Para la etapa de Colocación de Tuberías, se garantiza que los trabajos están bien ejecutados; implementando, manteniendo y documentando los registros adecuados. (No aplicó a este proyecto).

II.1.9.11 Procesos de Soldadura.

Para la etapa de aplicación de soldaduras, se garantiza que los trabajos están bien ejecutados; implementando, manteniendo y documentando los registros adecuados. (No aplicó a este proyecto).

II.1.9.12 Montajes Mecánicos.

Para la etapa de Montajes Mecánicos, se garantiza que los trabajos están bien ejecutados; implementando, manteniendo y documentando los registros adecuados; procedimientos. (No aplicó a este proyecto).

II.1.9.13 Procesos Eléctricos y de Instrumentación.

Para la etapa de Procesos Eléctricos y de Instrumentación, se garantiza que los trabajos están bien ejecutados; implementando, manteniendo y documentando los registros adecuados. (No aplicó a este proyecto).

II.1.9.14 Control y Actualización del Software.

Se prepara un plan de calidad en el que se define los requisitos de inspección, pruebas y especificaciones que se aplican a todo el Software.

Todas las estaciones de trabajo se instalan de acuerdo a los lineamientos establecidos así como el mantenimiento de las mismas.

Cualquier lenguaje, compilador o ensamblador u otro tipo de herramienta de software del proyecto, están controlados de acuerdo con el código de práctica de software.

Se utiliza software de computación en la mayoría de los análisis y diseños que se desarrollan en el proyecto. Todo el software de ingeniería utilizado en el proyecto se valida formalmente antes de su uso, con excepción del software producido durante el curso del proyecto para sustituir cálculos manuales y el software proporcionado por el Cliente.

El software es validado, mantenido y editado por el Departamento de Sistemas. Cuando se requiere software que no está disponible, éste se desarrolla o se compra y se valida.

Los datos de cómputo se referencian y se protegen mediante archivos de respaldo en el departamento de cómputo.

II.1.10 Inspección y Pruebas.

II.1.10.1 Generalidades.

Se dispone de un sistema de procedimientos documentados para asegurar que los trabajos de inspección y pruebas cumplen con los requisitos que garanticen la calidad en el producto, quedando debidamente documentados los registros de calidad de estos.

II.1.10.2 Inspección y Pruebas (Proveedores).

Los procedimientos aseguran que los equipos y materiales de construcción que se utilizan en el sitio y que forman parte del trabajo permanente, se inspeccionan y se aprueban en el taller del proveedor, de acuerdo a los requisitos específicos antes de su envío.

Los equipos y materiales están sujetos a verificación por el grupo de inspección en el taller del Proveedor, de acuerdo con los requisitos de inspección técnica, y los planes de calidad aprobados.

La verificación anterior puede incluir presenciarse las pruebas durante el proceso de fabricación y las pruebas finales.

Se mantienen registros de las pruebas e inspecciones efectuadas presenciadas por el grupo de inspección, así como de las pruebas e inspecciones efectuadas por los Proveedores.

II.1.10.3 Recepción, Inspección y Pruebas (en Sitio).

Al entregar un equipo o material en el sitio, se lleva a cabo una inspección visual y una revisión de la documentación que lo acompaña, para verificar que el equipo o material proporcionado está de acuerdo con los requisitos de la orden de compra o de la requisición y que no ha sufrido daños durante su transporte al sitio.

Cuando se recibe equipo o material de construcción que se requiere en forma urgente, se identifica y documenta apropiadamente, de acuerdo con procedimiento de Procuración y el procedimiento de Supervisión de Obras que proporcionan lineamientos que permiten su reemplazo inmediato en caso que existan No Conformidades con las Especificaciones.

El manejo de materiales que no cumplen con las especificaciones y que son detectadas en la etapa de recepción, se realiza de acuerdo a lo relacionado con el Control del Producto No Conforme.

II.1.10.4 Inspección y Pruebas (en Construcción de Obra).

Para las actividades de Supervisión de Obras, se tienen procedimientos documentados para la realización de inspecciones y pruebas a los materiales de construcción, con el objeto de garantizar que los materiales que se utilicen en la construcción, cumplan con las especificaciones.

Los materiales de construcción se aprueban siempre y cuando cumplan satisfactoriamente con las pruebas e inspecciones requeridas o cuando se reciben y verifican los reportes de certificación prescritos.

Los materiales en los que se identifican No Conformidades durante la fase de construcción, se manejan de acuerdo con el Control del Producto No Conforme.

II.1.10.5 Inspección y Pruebas Finales.

Durante la fase final de construcción, los materiales que forman parte de los trabajos permanentes, están sujetos a una inspección y prueba final, para proporcionar evidencia de cumplimiento con las especificaciones.

II.1.10.6 Registros de Inspección y Pruebas.

Los registros y pruebas de inspección de equipo y materiales proporcionados por Proveedores, de acuerdo con la orden de compra, así como los reportes de inspección efectuados por el grupo de inspección, que se conservan y archivan apropiadamente.

Los registros de inspección y pruebas a los materiales de construcción, efectuados durante las actividades de construcción, se preparan, mantienen y archivan de acuerdo con el procedimiento de control de aseguramiento de calidad de construcción. Lo anterior incluye los registros de calibración de todo el equipo utilizado para la inspección, medición y pruebas de equipo y materiales.

II.1.11 Control de Equipo de Inspección, Medición y Pruebas.

Se garantiza mediante el cumplimiento de los procedimientos y de las especificaciones técnicas que el control, calibración y mantenimiento de los equipos de inspección, equipos topográficos, de medición y de pruebas cumplen con la norma. Estos procedimientos se instrumentan a lo largo del proyecto, aunque el dueño del equipo sea de la Empresa, el Cliente, un Subcontratista o del Proveedor.

Se cuentan con procedimientos para la verificación de equipos, en los que se indica el método o proceso para la verificación o calibración de los equipos así como los ajustes, que deben efectuarse en intervalos prescritos (o antes de su utilización). Se indican también los criterios de aceptación y las bases que se utilizan para la verificación o calibración.

Los equipos tienen una identificación única y un registro de identificación que muestra el estado de calibración.

II.1.12 Estados de Inspección y Pruebas.

II.1.12.1 Estado de Inspección y Pruebas (Proveedores).

El estado de inspección y prueba del producto debe identificarse utilizando medios adecuados que indiquen la conformidad o no conformidad del producto con respecto a la inspección y prueba realizadas. La identificación del estado de inspección y prueba se debe mantener a través de la producción instalación y servicio del producto como se establece el plan de calidad.

II.1.13 Control del Producto No Conforme.

II.1.13.1 Generalidades.

Se tienen procedimientos que garantizan que las actividades de construcción, así como los equipos y materiales (incluyendo los proporcionados por el Cliente) que no cumplan con los requisitos específicos, se identifiquen, documenten y prevengan de ser utilizados y de que su disposición sea hecha por personal autorizado.

II.1.13.2 Revisión y Disposición del Producto No Conforme.

La responsabilidad para la revisión y la autoridad para la disposición de la construcción, materiales y equipos No Conformes, está definida en los procedimientos relacionados. Cuando el Contrato lo especifica, la disposición de productos No Conformes se acordará con el Cliente y se documentará apropiadamente.

La disposición de productos No Conforme puede incluir:

a) La decisión de corregir el trabajo No Conforme, para que cumpla el requisito específico.

b) La aceptación del trabajo con o sin corregirlo, haciendo una concesión a los requerimientos específicos, en este caso, se preparará un reporte detallado de la concesión y se guardará un registro de la No Conformidad, para denotar la condición actual de acuerdo con las normas y procedimientos pertinentes.

c) Se considerará una aplicación alternativa de la No Conformidad.

d) Rechazo total de la No Conformidad y reemplazo.

Los elementos corregidos o reparados se reinspeccionarán de acuerdo con los requisitos específicos.

II.1.14 Acción Correctiva y Preventiva.

Se tienen procedimientos para prevenir la recurrencia de No Conformidades durante todas las fases de sus actividades. Los pasos incluyen la investigación y modificación a los procedimientos pertinentes para evitar recurrencias.

Se garantiza que se tienen disponibles los equipos y recursos necesarios para:

- Investigar la causa de las No Conformidades y decidir la Acción Correctiva necesaria para prevenir la recurrencia.
- Analizar los registros de auditoría, inspecciones a Proveedores, comentarios y retroalimentación del Cliente para identificar y eliminar las No Conformidades Potenciales.
- Iniciar Acciones Preventivas.
- Instrumentar controles para garantizar que las Acciones Correctivas se apliquen y que sean efectivas.

II.1.15 Manejo, Almacenamiento, Empaque, Conservación y Entrega.

Se tienen procedimientos que establecen las responsabilidades de la Empresa, de los proveedores de insumos y Subcontratistas de Construcción en cuanto al manejo, almacenamiento, conservación, empaque y entrega de equipos y materiales en el sitio de la obra.

Se establecen los métodos apropiados para el manejo de materiales y equipos, y se asegura que los Subcontratistas utilicen áreas o locales de almacenamiento, apropiados para prevenir que los productos se dañen o deterioren y estipula los procedimientos para autorizar la recepción y el despacho desde tales áreas.

Se asegura la aplicación de métodos apropiados para el empaque y conservación de los materiales y equipos, además de que se tomen las medidas necesarias para proteger la calidad de los productos después de la inspección y pruebas finales, hasta su entrega.

II.1.16 Registros de Calidad.

Se mantienen procedimientos para identificación, compilar, codificar, acceder, archivar, almacenar, conservar y disponer de los registros de calidad.

Los registros de calidad se conservan para demostrar que se logra la calidad requerida y se cumple con el requisito especificado.

Los registros de calidad son legibles e identificables con el proyecto a que pertenecen.

Los registros de calidad se almacenan y conservan en un lugar adecuado para minimizar su daño, pérdida o deterioro y donde es fácil recuperarlos.

El tiempo de retención de los registros de calidad se establece en los procedimientos del proyecto. Cuando el Contrato lo especifica, los registros de calidad deben estar disponibles para la evaluación del Cliente o de su representante durante un período de tiempo definido.

II.1.17 Auditorías Internas de Calidad.

Se establece un procedimiento documentado para planear y llevar a cabo auditorías de calidad internas, para determinar que se siguen los procedimientos y que el sistema de calidad es efectivo. Las auditorías internas las efectúa personal independiente a aquel que tiene la responsabilidad directa con el trabajo ejecutado.

Las auditorías se documentan y se registran, identificando claramente las observaciones y deficiencias encontradas.

El resultado de las auditorías se presenta a los Gerentes pertinentes los cuales adoptan oportunamente, Acciones Correctivas para las deficiencias encontradas.

II.1.18 Capacitación.

Se establecen procedimientos para identificar las necesidades de capacitación y capacitar al personal que ejecuta actividades que afectan a la calidad.

El nivel de calificación y experiencia requerido para cualquier trabajo, lo determina el Jefe de Departamento pertinente o el Gerente del Proyecto. La experiencia y capacitación necesaria del personal para ascender a niveles más altos de responsabilidad, las decide el Gerente pertinente.

Se mantienen revisiones regulares del desarrollo y comportamiento del personal, para garantizar que cumplen con los requisitos de calidad y para identificar la necesidad de instrumentar programas de capacitación a nivel individual o a nivel Empresa, para eliminar deficiencias.

II.1.19 Servicios.

Cuando se ofrecen servicios al Cliente, posteriores a la entrega del trabajo, el procedimiento a seguir, se establece durante la reparación de la propuesta y se define claramente en el alcance del Contrato.

II.1.20 Técnicas Estadísticas.

La identificar la necesidad de técnicas estadísticas requeridas para el establecimiento, control y verificación de la capacidad del proceso y de las características del producto.

Se realiza el análisis de proyectos mediante el empleo del método Montecarlo.

II.2 Administración y Aplicación del Sistema de Calidad para la Obra.

La Administración y aplicación del sistema de calidad de la obra se lleva particularmente con la relación de tres sub actividades las cuáles son: Aseguramiento de la Calidad, Control de la Calidad, Mejoras de Calidad y el Plan de Calidad e Inspección en Sitio de cada actividad principal, el cual lleva de la mano para la realización de las actividades, verificaciones, equipo de medición y prueba necesario, recursos necesarios, procedimientos y/o instrucciones de trabajo y finalmente registros de cada actividad, cuando apliquen.

II.2.1 Procedimientos Relacionados para la Implementación del Sistema de Calidad.

De los incisos anteriores se enlistan los Procedimientos Relacionados para la Implementación del Sistema de Calidad.

II.2.1.1 Construcción Directriz.

Construcción Directriz		
# de Proc.	Descripción	
CD 001	Informe Mensual de Proyecto.	
CD 002	Supervisión de la Construcción.	
CD 003	Trazo y Nivelación.	
CD 004	Carga y Acarreo.	
CD 005	Rellenos.	
CD 006	Selección de Bancos.	
CD 007	Instalación y Verificación de Dosificadora.	
CD 008	Instalación de Armados.	
CD 009	Cimbra y Obra Falsa.	
CD 010	Colocación de Concreto.	
CD 011	Instalaciones Sanitarias en Edificios.	
CD 012	Instalaciones Eléctricas en Edificios.	
CD 013	Obra Negra.	
CD 014	Acabados.	
CD 015	Pinturas.	
CD 016	Impermeabilizaciones.	
CD 017	Acarreo y Estibado de Estructuras.	NA
CD 018	Montaje de Estructuras.	NA
CD 019	Pintura Final.	
CD 020	Fabricación de Tuberías.	NA
CD 021	Montaje de Tuberías.	NA
CD 022	Colocación de Accesorios.	NA
CD 023	Selección y pruebas de personal calificado en soldaduras.	NA
CD 024	Aplicación de soldaduras.	NA
CD 025	Montaje y Nivelación.	NA
CD 026	Revisión, Corrección y Grouting.	

Construcción Directriz (continuación)		
# de Proc.	Descripción	
CD 027	Acoplamiento Mecánico.	NA
CD 028	Conexiado y Pruebas.	NA
CD 029	Fabricación de Soportería.	NA
CD 030	Montaje Eléctrico.	NA
CD 031	Conexiado.	NA
CD 032	Pruebas de Conductividad.	NA
CD 033	Excavaciones a Cielo Abierto.	
CD 034	Excavación en Túneles.	

II.2.1.2 Superintendencia.

Superintendencia		
# de Proc.	Descripción	
CS 001	Bitácora de Obra.	

II.2.1.3 Adquisiciones.

Adquisiciones		
# de Proc.	Descripción	
DA 001	Selección de Proveedores y subcontratistas.	
DA 002	Proveedores recomendados y aprobados por el cliente.	
DA 003	Padrón de Proveedores y subcontratistas.	
DA 004	Control de Compras.	
DA 005	Métodos de Procuración.	
DA 006	Control de Productos Proporcionados por el Cliente.	
DA 007	Identificación y rastreabilidad del producto.	
DA 008	Inspecciones especiales del producto.	
DA 009	Administración de Proveedores Especiales.	
DA 010	Almacenes de Materiales de Instalación Permanente.	
DA 011	Manejo, Almacenamiento, Empaque, Conservación y Entrega de Productos.	
DA 012	Numeración de Requisiciones.	

II.2.1.4 Control de Calidad.

Control de Calidad		
# de Proc.	Descripción	
DC 001	Revisión del Sistema de Calidad.	
DC 002	Auditorías Internas de Calidad.	
DC 003	Proceso de Mejoramiento de Calidad.	
DC 003	Proceso de Mejora Continua de la Calidad.	
DC 004	Retroalimentación del Cliente.	
DC 005	Registros de Aseguramiento de Calidad.	
DC 006	Conservación de Registros.	

II.2.1.5 Sistemas.

Sistemas	
# de Proc.	Descripción
DS 001	Instalación de estaciones de trabajo.
DS 002	Normas sobre actualización de software.
DS 003	Mantenimiento de estándares de trabajo.

II.2.1.6 General Directriz.

General Directriz	
# de Proc.	Descripción
GD 001	Elaboración de Procedimientos.
GD 002	Procedimientos para Nuevos Proyectos.
GD 003	Proceso de Mejoramiento de Calidad.
GD 003	Instrucciones de Trabajo.
GD 004	Distribución de Documentos de Contrato.
GD 005	Coordinación de Proyectos.
GD 006	Organización de Proyectos.
GD 007	Información de Documentos.
GD 008	Revisión de Documentos Externos.
GD 009	Archivos de Proyecto.
GD 010	Archivos de Proyecto Terminado.
GD 011	Control de Documentos.
GD 012	Lista Maestra de Documentos.
GD 013	Distribución de Procedimientos y Especificaciones.
GD 014	Residencia General de Obra.
GD 015	Planeación de la Construcción.
GD 016	Programación y Monitoreo.
GD 017	Inspección y pruebas de proveedores.
GD 018	Recepción de registros de inspección y pruebas.
GD 019	Inspección y Pruebas en Construcción.
GD 020	Control y Aseguramiento de Calidad de la Construcción.
GD 021	Verificación del Equipo Topográfico.
GD 022	Calibración de Equipos.
GD 023	Clasificación de Códigos Estándar de Inspección.
GD 024	Control y Aseguramiento de Calidad.
GD 025	No Conformidad de Materiales, Equipo y Construcción.
GD 026	Finiquito de proyectos.
GD 027	Capacitación, Desarrollo y Currícula.
GD 028	Descripciones de Puestos.
GD 029	Procedimiento para Contratación y Cese de Personal.
GD 030	Seguridad Industrial.
GD 031	Servicios al Cliente.
GD 032	Base de Datos de Proyecto.

II.2.2 Procedimientos Elaborados por la Aplicación del Sistema de Calidad en la Obra.

A continuación se enlistan los Procedimientos elaborados en este proyecto.

II.2.2.1 Procedimientos Constructivos Básicos.

Son aquellos que se utilizaban comúnmente en las diferentes áreas de trabajo.

BÁSICOS	
# de Proc.	Descripción
PBC 001	Procedimiento Básico Constructivo de Levantamiento Topográfico.
PBC 002	Procedimiento Básico Constructivo de Acero de Refuerzo.
PBC 003	Procedimiento Básico Constructivo de Cimbra.
PBC 004	Procedimiento Básico Constructivo de Tiro Directo o Bombeo, Vaciado y Vibrado de Concreto.
PBC 005	Procedimiento Básico Constructivo para la Selección de Bancos para la Obtención de Agregados.
PBC 006	Procedimiento Básico Constructivo de Movimiento de Tierras.
PBC 007	Procedimiento Básico Constructivo de Excavaciones a Cielo Abierto.
PBC 008	Procedimiento Básico Constructivo de Cimentaciones.
PBC 009	Procedimiento Básico Constructivo de Muros.
PBC 010	Procedimiento Básico Constructivo para Cancelería y Cristalería.
PBC 011	Procedimiento Básico Constructivo de Colocación de Puertas.
PBC 012	Procedimiento Básico Constructivo de Aplanados.
PBC 013	Procedimiento Básico Constructivo de Aplicación de Pintura.
PBC 014	Procedimiento Básico Constructivo de Cableado y Conducciones Eléctricas.
PBC 015	Procedimiento Básico Constructivo de Instalación de Lámparas y Contactos Eléctricos.
PBC 016	Procedimiento Básico Constructivo de Instalación de Recubrimientos Especiales en Azoteas.
PBC 017	Procedimiento Básico Constructivo de Instalación Hidráulica y Sanitaria.
PBC 018	Procedimiento Básico Constructivo de Instalación de Muebles de Baño y Cocina.
PBC 019	Procedimiento Básico Constructivo de Recorte de Concreto Armado para Descubrir Varillas en Buen Estado y Realizar el Traslape con el Acero de Refuerzo Nuevo.
PBC 020	Procedimiento Básico Constructivo de Excavación en el Banco de Agregados.
PBC 021	Procedimiento Básico Constructivo de Colocación de Anclas.
PBC 022	Procedimiento Básico Constructivo para Ejecución de Prueba de Anclas.
PBC 023	Procedimiento Básico Constructivo de Resane de Concreto.
PBC 024	Procedimiento Básico Constructivo de Inyección de Contacto Concreto - Roca
PBC 025	Procedimiento Básico Constructivo para Juntas Constructivas No Planeadas.

II.2.2.2 Procedimientos Constructivos Específicos.

Son aquellos que se utilizaban particularmente en las áreas de trabajo.

ESPECÍFICOS	
# de Proc.	Descripción
PGC 001	Plan Especifico de Seguridad e Higiene.
PGC 002	Procedimiento de Seguridad Física y Controles de Accesos.
PGC 003	Procedimiento Constructivo de la Plataforma a la Elevación 206.
PGC 004	Procedimiento Constructivo del Muro de Protección en el Portal de Salida del Túnel de Desfogue N° 1.
PGC 005	Procedimiento Constructivo de Bombeo de Achique en el Túnel de Desfogue N° 1.
PGC 006	Procedimiento Constructivo de la Rampa de Acceso al Interior Túnel de Desfogue N° 1.
PGC 007	Procedimiento Constructivo para Excavación en el Túnel de Desfogue N° 1.
PGC 008	Procedimiento Constructivo de la Rampa de acceso para alcanzar el Nivel del Tapón de Concreto y Demolición del Tapón de Concreto.
PGC 009	Procedimiento Constructivo de Limpieza del Túnel de Desfogue No. 1.
PGC 010	Procedimiento Constructivo de Limpieza de la Galería de Transformadores y Barras.
PGC 011	Procedimiento Constructivo de Limpieza de la Galería de Oscilación.
PGC 012	Procedimiento Constructivo para la Edificación de Casetas de Seguridad y el Polvorín.
PGC 013	Procedimiento Constructivo para Terraplén en el Interior del Túnel.
PGC 014	Procedimiento Constructivo para la Producción de Concretos.
PGC 015	Procedimiento Constructivo de Excavación, Limpieza y Colados en el Túnel de Aspiración U6, U7 y U8.
PGC 016	Procedimiento Constructivo para Colado de Muros, Bóveda y Pisos en Galería de Transformadores.
PGC 017	Procedimiento Constructivo para Excavación, Limpieza y Retiro de Estructura en Casa de Máquinas.
PGC 018	Procedimiento Constructivo para Excavación en Galería de Transformadores.
PGC 019	Procedimiento Constructivo para Excavación y Limpieza en Foso Difusor en Casa de Máquinas U6, U7 y U8.
PGC 020	Procedimiento Constructivo de Colados en el Túnel de Desfogue N° 1.
PGC 021	Procedimiento Constructivo para Excavación y Limpieza en Galería de Drenaje U6, U7 y U8.
PGC 022	Procedimiento Constructivo de Colados en Galería de Oscilación.
PGC 023	Procedimiento Constructivo para los Colados en la Galería de Drenaje U6, U7 y U8.
PGC 024	Procedimiento Constructivo para Blindaje del Foso Difusor en Casa de Máquinas U6, U7 y U8.
PGC 025	Procedimiento Constructivo para Colados en Foso Difusor en Casa de Máquinas U6, U7 y U8.
PGC 026	Procedimiento Constructivo para la Edificación del Edificio Administrativo.
PGC 027	Procedimiento Constructivo de Colado en Pilas U6, U7 y U8.
PGC 028	Procedimiento Constructivo para Colado de Rieles de la Galería de Transformadores.
PGC 029	Procedimiento Constructivo para Colado del Túnel de Barras en U6, U7 y U8.
PGC 030	Procedimiento Constructivo de Acabados en la U6, U7 y U8.
PGC 031	Procedimiento Constructivo de Acabados en Túneles de Barras.
PGC 032	Procedimiento Constructivo para Acabados en Galería de Transformadores.
PGC 033	Procedimiento Constructivo de Excavación y Retiro de muro de Protección, Colado faltante y Retiro de Rampas y Plataforma.
PGC 034	Procedimiento Constructivo para Colado del Caracol de la Turbina U6, U7 y U8.
PGC 035	Procedimiento Constructivo para Perfilado en Roca, Limpieza y Colado de Trabe Carril U6, U7 y U8.

ESPECÍFICOS (continuación)	
# de Proc.	Descripción
PGC 036	Procedimiento Constructivo de Colado en Pozo Vertical de las Fases de los Buses U7 y U8.
PGC 037	Procedimiento Constructivo de Colado del Manguito.
PGC 038	Procedimiento Constructivo para Colados entre el Nivel 202 y el Nivel 211 en la U6, U7 y U8.
PGC 039	Procedimiento Constructivo de Montaje y Colado de Rieles en la Galería de Transformadores.
PGC 040	Procedimiento Constructivo del Edificio de Talleres y Laboratorio.
PGC 042	Procedimiento Constructivo para la Edificación de la Sala de Control y Oficina Técnica.
PGC 043	Procedimiento Constructivo para la Edificación de la Sala de Baterías.
	Procedimiento Constructivo para la Edificación del Taller Electromecánico.
PGC 044	Procedimiento Constructivo de Colado en Pozo Vertical de las Fases de los Buses U6.
PGC 045	Procedimiento Constructivo de Inyección de Contacto Concreto - Blindaje en la U6, U7 y U8.

II.2.2.3 Estrategias.

Son aquellas que fueron solicitadas por el Cliente.

ESTRATEGIAS	
# de Proc.	Descripción
E 001	Estrategia para los trabajos en Casa de Máquinas.
E 002	Estrategia para los trabajos en la Galería de Transformadores.
E 003	Estrategias para los trabajos previos para la Demolición del Tapón de Concreto en el Túnel de Desfogue 1.
E 004	Estrategia para la producción de Concreto.
E 005	Estrategia para el Manejo de Explosivos (Introducción, Extracción y Resultantes en Polvorin) y Seguridad en Voladuras.
E 006	Estrategia para el Bombeo del Agua en los Túneles de Aspiración U6, U7 y U8 para asegurar limpieza.
E 007	Estrategia de Seguridad para el Montaje de Agujas del Muro Ataguia en el Portal de Salida del Túnel de Desfogue No. 1.
E 008	Estrategia para el colado del Piso de la Galería de Inspección en U6.
E 009	Estrategia para la Reparación del Muro Margen Derecha del Túnel de Desfogue No. 1
E 010	Estrategia para el Colado de las Placas de Apoyo del Antedistribuidor de la U7 en Casa de Máquinas.
E 011	Estrategia para el Pintado de Anclas.
E 012	Estrategia para la Protección de las Juntas de las Tapas de las Trincheras de Cables en el Edificio de Talleres y Laboratorio.
E 013	Estrategia para la Excavación para la Cimentación de los Equipos Menores de la Subestación Eléctrica.
E 014	Estrategia para la Construcción del Edificio Electromecánico.
E 015	Estrategia para Obtener la Apertura Necesaria (Demolición) para el Correcto Deslizamiento de las Compuertas en las Guías de las Pilas en la Galería de Oscilación.
E 016	Estrategia para los Colados en el Cono del Foso Difusor de la Unidad 6.
E 017	Estrategia para los Trabajos en Subestación.
E 018	Estrategia para los 2os y 3os Colados a la Elev. 204 del Cilindro del Generador en las U6, U7 y U8 en Casa de Máquinas.
E 019	Estrategia para la Voladura Final del Portal de Salida del Túnel de Desfogue # 1.

II.2.2.4 Procedimientos de Calidad del Cliente.

Son aquellos que se recibieron de parte del cliente para atención de su Sistema de Calidad.

CALIDAD (Cliente)	
# de Proc.	Descripción
C 001	Manual de Calidad.
C 002	Procedimiento para el Control de Registros de Calidad.
C 003	Procedimiento para Efectuar la Capacitación.
C 004	Procedimiento para el Control de Equipo de Inspección y Pruebas.
C 005	Procedimiento de Acciones Correctivas y Preventivas.
C 006	Procedimiento para el Control de Documentos.
C 007	Procedimiento para las Compras en Obra.
C 008	Procedimiento para el Control de No Conformidades (Desviaciones y Solicitudes de Acción Correctiva).
C 009	Procedimiento de Auditorías Internas.
C 010	Procedimiento para el Control de Registros de Calidad.

Dentro de la Obra civil se definen los registros requeridos para la administración y aplicación del sistema de calidad, siendo los principales:

- Todos los registros de los Procedimientos Constructivos antes mencionados cuando se les requiera.
- Verificación de Topografía.
- Verificación de la Cimbra.
- Verificación del Acero de Refuerzo.
- Orden de Colocación de Concreto y su Verificación. (Anexo 2.2.1).
- Verificación de Colocación y Prueba de Anclas.
- Supervisión y Aceptación Final.
- Plan de Inspección de Pruebas. (Anexo 2.2.2).
- Plan de Inspección del Sitio.
- Plan de Auditorías.
- Plan de Calibración de Equipos.
- Registros de Calibración de Equipos.
- Balance y Síntesis de Registros.

II.2.2.5 Procedimientos Ambientales del Cliente.

Son aquellos que se recibieron de parte del cliente para atención de su Sistema Ambiental.

CALIDAD (Cliente)	
# de Proc.	Descripción
A 001	Plan de Protección Ambiental del Proyecto.
A 002	Manual de Administración Ambiental del Proyecto.
A 003	Administración Ambiental Plan de Contingencias.
A 004	Procedimiento de Identificación de Aspectos Ambientales.
A 005	Procedimiento de Identificación de Requisitos Legales.
A 006	Procedimiento de Establecimiento de Objetivos y Metas.
A 007	Procedimiento de Capacitación, Concientización y Competencia.
A 008	Procedimiento para Informes de Actividades Realizadas de Capacitación.
A 009	Procedimiento para garantizar la Educación Ambiental de Titulares y Encargados.
A 010	Procedimiento de Comunicación Interna.
A 011	Procedimiento de Comunicación Externa.
A 012	Control de Documentos.
A 013	Procedimiento de Elaboración, Actualización y Autorización de Procedimientos Técnicos y Administrativos.
A 014	Procedimiento de Control de Operaciones Asociadas con Aspectos Ambientales Significativos.
A 015	Procedimiento para identificar situaciones de Emergencia de Impactos Ambientales Significativos.
A 016	Procedimiento Para el Control de Fugas o Derrames Diesel.
A 017	Procedimiento Para el Control de Fugas o Derrames de Aceite.
A 018	Procedimiento de Verificación y Maquinaria y su Cumplimiento con las Normas Relacionadas a las Emisiones a la Atmósfera y Generación de Ruido.
A 019	Procedimiento para Evaluar el Cumplimiento en Materia de Legislación Ambiental.
A 020	Procedimiento de No Conformidad y Acciones Preventivas y/o Correctivas.
A 021	Procedimiento de Identificación y Disposición de Registros.
A 022	Procedimiento de Auditorías del SAA.
A 023	Procedimiento de Revisión del SAA por parte de la Dirección.
A 024	Procedimiento de Seguimiento al Cumplimiento de las Condicionantes de la MIA.
A 025	Procedimiento para el Manejo y Tratamiento de Aguas Residuales.
A 026	Procedimiento Para la Identificación y Manejo de Residuos Peligrosos.
A 027	Procedimiento de Identificación y Manejo de Residuos No Peligrosos.
A 028	Procedimiento de Aspectos Ambientales para la Obra Civil.

Anexo 2.2.1

Protocolo de Verificación y Orden de Colocación de Concreto.

Fecha:	Hora:	No. de Colado:
--------	-------	----------------

1.- Ubicación.

Frente: _____

Localización: _____

Niveles Verticales: _____

Niveles Horizontales: _____

2.- Planos Buenos Para Ejecución.

Código.	Descripción:	Estatus

3.- Criterios de Verificación.

3.1 Topografía			3.2 Acero de Refuerzo			3.3 Cimbra		
Constructora	Cliente	Vo. Bo.	Constructora	Cliente	Vo. Bo.	Constructora	Cliente	Vo. Bo.
Descripción.		Verificación.	Descripción.		Verificación.	Descripción.		Verificación.
Líneas y Niveles.			Cotejo del Plano			Verticalidad.		
Elementos Embebidos.			Traslapes.			Alineación.		
			Recubrimiento.			Calafateado.		
			Limpieza.			Instalación de Tierras.		
						Limpieza.		

4.- Colado.

4.1 Diseño de Mezcla: _____, 4.2 Revenimiento: _____.

4.3 Cantidad Estimada de Concreto: _____, 4.4 Tipo de Colocación: _____.

Constructora			Supervisión del Cliente			Vo. Bo.
Jefe de Frente	P. de Concreto	Laboratorio	Obra Civil	Obra Eléctrica	Obra Mecánica	

Anexo 2.2.2

Plan de Inspección y Pruebas de la Obra Civil

#	Métodos de Prueba	AÑO												Especificación	Parámetro	Frecuencia	
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D				
CONCRETO																	
01	Aditivos	P													CH-CHI-EC-98. ASTM C-494 (NOM-C-255)	Certificado de Calidad	Presentar Certificado de Calidad del Fabricante por Lote Recibido.
		E															
02	Agregados (Estudio)	P													CH-CHI-EC-98.	Arena M. F. 2.3 a 3.1	Mensualmente.
		E															
	a) Arena SD	P														Arena M. F. 2.3 a 3.1	Mensualmente.
		E															
	b) Arena DB	P														Arena M. F. 2.3 a 3.1	Mensualmente.
		E															
	c) Grava 1	P														Grava 19.1 mm y No. 4 (3/4 y No. 4). Lajeo < 18 %.	Cada vez que el cliente lo requiera.
		E															
d) Grava 2	P													Grava 19.1 y 38.1 mm (3/4 y 1 1/2). Lajeo < 15 %.	Cada vez que el cliente lo requiera.		
	E																
03	Agua	P												CH-CHI-EC-98. NOM C-122		Al inicio de los Trabajos, cada 3 a 6 meses y/o cambie la Fuente.	
		E															
04	Cemento	P												CH-CHI-EC-98. ASTM-C-150.	Certificado de Calidad	Presentar Certificado de Calidad del Fabricante por Lote Recibido	
		E															
05	Diseños de Mezclas	P												CH-CHI-EC-98.	Cada nuevo diseño requiere la autorización de Cliente para su utilización.	Al inicio de los Trabajos, cuando cambien las propiedades de los materiales (Arena y Grava) y/o se solicite un diseño nuevo por parte del Cliente.	
		E															
06	Muestreo del Concreto Fresco	P												CH-CHI-EC-98. ASTM C-31, C-39 y C-143.		De acuerdo a la Tabla 1 anexa.	
		E															
	a) Cabeceo de Especímenes	P														De acuerdo a la Tabla 1 anexa.	
		E															
	b) Elaboración de Especímenes	P													De acuerdo a la Tabla 1 anexa.	De acuerdo a la Tabla 1 anexa.	
		E															
	c) Masa Unitaria	P														Prueba por Colado	
		E															
	d) Resistencia a la Compresión	P														De acuerdo a la Tabla 1 anexa	
		E															
	e) Revenimiento	P													Fácil colocación: 8 +/- 2 cm y cuando se requiera mayor fluidez: 10 cm +/- 2 cm.	Deberán efectuarse para la primera mezcla de concreto del día, cuando se fabriquen cilindros de concreto y cuando el concreto parezca variar.	
		E															
	f) Temperatura	P													Masivo > 100 cm [Planta 20, al Colocar 23] °C Semimasivo 60 - 100 [Planta 23, al Colocar 26] °C Normal < 60 cm [Planta 28, al Colocar 31] °C	Cada vez que se cheque el revenimiento. * El espesor es determinado por el promedio de la distancia más corta.	
		E															

Para una buena administración del sistema de calidad es necesario que además de la interrelación y coordinación de las sub actividades tengamos en cuenta, los siguientes ocho principios que constituyen la Administración de la calidad:

- **El Enfoque con el cliente**, es de suma importancia hoy en día el cuidado los clientes, ya que de la “satisfacción del cliente” dependerá la estabilidad de nuestros productos o servicios. Por este motivo es importante la evaluación de nuestro cliente para que las relaciones día con día mejoren.
- **El Liderazgo**, los líderes establecen la unidad de propósito y la orientación de la organización, ellos crean y mantienen un ambiente interno, en el cual el personal puede llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos de la organización.
- **Participación del personal**, el personal en toda organización o proyecto a todos los niveles, es la esencia de toda organización y su total compromiso posibilita que sus habilidades sean usadas para el beneficio de la organización o proyecto.
- **Mejora continua**, para el desempeño global, debe ser un objetivo latente para una buena administración del sistema de calidad.
- **Enfoque basado en hechos para la toma de decisión**, las decisiones eficaces se basan en el análisis de los datos y la información, un buen análisis y toma de decisión, puede ser el éxito de cualquier organización o proyecto, una de las herramientas más importantes para una buena administración del sistema de calidad.
- **Relaciones benéficas con los proveedores**, en una organización o proyecto los proveedores son esenciales en una cadena de suministro de productos o servicios por esta razón se deben mantener relaciones mutuamente benéficas para aumentar la capacidad de ambos y crear valor agregado.

II.3 Aplicación del Sistema Ambiental para la Obra.

Para la implementación en obra de un sistema de administración ambiental, es requisito indispensable el conocimiento de la norma aplicable.

Estas normas son las que establecen herramientas y sistemas para la administración de numerosas obligaciones ambientales y la realización de evaluación del producto, sin determinar que metas debe alcanzar una organización

La serie ISO 14000 es de dos tipos:

Normativa

- Especifican requerimientos que deben ser alcanzados y auditables para la certificación

Informativa

- Son guías y por lo tanto no son requisitos para la certificación ni auditables.

Es una norma que describe las especificaciones necesarias para implantar un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) dentro de una determinada organización.

La estructura es la siguiente:

- Estructura organizacional
- Responsabilidades
- Autoridad
- Procedimientos de trabajo documentados
- Recursos humanos, materiales y financieros

ISO 14001 norma de aplicación internacional, se caracteriza por ser:

- Genérica
- Voluntaria
- Basada en Sistemas
- Fomento de mejora continua

La Estructura tiene la siguiente forma:

1. Alcance
2. Referencias normativas
3. Definiciones
4. Requisitos de un S.A.A. (Sistema de Administración Ambiental)

II.3.1 Implementación.

Modelo para la Aplicación e Implementación de un Sistema de Gestión Ambiental

Para la aplicación e implementación de un Sistema de Administración Ambiental, primeramente se deben conocer las definiciones básicas que son las siguientes:

Mejoramiento Continuo.

- Proceso que favorece al Sistema de Administración Ambiental para alcanzar el desarrollo total de acuerdo con las políticas ambientales.

Ambiente.

- Alrededores de un centro de trabajo en operación, incluyendo el aire, suelo, agua, recursos naturales, flora, fauna, humanos y sus interrelaciones.

Aspecto ambiental.

- Se refiere al elemento de una actividad productiva que tiene interacción con el medio ambiente.

Impacto ambiental.

- Cualquier cambio adverso o benéfico en el ambiente, total o parcial, que resulta de las actividades, productos o servicios del centro de trabajo

Sistema de Administración Ambiental (SAA)

Objetivo ambiental

Desempeño ambiental

- Resultados medibles del SAA relacionados con el control de los aspectos ambientales de un centro de trabajo basados en su política, objetivos y metas ambientales

Meta ambiental

Interesados

- Individuos o grupos de personas preocupados o afectados por el desarrollo ambiental del centro de trabajo

Centro de trabajo

- Cualquier área o instalación de la CPH donde se desarrollan actividades de trabajo y que cuentan con clave de responsabilidad.

Prevención de la contaminación

- Uso de procesos, prácticas, materiales o productos, que evitan, reducen o controlan la contaminación, las cuales pueden incluir reciclado, tratamiento, cambios de procesos, mecanismos de control, uso eficiente de recursos y sustitución de materiales.

Aspectos ambientales

- Elemento de las actividades, productos o servicios de una Organización, que puede interactuar con el entorno.

Los Requerimientos que se necesitan para la implementación y así aplicar el Sistema de Administración Ambiental son los siguientes:

- Requisitos generales
- Política ambiental
- Planeación
- Implantación y operación
- Verificación y acción correctiva
- Revisión por parte de la dirección

Política: Es una declaración pública por parte de la alta dirección sobre las intenciones y principios de acción de la organización acerca de sus aspectos ambientales, que da lugar a sus objetivos y metas

Planear:

- Aspectos Ambientales
- Requerimientos Legales
- Objetivos y Metas

- Programa (s) de Administración Ambiental

Procedimientos. Se deben documentar procedimientos para:

- Identificar los aspectos ambientales de sus actividades, productos o servicios.
- Determinar cuales de éstos tienen o pueden tener impactos ambientales significativos.
- **Requerimientos legales:** Para identificar y tener acceso a todos los requisitos legislativos y códigos aplicables al control de los aspectos ambientales de sus actividades, productos o servicios.

Se debe asegurar la disponibilidad oportuna y la actualización de estos requerimientos normativos.

Se deben mantener Objetivos y Metas:

Los Objetivos: Es un propósito que surge de la Política ambiental.

Las Metas: Son requisitos detallados de actuación, cuantificados siempre que sea posible, aplicados a la Organización o a partes de ésta, que tiene su origen en los objetivos ambientales y se deben cumplir para alcanzar dichos objetivos.

Se debe definir un programa para lograr el cumplimiento de los objetivos y metas que incluya:

- Responsabilidades
- Medios
- Cronograma de actividades

Se deben contemplar programas para los proyectos nuevos o modificaciones de actividades, productos o servicios, que incluyan:

Implementación y Operación

- Estructura y responsabilidad
- Capacitación, concientización y competencia
- Comunicación
- Documentación del SAA.
- Control de documentos
- Control operacional
- Prevención y respuesta a emergencias

A continuación la explicación de cada una:

Estructura y Responsabilidades: Las funciones del representante de la Gerencia son:

Asegurar que el SAA. Está definido, implantado y mantenido, de acuerdo a los requerimientos de la Norma.

Comunicar a la Gerencia acerca del desempeño del SAA, que permita llevar a cabo revisiones y determinar las bases para la mejora continua.

Capacitación y Comunicación:

La Organización debe:

Identificar las necesidades de capacitación del personal clave del SAA.

Asegurar que dicho personal reciba una capacitación apropiada.

Asegurar que dicho personal sea competente en el desempeño de sus actividades, con base en su nivel de educación, capacitación y/o experiencia.

Capacitación, concientización y competencia:

Se debe definir y documentar procedimientos para concientizar al personal acerca de:

La importancia de cumplir con la política ambiental los procedimientos y requerimientos del SAA.

Los impactos ambientales significativos provocados por el desarrollo de sus actividades.

Los beneficios ambientales producto de la mejora en el desempeño de sus actividades.

Las funciones y responsabilidades para cumplir con la política y los requerimientos del SAA.

Las consecuencias potenciales en caso de no apegarse a los procedimientos de trabajo.

Comunicación:

La Organización debe establecer y mantener procedimientos para:

- Recibir
- Documentar
- Responder

Se deben registrar los acuerdos alcanzados en las comunicaciones externas, acerca de los aspectos ambientales significativos tratados.

Documentación del Sistema de Administración Ambiental:

Se debe definir y mantener la información que permita:

Describir e inter-relacionar los elementos clave del Sistema
Guiar el manejo de los diferentes documentos
La información puede almacenarse en: papel o / y archivos electrónicos.

Se debe llevar un control operacional, el cual es:

Control Operacional.

La Organización debe identificar actividades y procesos que afecten al ambiente, de acuerdo a lo establecido a su política, objetivos y metas

La Organización debe planear el desarrollo de estas actividades para considerar que son efectuadas bajo situaciones controladas considerando:

- Condiciones normales de operación.
- Actividades de mantenimiento.

Atención y respuesta a emergencias, se debe definir y documentar procedimientos para:

- Identificar condiciones que puedan originar situaciones de emergencia.
- Dar respuesta oportuna a estas situaciones.
- Prevenir y mitigar los impactos ambientales asociados a tales situaciones.

Se deben revisar dichos procedimientos después de presentarse alguna situación de emergencia, en la manera de lo posible, se deben probar sus procedimientos, aún sin ocurrir situaciones adversas.

Monitoreo y mediciones, se deben definir y documentar procedimientos para:

Monitorear y medir las actividades y operaciones que tengan un impacto ambiental significativo
Evaluar el cumplimiento de las actividades con respecto a la normatividad ambiental vigente

Considerando:

Periodicidad
Registro de los resultados para medir el desempeño
Conformidad con los objetivos y metas
Calibración de equipos e instrumentación

De esta manera se aplica e implementa un Sistema de administración ambiental, sin embargo cabe mencionar que faltan algunos puntos, semejantes y que ya se mencionaron para la implementación y aplicación de un Sistema de calidad, los cuales son los que se refieren al:

- Control de documentos.
- Verificación y acciones correctivas.
- No conformidades y acciones correctivas y preventivas.
- Registros.
- Auditoría del Sistema de Administración Ambiental.
- Revisión Gerencial.

*** Los siguientes puntos por su similitud al sistema de Calidad ya no se mencionarán.**

A continuación se enuncian algunos beneficios que se tienen en las organizaciones que aplican e implementan un Sistema de administración Ambiental:

- Reducción de costos
- Prevención de impactos ambientales
- Mejoramiento de la imagen:
 - Demandas sociales
 - Gubernamental (autoridades ambientales)
- Competitividad internacional
- Satisfacción a los clientes

II.3.2 Actividades Realizadas del Sistema de Administración Ambiental.

Atendiendo las condicionantes del Instituto Nacional de Ecología (INE) y lo especificado en el Manual de Administración Ambiental (MAA) y en el Plan de Protección Ambiental (PPA) que regulan el desarrollo en materia ambiental de la C. H. Ing. Manuel Moreno Torres "Chicoasén" 2ª Etapa, se realizaron las siguientes actividades de:

Aspectos Ambientales atendidos por sitio

Sitios en Obra	Aspectos Ambientales								
	Generación de Residuos Peligrosos	Generación de Residuos No Peligrosos	Contaminación por residuos de tipo industrial	Contaminación por residuos al ingreso de personal nuevo	Contaminación de A. Nacionales por A. Residuales	Contaminación de río temporal por aguas residuales	Generación de humos, gases y Ruido	Incendios Forestales Potenciales	Suelos y taludes desprotegidos de cobertura vegetal
- Plataforma de Oficinas	X	X		X		X		X	X
- Taller Mecánico Central	X	X	X	X		X		X	X
- Colectivos (dormitorios)		X		X		X		X	X
- Cocina-comedor		X		X		X		X	X
- Plataforma para tiro de Escombros		X	X	X			X	X	X
- Gasolinera	X	X		X		X	X	X	X
- Almacén de Residuos Peligrosos	X	X		X		X	X	X	X
- Plataforma de Lavado	X	X				X		X	
- Banco de Materiales "La Pedrera"							X		
- Túnel de Desfogue # 1	X	X	X	X	X		X	X	
- Almacén General	X	X	X	X					
- Plantas Clasificadora y Dosificadora	X	X		X	X				
- Casa de Máquinas	X	X		X	X		X		
- Galería de Oscilación	X	X		X	X		X		
- Lumbreras	X	X		X	X		X		
- Subestación	X	X		X			X	X	
- Galería de Oscilación	X	X		X	X		X		
- Galería de Transformadores.	X	X		X	X		X		

II.3.2.1 Desmonte y Despalme.

Cabe señalar que antes de iniciar estas actividades se realizó un recorrido de inspección para verificar la existencia de flora y fauna silvestre que requiera de algún trato especial para su cuidado y conservación. En el área de la Subestación se recuperaron 6 ejemplares de la familia de las *cactaceae*, comúnmente llamada “*órgano*” de especie no determinada y se reubicaron en un nuevo sitio dentro de la obra donde no fueran afectadas, en las demás áreas no se encontraron ejemplares para su reubicación.

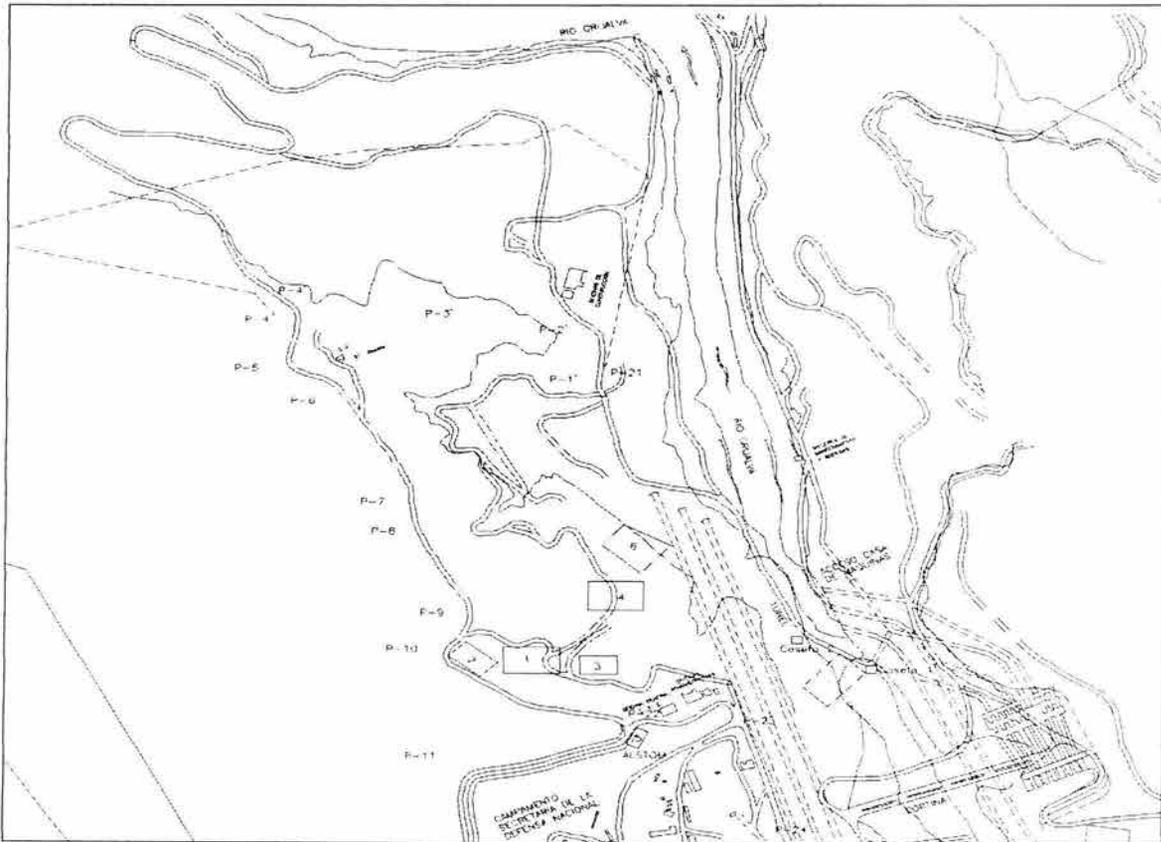
Áreas en las cuales se realizó el desmonte y despalme:

✓ Laterales del camino pavimentado y terracería hacia el poblado el Zapote, vía que se utilizó como acceso principal hacia las áreas de trabajo, =	33,467.50 m ² .
✓ Camino denominado “fantasma”, vía alterna hacia las áreas de trabajo =	12,294.80 m ² .
✓ Plataforma de las oficinas =	4,774.00 m ² .
✓ Plataforma de Campamentos =	2,000.00 m ² .
✓ Acceso del camino pavimentado a plataforma No. 1 =	1,638.00 m ² .
✓ Plataforma de la Subestación =	1,500.00 m ² .
✓ Acceso del camino pavimentado hacia el tanque de almacenamiento de agua =	<u>1,253.00 m².</u>
Total de las áreas desmontadas y despalmadas =	56,927.30 m ² .

El material vegetal producto de las actividades antes descritas se fraccionó y se composteó en la plataforma de desechos para su reintegración al suelo.

- 1) Camino denominado “fantasma”.
- 2) Acceso del camino pavimentado a la plataforma No. 1.
- 3) Acceso del camino pavimentado hacia el tanque de almacenamiento de agua.
- 4) Laterales del camino hacia el Zapote.
- 5) Plataforma de las oficinas.
- 6) Plataforma de los campamentos.

Croquis de Ubicación



II.3.2.2 Protección de Suelos.

1.- Reforestación Estratificada.

Se realizó el proceso de reforestación para garantizar una óptima recuperación del ecosistema de la Selva Baja Caducifolia donde se estuvo llevando a cabo el proyecto. Debido a que no es recomendable contar con ejemplares y especies de edad homogénea, se decidió hacer reforestaciones anuales con especies y cantidades diferentes considerando las características de la flora silvestre nativa y garantizando la formación de estratos vegetales naturales.

En el año 2001, la reforestación se llevó a cabo a principios del mes de agosto esperando que se regularizara la época de lluvias. Se inició con 5 especies para distribuirse en las áreas de Oficinas, Colectivos y Cocina para iniciar la protección de taludes y evitar posibles erosiones por lluvia y aire.

Los ejemplares con los que se inició la reforestación ese año fueron:

Nombre Científico	Nombre Común	Cantidad
<i>Himenaea corbaril</i> L.	Guapinol	50
<i>Ceiba pentandra</i> Gaertn	Ceiba	50
<i>Crescentia cujete</i> L.	Morro	50
<i>Bombas elliptium</i> HBK	Sospó	25
<i>Talisia olivaeformis</i> Randlk	Guaya	25
	Total	200

Del total de especies reforestadas, 60 fueron sembradas en el área de oficinas y el resto (140) se repartieron en la plataforma de campamentos, dormitorios, oficinas y talleres de diesel y gasolina, además en el área de comedores. Se vino realizando el cuidado necesario a los ejemplares reforestados como el riego cuando terminó la época de lluvias.

- Evaluación de Reforestación 2001.

Se llevó a cabo un cuidado continuo de la reforestación del 2001. Se cuantificó la supervivencia antes de iniciar la reforestación del 2002, quedando un total de 160 de 200 sembradas en año del 2001. La altura de los ejemplares varió dentro de un rango de 90 a 450 cm aproximadamente.

- Reforestación Estratificada del 2002.

Para darle continuidad al programa de reforestación estratificada correspondiente al 2002 y para una óptima recuperación del ecosistema de la Selva Baja Caducifolia, se realizó tanto la reposición de ejemplares muertos de la reforestación correspondiente al 2001; como la reforestación correspondiente al 2002. Esta reforestación se llevó a cabo a principios del mes de julio y se concluyó en septiembre, con una previa capacitación técnica que duró aproximadamente 8 horas repartidas en 4 días.

Las zonas que se reforestaron en este año fueron las Plataformas de oficinas, dormitorios colectivos, cocina-comedor, gasolinera y la de escombros.

Esta vez se utilizaron 9 especies diferentes a las del año 2001 para garantizar una diversificación vegetal aceptable, así como para la protección de taludes y evitar posibles erosiones por lluvia y aire.

Los especies utilizadas y reforestadas este año fueron:

Nombre Científico	Nombre Común	Cantidad Reforestada
<i>Tabebuia rosea</i>	Matiilisguate	58
<i>Leucaena leucecephala</i>	Guash	58
<i>Lochocarpus guatemalensis</i>	Chaperla	50
<i>Lochocarpus rugosus</i>	Matyabuey	47
<i>Caesalpinia eriotachys</i>	Palo puerco	50
<i>Fraxinus uhdei</i>	Fresno	46
<i>Haematoxylon brasiletto</i>	Brasil	35
<i>Diospyros digina</i>	Zapote negro	6
<i>Cordia allodora</i>	Pajarito	49
Total		399

Quedando de la siguiente manera:

Lugar	No. de ejemplares	Situación		Observaciones
		Vivas	mueratas	
Oficina Central	30	29	01	Se sustituyeron 16 plántulas débiles que se sembraron en 2001
Taller mecánico	13	09	04	Se sustituyeron 8 plántulas muertas que se sembraron en 2001
Campamento (dormitorio)	147	147	0	Reforestación 2002
Comedor	38	38	0	Reforestación 2002
Gasolinera	74	73	01	Reforestación 2002
Plataforma p / escombros	97	84	13	Reforestación 2002
Totales	399	380	19	

- Reforestación Estratificada del 2003.

Para darle continuidad al programa de reforestación estratificada correspondiente al 2003 y para una óptima recuperación del ecosistema de la Selva Baja Caducifolia, se realizó tanto la reposición de ejemplares muertos de las reforestaciones pasadas. Esta reforestación se llevó a cabo a principios del mes de julio y se concluyó en octubre, con una previa capacitación técnica que duró aproximadamente 7 horas repartidas en 2 procesos. El primero fue impartido por un especialista del Jardín Botánico "Faustino Miranda" sobre: Viveros y Reforestación en especies maderables y arbustivas. El segundo proceso fue impartido por el SAA para la adecuación técnica en el sitio y para la restauración de los sitios afectados con especies nativas.

Las zonas que se reforestaron en este año fueron los dormitorios colectivos, cocina-comedor, gasolinera, caminos de acceso y banco de materiales.

Esta vez se utilizaron 19 especies nativas, sembrándose un total de 212 plántulas y 400 semillas. También se hizo una donación de 70 plántulas como apoyo a la comunidad de Chicoasén. Todas ellas producidas en el Jardín Botánico "Faustino Miranda" de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

No.	Especie	Campamentos	Cocina	Gasolinera	Bifurcación de Caminos	Pedreira	Totales Sembradas	Donadas
1	Hormiguillo	1	5	-	-	10	16	4
2	Anona	2	2	-	-	-	4	11
3	Guayaba	1	-	-	-	-	1	24
4	Achiote	3	1	4	10	-	18	16
5	Fresno	1	-	-	-	4	5	4
6	Árbol del Pan	2	2	-	-	-	4	7
7	Papaya Orejona	2	3	-	4	-	9	5
8	Cciba	-	-	5	5	-	10	-
9	Sospó	-	-	4	-	-	4	2
10	Palo Puerco	-	-	10	-	20	30	-
11	Matiabucy	-	-	5	-	10	15	-
12	Ormosia	-	-	5	-	-	5	-
13	Morro	-	-	4	-	-	4	-
14	Pajarito	-	-	-	5	20	25	-
15	Chaperla	-	-	-	5	-	5	-
16	Caoba	-	-	-	5	-	5	-
17	Cuamuchil	-	-	-	5	-	5	-
18	Brasil	-	-	-	5	-	5	-
19	Guash	-	-	7	5	30 + 400 semillas	42 + 400 semillas	70
	Totales	12	13	44	49	94 + 400 semillas	212 + 400 semillas	70

2.- Reforzamiento de Taludes.

Para la habilitación de plataformas fue necesario realizar un reforzamiento de taludes para evitar la erosión del suelo. Para ello se llevó a cabo, además de una reforestación en los límites de los taludes, un sembrado de guías de pasto nativo que se mantuvo húmedo para facilitar el crecimiento de la cobertura herbácea en estos sitios.

3.- Protección de Sitios de Paso.

En las áreas donde se encontraron escorrentías naturales y que coincidían con los caminos de acceso a la obra, se realizaron actividades de protección del suelo como fueron:

- Construcción de puentes temporales que incluyeron tubos para evitar la interrupción del paso natural de escurrimientos naturales.
- Relleno con reza y piedra grande para facilitar el paso de escorrentías antes de llegar al Túnel de Desfogue.

II.3.2.3 Manejo de Residuos.

1.- Control y Manejo de Residuos Peligrosos.

Construcción de instalaciones: Se construyó el Almacén para Residuos Peligrosos ubicado en la plataforma No. 4 con las siguientes características: Cuenta con una área aproximada de 15 m² aproximadamente, su construcción fue hecha a base de muros de block, con cemento-arenado, piso de concreto armado y contiene una trinchera preventiva para derrames de residuos peligrosos, además una cerca de malla ciclónica con puerta de malla, el techo es de lamina de zinc y un drenaje de concreto para la captación de los residuos peligrosos.

Para las trampas de grasas de la plataforma de lavado y el área de la gasolinera, se les colocó una tubería con codos para permitir la salida del agua y la captura de aceites, grasas y/o combustibles.

También se construyeron 2 talleres de mantenimiento de maquinaria y equipo, con sus respectivas canaletas de captación de derrames, depósitos de residuos peligrosos, señalización y control, así como de la plataforma de lavado y gasolinera considerando las especificaciones para el control de posibles derrames accidentales.

Documentación: Se contó con el Registro Oficial de Generación de Residuos Peligrosos emitido por la SEMARNAT, así como la Libreta de Registro Oficial y una Bitácora del SAA para el registro de residuos peligrosos tales como: aceites gastados, materiales impregnados y piezas de equipos y maquinaria de deshecho. La recolección y transporte del material generado durante la ejecución del proyecto se realizaba normalmente cada 60 a 90 días, manejándose en la bitácora, dándose como sitio de disposición y/o almacenamiento final en "La Cooperativa Cruz Azul" ubicado en Lagunas, Oaxaca.

Manejo y Disposición: Cuando existieron derrames accidentales considerables, se procedió a levantar, almacenar y registrar la tierra contaminada.

Generación y Transportación de Residuos Peligrosos:

No. de Manif.	Cantidad por Tipo de Material Transportado				
	Tierra [Kg]	Aceite Gast. [Lts]	Estopas [Kg]	Filtros [Kg]	Baterías [Pzas.]
01	240	1 900	530	-	15
02	290	1 930	-	-	6
03	1 360	2 600	400	40	6
04	250	3 000	10	-	18
05	-	4 200	112	80	20
06	400	200	-	30	18
07	-	2 400	-	-	14
08	-	2 400	-	-	7
09	70	400	-	-	8
10	-	2 400	-	-	5
11	680	1 600	112	120	5
12	150	-	112	160	-
Totales	3 440	23 030	1 276	440	122

2.- Control y Manejo de Residuos No Peligrosos.

Colocación de Recipientes: Se colocaron por lo menos 2 recipientes en cada uno de los frentes de la obra para evitar la contaminación y la generación de posibles enfermedades por presencia de fauna nociva. Fueron ubicados en las siguientes áreas:

Almacén General, Clasificadora-Dosificadora, Talleres de Carpintería y Provisional de Servicio, Galería de Oscilación, Galería de Transformadores, Túnel de Desfogue # 1, Gasolinera, Almacén de Residuos Peligrosos, Plataforma de Lavado, Oficinas de Campo, Taller Mecánico General, Campamentos, Comedor y Cocina.

Inspección para su manejo: La inspección y recolecta se realizaba 3 veces por semana para evitar la a acumulación de basura como materia orgánica, plásticos, papel, cartón, metales y vidrio.

Transportación: La basura generada se transportaba al relleno sanitario de Chicoasén u Osumacinta en promedio 3 veces por semana, contando con el permiso correspondiente.

Desechos industriales: El escombros resultado de la limpieza de las áreas de trabajo, así como los materiales que ya no tenían reutilización, fueron destinados como relleno para los caminos enlodados y como filtros de las aguas residuales.

III. PRODUCCIÓN DE CONCRETO

III.1 Estrategia de la Producción del Concreto.

En este capítulo se definen los requerimientos mínimos necesarios para que el concreto colocado satisfaga los requerimientos del proyecto.

Respecto a las dimensiones de las estructuras, de acuerdo a las Especificaciones se consideran tres tipos de concreto:

- Masivo, espesor mayor de 100 cm.
- Semimasivo, espesor entre 60 y 100 cm.
- Normal, espesor menor de 60 cm.

Cuando por sobreexcavación u otra causa, el espesor previsto del concreto aumente, se debe tratar como semimasivo o masivo, según el caso, conforme a las indicaciones del Cliente.

Para la diversidad de las obras o estructuras se tendrán los siguientes concretos:

- a) Concreto simple $f'c = 10$ Mpa (100 Kg/cm²) en plantillas.
- b) Concreto simple reforzado $f'c = 15$ Mpa (150 Kg/cm²) en banquetas, firmes, registro, cimentaciones menores, restitución y rellenos.
- c) Concreto reforzado $f'c = 20$ Mpa (200 Kg/cm²) en muros, losas y elementos estructurales.
- d) Concreto lanzado $f'c = 20$ Mpa (200 Kg/cm²) en los lugares que ordene la Cliente.
- e) Mortero $f'c = 18$ Mpa (180 Kg/cm²) como empaque de anclas y tratamiento dental.

III.1.1 Actividades y Responsabilidades.

Con suficiente anticipación al inicio de cualquier colado el Constructor debe obtener la autorización del Cliente, mediante el documento "autorización de colado".

El constructor a través del laboratorio de concreto debe suministrar la dosificación de las mezclas, que debe someter a la aprobación del Cliente, así como todos los materiales, mano de obra, equipo y herramienta necesarios para la elaboración, colocación y curado de los concretos, bajo la supervisión del Cliente.

El constructor es responsable de cualquier defecto en la calidad de los concretos, los cuales debe recuperar a su cargo y a entera satisfacción del Cliente.

III.1.2 Dosificación de Mezclas.

En colados de elementos estructurales en los que el concreto pueda ser vaciado, colocado y compactado fácilmente, el revenimiento del concreto debe estar limitado a 8 cm. En colados donde se requiera mayor fluidez para transportar el concreto o para facilitar las operaciones de colocación, vibrado y acabado, el revenimiento permisible debe ser de 10 cm. La tolerancia permitida será de ± 2 cm. En casos especiales se podrá solicitar al cliente la autorización de diseños de mezclas con revenimientos mayores.

III.1.3 Control de Calidad.

El constructor debe realizar el control de calidad con equipo propio, bajo la supervisión del cliente.

Para asegurar la buena calidad de los concretos en las estructuras, el cliente establecerá medidas de control ágil y oportuno sobre: materiales utilizados, elaboración del concreto, básculas, calidad del concreto tierno, preparativos para colados, transporte, colocación, equipo, personal, curado, protección del concreto, reparaciones y acabados.

La resistencia a la compresión del concreto se determinará en cilindros estándar, elaborados, curados y ensayados conforme a las especificaciones, a 28 días de edad o la que la Cliente considere conveniente.

III.1.4 Materiales.

III.1.4.1 Cemento.

a) Características.

Para todas las estructuras que comprenden estas Especificaciones, se debe usar cemento Portland CPC 30R, de bajo álcalis que cumpla con las especificaciones. Previa aprobación del Cliente, podrá colocarse diferentes secciones de una estructura con cementos de distintas marcas pero del mismo tipo especificado.

b) Almacenamiento.

El cemento a granel se debe almacenar en silos herméticos, evitando que el cemento se disperse o contamine, la descarga puede ser uniforme sin que se produzcan almacenamientos muertos y deben tener fácil acceso para muestreo e inspección.

El cemento en sacos se debe almacenar en bodegas que lo protejan de la humedad, previendo tarimas de 10 cm de altura mínima sobre el piso, y proporcionando la suficiente ventilación para lograr la mayor disipación de temperatura.

El cemento se debe usar en el orden cronológico de recepción en la obra; el que permanezca almacenado por mas de 3 meses no se debe usar a menos que el cliente lo autorice por escrito. No se debe usar cemento caliente (Temperatura > 50 °C).

III.1.4.2 Agua.

Con suficiente anticipación al comienzo de la producción de concreto, el Constructor debe hacer los estudios de calidad del agua que pretende utilizar y obtener la aprobación del cliente. En la misma forma se procederá si el constructor pretende utilizar hielo.

El constructor podrá usar hielo, para bajar la temperatura del concreto, de acuerdo a lo indicado en estas especificaciones. El agua utilizada para fabricar hielo debe cumplir lo indicado en los incisos siguientes.

Si el agua no procede de una fuente de suministro de agua potable, se debe juzgar su aptitud como agua para concreto, mediante los requisitos Físico-Químicos contenidos en la Norma correspondiente.

Si el constructor usa agua proveniente del río, debe de establecer un programa de muestreo del agua antes del inicio de la construcción, con objeto de verificar sus características Físico-Químicas y sus efectos en el concreto. Las muestras deben de colectarse para abarcar todas las posibles condiciones de suministro, y del resultado de la verificación, se debe de concluir si el agua es aceptable en su estado original o requiere de algún tratamiento previo de sedimentación, filtración, etc.

Durante la construcción debe de implementar un programa de verificación mediante muestreo y ensaye periódico de acuerdo al programa de construcción, el muestreo y el análisis del agua se deben de realizar conforme a la norma correspondiente.

III.1.4.3 Aditivos.

a) Verificación de la calidad.

El Cliente mediante el ensaye de muestras por parte del Constructor, verificará la calidad de los aditivos antes de aceptar su uso en la obra. Estos aditivos deben cumplir con la especificación.

b) Almacenamiento

El constructor debe almacenar los aditivos, de manera que se conserven bien protegidos y no se produzcan confusiones en su utilización. Los aditivos que permanezcan almacenados en la obra por mas de 6 meses, no deben ser utilizados a menos que el cliente o apruebe por escrito, después de que el constructor los haya muestreado y ensayado nuevamente.

Antes de utilizar un aditivo en el concreto, el Constructor debe de cumplir las siguientes actividades:

- 1) Evaluar las condiciones ambientales y de trabajo en obra, las acciones dañinas a que puede estar expuesta la estructura del servicio.
- 2) Determinación del comportamiento y las propiedades que se obtienen en el concreto sin aditivos, con los componentes y el diseño de mezclas idóneas y confrontarlos con los requerimientos impuestos por las condiciones y acciones previamente valuadas.
- 3) Si de la confrontación anterior resulta insuficiencia en el comportamiento o en las propiedades del concreto sin aditivos, hay que considerar la necesidad de emplear un aditivo de la clase cuyos efectos genéricos sean requeridos por el concreto.
- 4) Ensayar el aditivo específicamente seleccionado, con el objeto de definir la dosificación apropiada para producir el efecto requerido, y para comprobar que no produzcan efectos secundarios indeseables en el concreto.

De lo anterior el Constructor debe de presentar un informe para que la Cliente apruebe el uso del aditivo propuesto.

III.1.4.4 Agregados.

a) Suministro.

Los bancos de agregados que utilice en Constructor deben ser aprobados por la Cliente. El constructor debe realizar todos los trámites y arreglos necesarios para la explotación de los bancos agregados y los gastos que ello origine.

b) Producción.

Para la elaboración de los concretos, la arena y la grava deben satisfacer los requisitos establecidos en las especificaciones. La arena debe tener un módulo de finura de $> 2,3 < 3,1$; el 100% del material debe pasar la malla de 9,5 mm y la cantidad de material que pasa la malla No. 200, determinada según las especificaciones; no debe exceder el 5 %, por lo que se considera necesario clasificar la arena, por vía húmeda.

La grava deberá suministrarse en dos tamaños: pasa 38,1 mm, retiene 19,1 mm; pasa 19,1 mm, retiene No. 4.

Las gravas trituradas no deben tener particular planas y/o alargadas (relación 3 a 1), que excedan el 15% del peso para gravas entre 38,1 y 19,1 mm, y el 18 % para gravas entre 19,1 mm y No. 4. La planta de "trituración - clasificación de agregados", debe contar con medios para lavar los materiales procesados y eliminar las partículas finas indeseables.

c) Almacenamiento

El almacenaje, manejo y empleo de los agregados se debe hacer de acuerdo con lo recomendado por las especificaciones.

Los bancos de almacenamiento deben tener extensión suficiente para acomodar todos los agregados, sin que estos se mezclen y sin formar pilas de altura tal que causen segregación.

Antes de iniciar el almacenamiento de agregados, el terreno debe emparejarse dándole pendiente para permitir su drenaje y se debe colocar una plantilla de concreto pobre o de agregados apisonados.

Para las operaciones de carga y descarga de agregados clasificados, solamente se debe usar equipo con llantas de hule.

d) Utilización.

Si durante el almacenaje y/o manejo de los agregados se detectan contaminaciones de polvo o entre agregados, antes de utilizarlos, deben ser recribados y relavados.

Si los agregados son regados con agua, antes de usarlo se deben drenar durante los lapsos siguientes: 6 horas para arena; 5 horas para grava de 19,1 mm o menor y 3 horas para grava de 38,1 mm.

En la elaboración de concreto se deben utilizar el mayor tamaño posible de agregados, sin exceder de 38,1 mm.

III.1.5 Equipo para la Producción de Concreto.

III.1.5.1 Inspección del Equipo.

La Cliente debe tener acceso a los lugares donde se elabore el concreto para efectuar inspecciones de funcionamiento general del equipo o para verificar las básculas.

III.1.5.2 Capacidad del Equipo.

La planta de concreto debe tener capacidad para cumplir con el programa en los diferentes frentes de trabajo; su capacidad mínima será de 50 m³/hr efectivos.

Para garantizar la continuidad de los colados se debe contar con equipo de apoyo.

El Constructor debe establecer un programa de mantenimiento y verificación, que garantice el buen funcionamiento de la planta y de las básculas.

III.1.6 Elaboración del Concreto.

III.1.6.1 Operación de Mezclado.

La dosificación del cemento y agregados, se debe hacer por peso; el agua y los aditivos deben ser dosificados por peso o volumen. Para cemento, agregados, agua y aditivos, la tolerancia en la precisión de las básculas o medidores, deben ser del 2 %.

Las mezclas de concreto deben ser uniformes en composición y consistencia en toda masa y de una revoltura a otra.

La uniformidad y consistencia del concreto deben ser verificadas por el Constructor, bajo la supervisión de la Cliente, conforme a las especificaciones de: contenido de agua y cemento, contenido de aire, revenimiento, peso volumétrico y al método de deshidratación del concreto "Método para analizar Concreto Fresco Mediante Deshidratación con Alcohol [esta prueba no fue solicitada en esta obra].

III.1.6.2 Tiempo de Mezclado.

El tiempo de mezclado debe ser suficiente para lograr mezclas homogéneas. El tiempo de espera para vaciar el concreto, ya teniendo contacto el agua y el cemento, no debe exceder de 45 min.

III.1.6.3 Temperatura del Concreto Tierno.

La temperatura de las mezclas de concreto, no debe exceder los valores mostrados en la siguiente tabla:

Tipo de concreto	Espesor por colar (cm)	Temperatura máxima (°C)	
		En planta	Al colocar
Masivo	> 100	20,0	23,0
Semimasivo	60 - 100	23,0	26,0
Normal	< 60	28,0	31,0

III.1.6.4 Notas de Entrega.

El Constructor debe entregar al Cliente, junto con cada remesa de concreto, una nota de remisión que corresponderá a la hoja de registro elaborada por él en la planta de concreto conteniendo los siguientes datos:

- a) Número seriado en cada hoja.
- b) Fecha y turno del trabajo.
- c) Número de la revoltura.
- d) Hora de elaboración de la revoltura.
- e) Volumen de la revoltura en m³ de concreto.

- f) Tipo de concreto y cantidades reales de materiales utilizados en la mezcla.
- g) Revenimiento y temperatura del concreto ya mezclado.
- h) Lugar de destino y número del colado.
- i) Observaciones pertinentes.

III.1.7 Transporte del Concreto.

El Constructor debe transportar los concretos al sitio de colado, usando métodos que prevengan la segregación o pérdida de ingredientes, que preserven la calidad requerida y eviten la contaminación del concreto.

El equipo para transportar el concreto debe ser el adecuado para evitar interrupciones en los colados, definiéndose para esta actividad ollas revolventoras de 7 m³ de capacidad y la distancia de transportación no será mayor a dos kilómetros.

III.1.8 Colocación del Concreto.

III.1.8.1 Generalidades.

Cuando por alguna causa el Constructor interrumpa un colado, el Cliente indicará el tratamiento o reparación que debe hacerse; para la reparación se aplicarán los procedimientos correspondientes. La descarga del concreto en el sitio del colado, se debe hacer en su posición final de colocación o cerca de ella, para minimizar la segregación y el tipo de vaciado puede ser de tiro directo o bombeado.

Para garantizar la continuidad en los colados cuando la colocación del concreto se bombeado, se contará con una bomba de respaldo.

Los concretos se deben colocar de manera que se asegure colocar el concreto tierno sobre concreto aún no fraguado para con vibración ligar las capas. Entre dos colados de concreto masivo contiguos debe transcurrir un mínimo de 72 horas, tratándose de concreto semimasivo dicho lapso como mínimo será de 24 horas.

III.2 Producción de Agregados en la Clasificadora.

Antes de la producción de agregados, debe verificarse el funcionamiento de cada una de las partes de la Clasificadora.

Después de verificar el funcionamiento de cada parte se introduce el material producto de la excavación del banco de agregados en la tolva de la Clasificadora.

El material es triturado en el molino primario, que consiste en una quebradora de quijada.

Se verifica por primera vez que el material no contenga basura, y si es así, se elimina ésta.

Luego es lavado y cribado para desechar los finos y separar las arenas y las gravas, con T.M.A. de $\frac{3}{4}$ " 19,1 mm y de $1 \frac{1}{2}$ " 38,1 mm.

Se verifica por segunda vez que el material no contenga elementos indeseables, y si aún los contienen, éstos se eliminan.

El material que no pasa las mallas se introduce en el molino secundario, que es de cono, donde es triturado por segunda vez. Este material regresa a la malla, donde es cribado y lavado de nuevo.

Cuando el material logra pasar las mallas, es decir, es clasificado se amontona donde será cargado y transportado hacia el almacén de agregados.

Finalmente se transportan los agregados y se vierten en la tolva de la Dosificadora para comenzar el proceso de Producción de Concretos.

III.3 Producción de Hielo.

El hielo es producido en la Planta de Hielo, que consiste en una pequeña planta productora de hielo y su respectivo almacén.

Esta planta se encuentra cerca de la Planta Dosificadora para automatizar su incorporación a la mezcla de concreto.

La Producción del Hielo para los Colados, se producirá en función de las normatividad vigente y las especificaciones de la Cliente para la fabricación de concreto según su tipo, definiéndose la utilización del Hielo de la siguiente manera:

- a) Para los Concretos Masivos.
- b) Cuando la Temperatura Ambiente sea mayor o igual a 32 ° Celsius.

III.4 Logística previa a la Producción de Concreto.

Cada semana se realiza un Programa Semanal de Actividades que incluye los Colados por Frente. Con este programa se conoce tentativamente el número de colados, la ubicación y la cantidad de concreto que se va a colocar en cada frente.

Con este programa, la residencia de obra programará la cantidad de materiales necesarios para producir el concreto del programa.

Cuando ya se tiene programada la colocación de concretos en cada frente y se acerca la ejecución de un colado, el Jefe de Frente deberá realizar su Verificación y Orden de Colocación de Concreto, donde se especifica la fecha y hora tentativa de la colocación del concreto, frente, localización (elemento donde se colocará el concreto), número de diseño de la mezcla del concreto, el revenimiento y el volumen requerido. Este documento será verificado y firmado por la Topografía, el responsable del Acero de Refuerzo y el responsable de la cimbra del Constructor. Además de ser elaborado por:

el Jefe de Frente, deberá notificarse a: la Planta de Concreto, al Laboratorio de Concreto, a la Obra Eléctrica y Mecánica para finalmente someterse a la aprobación de la Supervisión de la Obra Civil, quienes autorizarán el colado si todo está correcto.

Para controlar la producción en la planta, las revolturas y permitir cuantificar el transporte del concreto al lugar de colado se utilizará una Remisión de Concreto, la cual lleva un número consecutivo y en ella se indica la fecha y hora de elaboración de la revoltura, No. económico de la Olla, el volumen (m^3) de la olla y el acumulado del colado, el tipo de concreto, así como el revenimiento y la temperatura. Este documento llevará el nombre del operador de la Olla, el encargado en la Planta de Concreto y el encargado del colado.

III.5 Producción de Concreto en la Dosificadora.

Antes de la producción de concreto, debe verificarse el funcionamiento de cada una de las partes de la Dosificadora.

Debe asegurarse en todo momento la suficiencia y continuidad de los materiales del concreto.

Se debe verificar que la orden de colocación de concreto cuente con todos los datos necesarios para iniciar la producción: Frente de trabajo, Nombre y Firma del Jefe de Frente, volumen de concreto, resistencia del concreto, tipo de colocación, fecha y hora aproximada de la colocación del concreto, Nombre y Firma del Encargado del Laboratorio de Concretos, quien previamente recibió en el sitio la preparación para la colocación del concreto.

Se introducen los valores del proporcionamiento arrojado por el diseño de mezcla del laboratorio de concretos para la resistencia requerida.

Se vigila la cuantificación de los agregados, su transporte y su incorporación en los trompos de la Dosificadora.

Se vigila la cuantificación y la incorporación del agua y/o hielo a los agregados.

Se vigila la incorporación de aditivos, si el diseño de mezcla y/o las condiciones los indican.

Se verifica el tiempo de mezclado en los trompos de la Dosificadora.

Finalmente se vierte el concreto mezclado en la olla y se transporta hasta el lugar del colado.

Se denominará una revoltura a la cantidad de Concreto producido para abastecer una Olla de Concreto.

Para controlar la producción en sitio se utilizará un formato Remisión de Concreto en Sitio diferente al de la producción en la planta, la cual lleva un número

consecutivo, fecha y hora de inicio y terminación, elemento estructural, volumen de concreto, revenimiento y la temperatura.

A continuación se muestran los esquemas de producción del concreto de acuerdo a las figuras 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 3.1.4 y 3.1.5.

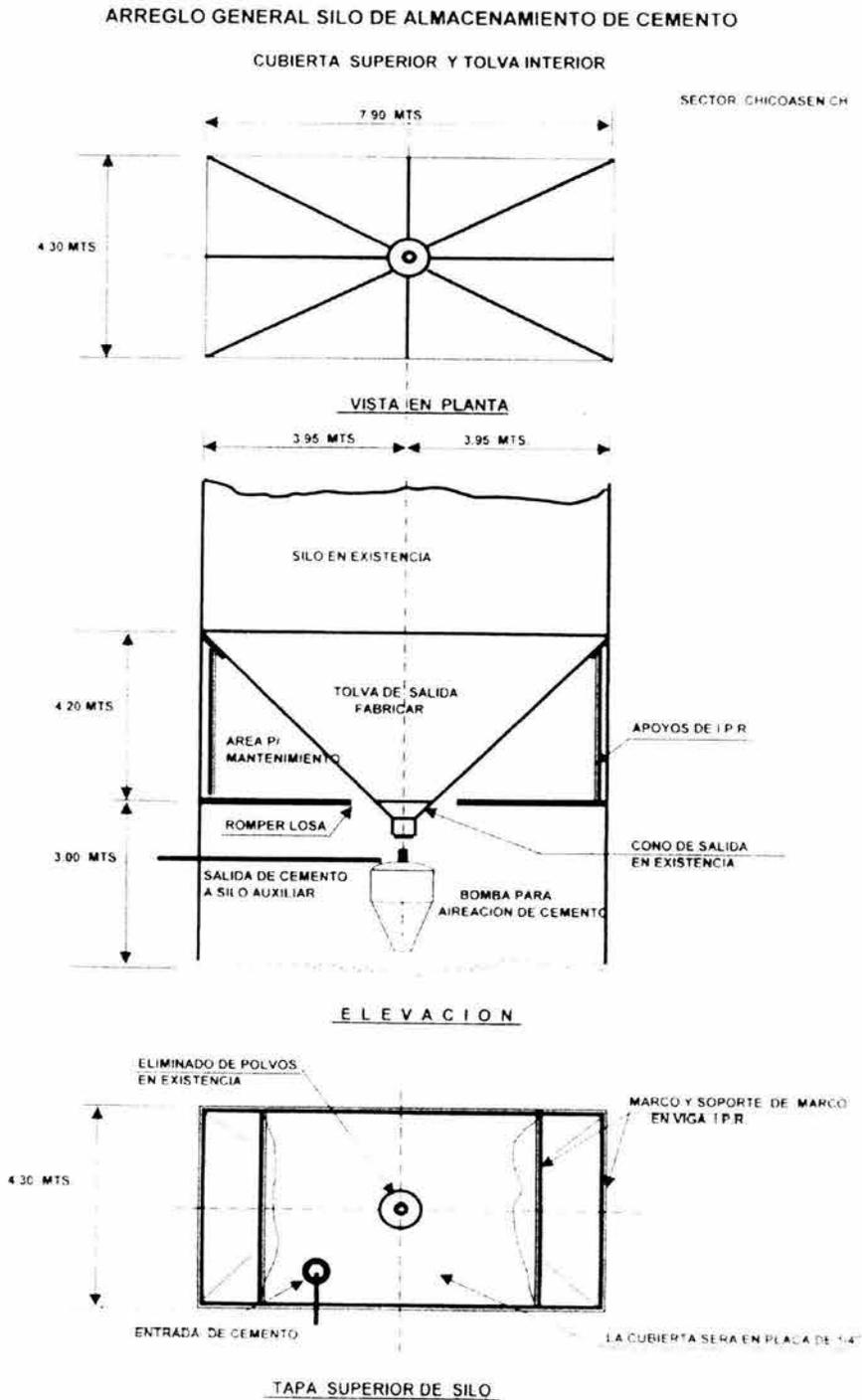


Fig. 3.1.1 Arreglo General del Silo de Almacenamiento de Cemento.

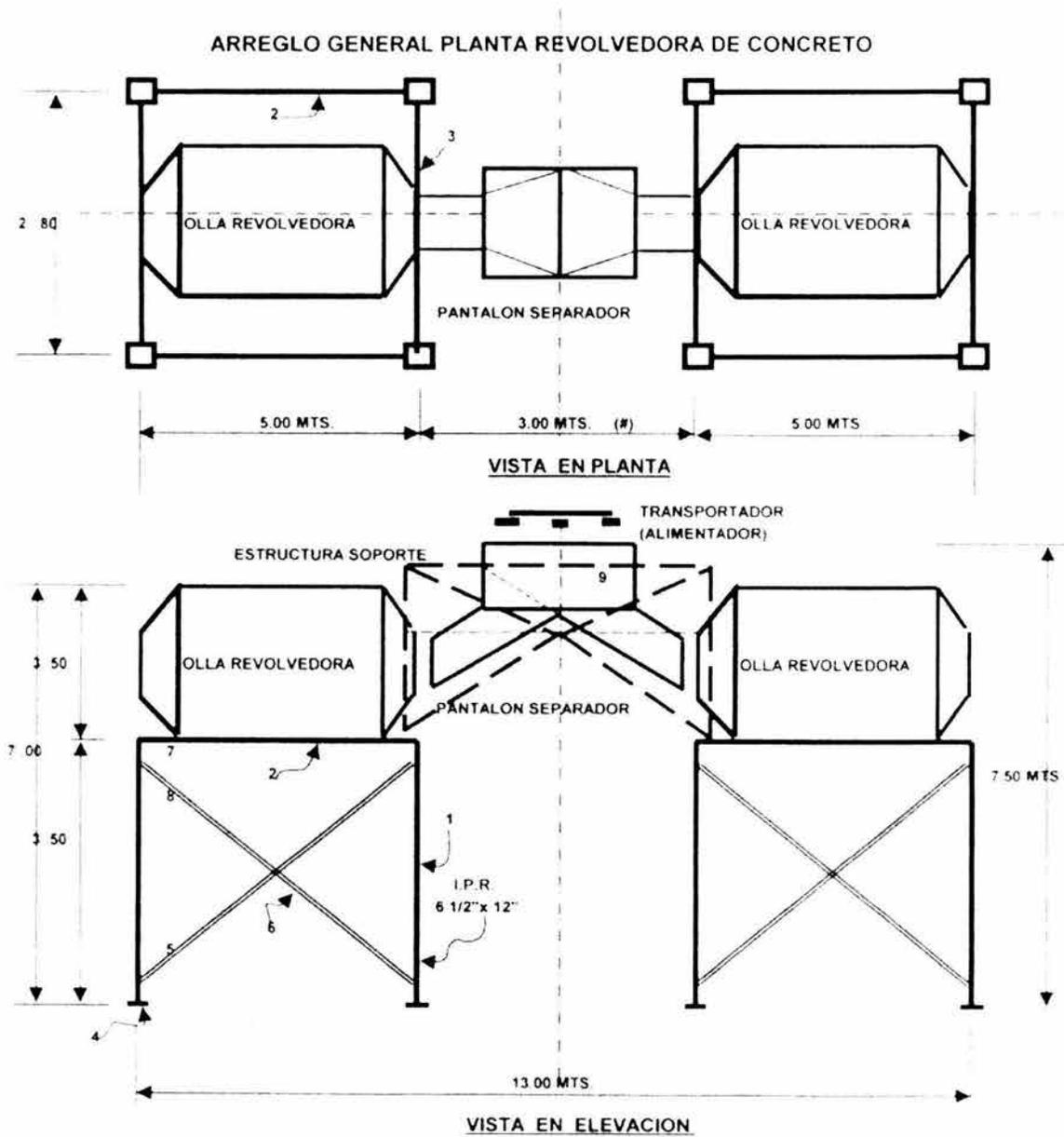


Fig. 3.1.2 Arreglo General de la Planta Revolvedora de Concreto.

ARREGLO GENERAL ESTRUCTURA SOPORTE BASCULA DE HIELO

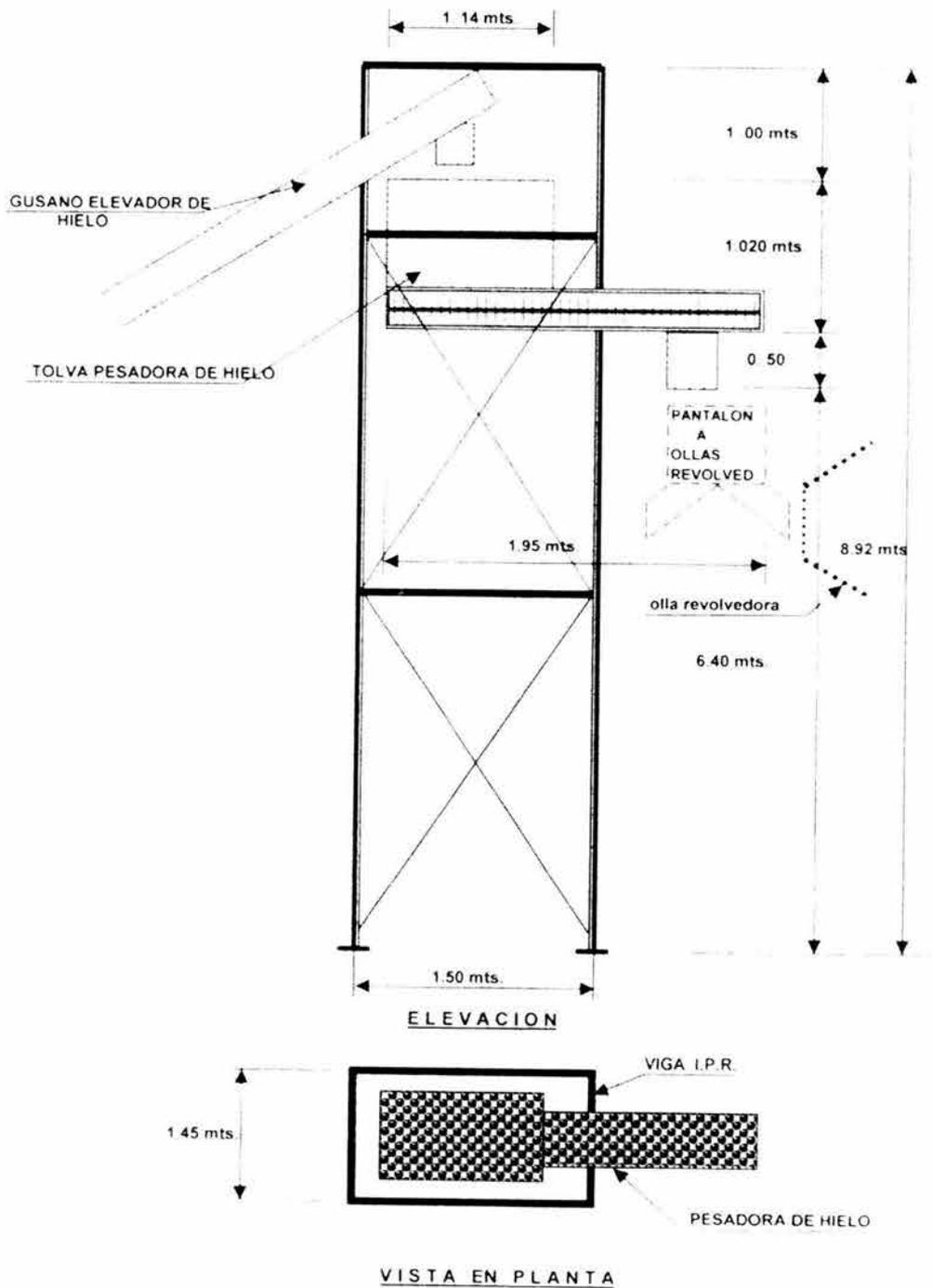
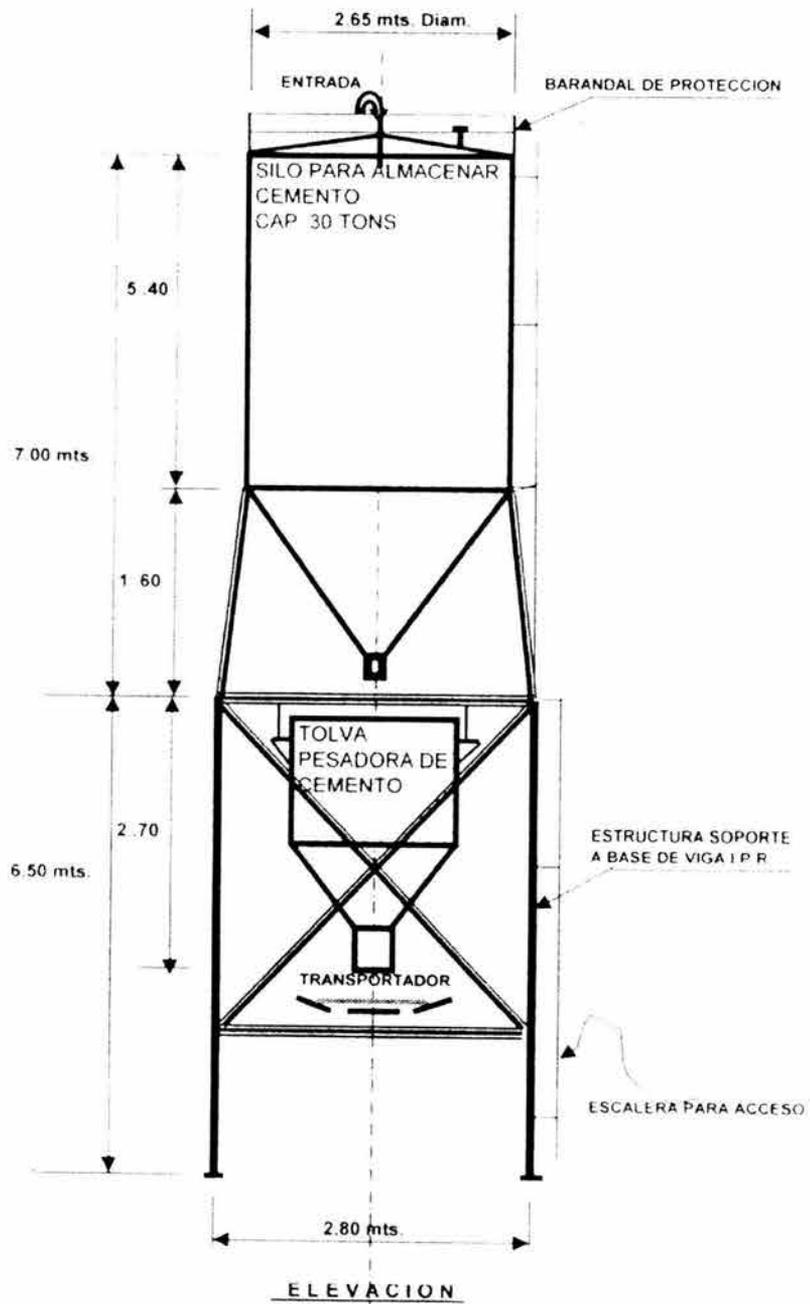


Fig. 3.1.3 Arreglo General de la Estructura Soporte Báscula de Hielo.



ARREGLO GENERAL DE ESTRUCTURA SOPORTE PARA SILO
CAP. PARA ALMACENAMIENTO DE CEMENTO 30 TONS.

Fig. 3.1.4 Arreglo General de la Estructura Soporte para Silo.

III.5.1 Continuidad en la Producción de Concreto.

Para garantizar la continuidad de los colados, se determinaron dos etapas la primera denominada fabricación del concreto y la segunda denominada transportación y colocación de concreto.

III.5.1.1 Fabricación de Concreto.

Los conjuntos elementales de la planta Dosificadora marca APPCO, modelo 88300 para una producción mínima de 70 m³/hr se describe a continuación los conjuntos elementales de producción:

- a) Estructura Principal con tolva de agregados y báscula con sensores electrónicos, montada en chasis con rodada 1100 – 20.
- b) Carátulas electrónicas con sensores para cemento, agua y agregados.
- c) Sistema eléctrico – neumático para operación de compuertas y deflectores de agregados.
- d) Banda de Agregados de 30" por 18 metros para alimentar ollas ERIE (trompos mezcladores).
- e) Ollas Revolvedoras ERIE (trompos mezcladores) equipado el sistema con Motorreductor de 30 HP, bomba hidráulica, y válvula de control.
- f) Silo para cemento de Capacidad de 30 toneladas y báscula de cemento.
- g) Sistema hidráulico de volteo.
- h) Sistema eléctrico y cabina de control.
- i) Sistema automatizado con sensores de carga electrónicos Marca Berkel, medidor Neptune CODEL.

Los conjuntos elementales descritos anteriormente cuentan con capacidad de producción en un ciclo teórico continuo de 80 m³/hr; pero es importante hacer un cálculo teórico del ciclo de trabajo con base a la producción requerida para los colados masivos más críticos.

Colado de Carcasa Espiral.

Tres Colados Críticos.

Estimado Máximo 2,500 m³ por colado crítico de Carcasa Espiral.

Período de dos días de ejecución por colado crítico de Carcasa Espiral.

Analizando los datos tendremos:

$$\frac{2,500}{2} = 1,250 \text{ m}^3 \text{ cada 24 horas.}$$

$$\frac{1,250}{24} = 52 \text{ m}^3/\text{hr Producción continua durante 6 días.}$$

$$\frac{52 \text{ m}^3/\text{hr}}{2 \text{ Ollas}} = 26 \text{ m}^3/\text{hr Cada una.}$$

La capacidad de la Olla Erie es de 3 m³, de donde tendremos:

$$\frac{26 \text{ m}^3}{3} = 8.66 \text{ vaciados por hora.}$$

Por lo tanto:

$$\frac{60 \text{ min}}{8.66} = 6.92 \approx 7.0 \text{ minutos por cada ciclo}$$

De aquí se desprende que el ciclo de trabajo para producir 52 metros cúbicos de concreto debe ser de 7 minutos.

La producción real observada varía en periodos de 6 minutos hasta periodos de 5 minutos por ciclo, lo que nos da como resultado:

Ciclos de 6 minutos = 61 m³ / hr Capacidad de Producción.

Ciclos de 5 minutos = 72 m³ / hr Capacidad de Producción.

Se estima una producción real de 1 767,98 m³ por Carcasa Espiral.

Para la cual requerimos de una capacidad de producción en planta de 37 m³/hr

Si nuestro ciclo observado es de seis minutos; entonces contamos con la capacidad de producción de 10 ciclos por hora y la capacidad requerida es de 37 m³/hr., lo que nos permitiría una línea de espera de 24 m³ (seis ollas revolventoras con 4 m³) y 45 minutos de espera máxima por olla revolventora, lo que nos permite realizar cualquier reparación en planta garantizando la continuidad en la fabricación de concreto.

III.5.1.1.1 Relación de conjuntos elementales del proceso de la Dosificadora.

- a) Transportador Radial.
- b) Transportador Alimentador a Dosificadora.
- c) Olla Mezcladora N° 1.
- d) Olla Mezcladora N° 2.
- e) Transportador Alimentador a Ollas Mezcladoras.
- f) Bomba Centrifuga de 2" Ø.
- g) Compresor Neumático.

- h) Compuertas Tolva Dosificador.
- i) Descarga de Báscula de Materiales.
- j) Pantalón Repartidor a Ollas Mezcladoras.
- k) Compuerta para Descargar Silo de Cemento.
- l) Compuerta Descarga Báscula de Cemento.
- m) Vibración para Despegue de Materiales en Silo de Cemento.
- n) Dosificación de Agua.
- o) Descarga Báscula de Hielo.
- p) Repartidor de Materiales Pétreos.
- q) Válvula para agua Dosificada.

III.5.1.1.2 Refacciones Necesarias de los Conjuntos Elementales de la Dosificadora como Equipo de Apoyo.

A continuación se describe la relación de los repuestos necesarios, a fin de garantizar la continuidad de la producción del concreto, durante los colados masivos:

- Un Motorreductor compacto con motor eléctrico de 5 HP.
- Un Motor eléctrico de 10 HP.
- Un Motor eléctrico de 30 HP.
- Bomba Centrifuga de 2" Ø.
- Un Cilindro neumático de 4" Ø.
- Un Cilindro neumático de 3" Ø.
- Un Vibrador neumático.
- Un Medidor de 5 dígitos con conteo electrónico y su Cabeza de Medición.
- Un Motorreductor compacto de 3 HP.
- Un Cilindro neumático de 3" Ø.

III.2 Laboratorio de Concreto.

III.2.1 Operatividad del Laboratorio.

A continuación se muestra el Flujograma de la Operatividad del Servicio del Laboratorio (Fig. 3.2.1).

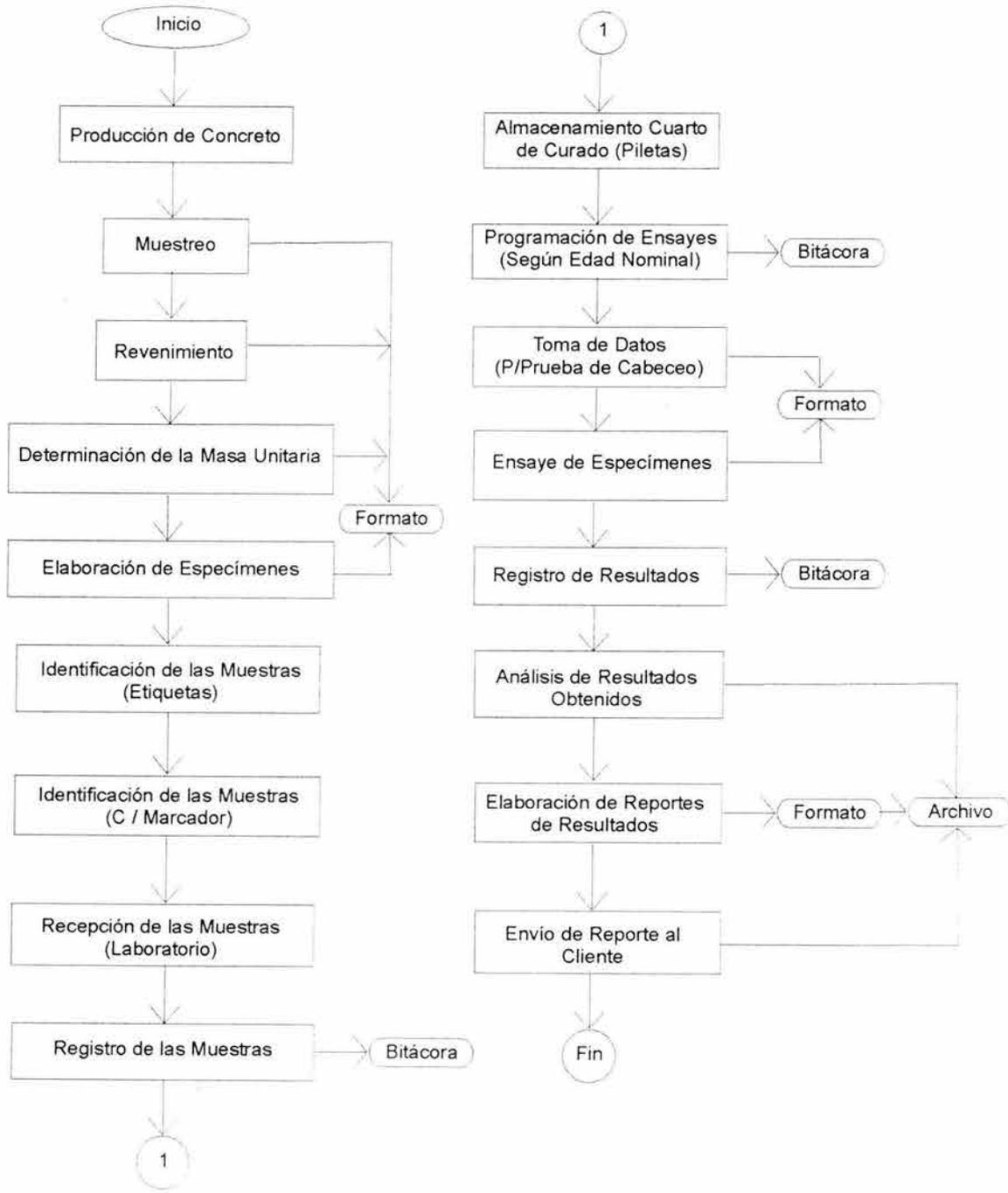


Fig. 3.2.1 Flujograma de la Operatividad del Servicio del Laboratorio.

III.2.1.1 Descripción General para la Recepción de Muestras.

Se contempla el flujo de actividades sistemáticas y documentadas que son necesarias desde la recepción de las muestras hasta el desecho de las mismas.

a) Solicitud de servicio del Laboratorio.

El laboratorio atiende directamente todos los servicios de suministro del área de producción.

b) Servicio Técnico.

Se cuenta con un laboratorio para pruebas en concreto fresco y endurecido; el cual atiende las necesidades técnicas solicitadas por el cliente. El laboratorio cuenta con personal capacitado para hacer visitas a la obra y realizar las pruebas que sean requeridas en el campo, para el concreto fresco y endurecido.

c) Muestreo de Especímenes.

Se efectúa mediante la aplicación de las normas siguientes vigentes:

- Concreto Hidráulico – Especificaciones.
- Concreto – Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto.
- Concreto fresco – Muestreo.

d) Transporte de especímenes y materiales al laboratorio.

Posterior al muestreo realizado (24 hrs. de reposo); las muestras son transportadas al laboratorio de concreto bajo las siguientes condiciones:

d.1. Los especímenes de concreto se deben transportar de tal forma que no se golpeen, además de no estar expuestos a vibraciones y con ello evitar despostilladuras o formaciones de pequeñas fisuras.

d.2. Las muestras o especímenes se identifican con una etiqueta y con el número de solicitud correspondiente.

d.3. Los especímenes cilíndricos de concreto deben llegar al laboratorio a más tardar en un lapso de 48 hrs. para posteriormente curarlos según la norma vigente.

e) Recepción de muestras.

e.1. Registro de muestras.

El laboratorio de concreto recibe las muestras para ser analizadas y las registra, se le asigna un número de muestra, el cual es la clave de su identificación, se le pega una etiqueta. Posteriormente se registra en el libro de registro.

e.2. Almacenaje.

El laboratorista almacena las muestras en un área exclusiva para éstas, en lo referente a especímenes de concreto endurecido, se almacenan en piletas para su curado de acuerdo con las especificaciones establecidas en la norma vigente.

e.3. Programación.

La ejecución de pruebas se programa conforme a la fecha establecida en la bitácora o libro de registro, bajo la supervisión y responsabilidad del jefe de laboratorio.

f) Ensaye y/o análisis.

Es responsabilidad del Jefe del Laboratorio designar al laboratorista que realice los ensayos y análisis de las muestras, basándose en los métodos de pruebas establecidos en las normas.

g) Reporte de resultados.

Este reporte lo realiza el laboratorista y es aprobado por el Jefe de laboratorio o en su ausencia por el Jefe Técnico o de Calidad. El reporte es emitido con un original y una copia, donde el original es enviado al cliente y la copia se archiva.

h) Contaminación de muestras.

Si sucediera el caso de que las muestras fuesen contaminadas, confundidas o extraviadas durante su recepción, dichas muestras son separadas e identificadas como muestras contaminadas y no se someten a las pruebas correspondientes.

En otro de los casos, si después de probarlas se detectan las muestras que están contaminadas y no son representativas, los resultados de las pruebas se desechan y se le solicita al cliente envíe otras muestras para hacer pruebas nuevamente.

i) Envío de resultados.

En lo que se refiere a los resultados obtenidos se envían de forma común por muestra 1 a 7, 1 a 14 y 2 a 28 días, sin embargo si el cliente lo solicita se pueden realizar a la edad que lo requiera.

j) Desecho de especímenes.

Una vez ensayados los cilindros, a éstos se les remueve completamente la capa del mortero de azufre. Este mortero es reciclado para fundirse y utilizarse nuevamente. Los especímenes sin la capa de azufre son almacenados en un área específica, localizada en la parte exterior del laboratorio de concreto.

Estas muestras ya almacenadas pertenecen al cliente y él determinará su destino final después de 15 días de ensayado.

k) Control de materiales y muestras auxiliares.

Mortero de Azufre.

El laboratorio prepara una mezcla de azufre y material auxiliara (fly ash, microsilica, arena cribada), que permite tener una resistencia mínima en el mortero de 350 kg/cm² o mayor según su diseño de acuerdo a la norma.

Si la resistencia del mortero fuese menor al valor mencionado no se utilizará, por consiguiente es desechada y es preparada una nueva mezcla para cambiar de lote.

Como procedimiento interno, los remanentes del mortero de azufre no se funden por más de 10 ocasiones o antes si el resultado de la resistencia es inferior al valor mínimo establecido en la norma vigente.

No se mezclan lotes diferentes de azufre, para ello se lleva un control de lotes con sus fechas de elaboración y sus resistencias respectivas, todo esto registrado en su respectivo formato.

En la siguiente figura 3.2.2 Diagrama de flujo de recepción y desecho de muestras, se presenta el proceso completo de los especímenes, desde la recepción hasta su retiro.

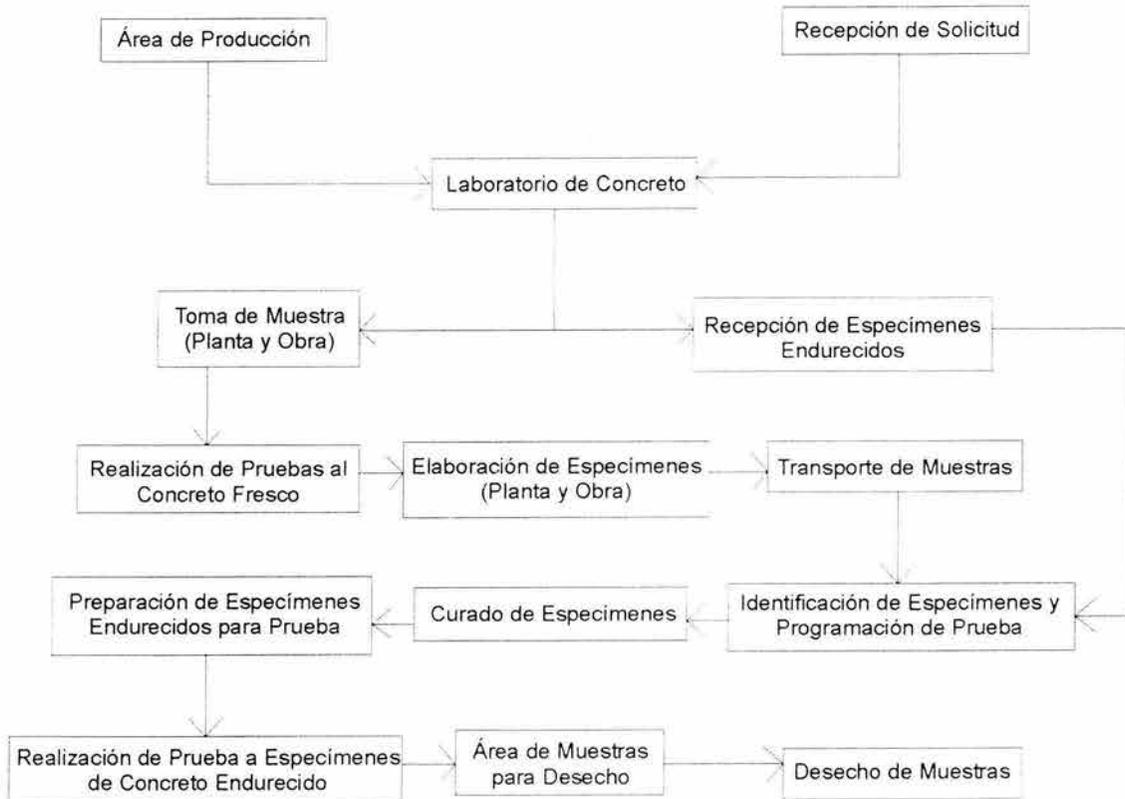


Fig. 3.2.2 Diagrama de flujo de recepción y desecho de muestras.

A continuación se presenta la Tabla 3.2.1 con la frecuencia del Muestreo que debe realizarse por cantidad de concreto en las ollas revolvedoras.

Tabla 3.2.1: Frecuencia de Muestreo

Cantidad [m ³]	Número de Muestras *	Cantidad de Ollas Revolvedoras [6 m ³]
1 a 30	1	1 a 4
31 a 60	2	5 a 9
61 a 155	3	10 a 25
156 a 300	4	26 a 49
301 en adelante	5	50 en adelante

* Cada Muestra es igual a 4 cilindros (1 a 7 días, 1 a 14 días y 2 a 28 días).

Para la prueba de resistencia a la compresión, de la muestra obtenida de acuerdo a la norma vigente deben hacerse como mínimo 2 especímenes para ensaye a

la edad especificada (14 días para concreto de resistencia rápida o 28 días para concreto de resistencia normal).

Revenimiento:

Deberán efectuarse para la primera mezcla de concreto cada día, siempre que la consistencia del concreto parezca variar y siempre que se fabriquen cilindros de concreto para pruebas a compresión simple en el sitio.

La tolerancia especificada para el revenimiento en este proyecto es de ± 2 .

* En caso de que el revenimiento sea inferior al especificado, puede aceptarse el concreto si no existen dificultades para su colocación.

Debe hacerse una prueba al inicio de cada colado o por sospecha de cambios, no menos de una por cada 40 m³.

Volumen:

La base de la medición del concreto debe ser el metro cúbico de concreto fresco, tal como se descarga en el sitio de entrega.

El volumen suministrado puede aceptarse con una tolerancia de + 1% en relación con la nota de pedido.

Temperatura:

La temperatura máxima del concreto producido no debe exceder de 32 °C.

A continuación se presenta la tabla 3.2.2 Diseños de Mezclas del Concreto que se utilizaron en el proyecto y posteriormente la Tabla 3.2.3 Plan de Inspección y Pruebas de la Obra Civil.

Tabla 3.2.2 Diseños de Mezclas del Concreto

Diseño	f _c [Kg/cm ²]	Colocación	Revenimiento [cm]	Tolerancia [cm]	Cemento [Kg]	Agua [L]	Arena Doña Benita [Kg]	Arena Sto. Domingo [Kg]	Grava 1 ½" [Kg]	Grava ¾" [Kg]	Relación A/C
1	150	Directo	8	± 2.0	190	180	-----	931	380	559	0.95
2	150	Bomba	10	± 2.0	215	180	-----	980	450	588	0.84
3	200	Directo	8	± 2.0	270	180	-----	889	400	600	0.67
4	200	Bomba	10	± 2.0	280	180	-----	973	359	539	0.64
5	300	Directo	8	± 2.0	380	180	-----	930	343	514	0.47
6	400	Directo	8	± 2.0	470	180	-----	900	320	528	0.38
7	300	Directo	8	± 2.0	380	180	-----	958	-----	890	0.47
8	100	Directo	8	± 2.0	150	190	480	480	396	594	1.27
9	150	Directo	8	± 2.0	190	190	487	487	389	582	1.00
10	150	Bomba	10	± 2.0	215	190	463	463	365	585	0.88
11	200	Directo	8	± 2.0	270	190	444	444	401	501	0.70
12	200	Bomba	14	± 2.0	280	190	490	490	376	564	0.68
13	200	Directo	8	± 2.0	240	190	427	427	385	578	0.79
14	200	Bomba	10	± 2.0	250	190	469	469	347	520	0.76
15	150	Olla 1 S	10	± 2.0	1 S	2.5 B	3 B	3 B	-----	6.5 B	0.95
16	150	Olla 1 S	10	± 2.0	1 S	2.5 B	3 B	3 B	8.5 B	-----	0.95
17	200	Olla 1 S	10	± 2.0	1 S	2 B	2.5 B	2.5 B	-----	6 B	0.76
18	200	Olla 1 S	10	± 2.0	1 S	2 B	2.5 B	2.5 B	7 B	-----	0.76
19	200	Olla 1 S	10	± 2.0	1 S	2 B	4 B	-----	-----	6 B	0.76
20	200	Olla 1 S	10	± 2.0	1 S	2 B	-----	4 B	-----	6 B	0.76
21	200	Bomba	10	± 2.0	280	170	-----	973	-----	897	0.61
22	300	Bomba	10	± 2.0	390	180	-----	958	-----	890	0.46
23	200	Bomba	12	± 2.0	280	180	490	490	376	564	0.64
24	200	Bomba	12	± 2.0	280	180	-----	973	-----	897	0.64
25	200	Bomba	12	± 2.0	280	180	486	486	-----	897	0.64
26	200	Olla 1 S	12	± 2.0	1 S	1.5 B	3 B	3 B	-----	5.5 B	0.57
27	200	Bomba	14	± 2.0	300	185	414	506	-----	940	0.62
28	200	Olla 1 S	14	± 2.0	1 S	1.5 B	2.5 B	3 B	-----	5.5 B	0.62

Tabla 3.2.3 Plan de Inspección y Pruebas de la Obra Civil.

Plan de Inspección y Pruebas de la Obra Civil

#	Métodos de Prueba	AÑO												Especificación	Parámetro	Frecuencia	
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D				
CONCRETO																	
01	Activos	P													CH-CH-EC-98 ASTM C-494 (NOM.C-255)	Certificado de Calidad	Presentar Certificado de Calidad del Fabricante por Lote Recibido.
		E															
02	Agregados (Estudio)	P													CH-CH-EC-98	Arena. M. F. 2.3 a 3.1	Mensualmente
		E															
	b) Arena SD	P														Arena. M. F. 2.3 a 3.1	Mensualmente
		E															
	b) Arena DB	P														Arena. M. F. 2.3 a 3.1	Mensualmente
		E															
	c) Grava 1	P														Grava 18.1 mm y No. 4 (3/4 y No. 4). Lajeo < 18 %.	Cada vez que el cliente lo requiera.
		E															
	d) Grava 2	P														Grava 19.1 y 38.1 mm (3/4 y 1 1/2). Lajeo < 15 %.	Cada vez que el cliente lo requiera.
		E															
03	Agua	P												CH-CH-EC-98 NOM C-122		Al inicio de los Trabajos, cada 3 a 6 meses y/o cambiar la Fuente	
		E															
04	Cemento	P												CH-CH-EC-98 ASTM-C-150	Certificado de Calidad	Presentar Certificado de Calidad del Fabricante por Lote Recibido.	
		E															
05	Diseños de Mezclas	P												CH-CH-EC-98	Cada nuevo diseño requiere la autorización del Cliente para su utilización.	Al inicio de los Trabajos, cuando cambien las propiedades de los materiales (Arena y Grava) y/o se solicite un diseño nuevo por parte del Cliente.	
		E															
06	Muestreo del Concreto Fresco	P												CH-CH-EC-98 ASTM C-31, C-39 y C-143	De acuerdo a la Tabla 1 anexa		
		E															
	a) Cabeceo de Especímenes	P													De acuerdo a la Tabla 1 anexa		
		E															
	b) Elaboración de Especímenes	P													De acuerdo a la Tabla 1 anexa	De acuerdo a la Tabla 1 anexa	
		E															
	c) Masa Unitaria	P													Prueba por Colado.		
		E															
	d) Resistencia a la Compresión	P													De acuerdo a la Tabla 1 anexa.		
		E															
	e) Revenimiento	P													Facil colocación: 8 +/- 2 cm y cuando se requiera mayor fluidez: 10 cm +/- 2 cm	Deberán efectuarse para la primera mezcla de concreto del día, cuando se fabriquen cilindros de concreto y cuando el concreto parezca verlar.	
		E															
	f) Temperatura	P													Masivo > 100 cm [Planta 20, al Colocar 23] °C Semimasivo 60 - 100 [Planta 23, al Colocar 26] °C Normal - 60 cm [Planta 29, al Colocar 31] °C.	Cada vez que se cheque el revenimiento. El espesor es determinado por el promedio de la distancia más corta.	
		E															

III.2.2 Pruebas.

III.2.2.1 Concreto – Determinación de la Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto.

a) Objetivo y Campo de Aplicación.

Establecer los métodos de prueba para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en especímenes cilíndricos y corazones de concreto con masa volumétrica mayor a 900 Kg/m³.

b) Preparación y Acondicionamiento de las Muestras

b.1 Dimensiones

El diámetro y la altura del espécimen de prueba debe determinarse promediando las medidas de 2 diámetros perpendiculares entre sí a una altura media del espécimen y 2 alturas opuestas con una aproximación de 1 mm.

Para medir el diámetro, es suficiente utilizar el compás de punta. Cuando la altura promedio del espécimen es menor de 1,8 veces el diámetro, el resultado de la resistencia debe corregirse por esbeltez de acuerdo a la tabla No 3.2.2, los valores intermedios que no aparecen en la tabla 3.2.2 deben calcularse por interpolación no deberán ensayarse especímenes con relación diámetro a altura menor de 1:1.

Tabla 3.2.2.- Factores de Corrección de Esbeltez.

Relación Altura – Diámetro del Especímen	Factor de Corrección a la Resistencia
2,00	1,00
1,75	0,99
1,50	0,97
1,25	0,94
1,00	0,91

b.2 Cabeceo

Antes del ensaye, las bases de los especímenes o caras de aplicación de carga no se deben apartar de la perpendicular al eje en más de 0,5°, aproximadamente 3 mm en 300 mm y no se permiten irregularidades respecto de un plano que exceda de 0,05 mm, en caso contrario deben ser cabeceadas.

c) Condiciones Ambientales

c.1 Especímenes Húmedos.

El ensaye a la compresión de los especímenes curados en húmedo debe efectuarse tan pronto como sea posible después de retirarlos de la piletta o del cuarto de húmedo y una vez que el material de cabeceo haya adquirido la resistencia requerida; durante el tiempo transcurrido entre el retiro del almacenamiento húmedo y el ensaye, se debe prevenir la pérdida excesiva de humedad en los especímenes.

c.2 Condiciones especiales de humedad.

En el caso de especímenes sometidos en condiciones de curado especiales, curado a vapor o curado ambiente, los especímenes se deben ensayar con la condición de humedad resultante del curado especificado (a vapor, medio ambiente, etc.).

d) Procedimiento.

d.1 Colocación de Especímenes.

Se limpian las superficies de las placas superior e inferior y las cabezas del espécimen de prueba, se coloca este último sobre la placa inferior alineando su eje cuidadosamente con el centro de la placa de carga con asiento esférico, mientras la placa superior se baja hacia el espécimen asegurándose que se tenga un contacto suave y uniforme.

d.2 Velocidad de Aplicación de la Carga.

Se debe aplicar la carga con una velocidad uniforme y continua sin producir impacto, ni pérdida de carga. La velocidad de carga debe estar dentro del intervalo de 137 kPa/s a 343 kPa/s (84 Kgf/cm²/min a 210 Kgf/cm²/min) equivalente para un diámetro estándar de 15 cm a un rango de 2,4 kN/s a 6,0 kN/s (14,8 tonf/min a 37,1 tonf/min). Se permite una velocidad mayor durante la aplicación de la primera mitad de la carga máxima esperada siempre y cuando durante la segunda mitad se mantenga la velocidad especificada; pueden utilizarse máquinas operadas manualmente o motorizadas que permitan cumplir con lo anterior, teniendo en cuenta que sólo se harán los ajustes necesarios en los controles de la máquina de prueba para mantener uniforme la velocidad de aplicación de carga, hasta que ocurra la falla.

d.2.2 Se aplica la carga hasta que aparezca la falla de ruptura, registrándola en el informe.

d.2.3 Es recomendable colocar la máquina, dispositivos para cumplir con los requisitos de seguridad para los operadores durante el ensaye del espécimen.

d.2.4 Los especímenes para la aceptación o rechazo de concreto deben ensayarse a la edad de 14 días en el caso del concreto de resistencia rápida o 28 días en el caso de resistencia normal con las tolerancias que se indican en la tabla 3.2.3, para los especímenes extraídos de concreto endurecido aplicar las edades especificadas.

Tabla 5.3.3.- Tolerancias.

Edad de Prueba	Tolerancia Permisible
24 h	± =30 min.
3 días	± =2 hrs.
7 días	± =6 hrs.
14 días	± =12 hrs.
28 días	± =24 hrs.

Para aquellos especímenes en los cuales no se tenga una edad de prueba de las prescritas anteriormente, se ensayará con las tolerancias que se fijen en común acuerdo por los interesados.

e) Cálculo y Expresión de los Resultados.

Se calcula la resistencia a la compresión del espécimen, dividiendo la carga máxima soportada durante la prueba entre el área promedio de la sección transversal determinada con el diámetro medido. El resultado de la prueba se expresa con una aproximación de 100 kPa (1 Kgf/cm²).

f) Precisión.

Al momento de revisar el presente documento no se contó con datos necesarios para establecer la precisión del método.

g) Informe de la Prueba.

El registro de los resultados debe incluir los datos siguientes:

- Clave de identificación del espécimen.
- Edad nominal del espécimen.
- Diámetro y altura en [cm], con aproximación a [mm].
- Área de la sección transversal en [cm²] con aproximación al décimo.
- Masa del espécimen en [Kg].
- Carga máxima en N [Kgf].
- Resistencia a la Compresión, calculada con aproximación a 100 kPa (1 kgf/cm²).
- Defectos observados en el espécimen o en sus cabezas.
- Descripción de falla de ruptura.

III.2.2.2 Concreto – Cabeceo de Especímenes Cilíndricos.

a) Objetivo y/o campo de Aplicación.

Establecer los procedimientos para cabecear con materiales adheribles, especímenes cilíndricos de concreto recién elaborados con cemento puro; así como especímenes cilíndricos y corazones de concreto endurecido con mortero de azufre de alta resistencia.

b) Definiciones.

b.1 Cabeceo.

Es la preparación de las bases de los especímenes de concreto, para su prueba, con los materiales mencionados.

b.2 Sangrado.

Es el agua libre de concreto fresco que fluye a la superficie.

b.3 Colar.

Es la acción de vaciar, en un molde, un material, con cierto grado de fluidez para que posteriormente endurezca.

c) Procedimientos.

Las superficies cabeceadas de los especímenes para compresión deben ser planas, dentro de una tolerancia de 0,05 mm, a través de cualquier diámetro. Durante los procedimientos de cabeceo, los planos de las bases cabeceadas de cada 10 especímenes deben ser verificados por medio de una regla rígida de bordes rectos y calibradores de laminillas para espesores, tomando un mínimo de tres lecturas en diámetros diferentes para asegurar que las superficies de las capas no se aparten de un plano en más de 0,05 mm.

c.1 Especímenes cilíndricos recién moldeados

Para cabecear especímenes cilíndricos recién moldeados se emplea pasta de cemento Pórtland puro. Se hacen las capas tan delgadas como sea posible aplicando la pasta sobre el extremo expuesto después de 2 h a 4 h del moldeado, dicha pasta de cemento es de consistencia normal, aproximadamente entre 0,25 y 0,35 de la relación A/C. Es conveniente aproximadamente 30 min después de su aplicación enrasarla con una placa cabeceadora. En este procedimiento es necesario retirar el agua de sangrado antes de aplicar la pasta de cemento. Otra alternativa para realizar el cabeceo consiste en espolvorear cemento puro sobre la superficie expuesta aún fresca y después de 1 h a 2 h proceder a enrasar.

Realizando el cabeceo se debe cubrir con un paño húmedo y sobre éste una hoja de polietileno para evitar el secado.

c.1.1 El procedimiento descrito debe ser utilizado para especímenes que vayan a ser curados por vía húmeda y en forma continua hasta el momento de la prueba, ya que los especímenes del concreto seco absorben agua de la mezcla de la pasta de cemento puro y pueden producir capas de adherencia no satisfactorias. Las capas de pasta de cemento puro, se contraen y se agrietan por secado, por lo que deben emplearse únicamente para especímenes que sean curados en forma continua, en ambiente húmedo hasta el momento de la prueba.

c.2 Especímenes de concreto endurecido.

c.2.1 Bases.

Las bases de los especímenes cilíndricos de concreto endurecidos que no se encuentran dentro de las tolerancias de 0,05 mm con respecto a su plano deben ser cabeceadas, cortadas o pulidas para estar dentro de esa tolerancia. Cada una de las capas de cabeceo deben tener alrededor de 3 mm de espesor y ninguna parte de las mismas debe tener un espesor de 5 mm. Se debe eliminar cualquier depósito de cera, material aceitoso o exceso de agua o polvo que se encuentren en cualesquiera de las bases del espécimen o cualquiera que interfiera con la adherencia de la capa de cabeceo.

c.3 Cabeceo con mortero de azufre.

Se prepara el mortero de azufre para su empleo calentándolo a $413\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($140 \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$). Se recomienda colocar en los recipientes para el fundido la cantidad necesaria de mortero azufre para los especímenes por cabecear en esa etapa, y antes de volverse a llenar se elimina el material sobrante.

El mortero de azufre debe estar seco en el momento que se coloque en el recipiente para el fundido ya que la humedad puede producir espuma. Por la misma razón el mortero de azufre fundido debe mantenerse alejada de cualquier humedad. El plato y los dispositivos para el cabeceo, deben ser calentado ligeramente antes de ser empleados para disminuir la velocidad de endurecimiento y permitir la formación de capas delgadas. Inmediatamente antes de vaciar cada capa, se aceita ligeramente el plato de cabeceo y se agita el mortero de azufre fundido. Las bases de los especímenes curados en forma húmeda deben estar suficientemente secas en el momento del cabeceo, para evitar que dentro de las capas se forme burbujas de vapor o bolsas de espuma de diámetro mayor de 6 mm.

Para asegurarse que la capa se ha adherido a la superficie del espécimen, la base de éste no debe ser aceitada antes de la aplicación de la capa.

c.3.1 Los especímenes curados por vía húmeda deben ser mantenidos en condiciones húmedas durante el tiempo transcurrido entre el terminado del cabeceo y

el momento de la prueba, regresándolos al almacenamiento húmedo o protegiéndolos con una manta o material similar húmedos para evitar la evaporación.

c.3.2 Se puede usar el mismo azufre para cabeceo de especímenes cilíndricos un máximo de 10 veces para disminuir al mínimo la pérdida de la resistencia y de la fluidez ocasionada por la contaminación del mortero con aceite o con desperdicios de distintas clases y pérdidas de azufre a través de la volatización. El número de usos deberá ser demostrado en base a la resistencia obtenida del ensaye de los cubos de mortero de azufre.

III.2.2.3 Concreto – Determinación del Revenimiento en el Concreto Fresco.

a) Objetivo y/o campo de Aplicación.

Establecer el procedimiento para determinar la consistencia del concreto fresco mediante el revenimiento. Esta prueba no es aplicable en concreto con tamaño máximo nominal del agregado mayor de 50 mm.

b) Definiciones.

b.1 Revenimiento.

Es una medida de la consistencia del concreto fresco en término de la disminución de altura.

c) Procedimientos.

La muestra debe obtenerse de acuerdo con lo especificado.

Después de haber obtenido la muestra, se remezcla el concreto con una pala o cucharón lo necesario para garantizar uniformidad en la mezcla y se procede a hacer la prueba inmediatamente.

Se humedece el molde; se coloca sobre una superficie horizontal, plana rígida, húmeda y no absorbente. El operador lo debe mantener firme en su lugar durante la operación de llenado, apoyando los pies en los estribos que tiene para ello el molde. A continuación se llena el molde con tres capas aproximadamente de igual volumen. La primera capa corresponde a una altura aproximada de 7 cm, la segunda capa debe llegar a una altura de aproximadamente 15 cm y la tercer, al extremo del molde. Se compacta cada capa con 25 penetraciones de la varilla introduciéndola por el extremo redondeado, distribuidos uniformemente sobre la sección de cada capa, por lo que es necesario inclinar la varilla ligeramente en la zona perimetral; aproximadamente la mitad de las penetraciones se hacen cerca del perímetro, después, con la varilla vertical se avanza en espiral hacia el centro.

La operación para levantar completamente el molde de los 30 cm de su altura, debe hacerse en 5 ± 2 s, alzándolo verticalmente sin movimiento lateral o torsional. La operación completa desde el comienzo del llenado hasta que se levante el molde, debe

hacerse sin interrupción y en un tiempo no mayor de 2,5 min. Se mide inmediatamente el revenimiento, determinando el asentamiento del concreto a partir del nivel original de la base superior del molde, midiendo esta diferencia de alturas en el centro desplazado de la superficie superior del espécimen. Si alguna porción del concreto se desliza o cae hacia un lado, se desecha la prueba u se efectúa otra con una nueva porción de la misma muestra.

Si dos pruebas consecutivas hechas de la misma muestra presenten fallas al caer parte del concreto a un lado, probablemente el concreto carece de la necesaria plasticidad y cohesividad; en este caso no es aplicable la prueba de revenimiento.

Para confirmar esta situación, es recomendable obtener una nueva muestra de la misma entrega.

d) Precisión.

El revenimiento debe medirse con una aproximación de 1 cm. En esta prueba se obtienen valores confiables de revenimiento en el intervalo de 2 a 20 cm.

e) Informe de la Prueba.

El informe debe incluir los siguientes datos:

- Revenimiento obtenido en [cm].
- Revenimiento de proyecto.
- Tamaño máximo del agregado.
- Identificación del concreto.

III.2.2.4 Concreto – Elaboración y Curado en Obra de Especímenes de Concreto.

a) Objetivo y/o campo de Aplicación.

Establecer los procedimientos para elaborar y curar, en obra, especímenes de concreto para las pruebas de resistencia a la compresión y a la flexión.

b) Definiciones.

b.1 Curado.

Es el proceso mediante el cual, en un ambiente especificado de humedad y temperatura, se favorece la hidratación del cemento o de los materiales cementantes en la mezcla.

c) Elaboración de especímenes.

c.1 Prueba la resistencia a la compresión.

c.1.1 Los especímenes para determinar la resistencia a la compresión deben ser cilindros de concreto, colados en posición vertical, con longitud igual a dos veces el diámetro. El espécimen debe ser un cilindro de 15 x 30 cm. Cuando el tamaño máximo nominal del agregado grueso es mayor de 50 mm, el diámetro del cilindro debe ser por lo menos 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado; cuando este último no sea posible, es necesario cribar el concreto y eliminar el material mayor a 50 mm. A menos que se requiera por las especificaciones de proyecto, no deben hacerse en el campo, cilindros menores de 15 x 30 cm.

c.2 Moldeo.

c.2.1 Lugar para el Moldeo.

Los especímenes deben moldearse inmediatamente después de obtenida y remezclada la muestra, sobre una superficie horizontal rígida, nivelada, libre de vibraciones y otras protuberancias, en el lugar donde se almacenen a cubierto el primer día y deben evitarse golpes, inclinaciones del espécimen o alteraciones de sus superficies.

c.2.2 Vaciado del concreto.

El concreto debe vaciarse con un cucharón en los moldes. Cada porción de concreto obtenida de la charola de mezclado debe ser representativa de la revoltura; es necesario remezclar el concreto en la charola con una pala o cuchara para prevenir la segregación durante el moldeo de los especímenes; debe moverse el cucharón alrededor del borde superior del molde a medida que el concreto vaya descargándose con el fin de asegurar una distribución homogénea del mismo y minimizar la segregación del agregado grueso dentro del molde. Posteriormente debe distribuirse el concreto usando la varilla de compactación antes de iniciar la misma. Durante el colado de la capa final, el operario debe añadir una cantidad de concreto tal que sobrepase el cupo del molde y lo llene totalmente después de la compactación. El número de capas para llenar el molde y compactarlas debe efectuarse según lo indicado en la tabla 1.

c.3 Compactación.

c.3.1 Método de Compactación.

La elaboración de especímenes adecuados requiere de métodos de compactación apropiados. Los métodos de compactación son varillado y vibrado interno y externo. La selección del método de compactación debe basarse en el revenimiento, a menos que el método se establezca en las especificaciones bajo las cuales se cumple el contrato. Debe varillarse el concreto que tenga un revenimiento mayor de 8 cm. Los

revenimientos de 3 a 8 pueden varillarse o vibrar. Deben vibrarse los concretos con revenimientos menores de 3 cm.

c.3.1.1 Varillado.

Se coloca el concreto dentro del molde, en el número de capas que se especifiquen de aproximadamente igual volumen cada una. Se varilla cada capa con el extremo redondeado, efectuando el número de penetraciones especificado en la tabla 2. En el caso de vigas, el número de varillados por capa requerida es uno por cada 10 cm² de superficie del espécimen. Se varilla la capa inferior en todo su espesor, se distribuyen las penetraciones uniformemente en toda la sección transversal del molde, permitiendo que la varilla penetre aproximadamente 10 mm dentro de la capa inmediata inferior, cuando el espesor de esa capa sea menor de 10 cm y aproximadamente de 20 mm, cuando el espesor de la capa sea 10 cm o más. Si la varilla produce oquedades, se golpean ligeramente las paredes del molde de eliminarlas. En el caso de las vigas después de cada capa se ha varillado, debe introducirse y sacarse repetidamente una cuchara de albañil u otra herramienta adecuada en la zona de contacto del concreto y el molde en su perímetro.

c.3.1.2 Vibrado.

Se mantiene una duración específica de vibrado para cada clase de concreto, de vibrador y de molde de espécimen empleado. La duración requerida para la vibración depende de la trabajabilidad del concreto y de la efectividad del vibrador. Se efectúa la vibración sólo el tiempo necesario para lograr una compactación apropiada del concreto; generalmente la vibración es suficiente cuando el agregado grueso comienza a desaparecer de la superficie y ésta empieza a tener un aspecto relativamente liso. El exceso de vibración puede producir segregación. Al llenar los moldes se vibran empleando el número de capas especificadas en la tabla 1, con volúmenes aproximadamente iguales. Se coloca dentro del molde todo el concreto de una capa antes de iniciar la vibración de la misma. Se coloca la última capa en tal forma que se evite rebosar el molde en más de 5 mm, se enrasa la superficie ya sea durante la vibración cuando ésta se aplique exteriormente o después cuando se aplique interiormente. Cuando se enrase después de la vibración, se agrega solamente la cantidad de concreto necesario, con el cucharón, para rebosar el molde en 3 mm, distribuyéndolo y enrasándolo en la superficie.

c.3.1.2.1 Vibración Interna.

El diámetro de la flecha del vibrador interno debe ser, como máximo, la tercera parte del ancho del molde en el caso de vigas o prismas. Para cilindros, la relación del diámetro del cilindro al del vibrador debe ser de 4 o mayor.

Al compactar el espécimen, el vibrador no debe tocar el fondo, los lados del molde o tacar los elementos embebidos en el concreto. Se extrae cuidadosamente el vibrador en tal forma que no produzca oquedades en el espécimen. Después de vibrar

cada capa se golpean ligeramente los lados del molde para asegurar la eliminación de burbujas de aire atrapado en el espécimen.

c.3.1.2.1.1 Cilindros.

Debe introducirse el vibrador siempre en forma vertical en distancias que no excedan de 15 cm a lo largo de la línea centro de la dimensión longitudinal del espécimen. Para especímenes cuyo ancho sea mayor que 15 cm se hacen inserciones en forma alternada a lo largo de dos líneas de referencia.

Para ambos casos, se deja que la flecha del vibrador penetre 2 cm aproximadamente en la capa interior.

c.3.1.2.2 Vibración Externa.

Cuando se use un vibrador externo debe tenerse cuidado para asegurar que el molde esté firmemente fijado o asegurado contra el elemento vibratorio o la superficie vibradora. El molde debe ser lo suficientemente rígido para asegurar la transmisión de vibración al concreto y no perder su forma durante el vibrador.

c.4 Acabado.

Después de la compactación con cualquiera de los métodos anteriores, al menos que el enrasado se haya efectuado durante la vibración descrita en c.4.1.2, se enrase la superficie del concreto y se termina de acuerdo con el método empleado. Si no se especifica el tipo de acabado, se termina la superficie con un enrasador de madera o de metal. Se efectúa el acabado con el mínimo de pasadas necesarias para producir una superficie plana y uniforme, que esté a nivel con las orillas del molde y que no tenga depresiones o promotorios de más de 3 cm.

c.4.1 Cilindros.

Después del compactado se termina la superficie superior enrasándola con un enrasador de madera o de metal, si se desea puede cabecearse la superficie del cilindro recién elaborado con una capa delgada de pasta de cemento, de consistencia rígida, que se endurezca y se cure con el espécimen.

Tabla 5.3.4 Número de Capas Requeridas para los Especímenes.

Tipo y Altura del Especimen [cm]	Forma de Compactación	Número de Capas	Espesor aproximado de la Capa [cm]
Cilindros:			
30	Varillado	3 iguales	10
Más de 30	Varillado	Las que se requieran	10 ó fracción.
De 30 a 45	Vibrado	2 iguales	La mitad de la profundidad del espécimen.
Más de 45	Vibrado	3 ó más	15 ó lo más cercano posible.
Vigas:			
De 15 a 20	Varillado	2 iguales	La mitad de la profundidad del espécimen.
más de 20	Varillado	3 ó más	10 ó fracción.
De 15 a 20	Vibrado	1	Profundidad del espécimen.
Más de 20	Vibrado	2 ó más	20 ó lo más cercano posible.

Tabla 5.3.5 Número de Penetraciones de la Varilla para el Moldeado de Especímenes Cilíndricos.

Diámetro de Cilindro [cm]	Número de Penetraciones por Capa.
15	25
20	50
25	75

c.5 Curado.

c.5.1 Protección después del acabado.

Para evitar la evaporación del agua de los especímenes de concreto sin fraguar, deben cubrirse inmediatamente después de terminados, de preferencia con una placa o tapa no absorbente y no reactiva o con una tela de plástico resistente, durable e impermeable. Puede emplearse yute húmedo, pero debe cuidarse de mantenerlo con humedad evitando el contacto con el concreto hasta que los especímenes sean extraídos de los moldes.

El colocar una tela de plástico sobre el yute ayuda a mantenerlo húmedo.

c.5.1.1 Curado inicial.

Durante las primeras 24 h después del moldeado, todos los especímenes de prueba deben almacenarse bajo condiciones que mantengan la temperatura adyacente a los especímenes en el intervalo de 289 a 300 K (16 a 27 °C) y prevenir pérdidas de humedad de los especímenes. La temperatura de almacenamiento puede regularse por medio de ventilación, o por evaporación del agua, de arena o sacos de yute, o usando

dispositivos de calentamiento tales como estufas, focos o cables de calefacción controlados termostáticamente. Un registro de la temperatura de los especímenes puede establecerse por medio de termómetros de máxima y mínima. Los especímenes pueden almacenarse en cajas cerradas, en pozos con aren húmeda, en construcciones temporales en los lugares de edificación, bajo sacos de yute húmedo en climas favorables, o en sacos de plástico cerrados o usar otros métodos adecuados siempre y cuando se cumplan los requerimientos anteriores que limiten la temperatura del espécimen y la pérdida de humedad.

c.5.1.1.1 Curado de cilindros.

c.5.1.1.1.1 Los especímenes de prueba elaborados para comprobar las porciones de la mezcla para propósitos de resistencia, o como base para la aceptación, deben retirarse de los moldes, de preferencia a las 24 h después del moldeo permitiéndose un margen de entre 20 y 48 h y almacenarse de inmediato en una condición húmeda a la temperatura a la temperatura de 296 ± 2 K (23 ± 2 °C) hasta el momento de la prueba.

El tratamiento de curado húmedo de los especímenes descimbrados significa que los especímenes de prueba tienen agua libre sobre toda la superficie en todo momento. Esta condición se cumple por inmersión en agua saturada de cal a la temperatura de 296 ± 2 K (23 ± 2 °C), o con almacenamiento en un cuarto o gabinete húmedo, cuya humedad relativa sea del 95 al 100 % y su temperatura de 296 ± 2 K (23 ± 2 °C). Los especímenes no deben exponerse al goteo o corrientes de agua.

c.5.1.1.1.2 Curado de cilindros para determinar el tiempo de retiro de la cimbra o cuando puede ponerse en servicio una estructura.

Los especímenes elaborados para determinar cuando puede retirarse la cimbra o cuando debe ponerse en servicio una estructura, deben almacenarse en o sobre la estructura o lo más cerca que sea posible y recibir la misma protección que los elementos de la estructura que representen. Los especímenes deben probarse en la condición húmeda que resulte del tratamiento de curado especificado. Para cumplir estas condiciones, los especímenes hechos con el propósito de determinar cuando puede ponerse en servicio una estructura, deben quitarse de los moldes en el momento de retiro de la cimbra. Deben seguirse las disposiciones de c.5.6.2.2.2 donde sean aplicables para quitar los especímenes de los moldes.

c.5.2 Traslado al Laboratorio.

Los cilindros y vigas que van a transportarse del campo al laboratorio, para su prueba, deben empacarse en cajas resistentes de madera u otros recipientes adecuados, rodeados con arena, aserrín u otros materiales de empaque adecuados en condición húmeda y protegerse de la congelación durante su transporte. Al recibirlos en el laboratorio deben colocarse inmediatamente en cuarto de curado a 296 ± 2 K (23 ± 2 °C). Las vigas deben transportarse con el eje longitudinal en posición vertical. La base de apoyo de los especímenes debe tener el amortiguamiento necesario para evitar dañarlos.

d) Características de los Agregados para el Concreto.

d.1 Observaciones.

En caso de control interno, en donde el resultado no se emplee para aceptación o rechazo del concreto, es posible utilizar especímenes de concreto de 10 x 20 cm, cuando el tamaño máximo nominal del agregado no exceda de 25 mm.

d.1.2 Los moldes, para considerarse estancos, deben llenarse con estancos, deben de llenarse con agua en un 90 a 95 % de su altura. Después de una hora debe examinarse el molde para determinar si hay fugas visibles. La pérdida del agua estancada, expresada en por ciento del volumen inicial, no debe ser mayor del 2 %.

d.1.3 En general, el tamaño máximo nominal del agregado grueso es aquel en cuya criba se retiene como máxima al 10 %.

d.1.4 No se consideran en este método los concretos de tan bajo contenido de agua que no sea posible compactarlos adecuadamente por los métodos aquí descritos o que requieran de otros tamaños y formas de especímenes para representar el producto o la estructura. Los especímenes para tales concretos deben hacerse de acuerdo con los requerimientos de la norma correspondiente, con relación al tamaño y forma del espécimen y método de compactación.

d.1.5 Debe tomarse en cuenta que la temperatura debajo de los sacos de yute húmedos o materiales similares, siempre es menor que la temperatura del medio que lo rodea si se presenta evaporación.

d.1.6 Muestras del concreto.

Las muestras del concreto para elaborar los especímenes se toman de acuerdo con las especificaciones. El lugar de destino de la revoltura de concreto muestreada debe tomarse en el registro de la obra en forma clara y precisa.

d.1.7 Prueba de Revenimiento.

d.1.7.1 El revenimiento y rendimiento de cada revoltura de concreto, del cual se hacen los especímenes, debe determinarse inmediatamente después del mezclado. El concreto sobrante usado para la prueba de revenimiento y rendimiento puede emplearse remezclándolo en la obra.

La determinación del aire incluido debe efectuarse de acuerdo a las especificaciones y el concreto sobrante utilizado en la prueba debe deshacerse.

III.2.2.5 Concreto Fresco - Muestreo.

a) Objetivo y/o campo de Aplicación.

Establecer el método para obtener muestras representativas de concreto fresco, tal como se entrega en el sitio de la obra y con las cuales se realizan las pruebas para determinar el cumplimiento de los requisitos de la calidad convencidos. Este método es aplicable al muestreo de concreto fresco procedente de mezcladoras estacionarias y camiones mezcladores, agitadores o de volteo.

b) Procedimientos.

Los procedimientos usados en el muestreo incluyen todas las operaciones que ayuden a obtener muestras representativas de la naturaleza y condiciones del concreto muestreado y no debe tomarse la muestra sino hasta que se haya agregado toda el agua de mezclado y la mezcla esté homogénea.

b.1 Muestreo de mezcladoras estacionarias (fijas y basculantes).

La muestra se obtiene interceptando el flujo completo de descarga de la mezcladora, con el recipiente aproximadamente a la mitad de la descarga del tambor de la mezcladora o desviando el flujo completamente, de tal modo que descargue en el recipiente. Debe tenerse cuidado de no restringir el flujo de la mezcladora con compuertas u otros medios que causen segregación del concreto.

b.2 Muestreo de la olla de camión mezclador o agitador.

La muestra se toma en tres o más intervalos, interceptando todo el flujo de la descarga, teniendo la precaución de no tomarla antes del 15 % ni después del 85 %.

El muestreo se hace pasando repetidamente el recipiente en la descarga, interceptándola totalmente cada vez, o desviando el flujo completamente de tal modo que descargue en el recipiente. La velocidad de descarga debe controlarse con el número de revoluciones de la olla y no por la mayor o la menor abertura de la compuerta.

b.3 Cantidad de la Muestra.

La muestra debe ser una cantidad suficiente para la realización de todas y cada una de las pruebas. Se recomienda que la muestra sea superior al volumen requerido y esté de acuerdo con el tamaño máximo del agregado.

b.4 Remezclado de la Muestra.

La muestra debe transportarse sin pérdida de material al lugar donde se efectúan las pruebas y debe remezclarse para asegurar su uniformidad.

b.5 Tiempo.

El intervalo entre la obtención de la primera y última porción de una muestra debe ser tan corto como sea posible y nunca más de 15 min.

El período entre tomar la muestra y usarla no debe de exceder de 15 min. Las pruebas de revenimiento o de aire incluido deben iniciarse dentro de los 5 min después de que el muestreo se haya terminado.

La muestra debe protegerse en ese intervalo de los rayos solares, el viento y otros factores que causen rápida evaporación o contaminación de la muestra.

III.2.2.6 Concreto – Determinación de la Masa Unitaria.

1) Objetivo y/o campo de Aplicación.

b) Procedimiento.

b.1 Varillado.

Se coloca el concreto en tres etapas de igual volumen aproximadamente. Cada capa se compacta con 25 penetraciones de la varilla si el volumen es de 14 L o menos; y con 50 penetraciones si el volumen es mayor de 14 L. La varilla debe penetrar en la capa inferior en todo su espesor, pero sin golpear el fondo del recipiente. Se distribuyen las penetraciones de la varilla uniformemente en toda la superficie del concreto. Para las dos capas superiores, la varilla debe penetrar aproximadamente 20 mm en la capa inmediata inferior. Después de compactar cada capa, se deben dar ligeros golpes con el martillo o mazo apropiado a los lados del recipiente, hasta que se cierren los huecos dejados por la varilla de compactación y se liberen las burbujas o bolsas de aire que pudieran estar atrapadas. Al agregar la última capa se debe de evitar el rebosamiento.

b.2 Vibración Interna.

Se llena el recipiente y se vibra el concreto en dos capas iguales aproximadamente. Se inserta el vástago del vibrador en tres puntos diferentes de cada capa evitando tocar los lados del recipiente. Durante la compactación de la capa inferior, no se debe de apoyar o tocar con el vibrador el fondo. En la compactación de la capa superior, el vibrador debe penetrar en la capa anterior 20 mm aproximadamente. Se debe tener cuidado de extraer lentamente el vástago, de tal manera de no dejar burbujas de aire en el espécimen. El tiempo requerido de vibración depende de la trabajabilidad de la mezcla y de la eficiencia del vibrador. En general el vibrado es suficiente tan pronto como la superficie del concreto se vuelve relativamente lisa y el agregado grueso tiende a desaparecer.

Se debe tener cuidado de no sobrevibrar ya que esto causa segregación y pérdida de una apreciable cantidad de aire incluido y mantener una duración uniforme de vibrado para una misma clase de concreto, un mismo tipo de vibrador y un mismo recipiente.

Terminada la compactación, el recipiente no debe contener exceso o falta de concreto. El contenido óptimo es aquel en que el concreto sobresale unos 3 mm sobre el borde superior del recipiente. Se puede agregar una pequeña porción de concreto para completar la cantidad óptima. Si el recipiente contiene una cantidad considerable de concreto, este excedente se retira con una cuchara de albañil inmediatamente después de terminar la compactación y antes de que se enrase.

b.3 Enrase.

Al terminar la compactación se enrasa la superficie del concreto con la placa enrasadora hasta dejar la superficie pulida y justo a nivel con el borde del recipiente. Se debe enrasar haciendo presión con la placa enrasadora sobre la superficie del concreto, cubriendo dos tercios de ella y retirándola con un movimiento de sierra para terminar la superficie cubierta originalmente. Se coloca nuevamente la placa sobre la superficie del concreto, cubriendo los dos tercios enrasados y se avanza con un movimiento de sierra presionando verticalmente hasta cubrir el total de la superficie. Finalmente al dar varias pasadas inclinando el filo de la placa producen un terminado pulido de la superficie del concreto.

b.4 Determinación de la masa.

Después de enrasar, se limpia todo el exceso de concreto adherido en el exterior del recipiente y se determina la masa del concreto con la precisión indicada previamente cuidando que la báscula se encuentre nivelada, calibrada y fuera de corrientes de aire.

c) Precisión.

La masa unitaria debe reportar con una precisión de $0,01 \text{ kg/m}^3$. El rendimiento se debe reportar con una precisión de $0,01$ de m^3 . El contenido de aire en el concreto fresco $0,1 \%$.

d Informe de la prueba.

El informe debe incluir lo siguiente:

- Datos del concreto muestreado.
- Masa de los materiales por bachada.
- Factor del recipiente.
- Masa unitaria del concreto calculada en $[\text{kg/m}^3]$.
- Rendimiento del concreto en m^3 y en por ciento.
- Cantidad en por ciento del contenido de aire en el concreto (si se calculó).
- Nombre y firma de quien realiza la prueba.
- Fecha.
- Características del concreto.

IV. PROGRAMA DE EJECUCIÓN

IV.1 Programa de Obra y Ruta Crítica.

Para el Programa de Obra Civil con su Ruta Crítica que se presenta en el anexo 4.1, se expone el programa maestro (que es el autorizado por el cliente al comienzo del proyecto), el cual en la primera página se muestra el resumen de las tareas y en las siguientes el completo desarrollo del mismo. Cabe señalar que para cada una de las áreas en particular, se contaba con un programa específico y con mayor detalle.

Dentro del programa también se muestran algunas actividades del Área Electromecánica, que fueron incluidas por tener interferencia con las de Obra Civil.

IV.2 Producción Calendarizada.

Para el buen desarrollo del proyecto también se necesitaba de una excelente planeación del proyecto en el área administrativa, la cual se muestra en el anexo 4.2.

Siendo que se requieren realizar todas las actividades de limpieza, excavación, topografía, acero de refuerzo, cimbra, etc, antes que al concreto y dejando los acabados como complementarios, se ha tomado al Concreto como la parte cumbre de los trabajos de Obra Civil, por tanto este concepto se ha tomado como pilar para mostrar el avance mensual que se tuvo durante la realización del proyecto.

Como primera parte se muestra la gráfica de la Producción Planeada Nueva junto a la Producción Real del Concreto, observándose que de los meses de agosto del 2002 a los de abril del 2003 se planearon realizar la gran mayoría de los concretos, sin embargo al no poderse realizar éstos por diversos problemas entre otros por la entrega de ingeniería tardía, tiempos ociosos y bajo rendimiento del personal, las fechas mencionadas tuvieron que desplazarse a los meses siguientes.

A continuación en la tabla se puede observar numéricamente los datos de la gráfica anterior así como los de Producción contra Costos mostrándose a la vez la utilidad esperada como la real para el mes de agosto del 2003.

Y por último se tiene la gráfica de Producción contra Costos con su clásica curva.

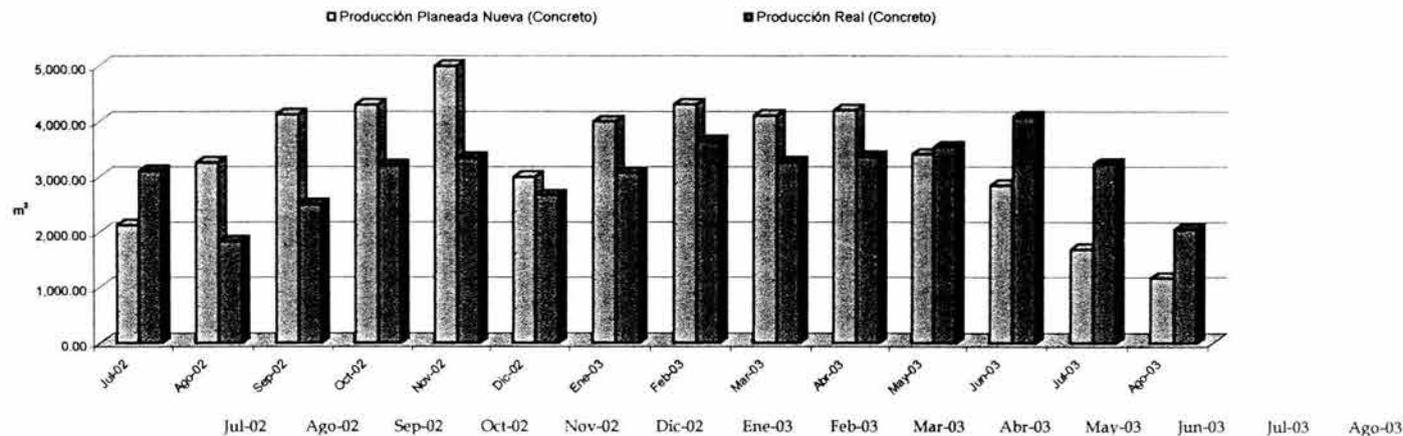
Anexo 4.1
 Programa de Ruta Crítica de la Obra Civil
 Construcción de la 2a Etapa de la Central Hidroeléctrica
 Ing. Manuel Moreno Torres "Chicoasén".

IV. Programa de Ejecución.

Id	Nombre e la Tarea	Duración	2001												2002												2003											
			dic	ene	feb	mar	abr	ma	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	ma	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	ma	jun	jul	ago	sep	oct	
1	Puesta en Vigor del Contrato.	0 días	◆ 23/01																																			
2	Inicio del Contrato de la Compañía de Obra Civil.	0 sems	◆ 23/01																																			
3	Movilización.	100 días	07/02 → 26/06																																			
8	Acceso al Túnel Auxiliar.	162.5 días	07/03 → 19/10																																			
9	Construcción del Camino de Acceso.	32.5 días	07/03 → 20/04																																			
11	Construcción de Obras de Protección.	150 días	23/03 → 19/10																																			
19	Túnel de Desfogue # 1 (Primeras Obras).	80 días	27/07 → 16/11																																			
23	Túnel de Desfogue # 1 (Segundas Obras).	395 días	16/11 → 23/05																																			
40	Casa de Máquinas.	447 días	07/12 → 26/08																																			
41	Complementos.	205 días	07/12 → 20/09																																			
55	Unidad 6.	303 días	28/12 → 26/02																																			
67	Unidad 7.	302 días	29/03 → 27/05																																			
79	Unidad 8	302 días	28/06 → 26/08																																			
91	Galería de Oscilación y Túneles de Aspiración.	300 días	19/10 → 13/12																																			
113	Galería de Transformadores.	530 días	27/06 → 08/07																																			
141	Obras Civiles Exteriores.	236 días	05/04 → 28/02																																			
148	Edificios Exteriores.	285 días	29/03 → 01/05																																			
159	Casetas de Seguridad Física.	93 días	20/02 → 28/06																																			

Anexo 4.2

Producción Calendarizada

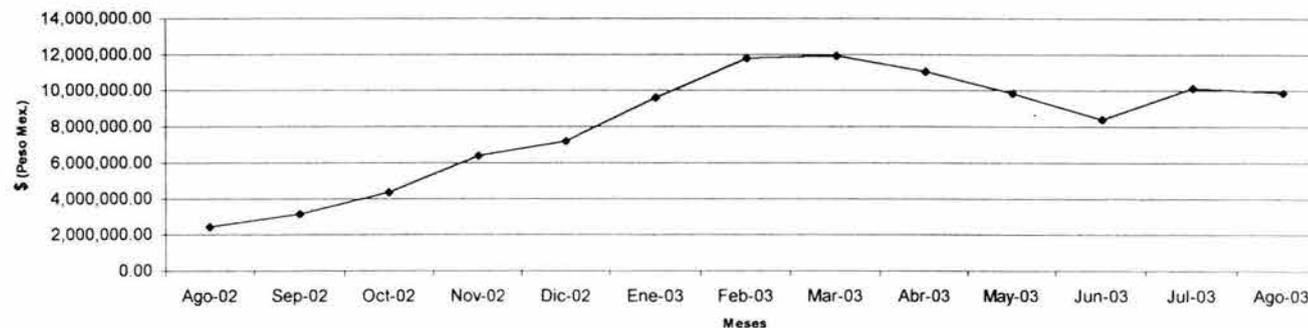


Producción Planeada Original (Concreto) [m³]	2,129.00	3,263.00	4,125.00	5,145.00	6,075.00	5,814.00	5,201.00	4,820.00	3,850.00	2,738.00	1,563.00	1,148.00	313.00	
Producción Real (Concreto) [m³]	3,112.00	1,831.50	2,498.50	3,212.50	3,340.50	2,668.00	3,074.00	3,646.00	3,266.00	3,361.50	3,542.00	4,087.28	3,235.75	2,050.00
Producción Real Acumulada (Concreto) [m³]	8,561.75	10,393.25	12,891.75	16,104.25	19,444.75	22,112.75	25,186.75	28,832.75	32,098.75	35,460.25	39,002.25	43,089.53	46,325.28	48,375.28
Saldo Diferencia entre Producciones (Concreto) [m³]	-983.00	1,431.50	1,626.50	1,087.50	1,659.50	332.00	926.00	662.66	842.66	843.93	-130.35	-1,236.51	-1,543.75	-878.00
Producción Planeada Nueva (Concreto) [m³]	2,129.00	3,263.00	4,125.00	4,300.00	5,000.00	3,000.00	4,000.00	4,308.66	4,108.66	4,205.43	3,411.65	2,850.77	1,692.00	1,172.00
Producción Diaria (Concreto) [m³]	115.26	67.83	96.10	118.98	128.48	102.62	113.85	151.92	158.03	161.75	126.36	114.03	62.67	45.08
Mano de Obra Planeada.	268	338	520	520	520	520	520	520	790	790	720	550	450	450
Mano de Obra Real.	382	350	520	520	567	582	547	650	780	859	972	1,003	932	834
Producción Real \$ (USD).	660,169.84	684,749.26	594,372.15	922,469.80	2,502,606.49	817,171.72	958,503.10	1,000,151.66	827,526.32	1,012,865.65	1,185,129.35	1,106,666.14	1,303,277.63	773,036.37
Producción Real Acumulada \$ (USD).	3,953,768.93	4,638,518.19	5,232,890.34	6,155,360.14	8,657,966.63	9,475,138.35	10,433,641.45	11,433,793.11	12,261,319.43	13,274,185.08	14,459,314.43	15,565,980.57	16,869,258.20	17,642,294.57
Producción vs Costos Planeada \$ (Peso Mex).		800,000.00	1,376,826.10	1,600,960.58	960,576.35	1,280,768.46	1,379,598.96	1,315,560.54	1,346,545.53	1,092,383.43	912,794.08	541,265.06	375,265.16	
Producción vs Costos Real \$ (Peso Mex).		2,433,091.53	715,186.26	1,204,880.49	2,057,640.78	791,293.99	2,394,889.74	2,187,397.31	149,345.89	-879,501.65	-1,222,204.67	-1,428,643.07	1,749,460.91	-280,160.51
Producción vs Costos Real Acumulado \$ (Peso Mex).		2,433,091.53	3,148,277.79	4,353,158.28	6,410,799.06	7,202,093.05	9,596,982.79	11,784,380.10	11,933,725.99	11,054,224.33	9,832,019.67	8,403,376.60	10,152,837.52	9,872,677.00

* Representa la Producción vs Costos Acumulada hasta agosto del 2002.

Utilidad Esperada (Peso Mex) \$ 12,983,044.23
Utilidad Real (Peso Mex) \$ 9,872,677.00

Producción VS Costos - Real Acumulado \$ (Peso Mex.).



V. ANÁLISIS DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.

V.1 Casa de Máquinas.

V.1.1 Limpieza Previa en la Casa de Máquinas.

La cuadrilla de topografía tuvo que realizar los levantamientos correspondientes tal y como encontró la Galería de Casa de Máquinas, con el fin de conocer la rasante del terreno y poder cubicar el material a remover.

Con cuadrillas de limpieza a base de pico, pala y carretilla, se procedió a remover toda la rezaga que se encontró suelta.

Se procedieron a realizar los cortes necesarios a la estructura metálica que se encontraba en el Foso Difusor U-6 para desmontarla de su base.

Se retiró la estructura metálica (viguetas de 14 m) del Foso Difusor U-6 de Casa de Máquinas con la grúa viajera de 40 Toneladas de capacidad. El retiro de esta estructura se llevó a cabo con extremada precaución debido a que la estructura que se retiró pasó por encima de la Casa de Máquinas existente, para luego ser colocados en una Cama Baja y trasladadas al destino final indicado por la CFE.

Se llevaron a cabo las excavaciones necesarias para llegar a los niveles correspondientes indicados.

V.1.2 Protección en la Casa de Máquinas.

Colocación de 2 mamparas de protección:

La primera ubicada en el nivel intermedio donde no se tiene algún tipo de protección que en los demás niveles ya existe y delimitará la zona construida de la nueva etapa.

Esta mampara se construyó a base de tablaroca, con la finalidad de no permitir el paso de polvo, equipo menor y personal de obra, aislando los equipos existentes permitiendo la seguridad de que las actividades de tránsito no dañen estas instalaciones.

La segunda fue ubicada en el último nivel al final de la zona construida y cubrió en su totalidad este nivel de la galería de casa de maquinas desde la bóveda hasta contar con un traslape de 1.5 metros con la mampara existente.

Para la colocación del andamio que sirvió para la instalación de la mampara o cortina hubo 3 opciones:

- a) Desde el último nivel de la Casa de Máquinas en el área de operación.
- b) Desde la base de la Ampliación de la Casa de Máquinas.
- c) Desde la Grúa Viajera.

El personal sobre el andamio hizo debajo de la bóveda con una Pistola de Impacto de 38 mm las perforaciones de los anclajes, dejando salir solamente su parte final del ancla la rosca en la cual se le agregó un anillo para de ahí poder sujetar con un gancho la cortina.

Esta cortina se construyó de plástico no inflamable.

Esta mampara a base de una cortina flexible permitió el acceso al área de los trabajos a la grúa viajera en caso de ser necesario, mediante un mecanismo mecánico:

Con el fin de conservar limpias las instalaciones de la central se instalaron botes de basura y baños móviles, la cantidad de éstos dependió del número de personas laborando. Además se instalaron lámparas de 1500 W, para la iluminación durante los trabajos de construcción así como las respectivas lámparas de emergencia.

Todo el personal que laboró en la construcción contó con el equipo de seguridad como estaba establecido para el proyecto y tuvo una estricta supervisión para que cumpliera con estas disposiciones de seguridad.

V.1.3 Galería de Drenaje.

La cuadrilla de topografía realizó los levantamientos correspondientes a la sección de la Galería antes de empezar los trabajos, con el fin de conocer las secciones y poder cuantificar el material a excavar, la cuantía de explosivo y la perforación para las voladuras, en las partes donde no se cumplía con el perfil indicado por el proyecto.

Las excavaciones fueron principalmente banqueros y algunos peines para dejar la sección definitiva. También se realizó la excavación para un cárcamo definitivo en U8.

5.4 Las secciones de la Galería de Drenaje son dos, rectangular y herradura, como se muestra en las figuras 5.1.1 y 5.1.2.

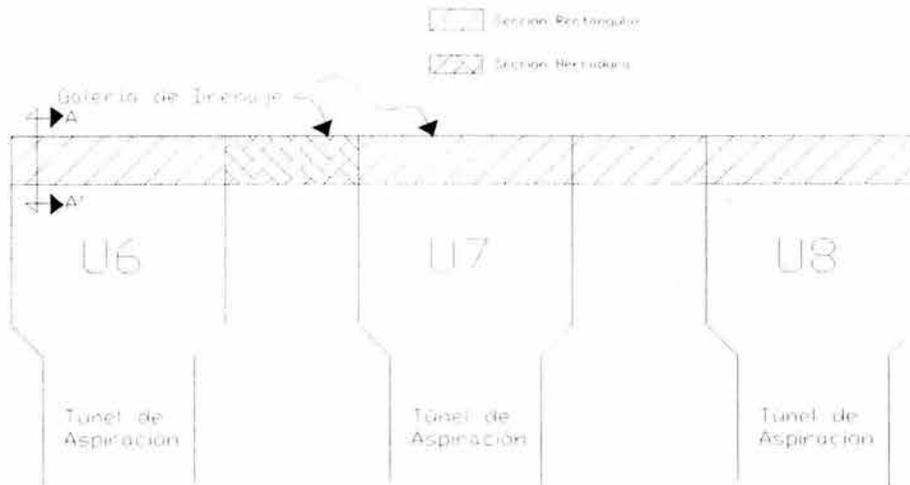


Fig. 5.1.1 Vista en Planta de la Galería de Drenaje.

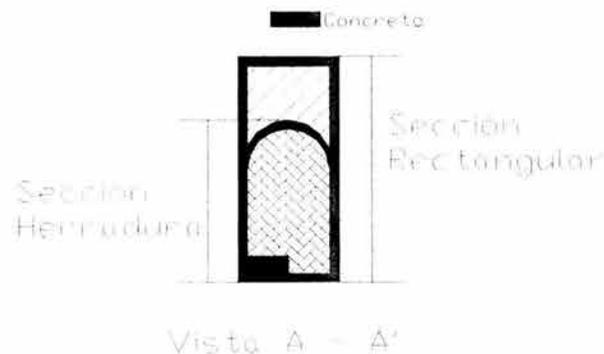


Fig. 5.1.2 Vista de Corte A - A' de la Galería de Drenaje.

Para la excavación en la Galería de Drenaje se garantizó que los trabajos no afectarán a las estructuras importantes, para ello se realizaron los diseños de las plantillas de voladuras adecuadas para las dimensiones de la Galería y las actividades a realizarse.

Para protección de los trabajos para las voladuras, se utilizaron tablonces y/o costales para cubrir el área de la voladura y evitar que el material producto de las voladuras dañara las instalaciones existentes, el equipo de trabajo y/o a los trabajadores.

La perforación se realizó con pistolas de pierna y/o pistolas neumáticas.

Las excavaciones se realizaron en el siguiente orden:

- Galería de Drenaje en U6.
- Galería de Drenaje entre U6 y U7.
- Galería de Drenaje en U7.
- Galería de Drenaje entre U7 y U8.
- Galería de Drenaje y cárcamo definitivo en U8.

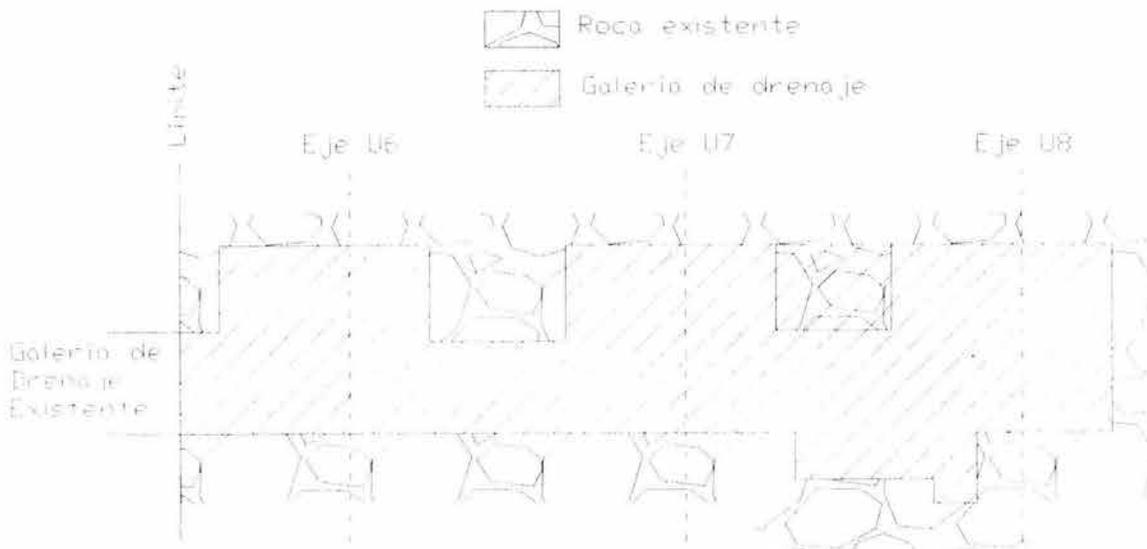


Fig. 5.1.3 Vista en Planta de la Excavación en la Galería de Drenaje.

Siempre que fue posible se prefirió el empleo de rompedora neumática hasta dejar el perímetro a línea de proyecto. La cercanía a estructuras inestables implicó la verificación de los parámetros vibratorios mediante un sismógrafo portátil.

El material producto de la excavación se retiró con retroexcavadora y se sacó del lugar en camiones de volteo.

Posterior a las excavaciones y ya con las secciones de proyecto, se procedieron a realizar los colados correspondientes.

Para la sección rectangular (Fig. 5.1.2):

Primero se coló una plantilla de concreto en el suelo de la galería para desplantar los concretos de losa de piso y arranques de muros. Enseguida se colaron la losa de piso y los arranques de los muros (1), luego el muro aguas abajo (2) y después el muro Aguas Arriba (3). Por último se coló la losa superior (4).

El colado de los arranques se realizó monolíticamente con la losa de piso.

Cada muro se realizó en colados de 2.40 m de altura y se utilizó cimbra a base de tableros de Cimbramex.

La losa superior se coló utilizando obra falsa Dalmine y tableros de Cimbramex.

Para la sección herradura (Fig. 5.1.2):

Primero se coló una plantilla de concreto en el suelo de la galería para realizar los concretos de losa de piso y arranques de muros. Enseguida se colaron los arranques de los muros (1), luego el muro aguas abajo (2), posteriormente el muro Aguas Arriba (3), después la bóveda (4) y por último se coló la losa de piso (5).

Los arranques se colaron dejando la preparación para el próximo colado de la losa de piso.

Para colar los muros se utilizó cimbra a base de tableros de Cimbramex.

La bóveda se coló utilizando la obra falsa Dalmine y cimbra radial (cerchas). Se realizó en 1 colado de la longitud total y el personal calificado vibró el concreto desde el espacio entre la cimbra y la sobreexcavación existente.

Se realizó también el colado del cárcamo definitivo en la U8.

El orden de los colados de la Galería de Drenaje fue el siguiente: la U6 (sección rectangular), luego entre U6 y U7 (sección herradura), después los colados de la U7 (sección rectangular), luego entre U7 y U8 (sección rectangular y cárcamo definitivo) y por último los colados de la Galería de Drenaje en U8 (sección rectangular).

- Bomba 1.- Galería de Transformadores, con la tubería por el Túnel de Barras.
- Bomba 2.- Galería de Oscilación, con la tubería por el Túnel de Aspiración.
- Bomba 3.- Respaldo.

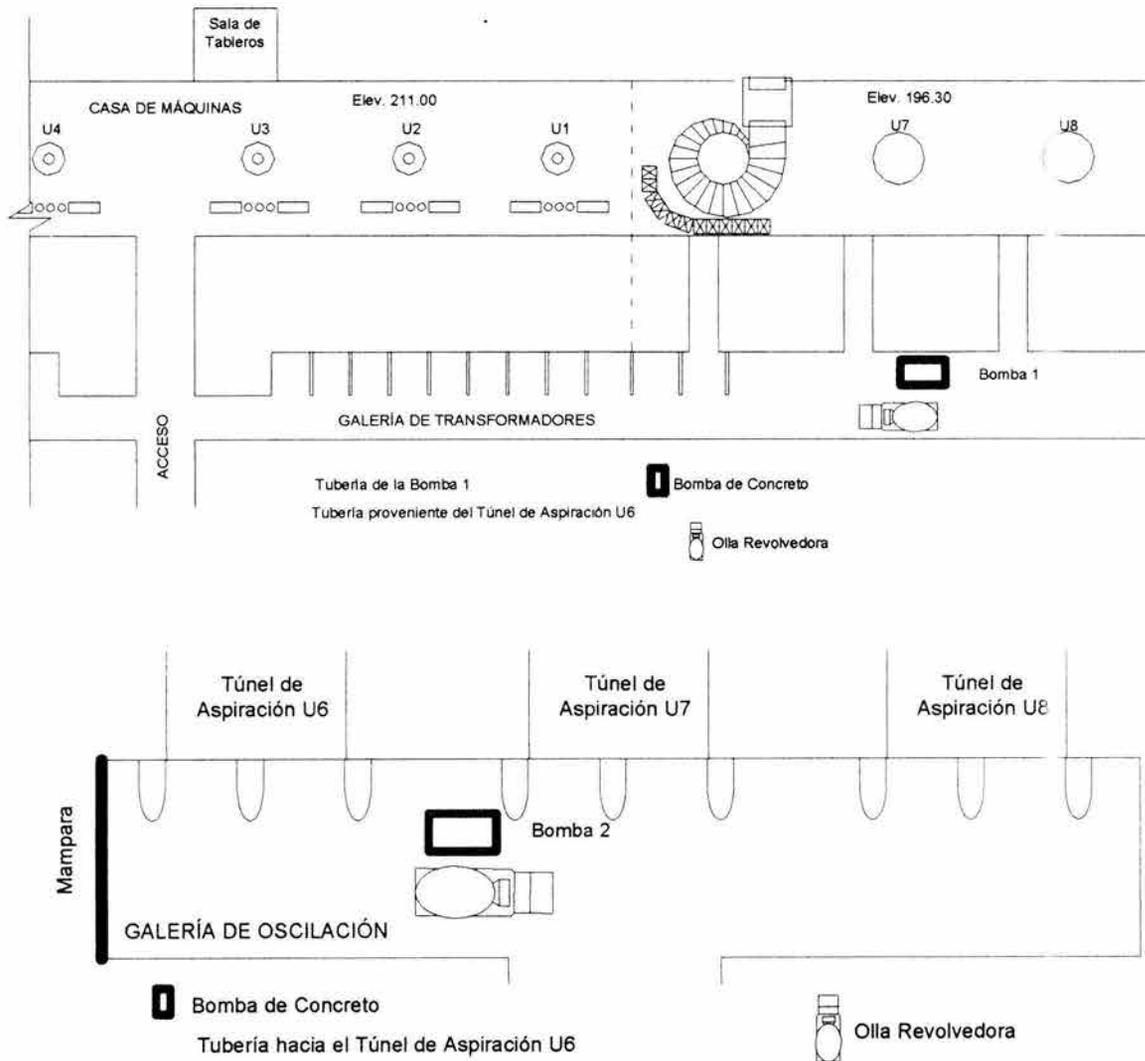


Fig. 5.1.6 Colocación de las bombas.

La bomba # 1 se utilizó en todos los colados para llenar el espacio exterior de la carcasa, la bomba # 2 se utilizó en la primera alzada para llenar el espacio entre la carcasa y el antedistribuidor, y en las siguientes alzadas como apoyo o respaldo de la bomba # 1. La bomba # 3 se utilizó como apoyo o respaldo de las bombas # 1 y # 2 en la primera alzada.

Para el primer colado se requirió introducir el concreto en un espacio reducido bajo la carcasa (Fig. 5.1.7).

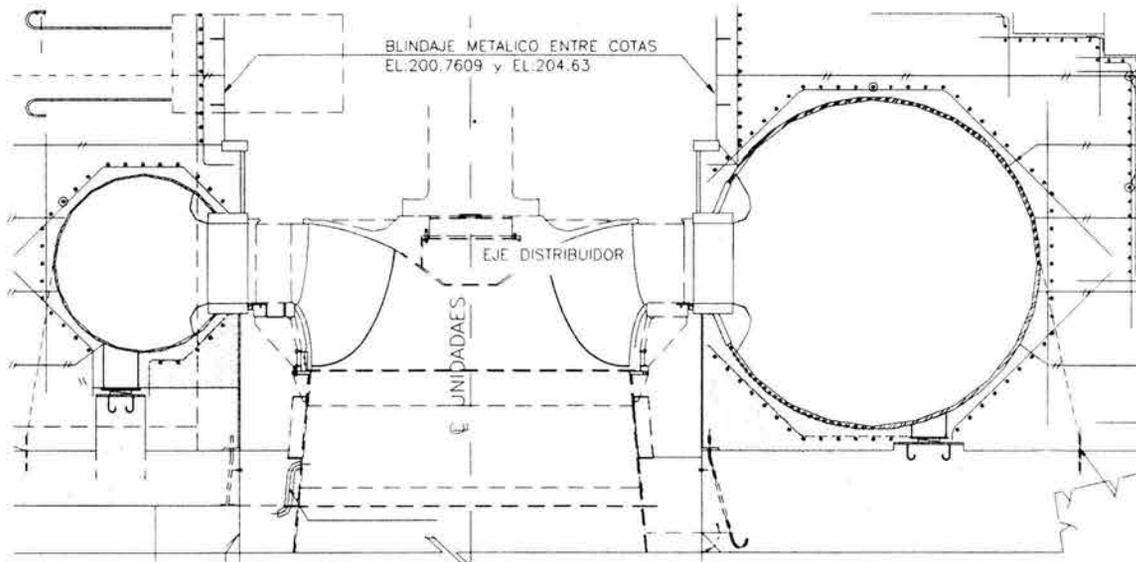


Fig. 5.1.7 Concreto a colocar entre la carcasa y el antedistribuidor.

Para realizar la colocación de este concreto se realizó de la siguiente forma:

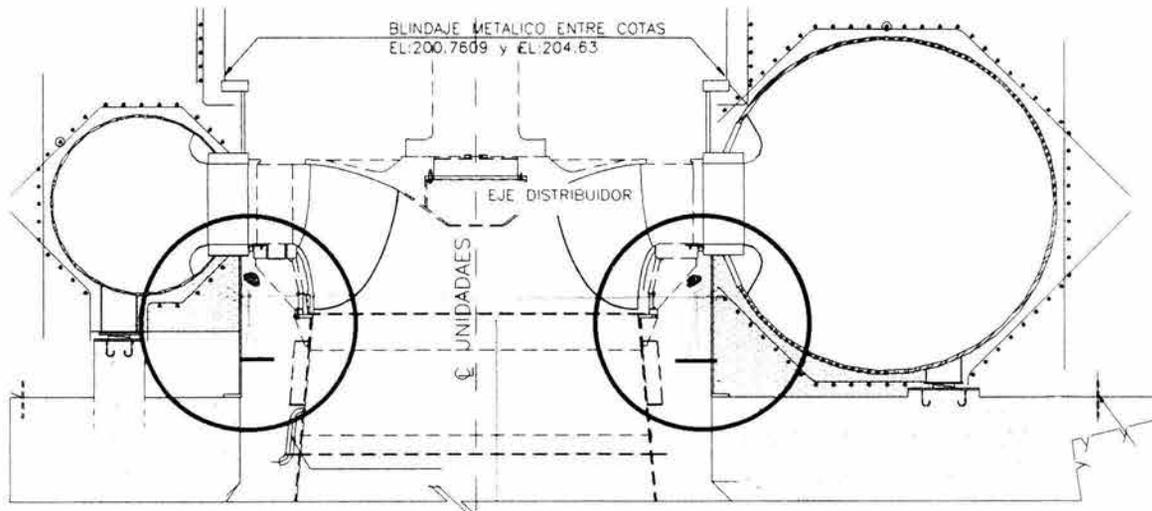


Fig. 5.1.8 Ubicación del personal de concretos dentro del antedistribuidor.

Se colocaron plataformas donde personal de colocación de concreto pudiera colocarlo desde adentro del antedistribuidor (Fig. 5.1.8).

El antedistribuidor tenía unas ventanas por donde se pudo colocar el concreto en el espacio reducido entre éste y la carcasa.

Se muestran las ventanas en la figura 5.1.9.

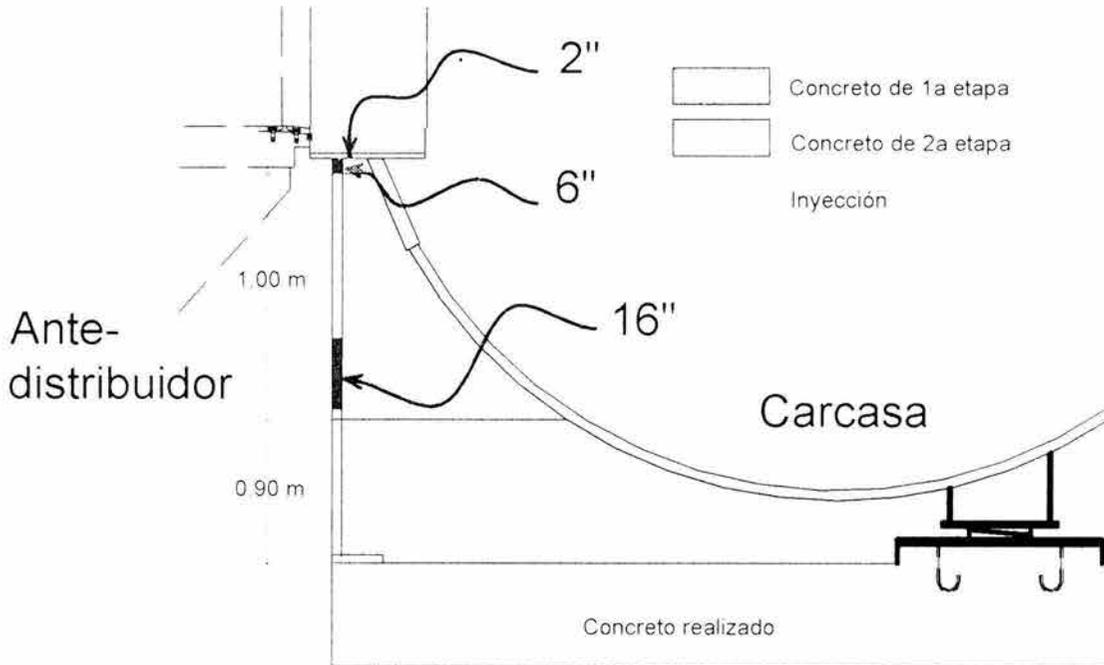


Fig. 5.1.9 Ventanas para colocar concreto dentro del antedistribuidor.

Para colar debajo de la carcasa, entre ésta y el antedistribuidor se colocó el concreto a través de la ventana de 16" hasta 5 cm debajo de ésta, después los soldadores cerraron las ventanas de 16" y entonces se colocó a través de las ventanas de 4" hasta llegar al nivel de dicha ventana.

Para llenar el espacio faltante, se realizó un colado con grout y granzón para nivelar y posteriormente se realizó la inyección a través de la ventana de 2" que se encuentra en la parte superior de esa área hasta con una presión máxima de 1 bar, para terminar soldando los últimos orificios y dar sello completo.

Para la primera alzada, las mangueras flexibles se colocaron de modo que se pudiera colar desde los tres puntos donde se colocó la tubería de cada bomba, la bomba 1 tuvo mangueras flexibles suficientes para cubrir las áreas de los cuadrantes que les correspondían y la bomba 2 tuvo manguera flexible suficiente para bombear concreto por las ventanas de 16 y de 4".

Se realizaron antes como colados masivos la franja comprendida entre la escotilla de la Galería de inspección y la junta con la 1ª Etapa y la franja bajo la Galería de Charolas. Esto redujo el volumen de concreto en el primer colado para así dirigir los esfuerzos únicamente a colar el área cercana a la carcasa (Fig. 5.10).

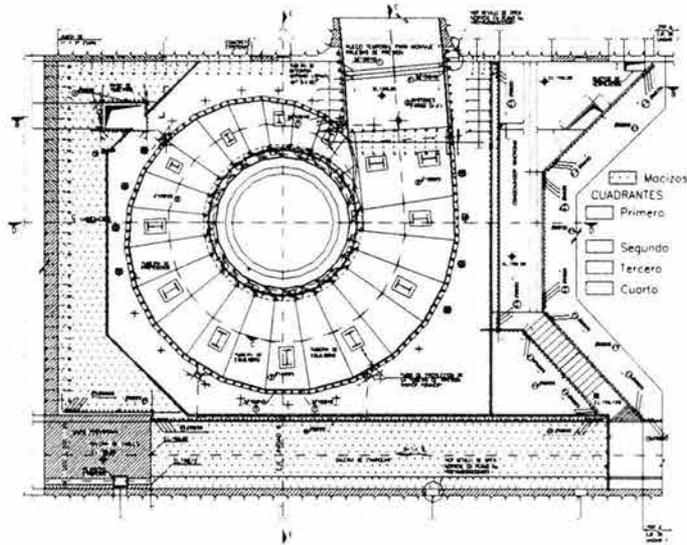
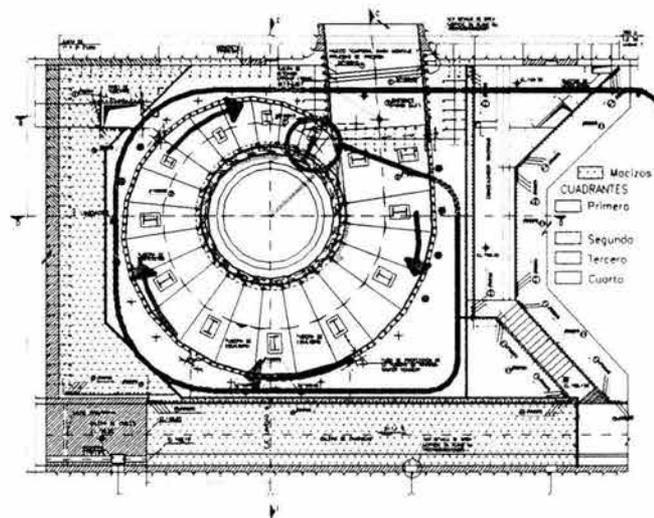


Fig. 5.1.10 Disminución del volumen del primer colado de la carcasa.

Inició la colocación del concreto en el cuadrante 4, en el punto donde se une la carcasa con la cimbra que posteriormente se colocó el manguito de la Tubería de Presión; las bombas 1 y 2 avanzaron en el sentido de las manecillas del reloj hasta completar los 360° (Fig. 5.11). Con esto se aprovechó la cimbra a colocada en el área del manguito de la tubería de presión y se presentó la ventaja de evitar atrasos por refrescar áreas muy lejanas al punto de colado y así evitar juntas frías.



○ Tapón de material desplegable.

Fig. 5.1.11 Desarrollo de la colocación de concreto.

Se colocó un material desplegable para el tapón del colado, este material permitió lograr un acabado superficial del concreto adecuado para la junta constructiva con sólo lavar dicho concreto (Ver Fig. 5.1.11).

Las juntas constructivas necesarias que se realizaron en estos colados fueron las del desarrollo del colado (Ver Fig. 5.1.11) y las indicadas en el proyecto (Figs. 5.1.12 a y 5.1.12 b).

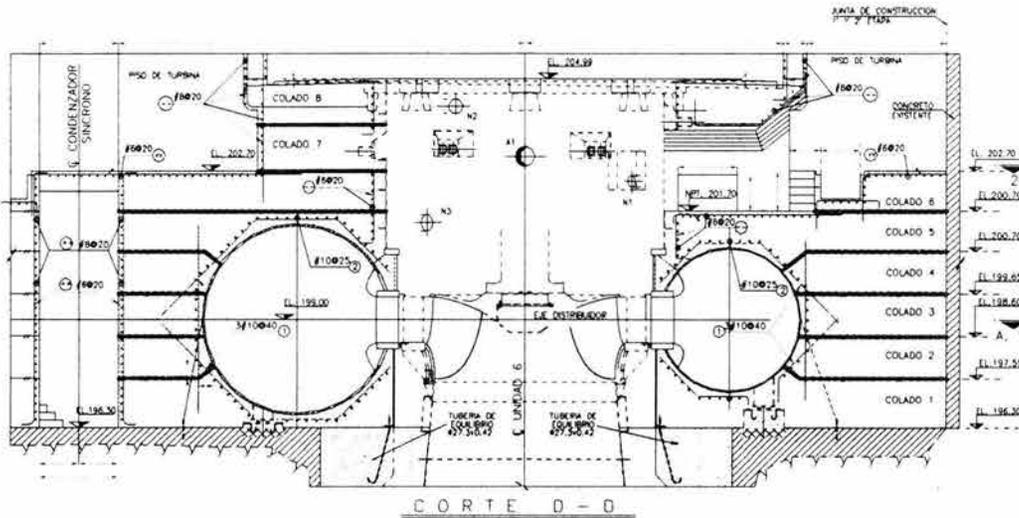


Fig. 5.1.12 a Juntas constructivas (Corte D-D).

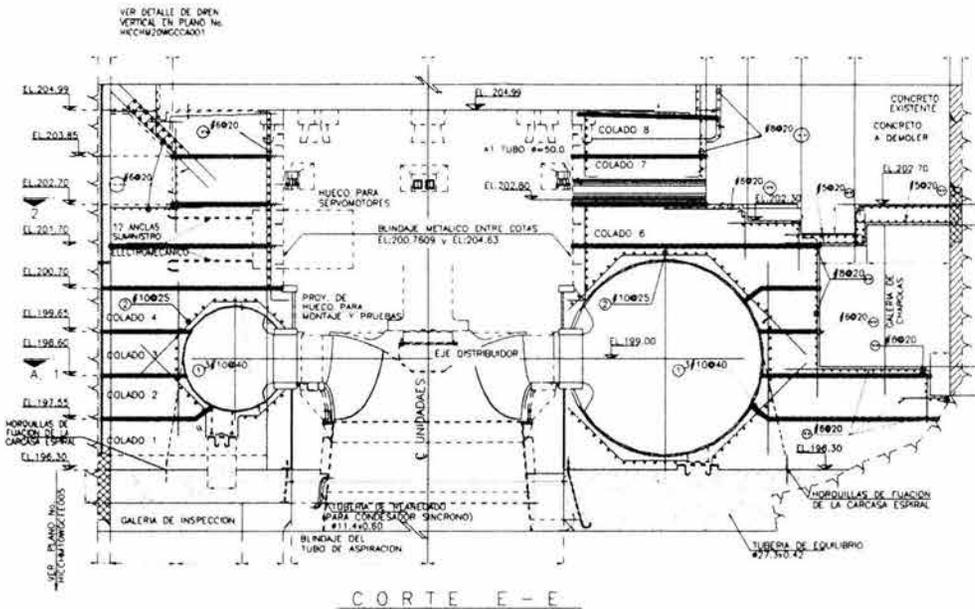


Fig. 5.1.12 b Juntas constructivas (Corte E-E).

Las juntas constructivas fueron preparadas con la colocación de grapas.

Se presenta el Avance Teórico previo al Colado (Primera Alzada).

Tomaremos un rendimiento de colocación de concreto mínimo por bomba de

$$15 \frac{m^3}{Hr} \text{ Bomba}$$

La altura del 1er colado es de 1.25 m.

Para el cuarto cuadrante:

$$\text{Área} = 28 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen de concreto} = 28 \text{ m}^2 \times 1.25 \text{ m} = 35 \text{ m}^3.$$

$$\text{Tiempo por bomba} = \frac{35m^3}{15 \frac{m^3}{Hr} \text{ Bomba}} = 2.33 = 2 \text{ hr y } 18 \text{ min.}$$

Para el tercer cuadrante:

$$\text{Área} = 97 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen de concreto} = 97 \text{ m}^2 \times 1.25 \text{ m} = 121.5 \text{ m}^3.$$

$$\text{Tiempo por bomba} = \frac{121.5m^3}{15 \frac{m^3}{Hr} \text{ Bomba}} = 8.1 = 8 \text{ h. y } 6 \text{ min.}$$

Para el segundo cuadrante:

$$\text{Área} = 62 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen de concreto} = 62 \text{ m}^2 \times 1.25 \text{ m} = 77.5 \text{ m}^3.$$

$$\text{Tiempo por bomba} = \frac{77.5m^3}{15 \frac{m^3}{Hr} \text{ Bomba}} = 5.16 = 5 \text{ hr y } 12 \text{ min.}$$

Para el primer cuadrante:

$$\text{Área} = 55 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen de concreto} = 55 \text{ m}^2 \times 1.25 \text{ m} = 68.75 \text{ m}^3.$$

$$\text{Tiempo por bomba} = \frac{68.75m^3}{15 \frac{m^3}{Hr} \text{ Bomba}} = 4.58 = 4 \text{ hr y } 36 \text{ min.}$$

El Avance Teórico con un total 20 hrs. y 12 min resultó muy similar al Avance Real con un total 21 hrs. y 05 min.

Para el vibrado del concreto se utilizaron 2 vibradores de 2" por bomba, además de contar con 2 vibradores extras de las mismas dimensiones para usarse en sustitución en caso de fallo.

Se contó con la presencia del Laboratorio de Concretos para la realización de las pruebas correspondientes.

Al inicio de la colocación del concreto se verificó que la resistencia del concreto a colocarse fuera el que se especifica en los planos BPE, y durante el desarrollo del colado se verificó que se llevara a cabo el vibrado al concreto colocado para su correcta compactación.

Una vez terminado el colado y cuando se presentó el fraguado del concreto, se realizó el curado del mismo con agua ininterrumpidamente durante 7 días.

V.1.5 Colado del Manguito.

Después del confinamiento de la carcasa con concreto y de realizar pruebas y arreglos a la Tubería de Presión, la obra electromecánica colocó la unión de ésta con el caracol "Manguito" y entonces se realizó el colado lo cubrió de concreto.

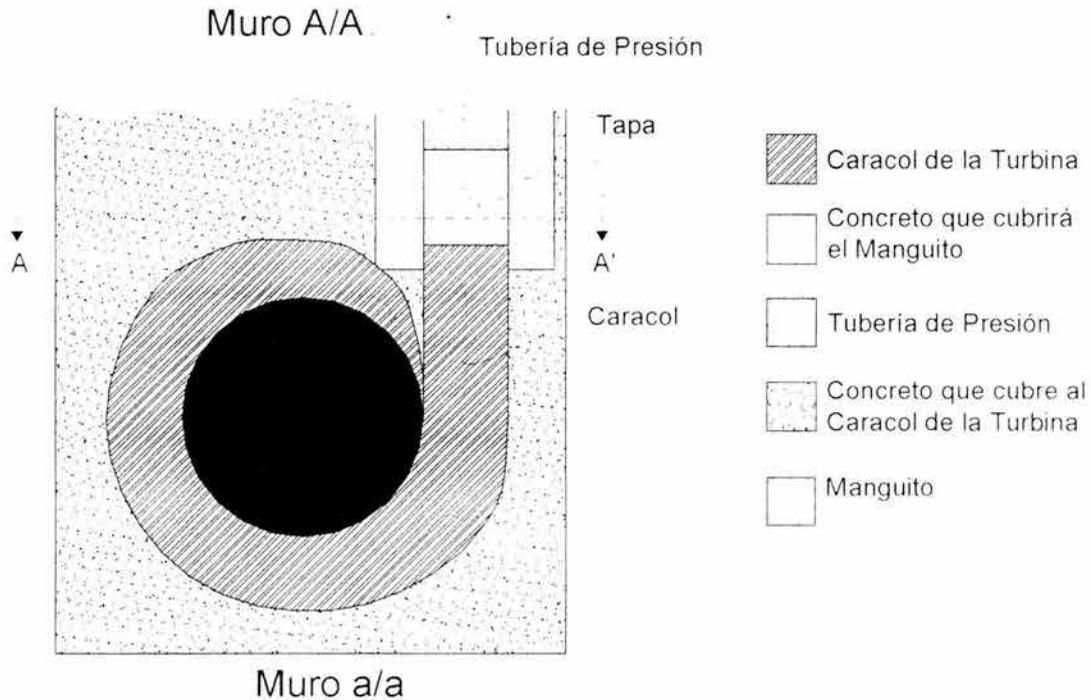


Fig. 5.1.13 Forma de los trabajos para colar el Manguito.

Los trabajos para los colados fueron realizados después de que la obra electromecánica liberó el área del Manguito de la unidad correspondiente.

Se verificó que el armado: los diámetros de varillas, separación, traslapes, amarres, conexiones, etc. fuera el especificado en el proyecto.

La colocación del concreto se realizó con una bomba de concreto desde la Galería de Transformadores, pasando la tubería por el Túnel de Barras para el colado las unidades 6 y 7, y desde la Galería de Oscilación por el Túnel de Aspiración para la unidad 8.

Para cubrir el Manguito se colocó el concreto en dos alzadas, la primera partiendo de la Elev. 196.30 hasta la Elev. 199.00 y la segunda a partir de ésta hasta la Elev. 202.70.

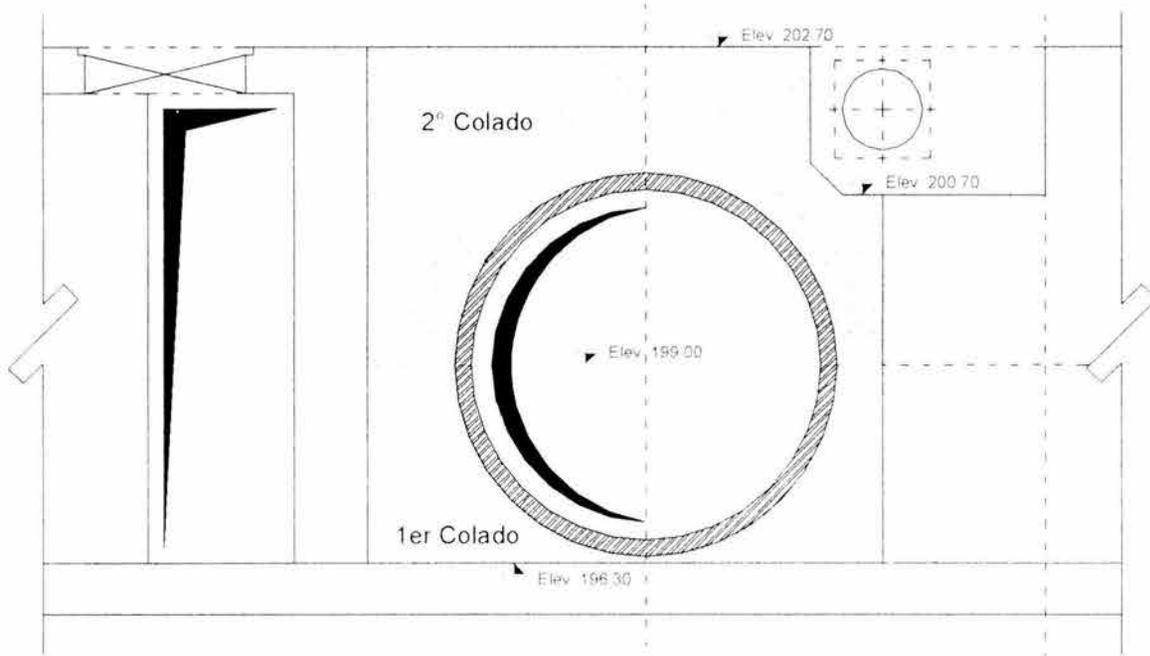


Fig. 5.1.14 Corte A - A'.- Elevaciones de los colados del Manguito.

Después de cubierto el Manguito (hasta la Elev. 202.70), los siguientes colados en esa área (hueco temporal) se realizaron de manera que el último de ellos (alzada No. 11 según proyecto) se realizó en conjunto con la 11 alzada de los colados de 1ª fase (Elev. 211.00).

Se verificó que las preparaciones para los siguientes colados, dejadas durante cada uno de ellos, superficie de contacto, acero de refuerzo, barbas, etc., fueron las adecuadas.

Una vez que se verificó que el primer tramo donde se efectuaría el colado estuviera en las condiciones necesarias tanto de colocación del acero de refuerzo, alineación, limpieza, la instalación de la tubería y bomba de concreto, la preparación de la junta constructiva (superficie de contacto) entre los dos colados que cubrirán el Manguito, se dio inicio a la colocación del concreto.

Durante la colocación del concreto se verificó que se llevara a cabo el vibrado correcto para evitar las oquedades.

Después de la colocación del concreto se realizó su curado para permanecer en condiciones óptimas.

V.1.6 Colados del Nivel 202 al Nivel 211.

Previamente a la colocación del concreto de empaque, muros, tímpano y losas de entrepisos entre los niveles 202.00 y 211.00 de Casa de Máquinas se ejecutó el seccionamiento topográfico, escarificado de concreto, limpieza del óxido del acero de refuerzo existente de la 1ª Etapa, para después realizar el habilitado y colocación del acero de refuerzo, una limpieza general y el cimbrado para poder llevar a cabo la colocación del concreto.

Se colocaron los concretos de muros (aguas abajo y aguas arriba), tímpano, losas de los pisos de Generadores, Barras y Turbinas, huecos para paso de tuberías, empaques de elementos metálicos, etc.

La colocación de concreto se realizó como continuación de los colados del Caracol, en alzadas que llegan cada una hasta la elevación mostrada en la tabla siguiente:

No. de colado del Caracol.	No. de alzada 202.70 – 211.00	Elevación.
7	I	202.70 a la 203.50
8	II	203.50 a la 204.99
9	III	204.99 a la 207.00
10	IV	207.00 a la 210.50
11	V	210.50 a la 211.00
-----	VI	Complemento de losa de Generadores.
-----	VII	Complemento de Empaque. Elev. 207.00

Primeramente se realizó la colocación de los concretos de empaque de las estructuras procedentes del montaje electromecánico, de la Elev. 202.00 a la Elev. 207.00, abarcando el concreto en algunas partes hasta el muro aguas arriba, el muro aguas abajo o el tímpano.

Se realizaron todos los trabajos y las preparaciones para recibir los equipos de cada Unidad, los colados de trincheras, bases, etc.

Se utilizó cimbra a base de madera: triplay y bastidores para los colados de empaque de la Unidad.

Los colados de los muros donde no fueron cubiertos por concreto de empaque de algún elemento se utilizaron tableros de Cimbramex (Fig. 5.1.15).

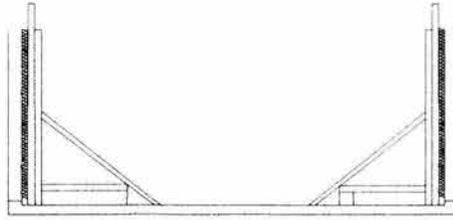


Fig. 5.1.15 Forma de los trabajos en los muros Aguas Arriba y aguas abajo.

Se tuvo mucho cuidado en verificar todas las preparaciones necesarias para poder realizar en la forma más conveniente los colados, ya fuera junto con grandes o en forma separada, los colados de trincheras, pasos de tuberías, cimientos para equipos, etc. (Fig. 5.1.16).

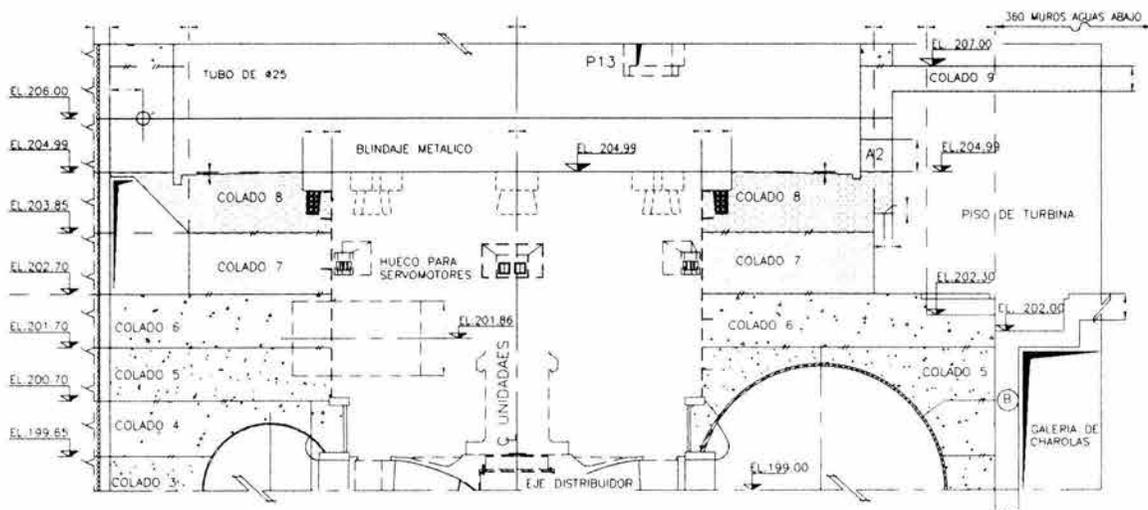


Fig. 5.1.16 Colados del nivel 202.00 al nivel 207.00.

Posteriormente se realizaron los colados de la losa de entrepiso al nivel 207.00.

Al mismo tiempo se realizó el colado del muro de la unidad, de la Elev. 206.00 a la Elev. 207.00.

Para estos colados se utilizó como obra falsa el Dalmine, tableros de triplay y bastidores de madera (Fig. 5.1.17).

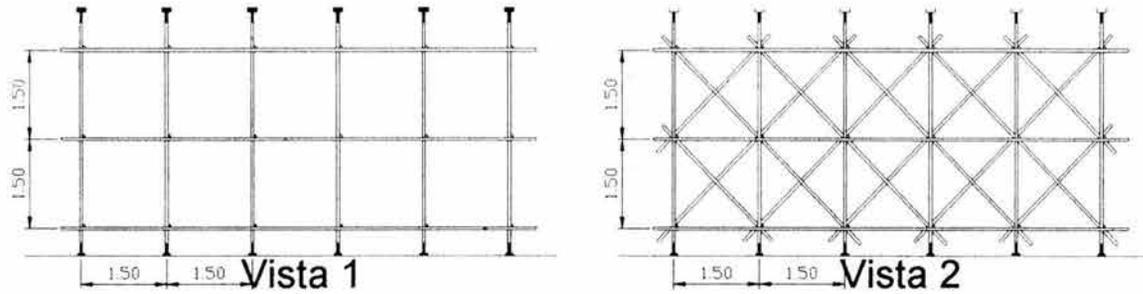


Fig. 5.1.17 Obra falsa para las losas a la Elev. 207.00 y 211.00.

Se formó una cimbra circular para el muro de la unidad con triplay y bastidores de madera.

Se realizaron las preparaciones correctas para las juntas constructivas necesarias. (Fig. 5.1.18).

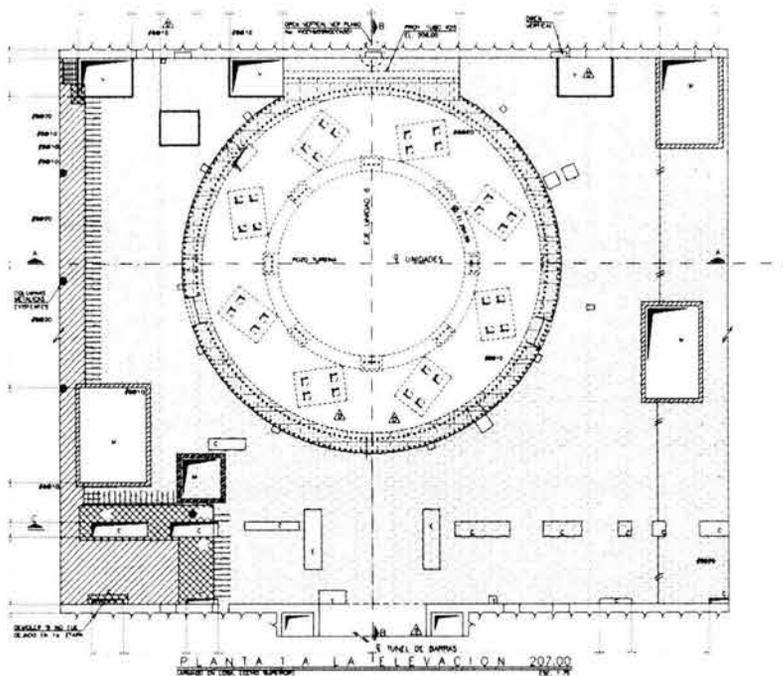


Fig. 5.1.18 Colado de la losa a la Elev. 207.00 y el muro de empaque de la 206.00 a la 207.00.

Se realizó después la colocación de concreto entre los niveles 207.00 y 210.50. (Fig. 5.1.19).

Se efectuó la colocación de los concretos de empaque de las estructuras procedentes del montaje electromecánico.

Se realizaron todos los trabajos y las preparaciones para recibir los equipos de cada Unidad.

Se utilizó de igual forma que en el nivel inferior, la cimbra para los colados de empaque de cada Unidad y de los muros (Fig. 5.1.15).

El armado fue especificado en el proyecto, los diámetros de varillas, separación, traslapes, amarres, etc.

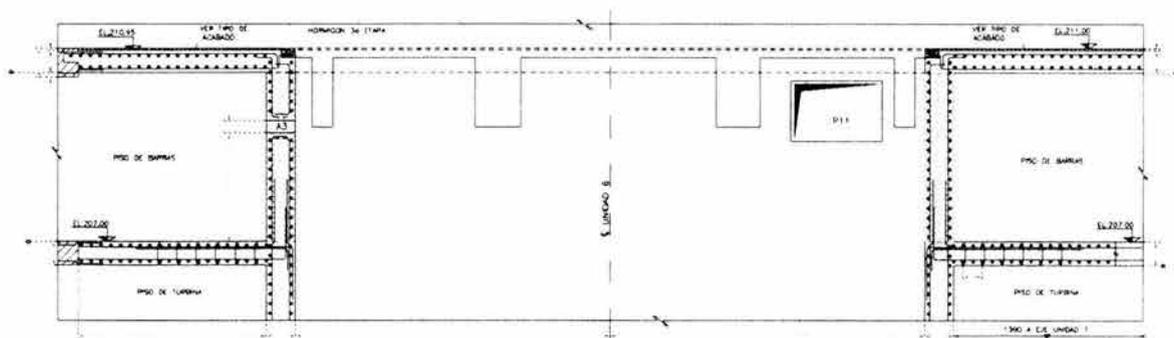


Fig. 5.1.19 Colados del nivel 207.00 al nivel 210.50.

Finalmente se realizaron los colados de la losa al Nivel 211.00 y los complementos de dicha losa alrededor del pozo de la unidad.

Para estos colados se utilizaron la obra falsa Dalmine y tableros de triplay y bastidores de madera (Fig. 5.1.17) para así terminar con los colados al nivel 211 (Fig. 5.1.20).

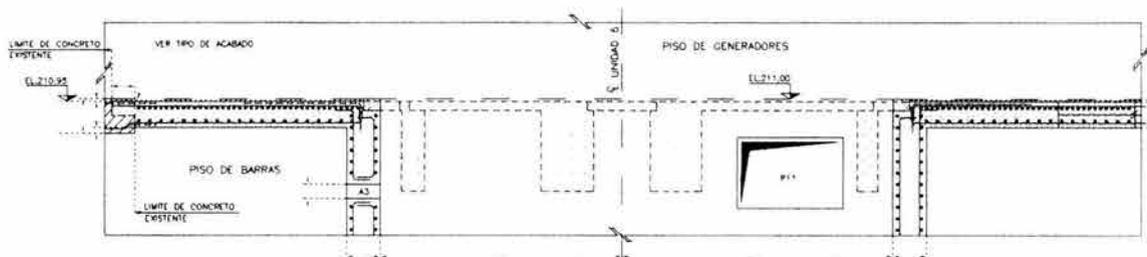


Fig. 5.1.20 Colados al nivel 211.00.

V.1.7 Colados del Nivel 211 al Nivel 221.30 (Trabe Carril).

Los muros del Nivel 211 a la Trabe carril se realizaron en secciones con altura de 2.40 m, utilizando tableros de Cimbramex.

Para los colados del Muro Aguas Arriba y el Tímpano, éstos se realizaron antes de que se hicieran los niveles 202,70 hasta el 211,00, por lo que se tuvo que hacer un puente desde la Galería de Transformadores U8 para acceder y llevar la tubería de concreto.

Los colados del Muro Aguas Abajo se realizaron ya con el nivel 211 por lo que no tuvo mayores complicaciones.

De la Trabe Carril a la bóveda, los colados fueron realizados en la 1ª Etapa.

V.2 Fosos y Túneles de Aspiración.

V.2.1 Colado del Cono de Aspiración del Difusor.

Primero se realizó una limpieza general del área.

Se colocó el acero de refuerzo de acuerdo a los diámetros, traslapes, ganchos, etc. especificados en el proyecto BPE.

La colocación de la cimbra consistió en un tapón de madera, ya que el mismo cono sirvió de cimbra quedando embebida.

La colocación del concreto fue por la Galería de Transformadores. La tubería de concreto bajó por el Túnel de Barras correspondiente hasta la losa a la Elev. 207,00 en dirección de la Galería de Inspección. Por el hueco de tuberías se colocó verticalmente hasta la Elev. 192,50 (techo de la Galería de Drenaje) para luego introducirse en el cono.

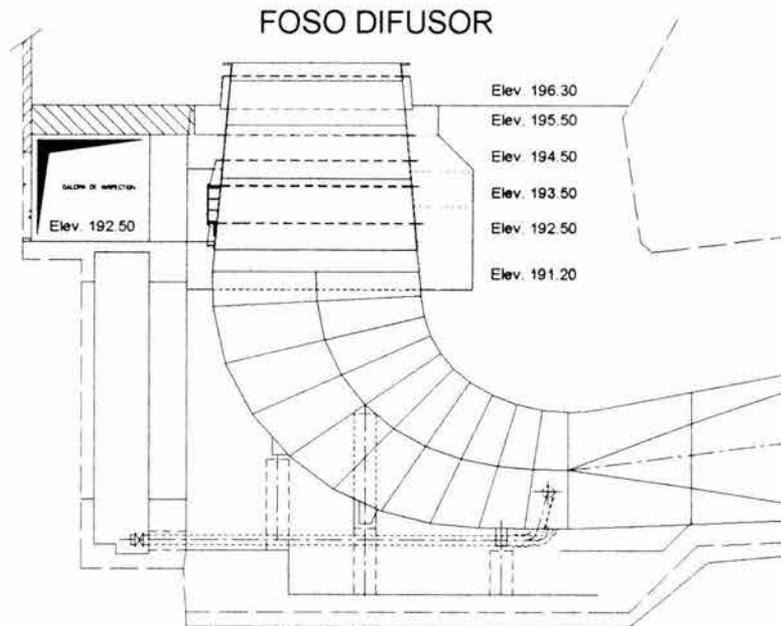


Fig. 5.2.1 Secuencia de los colados en el Cono del Difusor.

El primer colado (1ª alzada) fue de 1,30 m para lograr embeber hasta el paño de la puerta. (Fig. 5.2.1).

Se dejó fraguar el concreto de 4 a 5 hrs. para reiniciar con la 2ª alzada de 1.0 m y así sucesivamente para cada alzada hasta terminar la 5ª alzada (Elev. 196,30).

V.2.2 Foso Difusor.

V.2.2.1 Limpieza.

La cuadrilla de topografía realizó los levantamientos correspondientes tal y como encontró el Foso Difusor en Casa de Máquinas en las U6, U7 y U8, con el fin de conocer la rasante del terreno y poder cubicar el material a remover.

Se procedió a realizar los cortes necesarios a las pilas de estructura metálica que se encontraban en los fosos difusores de las U6 y U7 para poder retirarlas, en este paso las pilas se retiraron aproximadamente a la mitad de su longitud total, estas pilas se colocaron donde lo indicó el cliente.

Una vez que se retiraron parcialmente las pilas metálicas de los Fosos Difusores de las U6 y U7 se procedió a sacar las partes sobrantes de las pilas con tractor y a su vez retirar la rezaga existente dentro de los Fosos Difusores U6, U7 y U8.

Para demoler los dados de concreto que sostenían las pilas metálicas se utilizaron explosivos de la siguiente manera:

Se hizo un barreno al centro de cada dado y se cargó con el explosivo suficiente para lograr su demolición. Se cubrieron los dados con costales con arena y tierra húmedos para evitar el lanzamiento de material hacia las instalaciones cercanas.

Se colocó el vibrógrafo donde lo señaló el cliente, para conocer la vibración producida por la misma.

La configuración de la voladura se muestra en la Fig. 5.2.2.

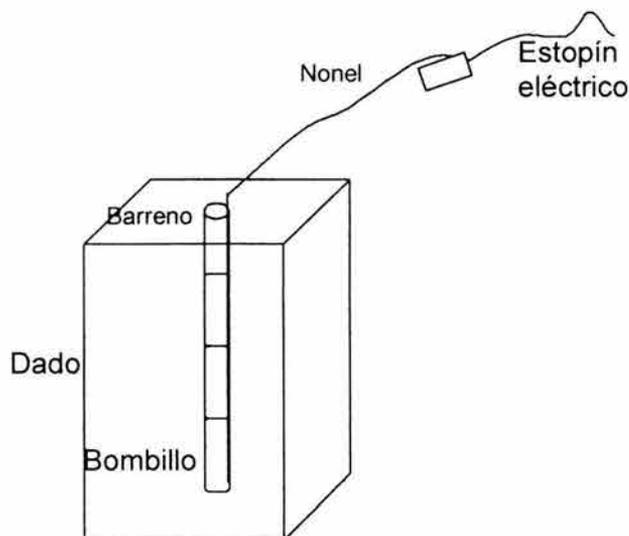


Fig. 5.2.2 Voladura de los Dados.

Se utilizaron todos los dispositivos de seguridad adecuados y necesarios.

V.2.2.2 Excavación.

Se llevaron a cabo las excavaciones necesarias para llegar a los niveles correspondientes.

V.2.2.2.1 Logística de las Excavaciones.

La ejecución de la excavación del Foso Difusor se divide en las siguientes etapas:

- a) Ampliación lateral del Foso Difusor, incluyendo demolición de concreto.
- b) Profundización del Foso Difusor.

Cada uno de estos trabajos se excavó de la siguiente manera:

a) La ampliación lateral en cada Foso se hizo en forma descendente iniciando con la eliminación de las barbas de acero de refuerzo que entorpecían el rezagado posterior. A continuación se inició la demolición de concreto reforzado lo que implicaba la ejecución de una costura con barrenación muy próxima para dejar intacto el concreto remanente.

La demolición del volumen principal de concreto se hizo por medio de una barrenación vertical bastante cerrada para detonar barreno por barreno.

A continuación siguió con la excavación descendente en roca con perforación vertical constituyendo en realidad un rebaje o peine de muy poco espesor, hasta alcanzar la profundidad de piso actual.

En donde no se requirió demoler el concreto, fue necesario extraer la roca localizada a niveles inferiores por medio de barrenación horizontal ejecutada desde andamios.

Al ya tener listos y cargados los barrenos, se procedió a poner encima de estos una malla ciclónica anclada en sus extremos y a su vez poniendo arriba de esta malla los costales (llenos de arena) necesarios, esta protección impidió la expulsión de fragmentos y mantuvo la seguridad de las instalaciones en operación; este sistema de protección con malla ciclónica también fue colocado cubriendo las caras verticales de la voladura y en este caso fueron fijados tablonces de madera por el lado interior de la malla. (Fig. 5.2.3).

Este último sistema de protección también se realizó en la demolición de la Galería de Drenaje entre las unidades 7 y 8 y en general en todas las excavaciones dentro de Casa de Máquinas y/o cercanas a equipo en operación de la primera etapa.

En el caso del Foso de la U6 en su parte superior, el faltante de concreto a excavar se demolió con martillo neumático.

A su vez por petición del cliente se les daba aviso en la sala de control con 20 min. de anticipación a una voladura dentro de Casa de Máquinas, para que pudieran desalojar el área cercana.

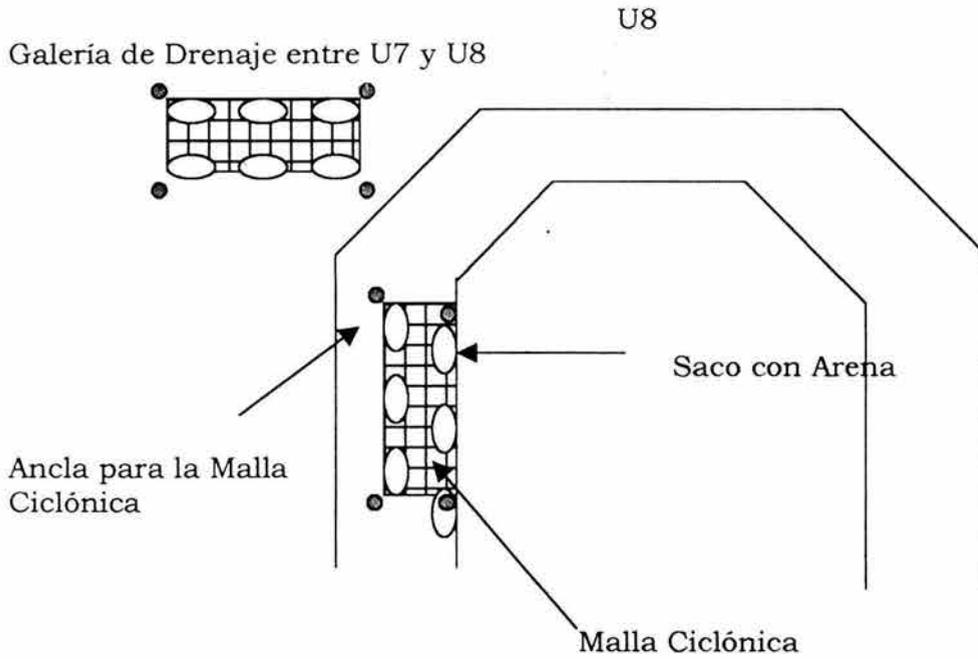


Fig. 5.2.3 Foso de la Unidad 8 Vista en Planta

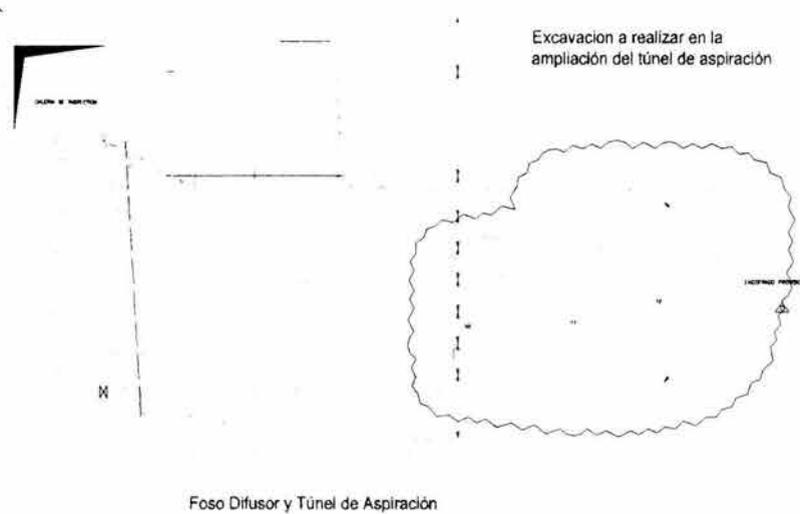


Fig. 5.2.4 Vista en corte del Cono del Difusor y el Túnel de Aspiración en Proyecto.

b) La excavación en el Foso de Aspiración se inició con una voladura en cuña vertical a lo largo de toda la anchura, en el inicio en el arranque del Túnel de

Aspiración con objeto de formar una zanja que llegara hasta la cota del piso definitivo. A continuación se procedió a sacar un banco perforando desde el piso actual con inclinación 2:1 (vertical-horizontal), cubriendo con una cuadrícula regular toda el área por excavar y el perímetro se definió con una línea de barrenos de post - corte con la separación adecuada para dejar la forma de acuerdo al proyecto. (Fig. 5.2.4)

V.2.2.2.2 Trazo Topográfico.

La brigada de topografía marcó la línea de proyecto de las excavaciones por ejecutar antes de cada voladura.

V.2.2.2.3 Procedimiento de Voladura.

V.2.2.2.3.1 Equipo.

Se planeó utilizar perforadoras neumáticas de pierna y/o de piso con diámetro de herramienta de 1 ¼" (32 mm). Este diámetro permite voladuras suaves adecuadas a la cercanía de las unidades en operación.

V.2.2.2.3.2 Plantillas de Barrenación y Carga de Explosivos.

a) Ampliación lateral del Foso Difusor. Para lograr un avance aceptable en la demolición de monolitos de concreto reforzado se requirió utilizar un alto factor de carga por ejemplo 0,7 - 1,0 Kg/m³ lo que hizo necesario proteger la cara libre de la voladura para evitar que la proyección alcanzara la Casa de Máquinas terminada. Cuando esta carga no fue permitida, la demolición se hizo detonando la carga mínima para fracturar intensamente el concreto y terminar de sacarlo con martillos rompedores con un rendimiento mucho menor.

La cuadrícula de barrenos para demolición fue de 0,5 m x 0,5 m y la separación de barrenos de post - corte fue de 0,4 m.

La barrenación en roca tuvo una longitud de 1,60 m y se mantuvo un bordo máximo por arrancar de 0,80 m. Cuando fue posible, por el espesor de roca, se detonó solamente la línea de barrenación de post - corte.

La carga tentativa por barreno de franqueo fue de 324 gr/bno. (4 cartuchos por barreno) y para los barrenos de post - corte a cada 0,45 m, fue de 125 gr/m (2 cartuchos por barreno, distribuidos en mitades y con cordón detonante). El post - corte fue detonado en grupos de 4 barrenos por retardo. Las primeras voladuras permitieron el ajuste para optimizar la carga.

Para la ampliación del foso sin demoler el concreto, se utilizaron barrenos horizontales de franqueo con un bordo máximo de 0,80 m, localizados a 0,50 m de distancia de la línea de precorte, manteniendo las cargas antes mencionadas.

b) Profundización del Foso Difusor. La cuadrícula de barrenación se marcó sobre el piso actual de 1,12 m (bordo) x 1,25 m (espaciamiento) y la inclinación fue de 2:1 en dirección hacia la salida del Codo de Aspiración. La carga por barreno fue

tentativamente 648 gr/bno (6 cartuchos por barreno), con la longitud de taco que resultara, ya que el espesor por excavar era variable entre 2,0 m y 2,5 m.

Para la formación de la zanja inicial las cargas fueron variables y se proporcionaron oportunamente manteniendo la carga máxima antes indicada.

Para los barrenos de post - corte se mantuvo la carga arriba mencionada.

La longitud de perforación fue de 1,60 m y la carga máxima de los barrenos de franqueo fue de 0,432 Kg (4 cartuchos por barreno.)

La carga de post - corte se mantuvo igual a la antes indicada en todas las excavaciones

V.2.2.2.3.3 Control de Vibraciones.

Para el encendido de todas las voladuras se utilizaron iniciadores no eléctricos de micro retardo, y para lograr la detonación de un barreno por tiempo se dispuso de todos los números (15) y de conectores superficiales de micro retardo. Esto permitió minimizar la vibración generada por la voladura.

Como está especificado, se colocó el vibrógrafo en los puntos más importantes según la indicación del cliente, cuando se presentó el caso en sitio se hicieron los reajustes necesarios en las cargas para su detonación, esto con la previa autorización del cliente.

V.3 Galería de Oscilación.

V.3.1 Limpieza.

La Limpieza consistió en juntar el material de excavación, sedimentos y rezaga mediante un Cargador Frontal y acarrearlo en equipos de bajo perfil mineros.

Una vez terminado el retiro del material acumulado en la Galería, se depositó en donde lo indicó el cliente.

V.3.2 Trabajos Previos.

Previamente a la colocación del concreto en muros aguas arriba y aguas abajo, pilas nariz, portal de salida y losa de piso de Galería de Oscilación se ejecutó el seccionamiento topográfico, el escarificado de concreto y la limpieza del óxido del acero de refuerzo existente para después realizar el habilitado y colocación del acero de refuerzo. Como el concreto a colocarse debió de ir anclado, después de colocar e inyectar las anclas, se ejecutó una limpieza general para luego realizar el cimbrado y poder llevar a cabo la colocación del concreto.

Las anclas se colocaron inclinadas a 30° para sostenimiento de los concretos en los muros y para su sujeción se inyectaron con lechada de cemento y aditivo.

Una vez revisado que se haya cumplido con los procedimientos de topografía, recorte de concreto armado para descubrir varillas en buen estado y realizar traslape con el acero de refuerzo nuevo, colocación de anclas, acero de refuerzo y cimbra, el orden en que se ejecutaron los colados de la forma siguiente:

Los colados se realizaron con bomba y tubería para concreto. Cuando los colados se realizaron desde abajo de la Galería de Oscilación, se colocó la tubería de concreto desde el piso de la Galería donde estaba la bomba en los colados iniciales hasta la elevación de colado, utilizando una viga metálica con travesaños también metálicos y piezas en forma de "U" para fijar la tubería a dicha viga.

También se realizaron algunos de los colados desde la Galería de Transformadores, pasando la tubería de concreto por la Galería de Conexión.

V.3.3 Aguas Arriba "A/A" (Muro, Pilas Narices y Plataforma de Operación).

Se realizó la continuación de los concretos en el muro A/A y las pilas narices en U6, U7 y U8, a partir de la elevación del fin de los concretos existentes y hasta la elevación del piso de operación (Elev. 230.000).

Estos colados se realizaron de forma conjunta (un tramo de muro y una o varias pilas narices en una misma alzada) con altura aproximada de 3.00 m.

Los muros se cimbraron con tableros de Cimbramex y montenes, cuidando la nivelación, verticalidad y la alineación del acero y de la cimbra, además del recubrimiento.

Se utilizó la cimbra adecuada para lograr las formas de las pilas según proyecto. A estos colados en las pilas narices se les llamó primeros colados. Se dejaron placas embebidas en el concreto durante estos colados.

Los segundos colados no llevaron los rieles de guías que se tenían previstos, según instrucciones del cliente y se realizaron en tramos de 3.00 m.

Para los colados en las pilas intermedias, debido a la forma de los primeros colados, debieron apuntalarse las pilas en la parte aguas abajo para posteriormente colocar el concreto de los segundos colados.

Posteriormente se realizaron los colados a la Elev. 230.000, que son la continuación del piso de operación de la Galería de Oscilación.

Se realizaron precolados de trabes y losas, que luego fueron colocados sobre las pilas narices y de ahí construir la Plataforma de Operación. Una vez colocados los precolados, se llevaron a cabo colados de losas, pretiles y demás elementos según los planos.

Para terminar los colados A/A se realizaron los colados del muro sobre la elevación 230.000, hasta llegar al concreto existente.

La forma de los colados se muestra en la figura 5.3.1.

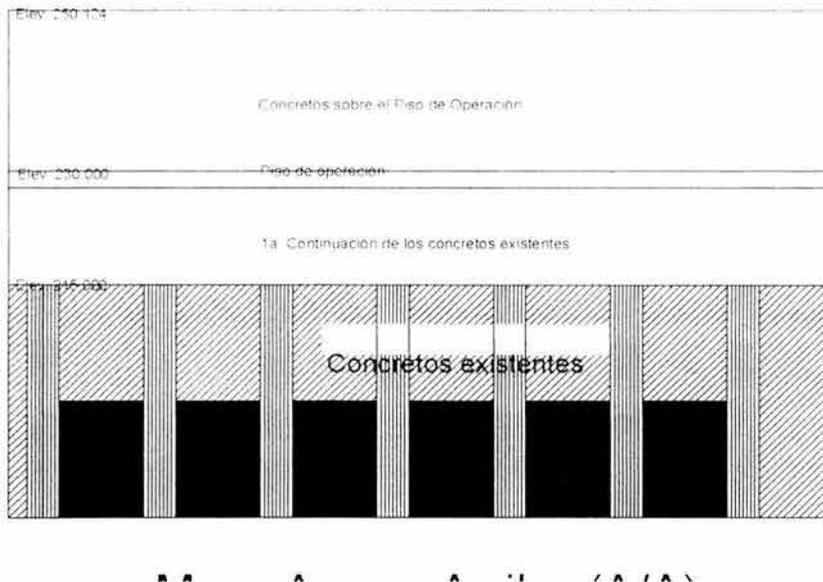


Fig. 5.3.1.- Forma de los colados en el muro Aguas Arriba (A/A).

V.3.4 Tímpano.

Primero se hizo la continuación de los concretos del muro en el tímpano, a partir de la elevación del fin de los concretos existentes y hasta la elevación del túnel de acceso a la Galería de Oscilación (Elev. 236.800).

Posteriormente se realizaron los colados a la Elev. 236.800, para poder dar acceso a la Galería de Oscilación, los cuales incluyeron trabes, losas, pretiles y otros elementos.

Se realizaron los anclajes y los drenes necesarios con las dimensiones y el arreglo mostrados en los planos.

La forma de los colados se muestra en la figura 5.3.2.



Tímpano

Fig. 5.3.2.- Forma de los colados en el tímpano.

Los colados del Acceso a la Galería de oscilación (figura 5.3.3) se realizarán de la siguiente manera:



Fig. 5.3.3.- Ubicación del acceso a la Galería de Oscilación

Primero se colocaron dos vigas tipo II desde el muro A/A y el muro a/a (figura 5.3.4), dejando una preparación de placa y tornillos para formar una ménsula en cada una de ellos, para posteriormente colocar las vigas.

Sobre las vigas tipo II se colocaron perpendicularmente montenes para formar la obra falsa de la cimbra (marimbeado).

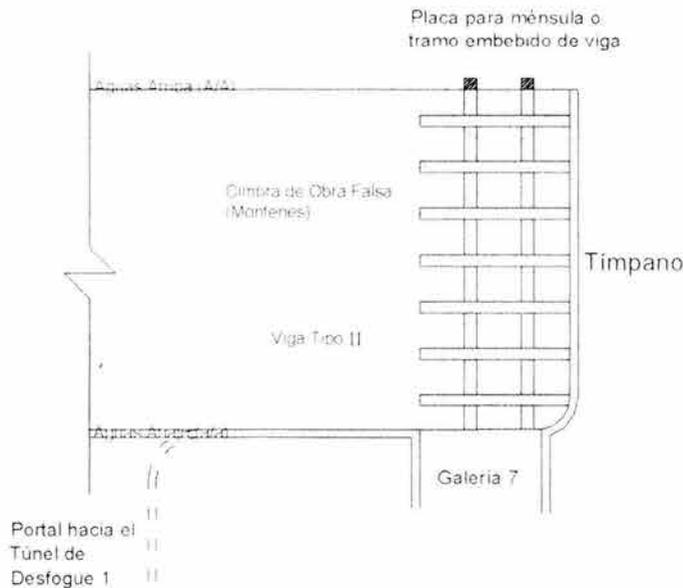


Fig. 5.4.4.- Trabajos de cimbra para el colado del acceso

Una vez puesta la obra falsa se colocaron los pies derechos para sostener la cimbra de contacto de la losa y la trabe de concreto armado (figura 5.3.5).

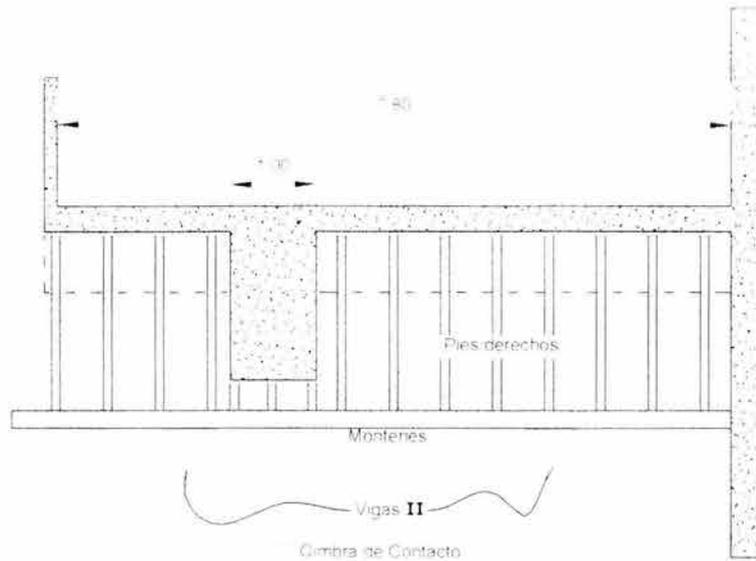


Fig. 5.3.5.- Trabajos para cimbra del acceso a Galería de Oscilación.

Para terminar los colados en el tímpano se realizaron los colados sobre la elevación 236.800, hasta llegar al concreto existente.

La cimbra utilizada para los colados en muro del tímpano fue a base de tableros de Cimbramex y montenes. Se tuvo cuidado en la nivelación, verticalidad y la alineación del acero y de la cimbra, además del recubrimiento.

Los colados se realizaron por bombeo en secciones con altura aproximada de 3.00 m.

V.3.5 Aguas Abajo "a/a".

Se hizo la continuación de los concretos del muro a/a, a partir de la elevación del fin de los concretos existentes y hasta llegar al concreto existente en la trabe carril.

Se realizaron drenes en el muro, cortos y largos. Los cortos se realizaron con barrenos de 0.30 m de longitud y diámetro de 2 ½" en la roca y colocando en el extremo hasta el paño con la cimbra un tubo de PVC de 2" que sirviera como guía para la perforación de los drenes. Los drenes largos fueron del mismo diámetro pero de 3.00 m longitud y de la misma forma que para los drenes cortos se colocó el tubo de PVC.

Se realizaron los anclajes especificados en los planos.

La cimbra a utilizada para los colados en muro fue a base de tableros de Cimbramex y montenes, los colados se realizaron por bombeo en secciones con altura aproximada de 3.00 m.

También se realizó la unión de la Galería de Oscilación con el Túnel de Desfogue # 1 de acuerdo al proyecto.

La forma de los colados se muestra en la figura 5.3.6.



Fig. 5.3.6.- Forma de los colados en el muro aguas abajo (a/a).

V.3.6 Losa del Piso.

Los colados en el piso de la Galería de Oscilación, fueron el piso y las uniones de éste con los concretos existentes en los muros A/A y a/a.

La forma de los colados se muestra en la figura 5.3.7.

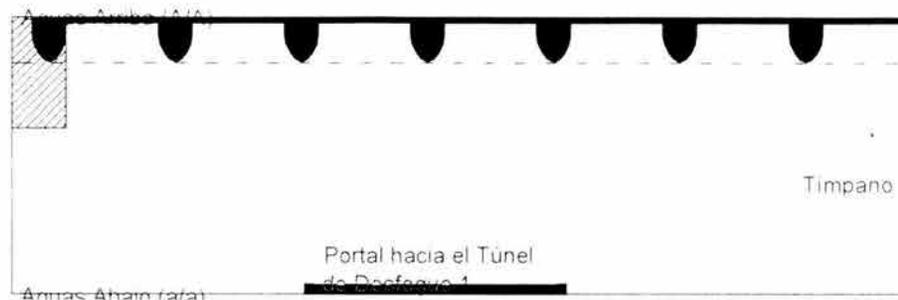


Fig. 5.3.7.- Forma de los colados en el piso de la Galería de Oscilación.

V.4 Túnel de Desfogue # 1.

V.4.1 Preliminares.

El Túnel de Desfogue # 1 se encontraba dividido en 2 partes por un Tapón de Concreto que se encontraba aproximadamente a la mitad del túnel, el cual impedía que entrara el agua del río hacia el interior de la Casa de Máquinas.

La primera parte que comprendía del río hacia el Tapón de Concreto se encontraba inundado y la segunda del Tapón hacia la Galería de Oscilación se encontraba llena de lodo y desperdicios.

Por lo que los primeros trabajos fueron formar una plataforma de acceso en el Portal de la Salida del túnel, después realizar la inyección perpendicular sobre esta plataforma con la finalidad de establecer una pantalla impermeable y a continuación bombear el agua hacia el exterior.

Terminado el bombeo de achique fue necesario la realización de un terraplén a base de rezaga en el Interior del Túnel para permitir el acceso hasta el Tapón de Concreto y dar comienzo al seccionamiento del túnel.

V.4.2 Formación de la Rampa en el Interior del Túnel hasta el Tapón de Concreto y la Demolición de éste.

V.4.2.1 Trabajos Previos para la Demolición del Tapón.

Para poder demoler el Tapón de Concreto, fue necesario hacer a la salida del túnel unos muros guía para la colocación de unas agujas metálicas, que en caso de emergencia se colocarían para no permitir el paso del agua hacia el interior de la Casa de Máquinas.

V.4.2.1.1. Prueba de Montaje de las Agujas en el Muro de Protección Ataguía.

Se construyó una plataforma al lado del Muro de Protección donde se tenían almacenadas las 13 agujas o viguetas, listas para su acarreo y colocación, junto con una grúa de 25 ton de capacidad para su maniobra, además de la lona que cubría las agujas y unos sacos llenos de arena que aprisionarían a la lona para que no se moviera de su posición y de esta manera hacer impermeable el muro.

Teniendo todo el equipo, material y personal se realizó la Prueba de Montaje de las Agujas en el Muro de Protección cronometrando 2:10 hrs., en presencia de la supervisión del cliente. Esto indicó que para cualquier emergencia de apertura de vertedores (que se avisará con 48 hrs. de anticipación) se tenía el tiempo suficiente para la maniobra del montaje de las agujas.

Afortunadamente nunca hubo una situación de emergencia que requiriera la ejecución de estos trabajos.

V.4.2.1.2. Control de las Aportaciones.

a) Se realizó una instalación provisional de la tubería de drenaje desde el Túnel de Desvío No. 2 hasta la Galería No. 7 así como una descarga en la Galería de Oscilación.

b) Se definieron y se desarrollaron los tratamientos en la aportación del Tapón de Concreto junto con el Túnel de Desvío No. 2.

c) Capacidad del Bombeo contra las Aportaciones.

Aportación Calculada.

En base a la operación diaria desde el achique del Túnel de Desfogue No. 1 fue medida la cantidad de agua dando una aportación de 101,25 m³/hr.

Capacidad del Bombeo en los distintos puntos de aportación.

Dos Bombas en Operación de 6" de Diámetro con capacidad de Trabajo de 440 m³/hr. y la Capacidad de Trabajo Real de 360 m³/hr.

Dos Bombas Adicionales de 6" de Diámetro con la capacidad de trabajo de 440 m³/hr. y la Capacidad Real de 360 m³/hr.

Una bomba de 4" de diámetro y capacidad de 140 m³/hr.

Capacidad Total Disponible de Bombeo = 860 m³/hr.

Por tanto se mantuvo siempre una capacidad de Bombeo mucho mayor a las aportaciones.

d) En caso de falla en el suministro de energía eléctrica se contaba con una planta eléctrica de diesel de apoyo de 150 KVA.

V.4.2.1.3. Bombeo Permanente.

El cárcamo para bombeo permanente se ubicó entre los cadenamientos 0+041 al 0+048 del Túnel de Desfogue No. 1 con las características físicas que se muestran en la figura 5.4.1 en el cual se instalaron tres bombas.

También se realizó la construcción complementaria del canal que condujo el agua hasta el cárcamo permanente, donde se aprovecharon los cárcamos existentes en los Túneles de Desvío No. 1 y 2 conduciendo el agua a través de la tubería instalada hasta el canal como se muestra en la figura 5.4.1.



Figura 5.4.1 Bombeo Permanente

V.4.2.2 Formación de la Rampa en el Interior del Túnel.

Una vez concluida la rampa de trabajo en el interior del túnel y la vía en el nivel inferior del túnel para permitir el acceso hasta el tapón de concreto, se instaló la iluminación y ventilación necesaria.

Se llevó a cabo la colocación de rezaga en el interior del túnel, formando la rampa con una pendiente del 10 % que permitía el acceso desde la elevación de la plantilla en el interior del túnel hasta el tapón de concreto, esta inclinación de la rampa obedecía a las características de operación de los vehículos y los equipos de construcción que se usaron durante la ejecución de los trabajos.

El ciclo de trabajo de la rampa de acceso fue el siguiente:

1. Revisión del Nivel de Superficie de Rodamiento.
2. Extracción del Banco de Material.
3. Acarreo.
4. Colocación.
5. Tendido.
6. Tiempo aproximado 25 min. por ciclo.

V.4.2.3 Demolición del Tapón de Concreto.

Una vez concluida al rampa se demolió el tapón de concreto con voladuras controladas, esta demolición se llevará a cabo mediante barrenaciones realizadas con la pistola de pierna y/o un jumbo de barrenación, cargadas con explosivos, respetando las velocidades de transmisión de onda determinadas por el cliente, con el fin de disminuir en forma importante las vibraciones. Las vibraciones fueron medidas por el sismógrafo y puesto al pie de la mampara de la Galería de Oscilación para verificar los parámetros máximos permisibles.

El ciclo de trabajo de la demolición del tapón de concreto:

1. Trazo.
2. Barrenación.
3. Sopleteado.
4. Carga Detonante.
5. Disparo
6. Ventilación.
7. Revisión.
8. Rezaga.
9. Acarreo.
10. Tiempo por ciclo: 8 hrs.

Para las voladuras se utilizaron los siguientes factores de carga, siguiendo las recomendaciones del fabricante para las cargas y tiempos.

Factor de Carga para inicio	$fc = 1.0 \text{ Kg/m}^3$.
Factor de Carga para peine	$fc = 0.3 \text{ Kg/m}^3$.

La velocidad de partícula máxima (suma vectorial de V_x , V_y y V_z) tolerada fue de 5 mm/seg.

V.4.3 Excavación del Túnel de Desfogue # 1.

Como actividad final de las obras iniciales se hizo la excavación para ampliar el Túnel de Desfogue No. 1 a sus dimensiones de proyecto, ya que en la etapa inicial se dejaron inconclusos tramos importantes del mismo.

Previamente a la excavación se drenó el área inundada, se retiró el tapón provisional de concreto, así como el escombros y se formó una terraplén para un acceso vehicular hasta la Galería de Oscilación, como se mencionó anteriormente.

Seguidamente, se hizo la nivelación y seccionamiento con lo que se conoció la geometría detallada de los volúmenes de roca por excavar.

V.4.3.1 El seccionamiento del túnel se realizó a base de un círculo graduado a cada 10 grados y con un distanciómetro y/o cinta y fainera, tomándose las

medidas del perfil natural con cadenamientos a cada cinco metros o cuando existía un perfil abrupto entre los cinco metros fijados para el cadenamiento (Fig. 5.4.2).

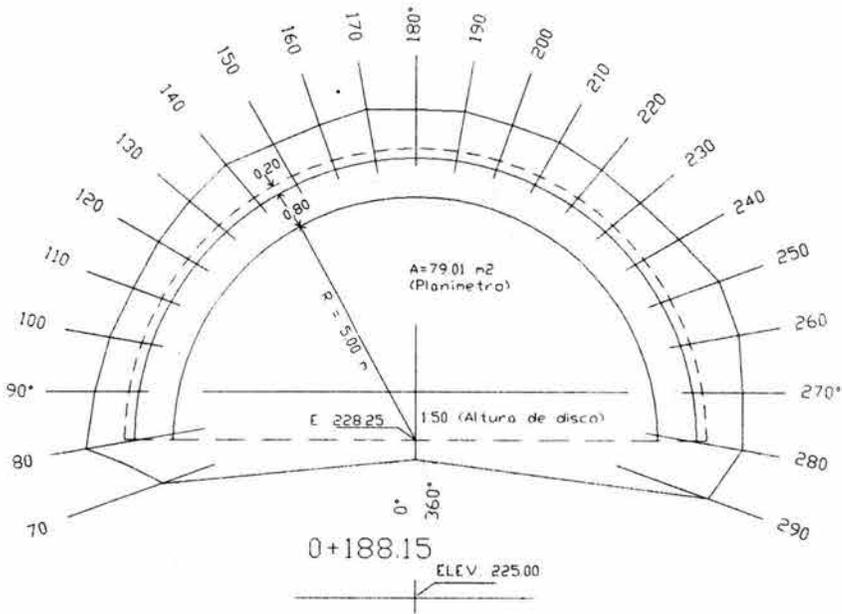


Fig. 5.4.2 Forma de Seccionar el Túnel de Desfogue # 1.

El círculo muestra la forma y sentido de graduar el disco de 0° a 360°. (Fig. 5.4.3).

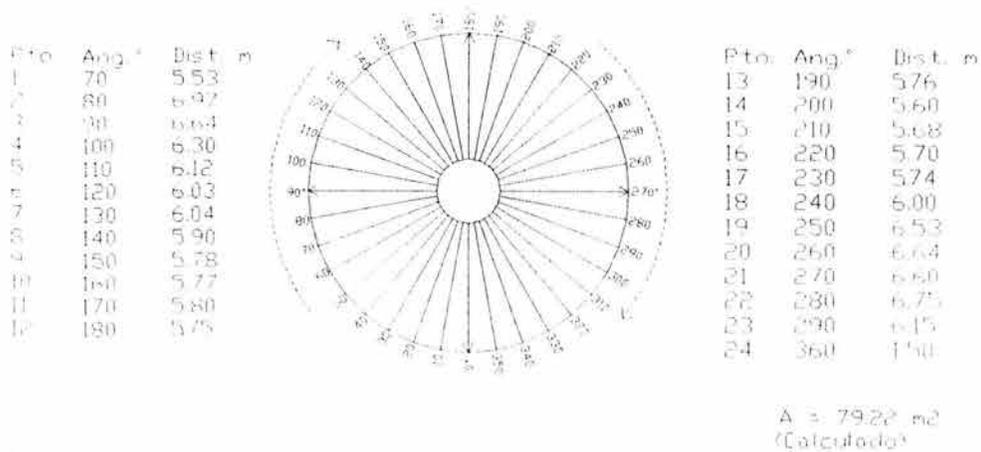


Fig. 5.4.3 Círculo Graduado

Este levantamiento es el que determinó las secciones de trabajo para el diseño de la excavación e identificar a lo largo del cadenamiento las áreas a ser excavadas como los casos en donde se requirió precorte, post corte y banqueo para su revestimiento de concreto. (Fig. 5.4.4).

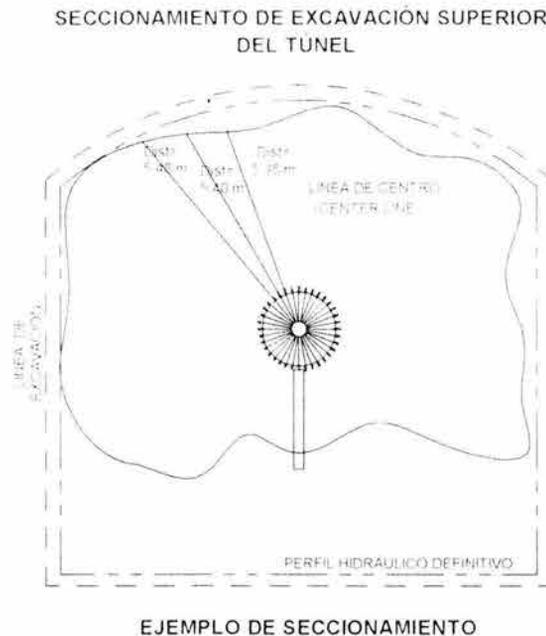


Fig. 5.4.4 Seccionamiento del Túnel de Desfogue # 1.

Se realizaron tratamientos al contacto entre la Roca y el Tapón del Túnel de Desvío No. 2, para poder quitar el tapón.

Se estableció el Bombeo permanente, ubicando las obras preparativas para el mismo como son sangrías, cárcamos definitivos y tubería, que permitieron drenar los escurrimientos que existían al interior del Túnel de Desfogue No. 1 y los Túneles de Desvío No. 1 y Desvío No. 2.

Se levantó la estructura de la compuerta existente en el tapón de concreto del Túnel de Desfogue No. 1 y se realizó un barrenos para conocer el espesor del tapón, esta prueba del espesor ayudó a definir cómo se demolería el tapón.

V.4.3.1.1 Preparativos para las instalaciones provisionales al interior del túnel durante la ejecución de los trabajos.

a) Alimentación eléctrica por medio del tendido de cable para iluminación y para equipos de construcción, incluyendo la soportería.

b) La alimentación de aire al interior del túnel se realizó con tubería para aire comprimido y en los tramos de trabajo se alimentó por medio de salidas reguladas con válvulas.

c) La extracción del polvo durante la ejecución de los trabajos de excavación no fue necesaria pero de haberse requerido se pudo haber utilizado un ventilador axial que condujera el aire a través de ductos de lámina o de lona.

V.4.3.2 Propiedades Geotécnicas de la Roca.

Para adecuar el procedimiento de excavación a las condiciones del sitio, se dispuso de la información técnica siguiente:

El tramo de desfogue que fue ampliado se labró en dos tipos de roca caliza, la primera de ellas es la caliza estratificada superficial, con intercalaciones delgadas de lutita moderadamente expansiva. Como se localiza principalmente en la bóveda del túnel, se requirió de la oportuna colocación del soporte provisional a medida que se fue excavando.

El otro tipo de roca caliza es masiva y compacta, con estratificación muy gruesa que permitió una excavación con un mínimo de soporte ocasional en donde se formaban cuñas por la presencia de fallas geológicas o alguna de las fracturas de las tres familias principales que se reportan en los planos geológicos del sitio.

Por la densidad y la dureza media de la roca se consideró adecuado el factor de roca $c = 0,4$ para el diseño teórico de la voladura, cuyo resumen y diagramas se presentan adelante.

V.4.3.3 Tipo de Explosivo.

Se trató de una excavación subterránea que contó con un buen sistema de ventilación natural por el efecto de chimenea de los contrapozos de ventilación o servicio de la Galería de Oscilación y fue reforzado por el funcionamiento de un extractor que se instaló en uno de los contrapozos.

Se utilizaron gelatinas y/o ANFO preparado en fábrica, que son adecuados para la excavación subterránea en rocas de dureza media, como es el caso de las calizas de Chicoasén.

La detonación fue con iniciadores eléctricos con micro-retardo y retardo normal cuando fue necesario por el número de tiempos de la voladura.

V.4.3.4 Tipo de Voladura.

Para evitar daños a la maquinaria y/o equipo de generación y además para evitar desprendimientos de roca de la bóveda en las vecindades de la voladura, se diseñó con los principios de "voladura controlada", dividiendo el arrancamiento de pequeños volúmenes de roca en un orden tal que cada tiempo detonado tuviera salida libre. Esto se facilitó porque ya se contaba con un túnel piloto de grandes dimensiones que proporcionaba el espacio suficiente para alojar el volumen de los sectores iniciales arrancados y así sucesivamente.

El perfilamiento de contorno se hizo con voladuras de recorte (smooth blasting), que es el adecuado por la calidad de la roca además de que proporciona una gran reducción de vibraciones.

V.4.3.5 Medición de Vibraciones.

Se llevó el control de las vibraciones que originan las voladuras instalando un vibrómetro o sismógrafo de tres componentes, en los sitios más importantes para evitar cualquier posible daño ya sea por la intensidad de las vibraciones como por efectos de resonancia por simpatía de frecuencias.

Cuando se requirió, con base en la evolución de las mediciones, se modificaron los esquemas de la voladura para disminuir la carga detonada por tiempo, ya sea reduciendo el avance, fraccionando la voladura para detonar barreno por barreno, aumentando el número de barrenos para disminuir la carga por barreno, o bien una combinación de estas opciones.

La velocidad máxima de partícula (suma vectorial de V_x , V_y y V_z) tolerada en las estructuras, maquinaria y equipos de la Comisión Federal de Electricidad y las cargas a detonar por tiempo, fue la indicada particularmente en cada voladura y siempre con la aprobación de Cliente.

V.4.3.6 Plantillas de Barrenación.

Se anexan las figuras No. 5.4.5, 5.4.6, 5.4.7 y 5.4.8 con las plantillas básicas y las cargas que se emplearon para iniciar la excavación. Se limitaron los espesores de roca o "bordos" a fin de mantener una baja carga por barreno, y la secuencia de encendido mostrada permitió fraccionar la voladura cuando así se deseaba, para no parar la excavación por falta de cápsulas de retardo de algún número determinado o también para utilizar la rezaga como apoyo del jumbo de barrenación a mayor altura.

El diámetro de broca para los barrenos ayudantes fue de 1 7/8" y para los barrenos de perfilamiento fue el mismo diámetro y/o 1 1/2", cuando por inaccesibilidad del jumbo se requirió el equipo ligero de perforación.

La longitud de perforación fue de 3,50 m para inicio de voladuras, esperando un avance cercano al 100 % por las dimensiones del túnel piloto.

V.4.3.7 Soporte Provisional.

Durante la etapa de excavación del Túnel de Desfogue No. 1 se colocaron como soporte temporal, antes de que se construyera el revestimiento definitivo de concreto reforzado y en los sitios en que el cliente indicó, anclas de tensión (fijadas a la roca con concha metálica o resina) que después de tensadas a la carga especificada fueron inyectadas en toda su longitud con una lechada de agua-cemento-aditivo expansor de alta resistencia.

Las anclas eran de varilla corrugada de 1" ϕ y 6 m de longitud, con placa de acero en su extremo exterior, de 15 x 15 cm y 5/8" de espesor, distribuidas en un patrón tentativo de 2 x 2 m en la bóveda, cuando ésta se labró en caliza estratificada.

Algunas anclas en muros se colocaron selectivamente por la formación de cuñas inestables en las intersecciones de las excavaciones y los sistemas de fallas geológicas.

V.4.3.8 Actividades y Ciclo de Trabajo.

El ciclo normal de trabajo quedó integrado por las actividades que se enlistan a continuación:

Actividad [Tiempo en Horas]

1.	Trazo y Acomodo.	0,50
2.	Barrenación.	3,00
3.	Soplete	-----
4.	Carga de Explosivo.	0,50
5.	Disparo.	0,10
6.	Ventilación.	0,50
7.	Revisión y Amacice.	0,40
8.	Rezaga.	<u>3,00</u>
	Total para el ciclo.	8,00 Horas o un turno.

Las actividades se desarrollaron apegándose a los lineamientos preestablecidos, de seguridad y operación de la Central.

V.4.3.8.1 Trazo y Acomodo.

Con apoyo de Topografía se marcaba con pintura el centro de línea y el perímetro de la sección de proyecto, antes de cada voladura. Contando con el diagrama de barrenación básico, el marcado de cada barreno se hacía con cinta métrica y se decidían los adicionales no previstos.

Al inicio del posicionamiento del jumbo de barrenación se auxiliaba al operador en la orientación correcta de los brazos de perforación, para asegurar que los barrenos de contorno perimetral fueran perforados con los brocales entre la línea "A" y el fondo de la línea "B". Se ejecutaban las actividades en 30 minutos aproximadamente.

V.4.3.8.2 Barrenación.

Se procedía a perforar los barrenos para la voladura mediante un Jumbo Hidráulico provisto de dos brazos. Además se utilizaron pistolas neumáticas de pierna para los barrenos que pudieran quedar fuera del alcance del jumbo, como los barrenos de contorno o en alguna ubicación en que resultaba desventajosa para el resultado de la voladura.

En algunas ocasiones para utilizar el jumbo en toda la altura, éste se montaba montar sobre una obra falsa o la rezaga de una voladura parcial anterior.

La velocidad de perforación del jumbo era de un barreno de 3.5 m en 6 minutos, se le adicionan 4 minutos para cambio y acomodo en el siguiente. Esto significa un rendimiento de 12 barrenos por hora para los dos brazos. Y un promedio de 3 horas para entregar el frente, en las voladuras más grandes.

V.4.3.8.3 Sopleteado.

Se limpiaban los barrenos introduciendo hasta el fondo una tubería con chiflón de aire para desalojar todo el recorte de roca que hubiera podido permanecer dentro. La limpieza se controlaba visualmente cuando regresa solamente aire al mover el chiflón hacia afuera y adentro. Se ejecutaba siguiendo el avance del jumbo y terminaba simultáneamente con la perforación del frente.

V.4.3.8.4 Carga de Explosivo.

Una vez terminada la limpieza de los barrenos en toda su longitud y en un área suficiente para que no hubiera interferencia de actividades, se procedía a preparar en el sitio las cargas por barreno, colocando los iniciadores eléctricos de acuerdo a la recomendación del fabricante, manteniendo en todo caso una buena iluminación y la correcta distancia de las líneas eléctricas.

Se procedía a identificar claramente cada barreno para asegurar que se colocara correctamente el micro-retardo correspondiente.

El explosivo se introducía manualmente en el barreno y era retacado moderadamente con el faenero de madera cuidando de no enredar los alambres del iniciador, hasta llegar a la profundidad del "taco", que era de gravilla de desperdicio de la planta trituradora, que era compactado convenientemente con el faenero.

Los barrenos de recorte se cargaban con cartuchos adosados al cordón detonante y no se retacaban. Mediante el cordón detonante se unían los grupos de barrenos de contorno que se indicaban en los diagramas y se iniciaba cada grupo con una cápsula eléctrica con el número que le correspondía. En los diagramas anexos el número progresivo indicaba la secuencia de encendido. En el frente, se ordenarían de la misma forma los retardos disponibles que eran de 25, 50, 75, 100 etc. milisegundos, continuando cuando hacía falta con retardos de la serie Acudet de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 etc. segundos. Se disponía del personal suficiente para terminar la carga en 30 minutos.

V.4.3.8.5 Disparo.

Terminada la carga de los barrenos se retiraba al personal innecesario del frente y se procedía a la interconexión de los circuitos de iniciadores eléctricos, después se retiraban las lámparas hasta un lugar seguro.

Se retiraba el encargado de la pega con la línea principal hasta un sitio seguro para su protección.

El personal de seguridad accionaba los avisos sonoros y cortaba el paso con la anticipación adecuada. El responsable de la voladura conectaba la línea principal a los bornes del explosor y después del número de avisos convenido encenderá la pega. Tiempo de ejecución 6 minutos.

V.4.3.8.6 Ventilación.

En el Túnel de Desfogue No. 1 el aire del exterior entra por el portal de salida gracias al efecto de chimenea de los contrapozos existentes en Galería de Oscilación. Se mejoró la ventilación existente mediante un extractor adicional en uno de los contrapozos por lo que el aire limpio desplazaba rápidamente a los gases de la voladura como un émbolo y después del tiempo de espera necesario, el personal retornaba a la zona de trabajo. Tiempo aproximado 30 minutos.

V.4.3.8.7 Revisión y Amacice.

Se iluminaba el frente y se recogía la línea principal de encendido para la pega. El encargado de la voladura revisaba que no quedaran barrenos sin detonar en el frente cargado o entre la rezaga; de ser el caso [por seguridad], a los barrenos se les preparaba nuevamente para que fueran detonados lo más pronto posible.

Utilizando la propia rezaga como apoyo para alcanzar la bóveda, se procedía a desprender con barretas largas toda costra o bloque de roca claramente asilado del macizo rocoso, principalmente aquellos localizados en la bóveda. Terminado el amacice se entregaba el frente para el rezagado. Tiempo estimado 24 minutos.

V.4.3.8.8 Rezaga.

Por las características de la geometría irregular del túnel piloto, el volumen que producía cada voladura era diferente, pero son representativas algunas secciones como la que se muestra en la Fig. 5.4.5, en donde para la media sección superior se extraían entre 200 y 250 m³ y en el banco inferior se explotan hasta casi 270 m³ por voladura. En rampas era variable la posición de la roca maciza.

Como actividad prioritaria, el cargador frontal formaba la rampa para restituir el paso vehicular, preparando el resto de la carga en camellón, para trabajar solamente en media anchura de túnel.

Dependiendo de la intensidad del tránsito hacia la Galería de Oscilación, la rezaga era transportada en camiones de volteo de 6 m³ y/o en camiones mineros de bajo perfil de 14 m³.

La duración del ciclo de rezaga quedaba determinada por la capacidad del cargador y limitación en el tráfico por interferencia con otros vehículos.

El cargador frontal podía cargar 120 m^3 por hora, por lo que, considerando el abundamiento, la duración del ciclo resultaba de 3 horas para las voladuras más grandes.

V.4.3.9 Logística para las Excavaciones.

La logística de trabajo en las excavaciones era como se indica a continuación:

1) Primero era excavada la sección superior del túnel en tres fases: la primera desde el tapón de concreto hasta la sección ya revestida de concreto del Desvío No. 2, la segunda fase fue desde el tapón de concreto hasta la Galería de Oscilación y finalmente de la sección de concreto hasta el portal de salida del Túnel de Desfogue No. 1 (Fig. 5.4.5).

2) Como segunda etapa se procedía a excavar la sección inferior (banqueo) en las mismas fases descritas para la excavación de la media sección superior. (Fig. 5.4.6).

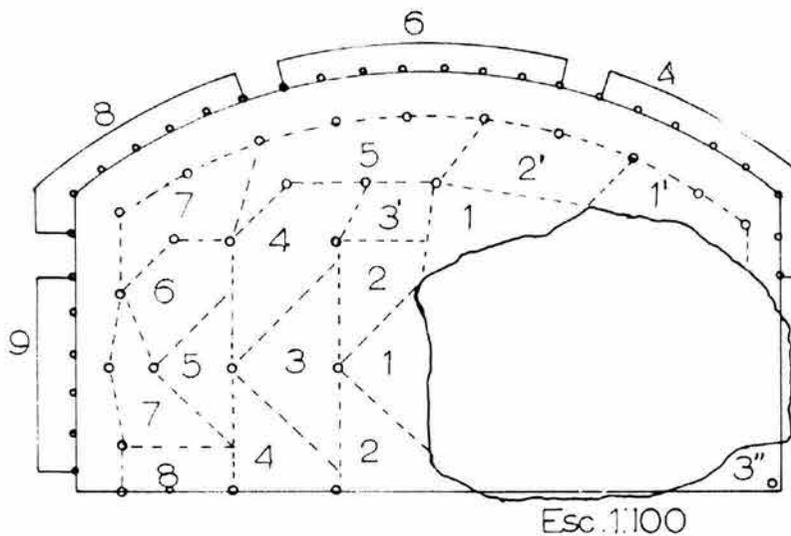


Fig. 5.4.5 Ampliación del Túnel de Desfogue No. 1. (9 Tiempos - Voladuras Controladas).

Recorte perimetral en grupos de 8 barrenos detonados simultáneamente.

Diámetro de barrenación: broca de $1 \frac{7}{8}$ ".

Longitud de barrenación: 3,50 m.

Longitud de carga de fondo: 1,50 m (varió la intensidad del retacado).

Longitud de taco: 0,50 m a 1,00 m.

Explosivo: Gelatina extra 35 % o equivalente.

No. de Barrenos	No. Progresivo	Carga Fondo [Kg]	Carga Colocada [Kg]	Carga / Barreno [Kg]	Carga Total [Kg]
2	1	2,60	1,60	4,20	8,40
2	2	2,60	1,60	4,20	8,40
1	3	3,30	2,20	5,50	5,50
3	4	2,60	1,60	4,20	12,60
4	5	1;80	1,20	3,00	12,00
2	6	1,80	1,20	3,00	6,00
4	7	1,80	1,20	3,00	12,00
2	8	1,00	0,60	1,60	3,20
6	9 recorte	0,37	0,37	0,75	4,50
1	3'	1,20	0,80	2,00	2,00
8	4 recorte	0,37	0,37	0,75	6,00
8	6 recorte	0,37	0,37	0,75	6,00
7	8 recorte	0,37	0,37	0,75	5,25
3	1'	1,00	0,60	1,60	4,80
1	3"	1,00	0,60	1,60	1,60
2	2'	1,5	1,00	2,50	5,00
Total					103,25

Los progresivos repetidos (2', 3", etc.) se detonaron al mismo tiempo pero con carga diferente.

Coefficiente de carga aproximado: 0,420 Kg/m³.

Para efecto de vibraciones rigió el tiempo No. 2 con 13,40 Kg de explosivo.

Se utilizaron iniciadores eléctricos de micro-retardo.

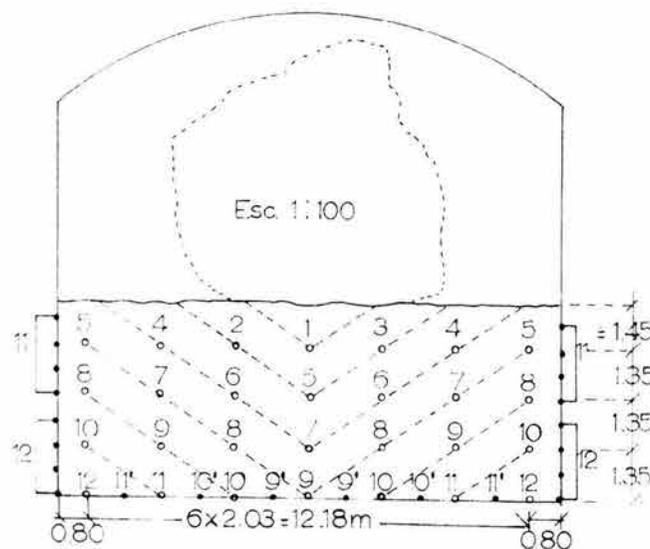


Fig. 5.4.6 Banqueo Horizontal del Túnel de Desfogue No. 1. (12 Tiempos - Voladuras Controladas).

Los barrenos con número primo se cargan como recorte.

Diámetro de barrenación: broca de 1 7/8".

Longitud de barrenación: 3.50 m.

Longitud de carga de fondo: 1.50 m.

Plantilla de barrenación: horizontal 2.03 m x 1.35 m vertical a partir del nivel de piso (línea A)

Carga de los Barrenos:

Localización	Carga Fondo [Kg]	Carga Columna [Kg]	Total / Barreno [Kg]	Total [Kg]
7 en línea superficial	1,80	1,20	3,00	21,00
21 en otras líneas	1,70	1,10	2,80	58,80
22 en recortes	0,37	0,37	0,75	16,50
Total / Voladura				96,30

Explosivo: Gelatina extra 35 % o equivalente.

Iniciadores eléctricos de micro-retardo.

Coefficiente de carga: 0,362 Kg/m³.

Para vibraciones rigió una carga de 3 Kg a 6 Kg en el retardo No. 5 (125 ms).

V.4.3.9.1 La logística de las excavaciones se modificaba para optimizar el empleo del equipo y personal disponibles, con mejores resultados en los avances, de la forma siguiente:

V.4.3.9.1.1 Se inició la ampliación a media sección superior en el lado izquierdo del tramo comprendido entre los túneles de desvío No. 1 y No. 2 programando dos voladuras diarias por lo que se utilizaba un jumbo hidráulico de perforación provisto de dos brazos.

Sin retirar la rezaga de cada voladura, era posible levantar la plantilla para que el jumbo lograra alcanzar el perímetro de la parte más alta de la bóveda.

Se prosiguió con la ampliación del lado derecho en el mismo tramo y con los mismos lineamientos.

V.4.3.9.1.2 Una vez terminada la ampliación en el tramo indicado anteriormente, el jumbo se pasaba al tramo que requería ampliación entre el desvío No. 2 y la Galería de Oscilación, y simultáneamente se inicia el banqueo en el primer tramo, el cual era ejecutado con el track - drill perforando verticalmente en diámetro de 2 ¼" ó 3", programándose tres voladuras por semana / equipo. En caso de resultar necesario, se dejaba un espesor en muros pendiente para afinar con perforación horizontal.

V.4.3.9.1.3 Terminada la ampliación en el segundo tramo se procedía a la excavación del banqueo con track - drill y el jumbo hacían los afines pendientes, si los había, y apoyaba a la ejecución de "peines" en toda la longitud del Túnel de Desfogue No. 1, que se habrían iniciado con perforadoras de pierna.

El paso vehicular se mantenía formando diariamente rampas con la propia rezaga de las voladuras y retirando el material sobrante.

V.4.4 Colocación del Concreto.

Para la colocación del concreto en la losa de piso, muros, tapones de cruceros, bóveda y portal de salida del Túnel de Desfogue No. 1 se ejecutó el seccionamiento topográfico, eskarificado de concreto, limpieza del óxido del acero de refuerzo existente, después se realizaba el habilitado y colocación del acero de refuerzo, una limpieza general y el cimbrado para poder llevar a cabo la colocación del concreto.

V.4.4.1 Preliminares.

a) A lo largo, el Túnel de Desfogue # 1, se dividió en 2 partes iguales: Margen Izquierda y Margen Derecha, para poder transitar por una de las dos márgenes en lo que se construía la contigua. (Fig. 5.4.7).

b) Se colocó el concreto de reposición de roca, exclusivamente en el tramo del Cad. 0+449,426 al Cad. 0+240,90 de la Margen Izquierda. En la Margen Derecha completa, así como del Cad. 0+240,90 al Cad. 0+000,00 de la Margen Izquierda, se realizó la reposición de roca con material producto de la excavación. (Fig. 5.4.8).

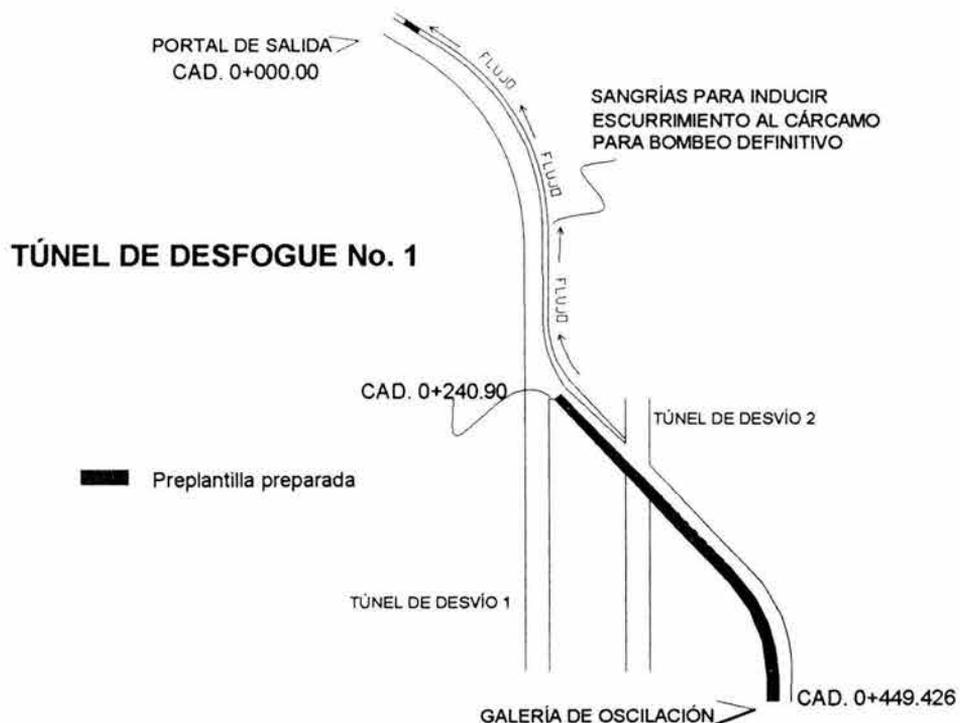


Fig. 5.4.7 Vista en planta del Túnel de Desfogue No. 1.

- c) Se realizaron los trabajos en intervalos de 50 m.

Preplantilla o reposición de roca.

- d) Se procedió a retirar la rezaga con un tractor, un cargador y con camiones de bajo perfil y se depositó en el lugar indicado por el cliente.

- e) Con una retroexcavadora se hizo la limpieza gruesa.

- f) Alrededor de cada zona de trabajo de 50 m se ponía una costalera para aislar del agua la zona de relleno.

- g) En cualquier tramo del túnel de desfogue, donde se instaló un relleno compactado, el nivel de agua era conservado suficientemente abajo de la línea de excavación para permitir la instalación de la losa de concreto sin algún riesgo para la compactación del relleno.

- h) La costalera permanecía hasta tener colada la plantilla definitiva

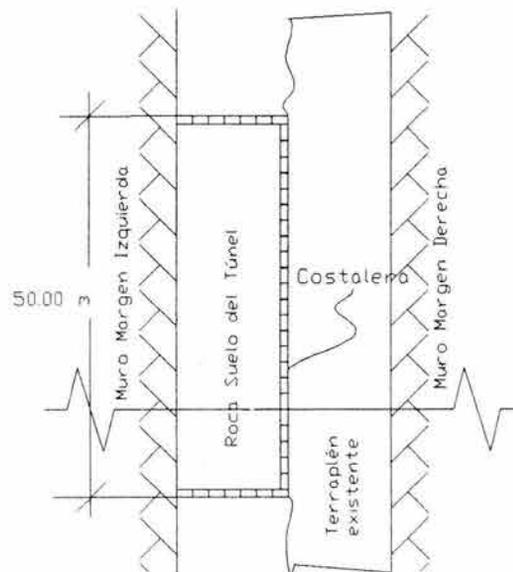


Fig. 5.4.8 Vista en planta, Detalle de la Preplantilla de Relleno (Reposición de roca) y Plantilla Definitiva.

- i) Se hacía la limpieza necesaria de lodos y material no adecuado.
- j) Se colocaba el material producto de la excavación a cada 3 m por viaje.

k) Se tendió el material con la motoconformadora en capas de 25 cm, incluyendo la clasificación del material y retiro del lugar de los sobretamaños. (Fig. 5.4.9).

l) Se hicieron las pasadas necesarias para lograr la compactación del material con un compactador de 12 Ton.

m) En las zonas donde no llegaba el rodillo del compactador se utilizó un compactador manual (rodillo, pata de elefante o bailarinas) y con espesor de capas reducido.

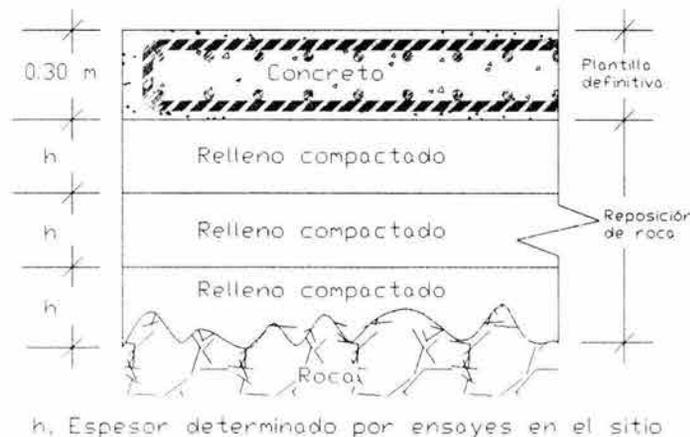


Fig. 5.4.9 Corte de la Preplantilla de Relleno (Reposición de Roca) y Plantilla Definitiva.

Posterior a la colocación y compactación del relleno, se realizaba el colado de la plantilla definitiva.

La secuencia de actividades de construcción para los colados de plantilla definitiva en zona de filtración de agua fue la siguiente. (Figs. 5.4.10 y 5.4.11)

- 1.- Bombeo constante.
- 2.- Limpieza con personal.
- 3.- Sopleteado.
- 4.- Colocación de tapón de madera en forma longitudinal, formando una franja de 1.00 m entre la plantilla definitiva y el área donde se realizaba el relleno compactado.
- 5.- Calafateado de tapón longitudinal.
- 6.- Colocación del relleno compactado.
- 7.- Colocación del acero de refuerzo.
- 8.- Colocación del concreto en plantilla definitiva y la franja de 1.00 m.
- 9.- Retiro de tapón de madera cuando el concreto estaba aún fresco.

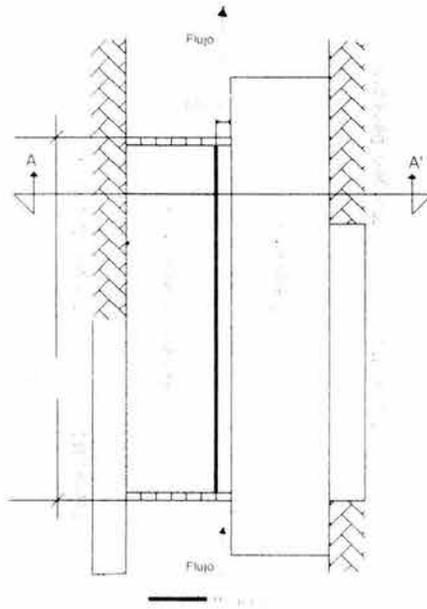


Fig. 5.4.10 Vista en planta de los trabajos para los colados de plantilla en zona de filtración de agua.

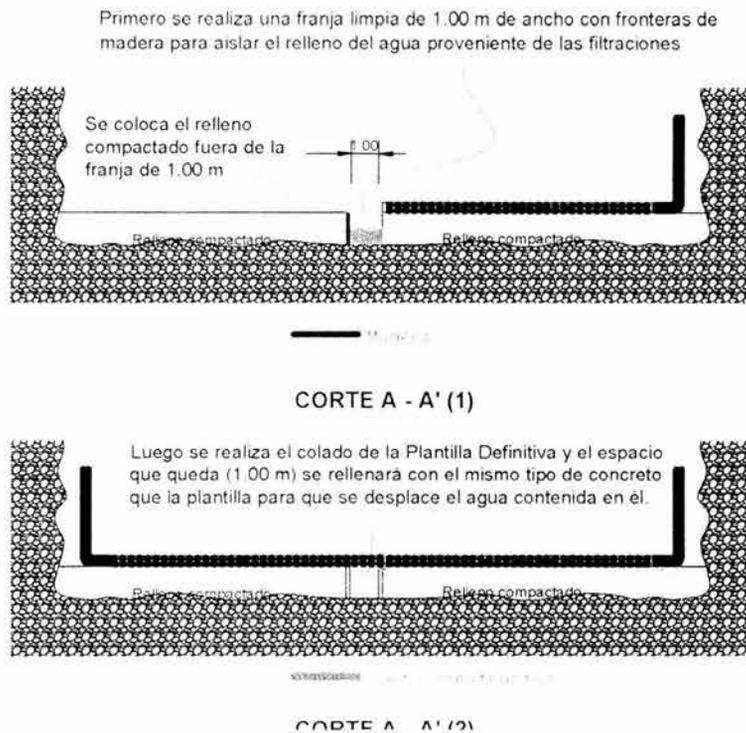


Fig. 5.4.11 Vista en corte de los trabajos para los colados de plantilla en zona de filtración de agua.

El orden general de los colados en el Túnel de Desfogue fue el siguiente:

1. Concreto en Tapones de Cruceros con Túneles de Desvío.
2. Concreto de reposición de roca en el tramo del Cad. 0+449,426 al Cad. 0+240,90 de la margen Izquierda.
3. Concreto en Piso.
4. Concreto en Muros.
5. Concreto de la Bóveda.
6. Concreto en el Portal de Salida.

Para cada uno de los colados que se realizaron en el Túnel de Desfogues # 1 se utilizaron concretos con la resistencia que marcaban las especificaciones de los planos correspondientes.

V.4.4.2 Se procedió a colocar el concreto en los tapones de los túneles de desvío y se fue realizando esta actividad paralelamente a las actividades de colocación de concreto de otras fases en otras partes del Túnel de Desfogue No. 1.

V.4.4.3 Una vez realizada la preplantilla, ya fuera de relleno o de concreto, se procedió con la colocación de concreto en la plantilla definitiva. La costalera colocada alrededor de la zona de trabajo de 50 m también mantenía aislada del agua la zona de trabajo durante estos trabajos.

V.4.4.4 Se realizó la colocación del concreto, cumpliendo con el acabado final (pulido).

V.4.4.5 Posteriormente se realizó la colocación del concreto en los muros en las secciones donde ya se hubieran realizado los colados de piso o plantilla.

Los colados en los muros del Túnel de Desfogues No. 1 se realizaron en secciones con altura aproximada de 2.40 m, utilizando tableros de Cimbramex. (Fig. 5.4.12).

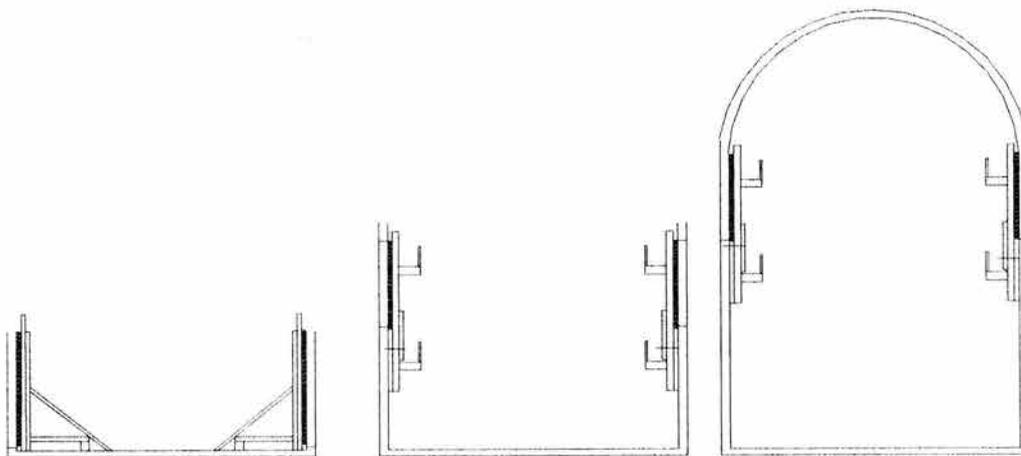


Fig. 5.4.12 Cimbrado de los Muros.

V.4.4.6 Una vez terminados los colados de los muros, se realizó el colado de la bóveda.

Para el colado de la bóveda se utilizó la estructura de obra falsa Dalmine. La Estructura Dalmine o Jumbo de Estructura tenía unas bases para nivelarla y además se le colocaron ruedas en la parte inferior para moverla de un tramo de colado al siguiente.

Se utilizaron dos jumbos por frente de trabajo, uno para colocación de acero de refuerzo y otro para los colados. (Fig. 5.4.13).

Primero se colocaba el jumbo para acero de refuerzo debajo del tramo a armar y una vez que estuviera armado se corría y se colocaba en su lugar el jumbo para los colados, el cual se asentaba utilizando las bases niveladoras.

Se utilizó cimbra a base de tableros de triplay con bastidores, de 4.88 x 1.22 m, con los cuales se cubrió toda la bóveda.

Las cuadrillas de carpintería fabricaron un tapón de madera para uno o los dos lados (fronteras) de cada colado cuando se necesitaban. Una vez que el tapón estaba listo, se cortaba al nivel de la bóveda y se subía la cimbra a ese nivel utilizando los gatos de la estructura Dalmine.

El concreto se colocaba cuando la estructura estaba bien nivelada, fija y segura. La colocación del concreto se realizaba con bomba, introduciendo la tubería para concreto en una abertura en forma de llave en el tapón de madera.

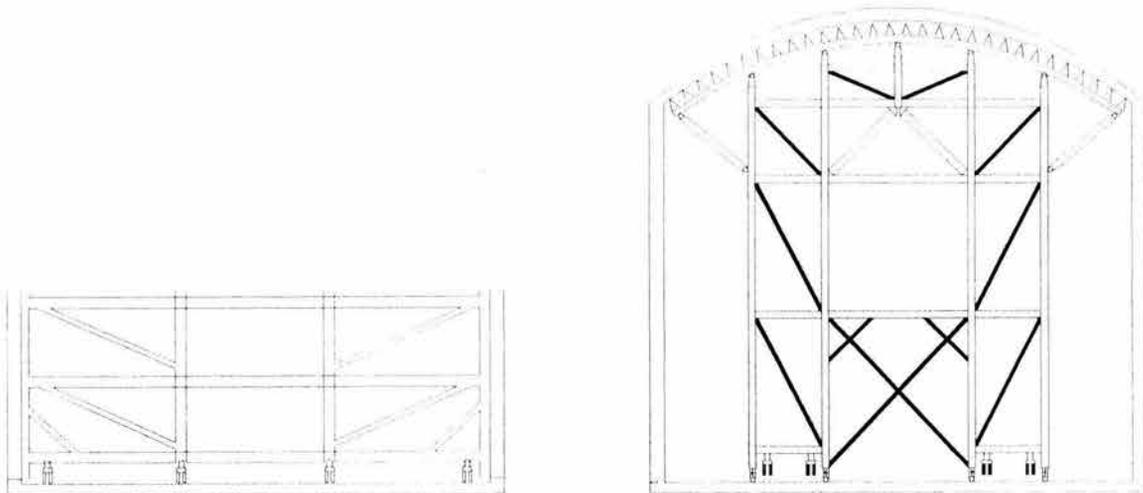


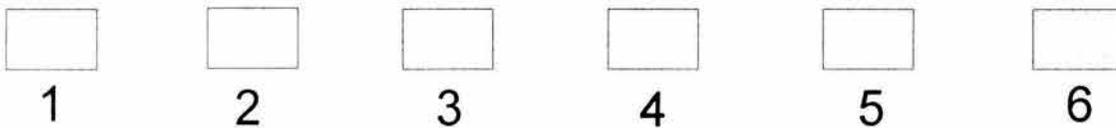
Fig. 5.4.13 Jumbos para el Acero de Refuerzo y Colados de la Bóveda.

V.5 Túneles de Barras.

V.5.1 Secuencia de los Colados en los Túneles de Barras.

Realizado el levantamiento topográfico para conocer las medidas y volúmenes reales se realizaron los colados faltantes en pisos, bóvedas y muros de cada uno de los Túneles de Barras (Fig. 5.5.1). Los colados se realizaron desde la Galería de Transformadores.

Los colados se realizaron con la secuencia indicada a continuación:



Para colar los muros se utilizó cimbra a base de tableros de Cimbramex en tramos de 2,40 m de altura.

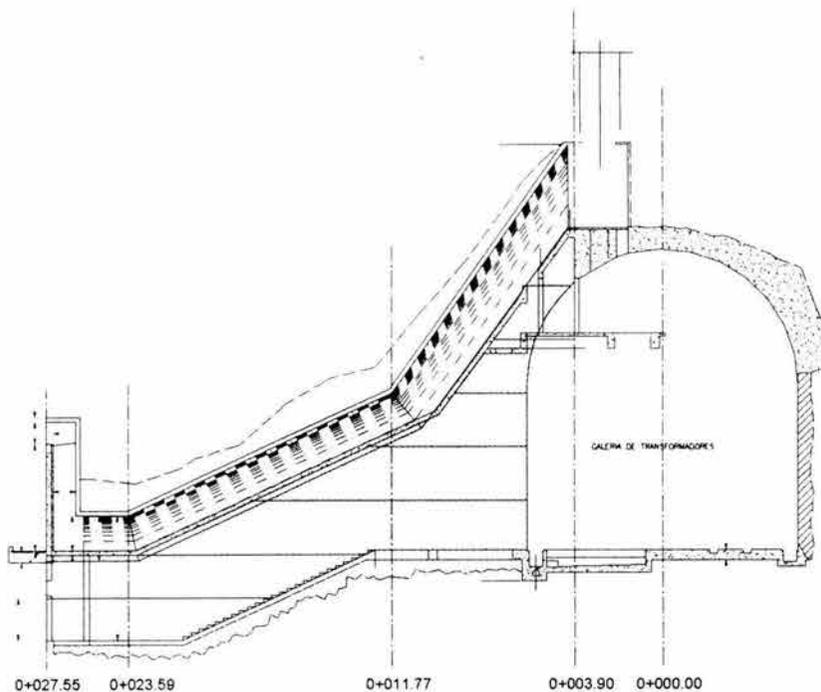


Fig. 5.5.1 Colados de Muros.

Para la bóveda se utilizará la obra falsa Dalmine y cerchas forradas con madera para lograr el radio de curvatura (cimbra tipo herradura). (Fig. 5.5.2).

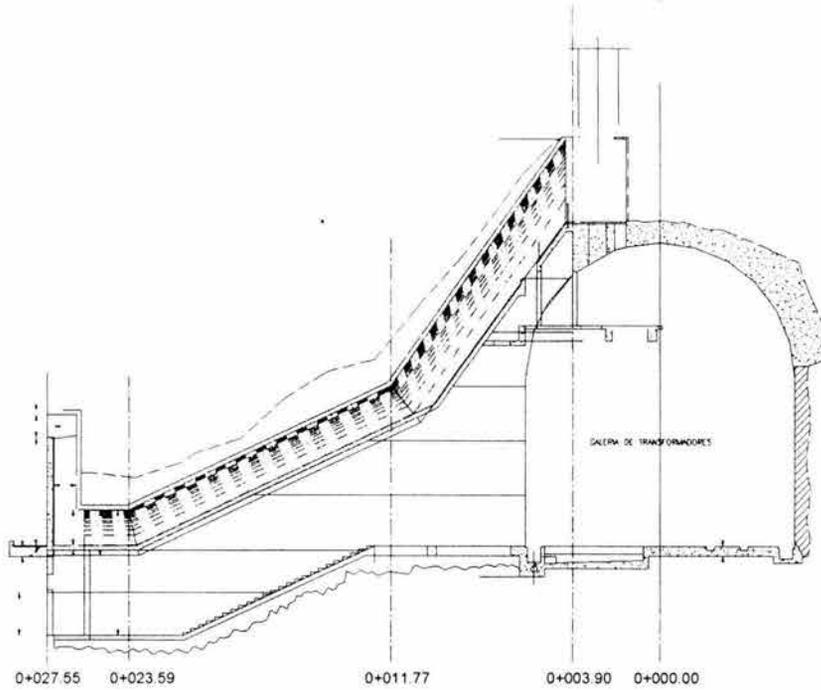


Fig. 5.5.2 Colados de Bóveda.

Después de colar los muros y durante el colado de la bóveda se dejaron las preparaciones para el colado de la losa intermedia (Fig. 5.5.3).

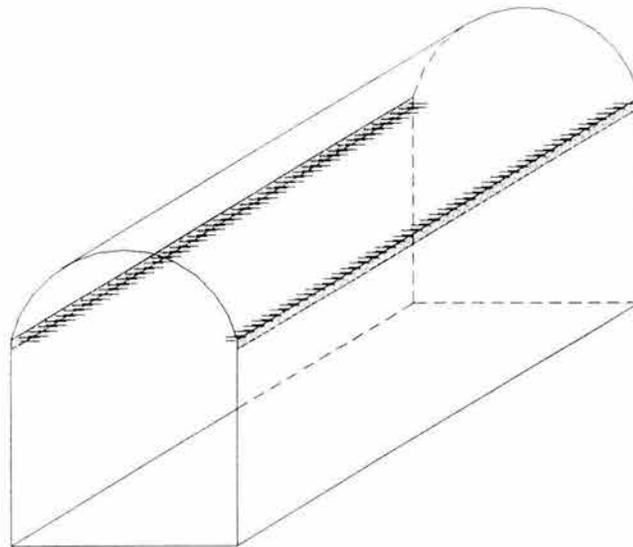


Fig. 5.5.3 Preparaciones para el Colado de la Losa Intermedia.

Para la cimbra de la losa intermedia se utilizó la obra falsa Dalmine y tableros de triplay con bastidores.

Los colados se realizaron en tramos convenientes de acuerdo con la cimbra utilizada.

Los pisos y escaleras llevaron la inclinación y la forma que marcó ingeniería.

Para los colados en muros, losa intermedia y bóveda se utilizó la bomba y la tubería para concreto.

Se dieron a todos los concretos los acabados marcados en el proyecto.

V.6 Galería de Transformadores.

V.6.1 Excavación.

Una vez realizada la limpieza gruesa, la cuadrilla de topografía realizó los levantamientos correspondientes a la sección de la Galería de Transformadores antes de empezar los trabajos, con el fin de conocer las secciones de la Galería y poder cuantificar el material a excavar.

Para la excavación en la Galería de Transformadores se tuvo que garantizar que los trabajos no afectarán a las estructuras cercanas, para ello se utilizaron equipos adecuados y/o perforaciones y voladuras controladas.

Se realizaron excavaciones para las trincheras recolectoras de aceites, muros, bóveda y piso, en las partes donde no se cumplía con el perfil indicado por el proyecto.

Por economía siempre que fue posible se prefirió el empleo de la rompedora neumática hasta llegar a líneas de proyecto. La cercanía a estructuras inestables implicó, en su caso, la verificación de los parámetros vibratorios mediante el vibrógrafo portátil.

El material producto de las voladuras se retiró del lugar en camiones de volteo.

Se llevaron a cabo las excavaciones necesarias para llegar a los niveles indicados en el proyecto.

Los trabajos para excavar la Galería de Conexión entre Galería de Transformadores y Galería de Oscilación tienen la forma que se muestra en la figura 5.6.1 y 5.6.2 junto con la Tabla 5.6.1.

Se colocó material de rezaga para formar una rampa en el piso de Galería de Transformadores para poder llegar al nivel de la Galería de Conexión.

Se excavó la Galería de Conexión de la siguiente forma: horizontal, con una longitud de 17,35 m + 0,40 m de espesor del muro en Galería de Oscilación y con dimensiones de 2,00 m de ancho x 2,50 m de altura en la sección mostrada en la figura 5.6.2.

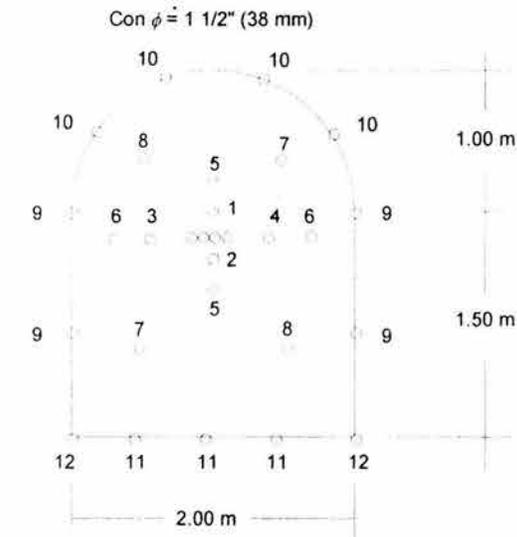
Debido a las dimensiones de la galería, las excavaciones se hicieron con equipo pequeño y mediante voladuras controladas.

Se utilizó la siguiente plantilla de voladuras como propuesta tipo, con sus respectivas modificaciones en el sitio.

Características de la voladura y carga de explosivo por barreno:

- Recorte perimetral a cada 50 cm.
- Diámetro de barrenación: Broca de 1 ½" (38 mm).
- Longitud de barrenación: 1,70 m.

- Longitud de taco: 0,10 a 0,50 m variable con el bordo correspondiente.
- Explosivo: Gelatina Magnafrac o equivalente: Cartuchos de 1" x 8".



Ranura sin Cargar: 4 Barrenos ϕ 1 1/2"

Galería de conexión Plantilla de Barrenación

Fig. 5.6.1. Plantilla de Barrenación de la Galería de Conexión

Tabla 5.6.1 Carga de Explosivos.

No. de Barrenos	No. Progresivo	Carga/Barreno [Kg]	Carga Total [Kg]
1	1	0,65	0,65
1	2	0,65	0,65
1	3	0,65	0,65
1	4	0,65	0,65
2	5	1,20	2,40
2	6	0,76	1,52
2	7	0,86	1,72
2	8	0,86	1,72
4	9	0,32	1,28
4	10	0,32	1,28
3	11	0,65	1,95
2	12	0,65	1,30
TOTAL:			15,77

Para proteger la Galería de Transformadores, se tomaron las medidas pertinentes para tapar la entrada y evitar que el material producto de la voladura dañara las instalaciones existentes, el equipo de trabajo y/o a los trabajadores.

Para evitar la contaminación por humo y polvo producto de la excavación hacia la Galería de Transformadores se utilizó el extractor de aire y además se mojaba la cortina de yute ubicada en la entrada a la nueva etapa.

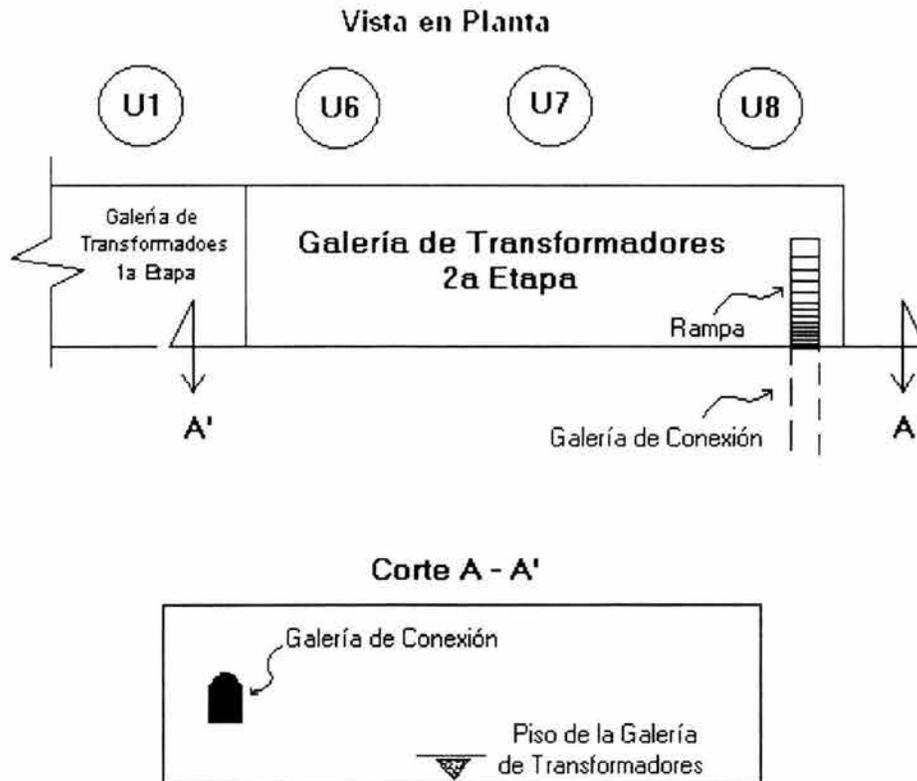


Fig. 5.6.2 Forma de los trabajos de excavación de la Conexión entre Galería de Transformadores y Galería de Oscilación.

Se verificaba que cada barreno para voladura estuviera seco para evitar la contaminación del explosivo, si el barreno estaba húmedo, éste se sopleteaba para secarlo y eliminar el agua que se encontraba depositado dentro del barreno.

Se verificaba después de una voladura que no existieran bloques de roca sueltos por lo que se llevaba a cabo el amacice, esto con la finalidad de que no existieran caídos que pudieran llegar a causar algún accidente. El material producto de la voladura se retiraba paleando para luego sacarlo del lugar en camiones de volteo.

También se requirió hacer un foso para aceite.

En el extremo poniente de la Galería de Transformadores y cubriendo todo el ancho de la galería de 12 m se localiza el foso para el separador de agua y aceite, con 4,3 m de amplitud y una profundidad de 3,10 m y 3,6 m.

La proximidad de los transformadores en operación, a 60 m de distancia y la bóveda del Túnel de Aspiración de la U8 a 13 m de distancia vertical y 5 m horizontalmente, impusieron fuertes restricciones al empleo de explosivos. Las velocidades de partícula se limitaron a 30 mm/s en el transformador más cercano, y a 70 mm/s en la bóveda anclada del Túnel de Aspiración U8. Ambos umbrales fueron conservadores y adecuados por la importancia de las estructuras.

Las cargas permitidas en cada caso fueron de 1,5 Kg/tiempo y 1,0 Kg/tiempo, ésta última es la que rigió para evitar desprendimientos en el Túnel de Aspiración, aunque su condición geotécnica no es mala, ya que se trata mayormente de roca masiva.

El sistema para efectuar la excavación cumpliendo con los requisitos de seguridad y bajo nivel de vibraciones consistió en voladuras controladas, detonando 1.0 Kg/retardo, empleando un diámetro de perforación de 38 mm.

Se aplicó un factor de carga de 0,4 Kg/m³ para una voladura con inicio en cuña vertical, y una plantilla de barrenación de 1,0 m x 1,5 m, resultando una profundidad máxima de 1,7 m por lo que la excavación se realizó en dos banqueos de 1,80 m c/u.

De acuerdo con los resultados obtenidos durante la excavación del Túnel de Barras U8 y de la Galería de Conexión, la intensidad de las vibraciones medida en la losa de inspección del transformador cercano fue de 1/5 del valor teórico, por lo que se pudieron detonar hasta 2 barrenos por tiempo o 2 Kg por tiempo, especialmente para el banqueo superficial y para los números mayores a 100 milisegundos en los que la dispersión evita la suma del impulso.

Para no interferir con los colados ya cercanos en la Galería de Transformadores, se optó por diferir esta excavación hasta la terminación del revestimiento, ejecutando solamente las voladuras que pudieran ocasionar un daño posterior al concreto reforzado.

Previamente, convino ejecutar solamente el precorte perimetral para minimizar la transmisión de las vibraciones, así como la cuña central, cuando fue posible en toda su profundidad, y así permitió el avance normal del revestimiento de la Galería de Transformadores.

Cargas para precorte.- Cargando con 6 cartuchos por barreno, se detonaron grupos de 4 barrenos de 38 mm con cada retardo, con un espaciamiento entre barrenos de 0,5 m.

Cuando el precorte se ejecutó con diámetro de barrenación de 63 mm para acelerar los trabajos, se cargaron con 11 cartuchos de 1" x 8" por barreno, espaciados los barrenos a cada 0,75 m se detonaron grupos de 3 barrenos por tiempo. En este caso se agregó gravilla para empacar la carga dentro del barreno.

Cuña central.- Se presentó una cuña vertical en "V" para ser ejecutada con pistola de piso en diámetro de 1 ½" para mantener una plantilla cerrada y bajas cargas de explosivo por cada número de retardo.

La inclinación de los barrenos en cada línea debía ser respetada para obtener una voladura eficiente y suave.

Se limitó la longitud máxima de barrenación a 3,0 m, lo que dejaba un espesor pendiente de 0,7 a 0,9 m en el fondo de la excavación, valor que no representaba problema para su extracción al final.

Excavación de banqueo.- La barrenación para excavar los bancos restantes tenía una distribución en planta de 2,0 m x 1,45 m (ver el diagrama para trazo en campo) con una inclinación de 3:1 (vertical:horizontal) excepto en las líneas inmediatas al precorte de los extremos.

La carga consistía en 3 cartuchos de gelatina de 2" x 16" por barreno, la secuencia de encendido se hacía con todos los números de retardos no - eléctricos para detonar un barreno por tiempo.

Se muestra una plantilla de perforación y cargas de explosivo (Fig. 5.6.3).

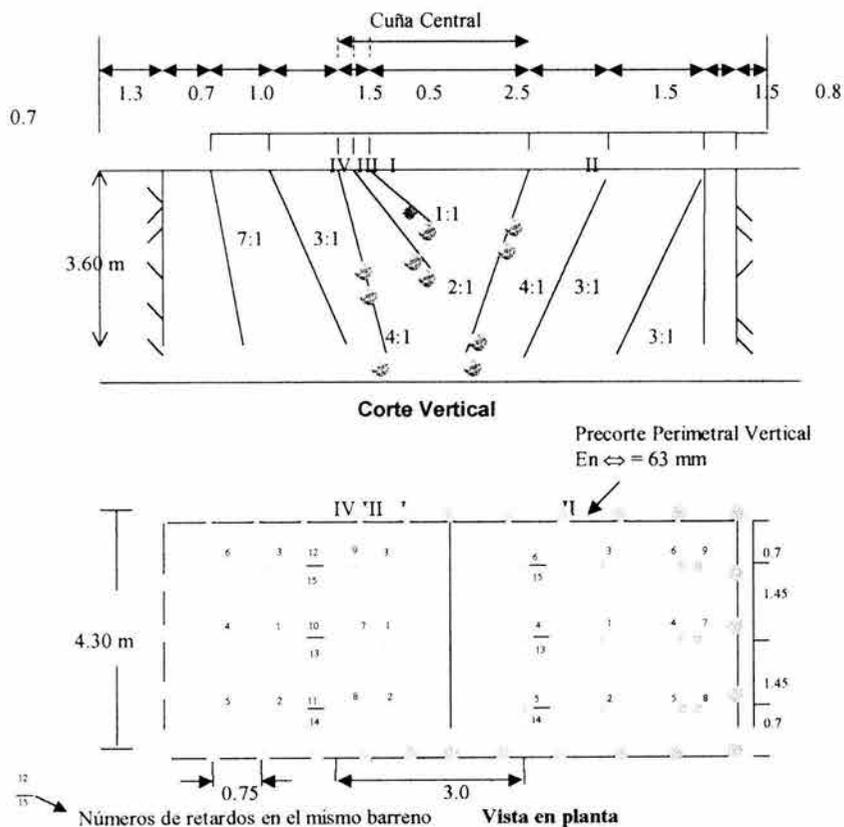


Fig. 5.6.3 Plantilla de Perforación y Cargas de Explosivo.

Acotaciones en [m].

Por Barreno y Línea:

Carga:I = 1.5 Kg	Long.:I = 1.75 m.
II = 2.0 y 2.0 Kg	II = 2.80 m - 4.0 m (2 tiempos).
III = 2.0 Kg	III = 2.80 m.
IV = 2.0 y 1.0 (fondo).	IV = 2.80 m - 4.0 m (2 tiempos).
Banqueo = 3.0 Kg	Banqueo = 4.0 m.

Se llevaron a cabo las excavaciones necesarias para llegar a los niveles correspondientes indicados.

V.6.2 Colados de Muros, Bóveda y Pisos.

Previamente a la colocación del concreto en muros, bóveda y losa de piso de Galería de Transformadores se ejecutó el seccionamiento topográfico, escarificado de concreto, limpieza del óxido del acero de refuerzo existente, para después realizar el habilitado y colocación del acero de refuerzo, una limpieza general y el cimbrado para poder llevar a cabo la colocación del concreto.

Una vez revisado que se hubiera cumplido con las tareas de topografía y recorte de concreto armado para descubrir varillas en buen estado y realizar el traslape con el acero de refuerzo nuevo y cimbra, el orden en que se colocaron los concretos fue el siguiente:

1. Muros, aguas abajo y aguas arriba.
2. Bóveda.
3. Timpano.
4. Mamparas intermedias.
5. Foso separador y cunetas.
6. Losa de piso.
7. Trabes y losa de inspección.

Primeramente se realizó la colocación del concreto en muro aguas arriba y aguas abajo, con un espesor mínimo de 35 cm, con dirección de la construcción de la 1ª etapa hacia el timpano.

Una vez terminados los colados de los muros, se realizó el colado de la bóveda.

Para el colado de la bóveda se utilizó la estructura de obra falsa Dalmine. La Estructura Dalmine o Jumbo de Estructura tenía unas bases para nivelarla y además se le colocaron ruedas en la parte inferior para moverla de un tramo de colado al siguiente.

Primero se colocó la estructura debajo del tramo a colar, luego se asentó utilizando las bases niveladoras. Las cuadrillas de carpintería fabricaron un tapón de madera para uno o los dos lados (fronteras) de cada colado, cuando se requería. Una vez que el tapón estaba listo, se cortaba al nivel de la bóveda y se subía la cimbra a ese nivel utilizando los gatos de la estructura Dalmine.

El concreto se colocaba cuando la estructura estaba bien nivelada, fija y segura. La colocación del concreto se realizó con bomba, introduciendo la tubería para concreto en una apertura en forma de llave en el tapón de madera (Fig. 5.6.4).

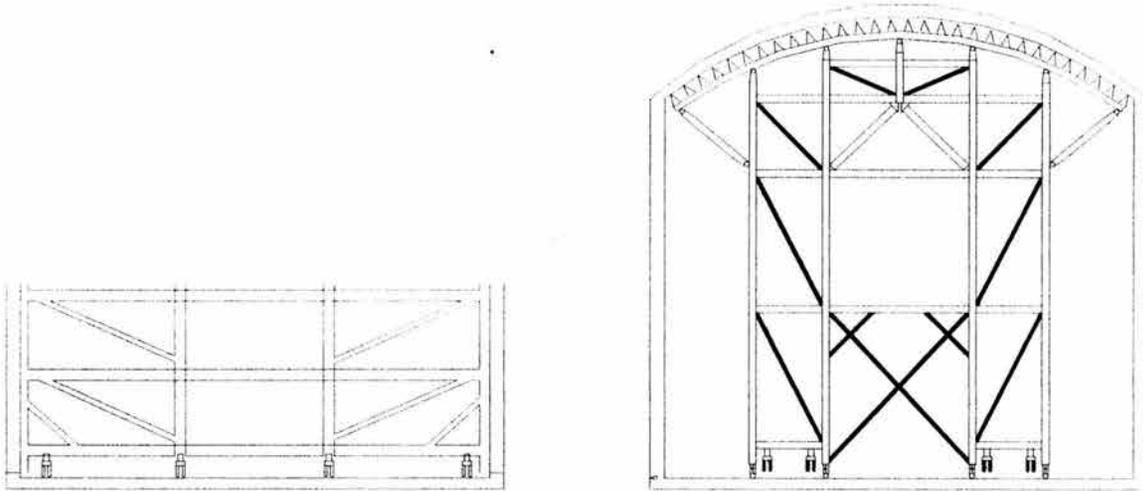


Fig. 5.6.4 Jumbo para la Colocación del Concreto en la Bóveda.

El colado del tímpano se hizo en secciones de altura de 2,40 m aproximadamente, utilizando tableros de Cimbramex. Estos tableros se levantaron de un tramo a otro utilizando varios equipos llamados Thirfor (Fig. 5.6.5).

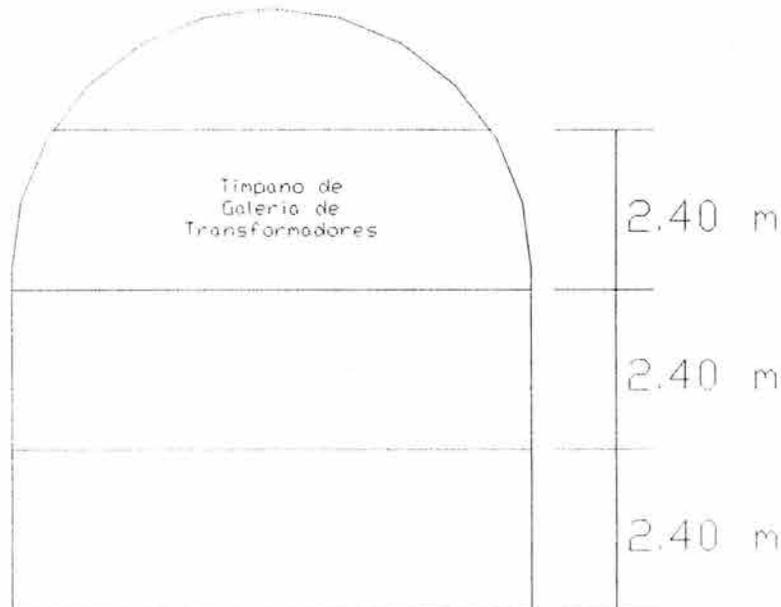


Fig. 5.6.5 Vista Frontal del Tímpano de la Galería de Transformadores.

Una vez terminado el colado del tímpano se procedió a realizar los colados de las mamparas divisorias.

Los colados de las mamparas se realizaron en cuatro secciones de 2,40 m aproximadamente, dejando en la última sección de colado 4 placas ahogadas en el concreto, que funcionaron para colocar tubos que sirvieron de apoyo para la cimbra en la colocación de traveses y losa intermedia de inspección (Fig. 5.6.6).

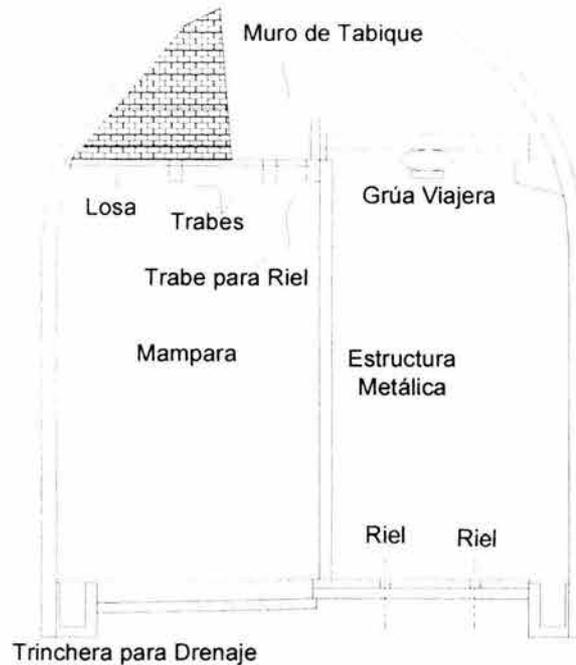


Fig. 5.6.6 Sección de los Colados de Losa de Piso, Mamparas Divisorias, Traveses y Trincheras Captadoras.

Las traveses se fabricaron y colocaron siguiendo las indicaciones de los planos y para losa de inspección se utilizó cimbra a base de obra falsa Dalmine y tableros de Cimbramex.

Por último, los colados de la losa del piso de la Galería de Transformadores se realizaron en dos partes, dividiendo a la Galería de Transformadores longitudinalmente:

Primero se coló, del límite de las mamparas existentes hacia los Túneles de Barras con dirección de inicio de la construcción de la 1ª Etapa hacia la zona del foso separador. Dejando la preparación para el armado de las mamparas, los rieles, conexiones a tierra y las cunetas de captación para aceite.

La segunda parte se realizó con dirección de inicio de la zona del foso separador hacia la construcción de la 1ª Etapa, dejando las preparaciones para la colocación de los rieles y conexiones a tierra (Fig. 5.6.7).

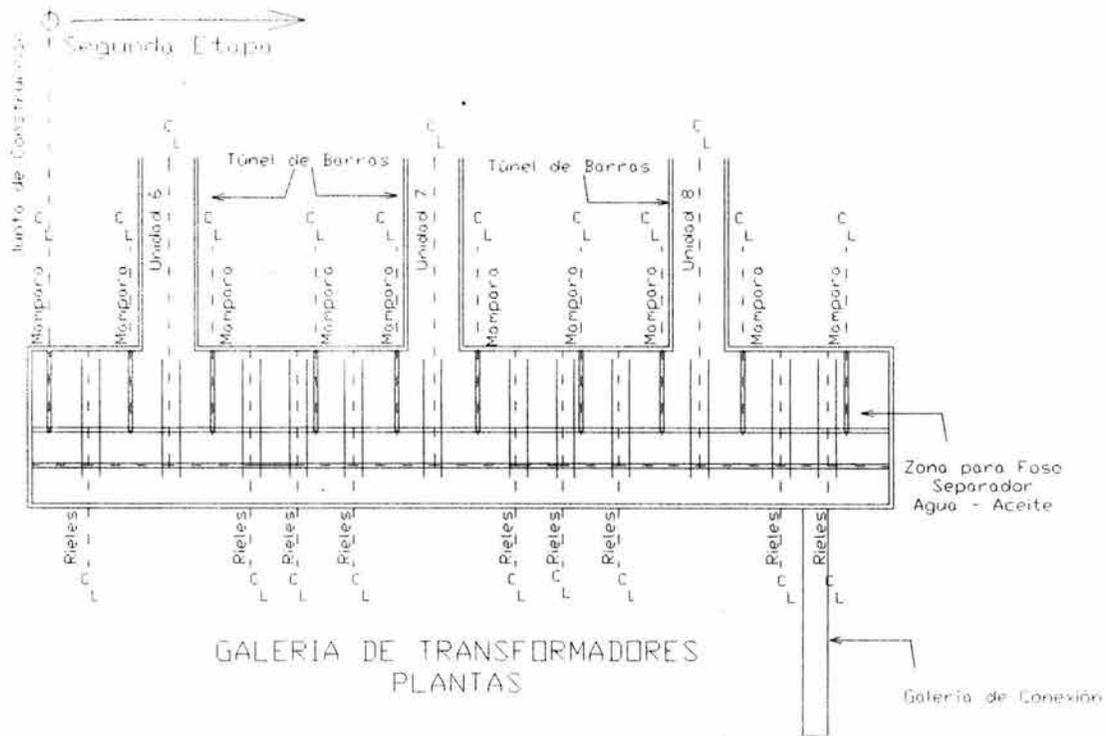


Fig. 5.6.7 Vista en Planta de la Galería de Transformadores.

V.7 Lumbreras de Cables.

V.7.1 Información Preliminar.

Para la U6 se tenía el nivel de la lumbrera hasta la plataforma de servicio, solamente faltaba su revestimiento de concreto.

Para las U7 y U8 además de su respectivo revestimiento de concreto, se tuvo que alcanzar el nivel de la plataforma de servicio por medio de un relleno compactado. (Figs. V.7.1, V.7.2 y V.7.3).

La altura total de las lumbreras es de 140 m aproximadamente.

Se verificaba que las condiciones de trabajo fueran las adecuadas: seguridad, iluminación y equipo de protección.

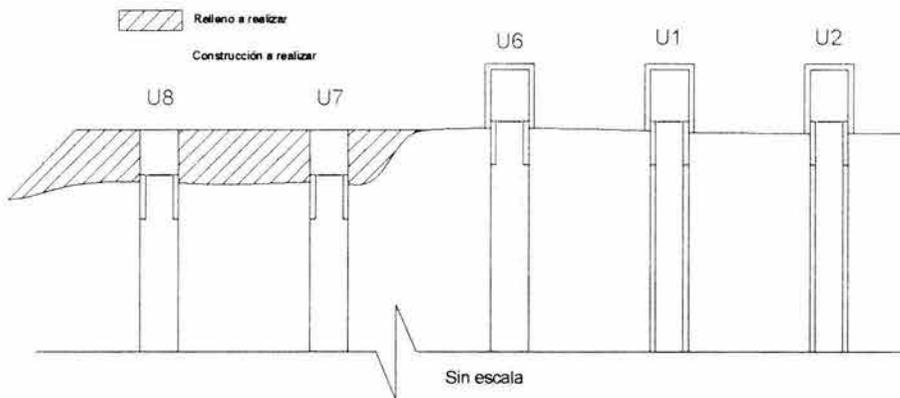


Fig. 5.7.1 Corte Longitudinal por el eje de las lumbreras.

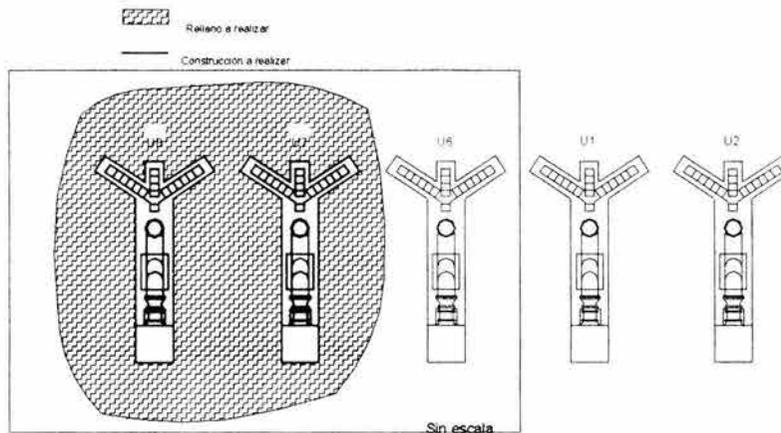


Fig. 5.7.2 Vista en planta de la plataforma de lumbreras por construir en la 2ª Etapa.

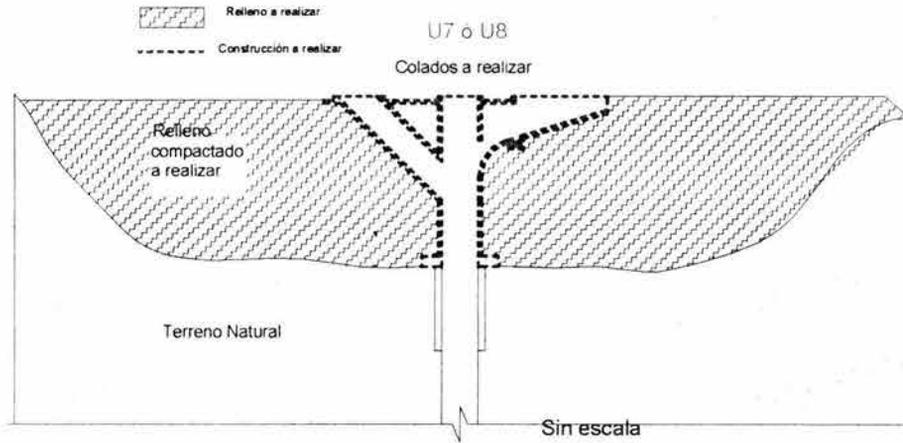


Fig. 5.7.3 Corte Transversal por el eje de la U7 ó U8.

Se retiraron las cercas que se encontraban en el área próxima a la construcción. (Fig. 5.7.4).

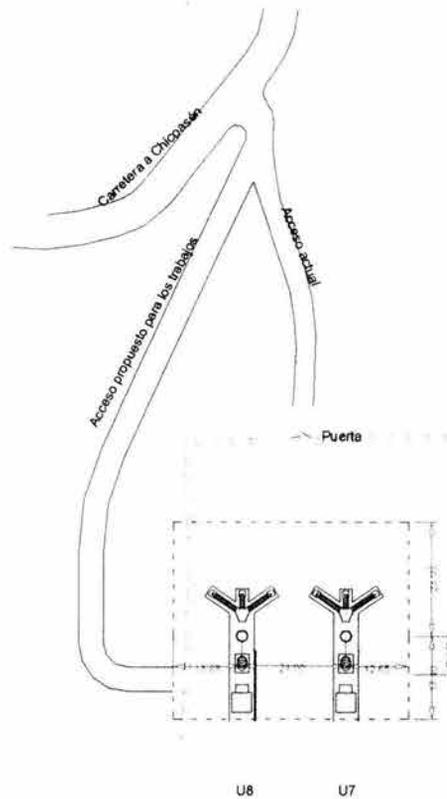


Fig. 5.7.4 Acceso al Área de Trabajo.

V.7.2 Trabajos en Adicionales en la Lumbrera de la U7.

En la lumbrera de la U7 se encontró un socavón en la roca tal como se muestra en la figura 5.7.5, para resolver el problema se realizó el siguiente trabajo.

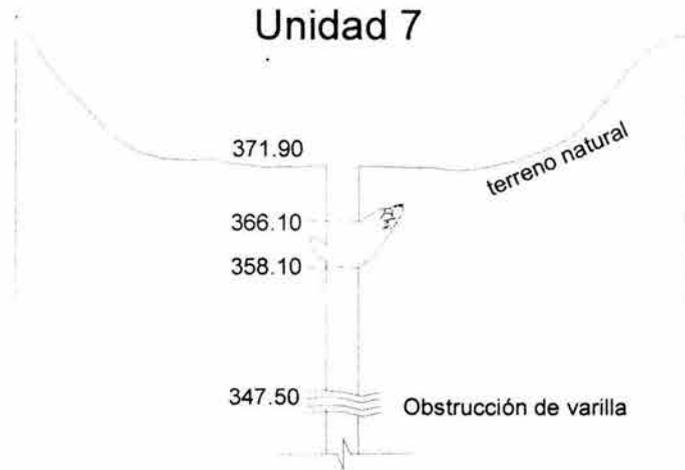


Fig. 5.7.5 Socavón encontrado en la lumbrera de la U7.

a.- Sobre la superficie en la zona de depresión, se retiró una capa de material existente del orden de 20 cm de espesor con la finalidad de colocar a gravedad lechada agua-cemento.

b.- Se saturó el material existente con agua de forma tal que por la parte inferior del relleno se presentara goteo.

c.- Saturado el relleno existente, se procedió a inyectar por gravedad toda la superficie con una lechada de cemento para tratar de aglutinar los fragmentos de roca que conforman el relleno, continuando la inyección hasta que se observó por la parte inferior del relleno un goteo de lechada. Se dejó reposar la primera lechada inyectada el tiempo necesario, de forma tal, que al repetir una segunda inyección de lechada, la primera no se disolviera con la segunda lechada y de igual forma, se suspendió la segunda inyección una vez que se observó el goteo. Se repitió el procedimiento de inyección por gravedad tantas veces hasta que ya no se presentó un goteo por la parte inferior del relleno. Después de la última inyección se dejó reposar dos días para garantizar la resistencia del material aglutinado.

d.- Una vez verificado a través de los volúmenes de lechada inyectada por gravedad, así como visualmente el aglutinamiento del relleno, se procedió a colocar la plataforma de obturamiento temporal y de trabajo sobre la lumbrera, para tal efecto, se utilizaron perfiles metálicos como soporte de la placa de acero (andamio), sujetos con anclas cortas a la roca.

e.- Como refuerzo adicional a la seguridad, después de haber habilitado la plataforma, se procedió a colocar en la parte inferior del relleno aglutinado una membrana de concreto lanzado de 10 cm de espesor.

f.- Efectuada la membrana de concreto lanzado, fue necesario realizar sobre las cavidades una campaña de amacice, es decir, desprender todo material flojo o suelto, después del retiro de material se observó que aún existía la posibilidad de desprendimientos, por lo que entonces se colocó sobre la superficie un recubrimiento de concreto lanzado de 5 cm de espesor.

g.- Realizadas todas las maniobras de seguridad, tanto en exterior como al interior de la lumbrera, se colocaron 12 anclas de fricción de 1" de diámetro. Se colocó el anclaje en la sección ascendente de 30° respecto a la horizontal, para que una parte del trabajo de las anclas fuera de tensión, que complementada con la fricción y cortante que le proporcionaron los colados 1 y 2, éstos fueron el apoyo para los colados subsecuentes.

h.- Terminados los anclajes, se colocó la cimbra y se realizó el colado 1, cuando el concreto del colado 1 tuvo una resistencia del 50 % se retiró la cimbra, se ejecutaron los preparativos para cimbrar el colado 2, realizado el colado 2 cuando el colado 1 tenía una resistencia igual a la resistencia de diseño. Es importante señalar que para poder continuar con los colados siguientes la resistencia del colado 2 fue igual a la resistencia de diseño.

i.- Los siguientes colados se ejecutaron de acuerdo a las alturas que se indicaron en el plano, donde cada colado conformó una sección de 2,40 m de diámetro. Entre cada colado se dejó fraguar el concreto hasta lograr una resistencia como mínimo al 75 % de la resistencia de diseño. Se recomendó no realizar colados mayores a 2,00 m de altura.

j.- Una vez transcurridas 12 horas de haber terminado el colado 4, se ejecutó el barreno de 4" desde la superficie del relleno aglutinado, con el objeto de utilizarlo como conducto de acceso para los concretos de relleno por gravedad que conformaron los colados 5, 6, 7 y 8.

k.- Posterior al barreno, se ejecutó el colado 5 de acuerdo al mismo procedimiento indicado en el paso IX para los colados inferiores.

l.- A través del barreno y evitando la segregación del concreto, se ejecutaron los colados 5, 6, 7 y 8, el barreno en toda su longitud quedaba limpio después de cada colado, excepto en el colado 8, donde dicho barreno se rellenó con el mismo concreto del colado 8. Es importante mencionar que los concretos al introducirse por el barreno se les agregó un superfluidificante para poder dar los niveles de los colados por gravedad.

m.- Terminado el colado 8, con su tiempo respectivo de fraguado para tener el 75 % de la resistencia de diseño, se comenzó con los trabajos de recubrimiento interior de la lumbrera procediendo a retirar el acero de refuerzo que no servía así como los escombros de caídos.

V.7.3 Fabricación y Montaje del Molde (Cimbra Deslizante).

Toda la cimbra se construyó de manera que resistiera las acciones a la que pudiera estar sujeta durante la construcción, incluyendo las fuerzas causadas por la compactación y vibrado del concreto, así como viento, sobrecarga de materiales y personal.

Estuvo ligada para evitar movimientos bruscos y no crear deformaciones.

En su geometría se incluyeron los desplomes requeridos para facilitar el deslizado del molde.

Inmediatamente antes del colado se limpiaron los moldes cuidadosamente.

Se curaron los moldes para protegerlos y facilitar el despegue de la cimbra deslizante así como la protección de la misma.

Para la rigidización de la cimbra deslizante se colocaron cabrillas (armaduras) metálicas de ángulo de tal manera que evitara la deformación.

Para la elevación de la cimbra deslizante se usó el sistema de gatos neumáticos.

Posterior al montaje del molde (cimbra deslizante) se montaron las horquetas, yugos superior e inferior, plataformas superior exterior e interior, andador colgante exterior e interior así como la instalación eléctrica.

Los medios de sujeción o rigidización temporales, el equipo de izaje, los apoyos provisionales, etc., se diseñaron para las fuerzas que pudieran presentarse durante el montaje, incluyendo los efectos del sismo y viento, así como de las posibles deformaciones durante estas operaciones.

Para controlar la elevación de: la cimbra deslizante, elementos ahogados, huecos, acero de refuerzo o cualquier otro elemento se llevó un nivel plenamente identificado en una varilla y era verificado constantemente por la supervisión.

Para la elevación de la cimbra deslizante fue necesario usar varillas de 1" diámetro en tramos de 6 y 3 m de longitud.

Se utilizaron gatos neumáticos durante el deslizado: 4 piezas por lumbrera con una capacidad de 3 ton por gato.

Se verificó en campo la alineación de las cabrillas antes del inicio al deslizado. (Cabrillas = soporte del gato neumático).

El funcionamiento de las plataformas superiores, las cuales permitieron al trabajador realizar sus actividades con más comodidad y mayor seguridad, se verificaron en campo; así mismo las plataformas colgantes tanto exterior como interior.

Se verificaron en campo las condiciones de los equipos que fueron utilizados durante el deslizado a satisfacción de la supervisión.

El trabajo de habilitado y colocación de acero de refuerzo se realizó a toda la lumbrera para que el colado fuera continuo.

Antes de colar se comprobó que todo el acero fuera colocado en su sitio de acuerdo con los planos estructurales y que se encontraba correctamente sujeto.

V.7.4 Trabajos para Fabricación y Colocación del Concreto en el Sitio.

Se revistieron las lumbreras de concreto reforzado con el sistema de cimbra deslizando.

Los colados comenzaron desde la parte inferior por la Galería de Transformadores y posteriormente se realizaron desde la parte superior por la Plataforma de Lumbreras.

Se utilizó un diseño de mezcla de concreto para una olla revolvedora de un saco de cemento.

En la temporada de lluvias, para evitar la saturación de humedad en los agregados, éstos se taparon con una lona cuando no se utilizaban.

V.7.4.1 Suministro de Concreto.

Se llenaba la bacha – plataforma en la parte superior de la lumbrera para bajar junto con el personal que colocaba el concreto y que lo realizaba por capas en forma circular. (Figl 5.7.6).

El concreto se colocaba con el sistema de colado continuo de la siguiente manera: en la primera etapa 3.5 m³ para el llenado del molde en un tiempo de 1 hr. Posteriormente se suministraron 0.30 m³ por hora promedio durante los 26 días que duraron los colados en cada una de las lumbreras.

Se aseguró que la colocación y compactación del concreto fuera uniforme para evitar la formación de huecos.

El revenimiento fue el mínimo requerido para que el concreto fluyera a través de las barras de refuerzo o para que pueda ser bombeado en su caso, así como para lograr un aspecto satisfactorio.

El curado del proceso de deslizado se realizó con rodillo y curacreto, conforme se subía la cimbra para el siguiente tramo de colado.

Una vez que se terminó el deslizado, se sujetó el molde en 4 partes con amarres de alambón contra las varillas del muro para así poder retirarlo por partes.

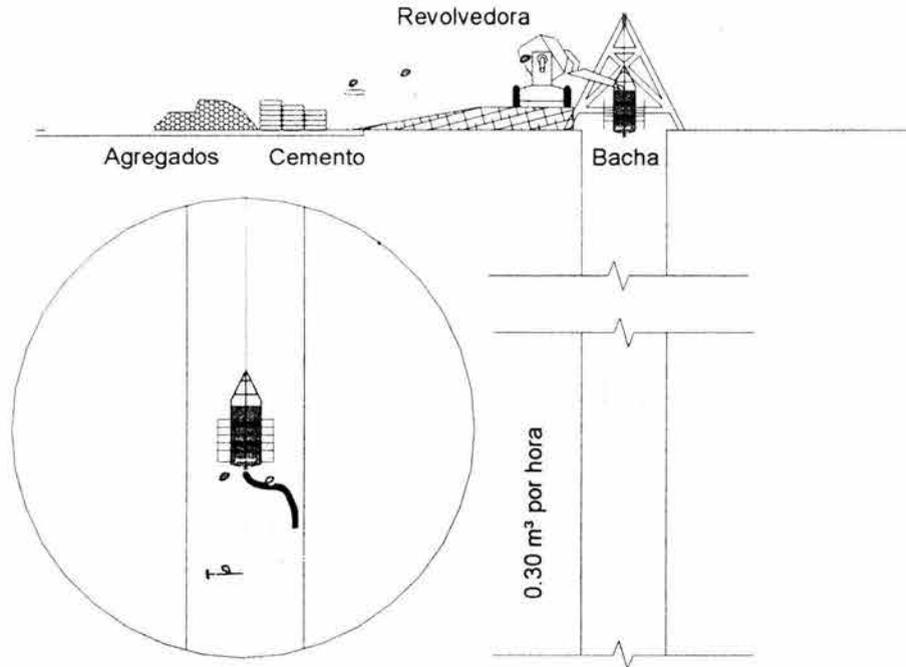


Fig. 5.7.6 Colocación del Concreto dentro de las Lumbreras por medio por el Método de Deslizado.

V.7.4.2 Juntas Constructivas.

Al ser colados continuos de lunes a sábado las 24 hrs., las juntas constructivas se preparaban los días sábados para reiniciar el día lunes siguiente.

Antes de iniciar el colado, las superficies de contacto se limpiaban y saturaban con agua. Se tomó especial cuidado en todas las juntas en lo que respecta a su limpieza y a la remoción de material suelto o poco compactado posteriormente se aplicaba una lechada de cemento para tener una liga entre el concreto existente y el nuevo.

V.7.4.3 Limpieza del Área Interior de Lumbreras.

Posterior al deslizado se realizó una limpieza en el área interior de la lumbrera, esto con el fin de retirar cualquier material o elemento que pudiera obstaculizar la colocación de la obra falsa y el acceso a los mismos.

V.7.4.4 Plataforma Provisional para la Obra Falsa.

Se hizo una plataforma provisional para los trabajos de la obra falsa del armado del molde y se ubicó a una altura la cual permitiría la colocación de andamios lo más

cercano al arranque y evitar una obra falsa desde el nivel de piso, para esta plataforma se dejaron como protecciones durante el deslizado.

V.7.4.5 Plataforma Final.

Terminados los colados de revestimiento de las lumbreras se pusieron los tapones necesarios a las boquillas de las mismas para impedir que callera cualquier objeto y así poder empezar a colocar el material para relleno.

Se hizo una limpieza general para quitar los elementos y materiales inservibles, y también un despalme en la cavidad a un costado de la U8 que sirvió como dren y que posteriormente se realizó un vado.

La compactación se realizó en el sentido longitudinal al eje de las lumbreras. (Fig. 5.7.7).

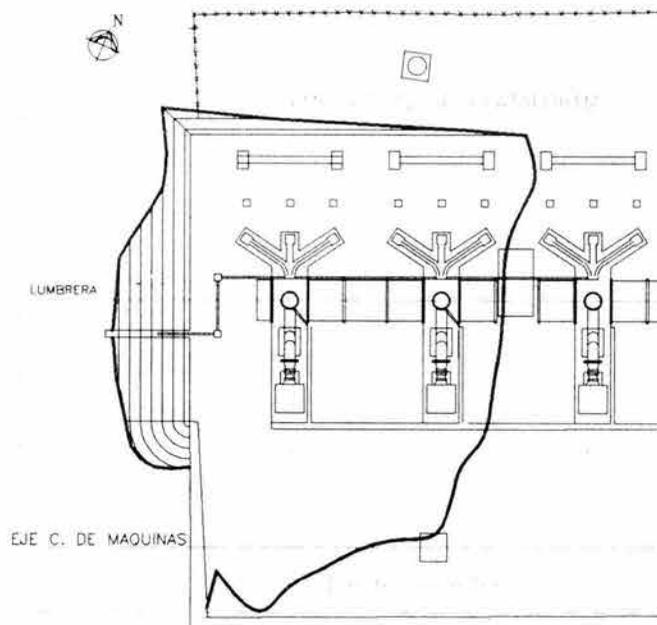


Fig. 5.7.6 Relleno Compactado para Formar la Plataforma Final.

Se colocó el material a compactarse en tres etapas: la primera a la elevación 371.0 m. Llegando a la elevación 371.0 m, se cambió el procedimiento del relleno compactado. (Fig. 5.7.8).

Se procedió con el trazo y nivelaciones para dar las limitaciones correspondientes.

La segunda etapa, se hizo con la finalidad de lograr el relleno compactado hasta la elevación de la plataforma 377,90 y sobre el eje de las casetas para filtros de aire, es decir garantizar esta elevación para poder iniciar la construcción de las dos casetas restantes.

Se inició a colocar el material por capas de 20 a 25 cm hasta alcanzar los niveles indicados. Se dejó el talud con una relación de 1:1.

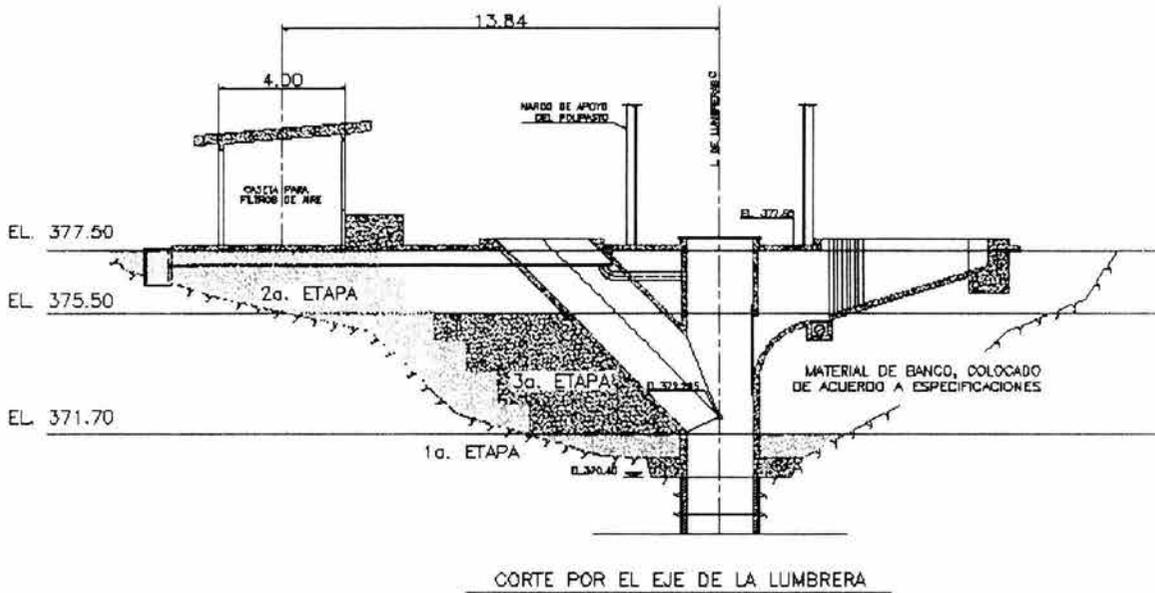


Fig. 5.7.8 Colocación del Relleno en Varias Etapas.

La tercera etapa se consideró como un relleno parcial, esto es paralelo exclusivamente para la U8, de tal manera que se debió rellenar en capas sobre el ancho de 5.24 m hasta la altura de la cimbra y así poder iniciar los trabajos de la bifurcación.

Para esta tercera etapa se realizó con una combinación de dos procedimientos para las U7 y U8. Para la primera se realizó el colado en la bifurcación, usando una contracimbra, posteriormente se rellenó por capas de menor espesor, usando compactadores manuales, pata de elefante y hasta bailarinas para zonas difíciles y así garantizar la compactación. Y para la segunda ya ejecutado el relleno compactado, se excavó haciendo un corte en paralelo a la cimbra, dejando el espacio según proyecto para el acero de refuerzo y espesor del concreto.

V.7.4.5 Obras Exteriores.

Finalmente se realizaron las obras exteriores que son: los apartarrayos, casetas para filtros, pórticos, marcos del polipasto y losas centrales.

CONCLUSIONES

La metodología de un Sistema de Calidad fue una necesidad por ser un requerimiento del cliente con el objetivo de obtener y asegurar los procesos, los productos y el servicio; por este motivo se desarrolló la Implementación y Administración de un Sistema de Calidad, para conseguir el cumplimiento del requisito y por supuesto, la entera Satisfacción del Cliente.

La empresa constructora Implementó y Administró el Sistema de Calidad durante la Construcción de la 2ª Etapa de la Central Hidroeléctrica Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén” correspondiente a la Obra Civil, uno de los proyectos más importantes del país y pionero en este tipo de requerimientos para la Comisión Federal de Electricidad, siendo uno de los grandes retos para todo el personal que colaboró para mantener a la vanguardia los nuevos esquemas que la competencia tanto exige.

Las conclusiones a las que se llegaron con este trabajo fueron las siguientes:

- El Sistema y Administración del Sistema de Calidad, incrementaron la flexibilidad de los cambios que surgieron durante el proyecto: principalmente los procedimientos constructivos,
- En un principio surgieron las No Conformidades del cliente, pero la implementación y administración del sistema, se convirtió en un elemento para que conforme transcurriera el proyecto, la metodología de las disposiciones llevaran a minimizar las inconformidades del cliente, llevando a la satisfacción del cliente y obtener la confianza de los trabajos realizados en la obra civil,
- Por ende se minimizaron las correcciones y retrabajos, además de que siempre se mantuvo la disposición de las acciones correctivas implementadas y así lograr la Mejora Continua,
- Otro factor que ayudó al buen desempeño del sistema de calidad fue el personal que realizó los trabajos directamente en sitio, esto se logró gracias a la buena administración del sistema, al involucramiento y capacitación que el administrador del sistema logró con el personal,
- Cabe señalar que siempre existió el apoyo de la Alta Dirección al Departamento de Calidad, el cual permitió desde el inicio del proyecto el desarrollo de la administración del sistema.

Hay que mencionar que la empresa constructora cuenta con un Sistema de Aseguramiento de Calidad y que después de este proyecto iniciará el camino para buscar la certificación del mismo, después de haber obtenido el fruto de dos objetivos importantes: se consiguió la Satisfacción Final del Cliente y se mejoró la Calidad y Sistematización de los Procesos.

El Sistema de Calidad y su Administración, no puede ser igual para todas las empresas constructoras, se requiere de una previa evaluación para analizar si la manera en que se ha venido trabajando es la adecuada y si la implementación de un sistema de calidad le traerá mejores beneficios, no obstante se debe considerar en la inversión para permanecer en la competencia.

- En cuestión ambiental y debido a la gran importancia que representa el Estado de Chiapas que ocupa el 3er lugar en México en cuanto a la Diversidad Biológica, Ecológica y de Recursos Naturales y que en él se encuentran la mayor cantidad de especies de Flora y Fauna Silvestre, Ecosistemas Terrestres e importantes Sistemas Acuáticos, que sustenta a dos de las más importantes Cuencas Hidrológicas de nuestro País: el Río Grijalva y el Río Usumacinta, se estuvo siempre en vigilancia por las agencias externas ya que la CHMMT tiene influencia en tres de estos elementos ecológicos muy importantes para el País que son:

- Utiliza la Cuenca del Río Grijalva para aportar Energía a la Red Eléctrica Nacional.
- Se encuentra en un área de influencia del Parque Nacional: Cañón del Sumidero.
- Se encuentra ubicado en el Ecosistema de Selva Baja Caducifolia con categoría de importante y vulnerable.

Por tanto, de acuerdo a la estrategia aplicada por medio del Sistema de Administración Ambiental a la Construcción de la 2ª Etapa de la CHMMT para prevenir y disminuir los Impactos Ambientales que se generaron al desarrollar el proyecto y con las principales actividades de: Capacitación, Concientización, Reforestación, Manejo de Residuos Peligrosos y No Peligrosos, se observa la gran mejoría del año 2001 al 2003 como lo muestra la calificación del cliente de acuerdo a las auditorías realizadas para el Seguimiento al Sistema de Administración Ambiental en la Obra Civil.

Calificación de las Auditorías del Cliente al SAA en la Obra Civil:

Sep-2001	47.85 %
Mar-2002	74.44 %
Nov-2002	74.72 %
Abr-2003	77.11 %
Nov-2003	91.53 %

Obteniendo así una felicitación del Cliente a la Obra Civil por la Protección al Ambiente y el gran desarrollo mostrado a lo largo del proyecto.

- El contar con un Laboratorio de Concreto certificado, resultó con grandes beneficios para la colocación del concreto, diseñándose 28 mezclas para ocasiones y resistencias diferentes, además del control de las pruebas realizadas a los materiales y al concreto, obteniendo como resultando una calificación para la Planta de Concreto del 98 % de eficiencia.

- Los problemas que más afectaron al programa y que necesitaron de una atención especial fueron:

- Entrega de Ingeniería Tardía,
- Tiempos Ociosos,
- Bajo Rendimiento del Personal Local,
- Retrabajos,

- No conformidades.

Es por esa razón que para los 88 procedimientos elaborados por la obra civil durante el proyecto, se tuvieron que realizar mejoras durante los procesos, para así obtener un total de 122 actualizaciones y que finalmente ayudaron a recuperar algunos de los tiempos perdidos por las situaciones antes mencionadas.

- Otra de las mejoras que se empezó a realizar fue la transición del Sistema de Calidad de la versión ISO 9000:1994 a la ISO 9000:2000, que gracias al buen desempeño de la administración del sistema se podrá realizar sistemáticamente, planeando los pasos estratégicos para cumplir con los requisitos de la nueva versión ISO 9000-2000.

- La palabra CALIDAD forma parte obligada del quehacer gerencial y de la cultura de cualquier directivo del nuevo milenio. Así como la estructura organizacional ha privilegiado los puestos directivos y los sistemas administrativos de finanzas, de producción y de comercialización, ahora tiene que abrir espacios a los directivos a cargo del Sistema de Administración de la Calidad.

De acuerdo con W. Edwards Deming en cuanto a que: “Lo que no se mide no se mejora”, es necesario saber que es lo que se quiere mejorar y para eso es necesario tener una administración sistemática y personal, donde se requiere aceptar la responsabilidad de que la organización tiene un impacto ante la sociedad de acuerdo a sus labores. Se necesitan afinar los sentidos para permanecer alerta a cualquier problema que ponga en riesgo al desarrollo de los procesos o servicios que se prestan, debiéndose permanecer en contacto con la realidad reconociendo en dónde se está, a dónde se va y de dónde viene para finalmente obtener el tan ansiado reconocimiento de que en el proyecto se ganó tanto económica, social, cultural, política, empresarial y personalmente con alta calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Norma ISO 9000:1994.
- Norma ISO 9000:2000.
- Norma NMX-CC-003.
- Norma ISO 14000:1996.
- Norma NMX-SAA-001-1998-IMNC.
- Especificaciones de Construcción para la Obra Civil - CH-CHI-EC-98 - de la Comisión Federal de Electricidad.
- Norma NMX-C-083-1997-ONNCCE "Industria de la construcción - Concreto - Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto".
- Norma NMX-C-109-1997-ONNCCE "Industria de la construcción - Concreto - Cabeceo de especímenes cilíndricos".
- Norma NMX-C-122-1982 "Industria de la construcción - Agua para Concreto".
- Norma NMX-C-156-1997-ONNCCE "Industria de la construcción - Concreto - Determinación del revenimiento en el concreto fresco".
- Norma NMX-C-160-1987 "Industria de la construcción - Concreto - Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto".
- Norma NMX-C-161-1997-ONNCCE "Industria de la construcción - Concreto fresco - Muestreo".
- Norma NMX-C-162-ONNCCE-2000 "Industria de la construcción - Concreto - Determinación de la masa unitaria, cálculo del rendimiento y contenido de aire del concreto fresco por el método gravimétrico".
- Normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM), Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C., 1995.
- "Hacia una Calidad más Robusta con ISO 9000:2000", Alfredo Esponda, Panorama Editorial, 2001.
- "Dentro de ISO 14000 La Ventaja Competitiva de la Gestión Ambiental", Don Sayre, Ediciones Castillo, 1999.
- "Diseño y Control de Mezclas de Concreto", Steven H. Kosmatka, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C., 1992.