



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



TRATAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCION DE
LAS ATAGUIAS

DESARROLLO DE UN CASO PRACTICO

QUE EN OPCION A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

GRETEL IVONNE ZAMORA NOVOA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. DANIEL VELAZQUEZ VAZQUEZ

ESTADO DE MEXICO

NOVIEMBRE 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



CFE Una empresa
de clase mundial

Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos
Gerencia de Construcción
Residencia General del P.H. La Yesca

"2009, Año de la Reforma Liberal"



Mesa de Flores, Jal., a 28 de julio de 2009.

OFICIO No.: PAOM-1336/09
EXPEDIENTE No.: RG/C1/39/01/09
ASUNTO: Se comunica autorización de uso de información.

ING. ALFREDO SÁNCHEZ GÓMEZ
DIRECTOR DEL PROYECTO P.H. LA YESCA
CONSTRUCTORA DE PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS (CPH), S.A. DE C.V.
P R E S E N T E.

Me refiero al Contrato No. PIF-010/2007 relativo a la "Ejecución de las obras civiles, obras electromecánicas y obras asociadas, obras que en su conjunto se denominan Proyecto Hidroeléctrico 146 C.H. La Yesca" adjudicado a la empresa Constructora CPH, y en particular, a su comunicado No. PHLY-DIR-CESB-0126/09 fechado el 23 de julio del presente, mediante el cual solicita nuestra autorización para proporcionar información técnica del proyecto que nos ocupa para efectos de elaboración de tesis para titulación como ingeniero civil de un pasante que realiza sus prácticas profesionales en el área civil de su representada.

Al respecto, le comunico que una vez revisada nuestra normatividad interna, la información de referencia no está considerada como confidencial y/o reservada; siempre y cuando se precise e involucre únicamente información técnica sin incluir datos financieros, costos, precios unitarios, ni documentación personal que comprometan a nuestras empresas. Por lo tanto, en apego a la cláusula 29 CONFIDENCIALIDAD, incisos 29.1 Información de las partes y 29.2 Divulgación de la información del Contrato No. PIF-010/2007, la información puede ser proporcionada únicamente para efectos de la titulación referida, conviniendo para ello con el interesado una carta compromiso de uso de información para fines educativos exclusivamente y que la documentación sea revisada con antelación por nuestra Residencia del Sistema de Gestión Integrado para verificar su carácter de documentación técnica.

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente

Ing. Próspero A. Ortega Moreno
Residente General

c.c.p. Ing. J. Ignacio Núñez Rodríguez.- Residente del Sistema de Gestión Integrado del P.H. La Yesca (Lotus Notes).
c.c.p. Ing. Ismael de J. Rojas Vértiz Cuesy.- Residente Técnico del P.H. La Yesca (Lotus Notes).
c.c.p. Expediente-Minutario.
PAOM/jinr*

"Por un uso responsable del papel, las copias de conocimiento de este asunto, son remitidas vía electrónica"

Rayón No. 23, Zona Centro, C.P. 46440, Hostotipaquillo, Jalisco
Tel y Fax (386) 744-54-88, 92, 93 y 744-51-78



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Facultad de Estudios Superiores Aragón

DIRECCIÓN

**GRETEL IVONNE ZAMORA NOVOA
PRESENTE**

En contestación a la solicitud de fecha 9 de septiembre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Dr. DANIEL VELÁZQUEZ VÁZQUEZ, pueda dirigirle el trabajo de titulación "TRATAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS ATAGUÍAS", bajo la opción de "DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Facultad, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

San Juan de Aragón, México, 21 de septiembre de 2009.

EL DIRECTOR

M. en I. GILBERTO GARCÍA SANTAMARÍA GONZÁLEZ

C p Secretaría Académica.
C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Civil.
C p Asesor de Tesis.

GGSG/AIR/vr



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ARAGÓN

JEFATURA DE CARRERA DE
INGENIERÍA CIVIL

OFICIO No. FESAR/JCIC/0337/2009.

ASUNTO: **Sínodo.**

LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS
SECRETARIO ACADÉMICO
P R E S E N T E

Por medio del presente me permito relacionar los nombres de los profesores que sugiero integren el Sínodo del Examen Profesional de la C. ZAMORA NOVOA GRETEL IVONNE, con Número de Cuenta: 40403682-3, con el tema de tesis: "TRATAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA ATAGUÍAS".

PRESIDENTE:	ING. PASCUAL GARCÍA CUEVAS
VOCAL:	DR. DANIEL VELÁZQUEZ VÁZQUEZ
SECRETARIO:	ING. ARTURO MACIAS FERREIRA
SUPLENTE:	ING. RICARDO HERAS CRUZ
SUPLENTE:	M. en I. MARIO SOSA RODRÍGUEZ

Quiero subrayar que el director de tesis es el Dr. Daniel Velázquez Vázquez, el cual está incluido en base a lo que reza el Reglamento de Exámenes Profesionales de esta Facultad.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, Estado de México, 09 de noviembre de 2009.

EL JEFE DE CARRERA


M. en I. MARIO SOSA RODRÍGUEZ.



Recibi On

c.c.p. Lic. Ma. Teresa Luna Sánchez.- Jefa del Departamento de Servicios Escolares.
Ing. José Antonio Dimas Chora.- Secretario Técnico de Ingeniería Civil.
Dr. Daniel Velázquez Vázquez.- Director de Tesis.
Comité de Tesis.

interesada.
MSR/cct*



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
SECRETARÍA ACADÉMICA

M. en I. MARIO SOSA RODRÍGUEZ
Jefe de la Carrera de Ingeniería Civil,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 13 de noviembre del año en curso, por la que se comunica que la alumna GRETTEL IVONNE ZAMORA NOVOA, de la carrera de Ingeniero Civil, ha concluido el trabajo de titulación **"TRATAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS ATAGUÍAS"**, bajo la opción de **"DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO"**, y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 13 de noviembre de 2009.
EL SECRETARIO

Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

C p Asesor de Tesis.
C p Interesado.

AIR/vrj



Agradecimientos

A **Dios** :Por darme vida de terminar y experimentar esta gran carrera, y no dejarme vencer por mas difícil que fuera el obstáculo.

A la **Universidad y mis Profesores**: Por darme la oportunidad de concluir con mis estudios y por el tiempo que todos y cada uno me dedicó. De ante mano agradezco sus enseñanzas.

Al **Dr. Daniel Velázquez Vázquez**: Por haber asesorado este trabajo y sobre todo por todo el apoyo que me dio para el termino del mismo.

Al **Ing. Sergio Macuil, ICA y Fundación ICA**: Por darme la oportunidad de desarrollarme en el ámbito profesional y por que sin ustedes parte de este trabajo no se hubiera realizado.

Al **Ing. Juan Martín Nava Dávila, Ing. Ibou Badji Sane, Ing. Gerardo González Ojeda e Ing. Yuriana Escobedo** por confiar en mi y ayudarme en toda esta experiencia de incursionar en el ámbito profesional, gracias por todos y cada uno de sus consejos, porque este logro en gran parte se los debo a ustedes.

A mis **Padres**: Por darme la vida.

A mi **Mamá**: Solo me resta darte las gracias por aferrarte a nosotros y luchar en la vida y nunca rendirte, por estar al pendiente de mi siempre, por apoyarme en todas y cada una de mis decisiones y por ser parte fundamental de mi vida, por darme la oportunidad de realizarme profesionalmente y por ser la primer persona que creyó en mi para realizar y terminar este proyecto de vida. Se dice que las madres dan todo, pero tu siempre me brindaste un poco más al grado de olvidarte hasta de ti misma. Te amo.

A mis abuelos **Graciela y Magdaleno**: Por criarme y hacerme una persona de bien, por todos y cada uno de sus consejos y sobre todo por brindarme ese gran amor que ustedes tienen.

A mi **Tía Leticia**: Gracias por ser como una madre para mi, sabes que te quiero como tal, porque siempre fuiste la parte que le faltaba a mi vida.

A mi **Familia**: Por cuidarme desde siempre y por estar ahí cada vez que los necesito.

A mis **Hermanos y Hermanas**: Por estar ahí cada día de mi vida, y sobre todo por ser parte de este logro, por la paciencia que mostraron siempre y sus palabras de ánimo cuando lo necesitaba para no rendirme. Los Amo.

A mis **Amigos**: Por estar siempre conmigo y saber que cuento con ustedes en todos y cada uno de los momentos de mi vida



“Tratamiento y control de calidad de los materiales empleados en la construcción de las ataguías”

Introducción	1
Capítulo I.- Antecedentes	
1.1 Características del proyecto	3
1.2 Obras del proyecto	6
1.2.1 Desvío	6
1.2.2 Contención	10
1.2.3 Generación	12
1.2.4 Excedencias	21
1.2.5 Obras asociadas	22
1.3 Características geográficas del sitio	25
1.4 Características geológicas de la región	26
Capítulo II.- Ataguías	
2.1 Materiales usados en la construcción de ataguías	27
2.2 Núcleo impermeable	33
2.3 Explotación y tratamiento de bancos de materiales	36
2.4 Procedimiento constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías.	50
Capítulo III.- Pruebas y Límites de aceptación y rechazo	
3.1 Pruebas de laboratorio para control de calidad de materiales colocados	65
3.1.1 Procedimiento para reducción de muestras al tamaño de prueba	65
3.1.2 Procedimiento para secado y disgregado de una muestra	69
3.1.3 Procedimiento para prueba de granulometría de materiales	72
3.1.4 Procedimiento para pruebas de compactación	91
3.1.5 Procedimiento para determinar el porcentaje de compactación por medio de la realización de calas en material N	111
3.1.6 Procedimiento para la determinación de las calas volumétricas grandes para ataguías	116
3.1.7 Procedimiento para prueba de límites de plasticidad	121
3.1.8 Procedimiento para la obtención de densidad de sólidos	135



3.1.9 Procedimiento para la obtención de gravedad específica, absorción y peso unitario de agregado grueso	149
3.2 Parámetros de liberación de materiales con respecto a especificaciones técnicas del proyecto	161
Conclusiones	172
Bibliografía	174
Anexos y planos	



Introducción

El beneficio de un proyecto hidroeléctrico es la energía eléctrica, la misma que puede apoyar el desarrollo económico y mejorar la calidad de la vida en el área servida. Los proyectos hidroeléctricos requieren mucha mano de obra y estos a su vez ofrecen oportunidades de empleo.

El Proyecto Hidroeléctrico de la Yesca es del grupo de proyectos que para fines de generación eléctrica pretende aprovechar en forma íntegra la cuenca del Río Santiago. El proyecto contempla la construcción de una presa de 210 m de altura para regular los escurrimientos del Río Santiago y Bolaños mediante la formación de un vaso de almacenamiento que permitirá la generación hidroeléctrica.

Las obras principales que conforman este proyecto son:

- Obra de desvío
- Obra de contención
- Obra de generación
- Obra de excedencias
- Obras asociadas

Este caso práctico presenta en particular el tratamiento y control de calidad de los materiales empleados en la construcción de las ataguías que a su vez son el complemento de las obras de desvío.

Es importante mencionar que para obtener las condiciones adecuadas para el desplante de las obras de contención, consistente en mantener seca dicha zona, fue conveniente realizar la construcción de las ataguías antes del período de lluvias.

Se le da el nombre de ataguía a una estructura, generalmente temporal que sirve para contener o desviar las aguas de un espacio donde se vaya a construir determinada obra; son terraplenes formados con materiales graduados con un corazón o núcleo impermeable. Estas son muy empleadas durante la construcción de pilas de puentes, muelles, presas, etc.

Se realizaron dos ataguías, diseñadas y construidas con materiales graduados. El núcleo impermeable de ambas ataguías (una a cada lado de la cortina) debe de estar ligado a una pantalla impermeable construida sobre aluvión, hasta la roca sana del fondo del cause del río para evitar filtraciones hacia la zona de construcción de la cortina.

Para la selección y distribución de los materiales que se han de utilizar se debe de tomar en cuenta: distancia de acarreo, operaciones de extracción y tratamiento de los materiales con la finalidad de que estos sean aprovechables. Los materiales que se utilizan para su construcción, son de las regiones más cercanas debido al tiempo y costo.

La fuente de suministro de materiales fue el producto de las excavaciones de las estructuras, entre ellas portales de los túneles de desvío, portal y túnel de desfogue, plinto y vertedor de excedencias. Así mismo el núcleo impermeable se obtiene de diferentes bancos a los cuales se les realiza estudios y si estos son aprovechables se explotan para después poderles dar el tratamiento adecuado para la colocación en la zona de las ataguías.

También se realizó la extracción de aluvión del Río Santiago y Bolaños y de diferentes bancos de aluvión para su posterior procesamiento.

Una consideración importante que se tuvo fue la de almacenar en forma previa la mayor parte de los volúmenes requeridos, estas actividades de almacenar los materiales se realiza antes del desvío del río.

En cuestión del control de calidad de los materiales para la construcción de las ataguías se deberá de tomar en cuenta las especificaciones del proyecto, ya que estas definirán las pruebas que se realizarán, dichas pruebas pueden ser de campo o de laboratorio.



Las pruebas de laboratorio deben asegurar el cumplimiento de estas especificaciones y todas las normas aplicables, incluyendo actividades de muestreo, ensayos de propiedades índice, clasificación, compactación, resistencia, compresibilidad y permeabilidad con muestras tomadas de cualquier material de las ataguías, así como pruebas de campo para comprobar que se estén alcanzando las propiedades especificadas.

Los materiales que no cumplan como aprovechables, así como los colocados en la zona de las ataguías que no cumplan con dichas especificaciones se desecharán en los bancos de desperdicio.

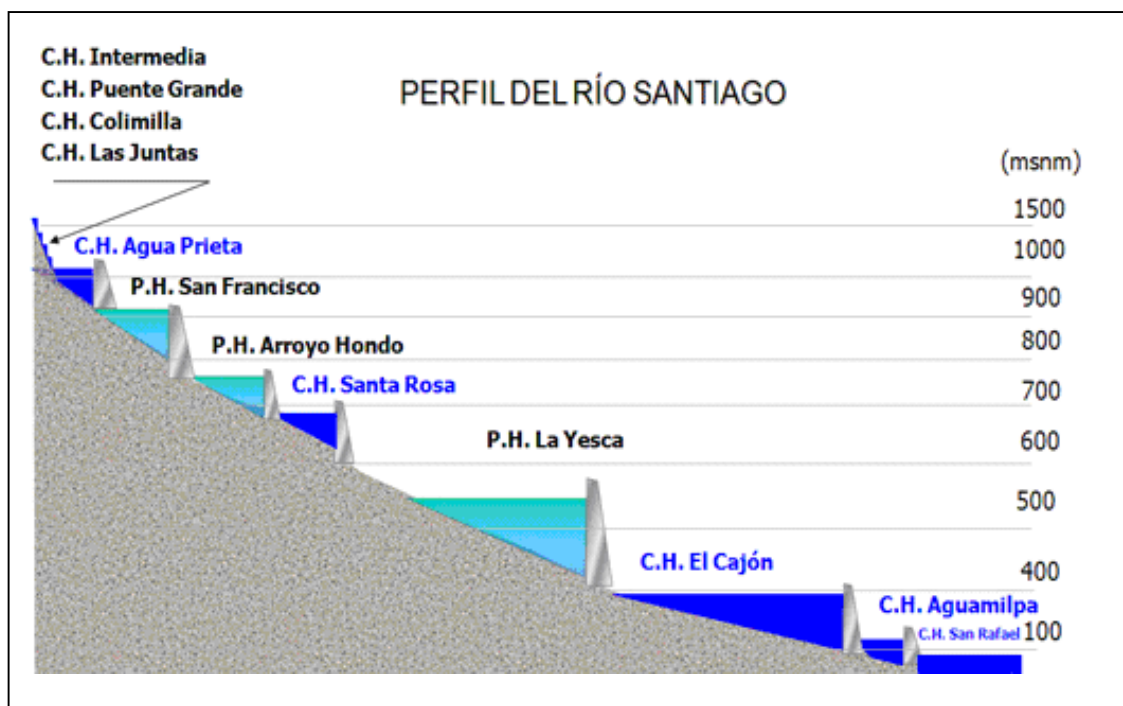


Capítulo I Antecedentes

1.1 Características del proyecto

La Yesca es del grupo de proyectos que para fines de generación hidroeléctrica, pretenden aprovechar en forma integral la cuenca del Río Santiago, entre ellos se encuentran, Santa Rosa, El Cajón y Aguamilpa.

El proyecto contempla la construcción de una presa de 210 m de altura para regular los escurrimientos del Río Santiago y Bolaños mediante la formación de un vaso de almacenamiento que permitirá la generación hidroeléctrica en la Yesca, El Cajón y Aguamilpa. Este efecto conocido como generación en cascada en vasos ya construidos logra algunas ganancias de energía con respecto al trabajo como hidroeléctrica aislada.



A pesar de la altura de la cortina, en su tipo la mas alta del mundo, el P.H. La Yesca involucra mínimas afectaciones, la superficie inundable (área de embalse) asciende a 3492 Ha y los habitantes afectables suman 64.

Naturaleza del proyecto

Consiste de un aprovechamiento hidroeléctrico convencional, donde la obra de contención o cortina permite almacenar el agua y su energía potencial durante la temporada de lluvias para producir electricidad todo el año, mediante el paso de agua y su ahora energía cinética por la obra de generación.

El P.H. La Yesca forma parte del sistema hidrológico del Río Santiago que comprende una serie de proyectos con un potencial hidroeléctrico de 4300 MW, La Yesca ocupa el tercer lugar en potencia y generación dentro del sistema y esta conceptualizado como planta de generación para picos de consumo de energía eléctrica, con una potencia total instalada de 750 MW con dos unidades generadoras para una generación total anual de 1210 GWh. Su embalse contribuirá a regular los escurrimientos de su cuenca y beneficiara a la central Aguamilpa y El Cajón.



Justificación y objetivos del proyecto

Es un hecho que la hidroeléctrica ha disminuido su participación en los años recientes, como fuente de energía en nuestro país, aportando para el 2001 tan solo el 26% al funcionamiento del Sistema Eléctrico Nacional, lo que en 1981 correspondía al 37.6%. Algunas de las ventajas que presentan este tipo de centrales generadoras como la P.H. La Yesca son:

Contribuir eficientemente para satisfacer la demanda de electricidad en las horas de mayor demanda (cuatro horas al día en promedio), dada su facilidad de entrar y salir de operación en tan solo unos pocos minutos, además, cubren eficientemente las fallas de centrales termoeléctricas, evitando interrupciones de energía en el sistema, lo cual provocaría grandes pérdidas económicas en el país.

Disminuyen sustancialmente los costos de operación del sistema eléctrico ya que no consumen combustibles fósiles, los cuales son la base para la operación de centrales térmicas.

Tienen una participación muy destacada en la regulación del sistema eléctrico ya que pueden utilizarse como condensadores sincrónicos, regulando los efectos desfavorables del flujo de energía en las líneas de transmisión.

Conceptualmente, representan grandes acumuladores al almacenar la energía potencial del agua mediante sus embalses; así se puede adecuar su operación a las necesidades diarias, semanales o mensuales para satisfacer las demandas de los diferentes usuarios.

Evita que el sistema eléctrico dependa excesivamente de los hidrocarburos, utilizados por la mayoría de las centrales térmicas.

La incorporación de la energía generada en esta central a las líneas de transmisión existentes en la zona requiere una baja inversión.

Al regular las avenidas de los ríos Bolaños y Santiago, su embalse beneficiará a la central Aguamilpa y El Cajón, lo que incrementará su generación firme y se reducirá las probabilidades de derrama por el vertedor.

El proyecto aportará al sistema eléctrico nacional 750 MW de potencia y se producirán 1210 millones de kWh anuales, en ese sentido es muy importante considerar las fuentes de generación del Sector Eléctrico Nacional, pues es imprescindible diversificarlas, ya que actualmente el 74% de la potencia instalada para la generación eléctrica del país es con base a derivados de petróleo, en este caso, sustituir la generación hidroeléctrica de los 1210 millones de kWh del PH La Yesca, mediante otra fuente de generación de energía eléctrica como una central térmica, representaría el consumo de 2 063 000 barriles anuales de combustóleo.

Otros beneficios que acarreará el proyecto son entre los de mayor importancia la creación de más de 5 100 empleos directos e indirectos con la importante derrama económica en la región; el embalse podrá utilizarse como vía fluvial; el camino de acceso al proyecto sobre el Río Santiago permitirá la comunicación con la zona serrana del Estado de Nayarit; además el embalse se adicionará a las regulaciones y control del Río Santiago, aumentando la generación firme en las centrales hidroeléctricas Aguamilpa y El Cajón.

Objetivos

El desarrollo del P.H. La Yesca permitirá cumplir con:

Atender la directriz en materia de energía establecida en el Plan de Desarrollo, que señala un aumento en las inversiones para generar electricidad a fin de satisfacer la demanda nacional, de manera que las actividades económica y social no se vean afectadas por limitaciones en la oferta.

Apoyar la expansión del sector conforme se expresa en el Programa de Obras del Sector Eléctrico.

Contribuir a la diversificación de las fuentes de generación de energía eléctrica en el país.

Continuar con el aprovechamiento del potencial hidroeléctrico del Río Santiago desarrollando proyectos en forma de cascada que permitan regular el escurrimiento del río y la transformación de la energía potencial del agua almacenada en energía eléctrica.

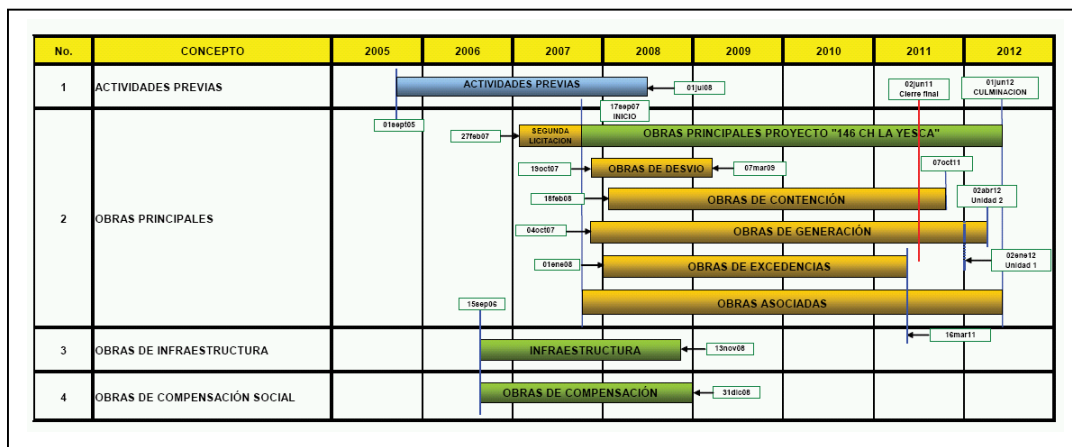


Obtener los beneficios del aprovechamiento hidroeléctrico del Río Santiago con el menor impacto ambiental.

Características particulares

Se trata de un proyecto conformado por distintas obras para generar electricidad. Las obras principales son: obras de infraestructura (caminos y campamentos), obras de desvío del río (túneles y ataguías), obras de contención para contener el embalse (cortina), obras de excedencias para la derrama de agua en caso de avenidas extraordinarias (vertedor) y obras de generación de energía (obra de toma, casa de máquinas, desfogue y subestación eléctrica). Las obras principales están relacionadas entre sí tanto en la construcción como en la operación, durante la construcción como en la operación, durante la construcción se desarrollan vialidades o caminos provisionales, así como la vialidad definitiva para la operación de la central hidroeléctrica.

Programa general de trabajo



Descripción de obras y actividades principales

Al PH La Yesca lo integran las obras principales que se indican en la tabla siguiente:

Nº	Concepto	Descripción
a)	Número de unidades	2 turbinas tipo Francis vertical.
b)	Capacidad por unidad	375 MW cada una.
c)	Superficie de embalse	3492 ha.
d)	Capacidad del embalse	
	NAME	2393 mm ³
	NAMO	2293 mm ³
	NAMINO	901 mm ³
e)	Tipo de cortina	Enrocamiento con cara de concreto (ECC).
f)	Superficie para estructuras	
	Contención	18 ha.
	Generación	3.5 ha.
	Excedencias	7.5 ha.
	Desvíos	3.5 ha.
g)	Obras de generación	
	Obra de toma	En rampa y canal a cielo abierto con 0.353 mm ³ de excavación.



	Tuberías a presión	2 de 7.50 m de ϕ con camisa metálica, longitud de 193.3 m y carga bruta de diseño de 180 m.
	Casa de máquinas	Subterránea de 22.2 x 48.3 x 95 m.
	Subestación de potencia	Blindada con dispositivo SF ₆ .
	Galería de oscilación	Subterránea de 15 m de ancho, 51 m de altura y 60 m longitud.
h)	Obra de excedencias	3 túneles de sección arco recortado de 13 x 15 m y longitud total de 1740 m; capacidad de descarga de 14264 m ³ /seg. con seis compuertas radiales de 13.50 x 20 m.
i)	Obra de desvío	
	Túneles de desvío	2 túneles de sección portal de 14 x 14 m y longitud total de 1547 m; capacidad de descarga de 4828 m ³ /seg.
	Ataguías	De materiales graduados ambas, aguas arriba y aguas abajo.
j)	Desfogue	Túnel de sección portal de 13.5 x 13.8 m y 271 m de longitud.
k)	Nuevos poblados	Se tiene previsto un sitio para reacomodos, localizado en la misma superficie habitacional del plano de ocupación de obras.

Planta de tratamiento de aguas residuales

Para el tratamiento de este tipo de aguas se construirá un conjunto de sistemas de tratamiento, los cuales se desarrollarán considerando la expectativa de crecimiento de la población.

Los sistemas consistirán de un tanque de sedimentación calculado para un tiempo mínimo de retención de 8 h. de este el agua pasará a través de un lecho de raíces para oxidar la materia orgánica; las dimensiones del lecho serán calculadas de acuerdo con la metodología propuesta. Para el diseño también se considerará que existirán dos tipos de drenajes en las instalaciones: uno captará el agua de las precipitaciones y la encauzará a los drenes naturales y otro recogerá el agua residual doméstica para producirla a los sistemas de tratamientos.

Sitios para la disposición de residuos

En las proximidades del proyecto no existen sitios para confinar desechos sólidos municipales. Por lo anterior, se tiene considerado construir un relleno sanitario para el confinamiento de los desechos sólidos municipales generados en el área de la obra y sus instalaciones. La selección del sitio, diseño, construcción y operación del relleno sanitario (proyecto asociado) se realizará conforme a lo estipulado.

1.2 Obras del proyecto

1.2.1 Obras de Desvío

Túneles de desvío

Excavaciones y/o cortes

Las obras de desvío, además de las ataguías, están construidas por dos túneles subterráneos en un macizo rocoso, por lo cual el método de excavación usado es a base de explosivos.

De acuerdo con el programa general de construcción, los túneles de desvío deben excavarse en 10 meses, lo que implica efectuar su excavación a través de 9 frentes de manera simultánea.

La barrenación para excavaciones se realiza con jumbos electrohidráulicos de tres perforadoras, distribuidos de la siguiente manera: dos atacando por los dos frentes de acceso, tres distribuidos en el túnel crucero y ramificaciones de este hacia los extremos (entrada y salida), y dos jumbos atacando por la salida de los túneles.



Debido a las condiciones de fracturamiento de la roca del macizo rocoso y a la dimensión de los túneles, estos se excavan en tres etapas:

Excavación de una sección piloto de la bóveda por la mitad izquierda o derecha de cada uno de los túneles.

Excavación de la sección ampliación de dicha bóveda (estas dos secciones se ejecutan de manera alternada con un desfase entre una etapa y otra de 30-35 m). Una excavación de banqueo.



Túneles de desvío del P.H. La Yesca

Ataguías

Construcción

Como parte de las obras de desvío se construyen las ataguías aguas arriba y aguas abajo. Son terraplenes formados con materiales graduados con un corazón o núcleo impermeable. La ataguía de aguas abajo se conforman además, de una pantalla flexoimpermeable de 60 cm. de ancho para ligar dicho núcleo con la roca bajo el material permeable existente en el lecho del río. La construcción de ambas ataguías permite el encauzamiento del río por los túneles de desvío; el espacio entre ambas estructuras queda aislado, permitiendo la construcción de la cortina.

Previamente a la colocación de los materiales, se efectúa la limpieza de las laderas retirando la vegetación y el material suelto hasta encontrar la roca sana, que sirve de apoyo para el confinamiento de los materiales. En el cause del río solo se retira una capa de material superficial, ya que el manto aluvial existente sirve para el desplante de los materiales que conforman el cuerpo de las ataguías. Paralelamente a estas actividades se construyen los caminos de acceso a las diferentes elevaciones hasta el coronamiento, partiendo de un camino principal.

Con suficiente anticipación a la colocación de los materiales, se cuenta con ciertos volúmenes de los distintos materiales almacenados y tratados; quiere decir que para esto ya fueron acondicionados los bancos de préstamo y que están en condiciones de producción continua. Se inicia la colocación de los materiales de acuerdo a la zonificación marcada en el proyecto, controladas y verificadas mediante trazos topográficos.

Los materiales son cargados y transportados de los almacenes o bancos de préstamo.

Para la construcción de la ataguía de aguas arriba se tienen consideradas dos etapas, la primera a la elevación 395 y la final hasta la elevación 412; la ataguía de aguas abajo se construirá en una sola etapa hasta la elevación 407 msnm.



Ataguía aguas arriba del P.H. La Yesca

Materiales de las ataguías

Mat.	Zona	Origen	Características	Observaciones
N	Núcleo impermeable	Bancos de arcilla La Haciendita	Arena arcillosa con fracción fina de alta plasticidad	Colocado y compactado en capas de 25 cm. de espesor con RVA tipo DYNAMAC
2	Filtros	Bancos de aluvión	Aluvión cribado de diam. <3"	Colocado y compactado en capas de 30 cm. con dos pasadas de RLV de 5 t.
3B	Preataguía	Excavaciones del desvío	Granulometría cribada con grandes bloques para el cierre de las preataguías	Colocado a fondo perdido los taludes exteriores se cubren con rezaga sucia colocada a volteo y con más de 20% de finos.
3C	Contra ataguía	Excavaciones del desvío	Granulometría cribada con grandes bloques para el cierre de las contra ataguías	Colocado a fondo perdido hasta el nivel del agua o a volteo.
3D	Relleno entre preataguías y contraataguías	Bancos de aluvión	Aluvión en greña diam $\leq 15''$	Colocado a fondo perdido hasta el nivel del agua y tendido en capas de 30 cm.
3F	Respaldos	Excavaciones del	Enrocamiento bien	Colocado y



		desvío	graduado diam <40 cm.	compactado con 4 pasadas de RLV de 10 t en capas de 80 cm.
4	Enrocamiento de protección	Excavaciones y banco de roca	Fragmentos de diámetro >40 cm.	Colocado y bandeado en capas de 1.2 m con tractor D-8 o similar

Pantalla impermeable en las ataguías

La pantalla impermeable de la ataguía de aguas abajo, tiene como finalidad construir una barrera que evite las filtraciones procedentes del Río Santiago a través del aluvión localizado bajo el cuerpo de la ataguía durante la operación de los túneles de desvío.

La pantalla debe de ser impermeable, continua y empotrada en la roca. Para reducir las filtraciones a través de la primera se aplicará un tratamiento mediante inyecciones en la roca bajo la pantalla de concreto.



Pantalla impermeable del P.H. La Yesca

Alineación de la pantalla

Se trabaja a partir de una plataforma localizada en la elevación 395 msnm, nivelada para lograr el alineamiento de la pantalla durante su construcción y garantizar la continuidad y uniformidad de la misma.

Se construyen brocales de concreto armado a todo lo largo de la pantalla que sirven de guía al equipo de excavación. Los brocales se colocan hasta una profundidad de 1.0 m con la separación adecuada para introducir el equipo de excavación. Sobre los brocales de concreto se marca topográficamente la posición geométrica de los paneles de la pantalla, barrenos de inyección, barrenos adicionales, etc.

Concluyendo con la construcción de la pantalla se remueven los brocales de concreto.



1.2.2 Obras de Contención

Las obras de contención tienen la función de contener y embalsar el agua de la presa para la generación de energía eléctrica. Sus principales componentes son: presa y pantalla de inyecciones. Para facilitar la descripción de la construcción, a continuación se dividen las obras en: cortina, plinto y cara de concreto. Cortina

Esta estructura es la que proporciona la estabilidad necesaria para contener y embalsar el agua, consta de un pedraplén de materiales graduados provenientes de los bancos de aluviones (material 3B), de las excavaciones de las obras (material T) y la trituración de roca de los bancos (material 4C), con las siguientes cantidades descritas.

Material	Volúmenes (m ³)
1B Material sobre cara de concreto	406 812
2 Apoyo de la cara de concreto	336 019
2F Filtro de protección de junta perimetral	4 923
3B Aluvión en cuerpo de cortina	3 746 121
T Transición	4 010 827
3C Enrocamiento compactado	3 498 725
4 Enrocamiento de protección	166 236
Relleno en cajón de cortina	8 280
Total	12 177 943

La corona de la cortina esta diseñada a la elevación 579 msnm, con una longitud de corona de 571 m y una altura 210 m.

Antes de colocar los materiales primeramente se limpia el cause del río en esa zona. En la colocación se debe observar lo que marca el proyecto en cuanto a las características de los materiales, tales como granulometría y contenido de finos. En compactación se debe cumplir con el procedimiento especificado en lo referente al tipo de equipo de compactación, número de pasadas, secuencia de colocación de materiales en la frontera de ellos, desnivel máximo autorizado entre un material y el adyacente, taludes de colocación, taludes definitivos, y en general con la geometría indicada en el proyecto. El terraplén se construye en varias etapas con la finalidad de dar condiciones para el colado de la cara de concreto.



Colocación de material en la cortina del P.H. La Yesca



Plinto

Es una estructura de concreto armado, anclada a la roca con una longitud de 1 000 m, y tiene como finalidad dar apoyo a la cara de concreto y servir como plataforma para la inyección de la masa de roca subyacente y así formar la continuación del plano de estanqueidad en esa zona.

La unión de plinto-cara de concreto se logra con una junta perimetral de cobre.

Cara de concreto

Es una estructura de concreto armado, de espesor variable, apoyada en el plinto y en la cortina, tiene un área aproximada de 110 000 m² y un volumen de concreto de 63 030 m³. Por su magnitud se cuela por etapas, en tramos de 15 m de ancho, la continuidad se logra por medio de juntas de construcción de cobre y PVC.

Construcción

Una vez desviado el Río Santiago de la zona de desplantes de la presa (recinto) por medio de las ataguías y los túneles, se procede a efectuar las siguientes actividades principales:

Colocación de materiales en la cortina

Una vez extraídos y procesados los materiales de enrocamiento necesarios para la construcción de la cortina, se acarrearán al sitio de su colocación, extendiéndose y compactándose en las capas, espesores y número de pasadas.

Construcción de la cara de concreto

El colado de la cara de concreto se realiza utilizando una cimbra deslizante en secciones de 15 m de ancho. La velocidad de la cimbra es del orden de 3 m por hora. Esta cimbra va montada sobre rieles y funciona utilizando gatos hidráulicos y castañas, las cuales permiten el movimiento de la cimbra con los gatos hidráulicos y sujetan la cimbra cuando se retraen dichos gatos.



Plinto del P.H. La Yesca



Junta perimetral tipo 1.- Se localiza entre el plinto y la cara de concreto. El diseño de la junta es el resultado del análisis del comportamiento de estructuras similares y de ensayos efectuados en laboratorio, la componen: un sello de cobre, una banda de PVC, un sello PVC y un material fino que puede ser ceniza volante (producto de la combustión de carbón).

Juntas verticales.- Se localiza en cada una de las losas de 15 m de ancho. Las juntas tipo 2 y 3 son las centrales o de compresión localizadas en la parte media de la losa, con un sello de cobre inferior. La junta tipo 4 se denomina lateral o de tensión, se localiza próxima a los estribos, con un sello de cobre y PVC con ceniza volante.

La junta tipo 5 o de transición se localiza entre las laterales y las centrales, contiene un sello de cobre y ceniza volante. La junta tipo 6 es para absorber las dilataciones térmicas de la cara de concreto durante el periodo previo al llenado del embalse y tiene una pequeña separación rellena con madera entre las losas. Las juntas tipo 7 y 10 se denominan horizontales o de conexión. El equipo que se emplea para la construcción de la cara de concreto es el siguiente: planta de concreto, ollas revolvedoras, motobombas de concreto, cimbra deslizante y equipo complementario, como vibradores, canalones, máquinas soldadoras, equipo de oxicorte y otros.

1.2.3 Obras de Generación

Casa de máquinas

Excavaciones y/o cortes

El inicio de la excavación, requiere la construcción de un túnel de acceso de sección portal de 10 m x 8, 5 m con trayectoria en dirección hacia la bóveda de la caverna. Este túnel conduce al nivel de la planta de montaje de la caverna y sirve, además, como acceso a los codos inferiores de las tuberías a presión.

Excavación de la bóveda

La bóveda de la caverna se excava con barrenación horizontal en tres etapas: una sección central (de aproximadamente 10 m de ancho por 9 m de altura) que se lleva adelante como sección piloto, mientras que la segunda y tercera sección (ampliaciones de aproximadamente 22 m de ancho) se excavan con un desfase de 15 a 20 m de la sección piloto.

La barrenación se realiza con jumbo electrohidráulico. La carga de barrenos se efectúa manualmente en el caso del hidrogel, y mecánicamente en el caso del ANFO, para lo cual se utiliza un equipo neumático antiestático. Después de la voladura, el material se apila con un tractor D8 e inmediatamente es levantado con un cargador frontal tipo 90-C, el cual descarga a camiones fuera de carretera de 44 t de capacidad. La rezaga se transporta por el túnel de acceso hacia el exterior.



Casa de máquinas del P.H. La Yesca



Las técnicas empleadas en la excavación de las ampliaciones son las mismas que para la sección central piloto, con excepción de que en las ampliaciones la cuña no existe, en virtud de que en la voladura tiene dos caras libres; al frente y al lado. Los barrenos se cargan únicamente con explosivos tipo hidrogel, con densidad de carga en los barrenos del contorno de 0.22 kg/m.

Una vez excavada la bóveda, el siguiente nivel se excava en tres secciones. La primera denominada sección central (6 m de altura por 14 m de ancho), se barrena y detona en primer lugar usando técnicas convencionales de voladura de banco, mientras que las ampliaciones (segunda y tercera sección) de 4 m de ancho cada una, se barrenan y detonan con un desfase de 20 m, utilizando barrenación horizontal con jumbo mediante la técnica de postcorte. El material producto de la excavación de esta etapa es removido, cargado y trasladado mediante el uso de cargador frontal y camiones fuera de carretera, siguiendo la ruta a través del túnel de acceso definitivo hacia el exterior.

La etapa 4, incluyendo el complemento de la galería de transformadores, se excava con voladuras de dos líneas de barrenos a todo lo ancho de la caverna, utilizando perforadoras neumáticas tipo track-drill par la barrenación tanto de banqueo como de precorte. El precorte se realiza antes de la voladura del banco.

El precorte se realiza perforando una sola línea de barrenos cercanos entre si, a lo largo del perímetro de la voladura principal. El diámetro de los barrenos de precorte es de 75 mm (3") y el espaciamiento entre ellos es de 70 cm.

Una vez ejecutado el precorte desde el banqueo anterior, la etapa 5 se ejecuta a todo lo ancho de la caverna usando el mismo equipo de barrenación y las mismas técnicas de voladuras del banqueo de la etapa 4. El factor de carga para las voladuras del banqueo es de 0.4 kg/m³, con dos líneas de barrenos por voladura.

Concluida la excavación de la etapa 5, a partir de su nivel inferior, también se realiza la excavación de la galería de buses, del nivel 395.30 al 391.30. Esta excavación, con una sección de 6.8 m de ancho por 5.7 m de altura, por ser tipo bóveda, se ejecuta de manera similar a la etapa 1 (sección piloto de la bóveda de la caverna). La rezaga producto de las voladuras es removida y trasladada por cargadores frontales y camiones fuera de carretera que viajan a través de una rampa dentro de la caverna hacia el túnel de acceso definitivo y hacia el exterior.

Para la excavación de las etapas 6 y 7 posiblemente se requiera la construcción de un túnel auxiliar y sección 9 m por 7 m que conecta el túnel de acceso al codo inferior de la tubería a presión N° 2 y al tímpano norte de la caverna.

El propósito de tener acceso al nivel intermedio de la caverna, conlleva también, para agilizar la excavación, adicionar un túnel de acceso en la parte inferior de la caverna, para la cual se construye un túnel que cruza los pozos de oscilación en su parte baja y cuyo destino es cada uno de los fosos de la caverna.

La excavación de los fosos para turbinas (etapa 8) se realiza también utilizando las técnicas de precorte y voladura abierta. El material producto de las voladuras en esta etapa se rezaga impulsándolo primeramente con tractor a través de una lumbrera previamente excavada que liga el foso con el túnel de aspiración; enseguida el material es levantado con cargador frontal y descargado en camiones fuera de carretera, cuyo ingreso es a través de cada uno de los túneles de aspiración.

La ejecución de la etapa 9 es bastante rápida, ya que el precorte se realiza desde la etapa anterior y solo se ejecutan voladuras convencionales de banqueo. La rezaga del material se efectúa exactamente igual que en la etapa 8.

Estabilidad de taludes

Soporte

Cualquier terreno al ser excavado sufre modificaciones estructurales, siendo sometidos a esfuerzos distintos a los que estaba sujeto en su estado natural de reposo, y dependiendo del tipo de excavación, son las alteraciones que sufre en su estabilidad. Los tratamientos de la roca son métodos o sistemas que se utilizan para asegurar la estabilidad del terreno que se va excavando, mejorando las propiedades mecánicas de la roca.



Los tratamientos de la roca para la estabilización de los taludes en las excavaciones (cortes) de las estructuras que conforman el P.H. La Yesca, consisten básicamente en: soporte a base de anclaje, drenaje y protección con concreto lanzado reforzado con malla electrosoldada.

Anclaje en la bóveda de la caverna.

La bóveda se soporta con anclas de tensión de 12 m de longitud y 25 mm de diámetro, siendo el ancla una varilla corrugada de $f_y=4\ 200\ \text{kg/cm}^2$ con ciertas adaptaciones. Las anclas se tensan a 5 t y se instalan en un patrón de 1.4 X 1.4 m en tresbolillo. Para este anclaje se utiliza resina epóxica, lo cual acorta considerablemente el ciclo de trabajo (20 min. por ancla instalada es el tiempo promedio).

Los barrenos para las anclas (47 mm de diámetro) se ejecutan con un jumbo electrohidráulico de tres perforadoras, con centralizadores en cada brazo para facilitar la baremación hasta 12 m de profundidad. El lavado del barreno consiste en la eliminación de los residuos de la barrenación, y se logra simultáneamente con la perforación, debido al agua de enfriamiento utilizada por el propio jumbo. La colocación de anclas se realiza con trak-drill o jumbo de barrenación.

Una vez que fragua la resina rápida, se dispone de 13 min. más para tensar el ancla. Para este fin, se coloca previamente una placa y tuerca en el extremo roscado para aplicar la tensión de 5 t mediante una pistola de impacto calibrada.

Anclaje en las paredes de la caverna

El sistema de soporte de las paredes es a base de anclas de acero de $f_y=4\ 200\ \text{kg/cm}^2$. en general, se especifican patrones sistemáticos de anclas de fricción inyectadas con lechada, con longitudes de 15 y 9 m y de 37 mm de diámetro en barrenos de 76 mm.

En las paredes altas verticales de la caverna, las anclas se instalan con una inclinación ligeramente ascendente con patrones sistemáticos especificados; sin embargo, en zonas localizadas de fallas y cuñas potencialmente inestables se especifican patrones adicionales de anclaje intermedios a los del proyecto.

La barrenación para las anclas se realiza utilizando perforadoras tipo track-drill y jumbo electrohidráulico de dos brazos. Durante y posteriormente a la barrenación, se lava con agua a presión toda la longitud del barreno hasta recuperar el agua limpia libre de residuos de perforación.

Drenaje

Este tratamiento consiste en la perforación de barrenos de 9 m de longitud y 76 mm de diámetro, cuya función es drenar el agua producida por filtraciones y bolsas de agua, canalizando esta hacia puntos bien definidos, reduciendo la carga hidrostática que soporta la roca. La ubicación de estos barrenos se realiza de manera selectiva en zonas de filtraciones importantes.

Revestimiento con concreto hidráulico

Acero de refuerzo

El acero de refuerzo que se utiliza en la casa de máquinas se habilita en un patio destinado a este fin, el cual se ubica afuera y en la proximidad de las obras subterráneas; en el interior de la caverna solo se realiza la colocación de dicho acero con la finalidad de lograr la fluidez en los preparativos para los colados.

Concreto hidráulico

Todo el concreto que se coloca en la casa de máquinas tiene un estricto control de calidad, y se clasifica en las siguientes fases:



Suministro

Cemento

El cemento que se usa en la elaboración del concreto es de tipo I, colocado a granel por tolvas transportadoras en la planta dosificadora. La descarga del cemento de las tolvas a los silos de almacenamiento se realiza por medio de sopladores (aplicación de aire a presión). Se dispone de silos horizontales y verticales con capacidad de 120 y 70 t respectivamente.

Agregados

Los materiales pétreos que se emplean en la colocación del concreto se extrae de diferentes bancos y se transportan a la planta clasificadora, en la cual se obtienen arena, grava 1 (3/4") y grava 2 (1 1/2"). Estos agregados se transportan y colocan en los bancos de almacenamiento de la planta dosificadora. Los bancos de almacenamiento se delimitan con muros de mampostería para evitar la contaminación entre agregados y se acondicionan con una pendiente en el piso con el fin de drenar las captaciones de agua y evitar la saturación de los materiales almacenados.

Agua

El abastecimiento de agua se realiza mediante la utilización de cárcamos y sistema de bombeo; de estas estructuras el agua se extraerá y distribuirá a los frentes aunque también pueden utilizarse camiones cisternas conocidos como pipas.

Al considerar que la temperatura del concreto al salir de la planta dosificadora debe de ser de 20° C, con el fin de colocarlo en las diferentes estructuras con una temperatura de 22 a 23 °C, se usa hielo tipo escarcha.

El hielo se fabrica en una planta montada junto a la dosificadora con una capacidad de producción de 2 t/h y 100 t de almacenamiento. Dado que la cantidad de hielo empleado en la elaboración del concreto depende de la temperatura ambiental y de la de los materiales, representa, generalmente, del 50 al 70% del volumen calculado para el agua en la dosificación.

Aditivo

En la producción de concretos se utiliza un aditivo reductor de agua en un 0.6% respecto al contenido de cemento (en peso), con el fin de aumentar su resistencia conservando su manejabilidad.

Fabricación

Todos los concretos de casa de máquinas se diseñan con una resistencia de 200 kg/cm², con las proporciones indicadas en la siguiente tabla:

Material	Proporción
Cemento	275 kg
Arena	792 kg
Grava 1	630 kg
Grava 2	421 kg
Agua	1761 (50-70% de hielo)
Aditivo	165 litros de agua

Los agregados procedentes de los bancos de almacenamiento se depositan en la tolva receptora por medio de cargadores sobre neumáticos. Por medio de una banda transportadora radial se distribuyen a las diferentes tolvas para ser pesados, de acuerdo a la dosificación empleada, y se descargan uniformemente en otra banda con destino a las ollas revolvedoras.

En forma similar, el cemento se pasa de los silos de almacenamiento a los silos pulmón, donde se pesa y se dosifica con los agregados, transportándose en conjunto al mezclado de los mismos por medio de la banda radial.



Obra de toma

Excavaciones y/o corte

La obra de toma se compone de un canal de llamada de 50 m de ancho y 80 m de longitud, ubicado en la margen izquierda del Río Santiago. Esta obra se construye mediante excavación a cielo abierto, en su mayoría con uso de explosivos.

La excavación tiene cortes de 86 m de altura máxima en el talud frontal del canal (zona de control y bocatomas de las tuberías de presión), de la elevación 580 a la 494 (piso del proyecto del canal).

Las primeras actividades para ejecutar antes de iniciar la excavación propiamente dicha, son los trabajos de desmonte y desplome en las zonas donde se ubica la obra. Para la remoción se usa tractor D8N y se transporta el desperdicio al banco ubicado en el arroyo el Carrizalillo, cercano a la misma obra de toma.



Obra de toma del P.H. La Yesca

La excavación se inicia en la parte más alta de la obra, (elevación 580.00, talud frontal). Para ello es necesario unir el piso del canal de llamada de la obra de excedencias con la mencionada zona más alta mediante una brecha de penetración, y proceder a subir el equipo de barrenación de los tractores.

En general, la excavación se lleva a cabo por barrenos, ejecutándose los trabajos hasta terminar la excavación a piso de proyecto del canal de llamada en la elevación 494.00, realizando la barrenación entre este y las bermas.

Revestimiento con concreto hidráulico

Zona de compuertas y transición

La zona de compuertas y transición de la obra de toma comprende de la elevación 495.5 a la 500.4, y se ubica entre la estructura de rejillas y el inicio del blindaje de las tuberías a presión. Se inicia a partir de los parámetros elípticos de las bocatomas, de aquí se mantiene con una sección rectangular en forma constante hasta su término, donde se alojan los espacios para las compuertas de servicio y de emergencia y pasa a la transición de 18.54 m de longitud, de sección rectangular de 10.05 x 10.05 m a sección circular de 8.50 m de diámetro.



Torre de compuertas

Esta estructura se construye a base de muros laterales de sección constante para las guías de compuertas; su desplante se ubica en la elevación 500.40 y finaliza en la 577.00 (piso de la cámara de mantenimiento).

El acero de refuerzo utilizado para esta estructura considera armados de 19 mm (3/4") en sentido vertical y 38.1 mm (1 1/2") en sentido transversal. El proceso de secuencia del armado consiste en llevar el acero de refuerzo 15 a 20 m arriba del nivel del colado en ambas tomas, lo que permite darle celeridad a estas actividades. Asimismo, se colocan las placas y perfiles de la instalación de las guías de las compuertas para su embebido en los segundos colocados.

Edificio de control

La cimbra utilizada para la formación de esta estructura es habilitada a base de tableros de triplay de 3/4" de diferentes dimensiones, y estructurada con bastidores de madera de 2" x 4" y barrotes de la misma sección. El troquelamiento se realiza por medio de sheabots.

En general, para la construcción de esta estructura se aplica el mismo procedimiento empleado para colar las pantallas y muros de compuertas.

Tuberías a presión

Excavaciones y/o cortes

Las dos tuberías a presión conectan la obra de toma con la casa de máquinas. Construido el túnel de acceso a la bóveda de la caverna de casa de máquinas y a los codos inferiores de las tuberías a presión, a partir de este se excavan ramales de madera que permitan el acceso a la parte baja de las tuberías y hagan posibles las excavaciones de los tramos horizontales, para independizarse totalmente de las excavaciones de casa de máquinas.

Por otra parte, concluidas las excavaciones en el canal de llamada de la obra de toma a la elevación 494, se esta en condiciones de excavar las tuberías a presión iniciando con el tramo bocatoma-codo superior a partir del talud frontal de la obra de toma.

Los túneles inclinados a 26.5° de las tuberías a presión arrancan a partir del talud frontal de la obra de toma y terminan en los codos superiores; comprenden las zonas de sección rectangular, de transición y una parte del codo superior.

La barrenación en este tramo se realiza con diámetros 38.1 mm, 47.6 mm y 76.23 mm, utilizando como equipos de perforación jumbo electrohidráulicos de dos brazos, track-drill y perforadoras de piso. En el proceso de excavación únicamente se emplea explosivo hidrogel en bombillos de 1" ϕ X 8" con peso de 0.118 kg., 1" ϕ X 40" con peso de 0.4 kg. baja densidad y de 1 1/2" ϕ X 16" con peso de 0.5 kg. Para lograr mayores avances, dadas las características de túnel inclinado, se utiliza al máximo posible el jumbo electrohidráulico con equipo de perforación. Lo anterior, permite excavaciones con el 18% de pendiente máxima para permitir el acceso o retiro del jumbo al frente de excavación. Cuando no es posible tener pendientes mayores del 18%, la excavación se realiza utilizando un track-drill. Las perforadoras de piso se emplean cuando el acceso es imposible para el track-drill.

Excavación del tramo vertical

Concluida la excavación del codo superior y el túnel de acceso a la parte baja de cada una de las tuberías a presión, se procede a la excavación del tramo vertical. Este tramo tiene una longitud de 53.90 m y comprende: una parte del codo superior, la zona de reducción, la rama inclinada y una parte del codo inferior.

Ampliación del pozo piloto

Una vez concluido el rimado del pozo piloto, se realiza primero una ampliación a dicho pozo en toda su longitud, para posteriormente realizar la ampliación a sección completa. Este procedimiento tiene como



propósito evitar que el pozo piloto se obstruya con la roca fragmentada producto de las excavaciones a sección completa y que consecuentemente, provoque trabajos extraordinarios para destapar el pozo, representando posibles atrasos en el programa de obra, pérdidas económicas y riesgos para el personal de trabajo.

El sentido de ataque de la excavación es de arriba hacia abajo; a partir de la parte superior del tramo inclinado hacia la clave del túnel horizontal en la parte baja de la tubería, aprovechándose de esta manera el pozo piloto para la rezaga del material producto de las excavaciones. En cada banqueo, la carga con explosivos se realiza únicamente con hidrogel. Una vez efectuada la detonación, y dada la ventilación adecuada en el área de trabajo, se procede a la rezaga del material producto de la voladura en forma manual y mediante sopleteo con aire a presión, arrojando dicho material a través del pozo piloto hacia la parte baja de la tubería a presión para su posterior retiro.

Ampliación a sección completa

Las excavaciones en esta etapa se hincan después de haberse concluido las excavaciones de los tramos bocatoma-transición-codo superior en cada unidad de igual forma que en la segunda etapa, la ampliación a sección completa se realiza de arriba hacia abajo mediante el sistema de banqueos con uso de explosivos.

Para llevar acabo estas excavaciones, se hace primero una barrenación profunda utilizando como equipo de perforación un tunnel-track neumático con martillo de fondo, y posteriormente para finalizar las excavaciones, se utilizan perforadoras de piso o pierna neumáticas.

En las excavaciones restantes, la barrenación se realiza con perforadoras de piso o pierna neumáticas; consiste en perforaciones de 38.1 mm de diámetro y longitud promedio de 2.4 m.

Estabilidad. Tratamiento de roca

Los tratamientos que se realizan en estas estructuras consiste en: anclaje de fricción colocado con una resina epóxica, drenaje selectivo y concreto lanzado selectivo.

Como ya se mencionó en la descripción de las excavaciones de estas estructuras, a partir del arranque de las tuberías en el talud frontal de la obra de toma, se realiza la colocación y empaque de rieles en cada tubería a presión; necesarios, mediante el auxilio de malacates, para trasladar plataformas de trabajo para llevar equipos utilizados en los tratamientos de la roca (jumbo electrohidráulico y track-drill), así como para la transportación y colocación de los canutos o tubos que conforman el blindaje de las tuberías.

De manera general, estos tratamientos son similares a los que se ejecutan en los pozos de oscilación, por lo que para estos pozos se omite su descripción.

Montaje de tuberías

Una vez concluidos los trabajos de fabricación, transporte y almacenamiento del blindaje (canutos) de las tuberías a presión, y habiéndose ejecutado los cortes, rolado, conformado, soldadura, pruebas y aplicación de recubrimientos anticorrosivos a dicho blindaje, se procede a realizar el montaje del mismo en las siguientes etapas:

Las tuberías se transportan a dos zonas: la primera, a zona de almacenamiento del canal de llamada de la obra de toma y bocatomas, para formar los ramales horizontales, superior y vertical; y la segunda a la casa de máquinas para formar los ramales horizontales inferiores.

Finalmente se efectúa el atraque de la tubería en el piso y paredes del túnel de la tubería a presión, para concluir con los trabajos de montaje de estas estructuras.

Empaque de tuberías con concreto hidráulico

El procedimiento de colocación de concreto hidráulico para el empaque de las ramas inclinadas en las dos tuberías a presión se realiza utilizando concreto bombeado, para lo cual se contara con dos bombas estacionarias para concreto, ubicadas; una en la zona de bocatomas, y otra en la plataforma del canal de llamada de la obra de toma.



El concreto elaborado en planta dosificadora es transportado y descargado en dichos centros de bombeo por camiones ollas revolvedoras de 5 m³ de capacidad.

Los concretos son colocados en capas horizontales, asegurándose la distribución y colocación de concreto tierno sobre concreto aún no fraguado, acomodando y ligando las capas con vibradores de inmersión de 3" de diámetro accionadas reumáticamente, evitando posibles huecos en la estructura y logrando una adecuada compactación.

Galerías de oscilación

Excavación y/o cortes

Debido a que estas estructuras consisten en dos pozos frentes de excavaciones son subterráneos en un macizo rocoso, se usa el método de excavación a base de explosivos.

La excavación de las galerías se ataca en su primera frase a través de un túnel de acceso definitivo a galerías, de sección portal de 8 m x 8 m y 277 m de largo. Este túnel conduce al piso de la galería para izaje de compuertas (nivel 421 msnm).

Excavación de la galería de izaje de compuertas

Esta estructura, con dimensiones 73 m de largo en sección portal de 10.6 m por 9.6 m, comunica a la galería de oscilación. Las técnicas empleadas en la excavación de esta galería, relacionadas con la barrenación, plantillas de voladuras, cargas con explosivos y tipo de explosivos utilizados, son similares a las que se emplean para la excavación de la bóveda de casa de máquinas.

La galería de oscilación tiene una altura de 50.50 m y un ancho de 165 m. La excavación se realiza en forma similar a la de casa de máquinas.

Revestimiento de concreto hidráulico

El revestimiento con concreto de estas estructuras se realiza utilizando el sistema de cimbra deslizante, para lo cual es necesario tener armadas las parrillas de acero de refuerzo, tanto longitudinal como transversalmente, en una altura promedio de 40 m arriba de los niveles de colado, ya que la misma estructura de los pozos dificulta esta actividad mientras se efectúa el deslizado.

El procedimiento utilizado para el revestimiento de estas estructuras es similar al que se emplea en la construcción de las torres de compuertas de la obra de toma. La colocación del concreto se realiza con dos bombas estacionarias; una de ellas ubicada en parte baja de los pozos, cuya excavación se deriva de la construcción del túnel de acceso a la parte inferior del tímpano norte de la caverna de casa de máquinas; la otra bomba se instala en el piso de la galería para izaje de compuertas de los pozos. El concreto se conduce mediante tubería de 6" extendida desde los frentes de bombeo señalados.

Túnel de desfogue

Excavaciones y/o cortes

Dadas las dimensiones de este túnel (275.40 m de largo en sección portal de 13.8x13.8 m), la excavación se realiza básicamente en tres etapas: etapa 1: piloto bóveda, etapa 2: ampliación bóveda y etapa 3: banqueo.

El procedimiento inicial para la excavación consiste en atacar el canal de salida y al concluir este paso, entrar al túnel con un cuarto de sección por medio de voladuras cortas y controladas, excavando solo ½ sección izquierda de la bóveda hacia aguas arriba (etapa 1). Posteriormente se ejecuta la excavación de la ½ sección derecha de la bóveda (etapa 2), con un desfase entre estas de 30 m, la excavación en bóveda se continúa de esta manera hacia aguas arriba hasta llegar a los pozos de oscilación. Concluida esta excavación se procede a ejecutar los banqueos a sección completa.

Toda la excavación (bóveda y banqueos) del túnel de desfogue se ejecutan por medio de voladuras controladas. La barrenación del frente de excavación en su totalidad es horizontal y se realiza utilizando jumbo electrohidráulico de tres brazos.



Interior túnel de desfogue P.H. La Yesca

Toda la excavación de este túnel se realiza de manera alternada con los tratamientos de la roca, siendo estos condicionantes, en situaciones específicas, para poder continuar la excavación en sus distintos ciclos.

Revestimiento con concreto hidráulico

Antes de iniciar los trabajos del revestimiento de muros y bóvedas, se realiza el colado de las losas de piso en dos partes (por mitad del túnel) en el sentido longitudinal, dejando una guarnición de 70 cm de altura para el apoyo y apañamiento de la criba deslizante "jumbo", obligando a un claro efectivo entre ambos muros de 16 m.

Muros y bóveda del túnel.

La cimbra metálica deslizante utilizada recibe el nombre de "jumbo", se compone principalmente de una estructura o esqueleto que soporta la lámina dando así la forma de muros y bóveda en tres partes: una vertical para el muro, otra en transición y la última que da a la mitad o centro de la clave.

Toda la estructura se apoya en ruedas de acero y estas sobre rieles, un cargador frontal lo jala con un estrobo de acero, ubicando la cimbra donde previamente se marca topográficamente, quedando apoyada aproximadamente 15 cm en el colado anterior. Los tramos colados comprenden 6 m de longitud.

Lumbreras

Revestimiento con concreto hidráulico

La cimbra utilizada es cimbra machimbrada, con dimensiones de 1.2 m de altura y diámetro de proyecto. En la parte inferior se dispone de una plataforma de acabado y reparación, comunicada con otra plataforma de trabajo por medio de escalera marina.

Subestación elevadora

Construcción

La subestación se conforma de un edificio que comprende a la subestación de 400 kV y servicio auxiliares con dimensiones de 64.10 m de longitud, 15 m de ancho y 11.5 m de altura.

El edificio se construye a base de estructura metálica, con columnas y traveses de perfiles IR e IPR, y contraventeos de perfiles LI unidos por medio de soldadura con electrodos de la serie E-70 fijándose por medio de la tornillería a los apoyos establecidos.



1.2.4 Obras de Excedencias

La obra de excedencias, ubicada en la margen izquierda del Río Santiago, la constituyen tres túneles que en su sección normal tiene 13 por 15 m la construcción es similar a la de los túneles de desvío, esta constituida por las siguientes estructuras:

- Canal de llamada
- Zona de control
- Túneles de descarga
- Cubeta deflectora

La excavación se realiza teniendo como prioridad llegar hasta el nivel de desplante de las estructuras de concreto en la zona de control, con avances en la excavación de los banquetes en forma de pirámide invertida, con rampas de acceso a las diferentes banquetas o plataformas para el acarreo del material a los sitios destinados. El material aprovechable (rezaga y sobre tamaño) producto de la excavación es enviado para su colocación a la cortina, y el no aprovechable se envía al banco de desperdicio ubicado aproximadamente a 500 m aguas arriba en la margen izquierda.

Revestimiento con concreto hidráulico

El revestimiento de la obra de excedencias se inicia cuando las excavaciones lo permitan, se encuentren en los niveles de proyecto y a una distancia suficiente que permita trabajar sin riesgos.

Para tal efecto, se plantea instalar una planta de producción de concreto, con una capacidad de 100 m³/h, para los colados en la zona de control y contar con el área necesaria para almacenamientos de los agregados, mismos que son sometidos a proceso de trituración, cribado y lavado, de tal forma que cumplan con los requerimientos especificados.

Estructura de control

Se inicia el revestimiento de la estructura de control con la construcción de la losa del cadenamiento km 0-011 en la elevación 552.00, cuyo colado se realiza en secciones, utilizando cimbra de madera del tipo convencional provista con llaves de cortante para las juntas de construcción, mismas que son tratadas con el aditivo especificado.

La colocación del concreto se efectúa a tiro directo desde las ollas revolventoras y/o con equipo de bombeo; ya sea una bomba sobre camión o una bomba estacionaria.

En las estructuras de control se construyen primeramente las pilas intermedias, utilizando cimbra deslizante de caras paralelas a partir del eje del cimacio, en la zona del cambio de sección en las pilas.

Túneles de descarga y zona de transición

Las zonas de transición de los túneles se cuelan empleando cimbra de triplay tanto en muros como en las bóvedas asegurando esta con "sheabolds" la cual se coloca posteriormente al armado del acero de refuerzo. Previamente se lleva a cabo el colado de la cubeta o losa de piso del túnel de igual forma que en los túneles de desvío. En la zona de sección normal se emplea cimbra deslizante para el colado de muros y bóveda.

Cubeta deflectora

Por último se realiza el colado de la estructura deflectora, en la cual después de colado el acero de refuerzo, se emplea cimbra convencional en el número de secciones que se determinen en el campo, con el fin de manejar los volúmenes de concreto en forma ordenada. La colocación de concreto es a tiro directo y bombeado.



1.2.5 Obras Asociadas

Obras asociadas

Obras de infraestructura

La infraestructura es indispensable para la operación de las obras de proyecto. Estas obras se refieren a las vialidades que comunican las obras principales del proyecto y a todas las edificaciones que se van a requerir para la operación comercial de la planta. Para integrar esta información se desarrollo el plano Superficiales para Obras e Infraestructura.

Polígonos en la superficie para obras e infraestructura		
Polígono	Uso del suelo	Superficie en ha
1	Habitacional	45
2	Industrial	150
3	Almacén de desperdicios	3
4	Caminos	2

Polígono 1 Habitacional. Se localizarán casetas de vigilancia y de control para paso vehicular, almacén, campamentos para la partida militar que realiza la vigilancia de este tipo de obras, oficinas, comedores y campamentos. Dependiendo de la decisión de los habitantes afectados, esto es si deciden se realice su reacomodo en lugar de indemnización, las superficies requeridas para su relocalización será también en esta zona. Dicha superficie corresponde a la única zona plana cercana al proyecto, donde no se requiere la realización de terrazas, movimiento de tierra, maquinaria o desmonte, por otro lado en el área se han desarrollado actividades productivas y ha sido ocupada por viviendas, por lo que es notorio el deterioro de los recursos naturales.

Polígono 2 Industrial. Se ubicarán las obras para desarrollar el proyecto: obra de desvío, cortina, vertedor, casa de máquinas y subestación que será tipo encapsulada aislada en hexafloruro de azufre (SF6). El resto de la superficie es requerida para caminos internos temporales y definitivos, así como talleres y subestación de servicios propios, estas últimas obras serán temporales.

Polígono 3 Almacén de desperdicios. Se requerirán 3 ha para almacenar material de rezaga y escombros, esta superficie será sometida a restauración ambiental.

Ocupación de superficies en área de embalses. Superficies adicionales para obras de carácter temporal serán estratégicamente ubicadas dentro del área de embalse, talleres de montaje, almacenes de desperdicio, caminos temporales plantas procesadoras de materiales. Con este criterio se reducirán áreas de desmonte y restauración.

Se instalará una cerca perimetral con malla y sistema de seguridad bordeando la superficie de obras e infraestructura con objeto de dar protección tanto al proyecto como a pobladores y a sus animales domésticos.

Vialidades internas

Una adecuada vialidad para la construcción de un proyecto hidroeléctrico es fundamental para el eficaz desarrollo de las actividades de construcción, las cuales se llevan a cabo en varios frentes a la vez, de esto depende en gran parte el éxito en el cumplimiento del programa de construcción.

En el caso de La P.H. La Yesca, la vialidad para la construcción representa una gran importancia para la obra debido a lo accidentado del terreno donde se ubican las estructuras y la infraestructura necesaria para el desarrollo del proyecto, por lo cual se requiere de una adecuada planeación de la logística para contar con accesos oportunos a los diferentes frentes de trabajo que de acuerdo al programa deban atacarse.



Obras auxiliares P.H. La Yesca

Además de las especificaciones de construcción del proyecto, se contará con planos de vialidades que serán aplicados por el contratista para que la construcción de caminos siga un plan bien trazado y se aprovechen al máximo los accesos como vialidades definitivas de la planta una vez que entre en operación.

Los planos de vialidades internas formarán parte de las especificaciones de construcción, su objeto es precisar las rutas necesarias y adecuadas que, a la vez que se utilizarán durante la construcción, podrán ser aprovechadas parcialmente al final como vialidades definitivas, cuando la planta este en operación. Los caminos provisionales entrarán en los polígonos de ocupación del suelo ya mencionados, así como dentro del embalse y tendrán las siguientes características:

Longitud total	20 km
Ancho de la corona	10 m
Pendiente máxima	12.5%
Grado máximo de curvatura	30°
Velocidad del proyecto	35 km/hr
Bombeo en la calzada	2%
Revestimiento	Terracería

La vialidad interna definitiva tendrá las siguientes características:

Longitud total	23 km
Ancho de la corona	9 m
Pendiente máxima	8%
Grado máximo de curvatura	30°
Velocidad del proyecto	60 km/hr
Bombeo en la calzada	2%
Revestimiento	Asfalto

Almacenes, bodegas, plantas procesadoras de materiales y talleres

Estas instalaciones se localizarán principalmente en la margen izquierda y corresponden a la zona industrial y patio de almacenamiento de materiales. Las instalaciones provisionales se van a construir con perfiles metálicos estructurales techados y forrados algunos con lámina metálica galvanizada.



La disposición de las instalaciones provisionales se indica a continuación:

La zona industrial que tiene una área de 13 ha, y en ella se van a instalar:

- 4 silos para cemento a granel. Cada uno con dimensiones de 15 m de altura y 10 m de diámetro y capacidad de 700 t.
- Una bodega para cemento en sacos, aditivos y bentonita con dimensiones de 15x35 m.
- 4 bodegas para materiales diversos con dimensiones de 15x70 m.
- 2 talleres techados para maquinaria pesada con dimensiones 15x70 m.
- 1 taller para maquinaria y herramientas y 1 taller para equipo de transporte, ambos en una nave con dimensiones de 15x70 m.
- 1 patio de maquinaria de 30x70 m.
- 2 plantas trituradoras y clasificadoras de roca con capacidad de 240 ton/h cada una.
- 1 planta dosificadora para fabricación de concreto con capacidad de 100 m³/h.
- 3 patios para almacenamiento de arena, grava 1 (<1.9 cm) y grava 2 (<5 cm), con dimensiones de 60x60 m cada uno.
- 1 planta productora de hielo.
- 1 planta productora de asfalto.
- 1 patio de almacén de residuos orgánicos.

El patio de almacenamiento que tiene una área de 17 ha, se van a instalar:

- 2 plantas trituradoras y clasificadoras de roca con capacidad de 240 ton/h cada una. 4 patios para almacenamiento de material 2 (<7.62 cm), material 3B (<40 cm), material 3C (<80 cm) y material 4 (>1 m), con dimensiones de 60x60 m.

Campamentos, dormitorios y comedores

De acuerdo con el análisis de personal para la construcción del proyecto, se contempló un máximo de trabajadores de 5 100, de los cuales 4 910 corresponden a personal operativo y 190 a supervisión; de este personal se estima que el 70% estarán acampamentados. Lo cual da un aproximado de 3 600 personas; para esta cantidad se prevén instalaciones recuperables de multipanel construidas sobre losas de concreto simple. Estas instalaciones son:

- 30 casas móviles para ejecutivos con capacidad de 90 personas en total.
- 5 naves de dormitorios para personal técnico con capacidad para 250 personas en total.
- 40 naves para obreros, con capacidad para 80 personas cada nave.
- 2 comedores para ejecutivos y personal técnico con capacidad para 350 personas en total.
- 3 comedores para obreros con capacidad para 3000 personas en total.

Instalaciones sanitarias

De acuerdo con el ordenamiento territorial se prevén 3 sistemas de tratamiento de aguas residuales, por la ubicación de las instalaciones, un sistema se ubicará en la zona industrial, otro sistema se va a instalar en la zona de campamentos y comedores y uno más en la zona de oficinas. Para estos tres sistemas de tratamiento, el contratista ganador de la licitación debe presentar el proyecto ejecutivo, incluyendo ubicación de edificios, red de drenaje, sistema de colectores y colector principal, también debe incluir el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

1.3 Características geográficas del sitio

El Proyecto Hidroeléctrico La Yesca, forma parte del Sistema Hidrológico del Río Santiago, que comprende a 27 proyectos con un potencial hidroenergético de 4,300 MW, del cual solo se ha desarrollado el 32% mediante la construcción de seis Centrales. El P.H. La Yesca ocupará el segundo lugar en potencia y el tercer lugar en generación dentro del sistema, después de la Central de Aguamilpa-Solidaridad y de El Cajón.

El P. H. La Yesca, se localiza sobre el Río Santiago a 105 km al NW de la Ciudad de Guadalajara y a 22 km al NW de la población de Hostotipaquillo, Jal. Forma parte del límite entre los Estados de Nayarit y Jalisco,



constituido legalmente por el cauce del Río Santiago. La Boquilla del P. H. La Yesca se localiza a 90 km, en línea recta, al Noroeste de la ciudad de Guadalajara, a 4 km aguas abajo de la confluencia de los Ríos Bolaños y Santiago y sobre el cauce de este último; sus coordenadas geográficas son: 21° 11' 49" Norte 104° 06' 21" Oeste.



El acceso al sitio se hace por la Maxipista Guadalajara–Tepic, recorriendo 60 km desde el anillo periférico de Guadalajara, hasta la desviación al poblado de Magdalena, y de allí se recorre un tramo de 15 km por la carretera federal No. 15 hasta el entronque con el camino que lleva al pueblo de Hostotipaquillo, al cual se llega por una carretera pavimentada de 10 km. De aquí parte una terracería, en regulares condiciones y transitable la mayor parte del año, de 22 km hasta el caserío conocido como Mesa de Flores. Se llega a la boquilla por la margen izquierda del río, transitando por otra terracería de 6,5 km.





1.4 Características geológicas de la región

Características geológicas

El área de estudio esta dominada por condiciones cerriles, lomeríos, cantiles, cañones y muy escasas superficies planas , éstas en las localidades de Tapexco, Sayulimita y San Martín de las Cañas. La variabilidad de este factor condiciona la distribución de los suelos por lo que se utilizó como criterio de agrupamiento y distribución cartográfica.

Del análisis de los factores de formación y perfiles del suelo se identificaron los siguientes grupos y unidades de suelo:

Afloramiento rocoso en cantiles y cañones; roca, lechos rocosos o mantos rocosos.

Grupo de suelo: Leptosol

Unidad de suelo: Leptosol lítico

Suelos poco profundos de color café oscuro con material rocoso mezclado (intrusiones) y descansando sobre roca consolidada (basaltos, andesitas, ignímbritas) en superficies inclinadas.

Grupo de suelo: Leptosol

Unidad de suelo: Leptosol mólico

Suelos moderadamente profundos de color café oscuro y subsuelo café rojizo o claro y en ciertos casos con reacción al HCl

Grupo de suelo: Feozem

Unidad de suelo: Feozem háplico; Feozem calcico

Suelos moderadamente profundos a profundos de color gris oscuro y textura arcillosa.

Grupo de suelo: Vertisol

Unidad de suelo: Vertisol eutricos

Suelos moderadamente profundos a profundos de color café oscuro a café rojizo en superficies planas.

Grupo de suelo: Luvisol

Unidad de suelo: Luvisol crómico

Las unidades de suelo y sus asociaciones, presentes en el área de estudio, corresponden principalmente a Feozems y Leptosoles: dadas las características topográficas del área así como la escala de trabajo, es difícil diferenciar las unidades puras de suelo, por lo que se agrupan en asociaciones.

Impactos potenciales desde el aspecto geológico

Desde el punto de vista geológico y la identificación de los impactos potenciales relevantes se restringen únicamente a la etapa de construcción y llenado del embalse. Los factores que se consideraron para identificar los impactos potenciales son: la sismicidad inducida y los movimientos de masas (deslizamientos, flujos de lodos, desprendimientos, avalanchas y desplazamientos laterales), al igual que la geometría de las discontinuidades. Las actividades que inducen los procesos arriba mencionados son los siguientes: construcción de caminos, desmontes, despalmes, excavaciones (uso de dinamita, compactación y nivelación) y cortes así como el desvío del río.

Considerando los procesos exógenos el movimiento de masas es el proceso que pudiese provocar impactos potenciales importantes. Este proceso se refiere a volúmenes del macizo rocoso potencialmente móviles a lo largo de planos de discontinuidades por efecto de la gravedad (eventualmente acelerado por la presión de poro o por la contribución de un agente externo como la sismicidad natural). La sismicidad inducida en embalses se debe a cualquier liberación de energía originada por las actividades propias en la etapa de la construcción o durante el llenado del vaso. Del análisis para la identificación de impactos significativos potenciales se consideraron de significancia baja a insignificante, razón por la cual no se consideran de riesgo para el proyecto.



Capítulo II Ataguías

2.1 Materiales usados en la construcción de las ataguías

Los depósitos en los que sea posible encontrar en valles fluviales, llanuras de inundación y en terrazas y abanicos aluviales son relativamente variables, no solo en naturaleza mineralógica, sino también en tamaño y dependen del desarrollo de la corriente, de su régimen hidrológico y de las formaciones que se atraviesan.

En las zonas en las que las serranías se juntan con las planicies de costa es muy frecuente encontrar sistemáticamente de trecho en trecho los denominados depósitos de pie de monte, grandes formaciones de arena limosa y gravas, inclinadas y ondulantes, dejadas por los ríos que bajan y pierden velocidad al entrar en la planicie.

Los lagos actúan como depósitos de sedimentación para las corrientes que a ellos llegan. Es común que cuando el río entra al lago tienda a depositar en la orilla los sedimentos más gruesos que aún traiga en suspensión, dependiendo el tamaño del régimen anterior del río; de esta manera es frecuente que la desembocadura del río en el lago una delta más o menos importante, en el que será posible encontrar arenas o limos. Los sedimentos más finos penetran en el lago con el agua del río y se depositan en zonas más profundas. En épocas del año de aguas abundantes el depósito principal está formado por el material limoso que haya alcanzado a entrar al lago y las arcillas más gruesas, pero las arcillas más finas se depositan más bien en las épocas de estiaje, cuando las aguas del lago están más tranquilas. Por lo anterior, los depósitos lacustres suelen ser estratificados, con capas bastante homogéneas de materiales finos, en las que se manifiesta cierta tendencia a una alternancia de estratos limo-arcillosos con otros de arcillas muy finas. El estancamiento de las zonas lacustres suele proporcionar la deposición de materia orgánica, por lo que no es raro que en los depósitos lacustres haya suelos de tal naturaleza o turbas, generalmente estas últimas en las partes más superficiales.

En México es relativamente frecuente encontrar depósitos lacustres en lugares donde el correspondiente lago ha desaparecido desde hace mucho tiempo, dando lugar a zonas muy problemáticas, tanto desde el punto de vista de cimentación de obras viales, como de localización de bancos de materiales apropiados.

En México, al igual que en otras partes, son relativamente frecuentes en zonas desérticas y montañosas, ríos que no desembocan en ningún cuerpo de agua, sino que desaparecen, extendiéndose en una zona plana en la cual forman un verdadero abanico aluvial. Naturalmente se trata de ríos de régimen torrencial muy esporádicos, que no han tenido aún la oportunidad de labrarse.

Un cauce completo y que, al perder abruptamente el confinamiento que tenían en el trayecto montañoso, quedan sin capacidad de transporte. En estos abanicos aluviales se depositan al mismo tiempo prácticamente todos los sedimentos que traiga el río, sin ninguna clasificación por tamaños, por lo que en ellos puede encontrarse depósitos muy heterogéneos, con abundancia de gravas, arenas y limos.

El viento es otro elemento de transporte fundamental; arrastra sobre el suelo partículas relativamente gruesas, suspende y transporta limos y arenas muy finas. La distancia de acarreo depende del tamaño de la partícula y de la fuerza del viento; varía desde pequeños trechos de algunos metros, hasta muchos kilómetros.

Un depósito eólico muy típico es el loes. El origen de los loes suele estar en depósitos glaciales o en zonas desérticas, a partir de los cuales sobrevino el transporte del viento; el loes primario está formado por partículas de limo tal como el viento las depositó, sin ninguna alteración química posterior, en tanto que en los loes secundarios ha habido ya alteración química, generalmente por el agua. El predominio de las partículas de limo es grande en todos los loes, pues las arenas generalmente son demasiado gruesas para sufrir tanto transporte aéreo y las arcillas, se defienden mucho más del embate del viento. Al depositarse, las partículas adquieren una estructura panaloide extremadamente suelta, en cuyos nexos suelen depositarse arcillas, carbonatos de calcio y óxidos de hierro, que dan al conjunto buena estabilidad, que se pierde si el agua lava y disuelve esas ligas. Por esta causa muchos Ingenieros prefieren, con razón, exponer los loes en cortes verticales obteniendo mejores resultados que con taludes inclinados, más expuestos a las lluvias.

Los loes son buenos y abundantes bancos para material de terracería, pero pueden presentar problemas de rebote elástico cuando se usan en la capa subrasante por lo que no conviene aceptarlos para este fin sin pruebas especiales. En general, el material es muy sensible a la compactación, la cual puede mejorar



grandemente su comportamiento mecánico. Como quiera que los loes aparecen en amplias extensiones y depósitos profundos, en las zonas cubiertas por ellos no suelen aparecer otros materiales, por lo que estos deberán buscarse o fuera de la formación o en cerros no cubiertos; por su gran porosidad, las aguas superficiales se infiltran, de manera que en las zonas de loes, sobre todo primarios, tampoco habrá arroyos susceptibles de proporcionar gravas o arenas.

Otra formación eólica típica son los médanos de arena, fuente obvia de este material, aunque la cantidad que puede obtenerse no esta muchas veces en correspondencia con la calidad, pues la arena resulta demasiado uniforme para muchos usos.

Los depósitos glaciales son otra fuente posible de materiales para construcción, aún cuando en México sean escasos. Pueden ser formados directamente por el hielo en movimiento o por las aguas del deshielo. Generalmente, en el primer caso, son depósitos muy heterogéneos que adquieren la forma de un conjunto de boleas, empacados en una matriz areno-arcillosa. En el caso de los depósitos formados por el agua de deshielo, su naturaleza es mucho más parecida a un depósito fluvial, si bien la capacidad de arrastre de gruesos es mayor en los glaciales.

Los suelos residuales constituyen otra frecuente fuente de materiales para construcción, cuya naturaleza varia mucho de acuerdo con la naturaleza de la roca madre y el grado de alteración sufrido. En general, las rocas sedimentarias producen suelos arcillosos exceptuando las rocas muy sílicas. Las rocas ígneas pueden producir suelos arenosos o arcillosos dependiendo de lo seco o húmedo que sea el ambiente de alteración; las rocas de naturaleza ácida tienen mayor tendencia a producir suelos granulares, en tanto que las de naturaleza básica se obtienen casi siempre arcillas.

Es común que los suelos residuales contengan partículas de todos los tamaños, puesto que no han sufrido ningún proceso de selección como los que producen los medios de transporte ya anteriormente tratados. Dependiendo del tamaño predominante, estas formaciones residuales pueden ser fuentes de abastecimiento de materiales para terracería o subrasantes. En general, para este último caso es necesario someterlos a un proceso de eliminación a mano de fragmentos, de roca más o menos intemperizada, mayores que 7.5 cm. de algunos suelos residuales provenientes de rocas muy sílicas o poco alteradas, es posible obtener materiales para sub-base o bases, especialmente si se van a tratar con cemento o cal, sometiéndolos a procesos de lavado, que eliminen sus finos o a trituración parcial que eliminen los tamaños mayores que los convenientes.

Clasificación de rocas

Clasificación por fragmentos de roca

Los fragmentos de roca son todos aquellos cuyo tamaño es mayor que 7.6 cm. y no forman parte de una formación rocosa.

Los fragmentos se subdividen en:

1. Fragmentos chicos: aquellos cuyo tamaño esta comprendido entre la malla de 7.6 cm. y 30 cm. de dimensión máxima.
2. Fragmentos medianos: aquellos cuya dimensión máxima esta comprendida entre los 30 cm. y 1 m.
3. Fragmentos grandes: aquellos cuya dimensión máxima es mayor de 1 m.

Características generales

En este tipo de materiales deberán indicarse las siguientes características: clasificación petrográfica, características de granulometría, tamaño máximo de los fragmentos, forma de los mismos, características de la superficie, grado de alteración y cualquier otra información descriptiva pertinente. Para los materiales in-situ deberá agregarse información sobre su estructura, estratificación, compacidad, cementación, condiciones de humedad y características de drenaje.



Lineamientos generales para clasificar las rocas

La clasificación de las rocas esta basada en las características que pueden ser observadas directamente en el campo sin ayuda del microscopio; en consecuencia, para clasificar una roca se debe tomar en cuenta, como factores principales, su composición mineralógica, y su textura.

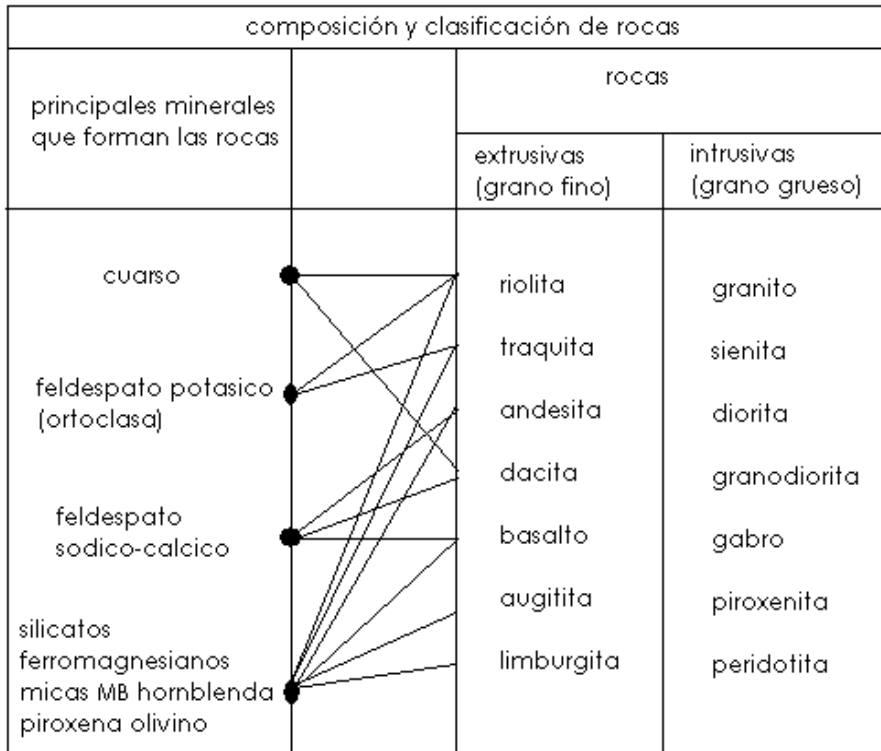
En la siguiente tabla se presenta una lista de los principales minerales que constituyen las rocas y sus características físicas más importantes, como una ayuda para su identificación.

Para clasificar las rocas se sugiere el siguiente procedimiento:

1. Una vez examinada cuidadosamente deberán definirse los tres aspectos fundamentales siguientes: tipo de textura, minerales que la constituyen y grupo a que pertenecen.
2. Con lo anterior se revisan las tablas que a continuación se presentan.
3. Habiendo determinado el nombre de la roca, se consulta su descripción con el fin de comprobar su clasificación.

Composición y clasificación de las rocas ígneas

Origen	Naturaleza	Roca	
Erupciones tranquilas	Vitrea	Obsidiana Perlita Piedra pómez Retinita (piedra pez)	
Erupciones explosivas	Piroclastica (fragmentos)	Piedras pómez Bloques Bombas	Sueltas Consolidadas Gravas brechas Lapillo tobas Arenas areniscas Cenizas tobas Polvos tobas



Rocas sedimentarias

Origen	Agente transportados	Sedimento suelto	Sedimentos consolidados
Mecánico	Agua	Grava (arista redondeada) Grava (arista aguda) Arena Limo Arcilla	Conglomerado Brecha Arenisca Limolita Argilita
Mecánico	Viento	Medanos Loess	Arenisca
Mecánico	Hielo	Gravas angulosas Arena Limo Arcilla	Tilita
Mecánico	Gravedad	Grava angulosa	Brecha de talud

Origen	Naturaleza	Sedimento consolidado
Químico	Calcareo Calcareo arcilloso	Caliza Dolomita Daragonita Travertino Marga
Químico	Silicosa	Pedernal Geysierita
Químico	Salina	Evaporizos: sal, gema, yeso, borax, tequesquite, cristalillo



Origen	Naturaleza	Sedimento consolidado
Orgánico	Calcarea	Caliza Coral Coquina Cretas
Orgánico	Silicosa	Diatomita
Orgánico	Carbonosa	Turba Lignito Hulla Antracita

Rocas metamórficas

Roca original	Producto metamórfico
Arenisca	Cuarzita
Caliza	Mármol
Lutita	Pizarra
Básica	Esquistos, serpentina, etc.
Granito, diorita y conglomerados	Gneiss

Textura de las rocas

La textura de una roca esta representada por el orden, la orientación, el tamaño, la forma y el enlace de las partículas que la constituyen y que se observan a simple vista o con ayuda de una lente de poco aumento. Quedan excluidas las innumerables texturas que solo son visibles en los microscopios a través de una lamina delgada de la roca

Texturas comunes de las rocas ígneas

La diferencia en el grado de cristalización y en el tamaño de los cristales determinan la textura de una roca ígnea. Ambos factores están controlados en primer lugar por la velocidad de enfriamiento, aunque pueden tener intervención la constitución química del magma y su contenido de materiales volátiles.

Texturas comunes de las rocas sedimentarias

La diferencia entre la naturaleza de las partículas constituyentes y la manera en que están unidas determinan la textura de una roca sedimentaria

Texturas comunes de las rocas metamórficas

La diferencia en la orientación o alineamiento de los cristales y el tamaño de los mismos determinan la textura de una roca metamórfica. Hay dos grupos generales de texturas: las texturas foliadas en los cuales los minerales laminares o en forma de hoja están casi todos alineados y las texturas no foliadas constituidas ya sea de minerales equidimensionales o de minerales laminares orientados al azar, lo que hace que la roca se rompa en partículas angulosas.

Estructura de las rocas

Es la serie de rasgos morfológicos megascopicos de las rocas, debidos a oquedades deformaciones o discontinuidades.

Materiales usados en la construcción de las ataguías

En la construcción de las ataguías del P.H. La Yesca se encuentra una variedad de materiales, dentro de los que encontramos aluvi6n (con diferentes tratamientos y tamaños), enrocamiento producto de bancos, así como excavaciones de las obras principales.

Los materiales se clasificaron de acuerdo a sus características, origen y tomando en cuenta las especificaciones, como se muestra a continuación:



- Material 3B

Zona de la estructura: Material similar a la zona principal en el cuerpo de la cortina

Origen: Banco de aluvión

Características: Aluvión en greña, granulometría especificada en gráficas

Especificaciones: El material se podrá extraer del lecho y riberas de los Ríos Santiago y Bolaños, material compactado con cuatro pasadas de RLV de 120 kN de peso estático, en capas de 80 cm antes de ser compactadas con cobertura total.

- Material T

Zona de la estructura: Material similar a la transición del cuerpo de la cortina

Origen: Enrocamiento producto de bancos de roca, de la excavación de las obra principales y/o bancos de aluvión.

Características: Enrocamiento sano o aluvión con tamaño máximo de 80 cm, granulometría especificada en gráficas.

Especificaciones: El material se podrá extraer del lecho y riberas del Río Santiago y Bolaños, compactado con seis pasadas de RLV de 120 kN de peso estático, en capas de 100 cm antes de ser compactadas con cobertura total. Para enrocamiento se agregará agua (200 l/m^3), se podrán intercalar capas de aluvión con capas de enrocamiento.

- Material 4A

Zona de la estructura: Protección de taludes.

Origen: Sobrantes y sobretamaños de material T, explotación de cantera.

Características: Fragmentos de roca sana $\phi > 40 \text{ cm}$. sobrante o sobretamaños de T.

Especificaciones: Colocado a volteo en capas de 80 cm con tractor D-8 o similar.

- Material 3D'

Zona de la estructura: Base de la cortina.

Origen: Material de desperdicio en excavaciones en portales de desvío y en zona del cauce.

Características: Suelo residual y arena arcillosa con grava, deben cumplir como material de base conforme a normatividad.

Especificaciones: Compactado en capas de 30 cm de espesor hasta alcanzar el 95% de su peso volumétrico seco máximo con respecto a la prueba Proctor.

- Material 3D

Zona de la estructura: Plataforma comprendida entre la pre y contra ataguía.

Origen: Bancos de aluvión.

Características: Aluvión en greña, removiendo los tamaños con $\phi > 40 \text{ cm}$. colocado a fondo perdido.



Especificaciones: Tirado a fondo perdido, se colocará hasta 50 cm por arriba del nivel de agua; por arriba del nivel de agua se tenderá en capas de 60 cm y se compactará con 4 pasadas de RLV de 120 kN de peso estático en el tambor.

- Material 3E

Zona de la estructura: Cuerpo de preatagüía

Origen: Excavación en portales y rezaga de túneles de desvío.

Características: Granulometría variada con grandes bloques en el cierre de la preatagüía.

Especificaciones: Tirado a fondo perdido, por arriba del nivel de agua se tenderá en capas de 60 cm y se compactará con cuatro pasadas de RLV de 120 kN de peso estático en el tambor. Los taludes exteriores se cubren con rezaga sucia colocada a volteo y con más del 20% de finos.

- Material 3F

Zona de la estructura: Cuerpo de contraatagüía

Origen: Excavación en portales y rezaga de túneles de desvío.

Características: Granulometría variada con grandes bloques en el cierre de la contra atagüía.

Especificaciones: Tirado a fondo perdido, por arriba del nivel de agua se tenderá en capas de 60 cm y se compactará con cuatro pasadas de RLV de 120 kN de peso estático en el tambor. Los taludes interiores se cubren con rezaga sucia colocada a volteo y con más del 20% de finos.

- Material 4

Zona de la estructura: Enrocamiento de protección

Origen: Explotación de bancos de roca.

Características: Fragmentos sanos de roca con tamaño mayor a 1.00 m.

Especificaciones: Material sobrante de selección de material 3C, empaçado y acuñado, sus caras mayores deberán quedar apoyadas horizontalmente.

2.2 Núcleo impermeable

El conocimiento de las principales características físicas de los suelos es de fundamental importancia en el estudio de la mecánica de los suelos, pues mediante su atinada interpretación se puede predecir el futuro comportamiento de un terreno bajo cargas cuando dicho terreno presente diferentes contenidos de humedad.

Partiendo de los numerosos minerales (principalmente silicatos) que se encuentran en las rocas ígneas y metamórficas, los agentes de descomposición química llegan a un producto final: la arcilla.

La investigación de las propiedades mineralógicas de estos sedimentos, comenzó en épocas recientes (1930) y presenta gran importancia en cuestiones de ingeniería, pues a diferencia de lo señalado para los suelos gruesos, el comportamiento mecánico de las arcillas se ve decisivamente influido por su estructura en general y constitución mineralógica en particular.

Características de la arcilla

- Material de estructura laminar.
- Sumamente hidroscópico.
- Su masa se expande con el agua.
- Con la humedad se reblandece y se vuelve plástica.



- Al secarse su masa se contrae en un 10%.
- Generalmente se le encuentra mezclada con materia orgánica.
- Adquiere gran dureza al ser sometida a temperaturas mayores a 600°C.

Clasificación

Cada una de las propiedades de la Arcilla puede dar lugar a una clasificación distinta. Así pues, puede clasificarse según su color, su temperatura de cocción, sus propiedades plásticas, su porosidad después de la cocción, su composición química, etc.

Según su uso práctico se clasifican en:

- Tierras Arcillosas; se vuelven vidriosas incluso a 900°C, contiene elevados porcentajes de partículas silíceas o calizas.
- Arcillas comunes; son fusibles y se usan a temperatura comprendidas entre 900 y 1050°C.
- Contiene grandes cantidades de Carbonato Cálcico y Óxidos de Hierro.
- Arcillas para losa: se usan hasta temperaturas de 1250°C, casi no contiene impurezas y contiene más de 25% de caolinita.
- Arcillas para gres: funde a temperaturas elevadas, pero sintetizan y compactan a temperaturas inferiores, originando productos de nula porosidad y vitrificados.
- Arcillas para porcelana: tienen un punto de vitrificación muy elevado por lo que se añaden un número elevado de fundentes.

Según su fusibilidad y color de arcilla se clasifican en:

- Caolines: su componente principal es la caolinita, puede usarse a temperaturas superiores a 1300°C.
- Arcillas refractarias: son arcillas que pueden usarse hasta los 1500°C. Su composición y color son variables aunque el contenido en Sílice es elevado.
- Arcillas gresificables: son arcillas bastante refractarias. Pueden usarse a temperaturas elevadas. Son más plásticas que las refractarias, dando lugar a los productos de nula porosidad.
- Arcillas blancas grasas: Se usan a temperaturas inferiores a los 1250°C y poseen elevada plasticidad y gran encogido durante el secado. Toman color blanco o marfil después de la cocción.
- Arcillas rojas fusibles: son arcillas de alta fusibilidad. Son plásticas. Su composición es muy variable, pero siempre con alto contenido de hierro. Según su origen geológico:
- Arcillas primarias: son aquellas que se encuentran en el mismo lugar de su formación. Por lo general solo podemos considerar, arcillas primarias, a los caolines.
- Arcillas secundarias o sedimentarias: son aquellas que no se encuentran en el lugar de formación por haber sido arrastradas y posteriormente sedimentadas. Estas Arcillas por lo general, están impurificadas con materiales muy diversos, lo que produce la gran diversidad de Arcillas que puedan encontrarse.

Según su trabajabilidad:

- Arcillas grasas: Son arcillas impuras de colores entre café, grises, rojizos o amarillentos, se encuentran formando capas y se las conoce como ceraturo o tierra arcillosa
- Magras: Son arcillas muy puras y duras lo que les hace difíciles de trabajar y dar forma. Se las conoce como Caolín, material de color blanco y al que se le ve como una sola masa y sirve para trabajos eminentemente de cerámica.

Propiedades importantes para determinar su funcionalidad como núcleo impermeable

Existen suelos que al ser remoldeados, cambiando su contenido de agua si es necesario, adoptan una consistencia característica, que desde épocas antiguas se ha denominado plástica. Estos suelos han sido llamados arcillas. La plasticidad es, en este sentido, una propiedad tan evidente que ha servido para clasificar los suelos en forma puramente descriptiva. Pronto se reconoció que existía una relación específica entre la plasticidad y las propiedades fisicoquímicas determinantes del comportamiento mecánico de las arcillas. En ese momento la plasticidad se convirtió en una propiedad ingenieril de interés científico, dejando de ser una cualidad puramente descriptiva o de trabajabilidad en cerámica; las investigaciones posteriores han probado que la plasticidad de un suelo es debida a su contenido de partículas más finas de forma laminar ya que esta



ejerce una influencia importante en la compresibilidad del suelo, mientras que el pequeño tamaño propio de esas partículas hace que la permeabilidad del conjunto sea muy baja.

Por lo tanto en mecánica de suelos puede definirse la plasticidad como la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse o agrietarse. Con esta definición se logra circunscribir la propiedad a las arcillas en ciertas circunstancias.

Atterberg hizo ver que, en primer lugar, la plasticidad no era una propiedad permanente en las arcillas, sino circunstancial y dependiendo de su contenido de agua. Una arcilla muy seca puede tener la consistencia de un ladrillo, con plasticidad nula, y esa misma, con gran contenido de agua, puede presentar las propiedades de un lodo semilíquido o, inclusive, las de una suspensión líquida. Entre ambos extremos, existe un intervalo del contenido de agua en que la arcilla se comporta plásticamente. En segundo lugar, Atterberg hizo ver que la plasticidad de un suelo exige, para ser expresada en forma conveniente, la utilización de dos parámetros en lugar de uno solo, como hasta su época se había creído; además señaló esos parámetros y un modo tentativo.

Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos, con que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo.

Relación entre las fases sólidas y líquidas en una arcilla

Durante mucho tiempo se creyó que los minerales de las arcillas eran de naturaleza amorfa, pero todas las investigaciones de detalle realizadas hasta ahora han demostrado, que son cristalinos y altamente estructurados.

Según su contenido de agua en forma decreciente, un suelo susceptible de ser plástico puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia, definidos por Atterberg.

- Estado líquido, con las propiedades y apariencia de una suspensión
- Estado semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso
- Estado plástico, en que el suelo se comporta plásticamente
- Estado semisólido, en el que el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aun disminuye de volumen al estar sujeto a secado.
- Estado sólido, en el que el volumen del suelo no varía con el secado.

Selección para la determinación de los límites de plasticidad

Es importante que las muestras seleccionadas para determinar los límites sean lo más homogéneas que se pueda lograr. A este respecto, ha de tenerse en cuenta, que el aspecto de una arcilla inalterada es muy engañoso; a simple vista puede no presentar la menor indicación de estratificación, ni cambio de color y ello no obstante, su contenido natural de humedad puede variar grandemente en diferentes zonas de la misma muestra extraída del terreno, con correspondientes variaciones apreciables en los límites líquidos.

En la construcción de las ataguías del P.H. La Yesca se encuentra una variedad de materiales, dentro de los que encontramos la arcilla producto de la explotación de bancos.

Los materiales se clasificaron de acuerdo a sus características, origen y tomando en cuenta las especificaciones, como se muestra a continuación:

- Material N

Zona de la estructura: Zona impermeable o núcleo.

Origen: Banco de material "La Haciendita" o "Mesa de la Tía Dominga" ubicados al NE y SE de la cortina respectivamente. (AR en la margen izquierda)

Características: Arena arcillosa con fracción fina de alta plasticidad, es necesario construir un camino de acceso de 3.50 m.



Especificaciones: El material en el sitio del banco se explotará en rampa para mezclar los substratos, se colocará en capas de 25 cm de espesor en estado suelto, con el contenido de agua óptimo más 1%, y se compactará con rodillo de almohadillas o pata de cabra de 100 kN de peso estático, hasta alcanzar el 95% de su peso volumétrico seco máximo con respecto a la prueba Proctor.

2.3 Explotación y tratamiento de bancos de materiales

Explotación de bancos

Manejo del material producto de voladuras

Esta actividad incluye la clasificación y carga del material. El proceso se inicia después de cada voladura con el objeto de limpiar el área para permitir las actividades previas a la siguiente voladura. Primeramente se procede a seleccionar el material según su tamaño para su transporte al sitio de colocación, o en su caso, a la zona donde será procesado para adecuarlo a las especificaciones del proyecto. El material sobrante se carga en camiones de volteo fuera de carretera o camiones convencionales mediante la utilización de cargadores y/o trascabos con la capacidad suficiente para depositar dicho material en los vehículos de carga utilizados.

Traslado

Una vez cargado el material, es transportado directamente a través de los caminos que forman parte de las vialidades para construcción, hasta los bancos de desperdicio ubicados cerca de las márgenes izquierda y derecha del Río Santiago, aguas arriba de las estructuras principales del proyecto.

Disposición final

El material será depositado en los bancos de desperdicio, extendiéndolo con tractores de oruga y formando terrazas o plataformas para proporcionarle estabilidad e impedir posteriormente deslaves en sus taludes, en el entendido que está establecido que estos depósitos queden a una elevación menor que el NAMINO (nivel de aguas mínimas de operación), con el objeto de que en ningún caso lleguen a emerger del embalse.

Bancos de aluvión y limos

Los bancos de aluvión y limos son depósitos aluviales localizados sobre el cauce del río o en sus márgenes.

Para dar acceso a estos bancos se construyen caminos de terracerías que comunican el cauce del río con plataformas donde se pretende almacenar los materiales. Previamente a la explotación, se procede al acondicionamiento del sitio, consiste en desmonte, despalme y regularización de la superficie.

La explotación de estos bancos se realiza en dos etapas. En la primera, mediante el uso de tractores para acumular el material y para cargarlo se utilizan trascabos de oruga y cargadores sobre neumáticos con cucharón frontal; el acarreo se realiza mediante camiones de volteo a los almacenes asignados, disponiendo de todo el material existente por arriba del nivel del río. En la segunda etapa se utilizan dragas o retroexcavadoras que extraen el material por debajo del nivel del río hasta alcanzar el fondo del banco o hasta donde permita el alcance máximo del equipo.

La utilización del aluvión será inicialmente para la construcción de las ataguías y posteriormente; mediante cribado y trituración, para producir agregados para concreto.

El limo se utiliza comúnmente para incluirse como parte del material de desplante de las ataguías en presencia de agua y dar impermeabilidad a la cimentación.



Explotación de banco

Los bancos de aluvión y limo que se consideraron para el P.H. La Yesca son los siguientes:

Bancos de aluvión y limo

Aluvión			
Banco	ha	Volumen estimado del banco m ³	Volumen aprovechado m ³
Playón N° 1 Agua Caliente	2.02	222 514	141 400
Playón N° 2 El Tajo	0.84	92 290	58 800
Playón N° 3 El Volantín	4.83	530 989	338 100
Playón N° 4 Paso La Yesca 1	2.18	239 459	152 600
Playón N° 5 Paso La Yesca 2	1.77	123 928	123 900
Playón N° 6 La Canastilla 2	2.00	140 378	140 000
Playón N° 7 La Canastilla 1	7.04	492 666	492 800
Playón N° 8 El Charco La Manta	5.78	404 649	404 600
Playón N° 9 El Toril	2.14	150 064	149 800
Playón N° 10 Paso La Yesca 3	3.76	413 908	263 200
Playón N° 11 Juanepanta	1.38	152 245	96 600
Playón N° 12 El Pango	2.77	304 728	193 900
Playón N° 13 Agua Caliente 2	3.19	350 889	223 300
Playón N° 16 La Haciendita	14.47	1 591 453	1 012 900
Playón N° 17 La Araña	0.95	104 841	66 500
Playón N° 18 La Lagunita	3.45	379 632	241 500
Playón N° 23 Arroyo La Higueras	0.91	99 639	63 700
Limo			
Agua Caliente 1	4.5		415 000
Agua Caliente 2	8.93		
La Parcela	1.48		

Estos bancos, por encontrarse en el cauce del río, quedaran sumergidos en los embalses de la presa.



Bancos de arcilla

Estos bancos son formados por suelos residuales que se localizan en las áreas de topografía suave o ligeramente inclinada y que por las condiciones propias de la región no son abundantes.

Para la selección de los bancos de arcilla se realizaron estudios determinando las características físicas, áreas y volúmenes potenciales.

Algunos de los accesos a estos bancos de arcilla son actualmente de terracería, y deben de ser mejorados o modificados posteriormente para permitir el acceso de los equipos de acarreo que llevaran el material del banco a los almacenes o a las ataguías, según sea el caso.



Explotación de banco de arcilla

El acondicionamiento de estos bancos consiste en delimitar primeramente el terreno y hacer su reconocimiento para modificar los cauces naturales que cruzan el banco, y mantener las pendientes necesarias durante el proceso de explotación para evitar el encharcamiento y saturación de humedad del material. Previo a la explotación, se realiza el desmonte y despalme sobrepasando perimetralmente 5 m para permitir la formación de cunetas que lleven los escurrimientos pluviales fuera del área de trabajo, y a la vez ir formando los taludes con relación 0.5:1 hasta llegar al fondo del banco. De acuerdo con los datos proporcionados por los estudios previos, se conoce que el espesor promedio de los bancos varía entre 1 a 2.6 m, lo cual indica que podrá explotarse en una sola etapa.

El horizonte fértil se excavará y depositará en un banco de almacenamiento y al final de la obra se repondrá en el banco de origen.

Para la explotación de la arcilla se utilizan tractores que cortan el material en franjas horizontales desbastando el banco en capas sucesivas sobre toda la superficie hasta agotar el potencial, momento en el que se concluyen las actividades de explotación. Al concluir la explotación, queda una superficie irregular con espesores variables de arcilla que dependen de la configuración del estrato subyacente, ya sea de roca o de otro material distinto, siendo hasta este momento en el que se puede proceder al inicio de actividades para la restauración del terreno y la reforestación.

Banco	ha	Volumen estimado del banco m ³	Volumen aprovechado m ³
La Haciendita	6.5	58 500	25 500



Bancos de roca

Los bancos de roca para la construcción de los cuerpos de las ataguías y principalmente la presa deben reunir condiciones especiales de calidad, como la deformabilidad, resistencia e inyectabilidad entre otros. Aunque la ignimbrita que existe en las zonas aledañas al proyecto es considerada de buena calidad, no toda reúne las condiciones óptimas de construcción. Con investigaciones de campo se llegó a identificar 4 posibles bancos, cuyas muestras deberán de ser estudiadas con mayor precisión en pruebas de campo y de laboratorio. Actualmente el camino de acceso comunica a los bancos El Manguito, Las Garzas y excavaciones en la zona de obra, no así para el carrizalillo al que se deberá construir un tramo de aproximadamente 1 Km. para llegar a la parte alta de la margen derecha que es donde se encuentra el banco.



Acarreo del material a los bancos

La explotación se logrará con voladuras de dinamita, la remoción con tractores y el acarreo a los bancos de depósito con camiones pesados. El corte se realizará por medio de banqueos a la altura que determine el estudio de geotecnia para cada caso en particular. Preferentemente las excavaciones se realizaran a elevaciones más altas que los sitios de colocación para bajar el material y no tener que subirlo, y forzar los motores de los camiones de carga.

A continuación se muestran las características de los materiales referidos:

Banco	ha	Volumen aprovechado m ³
El Carrizal	4.19	1 055 652
Las Garzas	5.02	1 226 923
El Manguito	5.03	2 189 987
Excavaciones en zona de obra	- - - -	4 000 000

Almacenes de desperdicio

Estos sitios se pueden definir como los depósitos finales de los materiales geológicos no utilizables para la obra a donde van a dar todos los materiales de desecho que se generan durante la construcción de la obra, tales como: concretos producto de demolición, roca, aluvi6n, gravas, limos y arcillas.

El sitio más probable a utilizar deberá estar aguas arriba de la presa, a una elevación tal que permite que todo el material depositado quede ahogado dentro del embalse. Es posible que se ubique en un área de depósito de desechos geológicos y escombros en cada margen con el objeto de facilitar maniobras y costos indirectos. Para la localización del sitio se tomaran las siguientes consideraciones: preferentemente que fuese una cañada o un cantil con desnivel que permita el balconeo del material hasta el sitio donde no reduzca el cauce



natural del río ni afecte los sitios de construcción de la obra, que el material se puede ir creciendo con el depósito del material en forma de rampa o talud con el ángulo de reposo natural que adquieran los materiales con el balconeo.

Dadas las características del depósito, no se requiere acondicionamiento del mismo, salvo una pequeña plataforma en la parte alta de la cañada o cantil para que el equipo de acarreo haga maniobras para acercarse al borde del tiradero. Se construirán los ramales a los caminos de acceso ya existentes que ligen a las plataformas con las vialidades internas de la obra. Los ramales que se construyan para llegar al tiradero serán caminos de terracería provisionales que al finalizar la obra quedaran abandonados.

Almacenes de materiales

- Estos sitios son terrenos que deben de contar con las siguientes características:
- Ser sensiblemente planos
- Ubicados en sitios accesibles
- Ubicados en las cercanías de la periferia de la obra
- En sitios en donde no se afecten las áreas de construcción del proyecto

Las actividades que se desarrollan comúnmente para acondicionar los terrenos para almacén de materiales son:

- Desmonte
- Despalme
- Regularización de la superficie
- Revestimiento con materiales pétreos
- Nivelación para dar pendiente a los escurrimientos pluviales
- Modificación mediante canalización de los arroyos

El uso que se da a estos sitios es el de almacenar en ellos de manera independiente, los distintos materiales que se requieren durante la construcción del proyecto, tales como roca, materiales pétreos triturados, grava-arena del río, arcillas y limos. Estos almacenes se van formando y creciendo o decreciendo conforme a la explotación y su utilización en los sitios de la obra hasta finalizar la construcción, momento en el cual se deben dar las condiciones para la restauración del terreno en cuestión.

Procedimiento constructivo de la explotación de bancos de aluvión, acarreos y almacenamiento

Objetivo

Describir la planeación y secuencia de explotación de los bancos de aluvión, sus acarreos y almacenamiento.

Alcance

Este procedimiento aplica para los diferentes bancos de materiales aluviales para la construcción de las obras del proyecto Hidroeléctrico "La Yesca".

Definiciones

BPE.- Bueno para ejecución.

Responsabilidades

Gerente de Construcción.

- Revisa y aprueba técnicamente el contenido del procedimiento.
- Gestiona los recursos necesarios para la ejecución de las actividades.

Superintendente de Construcción

- Revisa planos, especificaciones y documentos relacionado con la excavación y los tratamientos de taludes.



- Planea y programa la ejecución de los trabajos.
- Determina y administra los recursos.
- Coordina la elaboración de procedimientos de su área.

Jefe de obra

- Elabora los procedimientos de los trabajos.
- Difunde al personal de su área los procedimientos.
- Aplica y verifica la ejecución de los trabajos del plinto de acuerdo a este procedimiento.
- Apoya y fomenta las pláticas previas a las actividades.
- Verifica la ejecución de los trabajos en todo el proceso de explotación de los bancos.
- Entrega al Departamento de Seguridad y Salud en el trabajo el programa semanal de trabajo.
- Entrega al Departamento de Seguridad y Salud en el trabajo con 24 horas de anticipación la autorización de actividades de alto riesgo.

Jefe de frente

- Coordina y programa los recursos para el cumplimiento de las producciones necesarias de acuerdo al programa de obra vigente.
- Instruir y capacitar al personal a su cargo para desarrollar los trabajos dentro de un marco de seguridad y eficiencia.
- Suministrar la información al sobrestante, de los programas y necesidades de aluvión.
- Vigila que los trabajos en el río se desarrollen sin la presencia de gastos importantes en el río.

Sobrestante movimiento de tierras.

- Es el responsable de coordinar al personal obrero y de encomendarle sus tareas diarias.
- Se encarga de coordinar las actividades al inicio y durante el turno para cambiar las condiciones del frente de trabajo.
- Vigila que la producción de los equipos se cumpla de acuerdo con la programación proporcionada por el jefe de frente.
- Revisa que el destino de los materiales sea el correcto de acuerdo con las necesidades de las ataguías, la cortina o las plantas de procesamiento de agregados.

Procedimiento:

Explotación bancos de materiales.

Generalidades para la explotación de bancos de aluvión.

Como actividades previas se realizan los trabajos correspondientes a los caminos de acceso y vados necesarios para el manejo del río que permitan las operaciones de extracción, carga, acarreo y almacenamiento de aluvión. Estos vados contarán con terraplenes de acceso a la sección de control que se colocará para el paso del gasto y que consiste en instalar tunos metálicos armables de lámina calibre 1 y de 2.6 m de diámetro, o de las características estructurales y geométricas que sean determinadas por el diseño de detalle.

Otros elementos que permiten aprovechar al máximo el área disponible del cauce, son la construcción de espigones y algunos canales que encausan el río hacia una sola margen.

Periódicamente se efectuará el control topográfico que permita conocer el avance de los volúmenes explotados.

En cada banco se procede con las actividades de delimitación, limpieza, despalme de la capa vegetal y retiro de zonas que presentan alteraciones o condiciones de intemperismo, de tal forma que se garantice mantener las condiciones de aceptación de los materiales para su envío a las ataguías o cortina y la producción de agregados para concreto.



La limpieza de la capa vegetal se hará con tractor sobre orugas. El material producto del desmonte y despalme se dispondrá en los bancos de desperdicio o en bancos de almacenamiento para su posterior uso en las actividades de reforestación.

Balance y secuencia de extracción.

De la revisión de los planos y documentos de licitación, se determinaron las necesidades de aluvi6n que integran las ataguías y la cortina, así como los volúmenes necesarios para el procesamiento de agregados para concreto y materiales de filtro 2, 2F y F.

Requerimiento de material

Descripción	Cantidad	Unidad
Obras de Desvío		
Preataguía	131,742	M3c
Ataguía aguas abajo	28,097	M3c
Bordo Carrizalillo	5,936	M3c
Obras de Contención		
Ataguía integrada a cortina	609,361	M3c
Zona de 3B cortina	2,989,766	M3c
Todos los frentes		
Procesamiento de agregados	1,036,790	M3b
Suma	4,876,990	M3b

M3c: metro cúbico compacto; M3b: metro cúbico banco. Esta determinación de volúmenes considera la suma alzada más precio unitario.

Este balance podrá sufrir modificaciones en función a la incorporación de enrocamiento en el tercio superior para el material 3B, lo cual dependerá a su vez de las condiciones geológicas del macizo en las excavaciones del proyecto.

De acuerdo con estos requerimientos se tiene planificado extraer aluvi6n durante las épocas de estiaje a lo largo del periodo de construcción, según se muestra en el plano que contiene la planta general de los bancos de aluvi6n

Año	Periodo	Días efectivos
2007 – 2008	Diciembre – Junio	164
2008 – 2009	Octubre – Junio	216
2009 – 2010	Octubre – Junio	215
2010 – 2011	Noviembre – Enero	76

La explotación de aluvi6n se realiza de aguas abajo hacia aguas arriba y se ataca de acuerdo con la siguiente secuencia:

Explotación bancos de aluvi6n			
Dic. 2007 – Jun. 2008			
Banco	Cantidad m3b	Año	Periodo
Play6n No. 13 Agua Caliente 2	204,008	2008	Dic. – Junio
Play6n No. 1 Agua Caliente 1	186,976	2008	Enero – Junio
Play6n No. 2 El Tajo	15,941	2008	Enero – Junio
Play6n No. 16 La Haciendita	539,075	2008	Enero – Junio
Suma 2008	946,000		
Explotación bancos de aluvi6n			
Oct. 2008 – Jun. 2009			



Banco	Cantidad m3b	Año	Periodo
Playón No. 16 La Haciendita	50,941	2008	Octubre – Junio
Playón No. 12 El Pango	127,665	2008	Octubre – Junio
Playón No. 23 Arroyo Las Higueras	43,155	2008	Octubre – Junio
Playón No. 17 La Araña	11,571	2008	Octubre – Junio
Playón No. 3 El Volatín	319,571	2008	Octubre – Junio
Playón No. 10 Paso La Yesca 3	344,776	2009	Octubre – Junio
Playón No. 4 Paso La Yesca 1	90,622	2009	Octubre – Junio
Playón No. 18 La Lagunita	71,440	2009	Octubre – Junio
Playón No. 5 Paso La Yesca 2	203,704	2009	Octubre – Junio
Playón No. 6 La Canastilla 2	95,072	2009	Octubre – Junio
Playón No. 7 La Canastilla	209,483	2009	Octubre – Junio
Suma 2008 – 2009	1,568,000		
Explotación bancos de aluvión			
Oct. 2009 – Jun. 2010			
Banco	Cantidad m3b	Año	Periodo
Playón No. 7 La Canastilla	352,738	2009	Octubre – Junio
Playón No. 8 El Charco de la Manta	541,917	2009	Octubre – Junio
Playón No. 14 S/N	282,118	2010	Octubre – Junio
Playón No. 9 El Toril	168,574	2010	Octubre – Junio
Playón No. 15 El Potrero	83,802	2010	Octubre – Junio
Playón No. 20 S/N	31,370	2010	Octubre – Junio
Playón No. 21 La Higuera	547,245	2010	Octubre – Junio
Playón No. 22 La Montaña	124,236	2010	Octubre – Junio
Suma 2009 – 2010	2,132,000		

El balance de materiales para las ataguías y cortina, así como para la producción de agregados queda como sigue:

Requerimiento Aluvión	Cantidad	Unidad
Ataguías – Cortina	3,840,200	M3b
Producción de agregados	1,036,790	M3b
Suma	4,876,990	M3b
Origen		
Río Santiago – Bolaños	4,675,064	M3b
Excavaciones	80,261	M3b
Suma	4,755,325	M3b
Faltante	121,665	M3b

Como se aprecia en el cuadro anterior se tiene un faltante de material que tendrá como origen el mismo Río Santiago, producto de los recargues en cada época de lluvias.

De acuerdo con los requerimientos de los frentes de trabajo, desvío, contención y plantas de agregados, se realizó un programa de extracción que garantiza la suficiente existencia de material disponible aún en épocas



de inundación en el río, por lo que la previsión del volumen de almacenamiento de aluvión corresponde a 1,386,410 m³ a lo largo de los periodos de estiaje.

El proceso de extracción se realiza con retroexcavadora sobre orugas con capacidad de ataque para una profundidad de 8m. para las zonas donde se tengan espesores mayores a un metro por arriba del espejo del agua, inicialmente se ataca el corte de ese espesor hasta 10 cm por arriba del espejo del agua y posteriormente se profundiza con todo el alcance de la retroexcavadora agotando los bancos en forma vertical antes que horizontalmente, hasta completar el espesor deseado o encontrar la roca lo que suceda primero.

Una vez cortado el material por la retroexcavadora se carga sobre volteo pesado fuera de carretera con capacidad de 50 ton, que lo transporta a la zona de almacenaje en la plataforma B-1MD, el material se descarga sobre un equipo de trituración primario 97 x 147 cm (38" x 58") que lo procesa para su envío al banco de almacén o preferentemente a tiro directo a las zonas de colocación. Cuando en forma visual se determine por parte del personal del Contratista que el material aluvial no requiere ser procesado debido a que la granulometría en forma natural cumple con los requerimientos, se enviará en forma directa sin pasar por el equipo de trituración a las zonas de almacenamiento. Durante las actividades de explotación se forman rampas para que los camiones al salir de los bancos, eliminen la mayor parte del agua en el material, misma que será canalizada nuevamente al río.

En las zonas de almacenaje se descarga el material y se conforma en capas con tractor sobre orugas a fin de evitar la segregación.

Se realizan campañas de muestreo para evidenciar las granulometrías de los materiales extraídos a fin de garantizar el cumplimiento de las especificaciones.

Si el material producto de la excavación no cumpliera las especificaciones aplicables, debe dejarse debidamente identificado en el mismo sitio del banco.

Cuando los niveles en el río no permitan la extracción, se utiliza el material previamente almacenado.

Explotación de bancos de arena limosa

Con base al estudio geotécnico de los bancos de arena limosa, se ha considerado la extracción de este material para su uso en las obras de contención en el material 1B y en la producción de los materiales procesados 2F, F y 2.

Al igual que en los bancos de aluvión, se realizarán las gestiones necesarias para efectuar la explotación de cada banco.

Se realiza la delimitación, el despalme y retiro de la capa vegetal en el espesor necesario que permita encontrar el material en las condiciones aceptadas por el área de control de calidad.

Por la ubicación de los bancos en zonas alledañas al cauce, se dará prioridad a la explotación de material areno limoso durante la primera época de estiaje con el fin de optimizar la potencia de los bancos y almacenarlo correctamente en el banco 1MD por arriba de la cota 425,00 msnm.

El proceso de explotación se realiza con retroexcavadora sobre orugas que corta y carga el material sobre los camiones de volteo que lo transportan a la zona de almacenaje, donde se descarga y se conforma en capas, formando pilas de almacenamiento que se protegen de tal forma que se evite durante la época de lluvias incrementos en la humedad natural. Estas acciones de protección consisten en dar pendiente en la última capa de la pila para facilitar el corrimiento de la lluvia, así también sellado superficial de la última capa con el paso del vibrocompactador, y finalmente se cubre con lonas.

El área de control de calidad realiza las pruebas necesarias para garantizar las condiciones de aceptación del material en forma previa a su envío a las zonas de almacenamiento.



Bancos Disponibles	Cantidad	Unidad
Agua Caliente 1	220,000.00	M3b
Agua Caliente 2	9,000.00	M3b
La Parcela	46,000.00	M3b
Suma	275,000.00	M3b

Explotación de bancos de material impermeable

De conformidad con el informe sobre el estudio geotécnico de los bancos de arena limosa y de material impermeable, se tienen identificados dos bancos de material impermeable: La Haciendita y la Mesa de la Tía Dominga.

Estos serán explotados de acuerdo con el programa de colocación de las ataguías, considerando la debida anticipación para el inicio de la extracción permitiendo cumplir los dichos programas en base a la suficiente disponibilidad de material en condiciones de trabajabilidad para su colocación.

La potencia descrita para esos bancos es la siguiente:

Bancos disponibles	Cantidad	Unidad
La Haciendita	58,500.00	M3b
Mesa de la Tía Dominga	60,000.00	M3b
Suma	118,500.00	M3b

Los requerimientos de material impermeable en las estructuras de desvío son los siguientes:

Requerimientos	Cantidad	Unidad
Preataguía	88,871.00	m3c
Ataguía aguas abajo	14,027.00	m3c
Bordo Carrizalillo	4,694.00	m3c
Suma	107,592.00	m3c

El balance de materiales se satisface de acuerdo con la potencia de los bancos y los requerimientos de las estructuras.

El proceso de explotación inicia con los trabajos de desmonte y limpieza de las áreas por explotar, actividad planificada con tractor sobre orugas. Posteriormente se realiza el despalle de la capa vegetal en los espesores necesarios, actividad que se realiza igualmente con tractor sobre orugas que corta y acumula el material para su posterior carga con cargador frontal a camiones de volteo que lo transportan hasta las zonas de desperdicio o bancos de almacenamiento previstos. Este material puede usarse posteriormente en las actividades de restauración del medio ambiente.

En los bancos de explotación se tiene planificado llevar la secuencia de ataque dejando plataformas que facilitan el proceso de homogenización. Este último consiste en adicionar la cantidad de agua necesaria para alcanzar el contenido óptimo así como la mezcla del material que permite cumplir con el grado de compactación especificado, para ello el área de control de calidad realiza pruebas para identificar el contenido natural de agua en peso y así poder determinar la cantidad necesaria faltante, para llevar el contenido a un +1% por arriba del valor óptimo, como acción preventiva para evitar que el material pierda humedad en el proceso de colocación. Esta actividad de mezclado se realiza por medio de tractor agrícola, equipado con rastra de discos, que revuelve el material humectado previamente, dando el número de pases necesarios para lograr su homogeneidad.

Posteriormente el material se arruma y se carga por medio de cargador frontal a camiones de volteo que lo transportan desde el banco de extracción hasta la zona de colocación.



Explotación de bancos de roca

Dentro de la planeación general se ha considerado que la roca para el enrocamiento de las ataguías será obtenida de las mismas excavaciones de las obras del proyecto. El procedimiento previsto para la explotación se describe como parte del proceso constructivo de cada una de las estructuras de donde se obtendrá la roca.

Recursos

Mano de obra

- Cabo de movimiento de tierras
- Operador de retroexcavadora sobre orugas
- Operador Volteo pesado fuera de carretera 50Ton
- Operador Tractor sobre orugas
- Ayudantes

Materiales

- Tubería metálica varios diámetros
- Herramienta y equipo menor

Maquinaria

- Retroexcavadora sobre orugas
- Camión fuera de carretera
- Tractor sobre orugas

Procedimiento para el procesamiento y transporte de material 3B

Objetivo

Describir todas las actividades relacionadas con los trabajos para Proceso y transporte con bandas de material 3B.

Alcance

El procedimiento aplica para todas las actividades relacionadas con el Procesamiento y transporte con bandas de material 3B para la presa del P.H. La Yesca, Jalisco y Nayarit.

Responsabilidades

Superintendente de plantas.

- Revisar el programa de trabajo para prever y suministrar los recursos necesarios al frente de producción.
- Revisar el procedimiento llevado en campo de acuerdo a lo descrito en el presente.
-

Superintendente de manejo de materiales

- Coordinar y programar los recursos para el cumplimiento de las producciones necesarias de acuerdo al programa de obra vigente.
- Controlar el costo diario de producción a fin de identificar las desviaciones y tomar las acciones preventivas o correctivas que eviten el incremento de costos por encima de lo proformado.
- Instruir y capacitar al personal a su cargo para desarrollar los trabajos dentro de un marco de seguridad y eficiencia.
- Mantener comunicación con el responsable del área de seguridad para coordinar los trabajos, reduciendo riesgos para el personal propio y terceros.



- Suministrar la información al encargado y a los ayudantes de los transportadores, de los diagramas de flujo a utilizar.

Encargado de planta

- Mantener el área de los transportadores limpia y en condiciones de operación.
- Asegurarse que el personal cuente con los equipos de protección personal.
- Controlar el flujo de los materiales de acuerdo a la información proporcionada anticipadamente.
- Controlar y reportar las actividades del turno de trabajo.

Responsabilidades generales

Todo el personal ejecutivo, técnico, administrativo y obrero que interviene en la aplicación de este procedimiento esta obligado a realizar cualquier actividad usando el equipo de protección personal establecido por el área de seguridad, así como acatar cualquier instrucción que tenga como fin evitar cualquier acto inseguro o evitar cualquier peligro al entorno o a las personas.

Todo el personal ejecutivo, técnico, administrativo y obrero que interviene en la aplicación de este procedimiento esta obligado a cumplir y hacer cumplir el manifiesto de impacto ambiental, el estudio técnico justificativo y sus resolutivos así como las leyes municipales, estatales y federales aplicables en materia ambiental.

Cumplir y apoyar la aplicación de los lineamientos del sistema de gestión de calidad y seguridad, salud en el trabajo y medio ambiente.

Antecedentes

Tener aprobados la voladura en los bancos para la obtención de los materiales.

Descripción del procedimiento

Descripción general

Las actividades que se describen se realizarán para el proceso y transporte de los materiales 3B del P.H. La Yesca, Jalisco y Nayarit.

El material 3B para las ataguías se obtendrá de los bancos de aluvión que se ubican en el cause de los Ríos Santiago y Bolaños en el lado aguas arriba de la cortina del sitio del P.H. La Yesca.

En este proceso se utilizarán turnos de 10 horas.

Trituración y transporte de materiales

La planta será alimentada con los materiales de los bancos que fueron previamente autorizados para tal fin, el procedimiento de explotación de bancos se describe por separado.

Previo a la instalación de la planta de trituración y transportadores se nivela y compacta el terreno natural y se construyen los cimientos para las bases de las trituradoras y transportadores sobre las cuales estarán apoyadas para asegurar la eficiencia de las mismas.

Los materiales se obtendrán de los bancos de aluvión. Dependiendo de la granulometría y a juicio del contratista, se podrá enviar el material a las ataguías para su colocación o al proceso de trituración parcial.

Etapa Primaria y Única; El material una vez recibido del banco de explotación, es descargado en las instalaciones de margen derecha donde se ubica la tolva de recepción, en esta se separan los tamaños que no es necesario reducir por medio de un Alimentador Vibratorio Grizzly 66" x 30", los cuales caen directamente sobre una banda de 60" x 100", los tamaños mayores pasan a las muelas de la trituradora primaria 38" x 58", en donde son reducidos a tamaños aceptables para la colocación, este material se descarga sobre la misma banda en la salida de las muelas del primario y ambos productos son llevados a un transportador de banda de 48" x 80" con movimiento radial el cual puede descargar en un sistema de dos transportadores de banda fijos y dos semifijos y otro con movimiento hacia arriba y abajo y en forma lateral



(llamado Bench Conveyor) que descarga en la zona de las ataguías en una tolva con capacidad de 1,000 ton. desde la cual por medio de compuertas tipo almeja accionadas hidráulicamente, se descarga sobre camiones para distribuir el material a colocación en las ataguías, la tolva esta provista de cuatro gatos hidráulicos para facilitar su elevación conjuntamente, el transportador radial 48" x 80" puede descargar también en una tolva con capacidad de 200 ton. desde la cual por medio de compuertas tipo almeja accionadas hidráulicamente, se descarga sobre camiones para llevar el material al almacén para su posterior utilización.

En la estación de la trituración se construirá una cubierta de lamina galvanizada con cortinas de hule para realizar la función de mitigar las emisiones de polvos, en caso de ser necesaria más mitigación de polvos, se instalarán aspersores en las caídas de las bandas transportadoras en la medida que sean necesarios. Cuando por algún evento no se pueda recibir el material en las ataguías este se llevará al almacén.

Almacenamiento de materiales

Se hará de forma que no queden alteradas sus características ni sufran ningún deterioro sus formas o dimensiones. Los sitios para el almacenamiento de los materiales se ubicarán en la margen derecha aguas arriba en el lugar denominado BD-1MD.

Una vez elegido el lugar para el almacenamiento, este se rellena, nivela y se compacta la superficie para evitar que se produzcan contaminaciones de los materiales con el del terreno natural, debido a baches que se forman por la humedad de las lluvias proyectando para ello drenes por medio de pendientes en el desplante del almacén, los cuales canalizan las aguas de las filtraciones a las corrientes naturales. Cuando se retira el material almacenado se dejará una capa aproximada de cinco hasta veinte centímetros del material almacenado.

Utilización de materiales almacenados

Al utilizar el material almacenado será utilizando el sistema de bandas o por camión lo que resulte mas conveniente.

Los materiales son cargados por medio de un cargador sobre neumáticos a un camión fuera de carretera para llevarlo directamente a las ataguías o a la tolva de alimentación junto al sistema de transportadores de banda para que por medio de este se lleve para su distribución y colocación.

Procedimiento para el procesamiento y transporte con bandas de materiales T

Objetivo

Describir todas las actividades relacionadas con los trabajos para el Proceso y transporte de los materiales T para ataguías.

Alcance

El procedimiento aplica para todas las actividades relacionadas con el Procesamiento y transporte de los materiales T para la presa del P.H. La Yesca, Jalisco y Nayarit.

En este proceso se obtienen conjuntamente los materiales T y 3C para la construcción de las ataguías y cortina.

Responsabilidades

Superintendente de plantas.

- Revisar el programa de trabajo para prever y suministrar los recursos necesarios al frente de producción.
- Revisar el procedimiento llevado en campo de acuerdo a lo descrito en el presente.

Superintendente de manejo de materiales



- Coordinar y programar los recursos para el cumplimiento de las producciones necesarias de acuerdo al programa de obra vigente.
- Controlar el costo diario de producción a fin de identificar las desviaciones y tomar las acciones preventivas o correctivas que eviten el incremento de costos por encima de lo proformado.
- Instruir y capacitar al personal a su cargo para desarrollar los trabajos dentro de un marco de seguridad y eficiencia.
- Mantener comunicación con el responsable del área de seguridad para coordinar los trabajos, reduciendo riesgos para el personal propio y terceros.
- Suministrar la información al encargado y a los ayudantes de los transportadores, de los diagramas de flujo a utilizar.

Encargado de transportador

- Mantener el área de los transportadores limpia y en condiciones de operación.
- Asegurarse que el personal cuente con los equipos de protección personal.
- Controlar el flujo de los materiales de acuerdo a la información proporcionada anticipadamente.
- Controlar y reportar las actividades del turno de trabajo.

Responsabilidades generales

Todo el personal ejecutivo, técnico, administrativo y obrero que interviene en la aplicación de este procedimiento esta obligado a realizar cualquier actividad usando el equipo de protección personal establecido por el área de seguridad, así como acatar cualquier instrucción que tenga como fin evitar cualquier acto inseguro o evitar cualquier peligro al entorno o a las personas.

Todo el personal ejecutivo, técnico, administrativo y obrero que interviene en la aplicación de este procedimiento esta obligado a cumplir y hacer cumplir el manifiesto de impacto ambiental, el estudio técnico justificativo y sus resoluciones así como las leyes municipales, estatales y federales aplicables en materia ambiental.

Cumplir y apoyar la aplicación de los lineamientos del sistema de gestión de calidad y seguridad, salud en el trabajo y medio ambiente.

Antecedentes

Tener aprobados la voladura en los bancos para la obtención de los materiales.

Descripción del procedimiento

Descripción general

Las actividades que se describen se realizarán para el proceso y transporte de los materiales 3C y T para las ataguías y cortina del P.H. La Yesca, Jalisco y Nayarit.

Los materiales T y 3C para las ataguías y cortina se obtendrán de las voladuras, principalmente en la obra de excedencias del canal de llamada, estructura de control y canal de descarga. En este proceso se utilizarán turnos de 10 horas.

Trituración y transporte de materiales

La planta será alimentada con los materiales de los bancos que fueron previamente autorizados para tal fin, el procedimiento de explotación de bancos se describe por separado.

Previo a la instalación de la planta de trituración y transportadores se nivela y compacta el terreno natural y se construyen los cimientos para las bases de las trituradoras y transportadores sobre las cuales estarán apoyadas para asegurar la eficiencia de las mismas.

Los materiales se obtendrán de las excavaciones de las obras de excedencias. Dependiendo de la granulometría y a juicio del contratista con la anuencia se podrá enviar el material a las ataguías y cortina para su colocación o al proceso de trituración parcial.



Etapa Primaria y Única; El material una vez recibido del banco de explotación, es descargado en las instalaciones de margen izquierda en la elevación 580 msnm, donde se ubica la tolva de recepción, en esta se separan los tamaños que no es necesario reducir por medio de un Alimentador Vibratorio Grizzly 66" x 30", los cuales caen directamente sobre una banda de 60" x 100", los tamaños mayores pasan a las muelas de la trituradora primaria 44" x 48", en donde son reducidos a tamaños aceptables para colocación, este material se descarga sobre la misma banda en la salida de las muelas del primario y ambos productos son llevados a la zona de colocación por medio de un sistema de 3 (tres) transportadores de banda fijos 60" x 312", 60" x 846", 60" x 377" y uno de 60" x 200" con movimiento hacia arriba y abajo y en forma lateral (llamado Bench Conveyor) el cual descarga en una tolva con capacidad de 1,000 ton. desde la cual por medio de compuertas tipo almeja accionadas hidráulicos para facilitar su elevación conjuntamente con el nivel de la cortina.

En las primeras etapas el sistema de transportadores lleva el material hacia abajo cuando la excavación del vertedor llega a la elevación 523 msnm y en las últimas etapas se coloca la trituradora primaria 44" x 48" abajo y el flujo del material es hacia arriba para utilizar el material extraído del canal de descarga del vertedor debajo de la elevación 523 msnm.

En la estación de la trituración se construirá una cubierta de lámina galvanizada con cortinas de hule para realizar la función de mitigar las emisiones de polvos, en caso de ser necesaria más mitigación de polvos, se instalarán aspersiones en las caídas de las bandas transportadoras en la medida que sean necesarios.

Cuando por algún evento no se pueda recibir el material en el lugar de la colocación este se llevará al almacén aguas abajo.

Almacenamiento de materiales

Se hará de forma que no queden alteradas sus características ni sufran ningún deterioro sus formas o dimensiones. Los sitios para el almacenamiento de los materiales se ubicarán en aguas abajo en el lugar denominado BA-1MI.

Una vez elegido el lugar para el almacenamiento, este se rellena, nivela y se compacta la superficie para evitar que se produzcan contaminaciones de los materiales con el del terreno natural, debido a baches que se forman por la humedad de las lluvias proyectando para ello drenes por medio de pendientes en el desplante del almacén, los cuales canalizan las aguas de las filtraciones a las corrientes naturales. Cuando se retira el material almacenado se dejará una capa aproximada de cinco hasta veinte centímetros del material almacenado.

Utilización de materiales almacenados

Al utilizar el material almacenado será utilizando el sistema de bandas o por camión lo que resulte mas conveniente.

Los materiales son cargados por medio de un cargador sobre neumáticos a un camión fuera de carretera para llevarlo directamente a la ataguía o a la tolva de alimentación de la planta trituradora primaria, desde donde los materiales son transportados por el sistema de bandas a la tolva para su distribución en la cortina.

2.4 Procedimiento constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías

Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías

Objetivo:

Describir todas las actividades relacionadas con los trabajos de acarreo y colocación de los materiales para la construcción de las ataguías.

Alcance:

Este procedimiento aplica para las actividades de acarreo y colocación de materiales para la construcción de las siguientes estructuras: preataguía de aguas arriba, ataguía de aguas abajo y ataguía integrada a la cortina.



Definiciones:

Datos de construcción.- Información topográfica necesaria, marcada en el campo para ejecutar las excavaciones.

Bandeo.- Acomodo del material con el efecto de las orugas del tractor, dando varias pasadas sobre la franja del material.

Responsabilidades

Gerente de construcción

- Revisa y aprueba técnicamente el contenido del procedimiento.
- Gestiona los recursos necesarios para la ejecución de las actividades y la implantación del sistema de calidad, protección ambiental y la seguridad y salud en el trabajo.

Superintendente de construcción

- Revisa planos, especificaciones y documentos relacionados con la construcción de las ataguías y las responsabilidades del sistema de calidad, protección ambiental y la seguridad y salud en el trabajo.
- Planea y elabora el programa para la ejecución de los trabajos.
- Determina y administra los recursos.
- Coordina la elaboración de los procedimientos de su área.
- Desarrolla el plan de control de procesos y verifica el cumplimiento del plan de inspección y prueba.
- Apoya y formatea las pláticas de construcción previas a las actividades y las inducciones para el desarrollo de la calidad, protección ambiental y la seguridad y salud en el trabajo, de cada área.

Jefe de frente

- Coordina y programa los recursos para cumplimiento de las producciones necesarias de acuerdo al programa vigente.
- Instruye y capacita al personal a su cargo para desarrollar los trabajos dentro de un marco de eficiencia, calidad, protección al medio ambiente y seguridad.
- Mantiene comunicación con el responsable del área de seguridad y salud en el trabajo para coordinar las actividades del acarreo de los materiales.
- Suministra al capataz datos técnicos de los materiales y de las especificaciones de compactación por cada tipo de material que forman las ataguías.
- Es el responsable de cumplir durante el proceso constructivo, con el sistema de calidad, protección ambiental y la seguridad y salud en el trabajo.

Sobrestante movimiento de tierras

- Platica diariamente con su personal al inicio de la jornada de trabajo sobre aspectos de calidad, protección ambiental y la seguridad y salud en el trabajo.
- Supervisa y verifica el proceso de colocación y compactación de los materiales que forman la ataguía.
- Coordina las actividades de carga, acarreo y depósito de los materiales.

Antecedentes

Con base a la terminación de la construcción del túnel N° 1 y tomando en cuenta los requerimientos de las bases de licitación así como del programa de obra ofertado, se inician los trabajos de acarreo y colocación de materiales de las ataguías.

El conjunto de las obras de desvío integrado por la preataguía de aguas arriba y la ataguía de aguas abajo, son estructuras requeridas para desviar el río durante el proceso de construcción de la cortina.



De acuerdo con los planos de construcción, se identifica la zonificación de materiales que integran a cada estructura.

Descripción del procedimiento

Uno de los puntos principales de la plantación de las obras de desvío es la de precisar el origen de los materiales, que para el caso del P.H. La Yesca se considera de la siguiente forma:

Para obtener los materiales de las ataguías, se ha considerado como fuente de suministro el producto de las excavaciones de las estructuras, entre ellas; portales de los túneles de desvío, túneles de desvío, portal y túnel de desfogue, plinto y vertedor de excedencias. Para lograr la calidad, requerida de los materiales, se seleccionan desde los frentes de excavación los materiales que cumplan con los requisitos de las especificaciones de construcción, se almacenan por separado en los bancos de desperdicio ubicados aguas arriba en la margen derecha del proyecto.

El núcleo impermeable se obtiene de bancos de material arcilloso (N), el material (3B) del Río Santiago y Bolaños. Los materiales (3D y 3D') se explotan de los bancos de aluvión para su posterior procesamiento, los enrocamientos de respaldo y protección (T, 4A, 4, 3E y 3F) son producto de las excavaciones de las estructuras del proyecto.

Para obtener los materiales producto de aluvión, se considera su explotación en forma oportuna proveniente del cause del Río Santiago y su almacenamiento en los bancos de desperdicio ubicados en la margen derecha aguas arriba del proyecto.

Una de las consideraciones importantes que permite garantizar el cumplimiento de los programas de construcción de cada estructura, es la de almacenar en forma previa la mayor parte de los volúmenes requeridos.

Estas actividades de almacenamiento se hacen antes del desvío del río, por lo que los acarrees del material producto de las excavaciones de las estructuras, hacia los bancos de almacenamiento ubicados en margen derecha se transportan principalmente por el camino (9MI) siguiendo por el 5MI el cual entronca con el camino (2MI), este camino corre paralelo al río y se continua para pasar hacia margen derecha por un vado. (Anexo 1. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Los materiales que no cumplan como aprovechables para su uso en las ataguías se botara en los bancos de desperdicio, estos volúmenes servirán para nivelar las plataformas hasta la elevación 425 msnm aproximadamente, estas ubicadas aguas arriba en la margen derecha e izquierda respectivamente.

Para la colocación de los materiales en las ataguías, las cuadrillas de topografía marcan los datos de construcción necesarios para efectuar las excavaciones hasta lo niveles requeridos, conformando el terreno natural de acuerdo a los niveles correspondientes para el desplante del relleno de la estructura. Una vez alcanzados estos niveles, se colocan las estacas identificando el ancho de la proyección de los taludes sobre el terreno natural y se marcan las trazas sobre las laderas para facilitar la delimitación de las fronteras entre materiales.

Preataguía

De acuerdo con los requerimientos del programa de obra se ha considerado que será necesario construir una parte de la pantalla flexoimpermeable durante los meses de enero a mayo del año 2008. Para ello se ha desarrollado una plantación previa al desvío del río. De forma general la preataguía esta planeada ejecutarla en seis etapas, el transporte de los materiales se realiza desde los sitios de almacenamiento hasta la zona de colocación haciendo uso de los caminos para alcanzar las etapas superiores se adecuan rampas sobre el cuerpo de la preataguía. (Anexo 2. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Primera etapa (previa al desvío del río)

Esta consiste en construir un terraplén de avance de margen derecha hacia margen izquierda con el fin de proporcionar la plataforma de trabajo requerida para dar paso a los trabajos de la pantalla flexoimpermeable, que será construida parcialmente. Para ello se coloca el material 3E hasta la elevación 392.50, formando el



primer cuerpo del terraplén que avanza hasta el cadenamiento 0+220. Dentro de esta primera etapa, se adelanta una parte de la etapa III, por así convenir para la construcción de la pantalla. Adjunto al material 3E se coloca el material 3D en el ancho suficiente que permita alojar los equipos de construcción de la pantalla, nivelando la plataforma hasta la elevación 392.50, en esta elevación se suspende la colocación de materiales para dar paso a los trabajos de la pantalla flexioimpermeable. (Anexo 3 .Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

La pantalla se construye inicialmente en forma parcial hasta la elevación 392.50, con el fin de evitar que bajo condiciones de fuertes gastos en la época de crecientes, se tenga resistencia al flujo natural del río que pueda provocar daños a la obra ejecutada. (Anexo 4. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Los materiales que integran esta plataforma serán colocados de acuerdo con los requerimientos de las especificaciones que mas adelante son descritos con detalle. Para el caso en que los gastos durante la construcción parcial de la pantalla incrementen el nivel del espejo de agua, se elevara el relleno de la zona 3E hasta la elevación 397.00. En el talud de aguas arriba se coloca material areno limoso y sobre este se protegerá el terraplén construido con bloques de roca de mas de un metro como coraza para evitar que sea erosionado durante el periodo de lluvias. (Anexo 5. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Así mismo la pantalla construida será protegida al final de la época de estiaje con una protección a base de materiales con alto contenido de finos y sobre este una capa de roca que igualmente evitara que la pantalla sea dañada.

Posteriormente al pasar el periodo de lluvias y previo al desvío del río se verifica el estado de la sección de la pantalla construida con la finalidad de poder retomar los trabajos complementarios de la preatagüa.

Primera etapa Complemento Material 3E

Esta corresponde a la colocación del material 3E de acuerdo al plano de construcción. El proceso de colocación se hace de margen derecha hacia margen izquierda por medio del tractor sobre orugas. En forma inicial se ejecuta a fondo perdido hasta salir del nivel de agua aproximadamente 0.50 m a partir de esta elevación se coloca en capas de 60 cm. para ser compactado con cuatro pasadas de rodillo liso vibratorio de 119 kN de peso estático en el tambor hasta la elevación 395 msnm. Con este bordo se efectúa el desvío del río, acción que consiste en hacer pasar el flujo de agua por el túnel N° 1. Este proceso de colocación se considera para la etapa parcial así como para el complemento de la zona 3E. (Anexo 6 .Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Segunda etapa Material 3F

Con el río desviado y complementado el relleno hasta la elevación 397.00 msnm del material 3E, se continua con la construcción del material 3F, que es colocado con tractor sobre orugas, con secuencia de margen derecha hacia margen izquierda, inicialmente a fondo perdido hasta salir del espejo del agua aproximadamente 0.50 m y a partir de esta elevaciones capas de 60 cm., compactadas con cuatro pasadas de rodillo liso vibratorio de 119 kN de peso estático en el tambor hasta la elevación 392.50. (Anexo 7. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Bombeo en el lecho del río

Para determinar las necesidades del bombeo al pie de la preatagüa, se correlacionaron los datos proporcionados en los documentos correspondientes a la información hidroclimática y de funcionamiento hidráulico de la obra de desvío, a fin de determinar de manera aproximada los niveles que alcanzara el agua en la cara de aguas arriba de la preatagüa con avenidas de:

Periodo de retorno (años)	Gasto (m ³ /seg.)	Elevación (m.)
2	1,350.76	404.09
5	2,285.02	408.59
10	3,347.49	414.00
15	3,924.26	417.90
20	4,239.74	420.40



De acuerdo con los niveles anteriores y a la consideración de prever un cárcamo de bombeo con un nivel de desplante en la cota 378.00 msnm aproximadamente, se determina que la carga dinámica total a bombear tendrá un rango entre 30.5 a 39.9 m, para 5 a 15 años de periodo de retorno, respectivamente.

Considerando que los niveles de agua en la cara de aguas arriba de la preatagüa en la mayor parte del tiempo se ubicaran bajo la cota 415.00 msnm, se considera instalar un ducto metálico de 61 cm. (24") de diámetro en la elevación 420 msnm en margen derecha y la ubicación definitiva se determinara en función de las condiciones topográficas de la ladera. Lo anterior permite lograr mayor eficiencia en el bombeo, al manejar el gasto correspondiente a la capacidad de la bomba, contra la menor carga dinámica prevista. Evidentemente este nivel podrá ser rebasado, por lo que el equipo seleccionado se determinó en función de vencer la carga dinámica asociada a un periodo de retorno de 15 años con un gasto no menor a $1 \text{ m}^3/\text{seg}$.

El bombeo consiste en instalar un sistema de bombas al pie de la preatagüa en la elevación 378.00, en el que se capten las filtraciones de la preatagüa y las bombas eleven el gasto hasta la elevación 420.00 msnm por la tubería principal que a su vez lo traslada hacia el talud de aguas arriba, incorporándose al embalse de la preatagüa. La elevación definitiva del sistema de bombeo se define de acuerdo con las condiciones topohidráulicas. (Anexo 8. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Una vez desviado el río se inician las excavaciones del plinto en el cause así como la limpieza en la zona de la cortina para lo cual, igualmente se prevén cárcamos auxiliares ubicados estratégicamente para concentrar los conos de filtración y escurrimiento. En estos se instalaran bombas eléctricas sumergibles que abaten los niveles freáticos, permitiendo en ambos casos la estabilidad de los taludes en la excavación del plinto y el desplante de los materiales de la cortina. El cárcamo auxiliar aguas abajo concentrara las filtraciones desde el eje de la cortina hacia la atagüa aguas abajo y descarga hacia el río a la salida de los túneles de desvío.

Preparación de los materiales 3D y N

De forma anticipada a los requerimientos del programa de obra para los materiales 3D y N, se realizan las acciones de procedimientos con el fin de dar cumplimiento a las especificaciones de construcción.

Para el caso del material 3D se extrae el aluvión del Río Santiago de acuerdo con el procedimiento descrito en el apartado de bancos de materiales, posteriormente se procesa el material por medio de una criba de rieles que eliminan los tamaños mayores de 40 cm, este procedimiento se realiza con cargador frontal que alimenta la criba. El producto de este proceso es el material a utilizarse antes de su envío a la zona de colocación, el área de control de calidad realiza las pruebas granulométricas para evidenciar su calidad.

Tercera etapa (plataforma de trabajo para pantalla)

Como continuación del proceso constructivo y para dar paso a los trabajos complementarios de la pantalla flexoimpermeable, se realiza el retiro del material 3D por arriba de la elevación 391.50, así como los necesarios para dar condiciones y poder continuar con la sección complementaria. Para ello se construye la plataforma que sirve como área de trabajo para la ejecución de la pantalla flexoimpermeable adjunta al material 3E, integrada por material 3D, N y 3B según la zonificación. La colocación del material 3D se efectúa inicialmente a volteo a fondo perdido hasta 50 cm. por arriba del espejo del agua, a partir de esa elevación y hasta la 391.50, se coloca en capas no mayores de 60 cm. con tractor sobre orugas, compactadas con cuatro pasadas de rodillo liso vibratorio de 119 kN. El material N se coloca entre las elevaciones 391.50 msnm y la 396.50, el material 3B se coloca entre la elevación 391.50 y 397.00, el material N se hace en capas no mayores a 25 cm. de espesor tendidas con tractor sobre orugas, compactándose sobre un rodillo liso vibratorio autopropulsado de almohadillas o pata de cabra de 100 kN, dando el número de pasadas necesario hasta obtener el grado de compactación especificado. El material 3B se coloca en capas no mayores de 80 cm. de espesor, compactándose con cuatro pasadas de rodillo liso vibratorio de 119 kN. Para ambos materiales la carga del material se realiza con cargador frontal y camiones de volteo que lo transportan en la zona de colocación.

Esta tercera etapa a la elevación 397.00 msnm funciona como plataforma de trabajo para la maniobra complementaria del equipo de construcción de la pantalla flexoimpermeable y así concluirla de acuerdo con la primer parte descrita. (Anexo 9. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).



Cuarta etapa. Entre la plataforma construida en la etapa anterior y el material 3F, queda un volumen de agua atrapada en la zona del desplante del cuerpo principal de la preatagüa, por lo que la colocación del material 3D se continua inicialmente a volteo hasta 50 cm. por arriba del espejo de agua. A partir de esta elevación y hasta la 391.50 msnm, se coloca en capas no mayores de 60 cm., con tractor sobre orugas, compactadas con cuatro pasadas de rodillo liso vibratorio de 119 kN. En esta misma etapa se considera la nivelación del cuerpo principal de la preatagüa hasta la elevación 397.00 msnm, zona en la que participan los distintos materiales contemplados en los planos de construcción. La secuencia de colocación de los materiales es de la siguiente forma, la zona del material 3B marca el avance de los materiales (N, T y 4A) tanto para aguas arriba, como aguas abajo, por lo que de forma general se coloca primeramente la capa de material 3B y posteriormente se colocan el resto de los materiales. (Anexo 10. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Quinta etapa. Con los trabajos de construcción, complementarios de la pantalla flexoimpermeable en marcha en la elevación 397.00, se concentra la colocación de materiales en la zona del cuerpo central de la preatagüa, con la finalidad de mantener las condiciones de acceso para los trabajos de la pantalla y de las inyecciones.

En esta etapa participan al igual que en la anterior los distintos materiales que conforman la zonificación del cuerpo principal de la preatagüa, desde la elevación 397.00 msnm, hasta la elevación 420.00 msnm.

La colocación del material 3B se ejecuta de acuerdo a las especificaciones de construcción. el material T se coloca en capas de espesor no mayor de 100 cm. después de ser tendido y antes de ser compactado, se compacta con seis pasadas de rodillo liso vibratorio de 119 kN. El material 4A se coloca en fragmentos de roca sana con tamaño mayor que 40 cm., con la utilización de retroexcavadora y tractor. El material 4 se coloca con retroexcavadora y/o tractor sobre orugas buscando que la cara de mayor dimensión quede apoyada horizontalmente.

Los acarrees de los distintos materiales que conforman esta quinta etapa son igualmente efectuados por la margen derecha por los caminos (5 MD) y (5 MD auxiliar) hasta la elevación 397.00 msnm, continuando hasta la elevación 420.00 msnm por medio de rampas que se adecuan sobre el cuerpo de la preatagüa para alcanzar el nivel máximo. (Anexo 11. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Sexta etapa. Esta etapa consiste en la construcción de un muro de gaviones de 5.00 de altura entre las elevaciones 420.00 y 425 msnm se construirá el muro con canastos de malla prearmados que se llenan in situ, buscando alternar el acomodo (cuatropeado) cuidando el alineamiento vertical. El material de relleno de los canastos son fragmentos de roca previamente seleccionados, el proceso de llenado se hace en forma combinada mecánica y manualmente. Los canastos se unen entre ellos con alambre galvanizado en los extremos y se colocan tensores que evitan la deformación de los gaviones. Conforme se terminen ambos muros se coloca el geotextil en la cara interna con el fin de confinar el material N. Una vez concluido el nivel de proyecto de este material se procede a la colocación del material 3D' como capa final, por motoconformadora que tiende y nivela el material para posteriormente efectuar el proceso de compactación dando el número de pasadas necesario para alcanzar el grado de compactación requerido.

Para prevenir los efectos de desbordamiento de la preatagüa se protege el enrocamiento del talud de aguas abajo, con malla de barras de acero de 1" de diámetro ancladas mediante varillas de 3 m de longitud previamente colocadas. (Anexo 12. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Atagüa aguas abajo

La atagüa aguas abajo esta planificada en seis etapas, para su construcción se transportan los materiales almacenados desde el banco de desperdicio ubicado en margen derecha aguas arriba hasta el sitio de colocación, pasando por la estructura de paso que coloca esta plataforma con la margen izquierda, continuando por el camino (2 MI), pasando por la berma del portal de entrada de los túneles de desvío elev. 456.00 msnm, para entroncar con el camino (6 MI) que atraviesa el cause para llegar a la atagüa de aguas abajo. Así mismo se suministra el material N a través del camino 8 MI hasta entroncar con el 2MI y continuar con la ruta antes descrita hasta la atagüa aguas abajo. (Anexo 13. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).



Para nivelar las etapas superiores se adecuan rampas sobre el cuerpo de la ataguía para alcanzar la elevación máxima.

Primera etapa. Con el desvío del río efectuado por el túnel N° 1 se coloca el relleno correspondiente a la zona de material 3F avanzando en secuencia de margen izquierda hacia margen derecha, el material se coloca inicialmente a volteo a fondo perdido hasta salir del espejo de agua, a partir de esta elevación y hasta la 392.00 msnm se coloca por medio de tractor sobre orugas en capas de 60 cm. para ser compactado con cuatro pasadas de rodillo liso vibratorio de 119 kN. Este relleno se realiza en forma inicial para evitar que ingrese un mayor volumen de agua a la zona de desplante de la cortina. (Anexo 14. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Segunda etapa. Se construye el relleno correspondiente a la zona 3E colocando inicialmente a volteo a fondo perdido hasta salir del espejo del agua, a partir de esta elevación y hasta la 392.00 msnm se coloca en capas de 60 cm., compactados con cuatro pasadas de rodillo liso vibratorio de 119 kN de peso estático en el tambor. (Anexo 15. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Tercera etapa. Esta consiste en el relleno ubicado entre las zonas 3E y 3F correspondientes a la zona del material 3D inicialmente se coloca a volteo a fondo perdido hasta salir 50 cm. por arriba del espejo del agua, por tractor sobre orugas se extienden las capas de 60 cm., y se compacta con cuatro pasadas de rodillo liso vibratorio de 119 kN hasta la elevación 391.00 msnm. (Anexo 16 Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías)

Cuarta etapa. En esta etapa participan todos los materiales que integran la ataguía de aguas abajo (T, 3B, N y 4A), de acuerdo con la zonificación el material N será el que marque el avance de construcción tanto de aguas arriba como aguas abajo. Se colocan inicialmente las capas del material N y posteriormente se nivelan los demás materiales hasta alcanzar la elevación 392.00 msnm. A partir de este se suspenden los trabajos de colocación de materiales para dar paso a los de la pantalla flexoimpermeable. (Anexo 17. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Quinta etapa. Concluidos los trabajos de la pantalla flexoimpermeable se retoma la colocación de los materiales, por lo que esta etapa consiste en continuar la colocación de los distintos materiales que forman el cuerpo principal de la ataguía de aguas abajo, entre las elevaciones 392.00 msnm y 395.00 msnm, en esta última nuevamente se suspenden los trabajos de colocación de materiales para dar paso a la construcción de la galería de filtraciones. (Anexo 18. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Sexta etapa. Concluidos los trabajos de la galería de filtraciones se continua con la colocación de los materiales entre las elevaciones 395.00 msnm y la 409.00 msnm que es la cota de coronamiento de esta ataguía. Por lo que la secuencia de colocación de los materiales es de la siguiente forma. La zona del material N marca el avance de los materiales (3B, T y 4A) tanto para aguas arriba, como para aguas abajo, por lo que de forma general se coloca primeramente la capa de material N y posteriormente se nivelan el resto de los materiales, la colocación de los materiales 3B, T y 4A se ejecutan de acuerdo a las especificaciones de construcción descritas en el procedimiento de la preataguía. (Anexo 19. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Ataguía aguas arriba (integrada a la cortina)

Esta ataguía forma parte de la ruta crítica en la programación de los trabajos de las obras, por lo que se describe lo referente a las actividades previas y propias de la construcción descrita en el procedimiento de la preataguía.

Una vez efectuado el desvío del río se inicia los trabajos de excavación del plinto en la zona del cauce, para ello y mientras se cierra la construcción de la pantalla flexoimpermeable de la preataguía de aguas arriba, se dispondrán de los equipos de bombeo necesarios y con la capacidad suficiente que permitan abatir los niveles de agua existentes así como las filtraciones que aporte el manto de aluvión, manteniendo estables los taludes de la excavación.

Una acción que permite agilizar la terminación de la pantalla después de desviado el río, es la de construir en forma anticipada durante los meses de febrero a junio del año 2008, una parte de ella (aprox. 45%) con la terminación de la excavación del plinto se procede con las actividades subsecuentes que consistirán en los



trabajos del concreto de reposición en las zonas que por condiciones geológicas se ordene, así como los tratamientos de anclaje y demás que sean necesarios con base a los levantamientos y dictámenes geológicos. Posteriormente se construye la sección del proyecto del plinto que incluye la instalación de la junta perimetral. Simultáneamente se realizan los trabajos de excavación y limpieza de laderas en la zona del cause para proporcionar las condiciones de cimentación para los materiales 2, 2F y 3B según lo acotado en las especificaciones y/o las indicaciones hechas en campo.

Cumplidos los requisitos anteriores se da paso a la construcción de la ataguía que consiste en la colocación de los materiales 2, 2F y 3B desde los niveles autorizados hasta la elevación 439.00 msnm, incluyendo las rampas que se han previsto como camino de acceso en el talud provisional de aguas abajo. (Anexo 20. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Con la debida anticipación se han procesado y almacenado volúmenes de material 3B provenientes del Río Santiago, así mismo el material 2, que por sus características e importancia dentro de la zonificación de la cortina será producto de procesos de trituración y clasificación, es igualmente almacenado en la plataforma BD1MD en cantidades suficientes que permitan garantizar la continuidad de los trabajos y el cumplimiento del programa de colocación.

La ruta de acarreo de los materiales almacenados hacia los sitios de colocación, consiste en transportar los materiales desde los bancos de almacenamiento de margen derecha aguas arriba del proyecto, cruzando el río por la estructura de paso hacia margen izquierda para entroncar el camino (2MI), posteriormente cruzando por la berma del portal de entrada de los túneles de desvío elevación 456.00 msnm, para tomar el camino (6MI) hasta entroncar con el camino (7MI) y descender por este camino hasta el cauce. Así mismo en cuanto se tenga en condiciones de operación el sistema de banda transportadora habilitado para el material 3B, se suspende el acarreo en volteos pesados y se inicia con la posición 1 de banda. (Anexo 21. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Conforme se eleve el relleno se adecuan las rampas sobre el cuerpo de la ataguía en el talud provisional de aguas abajo para alcanzar el nivel máximo a la elevación 439.00 msnm. (Anexo 22. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías).

Material 2. El material es pre-homogenizado por medio de una planta mezcladora en la que se dosifican y mezclan los componentes que integran la curva granulométrica. En este mismo proceso se adiciona la cantidad de agua necesaria para alcanzar el contenido óptimo y hasta +1%, dependiendo de las condiciones climáticas por lo que únicamente se aplican riegos ligeros durante la colocación con el fin de mantener la humedad superficialmente durante el proceso de compactación. El área de control de calidad verifica las pilas de almacenamiento evaluando la granulometría, el contenido de agua y la densidad de sólidos de forma previa a su envío a la zona de colocación.

Por las características de granulometría, espesor de capa y ancho de la franja (6m), se tiene previsto efectuar el acarreo de material con camiones articulados con capacidad de 30 ton y/o camiones de volteo con capacidad de 12 m³, que faciliten las actividades de descarga y maniobra en el sitio de colocación.

El material es cargado a los camiones por medio de cargador frontal sobre neumáticos en la zona de las pilas de almacenamiento adjunto a la planta de mezclado y que esta ubicada en la margen derecha aguas arriba del proyecto plataforma BD1MD. La descarga del material se hace sobre la tolva de un equipo pavimentador sobre orugas capaz de colocar la capa de material en estado suelto (aproximadamente 40 cm.) y posteriormente es compactado con rodillo liso vibratorio de 119 kN de peso estático en el tambor, dando el número de pasadas necesario para cumplir con el grado de compactación requerido en las especificaciones.

De acuerdo con las especificaciones se tiene prevista la construcción del bordo de concreto extrudido como protección del talud de aguas arriba, por lo que se tiene especial cuidado en el proceso de colocación del material 2. Por proceso constructivo, se construye inicialmente una capa del bordo y posteriormente se coloca la capa de material 2.

Material 3B. El material es suministrado desde margen derecha aguas arriba del proyecto, en la plataforma BD1MD, ya sea del almacén o directamente de las zonas de explotación de acuerdo con el procedimiento. El material será procesado por medio de un triturador primario que tiene como finalidad eliminar los sobre tamaños al ser triturados e incorporados al mismo material 3B, posteriormente es cargado por medio de retroexcavadora sobre orugas, sobre camiones fuera de carretera de 50 ton de capacidad de carga que lo



transportan hasta la zona de colocación y en cuanto se disponga del sistema de banda transportadora el acarreo se realiza a través de esta. Las capas se colocan de avance, o sea, que el material se descarga desde la parte superior de la capa para posteriormente con tractor sobre orugas extenderlo con el espesor de capa especificado, no mayor de 60 cm., una vez tendido y antes de ser compactado, al estar conformada la capa se inicia el proceso de compactación aplicando 6 pasadas con el rodillo liso vibratorio especificado.

Volúmenes requeridos para las ataguías

Volúmenes de la estructura		
Material	Ataguías	Totales
2	54,667	54,667
3B	703,9012	703,9012
T	176,984	176,984
4A	20,797	20,797
3D	25,377	25,377
3D´	1,680	1,680
3E	9,222	9,222
3F	509	509
2F	0	0
F	0	0
4	8,019	8,019
3C	6,609	6,609
N	102,770	102,770
Total compactado	1,126,546	1,126,546

*(Esta consideración de volúmenes se considera a partir del terreno natural)

Los volúmenes principales de las ataguías están distribuidos por etapa de acuerdo con las siguientes tablas.

Requerimiento de materiales para preatagüa							
Tipo de material	Total	Etapa I	Etapa II	Etapa III	Etapa IV	Etapa V	Etapa VI
3B	110,287			3,870	18,232	88,185	
T	147,908				27,035	120,873	
4A	23,791				1,851	21,940	
4	5,797					5,797	
3D	10,432			1,128	9,304		
3D´	1,101						1,101
3E	6,025	6,025					
3F	2,473		2,473				
N	87,899			10,020	17,412	54,247	6,219
Total	395,713	6,025	2,473	15,018	73,833	291,044	7,320

Requerimiento de materiales para la atagüa aguas arriba		
Tipo de material	Total	Etapa I
2	54,667	54,667
2F	0	0
3B	565,134	565,134
F	0	0
Total	619,801	619,801



Requerimiento de materiales para la ataguía aguas abajo							
Tipo de material	Total	Etapa I	Etapa II	Etapa III	Etapa IV	Etapa V	Etapa VI
3B	23,521				4,277	3,643	15,601
T	18,240				1,809	3,337	13,094
4A	2,660				122	247	2,291
3D	14,945			14,945			
3D'	328						328
3E	3,197	3,197					
3F	6,036		6,036				
N	10,177				1,367	1,395	7,415
Total	79,104	3,197	6,036	14,945	7,575	8,621	38,729

Origen de los materiales

Los materiales para las ataguías son suministrados principalmente de las excavaciones de las estructuras y de bancos de aluvión de acuerdo con las siguientes tablas:

Materiales provenientes de las excavaciones

Requerimiento de materiales para ataguía producto de estructuras							
Estructura	Total	Tipo de material					
		3F	3E	T	4A	3C	4
Plinto	117,447	8,509	9,222	99,716			
Vertedor de excedencias	14,628					6,609	8,019
Exc. desvío sub. portal de entrada y salida	5,747				5,747		
Túnel desvío subterráneo	77,268			77,268			
Exc. subestación, obra de toma y desfogue	23,050				23,050		
Total	238,14	8,509	9,222	176,984	28,797	6,609	8,019

Materiales provenientes de bancos de aluvión y de arcilla

Requerimiento de materiales para ataguía producto de bancos de aluvión y de arcilla								
Estructura	Total	Tipo de material						
		3D	3D'	3B	N	2	F	2F
Banco de aluvión	863,939	25,377	1,680	748,139		67,697	19,436	1,610
Banco de arcilla La Haciendita	58,797				58,797			
Mesa de la Tía Dominga	43,973				43,973			
Total	966,709	25,377	1,680	748,139	102,770	67,697	19,436	1,610

Construcción de la pantalla impermeable

Objetivo:

Establecer el procedimiento para realizar los trabajos de construcción de las pantallas flexibles para la preataguía de aguas arriba y la ataguía aguas debajo de la Obra de Desvío.

Alcance:

Este procedimiento aplica para la construcción de las pantallas flexibles, para la preataguía de aguas arriba y ataguía aguas abajo de la cortina para el P.H. La Yesca, excavadas en material aluvial y empotradas en la roca, contempla las actividades en excavación, colocación de concreto plástico y la perforación e inyección de la pantalla de impermeabilización en roca.



Definiciones

Pantalla flexible.- Muro embebido en el terreno aluvial, formada de una mezcla determinada de bentonita y cemento y/o concreto plástico que impide las filtraciones hacia el recinto de la cimentación de la presa, a través del material aluvial que conforma el lecho del río.

Brocal.- Guía de concreto armado constituido por dos "L" invertidas para guiar la herramienta de excavación de la pantalla y protección del espesor de suelo superficial en el sitio.

Lodo fraguante.- Mezcla de bentonita, cemento y agua, de consistencia similar a la de un lodo y con propiedades de alta impermeabilidad y endurecimiento lento.

Tablero.- Unidad estructural que conforma a la pantalla, con una sección modulada en función de las dimensiones de la almeja de excavación, y con la profundidad necesaria del barretón telescópico para alcanzar la formación de roca y lograr el empotramiento de diseño.

Mezcla desplazante.- Concreto plástico que desplaza al lodo bentonítico de excavación, de la zanja excavada para formar la pantalla plástica.

Lechada de inyección.- La lechada de inyección se emplea para los tratamientos de Jet Grouting en el cause del río. Dicha mezcla estará constituida con una relación de agua cemento (A/C) de 1.0 y con un peso volumétrico de $\gamma = 1.5 \text{ t/m}^3$.

Perforación y/o barrenación.- Son huecos que se realizan en la roca por la cual, se introduce la lechada de agua/cemento, dichas perforaciones o barrenos deben realizarse sin interrupción en toda su longitud.

Responsabilidades:

El gerente de tratamientos y el superintendente de tratamientos, son responsables de la correcta implantación y cumplimiento del procedimiento, vigilando que el personal a su cargo realice las actividades consideradas y planeadas para seguir la calidad establecida.

El jefe de obra de ataguías, es responsable de verificar que se lleve a cabo lo indicado en este procedimiento y registrar las inspecciones realizadas en los formatos particulares de cada actividad, también es responsable de conciliar con la supervisión de los trabajos ejecutados, y entregar los soportes de generadores para la elaboración de la estimación; además es responsable del retiro de los desechos sólidos que se generen durante los trabajos, llevándolos a los lugares autorizados.

El jefe de topografía es responsable de la realización del trazo definitivo para la ubicación de cada tablero, y el monitoreo continuo para asegurar la posición y verticalidad del mismo.

El jefe de obra y el jefe de topografía estarán en constante comunicación para que en caso de que se observe alguna desviación en el trazo o verticalidad de algún tablero, esta sea corregida de inmediato.

El responsable de maquinaria es el encargado del mantenimiento, reparación y manejo (recolección, transporte, almacenamiento y disposición final) de los residuos peligrosos generados por las actividades del mantenimiento preventivo, correctivo y de trabajo de la maquinaria y equipo.

Antecedentes

Se elabora un plan de inspección para la verificación de las actividades, de tal manera que se programe, concilie y autorice cada una de las etapas de construcción. La construcción de la pantalla flexible en la preataguía de aguas arriba, se realizara desde la elevación 397.00 msnm en la ataguía de aguas abajo. Para tener una guía en la excavación de los tableros, es necesaria la construcción de brocales de concreto armado.

Es importante que el inicio de los trabajos se capacite el personal con relación al contenido de este documento, conforme al procedimiento general de capacitación.

Antes de iniciar los trabajos, se debe tener autorizado para construcción el proyecto definitivo de la construcción de la pantalla flexible.



Todo el personal que participe en estos trabajos, debe contar con el siguiente equipo de seguridad como mínimo casco de protección, zapatos o botas de trabajo, guantes de carnaza. Estar debidamente construida y probada la planta de elaboración de lodos.

Procedimiento constructivo

Concluida la construcción de las plataformas tanto en las elevaciones 397 como en la 392, el personal de topografía de la obra, localiza y traza los ejes de las pantallas plásticas.

Se realiza la excavación del brocal con una retroexcavadora Caterpillar 338 o similar con un bote de 1.0 m de ancho con una profundidad de 1.25 m aproximadamente. Se coloca el acero de refuerzo para temperatura dispuesto a cada 30 cm. en ambos sentidos, o malla electrosoldada 66-1010, firmemente, se realiza el cimbrado y colado del brocal. Una vez que se ha descimbrado, es necesario troquelarlo para evitar los movimientos del mismo. Sobre el alerón del brocal, topografía ubica los números y centros de cada tablero y antes de iniciar la excavación, se ubican marcas en los brocales con el fin de tener siempre referencias físicas del tablero que se trabaja.

Excavación de la zanja

Al planear la excavación de los tableros, se considera que estos deben excavar de manera alternada, ya que nunca se debe excavar un tablero contiguo a otro que tenga menos de 24 horas de colado, realizando además un traslape mínimo de 40 cm. entre tableros.

Para realizar la excavación se utiliza una almeja guiada del tipo Casagrande KRC2/28 o similar, montada sobre una grúa Link-Belt modelo LS-118 o similar y se procede a la excavación; en función del comportamiento en campo de la excavación, se definirá la longitud de cada tablero, determinándose en cuantas posiciones de la almeja guiada se realiza la excavación, en cada una de las posiciones, se debe llegar a la profundidad de proyecto hasta completar el tablero.

La profundidad de la excavación se va verificando por medio de una sonda que tiene calibrado su cable a cada metro para conocer la profundidad del tablero.

El lodo bentonítico para la excavación y para la fabricación del concreto plástico, será elaborado con una relación en peso de agua-bentonita 12:1.este, será elaborado mediante un turbogenerador, de altas revoluciones, y almacenado por un periodo mínimo de 12 horas para su total hidratación. Una vez terminada la excavación, se verificara la verticalidad y continuidad de los tableros.

La terminación de la excavación de un tablero, se revisará por medio del tránsito de la herramienta de excavación y por el fondo de la misma.

Al concluir la excavación, y previo al colado, se revisan las propiedades índice del lodo de la excavación, si este cumple, se esta en condiciones para colar el tablero y/o realizar la sustitución por concreto plástico.

Para perfilar y empotrar en toda su longitud los 50 cm. de la pantalla en la roca, así como para demoler los bloques y boleos que no puedan extraerse con almeja, se utiliza un trepano de 7 ton. de peso mínimo, montado en una segunda grúa Link Belt LS 108 o similar.

Para garantizar la estabilidad de las paredes de la excavación, durante el proceso de excavación y simultáneamente con esta, el material extraído por la almeja es sustituido por lodo bentonítico, manteniendo el nivel del lodo 50 cm. por debajo del nivel de la plataforma de trabajo, evitando que se escurra sobre la superficie.

Una vez concluida la excavación de cada tablero, se verifica que el fondo este libre de azolve, limpiando el fondo con la almeja y revisando con una sonda la profundidad total, de excavación.

La verticalidad del equipo de excavación, se controlara continuamente utilizando dos plomadas de hilo situadas perpendicularmente a 90° de la posición del eje de excavación y apoyadas en dos bases de varilla, distanciadas adecuadamente de la máquina.



Durante el proceso de excavación, el material extraído es retirado del sitio de trabajo, llevándolo al tiro autorizado.

En caso de que el lodo de excavación no cumpla con la especificación, se cambiará por un lodo que si cumpla con las propiedades índices.

Mezcla desplazante (concreto plástico)

El concreto plástico, será elaborado en sitio y debe cumplir las siguientes características:

- Resistencia a la compresión simple $f^c \geq 0.98 MPa$ ($10.0 kg / cm^2$) a 28 días de edad
- Modulo de deformabilidad de 5 000 MPa
- Permeabilidad (K) menor a 1×10^{-6} cm/s

De manera tentativa se presenta la dosificación a utilizar para el muro de concreto plástico, la cual, posterior a elaborar pruebas con los materiales del sitio, se definirá la dosificación definitiva.

Agua	85	Litros
Cemento	140	Kg
Arena	975	Kg
Grava	375	Kg
Lodo bentonítico	De 300 a 400	Litros
Aditivo retardante opcional	0.65	Kg (lignosulfito)

Cuando el lodo bentonítico de un tablero excavado cumple con las especificaciones de construcción, se procede a colocar la tolva y la tubería Tremie de 8 a 10 pulgadas de diámetro la cual debe quedar perfectamente hermética y colocarse a no mas de 50 cm del fondo de la excavación. El concreto plástico se prepara dosificando el lodo bentonítico y el agua libre en la planta de lodos descargando directamente en las ollas revoladoras, las cuales, se desplazan a la planta de concreto donde se les dosificarán el cemento y los agregados.

Antes de vaciar el concreto plástico en la tubería tremie, se coloca una cámara de balón o una bola de papel para que sirva de tapón deslizante para limpiar la tubería del lodo bentonítico y al mismo tiempo sirva de contenedor para que se llene la tubería con concreto evitando su segregación y contaminación, y de esta manera, la llegar al tapón a la boca de la tubería, el peso de la carga de concreto en la tubería, desplazara al lodo bentonítico del fondo de la excavación creando un cono de concreto que alcanzará a cubrir la boca de la tubería y de esta manera , se evita la contaminación del concreto plástico.

El control de colado de los muros, se realiza mediante un registro en el cual se anota el volumen de concreto vaciado y la altura que va alcanzando el nivel de concreto en el tablero y esto se compara con la información, nos permite decidir el momento oportuno para disminuir la longitud de la tubería Tremie. La terminación del colado se da cuando en la superficie de todo el tablero aflora el concreto contaminado.

Finalmente, ya retirada la tubería de colado se instalan los tubos guía de PVC de 6" ϕ sobre el eje de la pantalla.

Perforación para inyección

Se realiza la perforación para la inyección de la pantalla de impermeabilización a través de las boquillas de 6" ϕ con un equipo perforador sobre orugas de tipo ECM 350 o similar dotado de perforadora top Amér o con unidad de rotación para martillo a fondo, la mancuerna se completa con un compresor portátil y/o estacionario de mínimo 600 PCM la perforación, se realiza en un diámetro mínimo de 2 ¼ " y a profundidades de 15 y 10 metros en la pantalla de aguas arriba y de 10 metros en la pantalla de aguas abajo.

Lavado del barreno

Concluida la perforación de un barreno, se realizará el lavado del mismo por medio de un chiflón o tubo que tenga en la punta orificios apuntando de una manera paralela al eje de la barrenación, se introduce agua y



aire a presión para desalojar los detritos de la perforación de caídos de roca o de cualquier material que pueda sellar las grietas del barreno este proceso concluye hasta que el agua retorne a la superficie.

Saturación

Con la utilización de una sonda eléctrica, se determina el nivel de aguas freáticas (NAF), en función de los datos que nos arroje la sonda eléctrica, procederemos de la siguiente manera, si el nivel de aguas freáticas se encuentra en el contacto de la pantalla con roca basal, no será necesario realizar la saturación, en cambio si alguna progresión se encuentra por arriba del NAF, se saturará con el siguiente procedimiento: se coloca el obturador en la parte superior de la progresión que en estos casos es el inicio de la perforación en roca.

Se inyecta agua una presión de 0.98 MPa (10 kg/cm²) durante 30 minutos, o un volumen máximo de 200 litros por metro de barreno. Si al saturar se alcanza la presión de 0.98 MPa se sigue el criterio de gasto constante, que consiste en aplicar la presión de 0.98 MPa (10 kg/cm²), medir el gasto cada 3 minutos, cuando se estabilice el gasto, se continúa inyectando agua por espacio de otros 5 minutos más, hasta llegar a 30 minutos momento en el cual, se da por terminada la saturación.

Preparación de la mezcla

La mezcla de inyección se prepara en un tubo mezclador de latas revoluciones (1250 rpm) posteriormente, se pasa a un agitador de bajas revoluciones y finalmente la bomba de inyección la inyecta. La mezcla a utilizar, será la que se determine con las pruebas que se realizan en campo con los materiales del lugar y que cumpla las especificaciones de construcción de obra civil. La mezcla debe tener una relación variable A/C de 0.8/1 a 1.0/1 en peso del cemento adicionado el aditivo superfluidificante y estabilizador de volumen con relación al peso del cemento.

Inyección de la mezcla

La inyección se realiza siguiendo la metodología de inyección de Presión y Volumen Constante denominado GIN (Grouting Intensity Number). El equipo a utilizar, será una planta de inyección del tipo Hany 650/725 o similar. La inyección se ejecutará en progresiones ascendentes de 5.0 metros desde la más profunda hasta la superficie. Se aplicarán incrementos de presión de 0.49 MPa (5 kg/cm²) y el volumen de la mezcla por metro (l/m) hasta interceptar la curva GIN seleccionada que en nuestro caso corresponde a la zona baja, con un volumen de la curva GIN de 137.3 MPa*l/m (1400 kg/cm²l/m) presión máxima de 3.43 MPa (35 kg/cm²) y un volumen máximo de mezcla de 140 l/m. la intersección de la curva PV, puede darse de tres maneras; por la presión máxima especificada, por la intersección de la propia curva GIN o por llegar al volumen máximo por metro establecido.

Se llevará el registro correspondiente a los parámetros: Presión de la inyección medida en el brocal del barreno medido en MPa, volumen total de lechada inyectada en litros y el tiempo de inyección en minutos, con estos datos se elaboran las curvas.

Durante todo el proceso de inyección, esta se realiza en apego al procedimiento establecido. Para dar por sellada una progresión, se aplicará el criterio indicado en las especificaciones de construcción de obra civil.

Se realizará un muestreo aleatorio y selectivo de los componentes empleados en los procesos de producción cada 5 barrenos inyectados verificando la densidad, fluidez y la decantación de las mezclas de inyección así como pruebas de resistencia mecánica bajo los métodos indicados.

Concluida la inyección de consolidación, procederemos a realizar la inyección de contacto colocando el obturador 20 cm. arriba del contacto pantalla roca a una presión de 0.29 MPa (3 kg/cm²) y con la mezcla especificada de construcción de obra civil.

Tratamiento adicional en el cause del río

Como parte de los tratamientos de la roca en el cause del río, se debe ejecutar un tratamiento adicional a la inyección de consolidación y pantalla de impermeabilización ejecutados mediante el método GIN; dicho tratamiento se realizará en forma selectiva por medio de la técnica Jet Grouting con el objeto de reemplazar con lechadas las arenas contenidas en el macizo rocoso, para mejorar las condiciones de la roca.



Descripción del método

Conceptualmente el método de Jet Grouting consiste en proyectar sobre el terreno circundante a la zanja de perforaciones un chorro de lechada de cemento a la que por medio de una bomba de gran potencia se le ha conferido una alta energía. Esta alta energía es de presión en el interior del varillaje y al salir al exterior de la zanja por unos orificios situados junto al extremo del varillaje esta alta presión se transforma en alta velocidad. El efecto del impacto en el seno del terreno de este considerable caudal a alta velocidad destruye la estructura del terreno (incluso de aquellos que normalmente no sería inyectables por impregnación), y facilita la mezcla del mismo con un fluido fraguante.

Una vez que se ha perforado hasta la cota prevista, se inyecta por el interior del varillaje el/los fluidos a presión. Simultáneo con el chorro se actúa sobre el varillaje combinando la velocidad de rotación y de ascensión de forma que cada chorro (una por tobera) describe una trayectoria helicoidal. Fruto de estas actuaciones se crea en el seno del terreno una Coloma seudo cilíndrica de suelo tratado que por efecto de la remezcla y la inyección presenta unas características mecánicas (función del suelo inicial) sensiblemente mejoradas respecto al suelo inicial similares a las de un mortero pobre o medio.

Esta técnica también puede aplicarse bajo el nivel freático aunque el efecto de la presión hidrostática reduce algo el alcance del chorro fluido.

La presencia de agua no es inconveniente como para cualquier inyección "in situ" si lo es el gradiente de velocidades del fluido en el seno del terreno por el efecto de lavado.



Capítulo III Pruebas y límites de aceptación y rechazo

3.1 Pruebas de laboratorio para control de calidad de materiales colocados.

Las pruebas de laboratorio tienen como propósito cumplir con los siguientes puntos:

- Indicar el equipo y material necesario.
- Describir paso a paso la metodología de cada una de las pruebas.
- Proporcionar un mejor control de las prácticas y facilitar las actividades de aseguramiento
- Proporcionar los cálculos para obtener los resultados de las pruebas.

Asimismo las muestras que se utilicen para realizar las pruebas deben de ser documentadas al momento de la recepción en el laboratorio y estas deberán estar identificadas con los siguientes datos:

- Fecha de muestreo.
- Fecha de recepción.
- Descripción visual de la muestra.
- Procedencia
- Numero de muestreo
- Observaciones

A continuación se mencionan las pruebas de laboratorio que se deberán realizar en campo y en laboratorio para el control de calidad de las ataguías.

1. Procedimiento para reducción de muestras al tamaño de prueba.
2. Procedimiento para secado y disgregado de una muestra.
3. Procedimiento para prueba de granulometría de materiales.
4. Procedimiento para pruebas de compactación.
5. Procedimiento para determinar el porcentaje de compactación por medio de la realización de calas en material N.
6. Procedimiento para la determinación de las calas volumétricas grandes para ataguías.
7. Procedimiento para prueba de límites de plasticidad.
8. Procedimiento para la obtención de densidad de sólidos.
9. Procedimiento para la obtención de gravedad específica, absorción y peso unitario de agregado grueso.

3.1.1 Procedimiento para reducción de muestras al tamaño de prueba

Objetivo

Elaborar un procedimiento para la reducción de grandes muestras de agregado al tamaño apropiado para la prueba, empleando técnicas que pretenden minimizar las variaciones en las características medidas entre la muestra de prueba seleccionada y la gran muestra. Preparar y ensayar muestras representativas de agregados, con las pruebas durante la producción en plantas o control en el suministro.

Campo de aplicación.

Este procedimiento aplica a los agregados para concreto, arena para mortero, materiales denominados 2, F, 3D', material para terracerías y pavimentos que se explotan y/o procesan en el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca.

Definiciones y terminología

Agregado. Material granular, tal como arena, grava, piedra triturada, o escoria de alto horno.
Gravas o agregado grueso. Agregado predominantemente retenido sobre la malla 4.75-mm (No.4) o aquella porción de agregado retenido en la malla 4.75 mm (Nº 4)



Arena o agregado fino: Agregado que pasa la malla 3/8 pulgada (9.5 mm) y que casi pasa totalmente la malla 4.75 mm (No. 4) y que predominantemente se retiene en la malla 75- μm (No. 200); o aquella porción de agregado que pasa la malla 4.75 mm (No. 4) y se retiene en la malla 75 μm (No. 200).

Finos. Material pasa la malla 75- μm (No. 200).

Responsabilidades.

Es responsabilidad del Jefe de Laboratorio, conocer este procedimiento para asegurar mediante supervisión periódica a sus subalternos, como son los laboratoristas y los auxiliares de laboratorio, así como los cálculos para la obtención de los resultados de las pruebas.

Antecedentes.

El personal que realiza esta prueba debe tener evidencia de que esta calificado para su realización.

Las muestras de agregado obtenidas en el campo deberán ser tomadas de acuerdo con la Práctica correspondiente, o como sea requerido por los métodos de prueba individual. Cuando se contempla solamente la prueba de análisis granulométrico, el tamaño de la muestra de campo indicado en la Práctica correspondiente, es normalmente adecuado. Cuando se requiere pruebas adicionales, el usuario deberá estar satisfecho por si solo de que el tamaño inicial de la muestra de campo es adecuado para realizar todas las pruebas requeridas.

Selección del Método. El procedimiento abarca tres métodos de prueba: Método A, partidor mecánico; Método B, cuarteo; Método C, almacén o pila miniatura. Para el Agregado Fino el método se selecciona en función de sus condiciones de humedad. Para el Agregado Grueso o mezclas de Agregado Grueso y Fino, se utilizan los métodos A o B, de preferencia el método A, el método C no esta permitido para este tipo de mezcla de agregado.

Para agregado fino más seco que su condición de superficie seca saturada, debe utilizarse el método A; como rápida aproximación, si el agregado fino retiene su forma, cuando es moldeado con la mano, puede considerarse que esta más húmedo que su condición de superficie seca saturada.



Método A

Para agregado fino con humedad libre sobre las superficies de la partícula, debe utilizarse el método B o método C.



Método B

Si se desea utilizar el método B o C y la muestra no tiene la humedad libre sobre las superficies de la partícula, la muestra puede ser humedecida para cumplir con esta condición, mezclada completamente para luego proceder con su reducción.

Si se quiere utilizar el método A y la muestra tiene una humedad libre sobre las superficies de los agregados, la muestra entera deberá secarse hasta un contenido de humedad al menos correspondiente a su condición de superficie seca saturada, utilizando temperaturas que no deben exceder a las especificadas para ninguna de las pruebas contempladas. En forma alternativa, si la muestra húmeda es muy grande, puede efectuarse una reducción preliminar de la misma, mediante el partidor mecánico con abertura de canaleta de chute de 38 mm (1 1/2 pulgada) o más para reducir dicha muestra a un tamaño no menor de 5000 g; la porción así obtenida es luego secada, y la reducción al tamaño de la prueba se completa con el uso del método A.

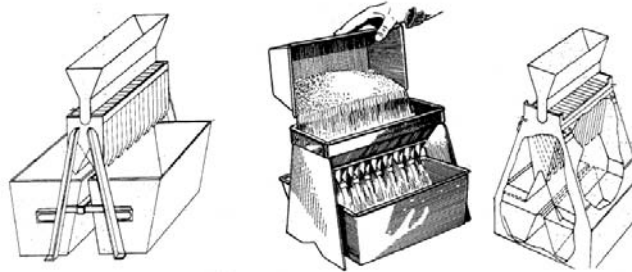
Procedimiento.

Método A-partidor mecánico (ver croquis siguiente).

Partidor de Muestra: los partidores de muestras deben tener un número par de igual ancho de aberturas de canaleta, pero no menor a ocho para agregado grueso o doce para agregado fino.

Para agregado grueso o mezcla de agregado, el ancho mínimo de canaleta individual deberá ser aproximadamente 50% más grande que las partículas más grandes de la muestra.

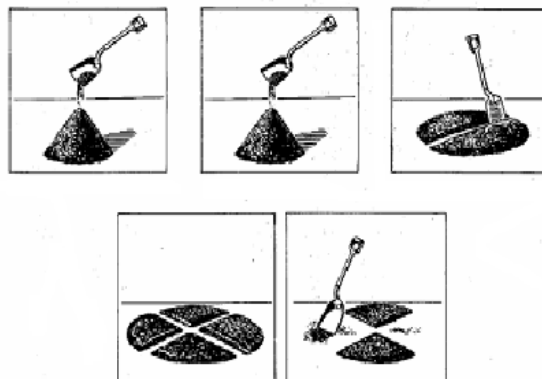
Para agregado fino seco en el cual la muestra entera pasa la malla de 9.5 mm (3/8 pulgada), debe usarse un partidor con aberturas de canaleta de 12.5 a 20 mm (½ a ¾ pulgada). El partidor está equipado con un alimentador de canaletas y tres charolas receptoras de la muestra partida.



1. Colocar la muestra original en la tolva o charola y distribuirla uniformemente, de tal forma que cuando se introduce en las canaletas, ésta fluya en cantidades aproximadamente iguales de materiales a través de cada canaleta.
2. Verter la muestra a una velocidad tal que se permita su libre flujo a través de las canaletas hacia las charolas receptoras.
3. Eliminar o guardar en otra charola, para su reducción, el material contenido en una de las charolas receptoras.
4. Reacomodar las charolas receptoras y reintroducir en el partidor la porción del material contenida en la otra charola receptora
5. Proceder como lo indicado y repetir lo indicado anteriormente las veces que sean necesarias hasta reducir la muestra al tamaño deseado para la prueba.

Método B-cuarteo.

1. Colocar la muestra original sobre una superficie dura, limpia y plana, donde no habrá pérdida de material ni adición de material extraño.
2. Mezclar el material completamente traspalando toda la muestra en tres ocasiones formando una pila cónica, depositando cada capa sobre la anterior.
3. Aplastar cuidadosamente la pila cónica hasta obtener un espesor y un diámetro uniformes presionando sobre su vértice con la pala o con la cuchara de tal suerte que cada porción del cuarteo contenga la característica del material original; el diámetro debe ser de 4 a 8 veces el espesor.
4. Dividir la masa aplastada en cuatro partes iguales con la pala o cuchara y eliminar dos partes diagonalmente opuestas, incluyendo el material fino, y dejar limpio con brocha los espacios formados.
5. En forma sucesiva, mezclar y cuartear el material restante hasta obtener el tamaño requerido.
6. Como alternativa al procedimiento previamente descrito, cuando la superficie del piso no es nivelada, la muestra de campo puede ser colocada sobre una lona y mezclada con una pala, o alternando el levantamiento de cada esquina de la lona y jalándola sobre la muestra hacia la esquina diagonalmente opuesta provocando que el material ruede.





Dividir la muestra como se describe en el procedimiento anterior.

Gestión ambiental.

Para la realización de las actividades de este procedimiento se seguirán los lineamientos indicados en el plan de Protección Ambiental del Proyecto.

El jefe de laboratorio debe conocerlo y es responsabilidad del titular del área y del responsable de Medio Ambiente que así sea.

Seguridad.

Todo el procedimiento se realizará acabo de acuerdo al Reglamento de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente del proyecto.

Recursos.

Equipo y materiales.

- Partidor de Muestra
- Pala rectangular
- Brocha o escoba
- Lona de 2 por 2.5 m.

Mano de obra:

- Laboratorista.
- Jefe de Laboratorio.

3.1.2 Procedimiento para secado y disgregado de una muestra

Objetivo.

Estos procedimientos permiten realizar la preparación de las muestras de materiales empleados en terracerías y terraplenes, mediante el secado, disgregado, logrando por estos medios, porciones representativas para efecto de pruebas de laboratorio.

Alcance.

Indicar el procedimiento para realizar correctamente el secado y la separación de las partículas que conforman una muestra de material a emplear en la estructura de una terracería y en terraplenes.

Definiciones y terminología.

Secado. El secado se realiza con el fin de facilitar la separación de las partículas que componen la muestra, cuando su contenido de agua es tal que no permite su disgregación.

Disgregado. Esta actividad se realiza con el objeto de separar las partículas que conforman la muestra de suelo.

Responsabilidades.

Es responsabilidad del Jefe de Laboratorio, conocer este procedimiento para asegurar mediante supervisión periódica a sus subalternos, como son los laboratoristas y los auxiliares de laboratorio, así como los cálculos para la obtención de los resultados de las pruebas.



Antecedentes.

Revisar que el equipo se encuentre limpio, calibrado y completo en todas sus partes y en condiciones de operación.

Procedimiento.

Secado.

1. Para realizar el secado de la muestra al aire o al sol a temperatura ambiente, se extiende sobre una charola o sobre una superficie horizontal, limpia y libre de sustancias que pudieran contaminar la muestra.
2. Cuando se utilice un horno para realizar el secado, la muestra se introducirá en él manteniendo una temperatura de $60 \pm 5^\circ\text{C}$.

En ambos casos el material debe revolverse con el cucharón periódicamente para que la muestra quede seca de tal manera que permita su fácil disgregación.



Secado de las muestras

Disgregado.

1. Una vez seca la muestra por cualquiera de los dos procedimientos mencionados anteriormente se determina y se registra su peso con aproximación de 10 g.
2. El material se tamiza por la malla No. 4, apartando la fracción que pasa por la malla.
3. El material retenido en la malla No. 4 se tamiza por la malla de 3" y la fracción retenida se coloca en las charolas de lámina, donde se disgrega con ayuda del mazo de madera, aplicando golpes verticalmente con una altura aproximada de 20 cm., hasta obtener partículas que ya no sean disgregables. El material disgregado se criba nuevamente por la malla de 3" se obtiene y registra el peso de la fracción retenida con aproximación de 10 g. y se calcula su porcentaje con relación a la masa total de la muestra.
4. El material disgregado y cribado por la malla de 3", se tamiza por la malla 2", repitiendo el mismo procedimiento de tamizado, disgregado y calculo descritos en el inciso anterior. Se repite la misma operación con las malla 1", 3/8" y No. 4.
5. Por ultimo se integra la muestra con todo el material disgregado para posteriormente proceder al mezclado y cuarteo de la misma.



Disgregado de muestra con mazo

Gestión ambiental.

Para la realización de las actividades de este procedimiento se seguirán los lineamientos indicados en el plan de Protección Ambiental del Proyecto.

El jefe de laboratorio debe conocerlo y es responsabilidad del titular del área y del responsable de Medio Ambiente que así sea.

Seguridad.

Todo el procedimiento se realizará acabo de acuerdo al Reglamento de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente del proyecto.

Recursos.

Equipo y materiales.

Secado.

- Horno eléctrico provisto de termostato capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Cucharón de lámina.
- Charolas de lámina galvanizada.
- Pala.

Disgregado.

- Mazo de madera forrado de cuero en su base.
- Charolas.
- Balanza capacidad 20 kg. Aproximación 10 g.
- Juego de mallas (3", 2", 1", 3/8" y No. 4).

Mano de obra.

- Jefe de laboratorio.
- Laboratorista.



3.1.3 Procedimiento para prueba de granulometría de materiales

Objetivo.

Esta prueba permite determinar la composición por tamaños de las partículas de los materiales empleados en la construcción del P. H. La Yesca, mediante su paso por una serie de mallas con aberturas determinadas.

Alcance.

Este procedimiento aplica a las muestras representativas de materiales con tamaños de partículas en un rango de 3" a 0.075 mm, empleados en la construcción del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca.

Definiciones y terminología.

Granulometría. Es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

Cribas. Conjunto de malla y marco usado para determinar la granulometría de un suelo.

Responsabilidades.

Es responsabilidad del Jefe de Laboratorio, conocer este procedimiento para asegurar mediante supervisión periódica a sus subalternos, como son los laboratoristas y los auxiliares de laboratorio, así como los cálculos para la obtención de los resultados de las pruebas.

Antecedentes.

Revisar que el equipo se encuentre limpio, calibrado y completo en todas sus partes y en condiciones de operación.

Descripción del procedimiento.

Preparación de la muestra.

Selección del material para la prueba.

1. De la muestra total se apartan aproximadamente 15 kg., de acuerdo con lo indicado en la sección de secado, disgregado y cuarteo, y se registra el peso total de la muestra como W_m en g.

Obtención de las porciones de prueba.

Para realizar la prueba se separan las arenas y los finos de acuerdo a lo siguiente:

1. Se vacía el material cuidadosamente sobre la malla No. 4, recolectando el material que pasa la malla en una charola, con ayuda de una brocha se retira el material que se haya adherido en la malla a fin de hacerlo pasar por la misma y no perder material durante el proceso, en cuanto al material retenido en la malla, también se separa en otra charola.
2. Se obtiene el peso del material retenido en la malla, lo cual representa el porcentaje de grava, registrándola como W_{m1} , en gramos. De la misma manera se obtiene el peso de la porción que pasa por la malla, que representa las arenas y finos, registrándola como W_{m2} .
3. De la fracción que pasó la malla No.4. Se obtienen 100 g. de material y conforme a lo indicado en la sección de determinación de contenido de agua, se obtiene dicho porcentaje.
4. De la fracción restante de material que contiene el contenido de agua original, se seleccionan 200 g aproximadamente y se registra el peso como W_{m3} .



Separación de material

Procedimiento de la prueba.

Preparación de las mallas.

1. Se preparan 2 juegos, el primero para la grava y el segundo para las arenas con finos, en el primer caso se acomodan y en el segundo se ensamblan en orden descendente de acuerdo a lo indicado en la siguiente tabla, y terminado cada juego de mallas con las charolas del fondo.
2. Las mallas usadas dependen del tipo de material, dichas mallas se especifican en la tabla que contiene tipo de material y N° de malla.

Cribado del material retenido en la malla No. 4.

1. La porción de material retenida en la malla No. 4 se tamiza por la malla de 3" y menores. El material se vierte con cuidado malla por malla aplicando una rotación horizontal, con el fin de mantener el material en constante movimiento, permitiendo que las partículas de menor tamaño pasen por las aberturas de las mallas y recolectarlas en una charola. El material retenido se colocara en otra charola. Los pesos del material retenido en cada malla se registran en g.

Cribado del material que pasa la malla No. 4.

1. El material que se separo de lo que pasa por la malla No. 4 (300 g) se coloca en un vaso y se le agregan 500 cm³ de agua aproximadamente y se deja reposar cuando menos 12 horas.
2. Posteriormente se lava por la malla No. 200 de la siguiente manera:
3. Con ayuda de una varilla se agita el material en forma de ochos durante 15 s., de modo que se forme una suspensión.
4. Se deja reposar durante 30 s. e inmediatamente se decanta sobre la malla No. 200. Para facilitar el paso de las partículas a través de la malla se deja caer un chorro de agua a baja presión sobre esta.
5. Se repite la operación hasta que el agua decantada salga limpia.
6. Posteriormente del lavado, se decanta el material retenido en la malla No. 200 nuevamente en el vaso, evitando la pérdida de material, con ayuda de agua.



No. de malla	TIPO DE MATERIAL				
	2F	2	N	1B	F
2"	-	X	-	-	X
1 3/4"	-	-	-	-	X
1 1/2"	X	X	X	X	X
1 1/4"	X	X	X	X	X
1"	-	X	-	-	X
7/8"	-	-	-	-	X
3/4"	X	X	X	-	X
5/8"	-	-	-	-	X
1/2"	-	-	-	-	X
7/16"	-	-	-	-	X
3/8"	X	X	X	X	X
5/16"	-	-	-	-	X
1/4"	-	-	-	-	X
No.4	X	X	X	X	X
8	-	-	-	-	X
10	X	X	X	X	X
16	-	-	-	-	X
20	X	X	X	X	X
30	-	-	-	-	X
40	X	X	X	X	X
50	-	-	-	-	X
60	X	X	X	X	X
70	-	-	-	-	X
100	X	X	X	X	X
200	X	X	X	X	X

* X = se utiliza la malla para la determinación de la granulometría



Decantación del material que pasa la malla N° 4

7. Se seca el material en el vaso, dentro del horno a una temperatura constante de $\pm 110^{\circ}\text{C}$ durante 16 horas cuando menos, posteriormente se retira del horno y se deja enfriar hasta temperatura ambiente.



Secado del material que retiene la malla N° 4

8. Una vez ensambladas las mallas para la arena como se muestra en la tabla anterior, se vierte el material seco sobre la malla superior y se coloca la tapa.
9. Se efectúa la operación de cribado, imprimiendo a las mallas un movimiento vertical y de rotación horizontal por 5 min.; en esta operación es conveniente utilizar agitador mecánico.
10. Concluido el cribado se retira la tapa y se separa la primera malla (No. 10), la cual se agita sobre una charola hasta que se estime que el peso de material que pase la malla durante un minuto no sea mayor a 1 g., el material depositado en la charola se vierte sobre la malla siguiente (No. 20). Este procedimiento se repite por cada malla, verificando que las partículas que queden atoradas en las mallas sean regresadas a la porción retenida correspondiente con ayuda de un cepillo por el reverso de la malla.
11. Posteriormente se obtienen y registran los pesos del material retenido en cada malla.



Cribado del material que pasa la malla N° 4

Gestión ambiental.

Para la realización de las actividades de este procedimiento se seguirán los lineamientos indicados en el plan de Protección Ambiental del Proyecto.

El jefe de laboratorio debe conocerlo y es responsabilidad del titular del área y del responsable de Medio Ambiente que así sea.



Seguridad.

Todo el procedimiento se realizará de acuerdo al Reglamento de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente del proyecto.

Recursos.

Equipo y materiales.

- Horno eléctrico provisto de termostato capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Balanzas capacidad 20 kg aproximación 1g y de capacidad 2000 g y aproximación 0.01 g.
- Vaso de aluminio.
- Agitador de varilla metálica.
- Maquina mecánica agitadora para mallas.
- Cucharón.
- Charolas.
- Tapas y charolas de fondo para mallas.
- Cepillos o brochas

A continuación se mostraran algunos ejemplos de cómo se realizan los análisis granulométricos y formatos a usar.

La siguiente muestra se registro en la bitácora como 115/09 la cual pertenece al banco Las Juntas III que corresponde al material N, a la cual se le realizo la prueba de granulometría. Esta arrojo los siguientes datos:

$W_m = 9440.1 \text{ g}$.

$W_{m_1} = 722.1 \text{ g}$.

$W_{m_2} = 8718 \text{ g}$.

Malla	Peso (g)
Grava	
1 1/2"	-
1 1/4"	-
3/4"	173.0
3/8"	208.5
N° 4	340.6
Arena	
10	31.5
20	47.1
40	56.2
60	42.2
100	47.4
200	41.9
Charola + lavado	233.7

Obtención del porcentaje retenido en gravas

$$\% \text{ Retenido} = \frac{100 \times W(\text{grava})}{W_m}$$

Donde:

100 = Porcentaje total de la muestra

W (grava) = Peso de cada dato que se registro de las mallas



Wm = Peso total de la muestra

Obtención del porcentaje que pasa

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido}$$

*Nota: El primer valor que se obtiene de restar el 100% menos el primer porcentaje retenido se va restando en forma decreciente para obtener los demás valores.

Obtención del porcentaje retenido en arenas

$$\% \text{ Retenido} = \frac{100 \times W(\text{arena})}{500}$$

Donde:

100 = Porcentaje total de la muestra

W (arena) = Peso de cada dato que se registro de las mallas

500 = Peso total de la muestra que posteriormente se lavo y se paso por la malla N° 200
Obtención del porcentaje que pasa

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido}$$

*Nota: El primer valor que se obtiene de restar el 100% menos el primer porcentaje retenido se va restando en forma decreciente para obtener los demás valores.

Obtención del porcentaje integral

$$\% \text{ Integral} = \frac{\% \text{ Pasa } N^{\circ}4 \times \% \text{ Pasa arena}}{100}$$

Donde:

% pasa N° 4 = Porcentaje que se obtuvo de la malla numero 4

% pasa arena = Porcentaje que se obtuvo de cada uno de los resultados de la arena

100 = Porcentaje total de la muestra

Memoria de cálculo

Grava				
Malla	Peso (g)	% Retenido	% Pasa	Valor graficado
1 1/2"	-	-	-	-
1 1/4"	-	-	-	-
3/4"	173.0	1.80	98.20	98
3/8"	208.5	2.20	96.0	96
N° 4	340.6	3.60	92.4	92
		$\Sigma = 722.10$		



Arena					
Nº de malla	Peso (g)	% Retenido	% Pasa	% Integral	Valor graficado
10	31.5	6.30	93.70	88.60	87
20	47.1	9.40	84.30	77.90	78
40	56.2	11.20	73.10	67.50	68
60	42.2	8.40	64.70	59.8	60
100	47.4	9.50	55.20	51.00	51
200	41.9	8.40	46.8	43.20	43
Charola + Lavado	233.7	46.8	0		
		$\sum s/ch = 266.30$			

∴

Grava = 8%
Arena = 49%
Finos = 43%



Informe de granulometría de material N para preatajuja y ataguías																																																																									
Datos del material																																																																									
Muestra: N° 115/09																																																																									
Banco de procedencia: Banco Las Juntas II																																																																									
Fecha de muestreo: 02-Marzo-09																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Malla</th> <th rowspan="2">Abertura.</th> <th colspan="2">Límites</th> <th rowspan="2">Pasa</th> </tr> <tr> <th>Mín</th> <th>Max.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N°</td> <td>mm</td> <td></td> <td></td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>3"</td> <td>76.10</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>38.10</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 1/4"</td> <td>31.70</td> <td></td> <td></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>19.00</td> <td></td> <td></td> <td>98</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.51</td> <td></td> <td></td> <td>96</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4.76</td> <td>100</td> <td></td> <td>92</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>2.00</td> <td>83</td> <td></td> <td>87</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>0.840</td> <td>67</td> <td>100</td> <td>78</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>0.420</td> <td>56</td> <td>84</td> <td>68</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>0.250</td> <td>50</td> <td>74</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0.149</td> <td>45</td> <td>66</td> <td>51</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>0.074</td> <td>40</td> <td>57</td> <td>43</td> </tr> </tbody> </table> <p style="margin-top: 10px;"> G=8% A=49% F=43% </p>	Malla	Abertura.	Límites		Pasa	Mín	Max.	N°	mm			%	3"	76.10				1 1/2"	38.10				1 1/4"	31.70			100	3/4"	19.00			98	3/8"	9.51			96	4	4.76	100		92	10	2.00	83		87	20	0.840	67	100	78	40	0.420	56	84	68	60	0.250	50	74	60	100	0.149	45	66	51	200	0.074	40	57	43	
Malla			Abertura.	Límites		Pasa																																																																			
	Mín	Max.																																																																							
N°	mm			%																																																																					
3"	76.10																																																																								
1 1/2"	38.10																																																																								
1 1/4"	31.70			100																																																																					
3/4"	19.00			98																																																																					
3/8"	9.51			96																																																																					
4	4.76	100		92																																																																					
10	2.00	83		87																																																																					
20	0.840	67	100	78																																																																					
40	0.420	56	84	68																																																																					
60	0.250	50	74	60																																																																					
100	0.149	45	66	51																																																																					
200	0.074	40	57	43																																																																					
Referencias	Lugar: P.H. La Yesca																																																																								
Especificaciones	Realizó																																																																								
Obra civil P.H. La Yesca	Zamora Novoa Gretel Ivonne																																																																								
	Nombre y firma																																																																								
	Nombre y firma																																																																								
	Revisó																																																																								
	Ing. Gerardo González Ojeda																																																																								
	Nombre y firma																																																																								
	Fecha de emisión: 02-Marzo-09																																																																								



La siguiente muestra se registro en la bitácora como 186/09 la cual pertenece al banco Km. 16+100 que corresponde al material N a la cual se le realizo la prueba de granulometría. Esta arrojo los siguientes datos:

$W_m = 7261.9 \text{ g}$.

$W_{m_1} = 1051.9 \text{ g}$.

$W_{m_2} = 6210$

Malla	Peso (g)
Grava	
1 1/2"	278.8
1 1/4"	69.9
3/4"	219.1
3/8"	243.9
Nº 4	240.2
Arena	
10	34.6
20	52.0
40	70.8
60	33.2
100	30.9
200	36.8
Charola + lavado	241.70

Obtención del porcentaje retenido en gravas

$$\% \text{ Retenido} = \frac{100 \times W(\text{grava})}{W_m}$$

Donde:

100 = Porcentaje total de la muestra

$W(\text{grava})$ = Peso de cada dato que se registro de las mallas

W_m = Peso total de la muestra

Obtención del porcentaje que pasa

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido}$$

*Nota: El primer valor que se obtiene de restar el 100% menos el primer porcentaje retenido se va restando en forma decreciente para obtener los demás valores.

Obtención del porcentaje retenido en arenas

$$\% \text{ Retenido} = \frac{100 \times W(\text{arena})}{500}$$

Donde:

100 = Porcentaje total de la muestra

$W(\text{arena})$ = Peso de cada dato que se registro de las mallas

500 = Peso total de la muestra que posteriormente se lavo y se paso por la malla Nº 200



Obtención del porcentaje que pasa

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido}$$

*Nota: El primer valor que se obtiene de restar el 100% menos el primer porcentaje retenido se va restando en forma decreciente para obtener los demás valores.

Obtención del porcentaje integral

$$\% \text{ Integral} = \frac{\% \text{ Pasa } N^{\circ}4 \times \% \text{ Pasa arena}}{100}$$

Donde:

% pasa N° 4 = Porcentaje que se obtuvo de la malla numero 4

% pasa arena = Porcentaje que se obtuvo de cada uno de los resultados de la arena

100 = Porcentaje total de la muestra

Memoria de cálculo

Grava				
Malla	Peso (g)	% Retenido	% Pasa	Valor graficado
1 1/2"	278.8	3.84	96.16	96
1 1/4"	69.9	0.97	95.19	95
3/4"	219.1	3.02	92.17	92
3/8"	243.9	3.36	88.81	89
N° 4	240.2	3.31	85.50	86
	$\Sigma = 1051.9$			

Arena					
N° de malla	Peso (g)	% Retenido	% Pasa	% Integral	Valor graficado
10	34.6	6.92	93.08	79.59	80
20	52.0	10.40	82.68	70.70	71
40	70.8	14.16	68.52	58.59	59
60	33.2	6.64	61.88	52.91	52
100	30.9	6.18	55.70	47.63	48
200	36.8	7.36	48.34	41.33	41
Charola + Lavado	241.70	48.34	0		
	$\Sigma \text{ s/ch} = 258.30$				

∴

Grava = 14%

Arena = 45%

Finos = 41%



Informe de granulometría de material N para preataquilla y ataquías																																																																									
Datos del material																																																																									
Muestra: N° 186/09																																																																									
Banco de procedencia: Banco Km 16+100																																																																									
Fecha de muestreo: 28-Marzo-09																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Malla</th> <th rowspan="2">Abertura.</th> <th colspan="2">Límites</th> <th rowspan="2">Pasa</th> </tr> <tr> <th>Min</th> <th>Max.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N°</td> <td>mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3"</td> <td>76.10</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>38.10</td> <td></td> <td></td> <td>96</td> </tr> <tr> <td>1 1/4"</td> <td>31.70</td> <td></td> <td></td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>19.00</td> <td></td> <td></td> <td>92</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.51</td> <td></td> <td></td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4.76</td> <td>100</td> <td></td> <td>86</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>2.00</td> <td>83</td> <td></td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>0.840</td> <td>67</td> <td>100</td> <td>71</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>0.420</td> <td>56</td> <td>84</td> <td>59</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>0.250</td> <td>50</td> <td>74</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0.149</td> <td>45</td> <td>66</td> <td>48</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>0.074</td> <td>40</td> <td>57</td> <td>41</td> </tr> </tbody> </table> <p>G=14 % A=45 % F=41 %</p>	Malla	Abertura.	Límites		Pasa	Min	Max.	N°	mm				3"	76.10				1 1/2"	38.10			96	1 1/4"	31.70			95	3/4"	19.00			92	3/8"	9.51			89	4	4.76	100		86	10	2.00	83		80	20	0.840	67	100	71	40	0.420	56	84	59	60	0.250	50	74	52	100	0.149	45	66	48	200	0.074	40	57	41	
Malla			Abertura.	Límites		Pasa																																																																			
	Min	Max.																																																																							
N°	mm																																																																								
3"	76.10																																																																								
1 1/2"	38.10			96																																																																					
1 1/4"	31.70			95																																																																					
3/4"	19.00			92																																																																					
3/8"	9.51			89																																																																					
4	4.76	100		86																																																																					
10	2.00	83		80																																																																					
20	0.840	67	100	71																																																																					
40	0.420	56	84	59																																																																					
60	0.250	50	74	52																																																																					
100	0.149	45	66	48																																																																					
200	0.074	40	57	41																																																																					
Referencias	Lugar: P.H. La Yesca	Fecha de emisión: 28-Marzo-09																																																																							
	Realizó Zamora Novoa Cretei Ivonne	Revisó Ing. Gerardo González Ojeda																																																																							
	Nombre y firma	Nombre y firma																																																																							



La siguiente muestra se registro en la bitácora como 721/09 la cual se muestreo de las bandas transportadoras que corresponde al material 2, a la cual se le realizo la prueba de granulometría. Esta arrojo los siguientes datos:

$W_m = 12911.9 \text{ g.}$

$W_{m_1} = 6079 \text{ g.}$

$W_{m_2} = 6832.90$

Humedad = 4.57%

Malla	Peso (g)
Grava	
1 1/4"	422.2
1"	1817.6
3/4"	1040.0
3/8"	1978.9
Nº 4	1574.2
Arena	
10	175.5
20	105.1
40	65.8
60	28.7
100	25.0
200	15.6
Charola + Lavado	61.45

Obtención del porcentaje de humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Donde:

Ph = Peso húmedo

Ps = Peso seco

*Nota: El porcentaje de humedad se obtiene porque la muestra que se realizo contenía humedad propia del material. Este dato nos servirá para poder sacar el peso de la muestra ya que este valor que se obtiene se le descuenta para obtener el peso real. Se tomaran 300 g para obtener la humedad.

Obtención del porcentaje retenido en gravas

$$\% \text{ Retenido} = \frac{100 \times W(\text{grava})}{W_m}$$

Donde:

100 = Porcentaje total de la muestra

W (grava) = Peso de cada dato que se registro de las mallas

Wm = Peso total de la muestra

Obtención del porcentaje que pasa

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido}$$



*Nota: El primer valor que se obtiene de restar el 100% menos el primer porcentaje retenido se va restando en forma decreciente para obtener los demás valores.

Obtención del porcentaje retenido en arenas

$$\% \text{ Retenido} = \frac{100 \times W(\text{arena})}{500}$$

Donde:

100 = Porcentaje total de la muestra

W (arena) = Peso de cada dato que se registro de las mallas

500 = Peso total de la muestra que posteriormente se lavo y se paso por la malla N° 200

Obtención del porcentaje que pasa

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido}$$

*Nota: El primer valor que se obtiene de restar el 100% menos el primer porcentaje retenido se va restando en forma decreciente para obtener los demás valores.

Obtención del porcentaje integral

$$\% \text{ Integral} = \frac{\% \text{ Pasa } N^{\circ}4 \times \% \text{ Pasa arena}}{100}$$

Donde:

% pasa N° 4 = Porcentaje que se obtuvo de la malla numero 4

% pasa arena = Porcentaje que se obtuvo de cada uno de los resultados de la arena

100 = Porcentaje total de la muestra

Memoria de cálculo

Corrección de la muestra por humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{300 - 286.9}{286.9} \times 100 = 4.57$$

$$Wm_2 = \frac{6079 \times 4.57}{100} = 277.81$$

$$\therefore Wm_2 = 6079 - 277.81 = 5801.19$$

*Nota: Como se realizo corrección por humedad ahora Wm=12634.09

Grava					
Malla	Peso (g)	% Retenido	% Acumulado	% Pasa	Valor graficado
1 1/4"	422.2	3.34	3.34	96.66	97
1"	1817.6	14.38	17.72	82.28	82



3/4"	1040.0	8.23	25.95	74.05	74
3/8"	1978.9	15.66	41.61	58.39	58
Nº 4	1574.2	12.46	54.07	45.93	46

$$\Sigma = 6832.90$$

Corrección por humedad de la muestra de 500 g que se toma de la arena

$$Arena = \frac{500 \times 4.57}{100} \times 100 = 22.85$$

$$\therefore Arena = 500 - 22.85 = 477.15$$

*Nota: Por lo tanto para obtener el valor del % retenido se tomara el nuevo valor de 477.15 g en lugar de 500 g.

Arena						
Nº de malla	Peso (g)	% Retenido	% Acumulado	% Pasa	% Integral	Valor graficado
10	175.5	36.78	36.78	63.22	29.03	29
20	105.1	22.02	58.80	41.20	18.92	19
40	65.8	13.79	72.59	27.41	12.58	13
60	28.7	6.01	78.60	21.40	9.82	10
100	25.0	5.23	83.83	16.17	7.42	7
200	15.6	3.26	87.13	12.87	5.91	6
Charola + Lavado	61.45	12.87	100	0		
	$\Sigma s/ch=415.7$					

∴

Grava = 54%
Arena = 40%
Finos = 6%



Informe de granulometría de material N° 2																																																																														
Datos del material																																																																														
Muestra: N° 721/09																																																																														
Procedencia: Banda transportadora																																																																														
Fecha de muestreo: 28-Junio-09																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Malla</th> <th rowspan="2">Abertura.</th> <th colspan="2">Límites</th> <th rowspan="2">Pasa</th> </tr> <tr> <th>Min</th> <th>Max.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N°</td> <td>mm</td> <td>Min</td> <td>Max.</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>2"</td> <td>50.0</td> <td>100</td> <td>100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>37.5</td> <td>82</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>1 1/4"</td> <td>31.7</td> <td>75</td> <td>100</td> <td>97</td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>25.4</td> <td>67</td> <td>100</td> <td>82</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>19.0</td> <td>59</td> <td>89</td> <td>74</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.5</td> <td>47</td> <td>73</td> <td>58</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4.75</td> <td>35</td> <td>61</td> <td>46</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>2.0</td> <td>26</td> <td>46</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>0.85</td> <td>18</td> <td>33</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>0.425</td> <td>12</td> <td>25</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>0.250</td> <td>9</td> <td>19</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0.150</td> <td>7</td> <td>14</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>0.074</td> <td>5</td> <td>9</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table> <p style="margin-top: 10px;">G=54% A=40% F=6%</p>	Malla	Abertura.	Límites		Pasa	Min	Max.	N°	mm	Min	Max.	%	2"	50.0	100	100		1 1/2"	37.5	82	100	100	1 1/4"	31.7	75	100	97	1"	25.4	67	100	82	3/4"	19.0	59	89	74	3/8"	9.5	47	73	58	4	4.75	35	61	46	10	2.0	26	46	29	20	0.85	18	33	19	40	0.425	12	25	13	60	0.250	9	19	10	100	0.150	7	14	7	200	0.074	5	9	6	
Malla			Abertura.	Límites		Pasa																																																																								
	Min	Max.																																																																												
N°	mm	Min	Max.	%																																																																										
2"	50.0	100	100																																																																											
1 1/2"	37.5	82	100	100																																																																										
1 1/4"	31.7	75	100	97																																																																										
1"	25.4	67	100	82																																																																										
3/4"	19.0	59	89	74																																																																										
3/8"	9.5	47	73	58																																																																										
4	4.75	35	61	46																																																																										
10	2.0	26	46	29																																																																										
20	0.85	18	33	19																																																																										
40	0.425	12	25	13																																																																										
60	0.250	9	19	10																																																																										
100	0.150	7	14	7																																																																										
200	0.074	5	9	6																																																																										
Referencias	Lugar: P.H. La Yesca Fecha de emisión: 28-Junio-09																																																																													
Especificaciones	Realizó Zamora Novoa Gretel Ivonne																																																																													
Obra civil P.H. La Yesca	Revisó Ing. Gerardo González Ojeda Nombre y firma																																																																													



La siguiente muestra se registro en la bitácora como 748/09 la cual se muestreo de las bandas transportadoras que corresponde al material 2, a la cual se le realizo la prueba de granulometría. Esta arrojo los siguientes datos:

$W_m = 10531.7 \text{ g}$.

$W_{m_1} = 5421.70 \text{ g}$.

$W_{m_2} = 5110 \text{ g}$.

Humedad = 3.87%

Malla	Peso (g)
Grava	
1 1/4"	765.0
1"	1087.8
3/4"	824.8
3/8"	1539.7
Nº 4	1204.4
Arena	
10	166.1
20	97.0
40	64.5
60	30.2
100	28.5
200	25.6
Charola + Lavado	68.75

Obtención del porcentaje de humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Donde:

Ph = Peso húmedo

Ps = Peso seco

*Nota: El porcentaje de humedad se obtiene porque la muestra que se realizo contenía humedad propia del material. Este dato nos servirá para poder sacar el peso de la muestra ya que este valor que se obtiene se le descuenta para obtener el peso real. Se tomaran 300 g para obtener la humedad.

Obtención del porcentaje retenido en gravas

$$\% \text{ Retenido} = \frac{100 \times W(\text{grava})}{W_m}$$

Donde:

100 = Porcentaje total de la muestra

W (grava) = Peso de cada dato que se registro de las mallas

Wm = Peso total de la muestra



Obtención del porcentaje que pasa

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido}$$

*Nota: El primer valor que se obtiene de restar el 100% menos el primer porcentaje retenido se va restando en forma decreciente para obtener los demás valores.

Obtención del porcentaje retenido en arenas

$$\% \text{ Retenido} = \frac{100 \times W(\text{arena})}{500}$$

Donde:

100 = Porcentaje total de la muestra

W (arena) = Peso de cada dato que se registro de las mallas

500 = Peso total de la muestra que posteriormente se lavo y se paso por la malla N° 200

Obtención del porcentaje que pasa

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido}$$

*Nota: El primer valor que se obtiene de restar el 100% menos el primer porcentaje retenido se va restando en forma decreciente para obtener los demás valores.

Obtención del porcentaje integral

$$\% \text{ Integral} = \frac{\% \text{ Pasa } N^{\circ}4 \times \% \text{ Pasa arena}}{100}$$

Donde:

% pasa N° 4 = Porcentaje que se obtuvo de la malla numero 4

% pasa arena = Porcentaje que se obtuvo de cada uno de los resultados de la arena

100 = Porcentaje total de la muestra

Memoria de cálculo

Corrección de la muestra por humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{300 - 288.8}{288.8} \times 100 = 3.87$$

$$Wm_2 = \frac{5110 \times 3.87}{100} = 197.75$$

$$\therefore Wm_2 = 5510 - 197.75 = 4912.25$$

*Nota: Como se realizo corrección por humedad ahora Wm=10333.95 g.



Grava					
Malla	Peso (g)	% Retenido	% Acumulado	% Pasa	Valor graficado
1 1/4"	765.0	7.40	7.40	92.60	93
1"	1087.8	10.52	17.92	82.08	82
3/4"	824.8	7.98	25.90	74.10	74
3/8"	1539.7	14.89	40.79	59.21	59
Nº 4	1204.4	11.65	52.44	47.56	48
		$\Sigma = 5421.70$			

Corrección por humedad de la muestra de 500 g que se toma de la arena

$$Arena = \frac{500 \times 3.87}{100} \times 100 = 19.35$$

$$\therefore Arena = 500 - 19.35 = 480.65$$

*Nota: Por lo tanto para obtener el valor del % retenido se tomará el nuevo valor de 480.65 g en lugar de 500 g.

Arena						
Nº de malla	Peso (g)	% Retenido	% Acumulado	% Pasa	% Integral	Valor graficado
10	166.1	34.55	34.55	65.45	31.12	31
20	97.0	20.18	54.73	45.27	21.53	22
40	64.5	13.41	68.14	31.89	15.16	15
60	30.2	6.28	74.42	25.58	12.16	12
100	28.5	5.92	80.34	19.66	9.35	9
200	25.6	5.32	85.66	14.30	6.80	7
Charola + Lavado	68.75	14.30	100	0		
		$\Sigma s/ch=411.90$				

∴

Grava = 52%
Arena = 41%
Finos = 7%



Informe de granulometría de material N° 2																																																																																															
Datos del material																																																																																															
Muestra: N° 748/09																																																																																															
Procedencia: Banda transportadora																																																																																															
Fecha de muestreo: 31-Julio-09																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Malla</th> <th rowspan="2">Abertura.</th> <th colspan="2">Límites</th> <th colspan="2">Pasa</th> </tr> <tr> <th>Min</th> <th>Max.</th> <th>Min</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N°</td> <td>mm</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2"</td> <td>50.0</td> <td>82</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>37.5</td> <td>75</td> <td>100</td> <td>93</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 1/4"</td> <td>31.7</td> <td>67</td> <td>100</td> <td>82</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>25.4</td> <td>59</td> <td>89</td> <td>74</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>19.0</td> <td>47</td> <td>73</td> <td>59</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.5</td> <td>35</td> <td>61</td> <td>48</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4.75</td> <td>26</td> <td>46</td> <td>31</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>2.0</td> <td>18</td> <td>33</td> <td>22</td> <td></td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>0.85</td> <td>12</td> <td>25</td> <td>15</td> <td></td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>0.425</td> <td>9</td> <td>19</td> <td>12</td> <td></td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>0.250</td> <td>7</td> <td>14</td> <td>9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>0.150</td> <td>5</td> <td>9</td> <td>7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>0.074</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="margin-top: 10px;"> G=52% A=41% F=7% </p>	Malla	Abertura.	Límites		Pasa		Min	Max.	Min	%	N°	mm	100	100	100		2"	50.0	82	100	100	100	1 1/2"	37.5	75	100	93		1 1/4"	31.7	67	100	82		1"	25.4	59	89	74		3/4"	19.0	47	73	59		3/8"	9.5	35	61	48		4	4.75	26	46	31		10	2.0	18	33	22		20	0.85	12	25	15		40	0.425	9	19	12		60	0.250	7	14	9		100	0.150	5	9	7		200	0.074					
Malla			Abertura.	Límites		Pasa																																																																																									
	Min	Max.		Min	%																																																																																										
N°	mm	100	100	100																																																																																											
2"	50.0	82	100	100	100																																																																																										
1 1/2"	37.5	75	100	93																																																																																											
1 1/4"	31.7	67	100	82																																																																																											
1"	25.4	59	89	74																																																																																											
3/4"	19.0	47	73	59																																																																																											
3/8"	9.5	35	61	48																																																																																											
4	4.75	26	46	31																																																																																											
10	2.0	18	33	22																																																																																											
20	0.85	12	25	15																																																																																											
40	0.425	9	19	12																																																																																											
60	0.250	7	14	9																																																																																											
100	0.150	5	9	7																																																																																											
200	0.074																																																																																														
Referencias	Lugar: P.H. La Yesca																																																																																														
Especificaciones Obra civil P.H. La Yesca	Realizó																																																																																														
	Zamora Novoa Gretel Ivonne																																																																																														
	Nombre y firma																																																																																														
	Fecha de emisión: 31-Julio-09																																																																																														
	Revisó																																																																																														
	Nombre y firma																																																																																														
	Ing. Gerardo González Ojeda																																																																																														



3.1.4 Procedimiento para pruebas de compactación.

Objetivo

Elaborar un procedimiento para determinar el peso volumétrico seco máximo y la humedad óptima del suelo en estudio compactando dicho suelo en un molde de un tamaño dado con un martillo de 2.5 kg (5.516) que cae desde una altura de 305 mm (12"). Se han previsto cuatro métodos:

Método A. Usando un molde de diámetro 102 mm (4"); material de suelo que pasa el tamiz de 4.75 mm (Nº4).

Método B. Usando un molde de diámetro 152 mm (6"); material de suelos que pasa por el tamiz de 4.75 mm.

Método C. Usando un molde de diámetro 102 mm (4"); material de suelos que el tamiz de 19 mm (3/4").

Método D. Usando un molde de diámetro 152 mm (6") material de suelos que pasa por el tamiz de 19mm (3/4")

Se indicara en las especificaciones el método que deberá usarse para el material que se va a ensayar, si no se especifica ninguno, registrá el método A.

Alcance

Este procedimiento aplica al material arcilloso denominado N utilizado para la construcción del núcleo impermeable de la ataguía, las terracerías, sub. base y base de las vialidades definitivas

Definiciones

Compactación: la compactación de suelos es el proceso artificial por el cual las partículas de suelo son obligadas a estar mas en contacto las unas con las otras, mediante una reducción del índice de vacíos, empleando medios mecánicos, lo cual se traduce en un mejoramiento de sus propiedad ingenieriles.

La importancia de la compactación de suelos escriba en el aumento de la resistencia y disminución de la capacidad de deformación que se obtiene al someter el suelo a técnicas convenientes, que aumentan el peso específico seco, disminuye sus vacíos.

Energía de compactación

Peso volumétrico seco máximo, kg/m^3

Contenido de agua óptima, w, %

Responsabilidades

Es responsabilidad del Jefe de Laboratorio, conocer este procedimiento para asegurar mediante supervisión periódica a sus subalternos, como son los laboratoristas y los auxiliares de laboratorio, así como los cálculos para la obtención de los resultados de las pruebas.

Antecedentes

Revisar que el equipo se encuentre limpio, verificado y completo en todas sus partes.

Descripción del procedimiento

Preparación de la muestra.

1. Si la muestra de suelo esta húmeda cuando se recibe en laboratorio (de 16 kg a 23 kg de peso húmedo aprox.) deberá secarse hasta que llegue a hacerse friable. El secado puede efectuarse al aire o por medio de aparatos de secado de manera que la temperatura de la muestra no pase de 60 °C. Rómpanse entonces los terrones de una manera tal, que no se reduzca el tamaño natural de las partículas individuales de la muestra.



2. Tamícese una cantidad adecuada de suelo pulverizado representativo, sobre el tamiz de 4.75 mm (N°4). Si lo hubiere, descártese el material grueso retenido.
3. Escójase una muestra representativa del suelo preparado como se describe, con peso aproximado de 3 kg (6.6 lb) o mas.



Muestra representativa de suelo para prueba de compactación

Método A

1. A la porción representativa escogida se le agrega una cantidad de agua necesaria para que al homogeneizarla perfectamente tenga un contenido de agua hasta 4% por debajo de contenido óptimo de humedad.
2. En caso de que se hayan formado grumos en el proceso se revuelve el material para disgregarlo totalmente. Se homogeniza y se divide la muestra en 3 partes aproximadamente iguales.
3. Prepárese un espécimen, compactando en el molde de 102 mm (4") de diámetro ajustado en tres capas aproximadamente iguales y obteniendo una altura total compactada de alrededor de 127 mm (5");
4. Compáctese cada capa mediante 25 golpes uniformemente distribuidos con el martillo de caída libre de 305 mm (12"), por encima de la altura aproximada del suelo compactado cuando se usa un martillo operado manualmente.



Compactación de material con el molde Proctor

5. Durante la compactación, el molde deberá permanecer firme sobre un soporte denso uniforme, rígido, y estable, que puede ser un bloque de concreto, que pese no menos de 91 kg (200



lb), sostenido por una cimentación relativamente estable como piso sano de concreto, y en caso de hacer el ensayo en el campo, superficies como las que proporcionen los muros de alcantarillas de concreto, los puentes y los pavimentos.

6. Terminada la compactación de las tres capas, se retira el collar de extensión, se recorta cuidadosamente el suelo excedente compactado en la parte superior del molde usando el borde recto de la espátula o regla.



Enrasado del material

7. A continuación se determina la masa del cilindro más la muestra compactada y se registra como W_i , en kilogramos con aproximación de 5g (en libras con aproximación de 0.01 lb).

Para moldes que cumplan con las tolerancias, dadas, y cuyos pesos se hayan anotado en libras, multiplíquese el peso del suelo compactado y del molde, menos el peso del molde, por 30 y anótese el resultado como peso unitario húmedo en lb/pies^3 de suelo compactado. Para moldes que cumplan con la tolerancia, dadas y cuyos pesos se registre en kg, multiplíquese el peso del suelo compactado y del molde, menos el peso del molde, por 1059.43 y regístrese el resultado como peso unitario húmedo, en kg/m^3 de suelo compactado. Para moldes usados que no cumplen con la tolerancia de menos del 50% hágase el cálculo teniendo en mente el volumen calibrado del molde.

8. Se saca el espécimen del cilindro y se corta verticalmente a través del centro del mismo. Se toma una muestra representativa del material de una de las caras del corte; se pesa inmediatamente y se seca en un horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230^\circ \pm 9^\circ\text{F}$) por un tiempo, mínimo de 12 hrs. o hasta peso constante para determinar el contenido de agua. La muestra no debe pesar menos de 100 g.

9. Se incorporan las partes de material que sobro y se disgregan los grumos, se agrega aproximadamente de 1 a 2% más de agua con respecto al peso inicial de la muestra y se repiten los pasos descritos anteriormente para cada incremento de agua hasta que dicho contenido de agua sea tal que el último espécimen elaborado presente una disminución apreciable en su peso con respecto al anterior o que no haya cambiado en el peso húmedo en kg/m^3 o en lb/pies^3 del peso compactado. Para definir convenientemente la curva de compactación se requiere compactar 4 o 5 especímenes, que las tres o cuatro primeras iteraciones sean crecientes los valores y la última debe tener un peso menor a las anteriores, como se mencionó anteriormente.



Extracción de la muestra para determinar contenido de humedad

Este procedimiento se ha encontrado satisfactorio en la mayoría de los casos. Sin embargo en algunas ocasiones, en las cuales el suelo es de carácter frágil y se reduce significativamente en su tamaño, debido a la compactación repetida y en casos en los cuales el suelo está constituido por un material arcilloso de textura grasosa, dentro del cual es difícil incorporar agua, deberá emplearse una muestra diferente del mismo material para cada punto del ensayo de compactación. En estos casos, las diferentes muestras deberán mezclarse perfectamente con cantidades suficientes de agua para que la humedad de las mismas varíe aproximadamente en 2 puntos de porcentaje. Los puntos de humedad escogidos deberán encerrar el valor del contenido óptimo de humedad, proporcionando de esta manera muestreo que cuando se compactan, aumentan su peso hasta el peso unitario humedad-peso máximo deseado y disminuyen luego de alcanzado este. Las muestras de mezclas de suelos con agua deberán colocarse en recipientes cubiertos y deberán permanecer en reposo por lo menos 12 horas antes de efectuar la determinación del ensayo de humedad peso unitario.



Disgregación de grumos

Este procedimiento se ha encontrado satisfactorio en la mayoría de los casos. Sin embargo en algunas ocasiones, en las cuales el suelo es de carácter frágil y se reduce significativamente en su tamaño, debido a la compactación repetida y en casos en los cuales el suelo está constituido por un material arcilloso de textura grasosa, dentro del cual es difícil incorporar agua, deberá emplearse una muestra diferente del mismo material para cada punto del ensayo de compactación. En estos casos, las diferentes muestras deberán mezclarse perfectamente con cantidades suficientes de agua para que la humedad de las mismas varíe aproximadamente en 2 puntos de porcentaje. Los puntos de humedad escogidos deberán encerrar el valor del contenido óptimo de humedad, proporcionando de esta manera muestreo que cuando se compactan, aumentan su peso hasta el peso unitario humedad-peso máximo deseado y disminuyen luego de alcanzado este. Las muestras de mezclas de suelos con agua deberán colocarse en recipientes cubiertos y deberán



permaneces en reposo por lo menos 12 horas antes de efectuar la determinación del ensayo de humedad peso unitario.

Método B

1. Escójase la muestra representativa de acuerdo con el método excepto que deberá tener un peso de aproximadamente 7 kg (15 lb).
2. Siga de el mismo procedimiento descrito para el método A, excepto en lo siguiente; prepárese una muestra compactada de suelos humedecido en el molde de 152 mm (6"), de diámetro (con el collar ajustado), en tres capas aproximadamente iguales, de tal manera que proporcionen una altura total compactada de alrededor de 125 mm (5") siendo compactada cada capa por medio de 56 golpes de martillo uniformemente distribuidos

Para moldes que cumplan con las tolerancias de los moldes descritos al final, y con los pesos anotados en libras, multiplíquese el peso de la muestra compactado y el molde, menos el molde por 13,33 y anótese el resultado como peso unitario húmedo, en lb/pie³, de suelo compactado.

Para moldes que cumplen con la tolerancia de los moldes descritos al final, y con los pesos registrados en kilogramos, multiplíquese el peso de la muestra compactada y el molde, menos el peso del molde, por 470.74, y anótese el resultado como el peso unitario húmedo en kg/m³, del suelo compactado.

Para moldes usados fuera de la tolerancia de menos del 50% hágase el cálculo teniendo en cuenta el volumen calibrado del molde.

Método C

Muestra

1. Si el suelo esta húmedo cuando se recibe del campo séquese hasta 29 kg seco o 45 kg, húmedo aprox.) que se note friable. El secado puede efectuarse en el aire, o mediante el uso de aparatos de secado; siempre que la temperatura no exceda de 60°C (140°F). Rómpanse luego perfectamente los terrones pero de tal manera que se evite la reducción del tamaño natural de las partículas individuales.
2. Tamícese una cantidad representativa de suelo pulverizado sobre el tamiz de 19mm (3/4"). Descartase el material grueso, retenido sobre dicho tamiz si lo hubiere.
3. Seleccione una muestra representativa, que tenga un peso de 5kg (11 lb) o más de suelo preparado como se describe en los párrafos anteriores.

Procedimiento

1. Mézclese completamente la muestra representativa seleccionada con suficiente agua para humedecerla hasta aproximadamente 4 puntos de porcentaje por debajo del contenido optimo de humedad.
2. Prepárese una muestra mediante compactación del suelo húmedo en el molde de 102 mm (4") de diámetro (con el collar ajustado) en tres capas aproximadamente iguales que den una altura de total de material compactada de alrededor de 127 mm (5"). Compáctense cada capa mediante 25 golpes uniformemente distribuidos dadas por el martillo de caída libre desde una altura de 305 mm (12") por encima de la altura aproximadamente del suelo cuando se un martillo con guía o desde 2305 mm (12") por encima de la altura aproximadamente de cada capa finalmente compactada cuando se usa un martillo de tipo de montaje estacionario. Durante la compactación, el molde deberá permanecer firmemente apoyada sobre un soporte estable, denso, uniforme y rápido.
3. Después de la compactación, remuévase el collar de extensión, recórtese cuidadosamente el suelo excedente compactado en la parte superior del molde mediante la regla con borde recta. Los huecos que se hayan desarrollado en la superficie por la remoción de material grueso deberán rellenarse con material de tamaño más pequeño.
4. Pésese el molde y el suelo húmedo en kg con aproximación de 5g (o en libras con aproximación a 0.01 lb)



Para moldes que cumplen con las tolerancias de los moldes descritos al final, cuyos pesos estén registrados en libras, multiplíquese el peso de la muestra compactada y del molde, menos el peso del molde, por 30 y regístrese el resultado como peso unitario húmedo, en lb/pie³, del suelo compactado.

Para moldes que cumplen con las tolerancias dadas de los moldes descritos al final, cuyos pesos estén registrados en kilogramos, multiplíquese el peso de la muestra compactada y del molde, menos el peso del molde, por 1059.43 y regístrese el resultado como peso unitario húmedo, en kg/m³, del suelo compactado. Para moldes usados fuera de la tolerancia del 50%, hágase el cálculo teniendo en cuenta el volumen calibrado del molde.



Registro del peso del molde con el espécimen

5. Saquéese el material del molde y córtese verticalmente por el centro. Tómese una muestra representativa del material de una de las capas del corte pésese inmediatamente, séquese en un horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230^\circ \pm 9^\circ\text{F}$) por lo menos durante 12 horas o hasta obtener un peso constante, para determinar el contenido de humedad. La muestra para esta determinación no deberá ser menor a 500 g
6. Rómpase completamente la cantidad restante del material hasta cazado se considere que pasa el tamiz de 19 mm ($3/4''$) y para el cual noventa (90%) de los agregados de suelos pasa un tamiz de 4.75 mm (N°4) a ojo, y agréguese a la parte en cantidad suficiente para aumentar la humedad de la muestra en uno de dos puntos de porcentaje, y repítase el procedimiento anterior para cada incremento de agua. Prosígase con esta serie de determinaciones hasta cuando disminuya o no cambie el peso húmedo, en kg/m³ o lb/pie³ del suelo compactado.

Método D

Muestra

Escójase la muestra representativa de acuerdo a lo descrito. excepto que esta deberá tener un peso de aproximadamente 11 kg (24 lb)

Procedimiento

1. Sígase el mismo procedimiento descrito para el método C excepto en los siguiente; fórmese una muestra compactando el suelo húmedo en el molde de 152 mm (6") de diámetro (con el collar ajustado) en tres capas aproximadamente iguales que den una altura total compactada alrededor de 127 mm (5"), compactándose cada capa mediante 56 golpes del martillo distribuido uniformemente. Para moldes que cumplan con las tolerancias dadas en los moldes descritos al final y con los pesos dados en libras, y multiplíquese por peso de la muestra compactada y del molde menos el peso del



molde, por 470.74 y regístrese el resultado como peso unitario húmedo del suelo compactada en kg/m^3 . Para moldes usados fuera de la tolerancia del 50%, hágase el calculo teniendo en cuenta el volumen calibrado del molde

NOTA: Con los datos del equipo se determina el número de golpes que se le aplicarán a cada capa de material distribuido en el molde.

$$N = \frac{E_c \times v}{N \times PM \times H}$$

Donde:

E_c = Energía de compactación.

V = Volumen del cilindro.

N = Numero de capas.

PM = Peso del martillo.

H = Altura de caída del martillo.

Igualmente podemos calcular la energía de compactación mediante la siguiente expresión:

$$E_c = \frac{N \times n \times W \times h}{V}$$

Donde:

E_c = Energía de compactación.

N = Numero de golpes por capa.

n = numero de capas de suelo.

W = Peso del pisón.

h = Altura de caída libre del pisón o martillo.

V = Volumen del suelo compactado.

Gestión ambiental

Para la realización de las actividades de este procedimiento se seguirán los lineamientos indicados en el plan de Protección Ambiental del Proyecto.

El jefe de laboratorio debe conocerlo y es responsabilidad del titular del área y del responsable de Medio Ambiente del proyecto

Seguridad.

Todo el procedimiento se realizara acabo de acuerdos al Reglamento de Seguridad, Higiene, Y Medio Ambiente del Proyecto

Recursos

Equipos y materiales

- Un molde de 102 mm (4") con una capacidad de $943 \pm 8 \text{ cm}^3$ (1/30 pie) con un diámetro interior de $101.6 \pm 0.406 \text{ mm}$ (4 ± 0.016 ") y una altura de $116.43 \pm 0.127 \text{ mm}$ (4.584 ± 0.005 ")



- Un molde de 152 mm (6") con una capacidad de $2124 \pm 21 \text{ cm}^3$ (equivalente a $1/12.33 \text{ pies}^3$), con un diámetro interior de $152.4 \pm 0.6604 \text{ mm}$ ($6 \pm 0.026"$) y una altura de $116.43 \pm 0.127 \text{ mm}$ (4.584 ± 0.005).

Moldes que no cumplen con la tolerancia debido al uso. Un molde que no cumpla con las tolerancias de fabricación después de un servicio continuado, puede permanecer en uso siempre y cuando dichas tolerancias no sean excedidas en más del 50 por ciento; y que se emplee para los cálculos, el volumen del molde, calibrado de acuerdo con la norma para calibración de medidas de peso unitario para agregados.

- Operador manual: un martillo metálico que tenga una acara plana circular de $50.8 \pm 0.127 \text{ mm}$ ($2 \pm 0.005"$) de diámetro, una tolerancia por el uso de 0.13 mm ($0.005"$) que pese $2.495 \pm 0.009 \text{ kg}$ ($5.50 \pm 0.02 \text{ lb}$). el martillo deberá estar provisto de una guía apropiada que controle la altura de la caída del golpe desde una altura libre de $304.8 \pm 1.524 \text{ mm}$ ($12.0 \pm 0.06"$ ò $1/16"$) por encima de la altura del suelo. La guía deberá tener al menos 4 agujeros de ventilación, no menores de 9.5 mm ($3/8"$) de diámetro espaciados aproximadamente a 90° (1.57 rad) y 19 mm ($3/4"$) de cada extremo, y deberá tener suficiente luz libre, de tal manera que la caída del martillo y la cabeza no tengan restricciones

Mano de obra

- Laboratorista.
- Jefe de Laboratorio.

A continuación se presentarán algunos ejemplos de cómo hacer los cálculos de compactación y el registro en cada formato, así como la calibración de los moldes.

Para obtener los datos de los moldes estos deben de estar calibrados. La calibración se hace a base de medidas que se le realizan al molde para ver si este cumple con las tolerancias para su uso. Estos datos se ocuparan posteriormente para la prueba de compactación.

El molde calibrado es el identificado como MYPP-02

Obtención de los datos de la calibración

1. ϕ Exterior del collarín: $11.45 \text{ cm}=114.5 \text{ mm}$
2. Altura efectiva del collarín: $5.12 \text{ cm}=51.2 \text{ mm}$
3. Altura total del collarín: $6.03 \text{ cm}=60.3 \text{ mm}$
4. ϕ Interior del molde: $10.13 \text{ cm}=101.30 \text{ mm}$
5. Altura del molde: $11.66 \text{ cm}=116.6 \text{ mm}$
6. Distancia entre varillas: $16.5 \text{ cm}=165 \text{ mm}$
7. ϕ de las varillas: $0.91 \text{ cm}=9.1 \text{ mm}$
8. Espesor de la base: $1.1 \text{ cm}=11 \text{ mm}$

Martillo o pisón operado manualmente

9. Masa en Kg.: 2.511
10. Cara circular: $5.11 \text{ cm}=51.1 \text{ mm}$
11. Altura de caída: $30.5 \text{ cm}=305 \text{ mm}$



12. Diámetro de guía: 1.68 cm = 16.8 mm

Temperatura ambiente inicial: 17°

Temperatura ambiente final: 25°

Humedad relativa: 41% (obtenida de la tabla del termómetro de máximos y mínimos)

Ya que se obtuvieron los datos se llena el formato de verificación de moldes para ver si este cumple con las especificaciones y se procede a obtener el número de golpes de cada molde

Cálculo del número de golpes

Para obtener el número de golpes del molde para hacer la prueba de compactación debemos realizarla con la siguiente fórmula:

$$N = \frac{Fc \times V}{n \times w \times h}$$

Donde:

N = Número de golpes

Fc = Factor de compactación (7.36 Kg.-cm/cm³, por especificaciones)

n = Número de capas

w = Peso del pisón o masa

h = Altura de caída

V = Volumen del molde Proctor

Obtención del volumen

$$V = A \times h$$

Donde:

V = Volumen del molde

A = Área del molde

H = Altura del molde

Obtención del área

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Donde:

D = Diámetro



Memoria de cálculo

Área del molde

$$A = \frac{\pi \times 10.10^2}{4} = 80.11 \text{ cm}^2$$

Volumen del molde

$$V = 80.11 \times 11.66 = 934.08 \text{ cm}^3$$

Numero de golpes

$$N = \frac{(73.6 \text{ kg} - \text{cm} / \text{cm}^3) \times (934.08 \text{ cm}^3)}{(3) \times (2.511 \text{ Kg}) \times (30.5 \text{ cm})} = 299.22$$

∴ 30 golpes por capa



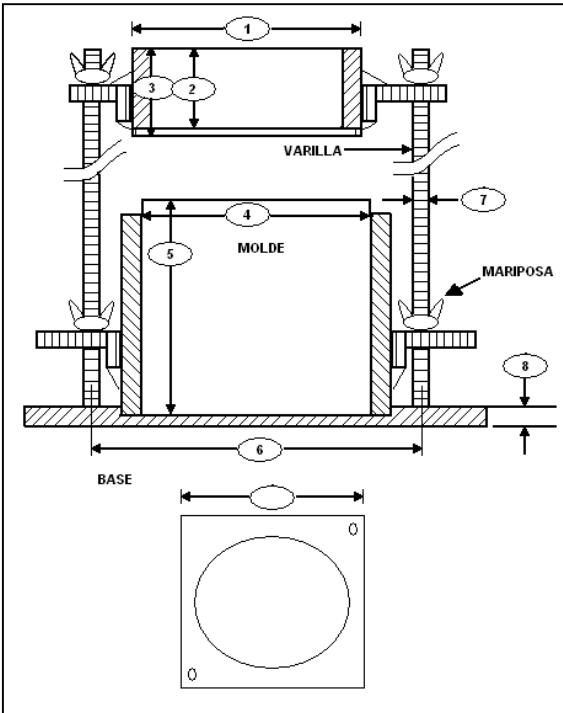
Verificación de moldes de compactación

Ubicación: P.H. La Yesca
Solicitante: Ing. Sandra Enid Moreno
Fecha: 14-Abril-09
Fecha de verificación: 14-octubre-09

Identificación: CVA-01
Equipo: Vernier Mitutoyo
Capacidad: 150 mm
Rango de uso: Dimensional

Resultados de verificación

Descripción del equipo: Molde AASHTO
Identificación: MYPP-02



Identificación	Descripción	Valor de verificación	Valores especificados en mm	
			Molde de 101.6	Molde de 152.40
1	ϕ Exterior del collarín	114.5	114.30 \pm 2.54	165 \pm 2.54
2	Altura efectiva del collarín	51.20	50.80 \pm 0.64	50.80 \pm 0.64
3	Altura total del collarín	60.30	60.33 \pm 1.27	60.33 \pm 1.27
4	ϕ Interior del molde	101.3	101.60 \pm 0.41	152.40 \pm 0.41
5	Altura del molde	116.6	116.43 \pm 0.13	116.43 \pm 0.13
6	Distancia entre varillas	165.00	215.90 \pm 2.54	215.90 \pm 2.54
7	ϕ Varilla	9.10	9.53	9.53
8	Espesor de base	11.00	12.70 \pm 2.54	12.70 \pm 2.54
Martillo o pisón operado manualmente			Estándar	Modificado
9	Masa en Kg.	2.511	2.495 \pm 0.009	4.536 \pm 0.009
10	Cara circular	51.10	50.30 \pm 0.25	50.80 \pm 0.25
11	Altura de caída	305.00	305 \pm 2	457 \pm 2
12	Diámetro de guía	16.8	9.5 min.	9.5 min.

Condiciones ambientales	Resultado	Observaciones
Temperatura inicial: 17°	Satisfactorio	Cumple especificaciones AASHTO
Temperatura final: 25°	Satisfactorio con recomendación	
Humedad relativa: 41%	No cumple	
Frecuencia de verificación programada: Semestral	Fecha próxima de verificación: 14-October-09	

Referencias	Lugar: P.H. La Yesca	Fecha de emisión: 14-Abril-09
	Realizó	Revisó
	Especificaciones Obra civil P.H. La Yesca	Zamora Novoa Gretel Ivonne
	Nombre y firma	Nombre y firma



Para obtener los datos de los moldes estos deben de estar calibrados. La calibración se hace a base de medidas que se le realizan al molde para ver si este cumple con las tolerancias para su uso. Estos datos se ocuparán posteriormente para la prueba de compactación.

El molde calibrado es el identificado como MYPP-03

Obtención de los datos de la calibración

1. ϕ Exterior del collarín: 16.50 cm=165.0 mm
2. Altura efectiva del collarín: 5.08 cm=50.80 mm
3. Altura total del collarín: 6.04 cm=60.40 mm
4. ϕ Interior del molde: 15.13 cm=151.33 mm
5. Altura del molde: 11.66 cm=116.6 mm
6. Distancia entre varillas: 21.50 cm=215.00 mm
7. ϕ de las varillas: 0.92 cm=9.2 mm
8. Espesor de la base: 1.01 cm=10.1 mm

Martillo o pisón operado manualmente

9. Masa en Kg.: 2.537
10. Cara circular: 5.14 cm=51.4 mm
11. Altura de caída: 45.9 cm=459 mm
12. Diámetro de guía: 1.69 cm=16.9 mm

Temperatura ambiente inicial: 25°

Temperatura ambiente final: 26°

Humedad relativa: 42% (obtenida de la tabla del termómetro de máximos y mínimos)

Ya que se obtuvieron los datos se llena el formato de verificación de moldes para ver si este cumple con las especificaciones y se procede a obtener el numero de golpes de cada molde

Cálculo del numero de golpes

Para obtener el numero de golpes del molde para hacer la prueba de compactación debemos realizarla con la siguiente formula:

$$N = \frac{Fc \times V}{n \times w \times h}$$

Donde:

N = Número de golpes

Fc = Factor de compactación (27.2 Kg.-cm/cm³, por especificaciones)

n = Número de capas

w = Peso del pisón o masa

h = Altura de caída



V = Volumen del molde Proctor

Obtención del volumen

$$V = A \times h$$

Donde:

V = Volumen del molde
A = Área del molde
h = Altura del molde

Obtención del área

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Donde:

D = Diámetro

Memoria de cálculo

Área del molde

$$A = \frac{\pi \times 15.13^2}{4} = 179.79 \text{ cm}^2$$

Volumen del molde

$$V = 179.79 \times 11.66 = 2093.36 \text{ cm}^3$$

Numero de golpes

$$N = \frac{(27.2 \text{ kg} - \text{cm} / \text{cm}^3) \times (2096.36 \text{ cm}^3)}{(5) \times (4.5537 \text{ Kg}) \times (4.537 \text{ cm})} = 54.76$$

∴ 55 golpes por capa

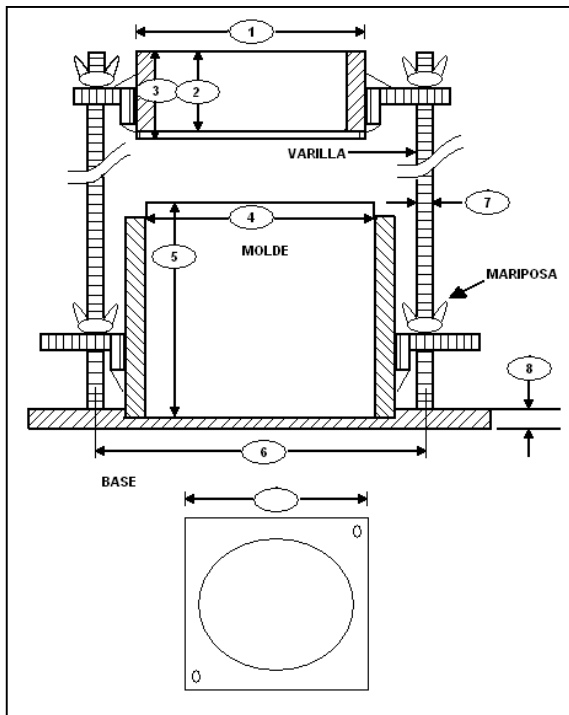


Verificación de moldes de compactación

Ubicación: P.H. La Yesca
Solicitante: Ing. Sandra Enid Moreno
Fecha: 14-Abril-09
Fecha de verificación: 14- octubre-09

Identificación: CVA-01
Equipo: Vernier Mitutoyo
Capacidad: 150 mm
Rango de uso: Dimensional

Resultados de verificación



Descripción del equipo: Molde AASHTO
Identificación: MYPP-03

Identificación	Descripción	Valor de verificación	Valores especificados en mm	
			Molde de 101.6	Molde de 152.40
1	ϕ Exterior del collarín	165.00	114.30 \pm 2.54	165 \pm 2.54
2	Altura efectiva del collarín	50.80	50.80 \pm 0.64	50.80 \pm 0.64
3	Altura total del collarín	60.40	60.33 \pm 1.27	60.33 \pm 1.27
4	ϕ Interior del molde	151.33	101.60 \pm 0.41	152.40 \pm 0.41
5	Altura del molde	116.6	116.43 \pm 0.13	116.43 \pm 0.13
6	Distancia entre varillas	215.00	215.90 \pm 2.54	215.90 \pm 2.54
7	ϕ Varilla	9.20	9.53	9.53
8	Espesor de base	10.10	12.70 \pm 2.54	12.70 \pm 2.54
Martillo o pisón operado manualmente			Estándar	Modificado
9	Masa en Kg.	4.537	2.495 \pm 0.009	4.536 \pm 0.009
10	Cara circular	51.4	50.30 \pm 0.25	50.80 \pm 0.25
11	Altura de caída	459	305 \pm 2	457 \pm 2
12	Diámetro de guía	16.9	9.5 min.	9.5 min.

Condiciones ambientales	Resultado		Observaciones
Temperatura inicial: 25°	Satisfactorio	X	Cumple especificaciones AASHTO
Temperatura final: 26°	Satisfactorio con recomendación		
Humedad relativa: 42%	No cumple		
Frecuencia de verificación programada: Semestral		Fecha próxima de verificación: 14- Octubre-09	

Referencias	Lugar: P.H. La Yesca	Fecha de emisión: 14-Abril-09
	Realizó	Revisó
Especificaciones	Zamora Novoa Gretel Ivonne	Ing. Gerardo González Ojeda
	Nombre y firma	Nombre y firma



La siguiente muestra se registro en la bitácora como 315/09 la cual pertenece al banco Km. 16+100. Esta corresponde al material N, a la cual se le realizó la prueba de compactación.

Los datos del equipo con que se realizo la prueba son

Datos del equipo	
Cilindro N°	MYPP-02
Martillo N°	MYPP-02
Peso del cilindro	1923 g.
Peso del martillo	2511 g.
Volumen del cilindro (v)	934.08 cm ³
Altura de caída (H)	30.5 cm.
Golpes por capa (n)	30
Energía de compactación	7.36 Kg.-cm/cm ³

Esta arrojo los siguientes datos:

Espécimen N°	Tara + Suelo húmedo g.	Tara + Suelo seco g.	Suelo seco g.	Cilindro + Suelo húmedo Kg.
1	100	93.6	93.6	3556
2	100	91.7	91.7	3624
3	100	88.5	88.5	3845
4	100	87.5	87.5	3865
5	100	84.2	84.2	3794

Obtención del agua

$$Agua = Tara + Suelo húmedo - Tara + Suelo seco$$

Donde:

Tara + Suelo Húmedo = Muestra que se toma del cilindro una vez compactado

Tara + Suelo Seco = Muestra seca al horno después de 24 hr.

Obtención del contenido de agua en %

$$\% Agua = \frac{Agua}{Suelo Seco} \times 100$$

Donde:

Agua = Es la cantidad de agua de cada espécimen

Suelo seco = Muestra del espécimen secada al horno después de 24 hr.

Obtención del suelo húmedo

$$Suelo Húmedo = Cilindro + Suelo Húmedo - Peso Cilindro$$

Donde:

Cilindro + Suelo Húmedo = Especimen antes de ser desmoldado

Peso del cilindro = Dato de la calibración del equipo



Obtención del suelo seco

$$Suelo\ seco = \frac{Suelo\ Húmedo}{Contenido\ agua + 100} \times 100$$

Obtención del peso específico seco

$$\gamma_{seco} = \frac{Suelo\ seco}{Volumen\ cilindro} \times 1000$$

Donde:

Vol. Del cilindro = Dato de la calibración del equipo

Memoria de cálculo

Espécimen	Tara + Suelo húmedo	Tara + Suelo seco	Agua	Suelo seco	Contenido de agua %	Cilindro + Suelo húmedo	Suelo Húmedo	Suelo seco	Peso específico seco
Nº	g.	g.	g.	g.	%	Kg.	Kg.	Kg.	Kg./m ³
1	100	93.6	6.4	93.6	6.83	3556	1633	1529	1637
2	100	91.7	8.3	91.7	9.05	3624	1701	1560	1670
3	100	88.5	11.5	88.5	12.99	3845	1922	1701	1821
4	100	87.5	12.5	87.5	14.28	3865	1942	1699	1819
5	100	84.2	15.8	84.2	18.76	3794	1871	1575	1686

∴

Peso específico seco máximo: 1825 Kg./m³

Humedad optima: 14 %

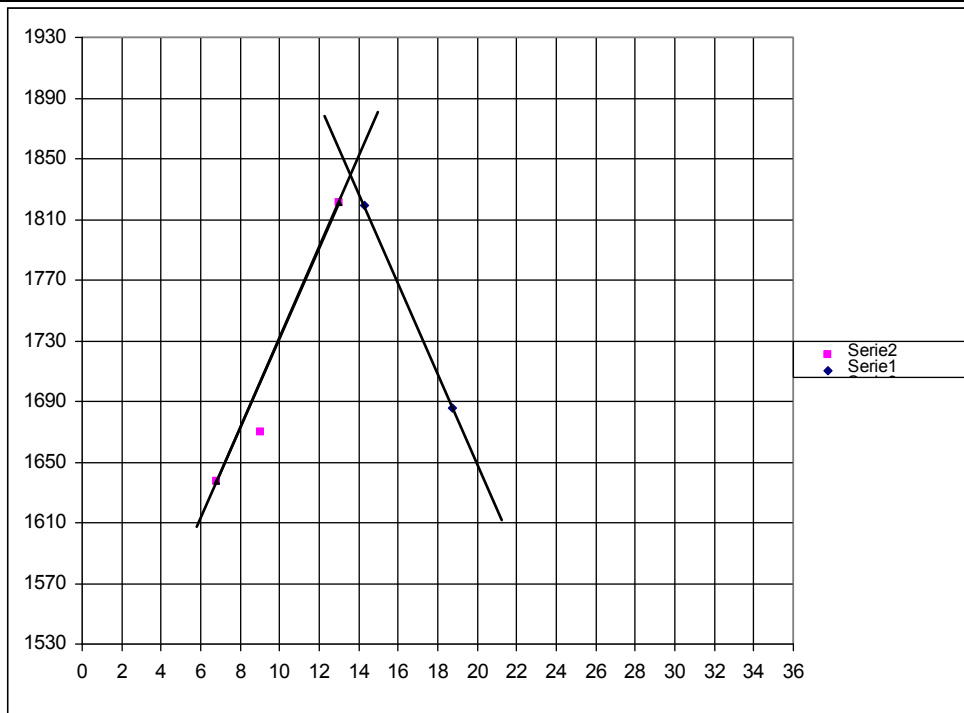


Prueba de compactación dinámica Peso Especifico

Proyecto:	P.H. La Yesca	Datos del equipo		
Ubicación:	Banco Km. 16+100	Cilindro N°	MYPP-02	
Sondeo:	-----	Martillo N°	MYPP-02	
Muestra:	315/09	Peso-cilindro	1923	g.
Profundidad:	-----	Peso martillo	2511	g.
Fecha de muestreo:	29-Abril-09	Vol. Cilindro (v)	934.08	cm ³
Fecha de prueba:	29-Abril-09	Altura de caída (H)	30.5	cm
Descripción:	Arcilla rojiza	Golpes por capa (n)	30	
		Energía de compactación	7.36	Kg.-cm/cm ³

Espécimen	Tara + Suelo húmedo	Tara + Suelo seco	Agua	Suelo seco	Contenido de agua %	Cilindro + Suelo húmedo	Suelo Húmedo	Suelo seco	Peso específico seco
N°	g.	g.	g.	g.	%	Kg.	Kg.	Kg.	Kg./m ³
1	100	93.6	6.4	93.6	6.83	3556	1633	1529	1637
2	100	91.7	8.3	91.7	9.05	3624	1701	1560	1670
3	100	88.5	11.5	88.5	12.99	3845	1922	1701	1821
4	100	87.5	12.5	87.5	14.28	3865	1942	1699	1819
5	100	84.2	15.8	84.2	18.76	3794	1871	1575	1686

Peso específico máximo: 1825 Kg./m ³	Límite líquido: -----
Humedad óptima: 14%	Límite plástico: -----
Clasificación SUCS: CL	Índice plástico: -----



Referencias Especificaciones Obra civil P.H. La Yesca	Lugar: P.H. La Yesca	Fecha de emisión: 29-Abril-09
	Realizó	Revisó
	Zamora Novoa Gretel Ivonne	Ing. Gerardo González Ojeda
	Nombre y firma	Nombre y firma



La siguiente muestra se registro en la bitácora como 352/09 la cual pertenece al muestreo de el banco Las Juntas II. Esta se tomo del PCA N° 4 con la siguiente profundidad 0.00-2.50 m. que corresponde al material N, a la cual se le realizó la prueba de compactación.

Los datos del equipo con que se realizo la prueba son

Datos del equipo	
Cilindro N°	MYPP-02
Martillo N°	MYPP-02
Peso del cilindro	1923 g.
Peso del martillo	2511 g.
Volumen del cilindro (v)	934.08 cm ³
Altura de caída (H)	30.5 cm.
Golpes por capa (n)	30
Energía de compactación	7.36 Kg.-cm/cm ³

Esta arrojo los siguientes datos:

Espécimen N°	Tara + Suelo húmedo g.	Tara + Suelo seco g.	Suelo seco g.	Cilindro + Suelo húmedo Kg.
1	100	93.4	93.4	3501
2	100	90.1	90.1	3656
3	100	87.0	87.0	3831
4	100	83.9	83.9	3824
5	100	81.4	81.4	3763

Obtención del agua

$$Agua = Tara + Suelo húmedo - Tara + Suelo seco$$

Donde:

Tara + Suelo Húmedo = Muestra que se toma del cilindro una vez compactado

Tara + Suelo Seco = Muestra seca al horno después de 24 hr.

Obtención del contenido de agua en %

$$\% Agua = \frac{Agua}{Suelo Seco} \times 100$$

Donde:

Agua = Es la cantidad de agua de cada espécimen

Suelo seco = Muestra del espécimen secada al horno después de 24 hr.

Obtención del suelo húmedo

$$Suelo Húmedo = Cilindro + Suelo Húmedo - Peso Cilindro$$

Donde:

Cilindro + Suelo Húmedo = Especimen antes de ser desmoldado

Peso del cilindro = Dato de la calibración del equipo



Obtención del suelo seco

$$Suelo\ seco = \frac{Suelo\ Húmedo}{Contenido\ agua + 100} \times 100$$

Obtención del peso específico seco

$$\gamma_{seco} = \frac{Suelo\ seco}{Volumen\ cilindro} \times 1000$$

Donde:

Vol. Del cilindro = Dato de la calibración del equipo

Memoria de cálculo

Espécimen	Tara + Suelo húmedo	Tara + Suelo seco	Agua	Suelo seco	Contenido de agua %	Cilindro + Suelo húmedo	Suelo Húmedo	Suelo seco	Peso específico seco
Nº	g.	g.	g.	g.	%	Kg.	Kg.	Kg.	Kg./m ³
1	100	93.4	6.6	93.4	7.06	3501	1578	1474	1578
2	100	90.1	9.9	90.1	10.98	3656	1733	1562	1672
3	100	87.0	13.0	87.0	14.94	3831	1908	1660	1777
4	100	83.9	16.1	83.9	19.18	3824	1901	1595	1708
5	100	81.4	18.6	81.4	22.85	3763	1840	1498	1604

∴

Peso específico seco máximo: 1790 Kg./m³

Humedad optima: 15.5%



Prueba de compactación dinámica Peso Especifico

Proyecto:	P.H. La Yesca	Datos del equipo		
Ubicación:	Banco Las juntas II	Cilindro N°	MYPP-02	
Sondeo:	PCA N° 4	Martillo N°	MYPP-02	
Muestra:	352/09	Peso-cilindro	1923	g.
Profundidad:	0.00-2.50 m.	Peso martillo	2511	g.
Fecha de muestreo:	06-Mayo-09	Vol. Cilindro (v)	934.08	cm ³
Fecha de prueba:	07-Mayo-09	Altura de caída (H)	30.5	cm
Descripción:	Arcilla café obscura	Golpes por capa (n)	30	
		Energía de compactación	7.36	Kg.-cm/cm ³

Espécimen	Tara + Suelo húmedo	Tara + Suelo seco	Agua	Suelo seco	Contenido de agua %	Cilindro + Suelo húmedo	Suelo Húmedo	Suelo seco	Peso específico seco
N°	g.	g.	g.	g.	%	Kg.	Kg.	Kg.	Kg./m ³
1	100	93.4	6.6	93.4	7.06	3501	1578	1474	1578
2	100	90.1	9.9	90.1	10.98	3656	1733	1562	1672
3	100	87.0	13.0	87.0	14.94	3831	1908	1660	1777
4	100	83.9	16.1	83.9	19.18	3824	1901	1595	1708
5	100	81.4	18.6	81.4	22.85	3763	1840	1498	1604

Peso específico máximo: 1790 Kg./m³

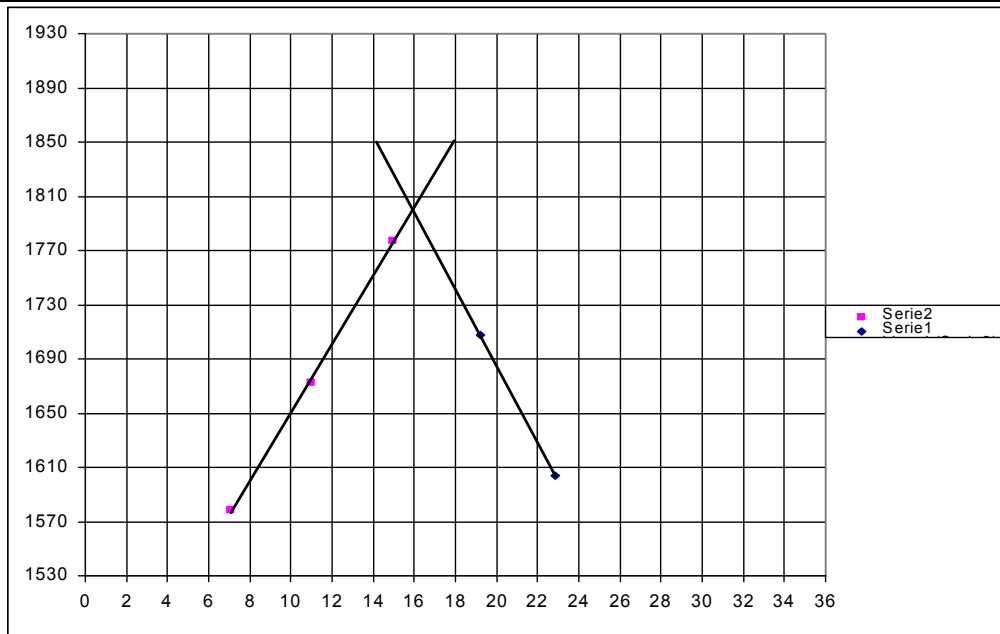
Humedad óptima: 15.5%

Clasificación SUCS: CL

Límite líquido: 35.0

Límite plástico: 16.0

Índice plástico: 19.0



Referencias: Especificaciones Obra civil P.H. La Yesca	Lugar: P.H. La Yesca	Fecha de emisión: 7-Mayo-09
	Realizó	Revisó
	Zamora Novoa Gretel Ivonne	Ing. Gerardo González Ojeda
	Nombre y firma	Nombre y firma



3.1.5 Procedimiento para determinar el porcentaje de compactación por medio de la realización de calas en material N.

Objetivo.

Establecer el procedimiento aplicable, para la determinación del grado de compactación en capas tendidas y compactadas en material N.

Alcance.

Este procedimiento es aplicable en general a grados de compactación calculados por medio de la realización de calas en las capas tendidas y compactadas de material N.

Definiciones.

Compactación: La compactación de suelos es el proceso artificial por el cual las partículas de suelo son obligadas a estar mas en contacto las unas con las otras, mediante una reducción del índice de vacíos, empleando medios mecánicos, lo cual se traduce en un mejoramiento de sus propiedad ingenieriles.

Responsabilidades.

Es responsabilidad del Jefe de Laboratorio, conocer este procedimiento para asegurar mediante supervisión periódica a sus subalternos, como son los laboratoristas y los auxiliares de laboratorio, así como los cálculos para la obtención de los resultados de las pruebas.

Antecedentes.

Revisar que el equipo se encuentre limpio y completo en todas sus partes y en condiciones de operación.

Verificar que no exista maquinaria trabajando en el área a probar, con el fin de prevenir vibraciones y compactación de arena.

Revisar que la bascula de pesaje se encuentre nivelada y calibrada.



Nivelación de la báscula



Descripción del procedimiento.

1. Definir el punto donde pretende hacerse la cala.
2. Una vez definido el punto sobre el cual se realizara la cala, se enraza la capa hasta llegar al nivel de la huella marcada por el rodillo con almohadilla o pata de cabra dejando la superficie totalmente uniforme.
3. Se comienza la excavación del pozo mediante la ayuda de barreta, la sección de dicho pozo será de 15x15cm o bien lo suficientemente grande para que entre la mano del laboratorista y poder extraer el material, la profundidad del pozo será igual al espesor de la capa de material tendida una vez compactada.



Excavación del pozo con barreta

4. Durante el proceso de excavación se debe verificar que no se palanquee la barreta en las paredes para no modificar el volumen de cala, no perder material, las paredes del pozo deberán estar completamente verticales y afinadas así como el fondo del mismo.
5. El material producto de la excavación de la cala será cribado por la malla numero 4, almacenado de tal manera que no pierda humedad (testigo) y pesado, mientras que los sobre tamaños serán reincorporados a la cala una vez comenzado el vaciado de arena sílica.
6. Se comienza el vaciado de arena sílica por partes (camas de arena) colocando los sobretamaños sin que estos tengan caída libre, posterior mente se repite el proceso hasta llegar a la superficie y enrazando a nivel cuidando que la distancia de caída sea constante y la misma con la que se determino el peso volumétrico de la misma y finalmente obtener el volumen de arena empleado.



Colocación de sobretamaños de material



7. Durante el proceso de vaciado se debe verificar que se enrase perfectamente a nivel de superficie la cala, procurar no perder arena.

Cálculo

Los cálculos para determinar el grado de compactación en la capa se harán aplicando las siguientes expresiones.

$$W_{mat\ seco} = \frac{W_{mat\ humedo}}{1 + \frac{\%w}{100}}$$

$$V_{cala} = \frac{W_{arena\ sílica}}{\gamma_{arena\ sílica}}$$

$$PVSM_{cala} = \frac{W_{material\ seco}}{V_{cala}}$$

$$GC = \frac{PVSM_{campo}}{PVSM_{lab}}$$

Donde:

$W_{mat\ seco}$ = Peso de material producto de la cala en estado seco.

$W_{mat\ húmedo}$ = Peso de material producto de la cala en estado húmedo.

$\%w$ = Contenido de humedad en valor porcentual.

V_{cala} = Volumen de la cala.

$W_{arena\ sílica}$ = Peso de arena sílica usada para aforar la cala.

$\gamma_{arena\ sílica}$ = Peso volumétrico de arena sílica usada.

$PVSM_{cala}$ = Peso Volumétrico seco máximo de la cala.

$PVSM_{lab}$ = Peso Volumétrico seco máximo de laboratorio.

Gestión ambiental.

Para la realización de las actividades de este procedimiento se seguirán los lineamientos indicados en el plan de Protección Ambiental del Proyecto.

El jefe de laboratorio debe conocerlo y es responsabilidad del titular del área y del responsable de Medio Ambiente que así sea.

Si la solución de trabajo tiene más de dos semanas de uso se debe descartar.



Seguridad.

Todo el procedimiento se realizará acabo de acuerdo al Reglamento de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente del proyecto.

Recursos.

- Equipo y materiales.
- Bascula.
- Barreta.
- Espátulas.
- Arena sílica.
- Bolsas de plástico.
- Picos.
- Palas.



A continuación se presenta la determinación de una cala en campo de material N. Los datos se vacían en el formato y ahí mismo en campo se calcula el grado de compactación

Determinación del grado de compactación de suelo en campo		
Fecha de muestreo: <u>30-Julio-09</u> Ubicación: <u>ataguía aguas abajo</u>	Fecha de prueba: <u>30-Junio-09</u> Capa: <u>Nº 8</u> Cala: <u>Nº 7</u>	Descripción del material Arcilla limosa café oscura
Determinación del peso específico húmedo		
Cala Nº	7	
Profundidad	16 cm.	
Determinación del volumen con arena		
Peso inicial de la arena	6.785 Kg.	
Peso final de la arena	3.600 Kg.	
Peso específico de la arena	3.185 Kg./m ³	
Volumen de arena	1520 dm ³	
Volumen ocupado de agua	2095 dm ³	
Peso del material excavado	4.300 Kg.	
Peso específico húmedo	2053 Kg./m ³	
Determinación de la humedad del lugar		
Material húmedo	300 g.	
Material seco	252.1	
Peso del agua	47.9 g.	
Humedad	19.0%	
Grado de compactación del lugar		
Peso específico seco	1725 Kg/m ³	
Peso específico seco máximo	1720 Kg/m ³	
Compactación	100%	
Compactación especificada	95%	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 40%;"> <p>Se calculo con los datos reales del PVSM</p> </div> <div style="width: 20%; text-align: center;"> </div> <div style="width: 35%;"> <p>Margen izquierda Coordenadas X=592 622.144 Y=2 343 853.515 Z=392.20</p> </div> </div>		
Referencias	Lugar: P.H. La Yesca	Fecha de emisión: 30-Julio-09
	Realizó	Revisó
	Zamora Novoa Gretel Ivonne	Ing. Gerardo Ojeda
Especificaciones de construcción	Nombre y firma	Nombre y firma



3.1.6 Procedimiento para la determinación de las calas volumétricas grandes para ataguías

Objetivo.

Este procedimiento establece los lineamientos para determinar la densidad seca de un enrocamiento o suelo con partículas de 0,50 m y de 0.7 m de tamaño máximo, en el sitio.

Alcance.

Con este procedimiento se determina en campo, la densidad seca de suelos compactados artificialmente, de depósitos de suelos naturales, de mezclas de suelos y de otros materiales similares.

Los materiales deben tener la suficiente compacidad de tal manera que se mantengan estables las paredes de la cala. Esta prueba se utiliza generalmente en suelos granulares no sumergidos.

Como un dato adicional, es posible obtener también la relación de vacíos del enrocamiento o suelo, para lo cual se deberá tener la información de la densidad de sólidos del material.

Definiciones.

Densidad seca (Ds). Es la masa de las partículas sólidas y secas por unidad de volumen total (incluyendo vacíos), la unidad es el kg/m^3 (kilogramo masa por m^3).

La densidad seca se calcula dividiendo la masa de los sólidos secos contenidos en la cala, entre el volumen de la misma. Frecuentemente la densidad seca obtenida se utiliza como base de aceptación respecto a una densidad seca especificada.

Relación de vacíos (e). Es la relación existente entre el volumen de vacíos (Vv) en una muestra de enrocamiento y el volumen de sus sólidos (Vs).

Responsabilidades.

Es responsabilidad del Laboratorio la obtención correcta de la muestra, así como la preparación y ensaye según aplique, y del constructor de las facilidades y apoyo para la ejecución de las pruebas correspondientes.

Antecedentes.

Calibración de las buretas.

Se limpian interiormente con agua y jabón.

Se llenan las buretas y una a una se vacían en un recipiente aforado para determinar su volumen por unidad de altura, al mismo tiempo se hacen lecturas sobre el indicador de niveles para posteriormente tomarlo como referencia para determinar el volumen que se vierte dentro de la cala.

Los resultados de la calibración se anotan en el cuadro siguiente, y se elabora una gráfica altura de la escala contra Volumen de la bureta.

Bureta No. 1	Bureta No. 1	Bureta No. 2	Bureta No. 2
Lectura en escala (cm)	Volumen (m^3)	Lectura en escala (cm)	Volumen (m^3)



Bureta No. 3	Bureta No. 3	Bureta No. 4	Bureta No. 4
Lectura en escala (cm)	Volumen (m ³)	Lectura en escala(cm)	Volumen (m ³)

Procedimiento

1. La prueba consiste en excavar una cala (pozo) en el suelo y obtener su volumen y el peso del material contenido en ella, determinándose al mismo tiempo el contenido de agua del material.



Excavación del pozo

Determinación de la densidad seca en campo:

2. Se llenan las buretas con agua y se trasladan al sitio de la excavación de la cala.
3. Enrasar a nivel la superficie del suelo en el sitio donde se va a hacer la determinación de la densidad seca.
4. Se coloca el aro sobre la superficie del suelo previamente nivelada y enrasada.
5. Se coloca la membrana de polietileno sobre el aro y el suelo, se vierte agua de las buretas, hasta un nivel que se determina mediante el indicador de nivel, que se adosa al aro, previamente se toma la lectura inicial de las buretas a utilizar.



Revisión del nivel de agua de las buretas



6. Al quedar lleno el aro hasta ese nivel, se toma nuevamente la lectura de las buretas utilizadas para determinar el volumen de agua utilizado (vol_1).
7. Se regresa el agua a las buretas mediante la bomba.
8. Se procede a excavar el material existente dentro del aro, teniendo cuidado de no mover este último, el material excavado se deposita en el interior de los tambos, para su posterior traslado al laboratorio.

El material excavado debe corresponder a todo el espesor de una capa.



Pozo del material extraído de la capa

9. Una vez extraído todo el material de la capa, nuevamente se coloca el polietileno y se procede al llenado con agua hasta la marca que indica el indicador de nivel (que debe ser el mismo tomado para la determinación del vol_1 y se hacen las lecturas correspondientes de los niveles en las buretas (vol_2).



Colocación del polietileno y llenado del pozo

Por diferencia de volúmenes ($vol_1 - vol_2$), se determina el volumen del material excavado (V_m).

10. En el laboratorio, se pesa todo el material extraído ($W_{th.}$), se criba y cuartea para tomar una parte de aproximadamente 10 kg masa del material que pasa la malla de 7,6 cm para secarlo y determinar su



contenido de agua (ω) (de acuerdo a la norma correspondiente). El peso seco del material extraído se obtiene con la siguiente ecuación:

$$W_s = \frac{W_{th}}{1 + \omega}$$

Se obtiene también el valor de la densidad específica del material (densidad de sólidos, S_s), de acuerdo a la norma correspondiente.

Se calcula la densidad seca del material. La ecuación para la densidad seca (D_s) es:

$$D_s = \frac{W_s}{V_m}$$

Mientras que la relación de vacíos se obtiene con la siguiente ecuación:

$$e = \left(\frac{S_s}{D_s} \right) - \omega_s$$

El peso volumétrico seco es igual a: $\omega_s = g D_s$

Donde:

D_s : Densidad seca, en kg/m^3

e : Relación de vacíos, adimensional

ω_s , Peso volumétrico seco, en kN/m^3 (kg/m^3)

g , aceleración de la gravedad, igual a 9.807 m/s^2

Para la determinación del volumen de una cala, se establecen lo siguiente:

1. En primer término se hace la lectura entre el material colocado (sin la excavación) y la marca del indicador de niveles; normalmente se usa una bureta para este paso.
2. Al finalizar la excavación de la cala se hace la lectura de las buretas que se usaron para medir el volumen entre el fondo de la excavación y la marca del indicador de niveles; normalmente se usa más de una bureta.
3. La diferencia entre las dos lecturas corresponde al volumen del material excavado.
4. Los volúmenes se pueden determinar en litros (l) o metros cúbicos (m^3).

Gestión ambiental.

Para la realización de las actividades de este procedimiento se seguirán los lineamientos indicados en el plan de Protección Ambiental del Proyecto.

El jefe de laboratorio debe conocerlo y es responsabilidad del titular del área y del responsable de Medio Ambiente que así sea.

Seguridad.

Todo el procedimiento se realizará acabo de acuerdo al Reglamento de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente del proyecto.



Recursos.

Equipo y materiales.

- Cuatro buretas con volumen aproximado de 1,5 metros cúbicos, con indicadores de nivel, montadas sobre un camión (una bureta de 0,4 m de diámetro y tres de 0,6 m de diámetro).
- Bomba de agua con 5 cm de diámetro (de entrada y salida), para llenado de buretas.
- Aros de acero de 1,5 m y 2,0 m de diámetro y 0,20 m de altura con dispositivos indicadores de nivel. (El aro de 1,5 m de diámetro se utiliza para tamaño máximo de partícula de 0,50 m y el de 2,0 m para tamaño máximo de partícula de 0,70 m de diámetro).
- Tambos con volumen de 0,2 m³ cada uno, para almacenar el material producto de la cala.

Las dimensiones indicadas en ella son aceptables para materiales que tienen un tamaño máximo de partículas de 0,50 m y para una cala de aproximadamente 1 m³ de volumen.

Cuando el tamaño de las partículas es mayor a 0,50 m se necesitan dispositivos y dimensiones de calas más grandes, además de una grúa tipo Hiab montada sobre el mismo camión, para izar los fragmentos de roca que no puedan ser movidos manualmente.

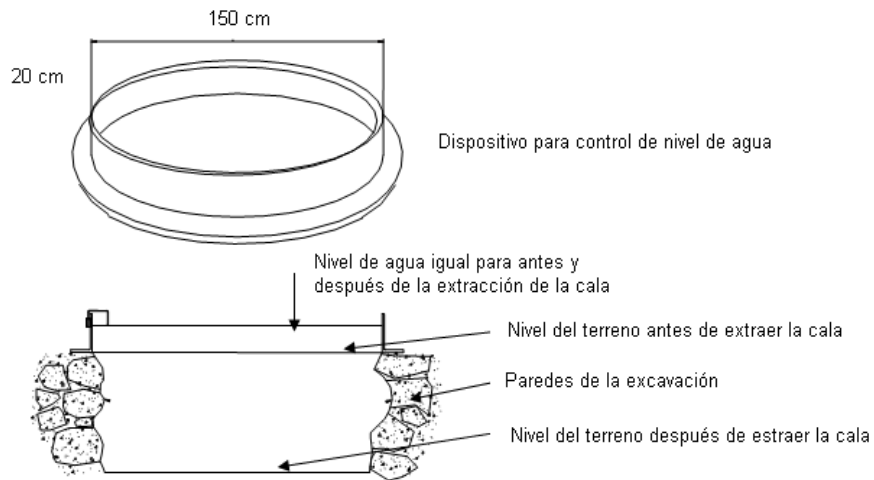
- Balanza con capacidad mínima de 9800 N y 1,0 N de exactitud (1,000 kg y 100 g).
- Balanza con capacidad de 196 N y 0,010 N de exactitud (20 kg y 1 g).
- Horno eléctrico con regulador de temperatura y desecador.

Materiales:

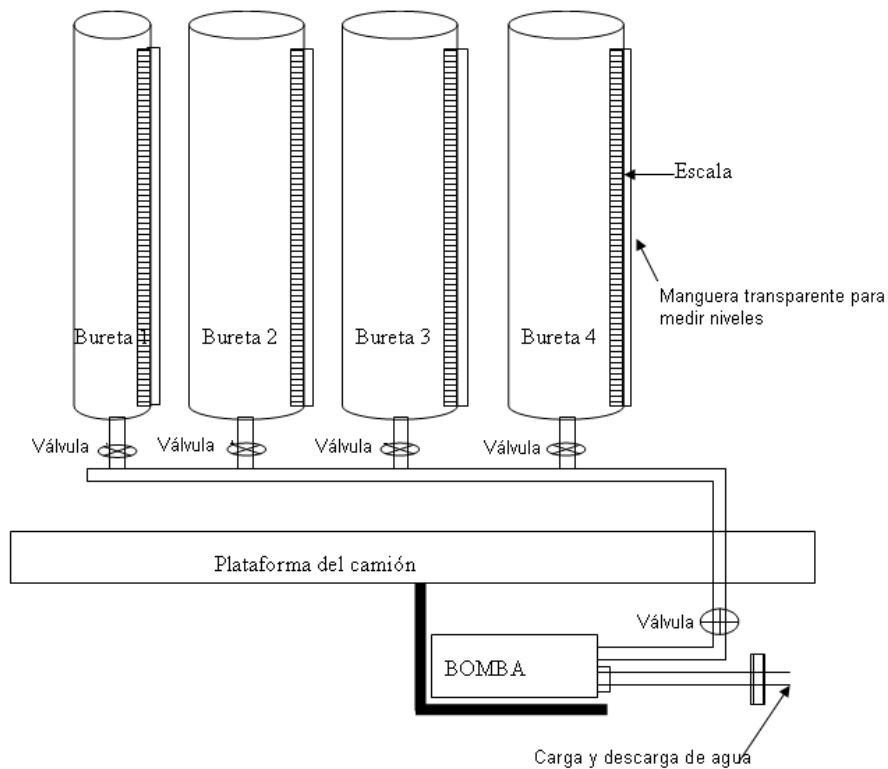
- Cinta
- Masking tape
- Franela
- Flexómetro
- Charolas de lámina
- Regla metálica para enrasar la superficie del suelo
- Cíncel
- Martillo
- Espátula de cuchillo
- Nivel de burbuja
- Pico
- Pala redonda
- Pala cuadrada
- Barreta de acero de 1 m de longitud
- Membrana de polietileno de 0.003x4x4 m

Mano de obra.

- Laboratorista.
- Auxiliares.



Los detalles de las buretas se muestran enseguida:



3.1.7 Procedimiento para prueba de límites de plasticidad.

Objetivo.

Esta prueba permite determinar las características de plasticidad de la porción de los materiales que pasa la malla No. 40, cuyos resultados se utilizan principalmente para clasificar suelos.



Alcance.

Este procedimiento aplica para la determinación del límite líquido de la porción de material que pasa la malla No. 40 y así también su límite plástico.

Definiciones y terminología.

Plasticidad. Propiedad de un material por la cuales capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse.

Según su contenido de agua en orden decreciente, un suelo susceptible de ser plástico puede estar en cualquiera de los siguientes estados, definidos por Atterberg.

Estado líquido. Con las propiedades y apariencia de una suspensión.

Estado semilíquido. Con las propiedades de un fluido viscoso.

Estado plástico. En el que el suelo se comporta plásticamente.

Estado semisólido. En el que el suelo tiene una apariencia de un sólido, pero aun disminuye de volumen al estar sujeto a secado.

Estado sólido. En el que el volumen del suelo no disminuye con el secado.

Los límites de consistencia son las fronteras existentes por las que atraviesa el suelo al cambiar su humedad pasando por los estados anteriormente mencionados.

Límite líquido. Frontera convencional entre los estados semilíquido y plástico.

Límite plástico. Frontera convencional entre los estados plástico y semisólido.

Índice de plasticidad. Se define como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

Responsabilidades.

Es responsabilidad del Jefe de Laboratorio, conocer este procedimiento para asegurar mediante supervisión periódica a sus subalternos, como son los laboratoristas y los auxiliares de laboratorio, así como los cálculos para la obtención de los resultados de las pruebas.

Antecedentes.

Revisar que el equipo se encuentre limpio, calibrado y completo en todas sus partes y en condiciones de operación.

Procedimiento.

Calibración del equipo.

1. Antes de comenzar la prueba debe verificarse que la altura de caída de la copa de casagrande sea de 1 cm., utilizando para ello el mango calibrado del ranurador. Si la altura es diferente a esta altura debe corregirse mediante los tornillos de ajuste.



Calibración del equipo

Preparación de la muestra.

2. De la muestra total se extrae una porción de material aproximadamente de 300 g, dicha porción debe pasar la malla no. 40, este material se coloca en una charola.
3. Del material seleccionado anteriormente se extraen 250 g aproximadamente, se obtiene y registra el peso del material separado.
4. Se coloca el material en un recipiente y se le agrega agua de manera que quede saturado, y se deja reposar 24 horas en un lugar fresco y cubriendo el recipiente con un paño de manera que se evite la pérdida de humedad.

Determinación del límite líquido por el método estándar.

1. De la fracción preparada (saturada) se retira una porción de aproximadamente 150 g y se coloca en la capsula de porcelana para homogeneizarla con ayuda de una espátula.
2. En la Copa de Casagrande, previamente calibrada, se coloca una cantidad de material, de manera que una vez extendido alcance un espesor de 8 a 10 mm en la parte central de la copa, considerando lo siguiente:



Colocación del material en la copa de casagrande

Para extender el material en la copa se procede del centro hacia los lados, sin aplicar presión excesiva en el material y con el mínimo de pasadas de la espátula.



Mediante una pasada firme del ranurador se hace una abertura en el centro del material contenido en la copa, por lo cual se mantendrá siempre ortogonal a la superficie de la copa.

3. Colocado y ranurado el material, se acciona la manivela del aparato para hacer caer la copa a razón de dos golpes por segundo, registrando el número de golpes necesario para que los extremos de la ranura se unan al centro aproximadamente 13 mm.
4. Logrado lo anterior se toma una porción de aproximadamente 10 g del contenido de la copa donde se ubica la ranura y se coloca en una tara para determinar su contenido de humedad de acuerdo a lo establecido en la sección de contenido de humedad.
5. Una vez extraído el material para la determinación de contenido de humedad, se procede a devolver a la capsula el material restante dentro de la copa y se integra con el resto de material contenido en esta.
6. Se procede a limpiar el ranurador y la copa retirando el material de residuo.
7. Inmediatamente se agrega agua al material contenido en la capsula y se homogeniza con la espátula, este material se prueba como se indicó en el inciso c), d) y e) hasta completar 4 determinaciones que se registran en el formato establecido. La cantidad de agua agregada al material debe ser tal que la cantidad de golpes en la copa queden comprendidos 10 y 35, siendo necesario obtener dos valores por arriba y dos por debajo de los 25 golpes.
8. Se grafican los puntos obtenidos en cada determinación, representando en el eje de las abscisas en escala logarítmica, y en el de las ordenadas en escala aritmética los respectivos contenidos de agua de cada determinación. Se traza una línea recta uniendo los puntos de la grafica y dicha línea se denomina línea de fluidez.

De la grafica de las iteraciones se obtiene el límite líquido, determinando en la curva de fluidez el contenido de agua correspondiente a 25 golpes.

Determinación del límite plástico.

1. De la porción de material que se dejó en saturación, se toma una cantidad suficiente para formar una pequeña esfera aproximadamente de 12 mm de diámetro, la cual se moldea con las manos a manera de que pierda humedad formando un cilindro.



Preparación de límite líquido

2. A continuación el cilindro se hace girar con los dedos sobre una placa de vidrio para reducir su diámetro hasta que se acerque a los 3 mm en toda su longitud. La velocidad de rolado será de 60 a 80 ciclos por minuto.
3. Si al alcanzar un diámetro de 3 mm el cilindro no se rompe en 3 partes simultáneamente quiere decir que su contenido de agua excede al del límite plástico. En tal caso se integra nuevamente el material formando nuevamente la pequeña esfera y volviendo a manipularla hasta que se logre que el cilindro se rompa y se fisure al alcanzar los 3 mm de diámetro.



4. Inmediatamente después de obtener los trozos del cilindro con contenido de agua igual al del límite plástico se colocan sobre un vidrio de reloj para determinar su contenido de humedad.



Muestras del límite líquido y plástico

Determinación del índice de plasticidad.

Una vez calculado el límite líquido y el límite plástico se determina el índice plástico, definido como la diferencia del límite líquido y el límite plástico mediante la siguiente expresión.

$$Ip = \omega_L - \omega_p$$

Donde:

Ip = índice de plasticidad expresado en porcentaje.

ω_L = límite líquido del material expresado en porcentaje.

ω_p = límite plástico del material, expresado en porcentaje.

Nota: cuando el material sea muy arenoso y no pueda determinarse el límite plástico, se reporta índice plástico y límite plástico como np (no plástico).

Gestión ambiental.

Para la realización de las actividades de este procedimiento se seguirán los lineamientos indicados en el plan de protección ambiental del proyecto.

El jefe de laboratorio debe conocerlo y es responsabilidad del titular del área y del responsable de medio ambiente que así sea.

Seguridad.

Todo el procedimiento se realizará acabo de acuerdo al reglamento de seguridad, higiene y medio ambiente del proyecto.

Recursos.

Equipo y materiales.

- Malla No. 40.
- Copa de Casagrande.



- Balanza de capacidad de 1000 g y aproximación de 0.01 g.
- Horno eléctrico provisto de termostato capaz de mantener una temperatura de $105 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Vaso de aluminio o recipiente.
- Capsula de porcelana.
- Espátula flexible.
- Cuentagotas.
- Vidrios de reloj o capsulas.
- Paño.
- Placa de vidrio.
- Ranurador.

Nota: cuando el material es muy plástico, es decir para materiales puramente cohesivos se utiliza el ranurador plano y para otros materiales se utiliza el ranurador curvo.

A continuación se muestran algunos ejemplos de cómo se realiza el cálculo de límites de consistencia y los límites de bentonita

La siguiente muestra se registro en la bitácora como 224/09 la cual pertenece al banco Km. 16+100 que corresponde al material N, a la cual se le realizo la prueba de Límites de consistencia.

Esta arrojo los siguientes datos:

Nº de capsula	Masa de la capsula (g)	Capsula+suelo húmedo	Capsula+suelo seco	Nº de golpes
Límite líquido				
13	21.65	40.56	36.06	45
17	21.17	39.79	35.35	35
19	22.30	39.19	34.99	26
20	21.11	38.80	34.17	16
Límite plástico				
28	21.02	30.41	29.20	
2	21.88	30.85	29.75	

Obtención de agua

$$\text{Agua} = \text{Cap} + \text{suelo húmedo} - \text{Cap} + \text{suelo seco}$$

Obtención del suelo seco

$$\text{Suelo seco} = \text{Cap} + \text{suelo seco} - \text{Masa de la capsula}$$

Obtención del contenido de agua en porcentaje

$$\% \text{ Agua} = \frac{\text{Agua}}{\text{Suelo seco}} \times 100$$

Obtención del índice plástico

$$Lp = \omega_L - \omega_p$$



Memoria de cálculo

Nº de capsula	Masa capsula (g)	Capsula + Suelo húmedo	Capsula + Suelo seco	Agua	Suelo seco	Contenido de agua (%)	Número de golpes
Límite líquido							
55	21.67	34.98	32.21	4.50	14.41	31	40
41	22.42	39.40	35.79	4.44	14.18	31	26
36	22.41	38.20	34.71	4.20	12.69	33	16
32	22.94	39.92	36.05	4.63	13.06	35	10
Límite plástico							
45	22.10	33.15	31.80	1.21	8.18	15	
46	22.34	32.80	31.55	1.10	7.87	14	

Obtención del índice plástico

$$L_p = 33 - 14.5 = 18.50$$

*Nota: El límite líquido lo obtenemos de los datos graficados y el límite plástico del promedio de los resultados del contenido de agua.

∴

Clasificación: CL (Clasificación SUCS)

Límite líquido: 33

Límite plástico: 14.50

Índice plástico: 18.50



Informe de límites de consistencia de material N para preatagüa y atagüías																	
Ubicación de procedencia: Banco Km. 16+100																	
Fecha: 13-Abril-09																	
Estudio: Calidad completa																	
Muestra: 224.009																	
Tabla de datos																	
Límite líquido																	
Capsula	Masa capsula (g)	Capsula + Suelo húmedo (g)	Capsula + Suelo seco (g)	Agua (g)	Suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	Número de golpes										
Nº	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)											
55	21.67	34.98	32.21	4.50	14.41	31	40										
41	22.42	39.40	35.79	4.44	14.18	31	26										
36	22.41	38.20	34.71	4.20	12.69	33	16										
32	22.94	39.92	36.05	4.63	13.06	35	10										
Límite plástico																	
45	22.10	33.15	31.80	1.21	8.18	15											
46	22.34	32.80	31.55	1.10	7.87	14											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Clasificación</td> <td>CL</td> </tr> <tr> <td>Límite líquido</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>Límite plástico</td> <td>14.5</td> </tr> <tr> <td>Índice plástico</td> <td>18.5</td> </tr> </table>										Clasificación	CL	Límite líquido	33	Límite plástico	14.5	Índice plástico	18.5
Clasificación	CL																
Límite líquido	33																
Límite plástico	14.5																
Índice plástico	18.5																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Lugar: P. H. La Yesca</td> <td>Fecha de emisión: 13-Abril-09</td> </tr> <tr> <td>Realizó</td> <td>Revisó</td> </tr> <tr> <td>Zamora Novoa Gretel Ivonne</td> <td>Ing. Gerardo González Djeda</td> </tr> <tr> <td>Nombre y firma</td> <td>Nombre y firma</td> </tr> </table>										Lugar: P. H. La Yesca	Fecha de emisión: 13-Abril-09	Realizó	Revisó	Zamora Novoa Gretel Ivonne	Ing. Gerardo González Djeda	Nombre y firma	Nombre y firma
Lugar: P. H. La Yesca	Fecha de emisión: 13-Abril-09																
Realizó	Revisó																
Zamora Novoa Gretel Ivonne	Ing. Gerardo González Djeda																
Nombre y firma	Nombre y firma																



La siguiente muestra se registro en la bitácora como 304/09 la cual pertenece al banco Km. 16+100 que corresponde al material N, a la cual se le realizó la prueba de Límites de consistencia.

Esta arrojo los siguientes datos:

Nº de capsula	Masa de la capsula (g)	Capsula+suelo húmedo	Capsula+suelo seco	Nº de golpes
Límite líquido				
55	21.67	34.98	32.21	40
41	22.42	39.40	35.79	26
36	22.41	38.20	34.71	16
32	22.94	39.92	36.05	10
Límite plástico				
45	22.10	33.15	31.80	
46	22.34	32.80	31.55	

Obtención de agua

$$Agua = Cap + suelo humedo - Cap + suelo seco$$

Obtención del suelo seco

$$Suelo seco = Cap + suelo seco - Masa de la capsula$$

Obtención del contenido de agua en porcentaje

$$\% Agua = \frac{Agua}{Suelo seco} \times 100$$

Obtención del índice plástico

$$Lp = \omega_L - \omega_p$$

Memoria de cálculo

Nº de capsula	Masa capsula (g)	Capsula + Suelo húmedo	Capsula + Suelo seco	Agua	Suelo seco	Contenido de agua (%)	Número de golpes
Límite líquido							
55	21.67	34.98	32.21	2.77	10.54	26	40
41	22.42	39.40	35.79	3.61	13.37	27	26
36	22.41	38.20	34.71	3.49	12.30	28	16
32	22.94	39.92	36.05	3.87	13.11	30	10
Límite plástico							
45	22.10	33.15	31.80	1.35	9.70	14	
46	22.34	32.80	31.55	1.25	9.21	14	



Obtención del índice plástico

$$Lp = 27 - 14 = 13$$

*Nota: El límite líquido lo obtenemos de los datos graficados y el límite plástico del promedio de los resultados del contenido de agua.

∴

Clasificación: CL (Clasificación SUCS)

Límite líquido: 27

Límite plástico: 14

Índice plástico: 13

Una vez obtenidos los datos que se registraron y se calcularon se vacían en el formato para guárdalo en una bitácora.



Informe de límites de consistencia de material N para preatagüa y atagüias									
Ubicación de procedencia: Blanco Km. 16+100									
Fecha: 29-Abril-09									
Estudio: Calidad completa									
Muestra: 304/09									
Tabla de datos									
Límite líquido									
Capsula	Masa capsula (g)	Capsula + Suelo húmedo (g)	Capsula + Suelo seco (g)	Agua (g)	Suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	Número de golpes		
Nº	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)			
55	21.67	34.98	32.21	2.77	10.54	26	40		
41	22.42	39.40	35.79	3.61	13.37	27	26		
36	22.41	38.20	34.71	3.49	12.30	28	16		
32	22.94	39.92	36.05	3.87	13.11	30	10		
Límite plástico									
45	22.10	33.15	31.80	1.35	9.70	14			
46	22.34	32.80	31.55	1.25	9.21	14			

Clasificación	CL
Límite líquido	27
Límite plástico	14
Índice plástico	13

Lugar: P. H. La Yesca	Fecha de emisión: 29-Abril-09
Realizó	Revisó
Zamora Novoa Gretel Ivonne	Ing. Gerardo González Ojeda
Nombre y firma	Nombre y firma



La siguiente muestra se tomo del material del laboratorio de inyecciones. Esta es una arcilla la cual lleva el nombre de Bentonita Perfobent a la cual se le realizó la prueba de límites de consistencia. La cual fue registrada como 97/02/09

Esta arrojo los siguientes datos:

Nº de capsula	Masa de la capsula (g)	Capsula+suelo húmedo	Capsula+suelo seco	Nº de golpes
Límite líquido				
28	21.02	31.86	23.81	45
19	22.30	36.89	25.40	24
20	21.11	35.84	24.08	10
30	21.60	36.42	24.55	6

Obtención de agua

$$Agua = Cap + suelo humedo - Cap + suelo sec o$$

Obtención del suelo seco

$$Suelo sec o = Cap + suelo sec o - Masa de la capsula$$

Obtención del contenido de agua en porcentaje

$$\% Agua = \frac{Agua}{Suelo sec o} \times 100$$

Obtención del índice plástico

$$Lp = \omega_L - \omega_p$$

Memoria de cálculo

Nº de capsula	Masa capsula (g)	Capsula + Suelo húmedo	Capsula + Suelo seco	Agua	Suelo seco	Contenido de agua (%)	Número de golpes
Límite líquido							
28	21.02	31.86	23.81	8.05	2.79	288.5	45
19	22.30	36.89	25.40	11.49	3.10	370.6	24
20	21.11	35.84	24.08	11.76	2.97	395.9	10
30	21.60	36.42	24.55	11.87	2.95	402.3	6

*Nota: El límite líquido lo obtenemos de los datos.



∴

Clasificación: bentonita

Límite líquido: 378

*Nota

La bentonita Perfobent se utilizó para el lodo bentonítico de la pantalla de impermeabilización.

Las características de este tipo de arcilla son las siguientes.

La bentonita es un tipo de arcilla montmorillonítica de muy alto límite líquido. Esto implica que a pesar de que se le añada mucha agua, la mezcla no pierde estabilidad o consistencia.

Los lodos bentoníticos tienen una propiedad muy importante que los hace muy útiles en construcción: cuando un lodo bentonítico es amasado sin que se produzca variación de agua, pierde resistencia, comportándose como un fluido. Sin embargo, vuelve a adquirir esta resistencia una vez que entra en reposo.

Las bentonitas se utilizan para cementar fisuras y grietas de roca, absorbiendo la humedad para impedir que esta produzca derrumbamientos de túneles o excavaciones.

Sus principales usos son:

- Aumentar la capacidad del cemento de ser trabajado y su plasticidad.
- Ayuda a la estabilización y soporte en la construcción de túneles.
- Como lubricante y relleno de grietas en tubería.
- Como soporte de excavaciones.
- Creación de membranas impermeables en torno a barreras en el suelo.



Informe de límites de consistencia de bentonita para la pantalla impermeable									
Ubicación de procedencia: Banco Las Juntas II									
Fecha: 26-Febrero-09									
Estudio: Límite líquido									
Muestra: Bentonita Perfobent 97/02/09 (Interlaboratorios)									
Tabla de datos									
Límite líquido									
Capsula	Masa capsula (g)	Capsula + Suelo húmedo (g)	Capsula + Suelo seco (g)	Agua (g)	Suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	Número de golpes		
Nº	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)			
28	21.02	31.86	23.81	8.05	2.79	288.5	45		
19	22.30	36.89	25.40	11.49	3.10	370.6	24		
20	21.11	35.84	24.08	11.76	2.97	395.9	10		
30	21.60	36.42	24.55	11.87	2.95	402.3	6		
-	-	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	-	-	-	-		

Clasificación	-----
Límite líquido	378
Límite plástico	-----
Índice plástico	-----

Lugar: P.H. La Yesca	Fecha de emisión: 26-Febrero-09
Realizó	Revisó
Zamora Novoa Gretel Ivonne	Ing. Gerardo González Ojeda
Nombre y firma	Nombre y firma



3.1.8 Procedimiento para la obtención de densidad de sólidos.

Objetivo.

Elaborar un procedimiento para determinar la densidad de los sólidos, parámetro requerido para el cálculo de la relación de vacíos y grado de saturación.

Alcance.

Este procedimiento aplica al material denominado "2", clasificado como una grava-arena limosa del proyecto hidroeléctrico "la yesca".

Definiciones y terminología.

Gravedad específica de sólidos de un suelo (densidad de sólidos). Es la relación entre el peso en el aire de un cierto volumen de sólidos y el peso en el aire del mismo volumen de agua destilada libre de gas a la temperatura de 20°C.

Responsabilidades.

Es responsabilidad del jefe de laboratorio, conocer este procedimiento para asegurar mediante supervisión periódica a sus subalternos, como son los laboratoristas y los auxiliares de laboratorio, así como los cálculos para la obtención de los resultados de las pruebas.

Antecedentes.

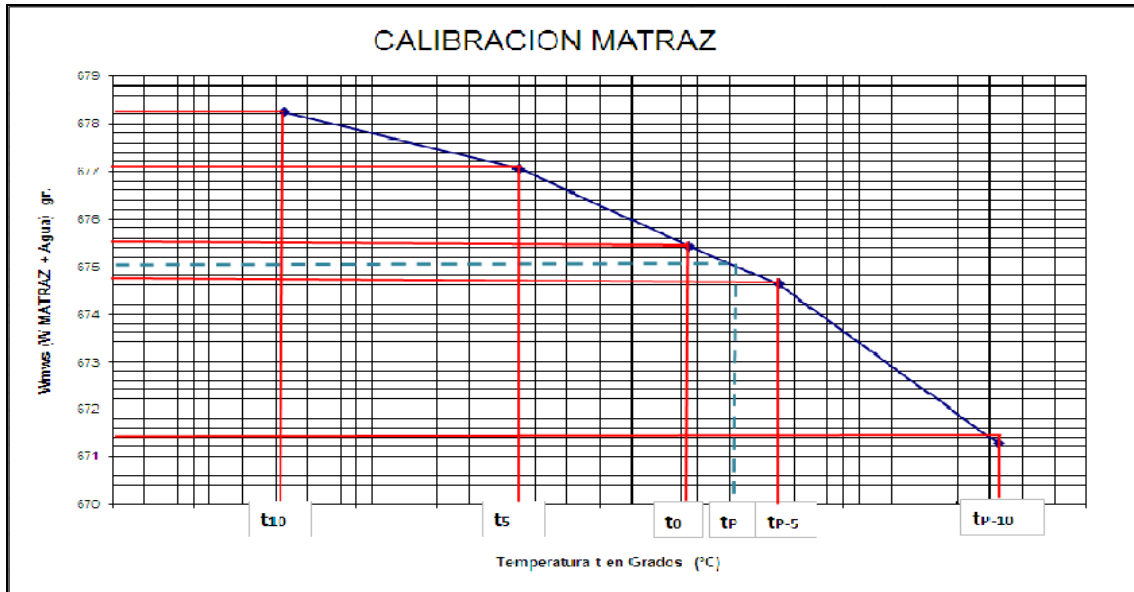
El personal que realiza esta prueba debe tener evidencia de que esta calificado para su realización.

Revisar que el equipo se encuentre limpio, calibrado y completo en todas sus partes y en condiciones de operación.

Procedimiento.

Calibración del picnómetro.

1. Llenar el picnómetro con agua destilada sin burbujas de aire
2. Coloque el picnómetro en el baño maría hasta que se equilibre su temperatura con la del baño.
3. Sáquese el picnómetro del baño maría, ajústese con la pipeta el nivel del agua en el picnómetro de manera que la parte inferior del menisco coincida con la marca de calibración del picnómetro y remuévase el agua adherida al interior del cuello del picnómetro por encima de la marca de aforo.
4. Pésese el picnómetro con agua con una precisión de 0.01 g.
5. Agítese el picnómetro suavemente y determínese la temperatura del agua con una precisión de 0.1°C introduciendo el termómetro hasta la mitad de la profundidad del cuerpo del picnómetro.
6. Repítase el procedimiento anterior aproximadamente a la misma temperatura, luego háganse otras 4 determinaciones de masa p del matraz lleno de agua hasta su marca de aforo a las temperaturas de 5 y 10°C por debajo de la temperatura inicial y 5 y 10°C por arriba, aproximadamente, registrando las masas como p_{-5} , p_{-10} , p_5 , p_{10} y las temperaturas como t_{-5} , t_{-10} , t_5 , t_{10} , respectivamente.
7. Dibújese la curva de calibración con los datos obtenidos en las determinaciones de peso y temperatura obtenidos con la operación anterior.



CURVA DE CALIBRACIÓN DE MATRAZ



Tabla 1. Densidad del agua y coeficiente de temperatura (K) para varias temperaturas.

Temperatura (°C)	Densidad (g/ml)	Coficiente de temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/ml)	Coficiente de temperatura (K)
23.00	0.99754	0.99933	27.00	0.99652	0.99831
23.10	0.99752	0.99931	27.10	0.99649	0.99828
23.20	0.99749	0.99929	27.20	0.99646	0.99825
23.30	0.99747	0.99926	27.30	0.99643	0.99822
23.40	0.99745	0.99924	27.40	0.99641	0.99820
23.50	0.99742	0.99921	27.50	0.99638	0.99817
23.60	0.99740	0.99919	27.60	0.99635	0.99814
23.70	0.99737	0.99917	27.70	0.99632	0.99811
23.80	0.99732	0.99914	27.80	0.99629	0.99808
23.90	0.99732	0.99912	27.90	0.99627	0.99806
24.00	0.99730	0.99909	28.00	0.99624	0.99803
24.10	0.99727	0.99907	28.10	0.99621	0.99800
24.20	0.99725	0.99904	28.20	0.99618	0.99797
24.30	0.99723	0.99902	28.30	0.99615	0.99794
24.40	0.99720	0.99899	28.40	0.99612	0.99791
24.50	0.99717	0.99897	28.50	0.99609	0.99788
24.60	0.99715	0.99894	28.60	0.99607	0.99785
24.70	0.99712	0.99892	28.70	0.99604	0.99783
24.80	0.99710	0.99889	28.80	0.99601	0.99780
24.90	0.99707	0.99887	28.90	0.99598	0.99777
25.00	0.99705	0.99884	29.00	0.99595	0.99774
25.10	0.99702	0.99881	29.10	0.99592	0.99771
25.20	0.99700	0.99879	29.20	0.99589	0.99768
25.30	0.99697	0.99876	29.30	0.99586	0.99765
25.40	0.99694	0.99874	29.40	0.99583	0.99762
25.50	0.99692	0.99871	29.50	0.99580	0.99759
25.60	0.99689	0.99868	29.60	0.99577	0.99756
25.70	0.99687	0.99866	29.70	0.99574	0.99753
25.80	0.99684	0.99863	29.80	0.99571	0.99750
25.90	0.99681	0.99860	29.90	0.99568	0.99747
26.00	0.99679	0.99858	30.00	0.99565	0.99744
26.10	0.99676	0.99855	30.10	0.99562	0.99741
26.20	0.99673	0.99852	30.20	0.99559	0.99738
26.30	0.99671	0.99850	30.30	0.99556	0.99735
26.40	0.99668	0.99847	30.40	0.99553	0.99732
26.50	0.99665	0.99844	30.50	0.99550	0.99729
26.60	0.99663	0.99842	30.60	0.99547	0.99726
26.70	0.99660	0.99839	30.70	0.99544	0.99726
26.80	0.99657	0.99836	30.80	0.99541	0.99720
26.90	0.99654	0.99833	30.90	0.99538	0.99716

Preparación de la muestra.

1. Debe tenerse especial cuidado en obtener muestras representativas para la determinación del peso específico de los sólidos. La muestra de suelo puede ensayarse a su humedad natural, o puede secarse al horno; sin embargo, algunos suelos, principalmente aquellos que tiene un alto contenido de materia orgánica, son muy difíciles de rehumedecer después de que se han secado al horno. Estos suelos pueden ser ensayados sin haberse secado previamente en el horno, en cuyo caso el peso de la muestra seca se determina al final del ensayo.



2. La masa de la muestra ensayada será de acuerdo al picnómetro usado considerando lo estipulado en la siguiente tabla:

Tipo de suelo	Masa del espécimen seco (g) Cuando se usa un picnómetro de 250 ml	Masa del espécimen seco (g) Cuando se usa un picnómetro de 500 ml
SP, SP-SM	60 ± 10	100 ± 10
SP-SC, SM, SC	45 ± 10	75 ± 10
Limo o arcilla	35 ± 5	50 ± 10

Existen dos métodos para la determinación de la gravedad específica el método a usar deberá ser especificado por la autoridad solicitante.

Método A. Procedimiento usado para determinar la gravedad específica de especímenes húmedos, este es el método usual para suelos muy orgánicos, muy plásticos y finos.

Método B. Procedimiento usado para determinar la gravedad específica de los especímenes secados al horno.

Procedimiento de prueba.

Método A. Para especímenes húmedos.

1. La masa de la muestra a usar se especifica en la tabla ilustrada anteriormente, de acuerdo al picnómetro a utilizar.
2. Empleando una espátula, mézclase el suelo con suficiente agua destilada, hasta formar una pasta; colóquese luego la mezcla dentro del picnómetro con ayuda de un embudo, si se requiere agregue agua.
3. Llénese el picnómetro con agua destilada hasta aproximadamente la mitad del frasco volumétrico.
4. El aire atrapado en la muestra dentro del picnómetro se puede eliminar, ya sea usando calor (cocción), el vacío o la combinación de ambos.
5. Cuando se utiliza el método de solo calor (cocción), se calienta la suspensión levemente durante un mínimo de 10 minutos, rotando ocasionalmente el picnómetro para facilitar la expulsión de aire. El proceso de calentamiento debe adelantarse con mucho cuidado, porque pueden ocurrir pérdidas de material, las muestras que se calienten deberán dejarse enfriar a temperatura ambiente.
6. Si solo se utiliza el vacío se debe conectar el picnómetro a la línea de vacío hasta obtener una presión absoluta dentro del frasco no mayor a 100 mm de mercurio (0.136 kg/cm²). El tiempo de aplicación del vacío dependerá del tipo de suelo del que se trate.
7. Si se usa una combinación de calor y vacío, los picnómetros se pueden colocar en un baño de agua tibia (no más de 40°C), mientras se aplica el vacío. El nivel de agua en el baño debe estar ligeramente por debajo del nivel del agua en el picnómetro.
8. Llénese el picnómetro con agua destilada y sin burbujas de aire, hasta 2 cm por debajo de la marca y aplíquese vacío calor nuevamente hasta que a la suspensión se le haya extraído la mayor parte de aire, remuévase con cuidado el tapón del picnómetro y obsérvese cuanto baja el nivel del agua en el cuello. Si la superficie de agua baja más de 3 mm, se deberá seguir aplicando vacío o calor hasta lograr esta condición.
9. Llénese el picnómetro con agua destilada hasta que la parte inferior del menisco coincida con la marca de aforo. Séquese completamente la parte exterior del picnómetro y con ayuda de una toalla absorbente, remuévase el agua adherida la interior del cuello del matraz.
10. Pésele inmediatamente el picnómetro y su contenido con aproximación de 0.1°C, introduciendo un termómetro hasta la mitad el cuerpo del picnómetro.
11. Transfírase con mucho cuidado el contenido del picnómetro a una capsula.
12. Enjuáguese el picnómetro con agua destilada, hasta asegurarse que toda la muestra sea removida de él. Introdúzcase la capsula con la muestra dentro del horno.
13. Una vez seca la muestra déjese enfriar a temperatura ambiente y determínese el peso seco del suelo, con aproximación de 0.01 g.



Método B. Para especímenes secos al horno.

1. Secar la muestra de suelo a una masa constante en un horno manteniendo una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$. Romper cualquier terrón con ayuda del mortero y majadero. Si el suelo no se disgrega fácilmente después de secado o ha cambiado su composición, se procede a usar el método A.
2. Una vez seca la muestra deje enfriar a temperatura ambiente y pésese con aproximación de 0.01 g.
3. Una vez pesado el suelo transfírase el suelo al picnómetro teniendo mucho cuidado de no perder material durante la operación.
4. Llénese el picnómetro hasta la mitad de su contenido con agua destilada sin burbujas de aire y déjese reposar la suspensión durante una noche.
5. Extráigase el aire atrapado dentro de la suspensión por alguno de los medios mencionados anteriormente en el método aplicado a especímenes húmedos.
6. Si la extracción de aire se realizó por medio de calor, déjese enfriar el picnómetro y su contenido por una noche.



Obtención de las muestras

7. Realice los pasos subsiguientes del ensayo de la misma forma que los indicados en el método aplicado a especímenes húmedos.

Cálculos.

El peso específico de los sólidos se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$G_s = \frac{W_0 \times K}{W_o + W_2 - W_1}$$

Donde:

K = Factor de corrección basado en el peso específico del agua a 20°C (véase tabla 1).

W_2 = Pesos del picnómetro mas agua a la temperatura de ensayo, g (obtenido de la curva de calibración).

W_0 = Peso del suelo seco, g.

W_1 = Peso del picnómetro + agua + suelo, g.

Nota: Para la determinación de la ponderación del agregado grueso y del fino se aplican las siguientes expresiones:



Ponderación de la arena (ponderación 1) = % Que pasa la malla 4 (Densidad del agregado fino)

Ponderación de la grava (ponderación 2) = % Retenido en la malla 4 (Densidad del agregado grueso)

Gestión ambiental.

Para la realización de las actividades de este procedimiento se seguirán los lineamientos indicados en el plan de protección ambiental del proyecto.

El jefe de laboratorio debe conocerlo y es responsabilidad del titular del área y del responsable de medio ambiente que así sea.

Seguridad.

Todo el procedimiento se realizará acabo de acuerdo al reglamento de seguridad, higiene y medio ambiente del proyecto.

Recursos.

Equipo y materiales.

- Picnómetro (frasco volumétrico). Con capacidad de 100 a 500 cm³.
- Balanza con capacidad de 1 kg o mas, una sensibilidad de 0.01 gr y otra con capacidad de 200 g y sensibilidad de 0.001 g.
- Horno capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 grados centígrados.
- Termómetro graduado con escala de 0 a 50°C con aproximación de 0.1°C.
- Bomba de vacíos con tubería y uniones, o en su defecto un mechero o plato de calentamiento.
- Baño María.
- Embudo.
- Pipeta.
- Tamiz No. 4.
- Taras.
- Agua destilada.
- Toallas de papel absorbente.

Mano de obra.

- Jefe de laboratorio.
- Laboratorista.

A continuación se presentan algunos ejemplos de cómo se realiza el cálculo de la densidad de sólidos y el llenado del formato del mismo

La siguiente muestra se registro en la bitácora como 390/09 la cual se muestreo de las bandas transportadoras que corresponde al material 2, a la cual se le realizó la prueba de densidad de sólidos.

Esta arrojo los siguientes datos:

Temperatura 30°=1234.80 (W₁)

W_{matraz}=1354.00 (W₂)

W_o=200 g.

Ph=200 g.

Ps=191.9 g.

Matraz= 1000 ml.



Obtención de la gravedad específica

$$Gs = \frac{W_0 \times K}{W_o + W_2 - W_1}$$

Donde:

K = Factor de corrección basado en el peso específico del agua a 20°C (véase tabla 1).

W₂ = Pesos del picnómetro mas agua a la temperatura de ensayo, g (obtenido de la curva de calibración).

W₀ = Peso del suelo seco, g.

W₁ = Peso del picnómetro + agua + suelo, g.

Obtención % de absorción

$$\% \text{ Absorción} = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Donde:

% Absorción = Porcentaje de agua que contiene el espécimen

Ph = Peso húmedo

Ps = Peso seco

Obtención del peso seco en horno al aire

$$Agua = \frac{W_0 \times \% \text{ Absorción}}{100}$$

Donde:

Agua = Cantidad de agua que contiene el espécimen, g.

W₀ = Peso del suelo seco, g.

% absorción = Porcentaje de agua que contiene el espécimen

Ya que obtenemos este dato, obtenemos el peso seco

$$W_{\text{seco}} = SSS_{\text{aire}} - Agua$$

Donde:

W_{seco} = Peso seco en horno al aire, g.

SSS_{aire} = Peso saturado y superficialmente seco al aire

Agua = Cantidad de agua que contiene el espécimen



Obtención del peso sumergido en agua

$$W_{sumergido} = W_2 - W_1$$

Donde:

$W_{sumergido}$ = Peso sumergido en agua, g.

W_2 = Pesos del picnómetro mas agua a la temperatura de ensayo, g (obtenido de la curva de calibración).

W_1 = Peso del picnómetro + agua + suelo, g.

Obtención de la gravedad especifica seca

$$G_{s\ sec a} = \frac{W_{seco}}{SSS_{aire} - W_{sumergido}}$$

Donde:

$G_{s\ sec a}$ = Gravedad especifica seca

W_{seco} = Peso seco en horno al aire, g.

SSS_{aire} = Peso saturado y superficialmente seco al aire

$W_{sumergido}$ = Peso sumergido en agua, g.

Obtención de la gravedad especifica aparente

$$G_{s\ aparente} = \frac{W_{seco}}{W_{seco} - W_{sumergido}}$$

Donde:

$G_{s\ aparente}$ = Gravedad especifica aparente,

W_{seco} = Peso seco en horno al aire, g.

$W_{sumergido}$ = Peso sumergido en agua, g.



Memoria de cálculo

Gravedad específica

$$Gs = \frac{200 \times 1}{200 + 1234.80 - 1354} = 2.47$$

Absorción

$$\% \text{ Absorción} = \frac{200 - 191.9}{191.9} \times 100 = 4.22$$

Peso seco en horno al aire

$$\text{Agua} = \frac{200 \times 4.22}{100} = 8.44$$

$$W_{\text{seco}} = 200 - 8.44 = 191.56 \text{ g.}$$

Peso sumergido en agua

$$W_{\text{sumergido}} = 1354.00 - 1234.80 = 119.2 \text{ g.}$$

Gravedad específica seca

$$Gs_{\text{seca}} = \frac{191.56}{200 - 119.2} = 2.37$$

Gravedad específica aparente

$$Gs_{\text{aparente}} = \frac{191.56}{191.56 - 119.2} = 2.64$$

∴

Gravedad específica= 2.47

Gravedad específica seca= 2.37

Gravedad específica aparente: 2.64



La siguiente muestra se registro en la bitácora como 669/09 la cual se muestreo de las bandas transportadoras que corresponde al material 2, a la cual se le realizó la prueba de densidad de sólidos.

Esta arrojo los siguientes datos:

Temperatura 31°=1234.50 (W_1)

W_{matraz} =1349.10 (W_2)

W_0 =200 g.

Ph=200 g.

Ps=183.7 g.

Matraz= 1000 ml.

Obtención de la gravedad especifica

$$G_s = \frac{W_0 \times K}{W_o + W_2 - W_1}$$

Donde:

K = Factor de corrección basado en el peso especifico del agua a 20°C (véase tabla 1).

W_2 = Pesos del picnómetro mas agua a la temperatura de ensayo, g (obtenido de la curva de calibración).

W_0 = Peso del suelo seco, g.

W_1 = Peso del picnómetro + agua + suelo, g.

Obtención % de absorción

$$\% \text{ Absorción} = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Donde:

% Absorción = Porcentaje de agua que contiene el espécimen

Ph = Peso húmedo

Ps = Peso seco

Obtención del peso seco en horno al aire

$$\text{Agua} = \frac{W_0 \times \% \text{ Absorción}}{100}$$

Donde:

Agua = Cantidad de agua que contiene el espécimen, g.



W_0 = Peso del suelo seco, g.

% absorción = Porcentaje de agua que contiene el espécimen

Ya que obtenemos este dato, obtenemos el peso seco

$$W_{\text{seco}} = SSS_{\text{aire}} - \text{Agua}$$

Donde:

W_{seco} = Peso seco en horno al aire, g.

SSS_{aire} = Peso saturado y superficialmente seco al aire

Agua = Cantidad de agua que contiene el espécimen

Obtención del peso sumergido en agua

$$W_{\text{sumergido}} = W_2 - W_1$$

Donde:

$W_{\text{sumergido}}$ = Peso sumergido en agua, g.

W_2 = Pesos del picnómetro mas agua a la temperatura de ensayo, g (obtenido de la curva de calibración).

W_1 = Peso del picnómetro + agua + suelo, g.

Obtención de la gravedad específica seca

$$G_{s\text{ seca}} = \frac{W_{\text{seco}}}{SSS_{\text{aire}} - W_{\text{sumergido}}}$$

Donde:

$G_{s\text{ seca}}$ = Gravedad específica seca

W_{seco} = Peso seco en horno al aire, g.

SSS_{aire} = Peso saturado y superficialmente seco al aire

$W_{\text{sumergido}}$ = Peso sumergido en agua, g.



Obtención de la gravedad específica aparente

$$Gs_{aparente} = \frac{W_{seco}}{W_{seco} - W_{sumergido}}$$

Donde:

$Gs_{aparente}$ = Gravedad específica aparente,

W_{seco} = Peso seco en horno al aire, g.

$W_{sumergido}$ = Peso sumergido en agua, g.

Memoria de cálculo

Gravedad específica

$$Gs = \frac{200 \times 1}{200 + 1234.5 - 1349.1} = 2.34$$

Absorción

$$\% \text{ Absorción} = \frac{200 - 183.7}{183.7} \times 100 = 8.87$$

Peso seco en horno al aire

$$Agua = \frac{200 \times 8.87}{100} = 17.74$$

$$W_{seco} = 200 - 17.74 = 182.26 \text{ g.}$$

Peso sumergido en agua

$$W_{sumergido} = 1349.1 - 1234.5 = 114.6 \text{ g.}$$

Gravedad específica seca

$$Gs_{seca} = \frac{182.26}{200 - 114.6} = 2.13$$

Gravedad específica aparente

$$Gs_{aparente} = \frac{182.26}{182.26 - 114.6} = 2.69$$

∴

Gravedad específica = 2.34

Gravedad específica seca = 2.13

Gravedad específica aparente = 2.69



Procedimiento para obtención de densidad de sólidos y absorción

Obra: P.H. La Yesca Procedencia: Criba Transportadora	Fecha de muestreo: <u>13/07/09.</u> Fecha de prueba: <u>15/07/09.</u> Muestra N°: <u>669/09.</u>	Tamaño del agregado: Material # 2

Densidad de sólidos (arena)

1	2	3	4	5	6	7
Peso seco en horno al aire. G.	Peso saturado y superficialmente seco (sss) aire. G.	Peso sumergido en agua. G.	Gravedad específica seca. (1)/(2-3).	Gravedad específica (sss) (2)/(2-3)	Gravedad específica aparente (1)/(1-3)	% de absorción (2-1)/(1) x 100
182.26	200	114.6	2.34	2.13	2.69	8.87
PROMEDIO						
Temperatura del agua c						
Observaciones:						
Referencias:	Lugar P.H. La Yesca	Fecha de emisión		Control de registro		
Especificaciones de Obra civil P.H. La Yesca	Realizó Zamora Novoa Gretel Ivonne	Revisó Ing. Gerardo González Ojeda	Enterado			
	Nombre y firma	Nombre y firma	Nombre y firma			



3.1.9 Procedimiento para la obtención de gravedad específica, absorción y peso unitario de agregado grueso

Objetivo.

La realización de esta prueba permite determinar la densidad y la absorción del agregado grueso.

Alcance.

Este método cubre la determinación de la densidad de las partículas de agregado grueso, es decir las partículas mayores de 4.75 mm (no incluye el volumen de vacíos entre partículas), la densidad relativa, (gravedad específica), y la absorción del agregado grueso. Dependiendo del procedimiento usado, la densidad en (kg/m^3 (lb/pie^3)) es expresada como secada al horno (od), saturada superficialmente seca (ssd) o densidad aparente, igualmente la densidad relativa (gravedad específica).

Definiciones y terminología.

Densidad. Es una propiedad física de los agregados y esta definida por la relación entre el peso y el volumen de una masa determinada, lo que significa que depende directamente de las características del grano del agregado.

Densidad aparente. Es la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo sus poros saturables y no saturables, (pero sin incluir los vacíos entre las partículas) y la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida. La densidad aparente es usada si el agregado a usar en la mezcla está húmedo, es decir si se ha satisfecho su absorción.

Densidad nominal. Es la relación entre la masa en el aire de un volumen dado de agregado, incluyendo los poros no saturables, y la masa de un volumen igual de agua destilada libre de gas a temperatura establecida. La densidad nominal (seca al horno) se usa para cálculos cuando el agregado está seco o se asume que está seco. La densidad nominal concierne a la densidad relativa del material sólido sin incluir los poros saturables de las partículas constituyentes.

Responsabilidades.

Es responsabilidad del jefe de laboratorio, conocer este procedimiento para asegurar y asegurar mediante supervisión periódica a sus subalternos, como son los laboratoristas y los auxiliares de laboratorio, así como los cálculos para la obtención de los resultados de las pruebas.

Antecedentes.

Revisar que el equipo se encuentre limpio, calibrado y completo en todas sus partes y en condiciones de operación.

Descripción del procedimiento.

Preparación de la muestra.

1. Tomar cuidadosamente una muestra del agregado y reducirla hasta obtener un espécimen de prueba, cuya masa corresponderá al tamaño nominal máximo del agregado, de acuerdo a la siguiente tabla.



Tamaño nominal máximo mm (in)	Masa mínima de prueba Kg (lb)
12.5 (1/2) o menos	2 (4.4)
19.0 (3.4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 1/2)	5 (11)
50.0 (2)	8 (18)
63.0 (2 1/2)	12 (26)
75.0 (3)	18 (40)
90 (3 1/2)	25 (55)
100.0 (4)	40 (88)
125.0 (5)	75 (165)

2. Secar y disgregar la muestra como se describe en la sección de secado, disgregado y cuarteo.
3. Separar el espécimen mediante cribado en dos fracciones: el material que se retiene en la malla No. 4 y el que pasa dicha malla, colocar las fracciones en charolas distintas.



Cribado de las fracciones de material que pasa la malla N° 4

4. Lavar la fracción de material retenida en la malla No. 4, con el fin de eliminar cualquier residuo de polvo o material contaminante que contenga.
5. Secar la porción lavada hasta masa constante a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ y se deja enfriar a temperatura ambiente durante 1 a 3 h y registrar su peso (A).
6. La porción de prueba se sumerge en agua limpia a una temperatura ambiente por un periodo de 24 ± 4 h.
7. Transcurrido este tiempo, se extrae el material del agua y se desliza sobre un lienzo absorbente ligeramente humedecido para secar la muestra superficialmente; las partículas más grandes se secan en forma individual. La condición de saturado y superficialmente seco se logra cuando las partículas, no obstante que se noten húmedas, han perdido la película brillante del agua. Esta operación se lleva a cabo de forma rápida para evitar cualquier pérdida de agua por evaporación.
8. Se obtiene la masa de la canastilla vacía y sumergida en el agua y se registra como W_{C1} en g.
9. Se obtiene la masa del material saturado y superficialmente seco y se registra en g (B).
10. Inmediatamente después se coloca el material dentro de la canastilla de alambre, se sumergen ambos en agua limpia a temperatura ambiente y se suspende en el centro del platillo de la balanza, por medio del dispositivo previsto para tal fin. La canastilla se sumergirá a una profundidad adecuada para que esta y el material queden completamente cubiertos por el agua, cuando se aprecie que no



salen burbujas de la canastilla y el material sumergidos, se determina la masa del material con la canastilla en g.



Equipo para obtención de gravedad específica

11. Se saca del agua la canastilla con el material, se vierte el material sobre una charola y se coloca dentro del horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ para su secado hasta masa constante.
12. Después de secado el material se deja enfriar a temperatura ambiente y a continuación se determina y registra su masa en g.
13. Se determina la masa del material sumergido en el agua restando a la masa del material sumergido dentro de la canastilla, la masa de la canastilla sumergida y se registra en g (C).

Cálculos.

Densidad relativa del agregado (gravedad específica) (OD) en condiciones secas:

$$OD = \frac{A}{B - C}$$

Densidad relativa (SSD) del agregado (procedimiento gravimétrico) en condiciones de saturado superficialmente seco:

$$SSD = \frac{B}{B - C}$$

Densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente):

$$\text{Densidad relativa aparente} = \frac{A}{A - C}$$

Donde:

A = Masa de la muestra seca al horno, gr.



B = Masa de la muestra en condiciones de saturado y superficialmente seco, gr.

C = Masa del material sumergido en agua, gr.

Para calcular únicamente la densidad se multiplica la densidad relativa por la densidad del agua a 23 grados centígrados que es 997.5 kg/m³, (62.27 lb/ft³).

$$\text{Absorción (\%)} = \left(\frac{B - A}{A} \right) \times 100$$

Los resultados de la densidad se reportarán con aproximación de centésimas de kg/dm³, o 0.5 lb/pie³, y la densidad relativa cercana al 0.01.

Gestión ambiental.

Para la realización de las actividades de este procedimiento se seguirán los lineamientos indicados en el plan de protección ambiental del proyecto.

El jefe de laboratorio debe conocerlo y es responsabilidad del titular del área y del responsable de medio ambiente que así sea.

Seguridad.

Todo el procedimiento se realizará acabo de acuerdo al reglamento de seguridad, higiene y medio ambiente del proyecto.

Recursos.

Equipo y materiales.

- Malla No. 4.
- Balanza con capacidad de 5 kg o mas, una sensibilidad de 0.5 gr o menos y con una exactitud de 0.5% de la carga de ensayo.
- Horno capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C.
- Canastilla para densidades.
- Recipiente adecuado para sumergir la canastilla conteniendo el material.
- Dispositivo para suspender la canastilla de la balanza.
- Lienzo absorbente.

Mano de obra.

- Jefe de laboratorio.
- Laboratorista.

A continuación se muestra la forma de calcular la gravedad específica y el llenado del formato.

La siguiente muestra se registro en la bitácora como 833/09 la cual se muestreo de las bandas transportadoras que corresponde al material 2, a la cual se le realizó la prueba de gravedad específica

Esta arrojo los siguientes datos:

b=5461 g.

t=3375 g.

Ph=1114 g.

Ps=1100.0 g.



Obtención de la gravedad específica

$$G_s = \frac{M_{sss}}{V}$$

Donde:

G_s = Gravedad específica

V = Volumen de agua desalojada

$$V = b - t$$

Donde:

b = Peso al aire

t = Peso sumergido

Obtención % de absorción

$$\% \text{ Absorción} = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Donde:

% Absorción = Porcentaje de agua que contiene el espécimen

P_h = Peso húmedo

P_s = Peso seco

Obtención del peso seco en horno al aire

$$Agua = \frac{b \times \% \text{ Absorción}}{100}$$

Donde:

Agua = Cantidad de agua que contiene el espécimen, g.

b = Peso al aire

% absorción = Porcentaje de agua que contiene el espécimen

Ya que obtenemos este dato, obtenemos el peso seco

$$W_{seco} = SSS_{aire} - Agua$$

Donde:

W_{seco} = Peso seco en horno al aire, g.

SSS_{aire} = Peso saturado y superficialmente seco al aire



Agua = Cantidad de agua que contiene el espécimen

Obtención de la gravedad específica seca

$$G_{s\text{ seca}} = \frac{W_{\text{seco}}}{SSS_{\text{aire}} - W_{\text{sumergido}}}$$

Donde:

$G_{s\text{ seca}}$ = Gravedad específica seca

W_{seco} = Peso seco en horno al aire, g.

SSS_{aire} = Peso saturado y superficialmente seco al aire

$W_{\text{sumergido}}$ = Peso sumergido en agua, g.

Obtención de la gravedad específica aparente

$$G_{s\text{ aparente}} = \frac{W_{\text{seco}}}{W_{\text{seco}} - W_{\text{sumergido}}}$$

Donde:

$G_{s\text{ aparente}}$ = Gravedad específica aparente,

W_{seco} = Peso seco en horno al aire, g.

$W_{\text{sumergido}}$ = Peso sumergido en agua, g.

Memoria de cálculo

Gravedad específica

$$G_s = \frac{5461}{(5461 - 3375)} = 2.61$$

Absorción

$$\% \text{ Absorción} = \frac{1114 - 1100}{1100} \times 100 = 1.27$$



Peso seco en horno al aire

$$Agua = \frac{5461 \times 1.27}{100} = 69.35$$

$$W_{seco} = 5461 - 69.35 = 5391.65 \text{ g.}$$

Gravedad específica seca

$$G_{sca} = \frac{5391.65}{5461 - 3375} = 2.58$$

Gravedad específica aparente

$$G_{saparente} = \frac{5391.65}{5391.65 - 3375} = 2.67$$

∴

Gravedad específica= 2.61

Gravedad específica seca= 2.58

Gravedad específica aparente: 2.67



Procedimiento para obtención de gravedad específica absorción y peso unitario de agregado grueso

Obra: <u>P.H. La Yesca</u>	Fecha de muestreo: <u>20/07/09.</u>	Tamaño del agregado:
Procedencia: <u>Criba Transportadora</u>	Fecha de prueba: <u>21/07/09.</u>	Material # <u>2</u>
	Muestra N°: <u>833100</u>	

Densidad (gravedad específica) de gravas

1	2	3	4	5	6	7
Peso seco en horno al aire. G.	Peso saturado y superficialmente seco (sss) aire. G.	Peso sumergido en agua. G.	Gravedad específica seca. (1)/(2-3).	Gravedad específica (sss) (2)/(2-3)	Gravedad específica aparente (1)/(1-3)	% de absorción (2-1)/(1) x 100
5391.65	5461	3375	2.61	2.58	2.67	1.27
PROMEDIO						
Temperatura del agua c	-----					
Observaciones:	-----					
Referencias:	Lugar P.H. La Yesca	Fecha de emisión		Control de registro		
Especificaciones Obra civil P.H. La Yesca	Realizó Zamora Novoa Gretel Ivonne	Revisó Ing. Gerardo González Ojeda		Enterado		
	Nombre y firma	Nombre y firma		Nombre y firma		



La siguiente muestra se registro en la bitácora como 969/09 la cual se muestreo de las bandas transportadoras que corresponde al material 2, a la cual se le realizó la prueba de gravedad especifica

Esta arrojo los siguientes datos:

b=5089 g.

t=3144 g.

Ph=1009 g.

Ps=997.0 g.

Obtención de la gravedad especifica

$$G_s = \frac{M_{sss}}{V}$$

Donde:

G_s = Gravedad especifica

V = Volumen de agua desalojada

$$V = b - t$$

Donde:

b = Peso al aire

t = Peso sumergido

Obtención % de absorción

$$\% \text{ Absorción} = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Donde:

% Absorción = Porcentaje de agua que contiene el espécimen

Ph = Peso húmedo

Ps = Peso seco

Obtención del peso seco en horno al aire

$$Agua = \frac{b \times \% \text{ Absorción}}{100}$$

Donde:

Agua = Cantidad de agua que contiene el espécimen, g.

b = Peso al aire

% absorción = Porcentaje de agua que contiene el espécimen



Ya que obtenemos este dato, obtenemos el peso seco

$$W_{\text{seco}} = SSS_{\text{aire}} - \text{Agua}$$

Donde:

W_{seco} = Peso seco en horno al aire, g.

SSS_{aire} = Peso saturado y superficialmente seco al aire

Agua = Cantidad de agua que contiene el espécimen

Obtención de la gravedad específica seca

$$Gs_{\text{seca}} = \frac{W_{\text{seco}}}{SSS_{\text{aire}} - W_{\text{sumergido}}}$$

Donde:

Gs_{seca} = Gravedad específica seca

W_{seco} = Peso seco en horno al aire, g.

SSS_{aire} = Peso saturado y superficialmente seco al aire

$W_{\text{sumergido}}$ = Peso sumergido en agua, g.

Obtención de la gravedad específica aparente

$$Gs_{\text{aparente}} = \frac{W_{\text{seco}}}{W_{\text{seco}} - W_{\text{sumergido}}}$$

Donde:

Gs_{aparente} = Gravedad específica aparente,

W_{seco} = Peso seco en horno al aire, g.

$W_{\text{sumergido}}$ = Peso sumergido en agua, g.



Memoria de cálculo

Gravedad específica

$$G_s = \frac{5089}{(5089 - 3144)} = 2.61$$

Absorción

$$\% \text{ Absorción} = \frac{1009 - 997}{997} \times 100 = 1.21$$

Peso seco en horno al aire

$$\text{Agua} = \frac{5089 \times 1.21}{100} = 61.58$$

$$W_{\text{seco}} = 5089 - 61.58 = 5027.42 \text{ g.}$$

Gravedad específica seca

$$G_{s_{\text{seca}}} = \frac{5027.42}{5089 - 3144} = 2.58$$

Gravedad específica aparente

$$G_{s_{\text{aparente}}} = \frac{5027.42}{5027.42 - 3144} = 2.67$$

∴

Gravedad específica= 2.61

Gravedad específica seca= 2.58

Gravedad específica aparente: 2.67



Procedimiento para obtención de gravedad específica absorción y peso unitario de agregado grueso

Obra: <u>P. H. La Yesca</u> Procedencia: <u>Criba Transportadora</u>	Fecha de muestreo: <u>27/07/09.</u> Fecha de prueba: <u>28/07/09.</u> Muestra N°: <u>96900</u>	Tamaño del agregado: <u>Material # 2</u>
---	--	---

Densidad (gravedad específica) de gravas

1	2	3	4	5	6	7
Peso seco en horno al aire. G.	Peso saturado y superficialmente seco (sss) aire. G.	Peso sumergido en agua. G.	Gravedad específica seca. (1)/(2-3).	Gravedad específica (sss) (2)/(2-3)	Gravedad específica aparente (1)/(1-3)	% de absorción (2-1)/(1) x 100
5027.42	5089	3144	2.61	2.58	2.67	1.21
PROMEDIO						
Temperatura del agua c -----						
Observaciones: -----						
Referencias:		Lugar	Fecha de emisión		Control de registro	
Especificaciones Obra civil P.H. La Yesca		P. H. La Yesca	Revisó Ing. Gerardo González Ojeda		----- Enterado	
		Realizó Zamora Novoa Gretel Ivonne				
		Nombre y firma	Nombre y firma		Nombre y firma	



3.2 Parámetros de liberación de materiales con respecto a especificaciones técnicas del proyecto

El cuerpo principal de las ataguías es de aluvi6n y material procesado obtenido producto de voladuras con explosivos, realizadas en las excavaciones de las zonas donde se ubicar6n las estructuras del proyecto.

Las ataguías son estructuras (pequeñas cortinas) que se construyen para desviar el río durante el proceso de construcción de la cortina. El corazón impermeable de estas estructuras se obtiene de bancos de material arcilloso, los materiales para los filtros y transición deben ser obtenidos de bancos de aluvi6n sobre el cauce del río y/o por medio de trituraci6n de roca, el enrocamiento de respaldo y protecci6n son producto de excavaciones.

Líneas y niveles para desplante

Se debe preparar las cimentaciones, hacer el tratamiento de la roca y colocar los materiales que componen las ataguías de acuerdo con las líneas y elevaciones mostradas en los planos del proyecto, se debe de tomar en cuenta la alta variabilidad local que puede presentar la roca, ya que podrían variar dichos niveles hasta encontrar el material componente para el desplante (mismo que debe ser aceptado), así como las elevaciones de desplante de los materiales de las ataguías, aumento o disminuci6n del área de limpieza en zona de laderas o del cauce y cualquier posible variaci6n de la zonificaci6n de materiales de las ataguías que considere necesario para lograr que el desplante de las estructuras se realice sobre material competente (sin alteraciones por intemperismo), removiendo totalmente la capa vegetal, restos de basura, troncos, ramas, depósito de talud (material Qdt de planos geológicos, dep6sitos arcillosos y areno-limosos del cauce, así como todo el material que pueda ser removido con tractor de 200 HP con hoja universal). De acuerdo con los resultados que se obtengan de limpieza del terreno, se procederá al desplante de las estructuras y materiales.

Recursos

Se deben suministrar oportunamente el personal, materiales, equipo y maquinaria id6neos para realizar la construcci6n de las ataguías del proyecto, dando estricto cumplimiento con las fechas establecidas en el programa general de construcci6n del proyecto y con la calidad que se estipula en las especificaciones.

El personal, el equipo y la maquinaria para construcci6n deben ser revisados y aceptados antes de su uso en la obra y es responsabilidad del contratista mantenerlos en condiciones 6ptimas.

El contratista no tiene derecho a reclamaci6n alguna en tiempo ni en costo por haber omitido recursos para la realizaci6n del proyecto, por lo cual se debe incluir en el análisis de costos todos los recursos necesarios y el tiempo de sus utilizaci6n para la ejecuci6n de las obras del proyecto y para dar cumplimiento con las presentes especificaciones y con el programa general de construcci6n.

La selecci6n de los equipos, el personal, la maquinaria y los procedimientos de construcci6n, son responsabilidad del contratista; quien a su vez se obliga a modificar o cambiar oportunamente los equipos; el personal, la maquinaria y/o los procedimientos de construcci6n cuando operen deficientemente, cuidando siempre el cumplimiento del programa de construcci6n, las especificaciones de las obras y de los materiales en cualquier parte del proyecto.

Alcances

El contratista es responsable de la construcci6n de las ataguías de acuerdo con los niveles, pendientes, dimensiones, distribuci6n, colocaci6n y propiedades de los materiales que se muestran en los planos del proyecto o se indican en estas especificaciones. Deben ejecutar bajo su absoluta responsabilidad todas las actividades necesarias para su construcci6n, las que de manera enunciativa y no imitativa, se mencionen enseguida: desmonte, despirme, regularizaci6n y limpieza del terreno, excavaci6n de laderas, explotaci6n de bancos de materiales, procesamiento de los materiales para cumplir con las especificaciones de cada estructura, tratamientos de la roca, carga, acarreo, colocaci6n, adici6n de agua y compactaci6n de los diferentes materiales que conforman cada estructura; pruebas de control de calidad de los materiales colocados para verificar que cumplan con las especificaciones.



Programa general de construcción

Es obligación del contratista vigilar permanentemente el avance del programa general de construcción para cumplir con los plazos establecidos, tomando oportunamente las medidas que considere necesarias para contrarrestar atrasos que se presenten.

El contratista debe considerar que se aplicará una revisión sistemática y permanente en todas las actividades, etapas y procesos de la construcción de las obras del proyecto, por lo que debe de dar todas las facilidades para que esta supervisión se haga de acuerdo con las especificaciones. Se realizará la supervisión necesaria para verificar que se cumplan con las especificaciones en los siguientes puntos:

- El alcance final de la limpieza del terreno, desmonte, despalme, y perfilamiento para desplante de las estructuras.
- El destino final de los materiales producto de excavaciones.
- El destino final de los materiales producto de procesamientos.
- Desplante y construcción de las pantallas impermeables de las ataguías.
- Tratamiento de la roca de cimentación.
- El destino final de los materiales por colocar en las ataguías.
- Procesos de colocación de materiales de las estructuras.
- Calidad de los materiales por colocar y ya colocados.
- Otros conceptos descritos en las especificaciones.

La construcción de las ataguías (incluyendo trabajos, estructuras e instalaciones asociadas) se deben efectuar en la secuencia indicada en el programa general de construcción y hasta las líneas y cotas mostradas en los planos. El contratista es responsable de elaborar y cumplir con el programa general de construcción. A continuación se indican las actividades que el contratista debe incluir en este programa:

Etapas I

Localización y preparación de bancos de materiales, construcción de la preataguía aguas arriba, ataguía aguas arriba, ataguía aguas abajo, desvío del río y desagüe del recinto.

Etapas II

Limpieza, desmonte y despalme de laderas y cauce del río hasta cubrir roca sana, regularización del terreno para desplantes de cualquier tipo de material que componga la estructura, concreto dental y de regularización.

Etapas III

Construcción de la ataguía integrada a la cortina con el bordo de concreto extrudido hasta su elevación final, de manera continua o hasta las elevaciones que señale el proceso constructivo, incluyendo extracción, procesamiento, colocación, adición de aguas (si se especifica), compactación de los diferentes materiales y pruebas de control de calidad e instrumentación.

Cimentación para colocación de los materiales 3B y T

El desplante de los materiales 3B y T, sobre el cauce del río y en las laderas, debe hacerse sobre roca cuya resistencia sea tal que no se pueda remover con tractor de 200 HP con hoja universal, o en depósitos aluviales si estos tienen buena calidad, entendiendo esta como materiales bien graduados con $CU > 10$ sin finos arcillosos y porcentaje de finos menor al 5% y con una compacidad correspondiente a una relación de vacíos igual o menor a la especificada para el material a desplantar o 0.25 (la que resulte menor). En caso de que se encuentren zonas con defectos en la roca o bloques de roca sueltos, estos deberán retirarse con herramientas adecuadas y rellenarse las depresiones con material de aluvión u otro material debidamente estudiado, compactado y aceptado.

En cualquier caso, se deben remover las salientes de roca que impidan la compactación eficiente de los materiales; estos materiales solo se deben colocar cuando la preparación de la cimentación haya sido aceptada.



La compactación debe ejecutarse con cobertura total, en forma uniforme cuidando que no queden áreas sin compactar.

Cimentación de ataguías

En el área de desplante del núcleo impermeable de las ataguías, en la zona de aluvión del cause, se debe eliminar el material inadecuado que aflore en la superficie, como árboles, hierva, arcilla y en general materia orgánica, material alterado, depósitos arcillosos y areno-limosos, y el desplante solo se iniciara cuando se tenga la aceptación. Asimismo se deben retirar los boleos mayores que 40 cm.

En la zona de las laderas se deben eliminar los suelos no consolidados y la roca alterada, hasta encontrar roca no erosionable, sobre la cual se desplantara el núcleo impermeable.

Materiales

Se entregara a los licitantes el plano de ubicación de los bancos de materiales que hasta la fecha se ha estudiado y se considere conveniente su explotación. Es responsabilidad del contratista aprovechar al máximo los bancos propuestos.

El contratista debe construir los caminos de acceso a los bancos de extracción de los materiales, siendo su responsabilidad mantenerlos en óptimas condiciones durante el tiempo que dure la obra. Los caminos que construya pueden ser usados por terceros, sin que ello implique reclamación alguna de costo. El procedimiento de la explotación de cada uno de los bancos lo debe proponer el contratista para su revisión, garantizando los rendimientos adecuados para cumplir con las fechas establecidas en el programa.

Los materiales producto de las excavaciones a cielo abierto de la obra de excedencias, excavación del canal de llamada de las obras de generación, las excavaciones subterráneas y otras excavaciones a cielo abierto, así como los bancos de aluvión existentes a lo largo del cauce, cercanos al sitio de la presa constituyen la fuente de aportación de los materiales.

Otros bancos

Si el contratista propone obtener material de cualquier otro banco que no este indicado en los planos, debe notificarlo por lo menos con 40 días de anticipación. El contratista debe ejecutar sin reclamo alguno las investigaciones geológicas y geotécnicas necesarias, el pago por derecho de explotación, obtener y transportar las muestras para la evaluación de los materiales de ese banco, los cuales se debe utilizar solo si garantizan el cumplimiento de las especificaciones de construcción de las estructuras, con previa aceptación.

No se permitirá la explotación de materiales en lugares donde se ponga en peligro la estabilidad de estructuras y/o taludes en el sitio de la obra, o donde se interfiera con las actividades de frentes de trabajo, otros contratistas y/o caminos de acceso.

Prevención inicial de materiales para ataguías

El contratista debe explotar, procesar, transportar, colocar y compactar todos los materiales necesarios, para la construcción de las ataguías de acuerdo con su programa y procedimiento constructivo de tal forma que no se suspendan los trabajos por falta de materiales. La aceptación de un banco de material no significa que todo el material que se extraiga sea aceptable para formar parte de las ataguías. La aceptación de los materiales explotados es determinación conjunta del contratista (basado en las especificaciones y plano) quienes deciden la disposición final de estos dentro de las estructuras o su rechazo.

Los requisitos especificados de granulometría, tipo de material, características, espesor de capa, numero de pasadas y propuesta del equipo a utilizar, que se muestran en los planos anexos, deben cumplirse en los materiales después de ser depositados, tendidos y compactados en las ataguías. Si el contratista coloca material inadecuado o fuera de especificación en cualquier zona de estas estructuras, este debe ser retirado y sustituido por el contratista, sin reclamación económica alguna.

No se consideran como aceptables los materiales que contengan raíces, troncos, materia orgánica, basura, exceso de finos u otros materiales que se consideren inadecuados para formar parte de la cortina o ataguías. El rechazo de estos materiales se podrá dar en los bancos de préstamo, en el sitio de carga, durante el



transporte en el sitio de colocación, por lo anterior, el contratista debe vigilar el cumplimiento de la calidad de los materiales a colocar para no incurrir en costos innecesarios, motivados por rechazo, ya que, por ningún motivo serán aceptadas reclamaciones económicas.

Descripción de los materiales

La descripción de los materiales de las ataguías así como sus características granulométricas y zonificación se indican en los planos anexos.

Explotación de bancos

Con al menos 40 días de anticipación, previos al inicio de los trabajos de explotación de cualquier banco de préstamo o de bancos de roca producto de excavaciones, el contratista debe presentar una descripción del sistema de trabajo que se propone emplear para la explotación de los bancos de material para las ataguías, con el fin de que sea revisado y aceptado.

El contratista debe considerar los rendimientos de extracción, procesamiento y suministro para cumplir con los plazos establecidos en el programa general de construcción. La explotación de bancos de préstamo debe hacerse de tal forma que se evite el desperdicio de material explotado, mismo que debe coincidir con el especificado. La aceptación de las operaciones de explotación no exonera en forma alguna al contratista de su completa responsabilidad en la ejecución de los trabajos, de la seguridad de las obras y de la eficiencia de las actividades o los procesos.

Los materiales que no cumplan con las especificaciones, deben de ser depositados en su sitio removidos y llevados a las zonas de desperdicio. El contratista debe proceder de tal forma que elimine la posibilidad de que el material especificado para las ataguías se mezcle con material inadecuado. Los bancos de préstamo de aluvión se encuentran dentro del cauce del río, por lo cual el contratista debe prever su extracción con draga o equipo similar por abajo del nivel freático. El "bote" o "cucharón" de este equipo debe estar provisto de orificio que permitan la salida del agua pero que retengan las partículas del tamaño de arenas de aluvión.

Cuando sea necesario mezclar varios materiales, debe hacerse de manera tal que se produzca un material homogéneo, con las granulometrías especificadas. La planta de procesamiento y todos los medios utilizados deben ser revisados para su aceptación, modificación o rechazo. El contratista debe ser capaz de producir las diferentes clases de materiales con un rendimiento suficiente para cumplir con los plazos, del programa general de construcción. Todo el procedimiento debe efectuarse en sitio y con métodos aceptados.

Preparación de los bancos

El contratista debe desmontar, desplantar y limpiar todos los bancos de préstamo a la profundidad necesaria para llegar al material aprovechable, la vegetación que crece en cualquier sitio de un banco de préstamo después de que haya sido limpiado y despalmado, debe ser retirada antes de excavar materiales aprovechables de ese sitio. El contratista debe retirar el material que no cumpla con las especificaciones para su colocación en las ataguías.

Material de aluvión

De acuerdo con el plano de localización de bancos de aluvión, el contratista debe presentar el procedimiento de extracción de aluvión, de manera clara y precisa, para que se revise y se acepte o haga las observaciones pertinentes antes del inicio de las actividades, garantizando el cumplimiento de las fechas del programa general de construcción.

El proceso de explotación de los bancos de aluvión debe considerar la remoción de los sobretamaños (boleos con tamaño mayor que 60 cm de diámetro) para lograr la granulometría especificada en planos., por lo que el licitante debe prever en su oferta el porcentaje de desperdicio que esto significa. Al respeto cabe aclarar que las curvas de distribución granulométricas proporcionadas en los estudios no incluyeron estos sobretamaños, por lo que no deberán ser consideradas para evaluar el % de desperdicio.

El contratista debe tomar todas las medidas necesarias para contrarrestar las condiciones adversas creadas por inundaciones en las zonas de préstamo. En ningún caso la inundación del banco será causa para prorrogar las fechas establecidas en el programa o para compensación de otra índole.



La explotación de aluvión y otras actividades cercanas al cause de los ríos Santiago y Bolaños deberán diseñarse y planearse de tal forma que se cumpla con lo siguiente:

- a) Extraer el material hasta la profundidad máxima posible por debajo del nivel del río (no menor de 8 m o hasta la roca basal, lo que suceda primero). El "cucharón" del equipo de extracción deberá de tener orificios para drenaje del agua, pero que retengan la arena.
- b) Aprovechar al máximo el depósito de aluvión.
- c) De acuerdo a las observaciones hidrológicas, se deberán determinar los meses factibles de máxima extracción para que la producción mensual necesaria para cumplir el programa de ejecución se equilibre satisfactoriamente en ese lapso.
- d) El licitante debe prever en su oferta lo que considere pertinente para conocer el tránsito de avenidas de los ríos Santiago y Bolaños y reducir el riesgo que presenta realizar trabajos en las márgenes de esos ríos durante la construcción del proyecto.

Almacenamiento

El contratista es responsable de determinar, con base en su procedimiento constructivo y su programa de construcción, si requiere almacenar algún material, para tal caso debe de cumplir con lo siguiente:

Los sitios de almacenamiento están sujetos a la aceptación previa. Antes de utilizar cualquier área para almacenamiento, se debe desmontar, despallar, nivelar y limpiar, además se deben prever sistemas de drenaje para evitar encharcamiento del área de almacenamiento y/o la saturación de los materiales. Estos almacenamientos deben quedar bien definidos y garantizar que no se mezclen diferentes tipos de materiales para evitar desperdicios por contaminación.

Antes de almacenar cualquier material, el contratista deberá presentar, para revisión y aceptación, los detalles de las técnicas de almacenamiento que se propone utilizar. No se permite almacenar materiales balconeando el material hacia abajo del talud o en cualquier forma que cause segregación, a menos que así se indique en estas especificaciones.

El almacenamiento de enrocamiento debe ejecutarse en balcones no mayores de 6 m, para aminorar la segregación, y la carga de estos materiales debe atacarse en capas del mismo espesor.

Bajo ninguna circunstancia se permitirá almacenar materiales de mala calidad que no cumplan con las especificaciones, sobre o junto a las zonas de almacenamiento de material aceptado. Todo el material que no cumpla con las especificaciones deberá ser desechado y almacenado en las zonas de desperdicio, sin que esto tenga un costo. Cuando se mezcle material aceptado con material contaminados se tiene el derecho de ordenar el retiro de los responsables de esa acción.

Para el almacenamiento del material 3B, T y 3C se requiere drenaje perimetral, para evitar el arrastre de contaminantes hacia los almacenes.

Se debe prever que el material producto de excavaciones de los túneles de desvío y sus portales puede emplearse para la construcción de las ataguías, siempre y cuando cumpla con las especificaciones aquí señaladas.

Transporte de materiales

Será responsabilidad del contratista el sistema de transporte de los materiales para la construcción de las ataguías, este sistema debe ser planeado e implantado de tal forma que garantice el cumplimiento del programa general de construcción del proyecto. Las variaciones que ocurran por cambios o fallas en dicho sistema no son motivo de reclamaciones en costo o en tiempos de ejecución por parte del contratista. Dicho sistema debe ser propuesto al personal en obra, para su revisión, aceptación u observaciones. Para el caso de sistemas mediante bandas transportadoras, el contratista debe considerar un sistema capaz de transportar materiales con partículas hasta el tamaño máximo aceptable por capas de cada material por colocar, para poder cumplir con el programa de construcción.



Colocación de materiales en ataguías, preataguías

No se debe colocar material sobre cualquier parte del desplante y/o cimentación de las ataguías y preataguías o sobre cualquier estructura hasta que el sitio haya sido aceptado.

Cualquier material que sea colocado sin la aceptación y/o que no cumpla con las especificaciones correspondientes, deberá ser retirado sin que esto de derecho a cualquier tipo de reclamación por parte del contratista.

La distribución de los materiales en las ataguías y preataguías debe ser tal que no representen lentes, bolsas, franjas ni capas de material sustancialmente diferentes en granulometría de la que se encuentre alrededor, dentro de una misma zona de materiales. Todo el material debe ser extraído, transportado y colocado en forma tal que se asegure que el material no este segregado antes ni después de ser extendido. El contratista debe poner especial atención para evitar la segregación en cualquier tipo de material, especialmente en el contacto entre diferentes materiales o entre el contacto de los materiales y laderas.

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

Para ligar cualquier material en el talud de otro material ya colocado, se debe de hacer cortes en el talud con una altura mínima igual al espesor de capa del material que se va a colocar, para garantizar su liga estos cortes se deben ejecutar justo antes de colocar el nuevo material.

No se permitirá que los materiales rueden sobre los taludes de capas inferiores al momento del tendido, por lo que se deben dejar banquetas entre capas de diferentes elevaciones que permitan una liga continua de la compactación.

La aceptación final de los diferentes materiales se realiza después de que se hayan colocado y compactado. Cualquier material que no cumpla con las especificaciones en el banco de préstamo, en la planta de procesamiento, en el transporte o en el mismo sitio de la colocación debe ser rechazado; todo material rechazado debe ser restituido por el contratista, sin que eso sea motivo de reclamación.

Para colocar el material en los baches o depresiones de desplante o cimentaciones de las estructuras, el contratista debe usar un equipo tal que no vacíe una cantidad excesiva de material de una sola vez. La colocación en tales sitios debe iniciar en el punto mas bajo del desplante o cimentación y continuar en capas horizontales de espesor especificado hasta que se rellenen todos los baches o depresiones del desplante o cimentación y se forme una superficie de colocación suficientemente amplia para permitir la operación del equipo pesado de construcción.

Para la colocación de los materiales a diferentes elevaciones, el contratista debe presentar el procedimiento de ejecución precisando a diferentes niveles los accesos y dispositivos necesarios para garantizar el cumplimiento de las especificaciones y del programa general de construcción.

No se permitirá la colocación de materiales en capas inclinadas con pendientes mayores de 5% y de preferencia las capas deben de ser horizontales.

Colocación de los materiales 3B, T y 4A en ataguías

El material 3B consiste en una grava arena en greña, con distribución granulométrica como se muestra en el plano correspondiente.

El material se podrá extraer del lecho y las riveras del río Santiago y Bolaños. Se debe colocar en capas no mayores de 80 cm de espesor, una vez tendido y antes de ser compactados, evitando segregación y compactándolo con 4 pasadas de rodillo liso vibratorio de 119 kN (12.2 ton) mínimo en el tambor, con cobertura total.

El material T consiste en enrocamiento sano producto de bancos de roca y de las excavaciones principales y/o bancos de aluvión, con distribución granulométrica como se muestra en los planos correspondientes.



Debe ser colocado en capas de espesor no mayor de 100 cm después de tendido y antes de ser compactado y compactarse cada capa con 6 pasadas de rodillo liso vibratorio el cual genere una frecuencia de hasta 30.8 Hz en amplitud alta con un peso estático en el tambor no menor de 119 kN (12.2 Ton), y agregando agua, el agua suficiente para evitar que se levante polvo durante los trabajos.

El material 4A consiste en un enrocamiento de protección. Debe estar formado por fragmentos de roca sana con tamaño mayor de 40 cm y colocarse a volteo. El talud o paramento de la cara terminada de estos materiales debe cumplir con el diseño de la estructura y presentar una superficie uniforme y regular.

Con el fin de evitar que el paramento de aguas abajo del material 4A de la preatagüa se dañe, en el caso eventual de que sea rebasado su nivel máximo, se recomienda que los 10 m superiores de esta zona se traten de la siguiente forma: en lugar de colocar material 4A (tamaños mayores que 40 cm), se colocaran fragmentos de roca similares al material 4 de la cortina, es decir, mayores que 1 m. Adicionalmente, en la superficie de estos 10 m superiores se colocara una malla de varillas de 2.54 m de diámetro, soldadas a cada 75 cm, la que a su vez se fijara a la preatagüa con anclas (varillas) de 2 m de profundidad de 2.54 cm de diámetro y colocadas a cada 2.25 cm. La malla deberá soldarse en todos sus nodos, y a su vez soldarse con las anclas.

Colocación del material N en atagüa aguas abajo y preatagüa

El material N es un material clasificado como arena arcillosa (la arcilla de plasticidad de media a alta), el cual debe ser explotado de los bancos cercanos al proyecto.

Se debe colocar en capas horizontales no mayores de 25 cm de espesor, una vez tendido y antes de ser compactado, con un contenido de agua igual al óptimo mas de 1%, y compactadas con rodillo vibratorio autopropulsado de almohadillas o pata de cabra de 100 kN de peso estático en el tambor hasta obtener un grado de compactación mínimo del 95% respecto a la prueba proctor (73.6 n-cm/cm^3).

Colocación de materiales 3E y 3F atagüa aguas abajo y preatagüa

El material 3E se podrá obtener de excavaciones en portales y rezaga de túneles de desvío. Se colocara a volteo a fondo perdido. Los taludes exteriores se cubrirán con rezaga sucia colocada a volteo y con más de 20% de finos. Será colocado hasta 50 cm por arriba del nivel del agua; por arriba de este nivel se colocara en capas no mayores de 60 cm de espesor en estado suelto, compactándose con 4 pasadas de rodillo liso vibratorio de 119 kN (12.2 Ton) de peso estático en el tambor.

El material 3F se podrá obtener de excavaciones en portales y rezaga de túneles de desvío. Se colocara a volteo a fondo perdido. Los taludes interiores se cubrirán con rezaga sucia colocada a volteo y con más de 20% de finos. Será colocado hasta 50 cm por arriba del nivel del agua; por arriba de este nivel se colocaran en capas no mayores de 60 cm de espesor en estado suelto, compactándose con 4 pasadas de rodillo liso vibratorio de 119 kN (12.2 Ton) de peso estático en el tambor.

Colocación de material 3D y 3D'

El material 3D será aluvión producto de los bancos se colocara en la atagüa aguas abajo y preatagüa eliminándole los tamaños mayores que 40cm.

Se debe colocar a fondo perdido hasta 50 cm por arriba del nivel del agua; por arriba de este nivel se debe compactar en capas no mayores de 60 cm con 4 pasadas de rodillo liso vibratorio de 119 kN (12.2 Ton) de peso estático en el tambor.

El material 3D' para la preatagüa se puede obtener de las excavaciones en portales de desvío y en zonas del cauce. Corresponde a suelo residual y arena arcillosa con grava. Debe cumplir como material de base.

Se debe colocar en capas horizontales no mayores de 30 cm de espesor, una vez tendido y antes de ser compactado, compactado hasta obtener un grado de compactación mínimo del 95% respecto a la prueba proctor (73.6 n-cm/cm^3).



Colocación de material 4 o enrocamiento de protección en preatagüa aguas arriba

El material 4 o enrocamiento de protección debe estar formado por rocas sanas con tamaño mayor de 1.0 m, y colocarse de tal forma que sus caras mayores queden apoyadas horizontalmente, entrelazadas y ligadas al material 3C para evitar que se formen depósitos inestables o susceptibles de deslizamiento. El talud o paramento aguas debajo de la cara terminada de estos materiales debe cumplir con el diseño de la estructura y presentar una superficie uniforme y regular, para ofrecer a la vista un solo plano de terminación, para ello se deben colocar escantillones que sirvan de referencia al operador del tractor que los coloque.

Compactación

Cada capa de material debe ser compactada hasta alcanzar la densidad seca del material si así se señala en estas especificaciones y/o en los planos de diseño, pero no menos de 4 pasadas si no se especifica otro valor. Debe hacerse en forma sistemática, ordenada y continua.

Inmediatamente después de tender el material húmedo, cuando así se indique, el equipo de compactación debe recorrer la capa en sentido paralelo a los ejes de la cortina y atagüas exceptuando los sitios donde esto no sea práctico como en áreas donde el compactador de vuelta, en las áreas adyacentes a los desplantes de estructuras, en partes bajas o en los sitios adyacentes a la instrumentación; en estos lugares el equipo de compactación debe recorrer la capa en el sentido que ofrezca la mejor compactación para el área.

Se deben tomar las medidas necesarias para que todo el material quede compactado con al menos, las pasadas que se especifiquen, por lo que no es válido dejar franjas contiguas de compactaciones diferentes cadenamientos, es decir, se deben tener bien definidos los límites de áreas compactadas y sin compactar.

El contratista debe suministrar equipo de compactación que cumplan con los requisitos aquí especificados. Este equipo debe estar disponible en todo momento, mantenerse en óptimas condiciones de operación y debe de ser reemplazado o reparado oportunamente cuando no se encuentre en condiciones óptimas de operación.

Cada compactador debe ser utilizado en los sitios y en la forma aquí especificada, no se permite el uso de equipo grande en áreas difíciles de compactar. La demora ocasionada en el avance de la compactación por falta de disponibilidad del equipo o por falla de equipo adecuado, no es motivo para extensión de posplazos establecidos en el programa general de construcción, ni reclamos por parte del contratista.

El contratista debe contar con equipo de compactación suficiente para ser usado simultáneamente zonas. La cantidad de equipos de compactación de cada tipo debe de ser suficiente para colocar las cantidades requeridas de material conforme al diseño de las estructuras y de acuerdo con los rendimientos de compactación que considero el contratista en el programa general de construcción.

Si el contratista desea utilizar un equipo alternativo de compactación, debe ponerlo a consideración para su aceptación, las especificaciones técnicas y detalles completos de tal equipo, los métodos propuestos para su utilización, y un informe del uso y resultados que haya obtenido con tal equipo en trabajos similares. También debe establecer que ventajas se obtiene al emplear el equipo propuesto. La aceptación del uso de un equipo alternativo esta condicionada a la construcción de terraplenes de prueba que simulen las condiciones normales de construcción, usando el equipo y métodos propuestos para la colocación y compactación del material. Lo anterior no es motivo de reclamación por parte del contratista.

Por lo anterior, cualquier terraplén que se construya debe ejecutarse fuera del área. No se permite hacer pruebas dentro de las zonas de colocación definitivas.

Los pedraplenes de prueba que el contratista decida construir, se debe de hacer de acuerdo a un programa específico, conciliado y aceptado, en el entendido de que todos los costos que implican estas actividades deben estar consideradas por el licitante en su propuesta económica.

Cuando los compactadores se operen en su arreglo múltiple, cada uno de ellos debe ser similar al otro y estar igualmente lastrado para producir una presión uniforme de compactación. Los sitios donde se utilice cada tipo de equipo debe ser de acuerdo con los tipos y condiciones del material de que se trate y de acuerdo con la topografía de desplante o la cimentación de las estructuras.



El contratista debe utilizar los tipos de compactadores que a continuación se especifican:

Compactadores vibratorios

Para la compactación de todos los materiales granulares, excepto que se indique otra cosa, deben ser rodillos vibratorios lisos de acero, equipados con dispositivo apropiado para autolimpieza con el fin de evitar la acumulación del material en el rodillo durante la compactación. Los rodillos lisos vibratorios deben tener los siguientes pesos estáticos mínimos en el tambor según la zona para compactar:

Zona	Masa estática en el tambor en tonelada
N	Rodillo vibratorio de almohadillas o pata de cabra de 100 kN
3B y T	Rodillo liso vibratorio de 119 kN

La frecuencia de vibración de los rodillos vibratorios debe ser regulable y fácil de ajustar, durante las operaciones de compactación. Los rodillos que se utilizaran para compactar los materiales en las zonas 3B y T deben de contar con todos los instrumentos necesarios para realizar las siguientes acciones:

- Velocidad de avance
- Frecuencia de vibración
- Amplitud vs. tiempo
- Modulo de deformación dinámica Ev.

No se admiten compactadores con frecuencia de vibración menor a 30.8 Hz en amplitud alta.

Compactadores manuales o ligeros

Los compactadores manuales deberán producir compactaciones iguales a las que se obtengan con los compactadores vibratorios señalados. Deben emplearse en los sitios de difícil acceso y operar con una frecuencia que no desplace el material ya compactado.

El contratista debe tener disponibles un número suficiente de compactadores manuales que le permitan compactar las áreas inaccesibles sin interferir con el avance de la construcción. No se admiten compactadores de impactos (bailarinas) en la compactación de los materiales granulares.

Control de calidad

El contratista es el responsable de controlar la calidad de todos los materiales y de su colocación final, así como de los procesos de construcción del proyecto; por lo cual, debe establecer un Sistema de Gestión de la Calidad con base a las normas, y contar con laboratorios que cumplan las normas pertinentes, así como con los criterios de los comités de acreditación correspondientes, de tal manera que se asegure el cumplimiento de estas especificaciones y todas las normas aplicables, incluyendo actividades de muestreo, ensayos de propiedades índice, clasificación, compactación, resistencia, compresibilidad y permeabilidad con muestras tomadas de cualquier material de las ataguías, así como pruebas de campo para comprobar que se estén alcanzando las propiedades especificadas. Se verificará que el Sistema de Gestión de Calidad este adecuadamente implantado y que los laboratorios cumplen con las normas, así como realizar pruebas adicionales para verificar los resultados obtenidos por el contratista, para lo cual este debe dar todas las facilidades para la toma de muestras y para realizar ensayos en los materiales y distribuir su equipo en forma tal que no interfiera con la ejecución de tales ensayos.

Cuando las verificaciones o los resultados de las pruebas revelen uno o más de las siguientes condiciones:

- Que el Sistema de Gestión de la Calidad no está adecuadamente implantado
- Que los laboratorios no cumplen con las normas ni con los criterios de los comités de acreditación correspondientes
- Que el contratista no cierra oportunamente las no conformidades detectadas o estas se repiten en dos verificaciones
- Que el contratista no cumple de manera repetida con las especificaciones,



Podrá realizarse directamente las actividades del aseguramiento y control de la calidad de la obra y cargara el costo de estas actividades al contratista.

Pruebas para la determinación de propiedades índice y mecánicas

El contratista debe realizar pruebas directamente en el campo para comprobar que se están alcanzando las propiedades de los materiales colocados conforme a lo que señalan estas especificaciones y en los planos de diseño; así mismo; debe tomar muestras y ensayarlas en su laboratorio para verificar que se están obteniendo, las propiedades mecánicas consideradas en el contrato. Las pruebas que se deben realizar directamente en campo en los materiales compactados son la determinación de la densidad seca o pesos volumétricos secos y de permeabilidad. Los criterios para la realización de pruebas y muestreo para ensayos de laboratorio se señalan a continuación:

Material	Pruebas a realizar en preatagüa y atagüa aguas abajo		
	Calas volumétricas con determinación de Peso Volumétrico Seco y Contenido de Agua, Densidad de Sólido, límites de plasticidad	Prueba Proctor en terraplenes con determinación de Granulometría, Peso volumétrico Seco y Contenido de Agua óptimo, así como Pruebas de límites de Plasticidad	Calas Volumétricas con determinación de Peso Volumétrico Seco, granulometría y Densidad de Sólidos y Límites de Plasticidad
N (Núcleo)	Cada dos capas	Cada 2000 m ³ de material colocado	
3D			Una cala por cada 2000 m ³ de material colocado por arriba del agua
3B			Una cala por cada 20000 m ³ de material colocado
T			Una cala por cada 20000 m ³ de material colocado

Para todos los casos:

- Una cala para determinar pesos volumétricos secos y granulometría en zonas de compactación especial como las cercanas a instrumentos o estructuras.
- Una cala para determinar pesos volumétricos secos, granulometría y permeabilidad, cada vez que las condiciones de trabajo cambien (materiales, equipos, procedimientos).
- En el caso de que alguna cala proporcione resultados que no cumplan con lo especificado (en cuanto a granulometría, peso volumétrico o relación de vacíos) se deben realizar 3 calas más y las pruebas correspondientes. Todas estas calas adicionales deben cumplir con las especificaciones. Si esto no se cumple se podrá exigir al contratista que retire el material en toda la zona probada y lo sustituya por un material que cumpla con las especificaciones.

Para determinar los pesos volumétricos secos de enrocamiento en campo, se debe de realizar calas volumétricas gigantes con diámetro no menor a 3 veces el tamaño de partícula compactada y con profundidad igual al espesor de capa, siguiendo el procedimiento.

La calas volumétricas en aluviones y en general en materiales con tamaños máximo de partícula menor que 10 cm, deberán tener un diámetro de 60 cm.

Las pruebas de permeabilidad de campo que se indican son del tipo Matsuo-Akai. Las pruebas de permeabilidad de laboratorio podrán ser de carga constante o variable.

Como una actividad propia se supervisión, se ejecutaran pruebas de materiales colocados en las atagüas, y obtendrá muestras para pruebas en el laboratorio con la frecuencia que considere necesaria para la evaluación de las características de los materiales; para lo cual, el contratista debe dar todas las facilidades y apoyo necesario con personal, equipo y maquinaria para estas pruebas, obtención de muestras y transporte en cualquier momento durante la construcción y cuando así se le solicite, por ello debe considerar estas



actividades en su oferta. Una vez que hayan sido obtenidas las muestras y ejecutadas las pruebas, el contratista debe reponer el material extraído, compactando a la densidad especificada para esa zona.

Aseguramiento de calidad

El contratista debe instalar los laboratorios de concretos, inyecciones, mecánica de suelos y mecánica de rocas en el sitio de construcción del proyecto para realizar todos los muestreos, ensayos de los materiales de las ataguías para el control de calidad de las estructuras, de acuerdo con las normas aplicables, de las presentes especificaciones y de acuerdo con las instrucciones de trabajo de supervisión que se apliquen con los representantes en el sitio de construcción del proyecto.

El contratista debe cumplir con lo indicado de estas especificaciones en materia de aseguramiento de calidad y debe dar todas las facilidades a los supervisores para que esta realice las pruebas que considere necesarias en cualquier parte del proyecto y en cualquier momento para verificar el cumplimiento de los requisitos especificados.

Conservación de estructuras

El contratista debe de mantener todos los materiales colocados en condiciones satisfactorias de acuerdo con la especificaciones correspondientes hasta la finalización de la obra; debe tomar las medidas necesarias para evitar la mezcla perjudicial de materiales originada por el tráfico u otras causas; y debe en todo momento observar la superficie y taludes libres de basura, material rechazado o inadecuado.

Si ocurren derrumbes dentro o sobre cualquier parte de los materiales ya colocados, el contratista debe quitar el material contaminante además de los materiales afectados y reconstruir cualquier estructura o parte de ella que haya sido afectada por esta causa, siempre de acuerdo con lo especificado.



Conclusiones

El presente trabajo de caso práctico fue una base de información que se obtuvo gracias a la empresa que realizó el proyecto. Este tema fue una idea de acuerdo a las necesidades de conocer un poco más de la gran importancia que tiene los materiales así como su tratamiento y calidad.

En cuestión del tratamiento, se debe de dar un adecuado proceso a los materiales, ya que, si no se realiza este con debido empeño los materiales podrían ser desechados por el mal tratamiento y almacenamiento de los mismo.

En muchas ocasiones se deja a un lado la importancia de las pruebas de laboratorio y de campo, pero estas forman una parte esencial en la construcción de cualquier proyecto, ya que gracias a ellas podremos obtener resultados que nos ayuden a mejorar la calidad de las construcciones.

En cuestión de los materiales que se emplearon en la construcción de las ataguías se puede apreciar que en su mayoría fueron extraído de los lugares cercanos de la región, así como de la explotación de los bancos más cercanos y material extraído de obras principales.

La explotación de los bancos juega un papel muy importante ya que el material que se extraiga de ellos contribuirá a la ejecución de las obras. La explotación se hace antes de utilizar algún material ya que al revisar los bancos se hacen sondeos para verificar hasta que profundidad es aprovechable el lugar, si se realiza un mal sondeo, el material que es aprovechable podría contaminarse con el que no lo es y esto implicaría el no utilizar de manera adecuada los bancos. Ya que se verifica que se tiene un banco de material aprovechable, este se traslada en equipos de acarreo hasta lo más cercano de la obra para darle el mantenimiento adecuado y sondearlo para comprobar si aún cumple con las especificaciones dadas en el proyecto. Después de realizados los sondeos se procede a hacer las pruebas de laboratorio pertinentes, para asegurarse de que cumplen con la normatividad y especificaciones del proyecto.

Enfocándonos a la clasificación de materiales que se utilizaron en las ataguías podemos concluir que:

En cuestión de los materiales 3B, T, 3D son producto del aluvión, este se extrae en dos etapas, en la primera se utilizan tractores para acumular el material y para cargarlo se utilizan cargadores sobre neumáticos con cucharón frontal, el acarreo se realiza mediante camiones de volteo a los almacenes que están asignados. En la segunda etapa se utilizan dragas o retroexcavadoras que extraen el material por debajo del nivel del río. Ya que se tiene el material se realiza la clasificación por tamaños conforme a las características que debe cumplir el material. Ya que el material se clasificó por tamaño se traslada hasta la zona de ataguías para su colocación. Una vez concluida ésta se le realizará una cala volumétrica, con determinación de peso volumétrico seco, granulometría y densidad de sólidos.

Los materiales 4A, 3D', 3E, 3F son materiales provenientes del producto de las voladuras o material de desperdicio de algunas estructuras, en particular el material 4A puede ser por explotación de canteras o sobretamaños de material T, al igual que los anteriormente mencionados se llevará a un lugar de almacenamiento y se hará su clasificación con base a las características requeridas de cada uno de los materiales.

Con lo que respecta al material 4, éste se obtiene de la explotación de bancos de roca, esta explotación también debe de tener una serie de requisitos en condiciones de calidad, esta explotación se realiza con voladuras, la remoción del material con tractores y su acarreo a su destino final con camiones pesados. En particular se debe de verificar como primer instancia para su utilización que este tenga y un diámetro mayor a 1.00 m., para su aprovechamiento.

Para el material N se explotan bancos cercanos a la obra, ya que por las condiciones propias de la región estos no son abundantes, este material es el núcleo impermeable de las ataguías ya que es una arcilla. Este material es impermeable y juega uno de los papeles más importantes, ya que impedirá la filtración del agua para que se realicen los trabajos de construcción de la cortina.

Cuando se encuentra un banco de este material, se explota lo máximo, ya que es muy escaso, se pasa por una criba in-situ con tamaño de 3" de abertura ya que la granulometría nos lo especifica, que no se requiere tamaños mayores, se traslada al almacén de arcilla para que se realice el tratamiento adecuado de



humedad. Cuando se encuentra ya en el almacén se homogeniza la arcilla con retroexcavadora y una pipa que le va agregando agua, las pruebas que se le realizan a la arcilla son: contenido de humedad, este dato es importante en obra ya que se podrá modificar el porcentaje de agua si este lo requiere ya que se utiliza para su pronta colocación. Otra de las pruebas que se hacen en laboratorio son granulometría, compactación y límites de consistencia. Y en campo se realizan calas para determinar su porcentaje de compactación en campo. Este porcentaje no debe de exceder del 100%.

Antes de llevar el material al laboratorio para realizarles las pruebas pertinentes se realiza el muestreo, este debe de ser realizado en forma específica y haciendo un cuarteo in-situ para que la muestra sea aún mas representativa.

Ya teniendo el material en el laboratorio se le realiza el procedimiento de cuarteo, para obtener nuestra muestra representativa y si la prueba lo requiere se realiza el procedimiento de secado y disgregado de muestras.

Como conclusión final y primordial, la calidad de las obras esta en base a un proceso constructivo adecuado y la elección de los materiales. Nos podemos percatar a simple vista si un material es de buena calidad y en cuestiones de pruebas de laboratorio los materiales por si solos son muy nobles ya que estas pruebas nos van guiando para percibir si los materiales siguen siendo aprovechables o no. En cuestión de las pruebas se deben de hacer en forma oportuna y siguiendo los procedimientos, cuando una prueba no esta bien realizada los mismos resultados nos dan la pauta para verificar en donde surgió el error. En cuestión del material N, cuando tenemos un material arenoso, nuestro peso específico máximo será alto, así como la humedad óptima será baja y por lo consiguiente nuestro índice plástico será bajo. Con lo que respecta a los suelos arcillosos será todo lo contrario, nuestro peso específico seco máximo será bajo, con un índice de plasticidad alto, así como una humedad óptima alta.

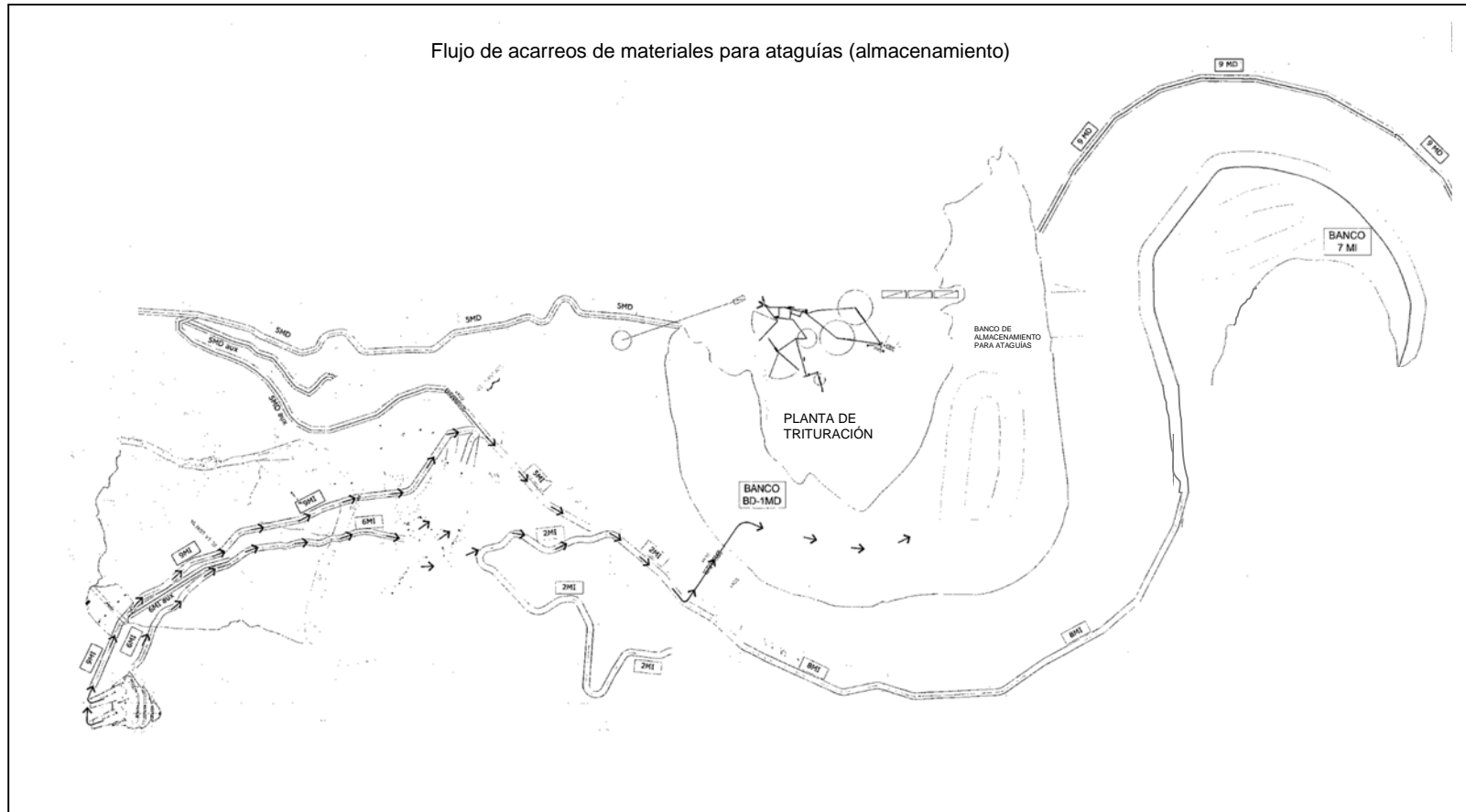


Bibliografía

- Juárez Badillo, Rico Rodríguez
Mecánica de suelos
Tomo I. Fundamentos de la mecánica de los suelos
Ed. Limusa
- Rico, del Castillo
La ingeniería de los suelos en las vías terrestres
Tomo I
Ed. Limusa
- Rico, del Castillo
La ingeniería de los suelos en las vías terrestres
Tomo II. Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas
Ed. Limusa
- Crespo Villalaz
Mecánica de suelos y cimentaciones
Ed. Limusa
- Herbert L. Nichols, Jr.
Movimiento de tierras
Ed. Continental S.A.
- Raúl. J. Marsal
Presas de tierra y enrocamiento
Ed. Limusa
- Materiales y elementos de construcción
Ed. Ceac
Segunda edición
- http://es.wikipedia.org/wiki/Lodo_benton%C3%ADtico
- http://www.quiminet.com.mx/ar5/ar_advvcddAAss-usos-y-aplicaciones-de-las-bentonitas.htm
- <http://www.arquitectuba.com.ar/monografias-de-arquitectura/la-arcilla/>
- <http://www.cfe.gob.mx/yesca/es/>
- <http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/mecanica4.htm>
- <http://www.arqhys.com/arcilla-propiedades.html>



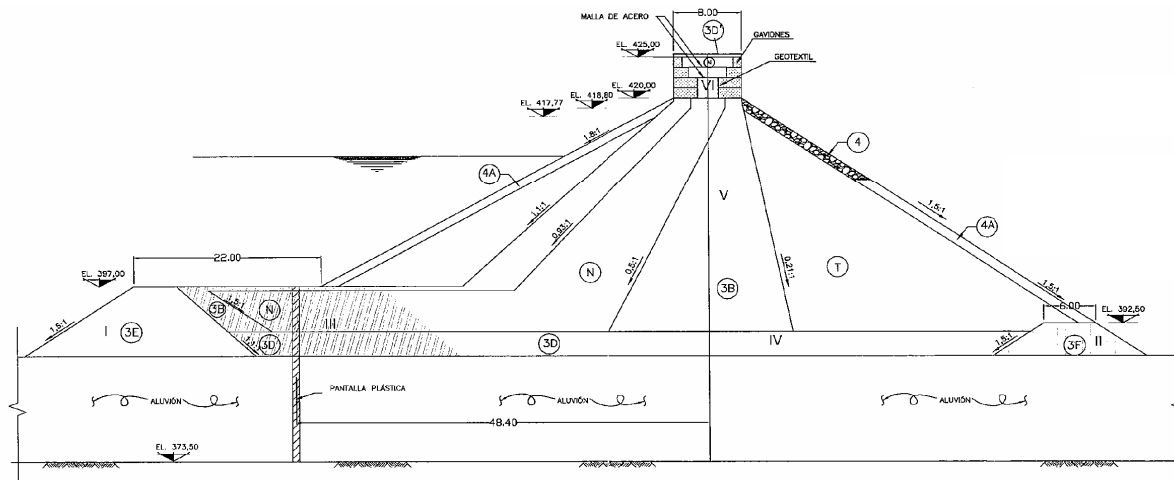
Anexo 1. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías





Anexo 2. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías

Pretaguía. Sección máxima y volúmenes por

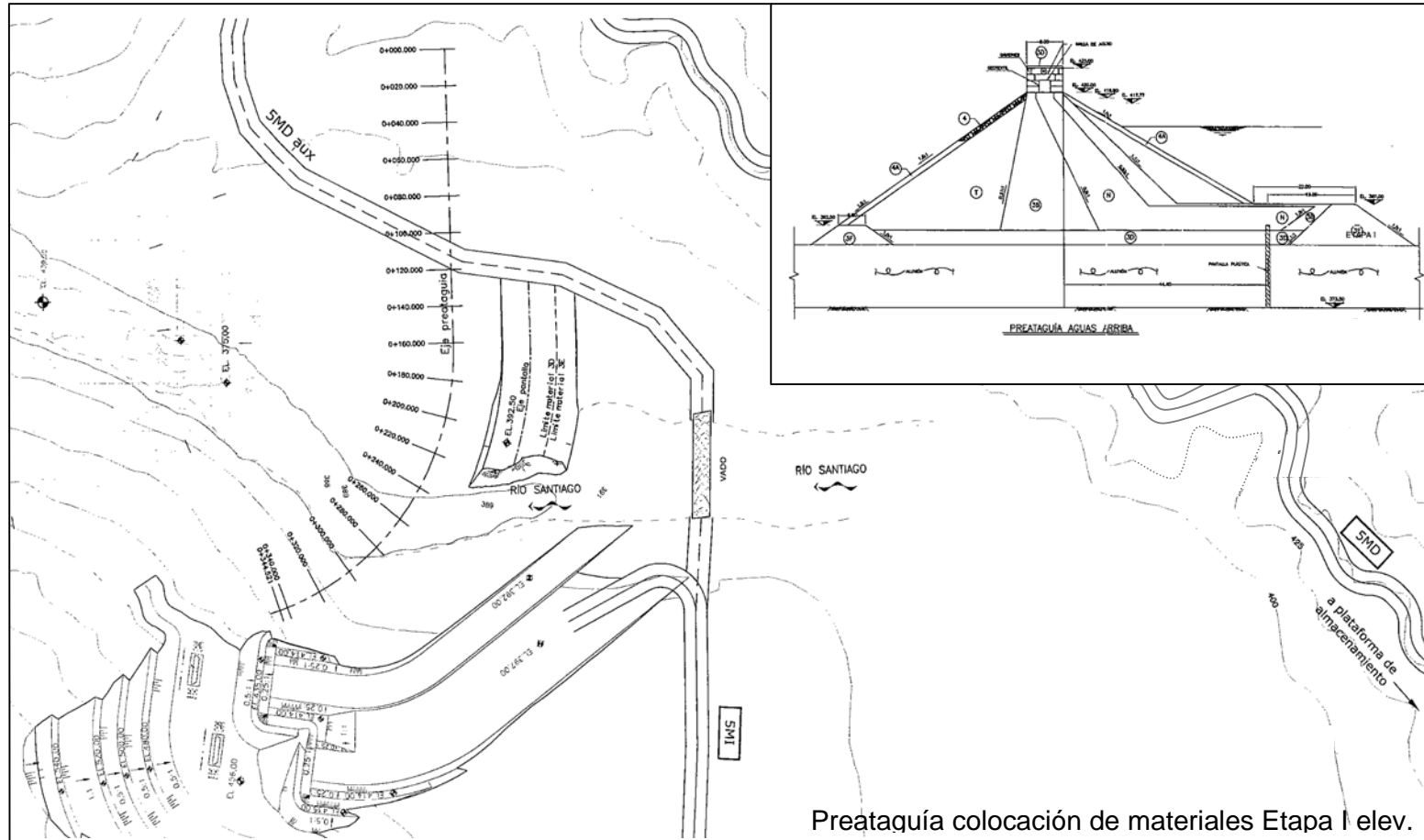


PRETAGUÍA AGUAS ARRIBA

Tipo de Material	REQUERIMIENTO DE MATERIALES PARA LA PRETAGUÍA (M ³ C)						
	Total	Etapas I	Etapas II	Etapas III	Etapas IV	Etapas V	Etapas VI
3E	110,287			3,870	18,232	88,185	
T	147,808				27,085	120,873	
4A	23,791				1,851	21,940	
4	5,797					5,797	
3D	10,432			1,128	9,304		
3D'	1,101						1,101
3E	6,025	6,025					
3F	2,473		2,473				
N	87,899			10,020	17,412	54,247	6,218
Total	395,713	6,025	2,473	15,018	73,833	291,044	7,320

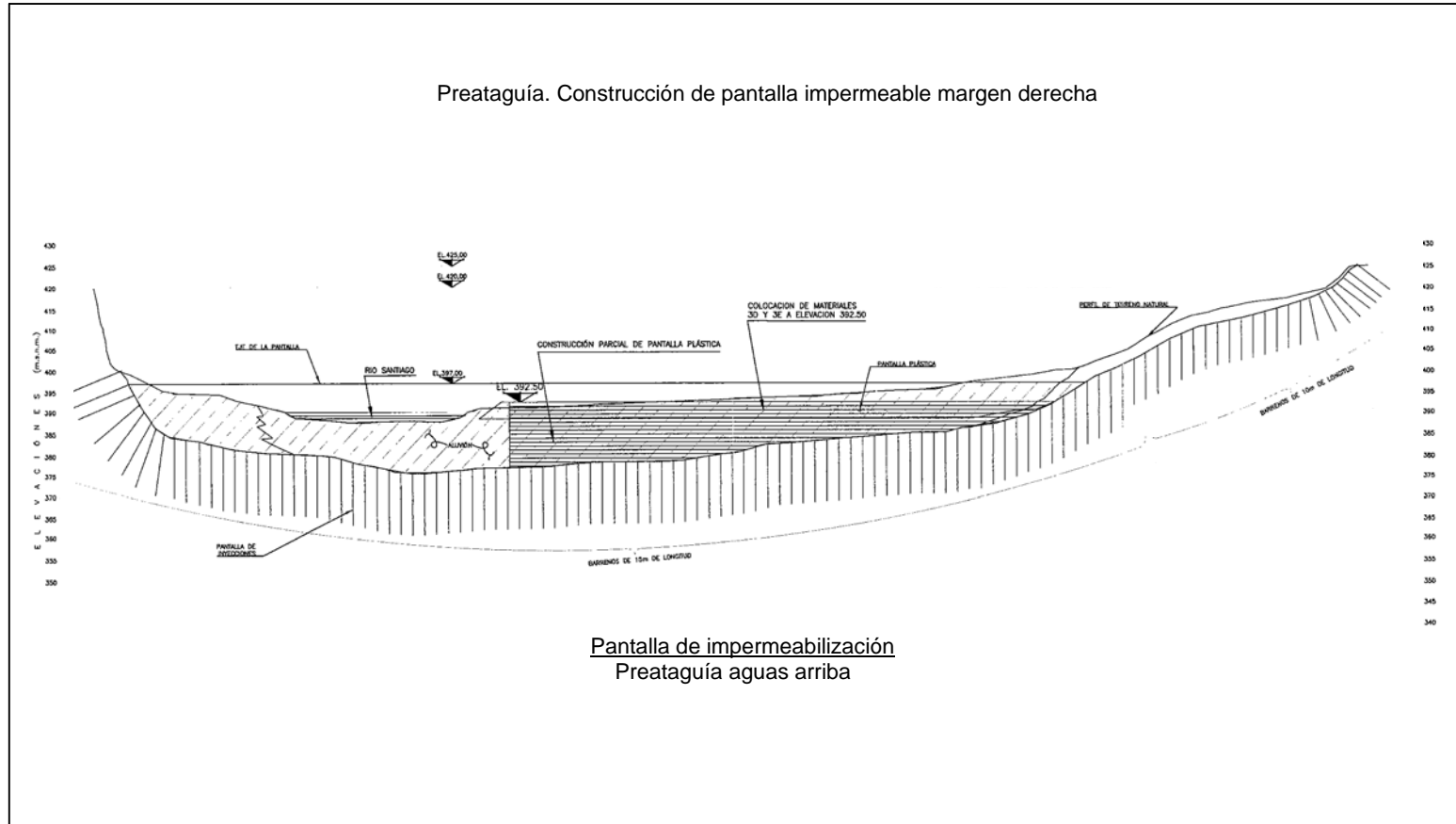


Anexo 3. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías



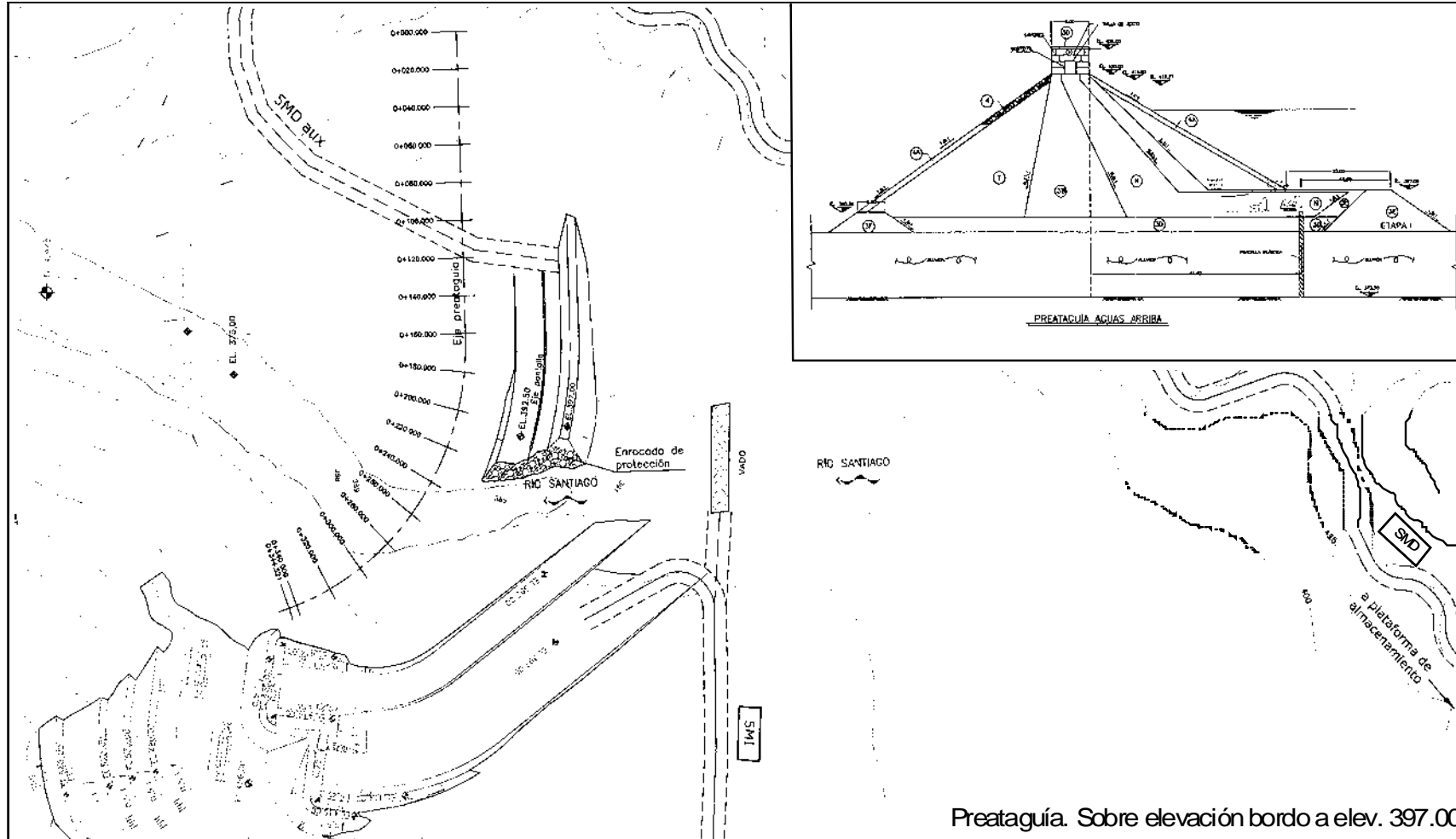


Anexo 4. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías



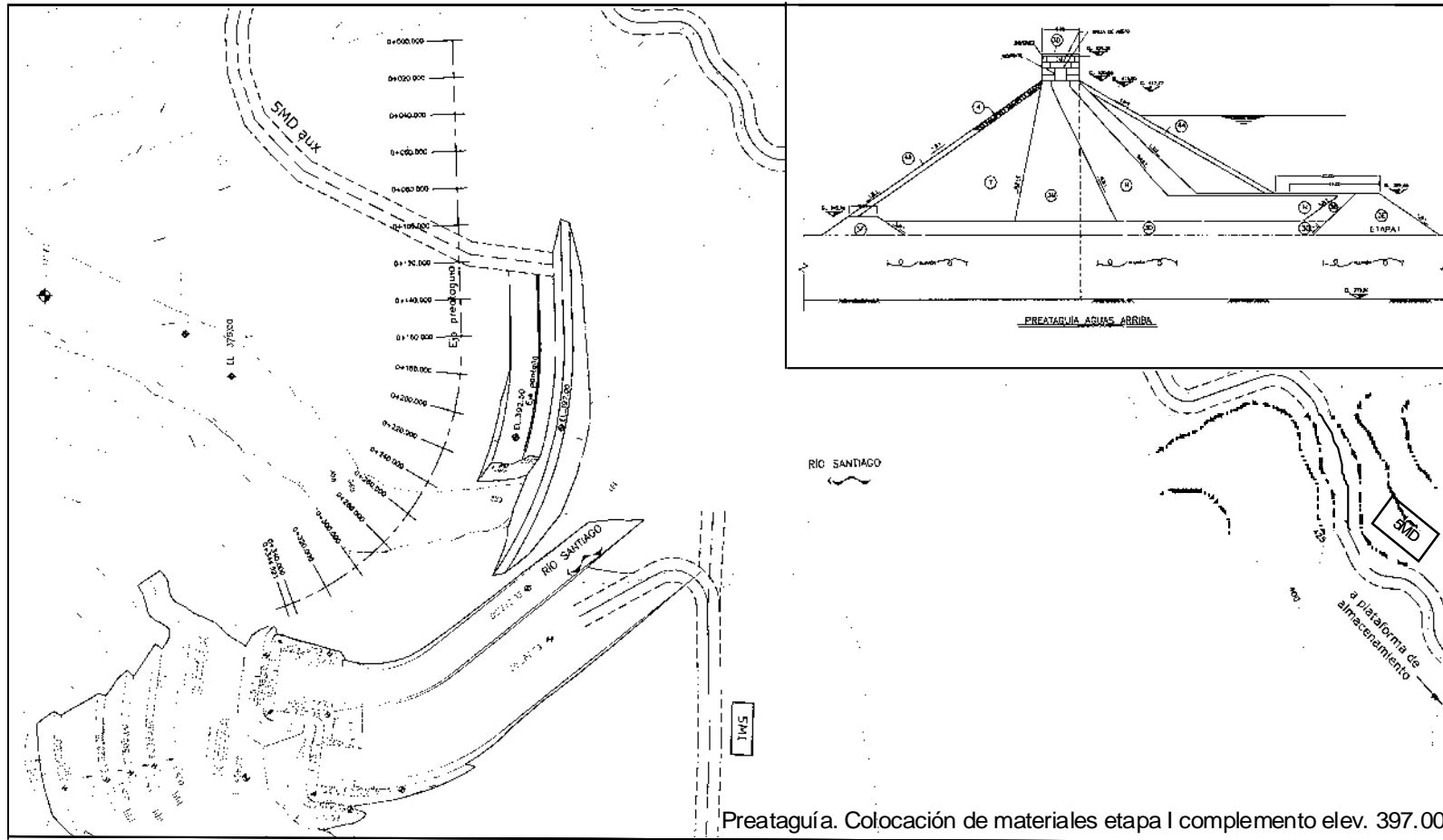


Anexo 5. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías



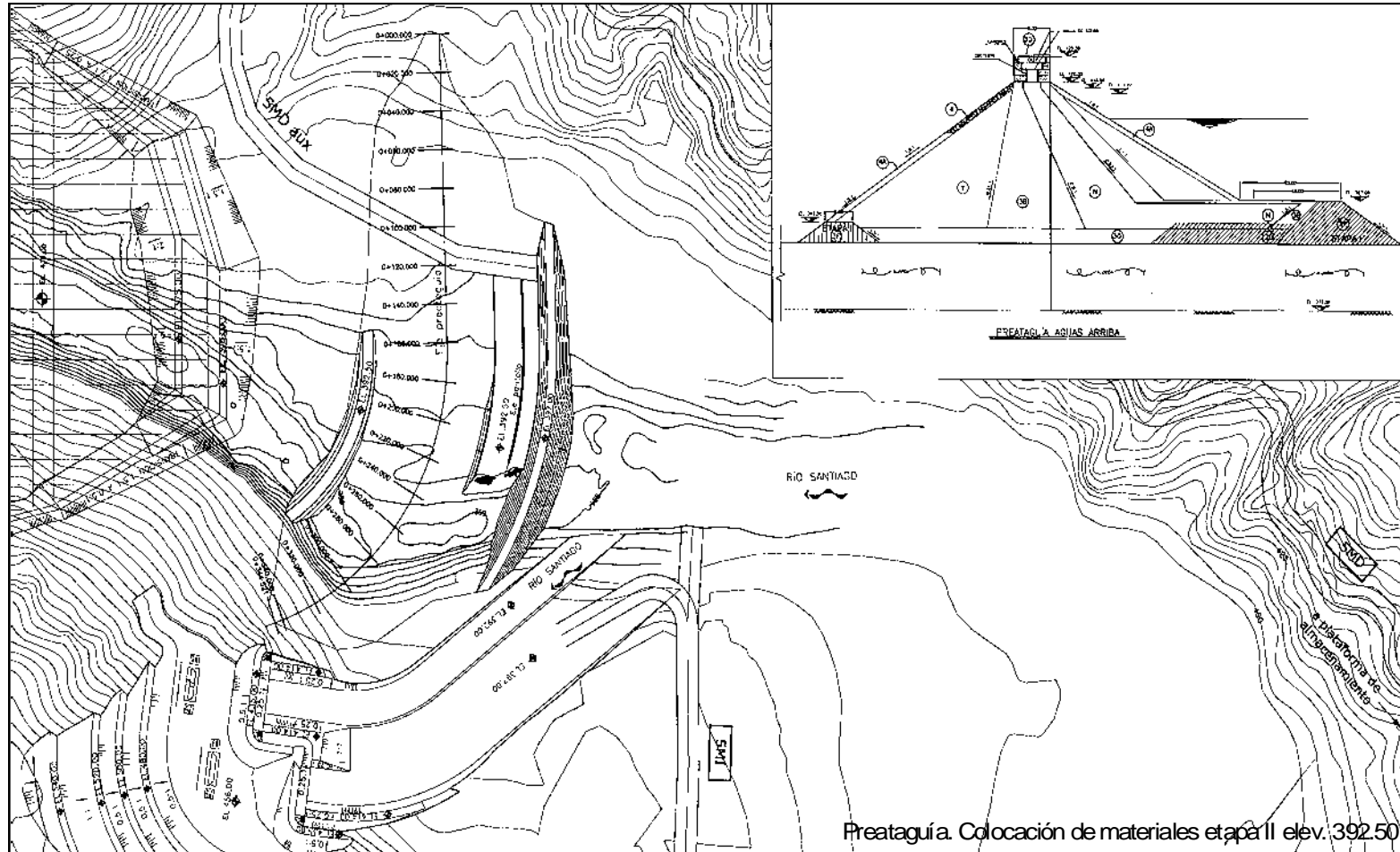


Anexo 6 Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías



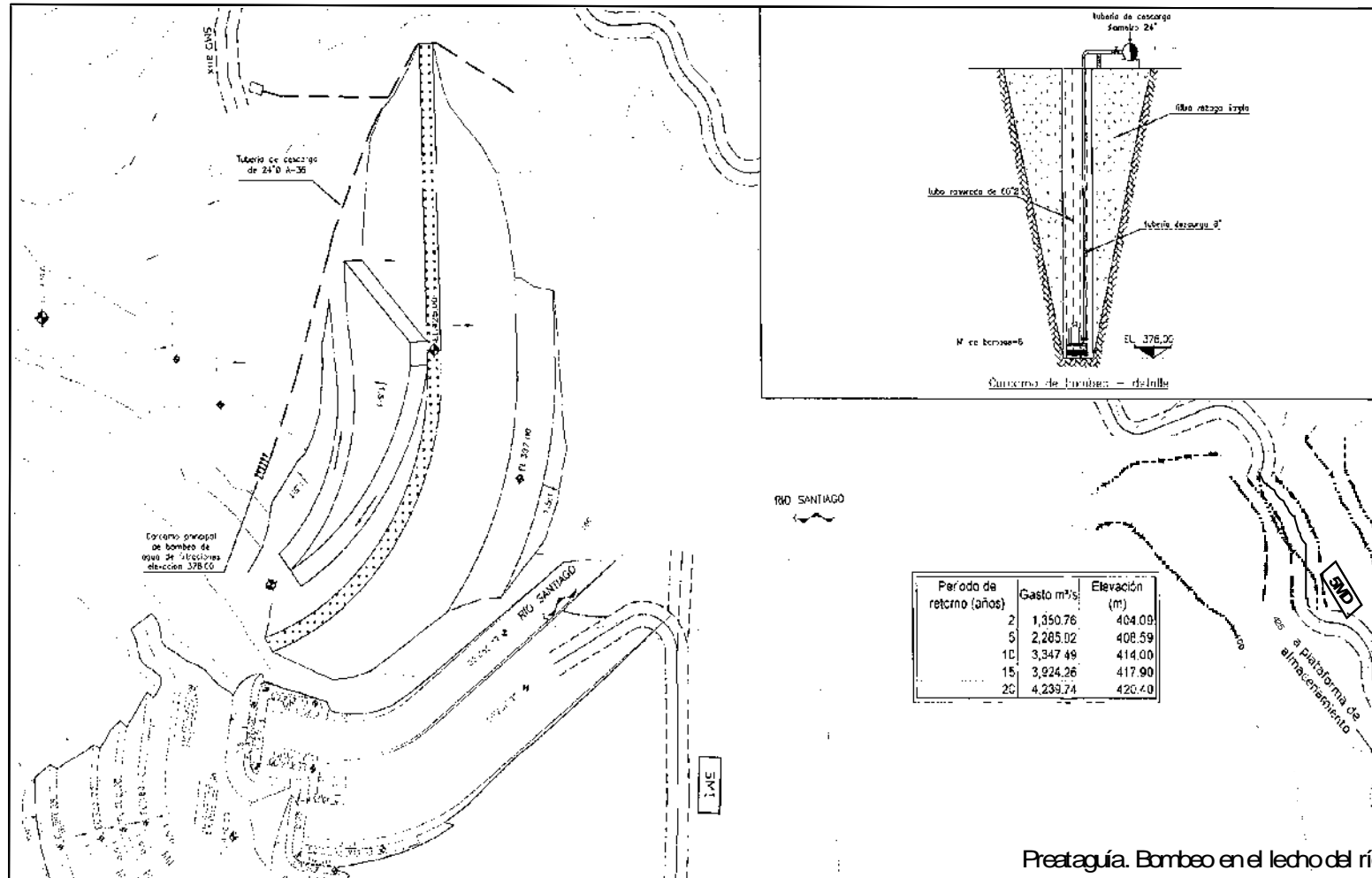


Anexo 7. Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías



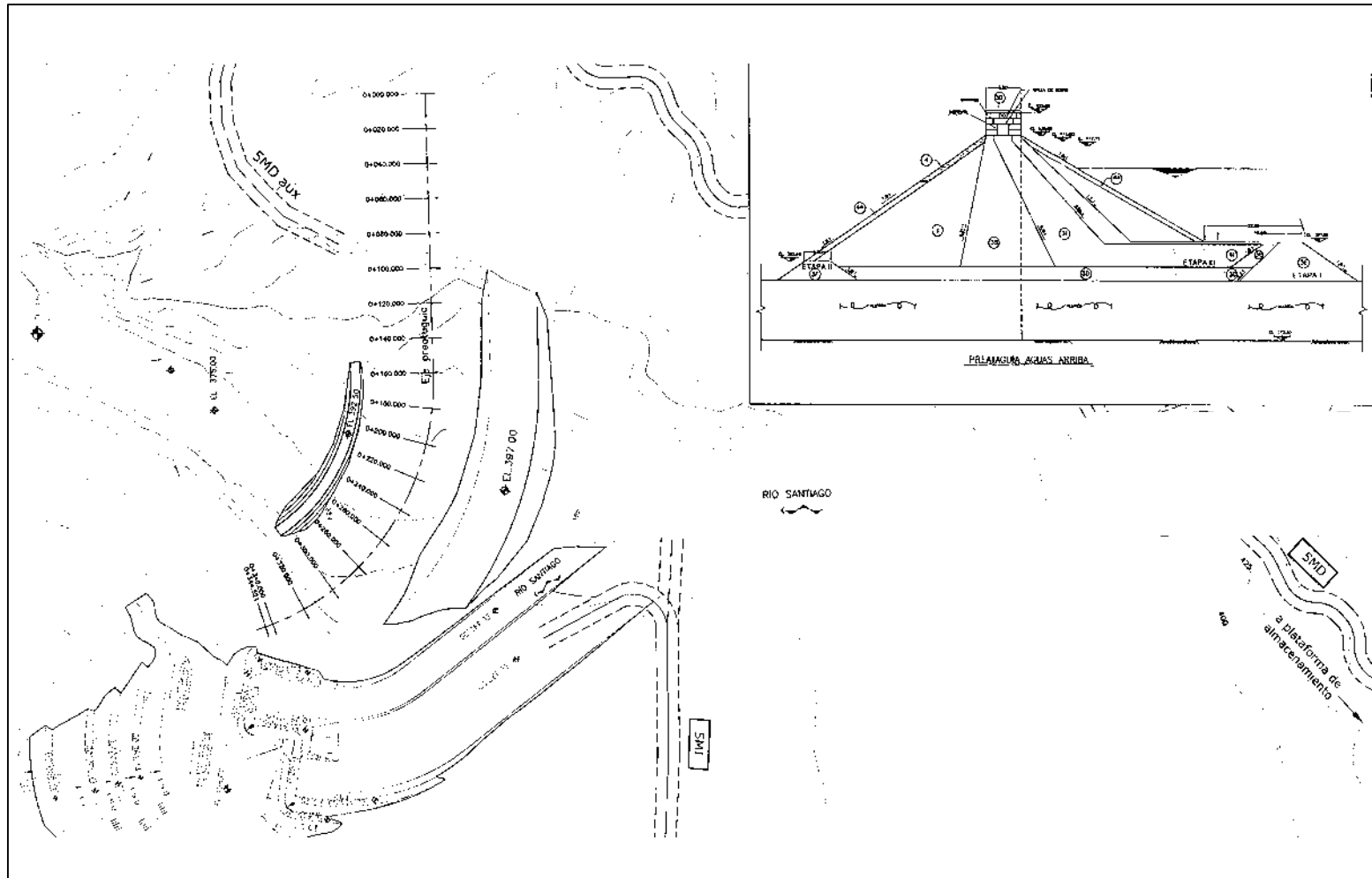


Anexo 8 Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías



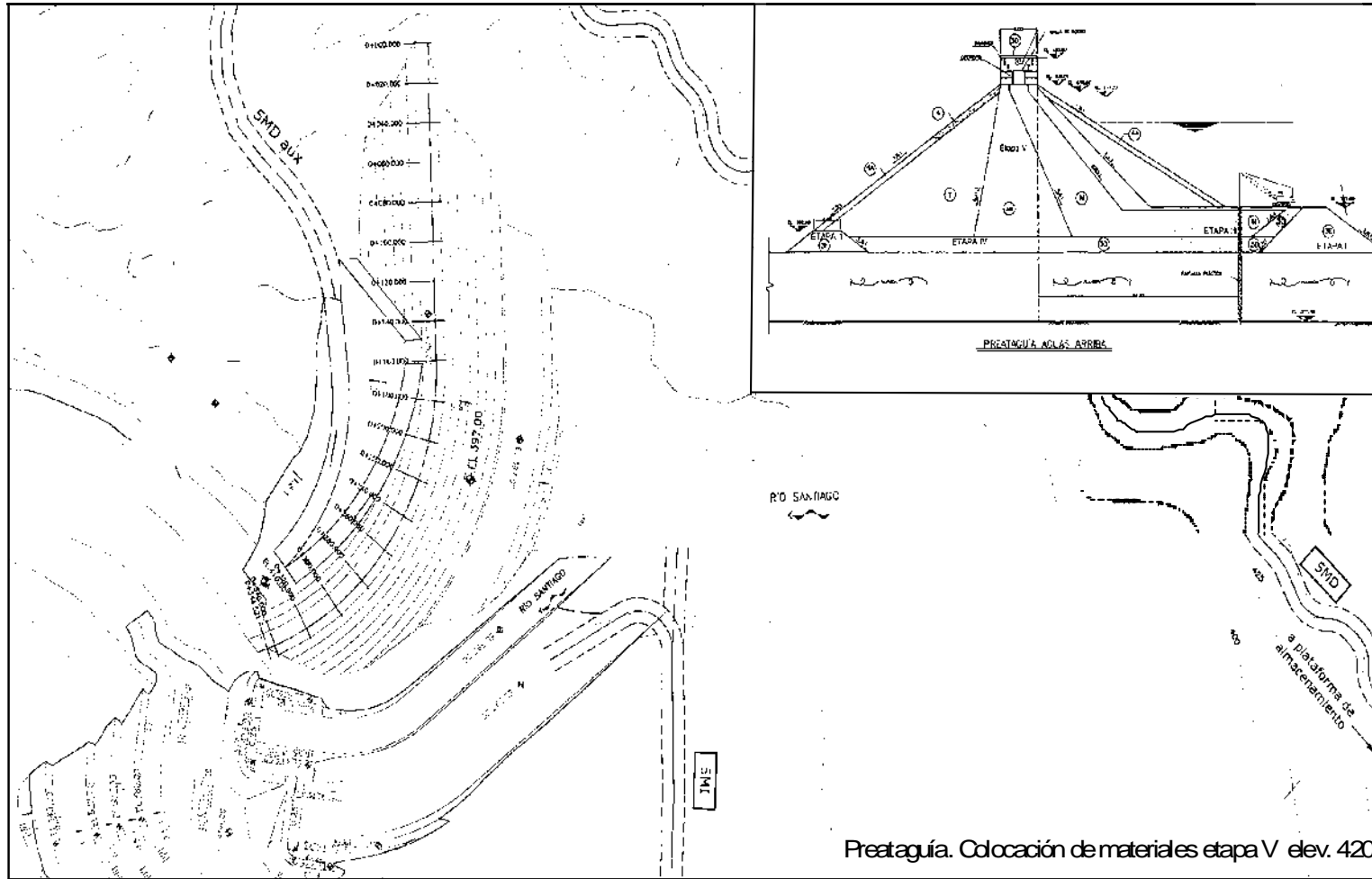


Anexo 9 Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías



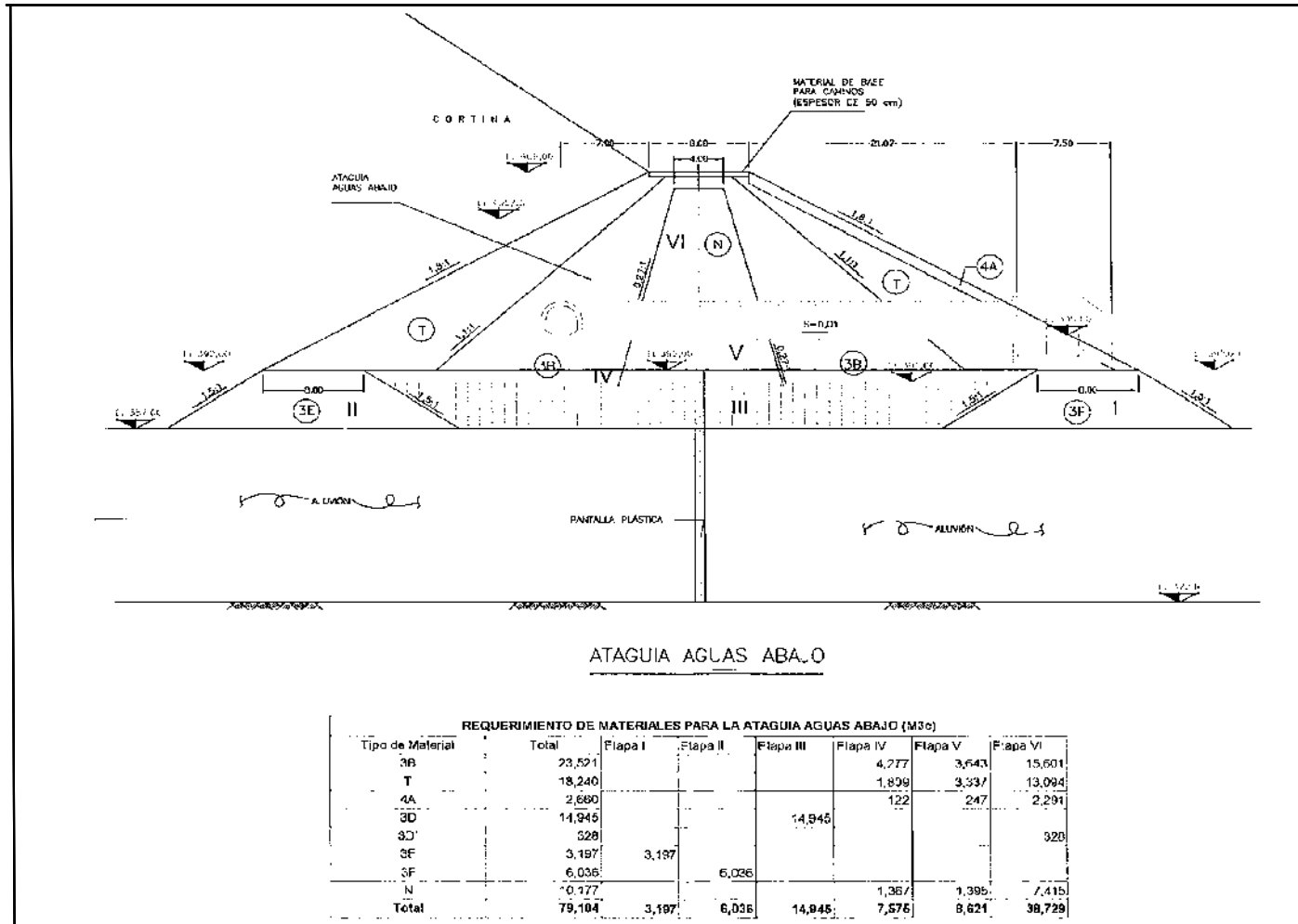


Anexo 11 Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías



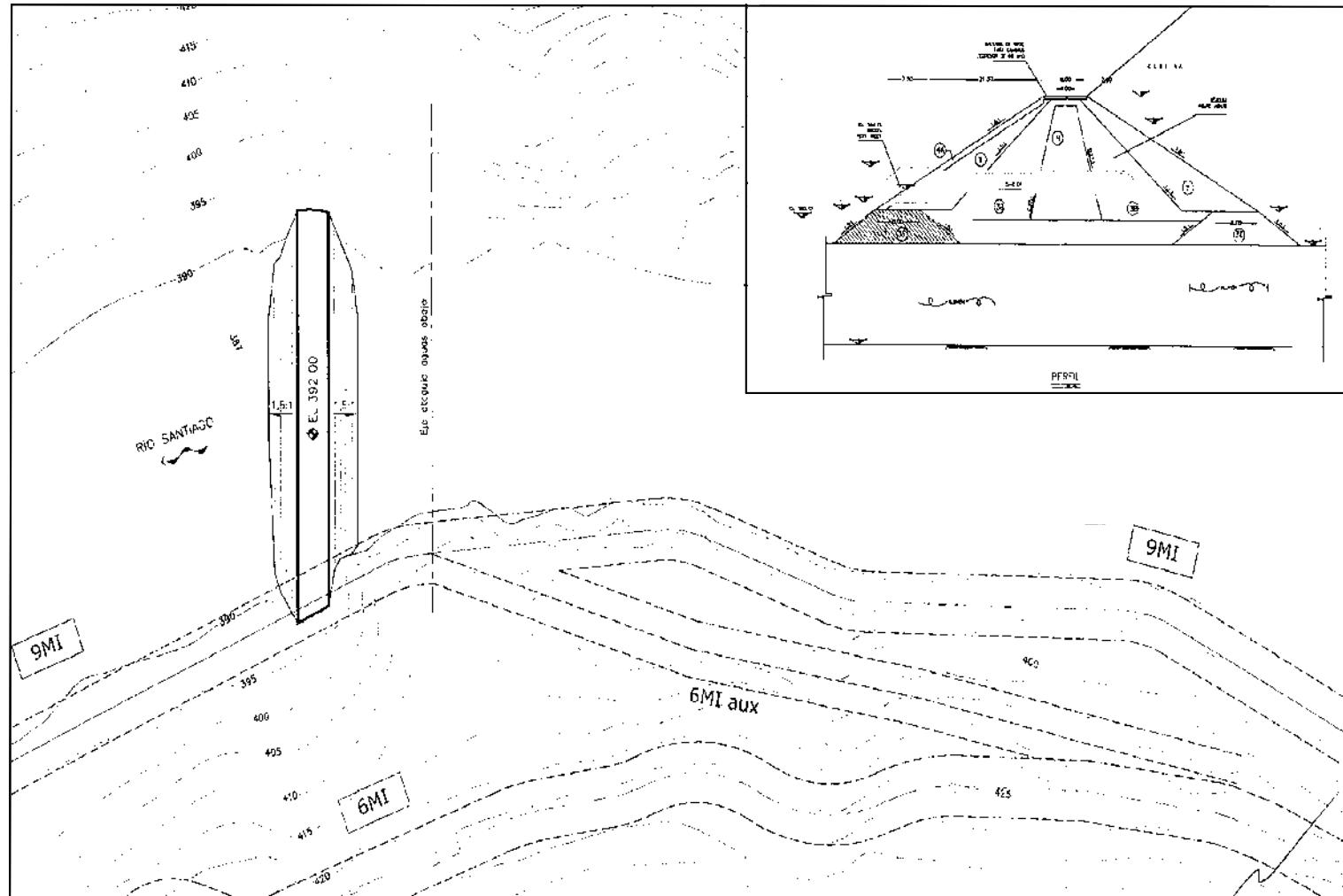


Anexo 13 Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías



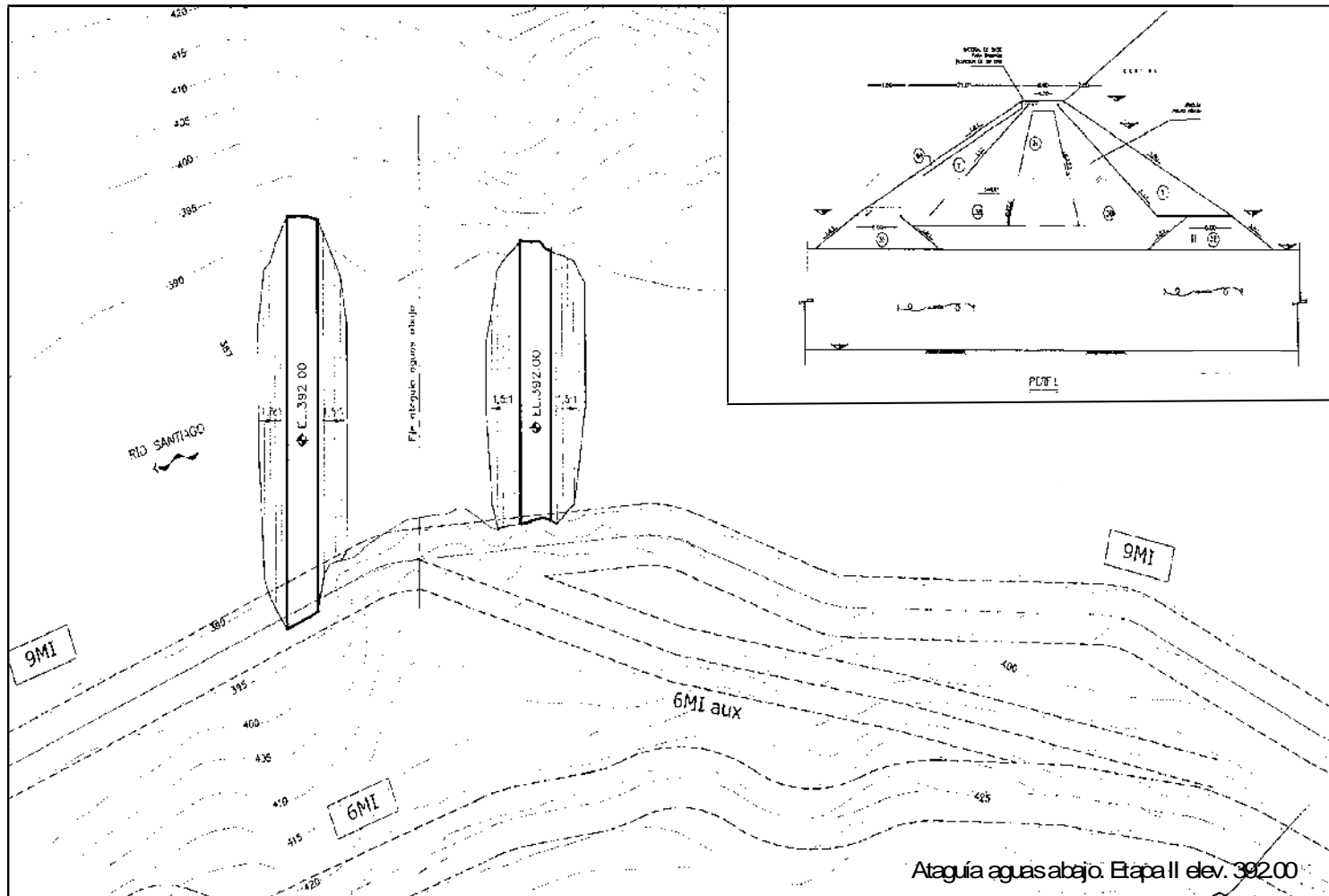


Anexo 14 Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías



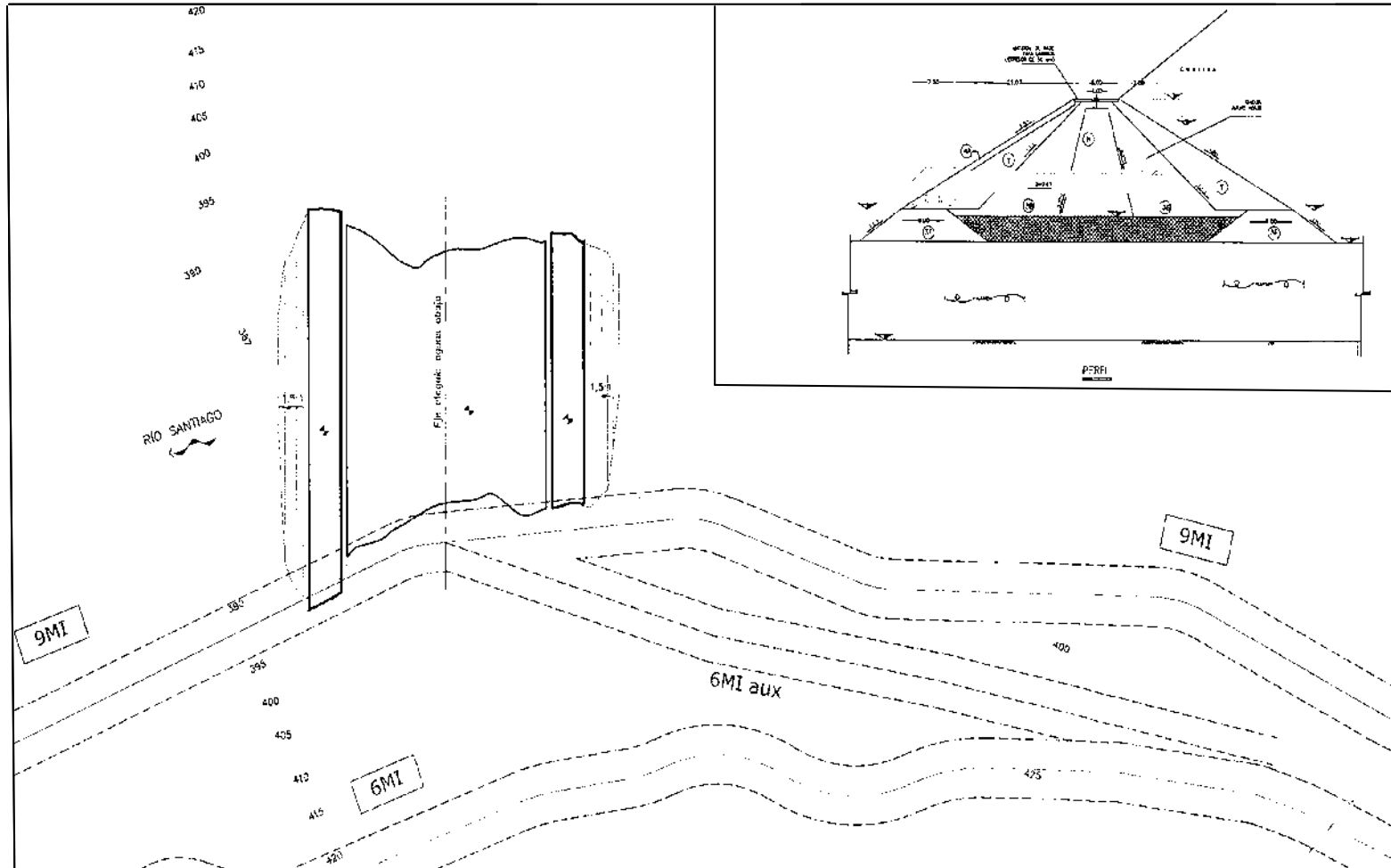


Anexo 15 Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías



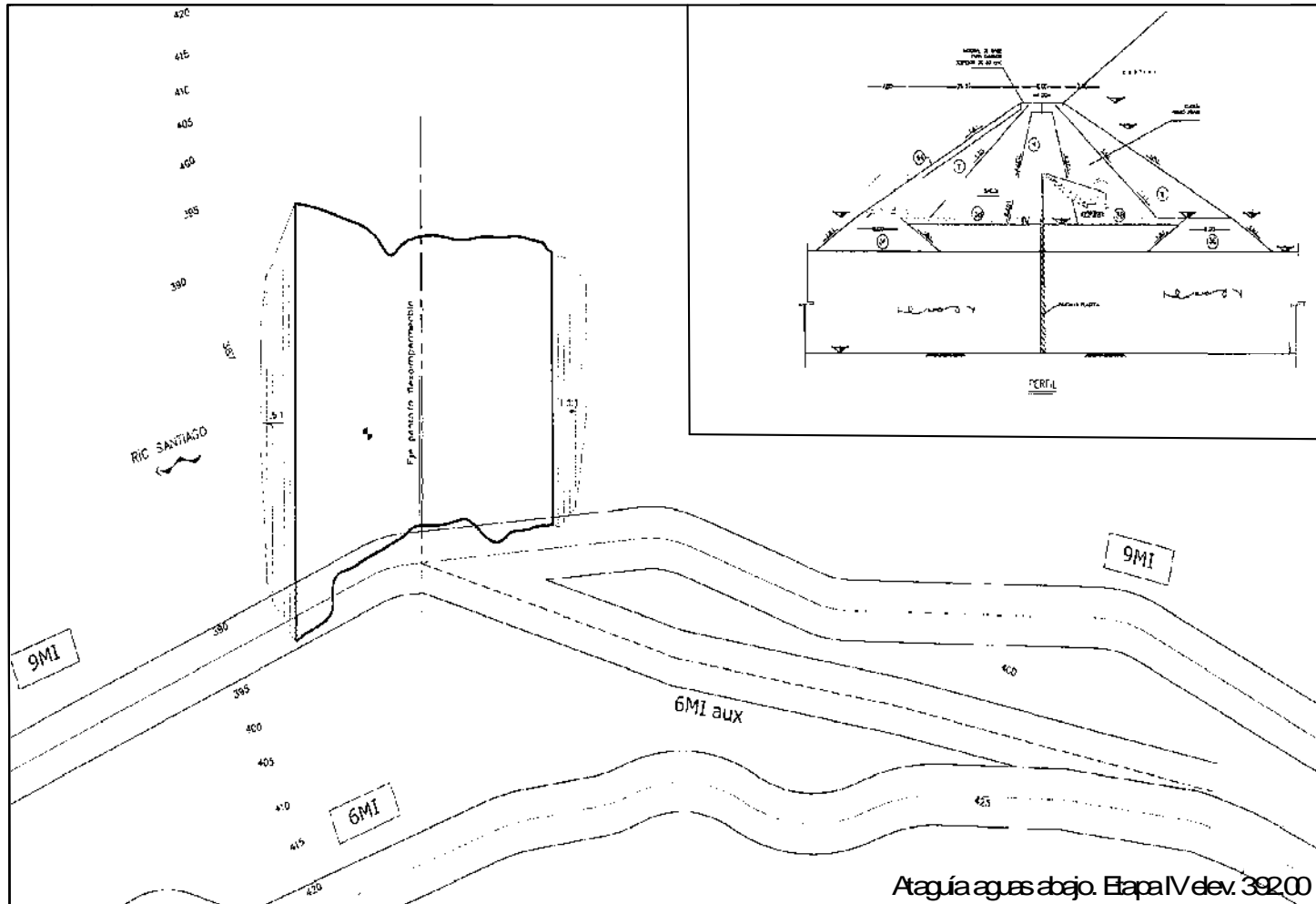


Anexo 16 Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías



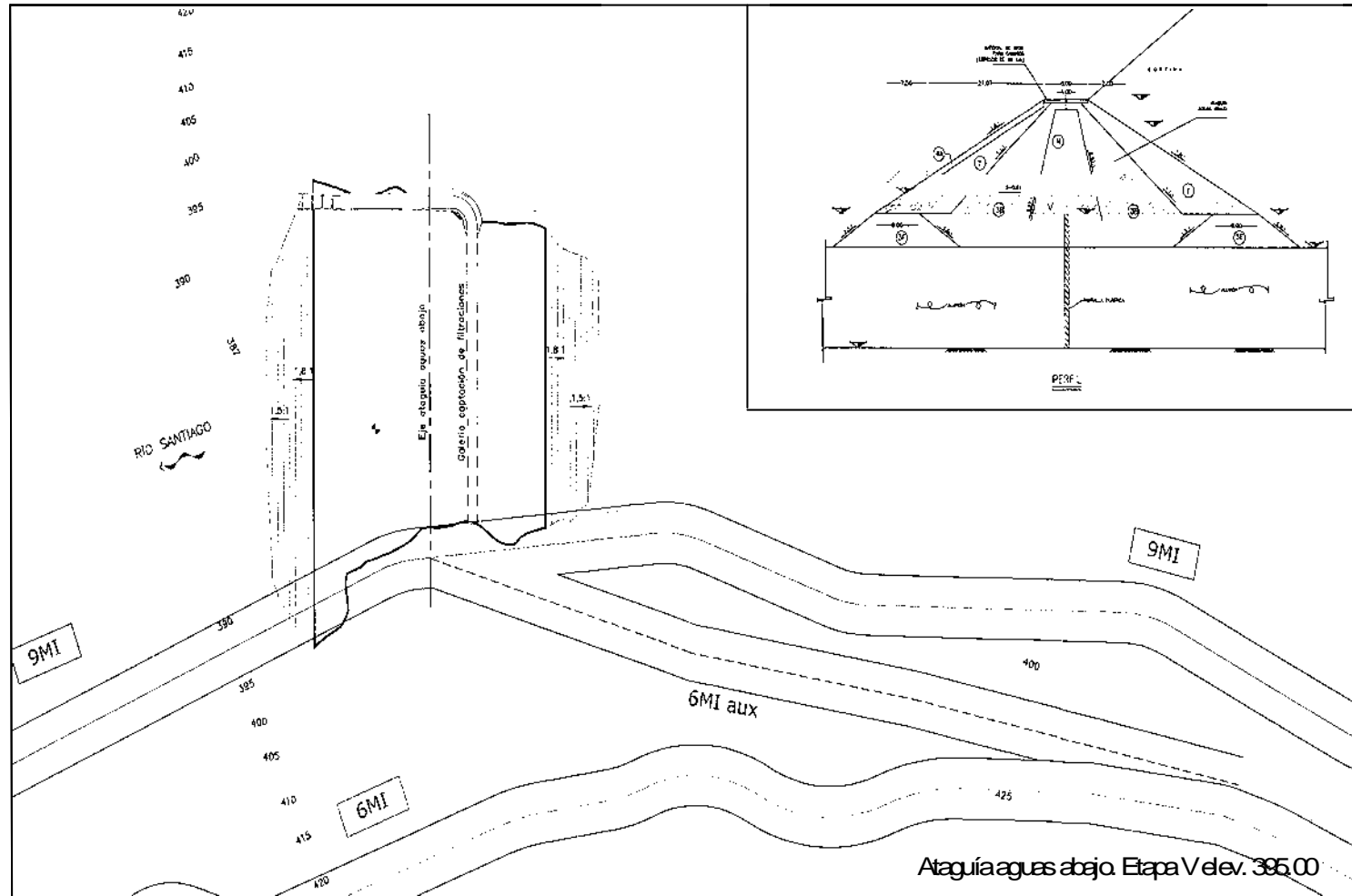


Anexo 17 Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías



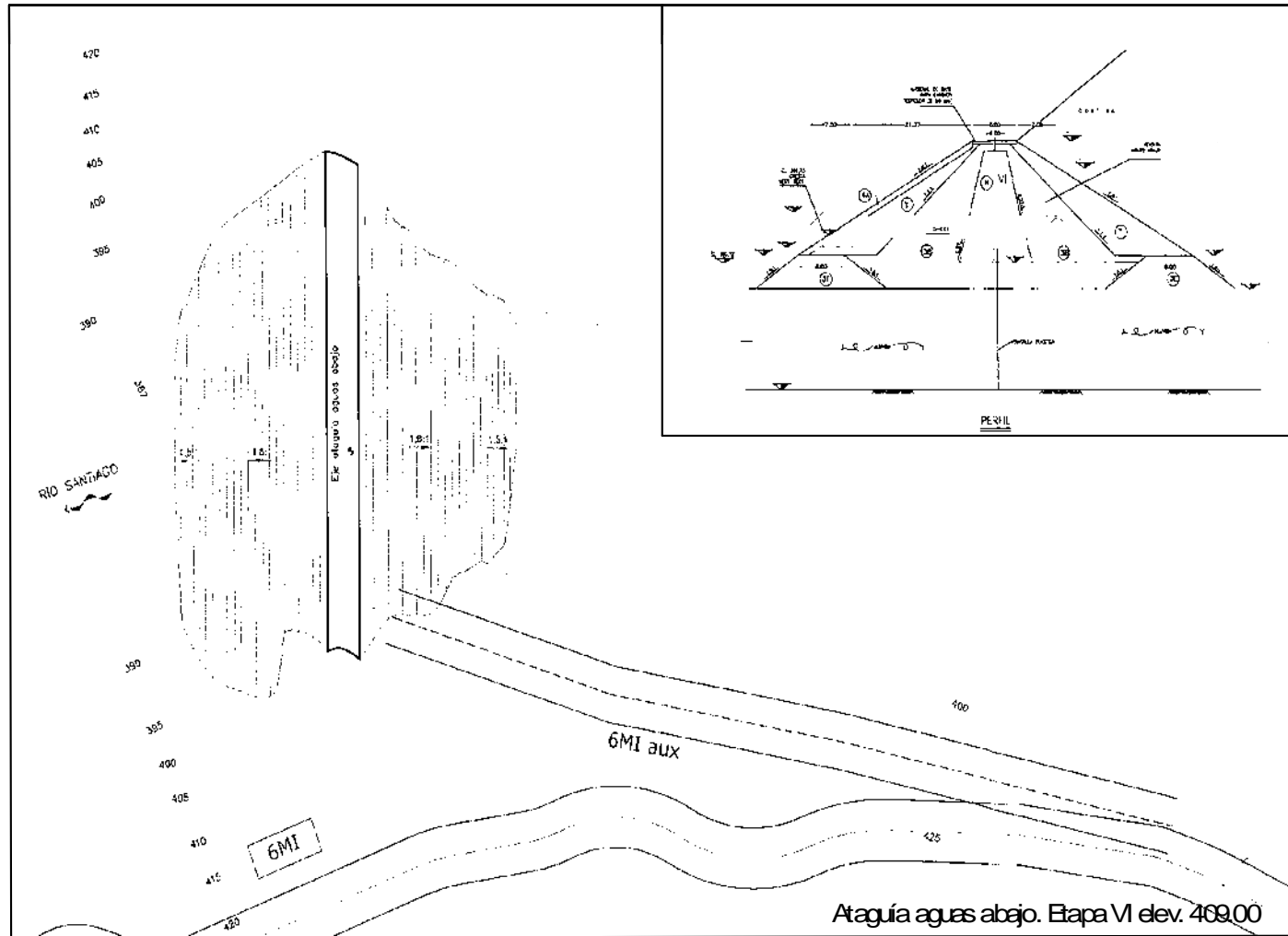


Anexo 18 Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías



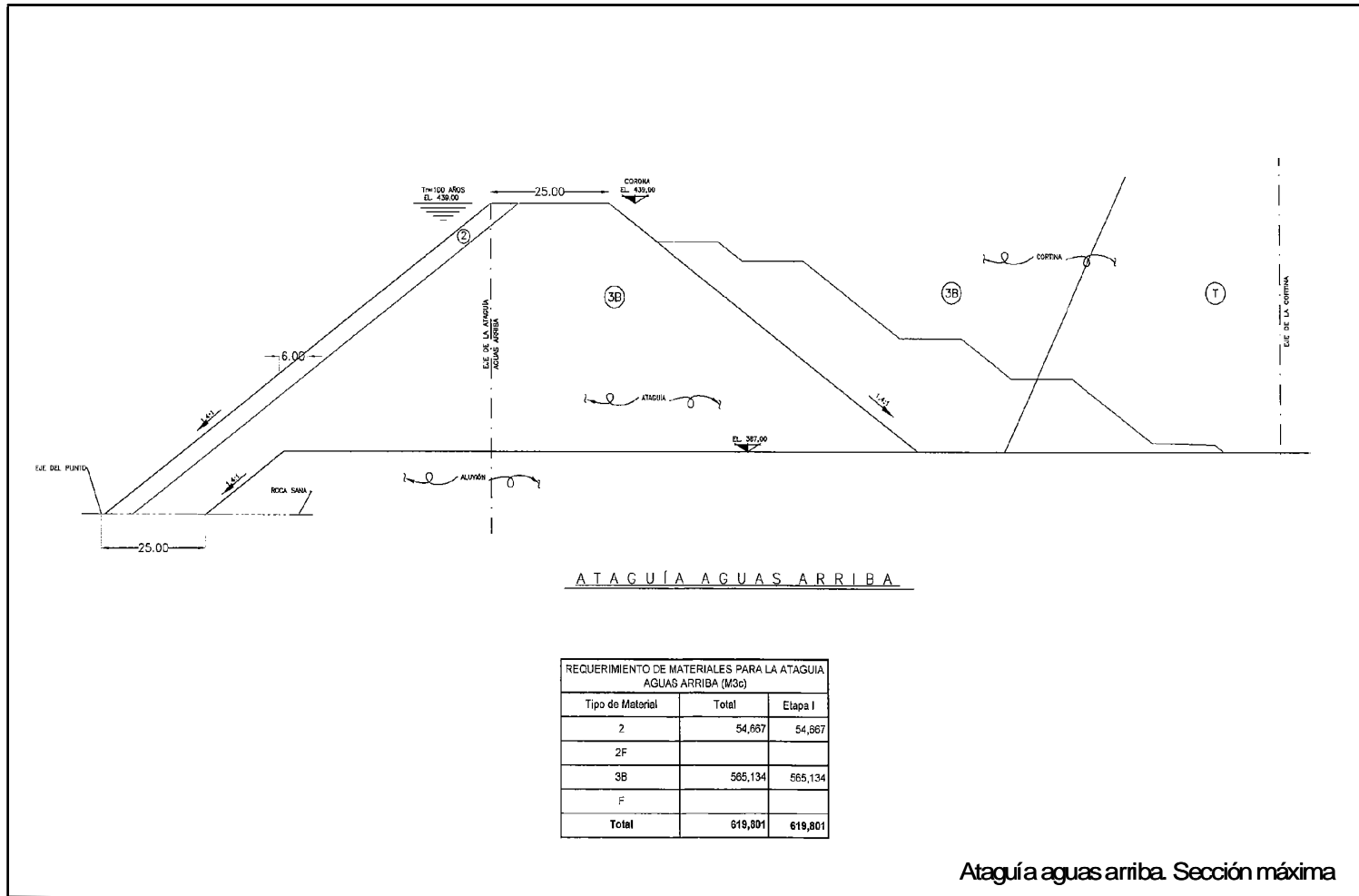


Anexo 19 Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías



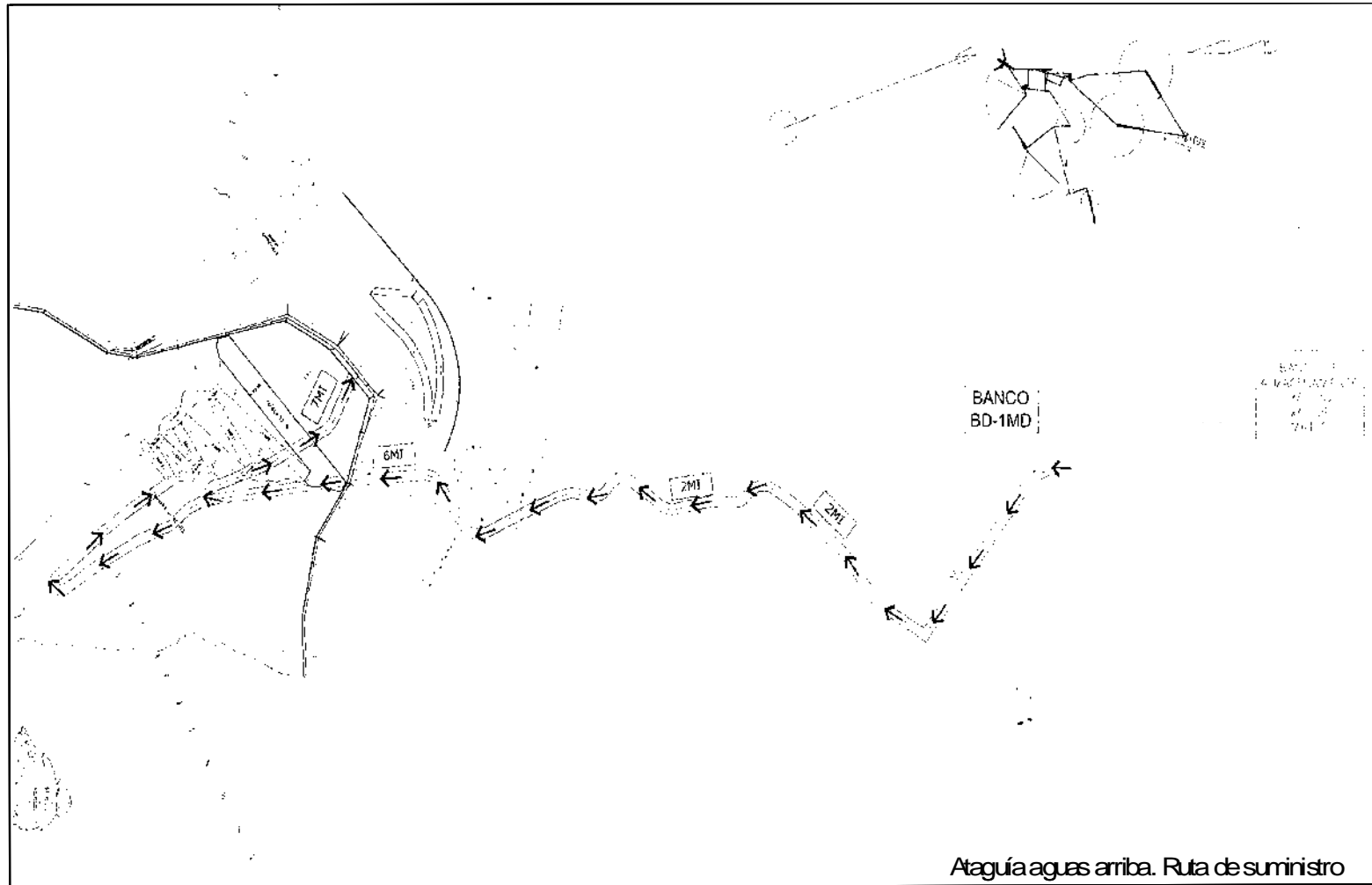


Anexo 20 Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías



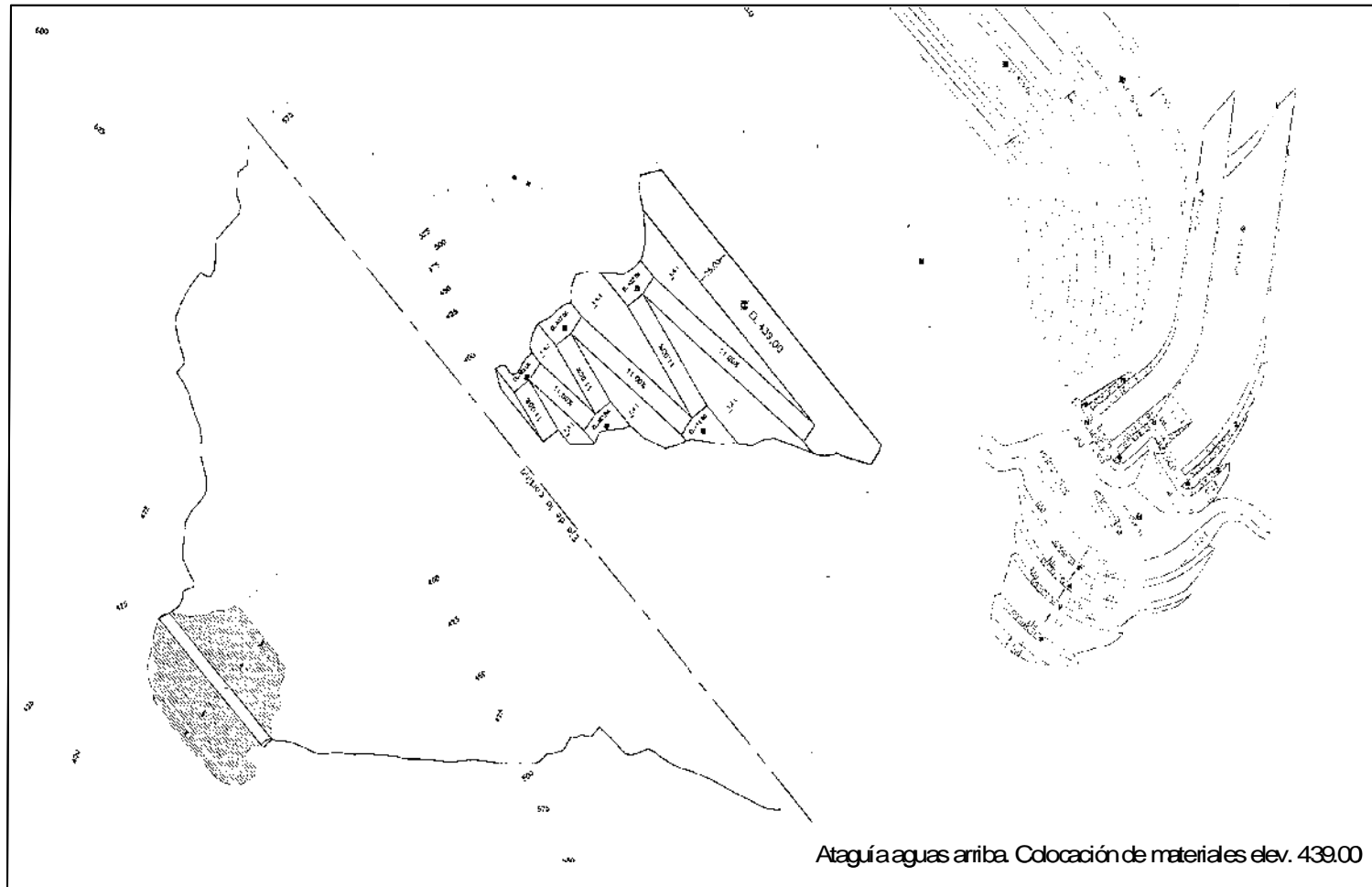


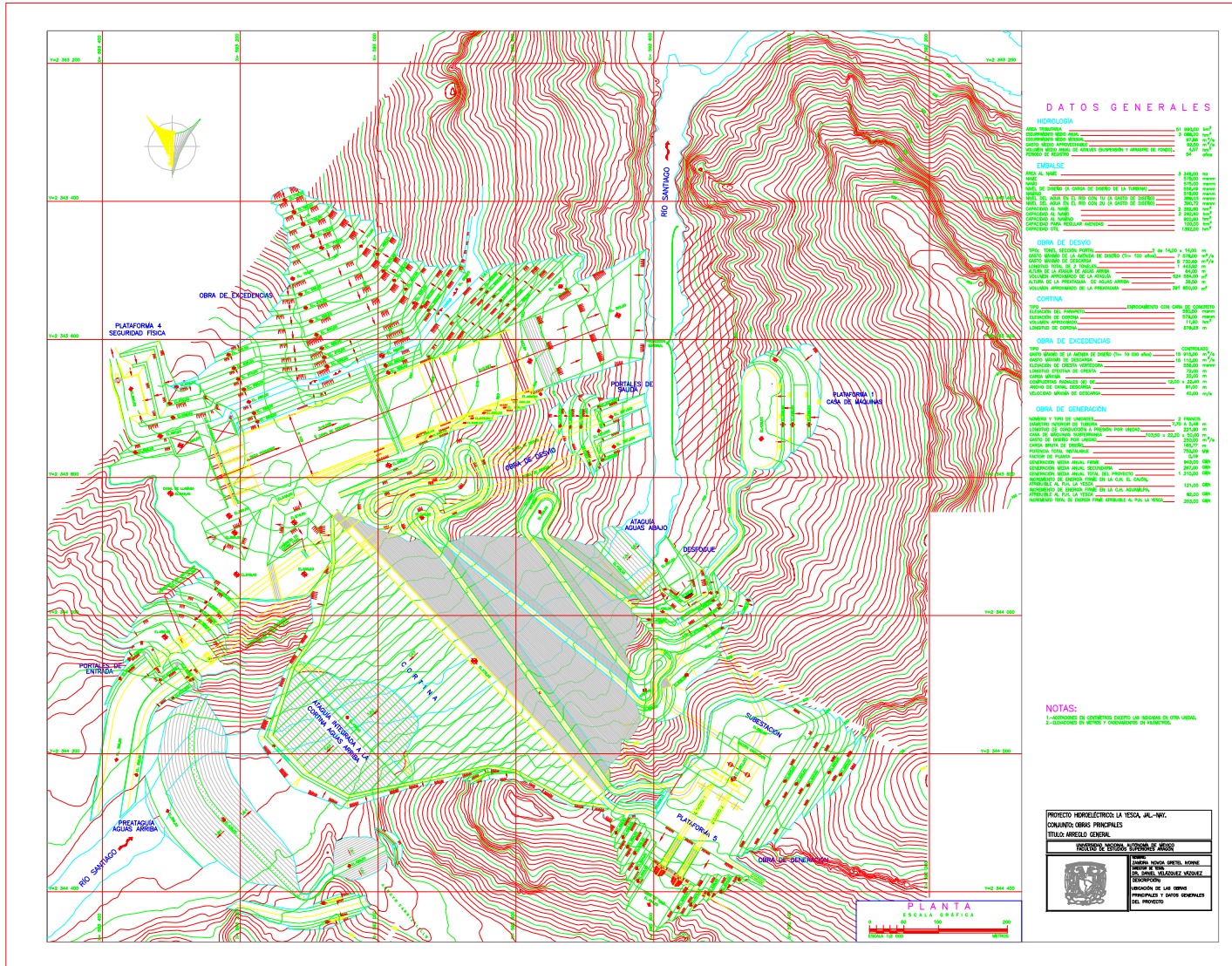
Anexo 21 Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías

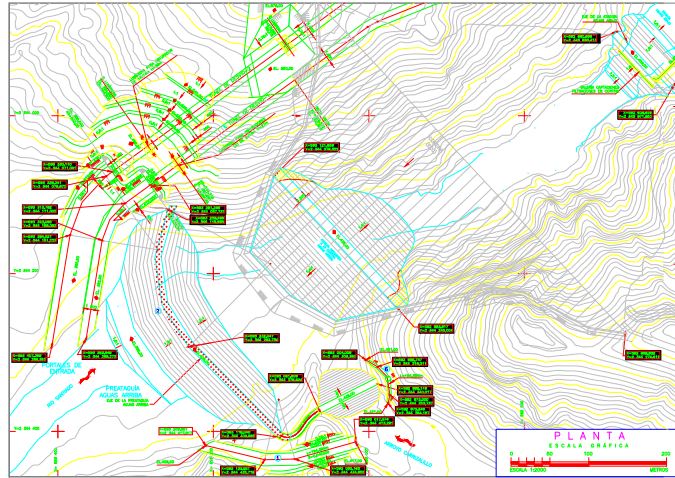




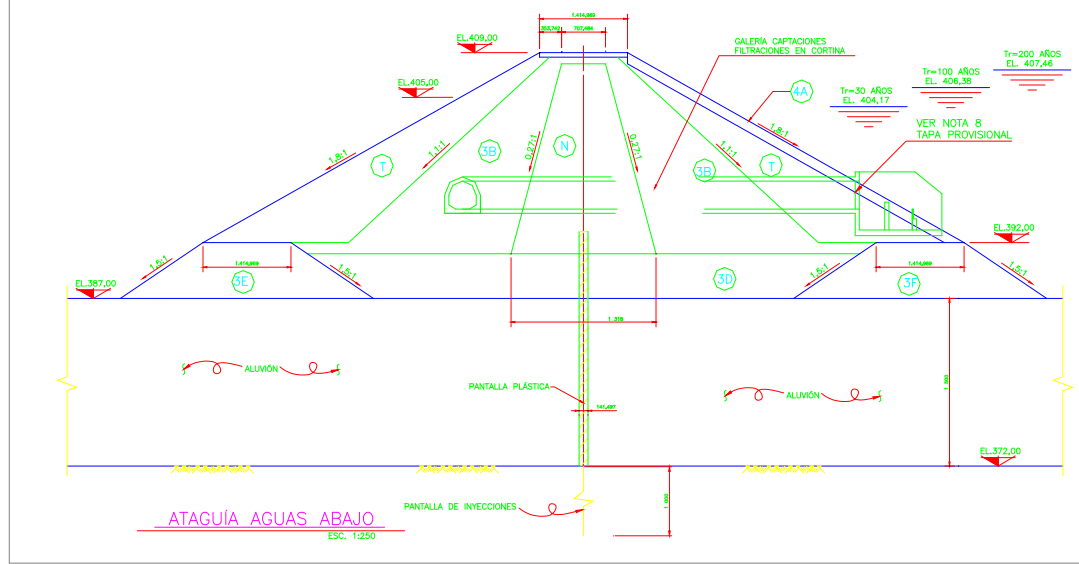
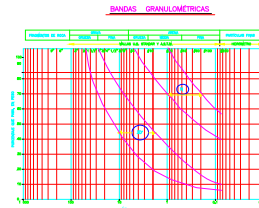
Anexo 22 Proceso constructivo durante la colocación de los materiales en la zona de ataguías







CUADRO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION PARA LAS ATAGUAS, CORTINA ETC.			
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	RECOMENDACIONES
1	ACEROS PARA ARMADO	TONELADAS	ACEROS DE CALIDAD SAE 50025, 50035, 50045, 50055, 50065, 50075, 50085, 50095, 50105, 50115, 50125, 50135, 50145, 50155, 50165, 50175, 50185, 50195, 50205, 50215, 50225, 50235, 50245, 50255, 50265, 50275, 50285, 50295, 50305, 50315, 50325, 50335, 50345, 50355, 50365, 50375, 50385, 50395, 50405, 50415, 50425, 50435, 50445, 50455, 50465, 50475, 50485, 50495, 50505, 50515, 50525, 50535, 50545, 50555, 50565, 50575, 50585, 50595, 50605, 50615, 50625, 50635, 50645, 50655, 50665, 50675, 50685, 50695, 50705, 50715, 50725, 50735, 50745, 50755, 50765, 50775, 50785, 50795, 50805, 50815, 50825, 50835, 50845, 50855, 50865, 50875, 50885, 50895, 50905, 50915, 50925, 50935, 50945, 50955, 50965, 50975, 50985, 50995, 51005, 51015, 51025, 51035, 51045, 51055, 51065, 51075, 51085, 51095, 51105, 51115, 51125, 51135, 51145, 51155, 51165, 51175, 51185, 51195, 51205, 51215, 51225, 51235, 51245, 51255, 51265, 51275, 51285, 51295, 51305, 51315, 51325, 51335, 51345, 51355, 51365, 51375, 51385, 51395, 51405, 51415, 51425, 51435, 51445, 51455, 51465, 51475, 51485, 51495, 51505, 51515, 51525, 51535, 51545, 51555, 51565, 51575, 51585, 51595, 51605, 51615, 51625, 51635, 51645, 51655, 51665, 51675, 51685, 51695, 51705, 51715, 51725, 51735, 51745, 51755, 51765, 51775, 51785, 51795, 51805, 51815, 51825, 51835, 51845, 51855, 51865, 51875, 51885, 51895, 51905, 51915, 51925, 51935, 51945, 51955, 51965, 51975, 51985, 51995, 52005, 52015, 52025, 52035, 52045, 52055, 52065, 52075, 52085, 52095, 52105, 52115, 52125, 52135, 52145, 52155, 52165, 52175, 52185, 52195, 52205, 52215, 52225, 52235, 52245, 52255, 52265, 52275, 52285, 52295, 52305, 52315, 52325, 52335, 52345, 52355, 52365, 52375, 52385, 52395, 52405, 52415, 52425, 52435, 52445, 52455, 52465, 52475, 52485, 52495, 52505, 52515, 52525, 52535, 52545, 52555, 52565, 52575, 52585, 52595, 52605, 52615, 52625, 52635, 52645, 52655, 52665, 52675, 52685, 52695, 52705, 52715, 52725, 52735, 52745, 52755, 52765, 52775, 52785, 52795, 52805, 52815, 52825, 52835, 52845, 52855, 52865, 52875, 52885, 52895, 52905, 52915, 52925, 52935, 52945, 52955, 52965, 52975, 52985, 52995, 53005, 53015, 53025, 53035, 53045, 53055, 53065, 53075, 53085, 53095, 53105, 53115, 53125, 53135, 53145, 53155, 53165, 53175, 53185, 53195, 53205, 53215, 53225, 53235, 53245, 53255, 53265, 53275, 53285, 53295, 53305, 53315, 53325, 53335, 53345, 53355, 53365, 53375, 53385, 53395, 53405, 53415, 53425, 53435, 53445, 53455, 53465, 53475, 53485, 53495, 53505, 53515, 53525, 53535, 53545, 53555, 53565, 53575, 53585, 53595, 53605, 53615, 53625, 53635, 53645, 53655, 53665, 53675, 53685, 53695, 53705, 53715, 53725, 53735, 53745, 53755, 53765, 53775, 53785, 53795, 53805, 53815, 53825, 53835, 53845, 53855, 53865, 53875, 53885, 53895, 53905, 53915, 53925, 53935, 53945, 53955, 53965, 53975, 53985, 53995, 54005, 54015, 54025, 54035, 54045, 54055, 54065, 54075, 54085, 54095, 54105, 54115, 54125, 54135, 54145, 54155, 54165, 54175, 54185, 54195, 54205, 54215, 54225, 54235, 54245, 54255, 54265, 54275, 54285, 54295, 54305, 54315, 54325, 54335, 54345, 54355, 54365, 54375, 54385, 54395, 54405, 54415, 54425, 54435, 54445, 54455, 54465, 54475, 54485, 54495, 54505, 54515, 54525, 54535, 54545, 54555, 54565, 54575, 54585, 54595, 54605, 54615, 54625, 54635, 54645, 54655, 54665, 54675, 54685, 54695, 54705, 54715, 54725, 54735, 54745, 54755, 54765, 54775, 54785, 54795, 54805, 54815, 54825, 54835, 54845, 54855, 54865, 54875, 54885, 54895, 54905, 54915, 54925, 54935, 54945, 54955, 54965, 54975, 54985, 54995, 55005, 55015, 55025, 55035, 55045, 55055, 55065, 55075, 55085, 55095, 55105, 55115, 55125, 55135, 55145, 55155, 55165, 55175, 55185, 55195, 55205, 55215, 55225, 55235, 55245, 55255, 55265, 55275, 55285, 55295, 55305, 55315, 55325, 55335, 55345, 55355, 55365, 55375, 55385, 55395, 55405, 55415, 55425, 55435, 55445, 55455, 55465, 55475, 55485, 55495, 55505, 55515, 55525, 55535, 55545, 55555, 55565, 55575, 55585, 55595, 55605, 55615, 55625, 55635, 55645, 55655, 55665, 55675, 55685, 55695, 55705, 55715, 55725, 55735, 55745, 55755, 55765, 55775, 55785, 55795, 55805, 55815, 55825, 55835, 55845, 55855, 55865, 55875, 55885, 55895, 55905, 55915, 55925, 55935, 55945, 55955, 55965, 55975, 55985, 55995, 56005, 56015, 56025, 56035, 56045, 56055, 56065, 56075, 56085, 56095, 56105, 56115, 56125, 56135, 56145, 56155, 56165, 56175, 56185, 56195, 56205, 56215, 56225, 56235, 56245, 56255, 56265, 56275, 56285, 56295, 56305, 56315, 56325, 56335, 56345, 56355, 56365, 56375, 56385, 56395, 56405, 56415, 56425, 56435, 56445, 56455, 56465, 56475, 56485, 56495, 56505, 56515, 56525, 56535, 56545, 56555, 56565, 56575, 56585, 56595, 56605, 56615, 56625, 56635, 56645, 56655, 56665, 56675, 56685, 56695, 56705, 56715, 56725, 56735, 56745, 56755, 56765, 56775, 56785, 56795, 56805, 56815, 56825, 56835, 56845, 56855, 56865, 56875, 56885, 56895, 56905, 56915, 56925, 56935, 56945, 56955, 56965, 56975, 56985, 56995, 57005, 57015, 57025, 57035, 57045, 57055, 57065, 57075, 57085, 57095, 57105, 57115, 57125, 57135, 57145, 57155, 57165, 57175, 57185, 57195, 57205, 57215, 57225, 57235, 57245, 57255, 57265, 57275, 57285, 57295, 57305, 57315, 57325, 57335, 57345, 57355, 57365, 57375, 57385, 57395, 57405, 57415, 57425, 57435, 57445, 57455, 57465, 57475, 57485, 57495, 57505, 57515, 57525, 57535, 57545, 57555, 57565, 57575, 57585, 57595, 57605, 57615, 57625, 57635, 57645, 57655, 57665, 57675, 57685, 57695, 57705, 57715, 57725, 57735, 57745, 57755, 57765, 57775, 57785, 57795, 57805, 57815, 57825, 57835, 57845, 57855, 57865, 57875, 57885, 57895, 57905, 57915, 57925, 57935, 57945, 57955, 57965, 57975, 57985, 57995, 58005, 58015, 58025, 58035, 58045, 58055, 58065, 58075, 58085, 58095, 58105, 58115, 58125, 58135, 58145, 58155, 58165, 58175, 58185, 58195, 58205, 58215, 58225, 58235, 58245, 58255, 58265, 58275, 58285, 58295, 58305, 58315, 58325, 58335, 58345, 58355, 58365, 58375, 58385, 58395, 58405, 58415, 58425, 58435, 58445, 58455, 58465, 58475, 58485, 58495, 58505, 58515, 58525, 58535, 58545, 58555, 58565, 58575, 58585, 58595, 58605, 58615, 58625, 58635, 58645, 58655, 58665, 58675, 58685, 58695, 58705, 58715, 58725, 58735, 58745, 58755, 58765, 58775, 58785, 58795, 58805, 58815, 58825, 58835, 58845, 58855, 58865, 58875, 58885, 58895, 58905, 58915, 58925, 58935, 58945, 58955, 58965, 58975, 58985, 58995, 59005, 59015, 59025, 59035, 59045, 59055, 59065, 59075, 59085, 59095, 59105, 59115, 59125, 59135, 59145, 59155, 59165, 59175, 59185, 59195, 59205, 59215, 59225, 59235, 59245, 59255, 59265, 59275, 59285, 59295, 59305, 59315, 59325, 59335, 59345, 59355, 59365, 59375, 59385, 59395, 59405, 59415, 59425, 59435, 59445, 59455, 59465, 59475, 59485, 59495, 59505, 59515, 59525, 59535, 59545, 59555, 59565, 59575, 59585, 59595, 59605, 59615, 59625, 59635, 59645, 59655, 59665, 59675, 59685, 59695, 59705, 59715, 59725, 59735, 59745, 59755, 59765, 59775, 59785, 59795, 59805, 59815, 59825, 59835, 59845, 59855, 59865, 59875, 59885, 59895, 59905, 59915, 59925, 59935, 59945, 59955, 59965, 59975, 59985, 59995, 60005, 60015, 60025, 60035, 60045, 60055, 60065, 60075, 60085, 60095, 60105, 60115, 60125, 60135, 60145, 60155, 60165, 60175, 60185, 60195, 60205, 60215, 60225, 60235, 60245, 60255, 60265, 60275, 60285, 60295, 60305, 60315, 60325, 60335, 60345, 60355, 60365, 60375, 60385, 60395, 60405, 60415, 60425, 60435, 60445, 60455, 60465, 60475, 60485, 60495, 60505, 60515, 60525, 60535, 60545, 60555, 60565, 60575, 60585, 60595, 60605, 60615, 60625, 60635, 60645, 60655, 60665, 60675, 60685, 60695, 60705, 60715, 60725, 60735, 60745, 60755, 60765, 60775, 60785, 60795, 60805, 60815, 60825, 60835, 60845, 60855, 60865, 60875, 60885, 60895, 60905, 60915, 60925, 60935, 60945, 60955, 60965, 60975, 60985, 60995, 61005, 61015, 61025, 61035, 61045, 61055, 61065, 61075, 61085, 61095, 61105, 61115, 61125, 61135, 61145, 61155, 61165, 61175, 61185, 61195, 61205, 61215, 61225, 61233



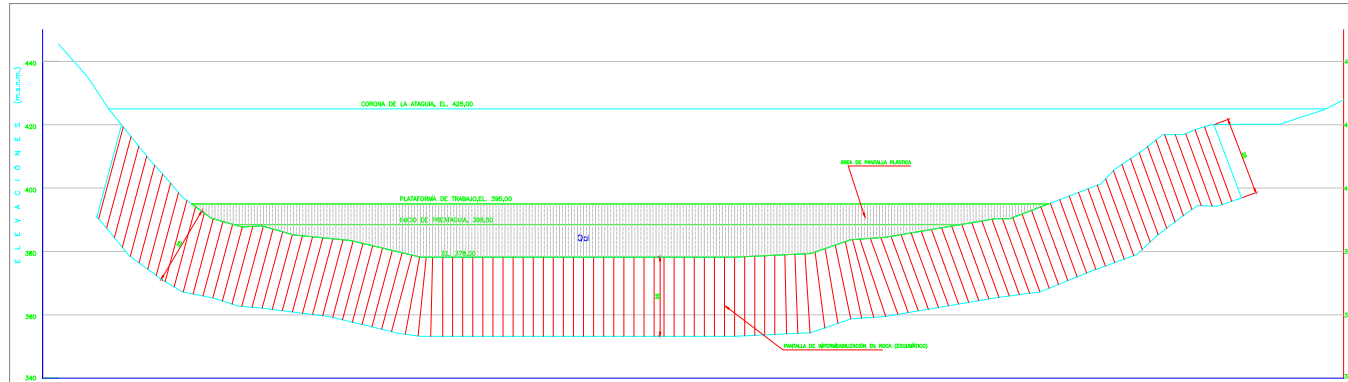
- NOTAS:**
- 1.- ACCIONES DE CONSTRUCCION EXCEPTO LAS REGIONES DE OTRA OBRAS.
 - 2.- FILTRACIONES EN MATERIALES DE CONSTRUCCION Y CUADRO DE MATERIALES DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCION, CAPTACIONES Y CUADRO DE MATERIALES DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCION DE ACUERDO A LAS RECOMENDACIONES PREVIAS.
 - 3.- LA CORTINA: TRANSFERENCIA Y CUADRO DE MATERIALES DE LAS RECOMENDACIONES PREVIAS DE ACUERDO A LAS RECOMENDACIONES PREVIAS.
 - 4.- PARA REALIZAR LOS PERFILES DE ESTABLECIMIENTO DE LA PANTALLA DE BARRERA PROTECTOR EL EMPALMADO DEL TUBO DE ALUMINIO DE 10 CM. CON UN MARGEN DE SOBRES DE 10 CM. DE CADA LADO CON LAS JUNTAS EN TODOS SUS NIVELES Y A SU VEZ.
 - 5.- EL CONCRETO DEBE SER DE CALIDAD Y DEBEN DE SER LA MATERIA PLASTICA DE ACUERDO A SU PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO, DEBENDE MANTENERSE EN SU ESTADO DE ACERDOS EN EL MOMENTO DE LA CONSTRUCCION DEBENDE REALIZAR ALTO EN EL PROCEDIMIENTO DE BARRERAS AL ELIMINAR ALGUNO DEBENTE LA OBSERVACION DE LA PLANTA PLASTICA.
 - 6.- DURANTE LA ETAPA CONSTRUCTIVA DE DEBE CONSTRUIR UNA TAPA PROVISIONAL DE CONCRETO ARMADO PARA EVITAR EL PASO DEL AGUA AL INTERIOR DE LA CORTINA DURANTE EL DESARROLLO DEL TRABAJO. LA TAPA DEBE SER SUFFICIENTE PARA QUE LOS TRABAJOS DE ESTA ESTRUCTURA CONTINUA EN FORMA.

DATOS DE CURVAS				
CURVA	A	R (CM)	LC (CM)	DE (CM)
1	28,777	78,000	88,178	20,405
2	72,877	188,211	188,178	128,677
3	72,847	20,000	41,200	20,200

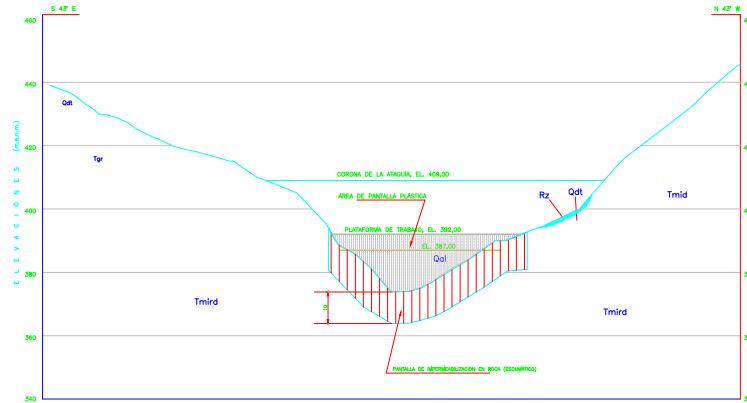
PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESA, JAL. - MEX.
CONJUNTO OBRAS DE BARRERAS
TITULO ATAGUAS - BARRERAS
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

ELABORADO POR: [Firma]
REVISADO POR: [Firma]
AUTORIZADO POR: [Firma]

COORDINADOR GENERAL DE LA OBRAS
JALISCO, MEXICO, JUNIO DE 2010



PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN
PREATAGÜA AGÜAS ARRIBA ESC. 1000



PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN
ATAGÜA AGÜAS ABAJO ESC. 140

PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN
PREATAGÜA AGÜAS ARRIBA

CANTIDADES DE OBRA		
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
PANTALLA DE CONCRETO A MUÑO PLASTICO	m ²	2,100
MEDELA PARA PANTALLA PLASTICA	m ²	2,100
ESCAFOQUEO EN ALUMINIO POR MUEBOS MECANICOS	m ²	4,200
PREPARACION EN ROCA	m ²	4,200
PROTECCION EN ROCA	m ²	400
PROTECCION EN CONCRETO	m ²	100
TUBOS SGA EN PANTALLA PLASTICA	m	1,800
ENLACE LIGERO	pie	24
ENLACE LIGERO	pie	24

PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN
ATAGÜA AGÜAS ABAJO

CANTIDADES DE OBRA		
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
PANTALLA DE CONCRETO A MUÑO PLASTICO	m ²	980
MEDELA PARA PANTALLA PLASTICA	m ²	980
ESCAFOQUEO EN ALUMINIO POR MUEBOS MECANICOS	m ²	200
PREPARACION EN ROCA	m ²	200
PROTECCION EN ROCA	m ²	60
PROTECCION EN CONCRETO	m ²	15
TUBOS SGA EN PANTALLA PLASTICA	m	280
ENLACE LIGERO	pie	8
ENLACE LIGERO	pie	8

NOTAS:
1.- NOTACIONES Y ELEVAIONES EN METROS.
2.- TUBO SUPUESTO CON PROTECCION EN LA
ORILLA DE SEGURIDAD DE ROCA.

PROYECTO HIDROELECTRICO LA YESCA, JUL.-NOV.
CONDUCCION: OBRA DE DESVIO
TIPO: PANTALLA IMPERMEABLE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	INSTITUTO TECNOLÓGICO Y UNIVERSIDAD DE GUAYMAS
DR. CARLOS VÉLEZ GARCÍA	DR. CARLOS VÉLEZ GARCÍA
COORDINADOR GENERAL	COORDINADOR GENERAL
INGENIERO EN PANTALLA IMPERMEABLE DE PRENSION ALTA	INGENIERO EN PANTALLA IMPERMEABLE DE PRENSION ALTA