

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**  
**CONSTRUCCIÓN PRESA Y OBRAS ANEXAS**

**CAPÍTULO 10**

**INYECCIONES A PRESIÓN Y HUECOS DE DRENAJE**

**TABLA DE CONTENIDO**

10.	INYECCIONES A PRESIÓN Y HUECOS DE DRENAJE .....	2
10.1	ALCANCE .....	2
10.1.1	Cortina de inyecciones .....	2
10.1.2	Inyecciones de contacto .....	2
10.1.3	Inyecciones de consolidación en excavaciones subterráneas .....	2
10.1.4	Cortinas radiales .....	2
10.1.5	Inyección de juntas .....	3
10.1.6	Inyecciones durante la excavación de las obras subterráneas .....	3
10.1.7	Drenajes desde la superficie .....	3
10.1.8	Drenajes desde obras subterráneas .....	3
10.1.9	Perforación de lagrimales .....	3
10.1.10	Perforación de huecos de exploración y de chequeo .....	3
10.1.11	Perforación de huecos piloto .....	3
10.1.12	Perforación de huecos para instalación de instrumentos .....	3
10.1.13	Ejecución de pruebas con agua a presión .....	3
10.2	GENERALIDADES .....	4
10.2.1	Dirección de los trabajos .....	4
10.2.2	Definiciones .....	4
10.2.3	Prohibiciones .....	8
10.3	ESPECIFICACIONES DE OBRA .....	8
10.3.1	Materiales .....	8
10.3.2	Personal y equipos .....	10
10.3.3	Perforación .....	13
10.3.4	Pruebas con agua a presión .....	19
10.3.5	Conexiones para inyecciones .....	20
10.3.6	Inyecciones a Presión .....	21
10.3.7	Registros .....	26
10.3.8	Reparación y limpieza .....	27
10.4	MEDIDA Y PAGO .....	27
10.4.1	Generalidades .....	27
10.4.2	Trabajos que tendrán medida y pago por separado .....	27
10.4.3	Trabajos que no tendrán medida ni pago por separado .....	27
10.4.4	Requisitos para la medida y pago .....	28
10.4.5	Medida .....	29
10.4.6	Pago .....	29
10.5	ÍTEMS DE PAGO .....	31

## **10. INYECCIONES A PRESIÓN Y HUECOS DE DRENAJE**

### **10.1 ALCANCE**

Este capítulo comprende todos los requisitos para ejecutar las inyecciones a presión, los huecos de drenaje necesarios tanto superficiales como desde las excavaciones subterráneas y desde las galerías dentro del cuerpo de la presa y las perforaciones que sean necesarias para la obra y establece los procedimientos para medida y pago de esta parte de la obra, la cual incluye:

#### **10.1.1 Cortina de inyecciones**

Se ejecutarán cortinas de inyección en las siguientes partes de la obra:

En la fundación de la presa o desde la superficie, según lo mostrado en los planos o lo indicado por LA SUPERVISIÓN.

En cualquier parte de la obra según lo mostrado en los planos o indicado por LA SUPERVISIÓN.

En la superficie del canal de aducción del rebosadero.

#### **10.1.2 Inyecciones de contacto**

Se ejecutarán inyecciones de contacto en las siguientes partes de la obra:

Alrededor del revestimiento en hormigón del túnel de desviación.

Alrededor del hormigón de los tapones que se construyan dentro del túnel de desviación.

Detrás o alrededor de cualquiera otra estructura o revestimiento en hormigón que se construya para la obra, según lo mostrado en los planos o lo solicitado por LA SUPERVISIÓN.

En el contacto hormigón - roca y hormigón - acero en zonas de blindaje.

#### **10.1.3 Inyecciones de consolidación en excavaciones subterráneas**

Se ejecutarán inyecciones de consolidación en las siguientes partes de la obra:

Alrededor del tapón del túnel de desviación.

Alrededor de ciertas secciones y a lo largo del túnel de desviación.

En cualquier otra parte de la obra, según lo mostrado en los planos o lo indicado por LA SUPERVISIÓN.

#### **10.1.4 Cortinas radiales**

Se ejecutarán inyecciones para cortinas radiales en las siguientes partes de la obra:

Alrededor del tapón del túnel de desviación ó de cualquier otra excavación subterránea según lo mostrado en los planos o lo indicado por LA SUPERVISIÓN.

Alrededor de la cámara de válvulas de la descarga de fondo, donde se muestre en los planos o lo indicado por LA SUPERVISIÓN.

Alrededor de cualquier otra parte de la obra según lo mostrado en los planos o lo indicado por LA SUPERVISIÓN.

**10.1.5 Inyección de juntas**

Se ejecutarán inyecciones de juntas en la estructura de control del rebosadero, en el tapón del túnel de desviación, en el deflector del rebosadero, en la cámara de válvulas de la descarga de fondo y en cualquier otra parte de la obra, según lo mostrado en los planos o lo indicado por LA SUPERVISIÓN.

**10.1.6 Inyecciones durante la excavación de las obras subterráneas**

Se ejecutarán inyecciones hacia adelante y en abanico, en las longitudes e inclinaciones indicadas en los planos, como sistema especial, antes del avance de la excavación, para mejoramiento de las características del terreno durante la excavación de obras subterráneas y de acuerdo con las indicaciones de LA SUPERVISIÓN.

**10.1.7 Drenajes desde la superficie**

Se instalarán o perforarán drenajes desde los taludes de las excavaciones en corte abierto para la obra y desde superficies del terreno natural según lo mostrado en los planos o donde lo requiera LA SUPERVISIÓN.

**10.1.8 Drenajes desde obras subterráneas**

Se instalarán pantallas de drenaje y se perforarán drenajes puntuales, según lo mostrado en los planos o lo indicado por LA SUPERVISIÓN.

**10.1.9 Perforación de lagrimales**

Lagrimales por perforar a través de muros de hormigón o revestimiento de hormigón convencional y/o de hormigón proyectado.

**10.1.10 Perforación de huecos de exploración y de chequeo**

Perforaciones de exploración para conocer las características de los materiales existentes y perforaciones de chequeo para verificar la efectividad de las operaciones de inyección.

**10.1.11 Perforación de huecos piloto**

Perforaciones para aliviar la presión del agua subterránea o de gas y para deducir información sobre las características del material con anterioridad a la excavación subterránea de alguna parte de la obra.

**10.1.12 Perforación de huecos para instalación de instrumentos**

Perforación de huecos para la instalación de instrumentos para monitorear las presiones en el plano de la cortina profunda de inyecciones.

**10.1.13 Ejecución de pruebas con agua a presión**

Ejecución de ensayos con agua a presión para conocer el grado de permeabilidad inicial y final de la fundación de la presa o en cualquier otro sector donde lo indique LA SUPERVISIÓN.

## 10.2 GENERALIDADES

### 10.2.1 Dirección de los trabajos

El Contratista ejecutará las perforaciones y las inyecciones requeridas para la obra, de acuerdo con las instrucciones de LA SUPERVISIÓN, quien estará a cargo de la dirección técnica y supervisión de todas las operaciones de perforación e inyección. El número, localización, espaciamiento, dirección, inclinación y profundidad de los huecos, el orden de perforación e inyección de dichos huecos, las presiones y mezclas que se deben usar para la inyección, el tiempo de espera entre etapas de inyección, las profundidades a las cuales se debe inyectar la mezcla y las presiones a las cuales se deben hacer las pruebas con agua a presión, serán determinadas por LA SUPERVISIÓN y dependerán de la naturaleza de la roca que aparezca a medida que se realicen las excavaciones y de los resultados de las operaciones de perforación, lavado, pruebas con agua a presión e inyecciones ejecutadas por El Contratista. LA SUPERVISIÓN llevará a cabo el control de calidad de los materiales y mezclas de inyección y El Contratista deberá ejecutar, sin costo adicional para LA SUPERVISIÓN, todas las modificaciones y ajustes que se deriven de dicho control.

El hecho de que LA SUPERVISIÓN ejerza la dirección técnica y supervisión de todas las operaciones de perforación e inyección, así como el control de calidad de los materiales y mezclas de inyección, no exonerará al Contratista de su responsabilidad por la ejecución de todos los trabajos conforme a lo especificado en este capítulo.

Los ajustes y modificaciones al alcance de los trabajos de inyección mostrados en los planos o establecidos previamente por LA SUPERVISIÓN, incluso el desplazamiento de equipos a zonas previamente inyectadas y aceptadas por LA SUPERVISIÓN, cuando éstas así lo requieran, deberán ser ejecutados por El Contratista, quien no tendrá derecho a solicitar modificación a los precios ni a los plazos establecidos en el contrato en razón de tales ajustes y modificaciones.

### 10.2.2 Definiciones

Las palabras siguientes que se usen en este capítulo tendrán el significado que aquí se les asigna:

#### 10.2.2.1 Etapa

La longitud parcial o total de un hueco en el cual se ejecuta la inyección. La longitud de cada etapa será la mostrada en los planos o la indicada por LA SUPERVISIÓN, de acuerdo con las condiciones encontradas durante la perforación.

#### 10.2.2.2 Lechada

El conjunto de materiales empleados en las inyecciones, el cual consiste en la mezcla de agua y cemento a la que se le podrán incorporar aditivos tales como superplastificantes, acelerantes de fraguado u otros que ordene LA SUPERVISIÓN.

#### 10.2.2.3 Mortero

El conjunto de materiales empleados en las inyecciones, el cual consiste en la mezcla de agua, cemento y arena a la que se le podrán incorporar aditivos tales como superplastificantes, acelerantes de fraguado u otros que ordene LA SUPERVISIÓN.

#### 10.2.2.4 Aditivo

#### 10.2.2.5 LA SUPERVISIÓN Relación agua – cemento

La proporción en la lechada entre el peso del agua y el peso de cemento más cualquier aditivo que se agregue.

#### 10.2.2.6 Relación agua – cemento – arena

La proporción en el mortero entre el peso de agua, el peso de cemento y el peso de la arena seca más cualquier aditivo que se agregue.

#### 10.2.2.7 Presión de inyección

La presión medida a la entrada de un hueco de inyección, mientras se está aplicando la mezcla de inyección.

#### 10.2.2.8 Presión efectiva

La presión calculada en el punto medio de una etapa en un hueco, mientras se está aplicando la lechada.

#### 10.2.2.9 Espaciamiento dividido

Es el proceso de perforar e inyectar un hueco, aproximadamente en el punto medio de la distancia entre otros dos huecos, previamente perforados e inyectados

#### 10.2.2.10 Inyección por etapas

La perforación e inyección en etapas sucesivas de un hueco desde la boca de la perforación. Cada etapa del hueco se perfora, se lava a presión y se inyecta y se deja fraguar la mezcla durante el tiempo indicado por LA SUPERVISIÓN; luego se reperfora la etapa inyectada, se perfora la etapa siguiente del hueco y se repite el proceso.

#### 10.2.2.11 Inyección con empaques

La perforación de un hueco en forma continua y en toda su profundidad y la subsecuente inyección de mezcla en el mismo hueco en una o más etapas por medio de empaques colocados a profundidades establecidas por LA SUPERVISIÓN.

#### 10.2.2.12 Inyecciones de consolidación

La perforación e inyección en un área dada de huecos de profundidades hasta de 20 m.

#### 10.2.2.13 Cortina de inyecciones

La perforación de una o más líneas de huecos, cada hueco a la profundidad y dirección especificada, y la inyección de lechada o mortero en tales huecos para conformar un plano de baja permeabilidad.

#### 10.2.2.14 Inyección de contacto

La perforación de un hueco y la subsecuente inyección de lechada hasta llenar adecuadamente los vacíos entre el hormigón de una estructura y la roca circundante, o entre

el hormigón de una estructura y el hormigón de segunda etapa en la misma estructura, o entre el acero y el hormigón vaciado alrededor de un blindaje.

#### 10.2.2.15 Inyección de consolidación en excavaciones subterráneas

La perforación de huecos desde cualquier obra subterránea y la inyección de tales huecos para mejorar las condiciones de estabilidad o para reducir la permeabilidad del material alrededor de cualquier obra subterránea.

#### 10.2.2.16 Cortina radial de inyecciones

La perforación de huecos en forma radial alrededor de una estructura y la posterior inyección de mezcla en tales huecos.

#### 10.2.2.17 Inyección de juntas

La aplicación de mezcla o cualquier material sellante inyectable, según ordene LA SUPERVISIÓN, para sellar las juntas de contracción, a través de tubería embebida para tal propósito en una estructura de hormigón.

#### 10.2.2.18 Inyección durante excavación de obras subterráneas

La perforación de huecos y la subsecuente inyección de una mezcla a presión para estabilizar o reducir la permeabilidad del material alrededor de una parte dada de una obra subterránea, con anterioridad a la excavación de dicha parte de la obra.

#### 10.2.2.19 Lagrimales

Perforaciones de 50 mm de diámetro que deberán penetrar un mínimo de 50 cm de profundidad en roca, según lo mostrado en los planos o lo indicado por LA SUPERVISIÓN, a través de estructuras de hormigón o a través de hormigón proyectado, para conducir el agua de infiltración y disminuir las presiones hidrostáticas entre el hormigón convencional o hormigón proyectado y la roca circundante.

#### 10.2.2.20 Huecos de exploración

La perforación de huecos de 76 mm de diámetro mínimo, con las profundidades y en los sitios mostrados en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN, desde la superficie o desde obras subterráneas, por el sistema de rotación y el recobro de núcleos, para conocer las características y litología de los materiales existentes en cualquier parte de la obra.

#### 10.2.2.21 Huecos de chequeo

La perforación de huecos de 76 mm de diámetro mínimo, desde la roca superficial o desde excavaciones subterráneas, a las profundidades y en los sitios mostrados en los planos u ordenados por LA SUPERVISIÓN, utilizando el sistema de rotación y el recobro de núcleos para verificar la efectividad de las inyecciones ejecutadas.

#### 10.2.2.22 Huecos piloto

La perforación de huecos de 76 mm de diámetro mínimo, utilizando el sistema de percusión o rotación, sin recobro de núcleos desde el frente de cualquier excavación subterránea para explorar las condiciones del material por excavar y principalmente para detectar acumulaciones de agua a presión o gases.

#### 10.2.2.23 Inyecciones empleando el Principio GIN (Grouting Intensity Number)

Las inyecciones en la fundación de la presa se harán con una mezcla de lechada rica en cemento para lograr el grado de impermeabilidad de diseño de la fundación de la presa y demás obras y garantizar la durabilidad a largo plazo de las cortinas de inyección. En el proceso de inyección se deberá utilizar el método del Número de Intensidad de Inyección o Grouting Intensity Number (GIN). Las características principales del método son:

Uso de una sola mezcla estable para todo el proceso (relación agua - cemento en peso entre 0,6 a 0,8:1,0) con un aditivo superplastificante para incrementar la penetrabilidad.

El bombeo de la lechada con bajas fluctuaciones de la presión a un gasto moderado para obtener un incremento paulatino de la presión a medida que la lechada penetra en las discontinuidades de la roca.

El monitoreo continuo en tiempo real de la presión, el caudal, el volumen inyectado y la penetrabilidad contra el tiempo, por medio de gráficos visibles en la pantalla de un PC instalado cerca al frente de inyección. Monitoreo en tiempo real de la trayectoria de inyección en un gráfico Presión vs Volumen acumulado.

Fin del proceso de inyección de una etapa de un hueco cuando la trayectoria de inyección registrada en el diagrama Presión vs Volumen, alcanza un ritmo bajo de bombeo y uno de los tres parámetros límites establecidos previamente por LA SUPERVISIÓN para la etapa: el volumen máximo, la presión máxima o una posición intermedia en la curva hiperbólica (curva de valor constante  $P \times V$ ). En el caso específico que la inyección alcance el límite de volumen especificado, LA SUPERVISIÓN decidirá la acción inmediata a tomar, bien sea suspender la inyección y dejar fraguar la lechada para continuar con la siguiente etapa, continuar con la inyección hasta obtener una presión determinada, o suspender temporalmente el bombeo y lavar el hueco para una nueva aplicación posterior en la misma etapa.

La siguiente publicación puede ser utilizada para obtener mayor información sobre la técnica del método GIN: "Grouting Design and Control Using the GIN Principle" por G. Lombardi y D. Deere. Water Power & Dam Construction, June, 1993. También se pueden utilizar los comentarios recientes de G. Lombardi del documento "Grouting of rock with cement mixes", presentado en el Congreso ICOLD de 1999 en Turquía. Las curvas GIN que se muestran en dicha publicación se utilizarán como referencia únicamente. Las curvas GIN a implementar para el proceso de inyección serán las curvas modificadas y establecidas por LA SUPERVISIÓN, para cada sitio o frente de inyecciones a ejecutar en la obra.

#### 10.2.2.24 Penetrabilidad (q/p)

Relación entre el caudal inyectado,  $q$  y la presión  $p$ , medida durante el proceso de inyección.

#### 10.2.2.25 Viscosidad

La viscosidad se define como la resistencia interna al flujo que exhibe una lechada y constituye el parámetro que gobierna la velocidad de flujo durante el proceso de inyección.

#### 10.2.2.26 Cohesión

En un fluido Binghamiano, como lo es una mezcla para inyección, la cohesión constituye igualmente un parámetro de resistencia al flujo que gobierna la distancia máxima a la cual penetra la lechada. Esta distancia de penetración varía en proporción directa a la presión de inyección e inversamente a la cohesión de la mezcla.

#### 10.2.2.27 Cohesión relativa

La cohesión relativa,  $C_r$ , es la relación entre la cohesión  $C$  y el peso unitario de la lechada, expresada en milímetros.

#### 10.2.2.28 Lechada estable

Una lechada estable es aquella que exhibe en dos horas, una decantación menor o igual a 5% medida en una probeta de 1000 ml.

#### 10.2.3 Prohibiciones

A menos que sea autorizado por LA SUPERVISIÓN, al Contratista no se le permitirá:

Perforar e inyectar en cualquier sitio del área de la presa, sin haber terminado todas las excavaciones de esta parte de la obra, dentro de una distancia de quince metros entre los sitios de inyección y de excavación. Si es necesario hacer excavaciones después de haber efectuado las inyecciones en cualquier sitio, se deberán tener en cuenta la distancia, carga máxima y retardos de las voladuras con el objeto de no dañar las cortinas de inyección ya construidas; LA SUPERVISIÓN aprobará los esquemas de voladura propuestos, que deberán ceñirse a las indicaciones contempladas en los Capítulos 2 - Excavaciones en corte abierto y 4 - Excavaciones subterráneas de estas especificaciones.

Perforar huecos para drenaje permanente dentro de una distancia de 30 m medida horizontalmente desde donde se estén ejecutando inyecciones en cualquier sitio de la obra. En caso que LA SUPERVISIÓN solicite reinyectar en cualquier área cercana a los drenajes, El Contratista deberá tomar a su costo, todas las precauciones necesarias para evitar que los drenajes queden obstruidos con lechada, incluyendo la rehabilitación del drenaje mediante un lavado con agua a presión o su reperfuración si es necesario, mientras en la cercanía se esté inyectando.

El uso de grasa o cualquier otro lubricante diferente del agua, como una ayuda en la perforación de huecos de inyección, huecos de exploración, huecos de chequeo, huecos de drenaje y lagrimales. En el caso que El Contratista proponga el empleo de espumas químicas como ayuda para la perforación, deberá proporcionar a LA SUPERVISIÓN información técnica detallada del producto que demuestre que no es incompatible con el cemento de inyección al largo plazo, así como documentación de su uso en otros proyectos de inyecciones similares.

El uso de lodos, bentonita, arcilla o cualquier otro producto como ayuda en la estabilización de las paredes durante la perforación de los huecos de drenaje, huecos para instrumentación y lagrimales.

Ejecutar inyecciones de contacto en cualquier sitio del túnel u obra subterránea, inmediatamente después de colocar el hormigón de revestimiento o el hormigón de segunda etapa, o ejecutar inyecciones de consolidación en cualquier sitio donde se hubieran efectuado trabajos de revestimiento en hormigón. A menos que LA SUPERVISIÓN apruebe algo diferente, estas inyecciones sólo podrán efectuarse después de 14 días de haber colocado el hormigón de revestimiento o de segunda etapa o en cualquier momento siempre y cuando exista una distancia horizontal mayor a 15 m medidos desde donde se realizan las inyecciones hasta el revestimiento en hormigón de edad menor a 14 días.

### 10.3 ESPECIFICACIONES DE OBRA

#### 10.3.1 Materiales

##### 10.3.1.1 Generalidades

Para las inyecciones se usará lechada o mortero a las cuales se adicionará un aditivo superplastificante según lo ordene LA SUPERVISIÓN.

Las proporciones de los componentes de la lechada y mortero para las inyecciones serán las indicadas por LA SUPERVISIÓN y podrán variarse según éstas lo ordenen dependiendo de las condiciones encontradas durante las operaciones de inyección.

Los materiales que proponga utilizar El Contratista deberán cumplir con todo lo estipulado en estas especificaciones. La verificación de la calidad de los materiales que se utilicen en las

operaciones de inyección, será llevada a cabo por LA SUPERVISIÓN y los resultados de estos ensayos serán concluyentes para aceptar o rechazar los materiales.

#### 10.3.1.2 Cemento

El cemento que se utilice para inyecciones deberá cumplir con los requisitos especificados en el Capítulo 11 – Hormigón convencional para el cemento destinado a la fabricación del hormigón convencional.

El cemento para inyecciones será Tipo I, con una finura Blaine superior a 3700 cm<sup>2</sup>/gr y un pasante en malla No 325 no mayor a 5%.

Se podrá usar cemento empacado en bolsas para la preparación de las mezclas para inyecciones o cemento a granel siempre y cuando El Contratista emplee métodos satisfactorios de dosificación, manejo, transporte y almacenamiento.

Se deberá tener almacenada una cantidad de cemento cerca del sitio de trabajo, de tal modo que en ningún momento se suspendan las actividades de inyección por falta de cemento. El sitio de almacenamiento y la cantidad de cemento almacenado deberán ser planeados por El Contratista de acuerdo con los requerimientos de la obra.

#### 10.3.1.3 Agua

El agua que se utilice para preparación de las mezclas para inyección deberá cumplir con los requisitos especificados en el Capítulo 11.

#### 10.3.1.4 Arena

LA SUPERVISIÓN podrá ordenar el uso de arena para inyecciones la cual deberá cumplir con lo especificado en el Capítulo 11 para la arena que se utilice en las mezclas de hormigón, además de las limitaciones en cuanto a granulometría que se especifican en el Cuadro 10.1.

**CUADRO 10.1**

**GRANULOMETRÍA DE LA ARENA**

Tamiz estándar (U.S)	Porcentaje por peso que pasa
N° 16	100
N° 50	20 - 60
N° 200	0 - 3

Además de cumplir con estos límites de gradación, toda la arena que se utilice en el trabajo deberá tener un módulo de finura entre 1,5 y 2,0.

#### 10.3.1.5 Aditivo superplastificante

El Contratista deberá utilizar un aditivo superplastificante para incrementar la penetrabilidad de las lechadas de inyección. La cantidad de aditivo superplastificante, expresada como un porcentaje del peso del cemento, será el determinado por LA SUPERVISIÓN. Este valor corresponderá al porcentaje de aditivo necesario para que la cohesión relativa de la lechada esté comprendida entre 0,08 mm y 0,15 mm . El Contratista deberá suministrar a LA SUPERVISIÓN muestras del aditivo que se propone usar, así como toda la información técnica pertinente sobre sus propiedades, su composición química, la experiencia obtenida en su utilización en trabajos similares y toda otra información que LA SUPERVISIÓN considere necesaria para juzgar su aplicabilidad en la obra. No se permitirá el uso de superplastificante sin la previa aprobación escrita de LA SUPERVISIÓN.

#### 10.3.1.6 Resinas y mezclas químicas

LA SUPERVISIÓN podrá solicitar la utilización de resinas y mezclas químicas para la ejecución de inyecciones a presión. En este caso El Contratista deberá realizar tales inyecciones de acuerdo con los procedimientos y equipos establecidos para el tipo de resina y/o mezcla que se decida utilizar. El único pago que LA SUPERVISIÓN reconocerá por este cambio será el reembolso del valor de las resinas y/o mezclas químicas al precio real del suministro en el sitio donde éstas se utilicen, de acuerdo con las facturas de compra.

#### 10.3.1.7 Otros aditivos

Es posible que además del superplastificante, se requiera el uso de otros aditivos tales como acelerantes de fraguado, llenantes inertes, cenizas volcánicas y expansores. Tales materiales deberán ser productos comerciales de reconocida eficacia y estarán sometidos a los mismos requisitos de aceptación establecidos para el superplastificante. LA SUPERVISIÓN reembolsará al Contratista el valor de los aditivos que la misma ordene, con excepción del superplastificante, al precio real de suministro en el sitio de la obra.

#### 10.3.1.8 Tuberías y accesorios metálicos

Las tuberías y accesorios que se utilicen para las inyecciones deberán ser capaces de resistir la presión máxima especificada para cada tipo de inyección, de acuerdo con los planos o lo indicado por LA SUPERVISIÓN.

### 10.3.2 Personal y equipos

#### 10.3.2.1 Personal

El Contratista deberá utilizar personal calificado que tenga experiencia y conocimiento de las técnicas modernas de perforación e inyección a presión. El Contratista deberá someter a la aprobación de LA SUPERVISIÓN el personal profesional que dirigirá las operaciones de perforación y de inyección. Cualquier cambio o sustitución de dicho personal durante el desarrollo de los trabajos deberá tener la aprobación de LA SUPERVISIÓN.

#### 10.3.2.2 Equipo de perforación

De acuerdo con los rendimientos requeridos en el programa de construcción y el plazo previsto para la ejecución de la obra, El Contratista deberá suministrar equipos y accesorios de perforación para ejecutar los diferentes tipos de perforación. El equipo de perforación deberá mantenerse en condiciones óptimas de operación en todo momento.

Con un plazo no menor de 90 días antes de que El Contratista tenga programado enviar el equipo de perforación al sitio de la obra deberá someter a LA SUPERVISIÓN, para su aprobación, la información detallada de dicho equipo. La aprobación por parte de LA SUPERVISIÓN del equipo propuesto por El Contratista no exime a este último de la responsabilidad de suministrar equipos para la realización de los trabajos, de acuerdo con las especificaciones e instrucciones de LA SUPERVISIÓN y dentro de los plazos establecidos en el programa de construcción. Si durante el desarrollo de los trabajos se comprueba que el equipo o los materiales de perforación son insuficientes o no son de características adecuadas para la realización de los trabajos, El Contratista deberá suministrar equipos y materiales adicionales u otros equipos y materiales para completar los trabajos de acuerdo con el programa de construcción y en un todo de acuerdo con lo especificado o indicado por LA SUPERVISIÓN. El Contratista no tendrá derecho a solicitar extensiones de plazos ni a ningún pago adicional por razón de la necesidad de suministrar estos equipos adicionales.

En los huecos para inyección podrán usarse perforadoras de rotación o de percusión, a opción del Contratista, que garanticen buenos acabados en las paredes del hueco a fin de permitir una obturación adecuada en cualquier parte del mismo. Las perforadoras deberán tener una capacidad suficiente para perforar huecos con cualquier inclinación y de los diámetros y a las profundidades que se muestran en los planos o se especifican más adelante.

No se permitirá el uso de motores de combustión interna en los equipos que se utilicen para la perforación de huecos en galerías de la presa y en excavaciones subterráneas y las perforadoras neumáticas utilizadas deberán estar equipadas con silenciadores adecuados y sistema de barrido de agua. El uso de la barrenación en seco se podrá hacer solamente en circunstancias especiales debidamente aprobado por LA SUPERVISIÓN.

El tamaño de las perforadoras que proponga usar El Contratista en obras subterráneas, deberá ser tal que facilite la operación de perforación y garantice las inclinaciones mostradas en los planos o indicadas por LA SUPERVISIÓN.

El Contratista deberá proveer los equipos adecuados para la ejecución de huecos piloto en excavaciones subterráneas que permitan aliviar la presión del agua subterránea o gas con anterioridad a la excavación de alguna parte de la obra. Los equipos deberán ser de la potencia adecuada para perforar con facilidad huecos hasta de 50 m de longitud. El Contratista deberá disponer de todos los implementos del sistema de perforación y organizar los trabajos de tal manera que se asegure un rendimiento de perforación por equipo, no inferior a 20 m por día calendario.

#### 10.3.2.3 Equipo de inyección

De acuerdo con los rendimientos requeridos en el programa de construcción y el plazo previsto para la ejecución de la obra, El Contratista deberá suministrar equipos y accesorios suficientes para ejecutar las inyecciones que se requieran de acuerdo con las presiones y caudales máximos indicados en las especificaciones. Este equipo será del tipo y capacidad aprobados por LA SUPERVISIÓN y deberá mantenerse en todo momento en condiciones óptimas de operación.

Con un plazo no menor de 60 días antes de que El Contratista tenga programado enviar el equipo de inyección al sitio de la obra, deberá someter a LA SUPERVISIÓN para su aprobación las características técnicas e información detallada sobre dicho equipo. La aprobación, por parte de LA SUPERVISIÓN del equipo propuesto por El Contratista, no exime al Contratista de la responsabilidad de suministrar equipo necesario para la realización de los trabajos, de acuerdo con las especificaciones e instrucciones de LA SUPERVISIÓN y dentro de los plazos establecidos en el programa de construcción. Si durante el desarrollo de los trabajos se comprueba que el equipo es insuficiente o no es de características adecuadas para la realización de los trabajos, El Contratista deberá suministrar otros equipos similares o diferentes a los disponibles en la obra para completar los trabajos de acuerdo con el programa de construcción y en un todo de acuerdo con lo especificado o indicado por LA SUPERVISIÓN. El Contratista no tendrá derecho a solicitar extensiones de plazos ni a ningún pago adicional en razón de la necesidad de suministrar estos equipos adicionales.

Con un plazo no menor de 30 días calendario antes de que El Contratista programe comenzar las operaciones de inyección, deberá someter para la aprobación de LA SUPERVISIÓN, la descripción detallada de los circuitos de inyección y de los métodos para la conexión a los huecos de inyección. El equipo de inyección deberá tener una capacidad para proveer una dosificación y mezclado efectivos, mantener mezclas en suspensión, suministrar y bombear la mezcla dentro de los huecos de inyección en forma continua, con flujo sin interrupciones y a cualquier presión constante dentro de los límites de presión especificados.

Cada equipo para inyección que se suministre para la obra deberá incluir, pero no limitarse al siguiente equipo:

Una bomba para operación y otra auxiliar, cada una con capacidad para operar a una presión máxima de 50 bares a caudales entre uno y 30 l/min, sin fluctuaciones bruscas de la presión de inyección. Las bombas deberán tener una capacidad para operar a bajo caudal con una variación en la presión no mayor del cinco por ciento del valor promedio de la presión de inyección especificada. En caso de que se requiera y LA SUPERVISIÓN así lo ordene, El Contratista deberá estar preparado para bombear e inyectar mortero hasta una proporción de tres partes de arena por una de cemento. Se deberá instalar en la toma de las bombas una conexión para agua con el fin de facilitar el lavado del sistema y la inyección de agua dentro de los huecos.

Un mezclador coloidal de alta velocidad no menor de 1300 rpm, con sistema de recirculación y vórtice de alta turbulencia, capaz de mezclar agua, cemento, arena y aditivo. El mezclador deberá estar equipado con un dispositivo medidor de agua calibrado para dar lecturas en litros.

El mezclador deberá tener la capacidad suficiente para asegurar el suministro suficiente de mezcla, cuando se esté inyectando al gasto máximo especificado.

Un agitador mecánico con capacidad para agitar y mantener en suspensión todos los materiales sólidos contenidos en la mezcla. El agitador deberá estar equipado con tamices que permitan remover de las mezcladoras y del tubo de retorno al mezclador, cualquier mezcla endurecida o cualquier material extraño que sea retenido por un tamiz N° 100 U.S. Standard cuando se utilicen lechadas o por un tamiz No. 8 ó 16 si es una mezcla con arena. La capacidad del agitador no deberá ser menor que la del mezclador. El agitador deberá estar graduado en litros de modo que se facilite la medición manual aproximada del volumen inyectado de mezcla.

Todas las válvulas, medidores del flujo de agua, medidores de mezcla, mangueras de presión, tuberías, manguitos, tapones, conexiones y herramientas necesarias para efectuar la operación de inyección de acuerdo con lo especificado. El Contratista deberá proveer válvulas y reguladores de presión máxima y de caudales de inyección con el objeto de evitar la posibilidad de sobre-presiones.

Empaques dobles y sencillos, expandibles neumática, hidráulica o mecánicamente, que puedan colocarse solos o en pares en un hueco a cualquier profundidad, con el fin de aislar una sección del mismo. Los empaques se deberán poder expandir para sellar los huecos en un determinado lugar y una vez expandidos deberán soportar sin escapes, presiones iguales a las máximas presiones de inyección especificadas.

La distribución del equipo de inyección deberá ser tal que provea un viaje continuo de una mezcla de consistencia uniforme a través del sistema y que permita un control exacto de la presión en la entrada del hueco sometido a inyección. El Contratista podrá implementar una línea de retorno para mantener la lechada en circulación continua dentro del circuito de inyección. El diámetro interior de todas las líneas del sistema de circulación no deberá ser mayor de 25 mm. El cabezal de inyección para alimentar la lechada o mortero dentro del hueco, deberá incluir una conexión de suministro, una conexión con válvula al hueco y una válvula de purga para alivio de presiones.

El sistema deberá tener dos manómetros con glicerina, con el rango apropiado de presiones, uno de los cuales deberá estar localizado a la salida de la bomba y el otro en el caballete de inyección, de modo que se pueda visualizar y verificar en todo momento la presión de suministro de la mezcla y la presión de inyección de la etapa. Este sistema manual de control servirá como medida de chequeo y respaldo al sistema electrónico de medida y control automático.

Cada instalación para inyección deberá contar con instalaciones de almacenamiento suficientes para suministrar cantidades adecuadas de cemento, agua y otros materiales de tal modo que la operación de inyección se pueda llevar a cabo sin interrupción. El equipo de inyección y los materiales deberán tener protección adecuada contra aguas lluvias e infiltraciones de las excavaciones subterráneas. El Contratista deberá implementar un sistema de comunicación permanente, tal como radios portátiles (*handies*), teléfonos u otro sistema aprobado por LA SUPERVISIÓN, entre la caseta de control de inyecciones ubicada en la planta de preparación de la inyección y cada uno de los puntos de inyección. El suministro e instalación previos de este sistema de comunicación, será requisito indispensable para poder iniciar cualquier operación de inyección.

#### 10.3.2.4 Equipo de automatización de las inyecciones

El Contratista deberá garantizar la automatización y el control automático del proceso de inyección, mediante el envío continuo de los datos registrados en la boca del hueco a un computador portátil ubicado en la caseta de control, para las inyecciones de la cortina profunda y las inyecciones de consolidación de la presa. El equipo de automatización y control deberá tener las siguientes características:

- Registrar por medio de sensores electrónicos de alta precisión los parámetros de inyección, a saber: presión de inyección, caudal y volumen de lechada inyectada en una etapa.
- Esta información debe ser procesada por un software que indique en tiempo real en la pantalla de un PC ubicado en el frente de trabajo, la trayectoria de inyección y la evolución de la presión, del caudal de bombeo y de la penetrabilidad contra tiempo durante la

inyección. En la gráfica de trayectoria Presión vs Volumen debe aparecer la curva límite con los parámetros GIN preprogramados.

- El sistema debe suspender automáticamente el bombeo de lechada una vez la trayectoria de inyección alcance alguno de los límites preestablecidos para la etapa inyectada. El sistema debe permitir la regulación del ritmo de bombeo para que la terminación de la inyección se lleve a cabo a bajos caudales, menores a 5,0 l/min, o a los que establezca LA SUPERVISIÓN.
- El equipo debe poseer un sistema de calibración automático que permita verificar la exactitud de los registros producidos. Se debe hacer al menos una calibración al principio de cada turno o cuando LA SUPERVISIÓN lo solicite.
- Al final de cada turno El Contratista imprimirá los registros gráficos de cada inyección, con las cuatro curvas indicadas arriba, en una sola página. El registro impreso deberá contener la identificación de la etapa y los valores límite de presión y volumen a los cuales se terminó la aplicación de lechada. El Contratista deberá entregar copia de los registros impresos de todas las etapas inyectadas así: para el turno diurno, antes de las 20 h del día en que se ejecutaron las inyecciones y para el turno nocturno, antes de las 20 h del día siguiente al que se iniciaron las inyecciones. En casos especiales, LA SUPERVISIÓN podrá exigir la impresión anticipada de un registro determinado para el estudio de un caso específico que considere de importancia.
- El sistema automático debe producir y guardar en formato electrónico la información numérica detallada de la evolución de los parámetros de inyección en cada etapa para consulta de LA SUPERVISIÓN cuando ésta lo requiera.

### 10.3.3 Perforación

#### 10.3.3.1 Generalidades

Los huecos de inyección, los huecos de drenaje, los huecos donde se vayan a instalar los instrumentos y los huecos para la ejecución de ensayos de mecánica de rocas se deberán perforar en los sitios, a las profundidades, a las inclinaciones y con los diámetros mostrados en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN.

El diámetro de los huecos para inyección de lechada o mortero deberá ser como mínimo de 50 mm. El diámetro de los huecos de exploración y de chequeo deberá ser mínimo 76 mm (NQ). Los huecos de drenaje, los huecos piloto y los huecos para instalar los piezómetros deberán tener un diámetro mínimo de 76 mm.

La perforación de los huecos de inyección deberá hacerse de tal manera que se garantice el diámetro mínimo prescrito en toda su longitud. La máxima desviación que se permitirá en el fondo de las perforaciones para las operaciones de inyección, exceptuando las de contacto, será de 10% de la longitud total del hueco, con respecto al rumbo e inclinación de diseño de cada perforación. Para tal fin, El Contratista deberá implementar un sistema de medición de desviaciones de perforación, tipo *Sperry Sun* o similar, ejecutando una serie de mediciones espaciadas a distancias no mayores de 15 m a lo largo del hueco, en aquellos huecos primarios y secundarios de la cortina profunda indicados por LA SUPERVISIÓN. Dichas mediciones se efectuarán una vez terminado el hueco en su totalidad o en el momento en que al Contratista retire el varillaje por pérdida de agua o cualquier otro motivo. El Contratista deberá mantener registros de todas las mediciones de desviación ejecutadas en formatos aprobados por LA SUPERVISIÓN y suministrar copia de tales registros de manera inmediata a LA SUPERVISIÓN para que ésta compruebe el porcentaje de desviación del hueco y puedan ordenar, si fuere el caso, la perforación e inyección adicional, en caso de que la desviación del hueco no este dentro del rango de tolerancia especificado. En caso de que ocurran desviaciones entre 0% y 10%, tal hueco deberá ser inyectado normalmente por el sistema de empaques; en caso de que el hueco presente una desviación mayor al 10%, tal hueco deberá ser rellenado con lechada y reemplazado por El Contratista, a su costa, por otro hueco perforado dentro de la tolerancia especificada y a satisfacción de LA SUPERVISIÓN. El Contratista deberá contar con un número suficiente de equipos de medición de desviaciones, de tal manera que pueda atender cada frente de inyección de manera independiente e igualmente contará con un suministro de repuestos adecuado para dichos aparatos de tal manera que el proceso de medición de desviaciones y el proceso de inyección subsiguiente no sufran interrupciones ni retrasos. A

menos que LA SUPERVISIÓN estipule algo diferente en la obra, a cada uno de cinco huecos primarios y de huecos secundarios de la cortina profunda se les deberá ejecutar medición de desviación previa a la inyección a fin de establecer la geometría general resultante de la cortina. A los huecos de perforación superficiales o de consolidación o huecos hasta de una longitud de 30 m de la cortina profunda, no será necesario comprobarles su desviación, salvo si a juicio de LA SUPERVISIÓN se requiere efectuar un chequeo ocasional de desviación para tales huecos. La implementación del sistema de medición de desviaciones no tendrá pago por separado y El Contratista no tendrá derecho a extensiones en el plazo por este concepto, ni a sobrecostos de ninguna índole.

Los huecos de inyección, de exploración, de chequeo, o de drenaje deberán perforarse con agua y deberá mantenerse en todo momento un flujo constante de retorno. Cuando se pierda el agua empleada para las perforaciones o cuando se encuentren fuentes artesianas o cavidades, LA SUPERVISIÓN podrá ordenar la suspensión de la perforación y proceder a inyectar el hueco, mediante el sistema de inyección por etapas, antes de continuar con las operaciones de perforación. El Contratista deberá manejar el agua sobrante de las perforaciones, sin sobrecosto para EL PROPIETARIO, para evitar que se deterioren las excavaciones, protecciones de taludes, rellenos, hormigones o cualquier obra ejecutada parcial o totalmente. Todo el trabajo necesario para reparar a satisfacción de LA SUPERVISIÓN cualquier daño causado por no manejar adecuadamente las aguas sobrantes de las operaciones de perforación, será realizado por El Contratista sin costo alguno para EL PROPIETARIO y sin que dé lugar a extensión de plazos.

El Contratista deberá contar con equipo de lavado de alta presión para remover el relleno arcilloso presente en las diaclasas maestras y cizallas en superficie o en excavaciones subterráneas, tal como lo indique LA SUPERVISIÓN.

Cuando se haya completado la perforación de cualquier hueco hasta su profundidad final o hasta la profundidad indicada por LA SUPERVISIÓN, deberá lavarse tal hueco para remover rebabas de taladro, sedimentos, lodos o cualquier otro material extraño, hasta que el agua de retorno salga clara por la boca del hueco.

Si se encuentra acero de refuerzo durante la perforación de un hueco, ésta deberá interrumpirse inmediatamente y deberá perforarse un nuevo hueco cerca de la perforación suspendida. La perforación suspendida deberá rellenarse con hormigón o mortero y la superficie del hormigón deberá repararse por El Contratista a su costa y en la forma especificada en el Capítulo 11 para reparar el hormigón defectuoso.

En todo momento durante el progreso de la obra, El Contratista tomará todas las precauciones del caso para asegurar que los huecos no se tapen o se obstruyan en cualquier forma. Si cualquier hueco se tapa o se obstruye por cualquier motivo durante la ejecución de la obra, deberá limpiarse o reemplazarse por cuenta del Contratista y a satisfacción de LA SUPERVISIÓN. Cuando un hueco sea rechazado por haberse obstruido, se deberá proceder a inyectarlo a presión hasta la profundidad donde se encuentra obstruido. Los extremos exteriores de todos los huecos deberán protegerse adecuadamente contra la entrada de agua lluvia o superficial o de materiales extraños a satisfacción de LA SUPERVISIÓN.

Todo hueco para inyección, drenaje, exploración o chequeo deberá ser identificado y referenciado de acuerdo con las indicaciones de LA SUPERVISIÓN. Las perforaciones se deberán identificar a medida que se vayan ejecutando.

Durante las operaciones de perforación, pruebas con agua e inyección, LA SUPERVISIÓN llevará los registros que ella considere necesarios y El Contratista deberá colaborar en la recopilación de tales registros. Estos registros deberán incluir información sobre el trabajo hecho durante el día para propósitos de medida y pago y deberá ser firmado cada día por El Contratista y por LA SUPERVISIÓN.

El Contratista deberá tomar todas las precauciones necesarias para mantener lisas las paredes del hueco perforado con el fin de que los empaques puedan colocarse en cualquier sitio indicado por LA SUPERVISIÓN.

Una vez que se haya perforado e inyectado un área determinada, LA SUPERVISIÓN podrá ordenar la perforación de huecos adicionales para inyección hasta lograr el cierre de vacíos deseado, o la perforación de huecos para la ejecución de pruebas con agua a presión para determinar el grado de estanqueidad del área, o huecos de chequeo con recobro de esta misma área, para determinar la efectividad de las inyecciones ejecutadas.

#### 10.3.3.2 Recobro y conservación de núcleos

Se requerirá recobro de núcleos en las perforaciones de los huecos de exploración, de los huecos de chequeo y de los huecos para ensayos de mecánica de rocas.

Donde se requiera el recobro de núcleos, se deberá ejecutar la perforación de tal manera que se recobre la mayor cantidad posible de tales núcleos, lo cual requerirá el uso de elementos de perforación adecuados y un control estricto del agua de lavado, longitud del tramo perforado y todos los otros factores que tengan influencia según la clase de roca que se esté perforando. La longitud de cada tramo por perforar para recobrar núcleos deberá estar limitada a un máximo de 1,5 m. Si se atasca o se acuña la broca o el comportamiento de la perforadora indica que el núcleo está siendo destruido, se deberá extraer la barrena inmediatamente, todo ello independientemente de la longitud que se haya perforado. Cuando se recobre menos del 85% de un tramo de un metro, la longitud del tramo por perforar a continuación deberá ser 50% menor, a menos que LA SUPERVISIÓN indique algo diferente.

Los núcleos deberán ser colocados en cajas metálicas debidamente identificadas de cinco compartimientos de un metro de largo cuyo diseño deberá ser aprobado por LA SUPERVISIÓN y deberán ser suministradas por El Contratista. Los núcleos deberán colocarse en la secuencia apropiada asegurando firmemente todos los fragmentos de roca. Los núcleos se deberán guardar, almacenar y conservar de acuerdo con lo establecido en la Norma ASTM D-2113 y deberán ser transportados por El Contratista dentro de las 24 horas siguientes a su obtención al sitio de almacenamiento localizado dentro del área de la obra e indicado por LA SUPERVISIÓN.

El Contratista deberá mantener registros de perforación precisos y completos en formatos aprobados por LA SUPERVISIÓN, de todos los huecos de exploración o de chequeo y de cualquier otro hueco en que LA SUPERVISIÓN exija este registro. Cada registro de perforación deberá ser entregado a LA SUPERVISIÓN al terminar un hueco y deberá incluir la descripción y la localización de las características especiales tales como venas, grietas, cizallamiento, roca blanda o fracturada, nivel freático, cambios de color en el agua recuperada, sitios donde se perdió o recobró el agua de perforación y cualquier otra característica que pueda contribuir a la descripción geotécnica del hueco perforado.

#### 10.3.3.3 Huecos para inyecciones de consolidación

El Contratista deberá ejecutar la perforación de los huecos para inyecciones de consolidación en el plinto de la presa con diámetro mínimo de 50 mm y como se muestra en los planos o como lo ordene LA SUPERVISIÓN.

#### 10.3.3.4 Huecos para la cortina profunda de inyecciones

La perforación de los huecos para la cortina profunda de inyecciones para la presa, se hará desde el plinto de la cara de hormigón y deberá ser efectuada a las profundidades mostradas en los planos o a las que LA SUPERVISIÓN ordene. La distribución y localización de las inyecciones se efectuará perforando e inyectando todos los huecos de inyecciones primarias dispuestas según lo mostrado en los planos o lo indicado por LA SUPERVISIÓN. En las zonas donde a juicio de LA SUPERVISIÓN se registren absorciones altas de lechada, se deberán hacer inyecciones a espaciamiento dividido perforando huecos para inyecciones secundarias, cuyas profundidades serán definidas por LA SUPERVISIÓN, quien también establecerá la necesidad, cantidad y la profundidad respectiva de inyecciones de refuerzo terciarias, cuaternarias, quinquarias, etc. que se requieran para lograr el cierre adecuado de vacíos.

La cortina de inyecciones está conformada por tres filas y podrá iniciarse una vez construido cada tramo del plinto. Se deberán perforar inicialmente las dos filas laterales de huecos para inyecciones primarias a las inclinaciones y con las profundidades indicadas en los planos o establecidas por LA SUPERVISIÓN. Las inyecciones se deberán efectuar desde el lecho del río hacia los estribos. Cuando se termine la perforación e inyección de las dos filas laterales de la cortina en un tramo de por lo menos 30 m, se deberá iniciar la perforación de los huecos de la fila central de la cortina de inyecciones de tal manera que siempre exista un desfase de 30 m entre la perforación e inyección de las filas exteriores y la interior.

#### 10.3.3.5 Huecos para inyecciones de contacto

Los huecos para inyecciones de contacto entre las superficies de roca y hormigón deberán penetrar por lo menos 10 cm en la roca. El Contratista deberá dejar tubería empotrada al colocar el hormigón, para pasar a través de ella la broca de perforación, si se requiere inyectar a través de hormigón reforzado o donde haya elementos metálicos empotrados. En el caso de hormigón sin refuerzo, se permitirá perforar el hormigón. Los huecos dejados por trabajos de inyección a través de hormigón, deberán rellenarse con hormigón o mortero, de acuerdo con lo indicado por LA SUPERVISIÓN, y la superficie del hormigón deberá ser reparada según lo establecido en el Capítulo 11 – Hormigón convencional -, en lo referente a la reparación de hormigón dañado o defectuoso.

Los huecos para inyecciones de contacto entre las superficies de roca y hormigón en el tapón del túnel de desviación, deberán ser perforados como se indique en los planos o como lo ordene LA SUPERVISIÓN.

Los huecos para las inyecciones de contacto entre las superficies de roca-hormigón en los sectores blindados de las obras subterráneas, deberán perforarse a través de los orificios que para este efecto tiene el blindaje. Para las inyecciones de contacto acero-hormigón, El Contratista deberá perforar los huecos a través de la lámina, en los sitios mostrados en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN y de acuerdo con las instrucciones de LA SUPERVISIÓN. Una vez finalizadas las inyecciones de contacto en los blindajes, El Contratista deberá sellar dichos huecos, colocando tapones de acero de acuerdo con los planos o las instrucciones de LA SUPERVISIÓN. No se hará medida ni pago por separado por concepto de tales perforaciones y taponamiento.

#### 10.3.3.6 Huecos para inyecciones de consolidación en excavaciones subterráneas.

La perforación de huecos para inyecciones de consolidación en el tapón del túnel de desviación, en la cámara de válvulas de la descarga de fondo, y en cualquier otra estructura subterránea donde lo ordene LA SUPERVISIÓN, deberá ser hecha con la localización y hasta las profundidades indicadas en los planos o exigidas por LA SUPERVISIÓN.

#### 10.3.3.7 Huecos para inyecciones radiales

El espaciamiento entre anillos y el número, longitud y dirección de las perforaciones en cada anillo para inyecciones radiales serán los mostrados en los planos o los indicados por LA SUPERVISIÓN.

La perforación de huecos para inyecciones radiales en el tapón del túnel de desviación, en la cámara de válvulas de la descarga de fondo y en cualquier otro sitio indicado por LA SUPERVISIÓN, deberá ser hecha hasta profundidades que no excedan de 40 m alrededor de los tapones.

#### 10.3.3.8 Huecos para inyecciones durante la excavación de obras subterráneas

Si durante las excavaciones se detectan zonas donde exista flujo apreciable de agua o se encuentran materiales inestables susceptibles de ser mejorados mediante la aplicación de inyecciones de lechada, de mortero, de compuestos químicos o de cualquier material estabilizante, LA SUPERVISIÓN indicará al Contratista el número, localización, espaciamiento, dirección, inclinación, profundidad y orden de las perforaciones de los huecos para inyecciones a ejecutarse antes o durante la excavación, los cuales dependerán de la naturaleza de la roca que vaya apareciendo en las mismas perforaciones.

#### 10.3.3.9 Huecos para drenaje

##### *Generalidades*

Los huecos de drenaje se deberán perforar en el orden y en la forma indicados por LA SUPERVISIÓN. A menos que LA SUPERVISIÓN indique algo diferente en el sitio, no se permitirá

la perforación de huecos de drenaje antes de 24 horas de haber terminado las operaciones de inyección en un radio de 20 m del hueco de drenaje que se propone perforar.

Cuando se necesite que los huecos de drenaje pasen a través de hormigón convencional o de hormigón proyectado, se le permitirá al Contratista empotrar tubería plástica en tal hormigón en el momento que se esté colocando, siempre y cuando se cerciore que están libres para drenar el agua de infiltración de la roca. El extremo exterior de las tuberías embebidas deberá recortarse cuidadosamente y colocarse a ras con las superficies expuestas del hormigón, salvo si se muestra en otra forma en los planos o lo indique LA SUPERVISIÓN. Todas las tuberías embebidas deberán mantenerse por lo menos a 2,5 cm del acero de refuerzo.

En el caso que uno o varios huecos de drenaje hayan sido perforados en cualquier área aprobada por LA SUPERVISIÓN y ésta ordene al Contratista inyectar la roca adyacente a tales huecos, El Contratista deberá tomar todas las precauciones para evitar que los huecos de drenaje se tapen con la lechada de las inyecciones. En el caso que LA SUPERVISIÓN compruebe que uno o varios huecos de drenaje han sufrido taponamientos con mezcla, éstos deberán perforarse nuevamente a satisfacción de LA SUPERVISIÓN y por cuenta del Contratista.

El Contratista instalará en aquellos huecos de drenaje donde lo requiera LA SUPERVISIÓN, tuberías plásticas ranuradas de un diámetro menor en un centímetro al diámetro del hueco correspondiente. La tubería plástica deberá tener ranuras longitudinales, cuyo número, espaciado, apertura y distribución deberán ser las mostradas en los planos o las indicadas por LA SUPERVISIÓN.

La tubería plástica será tubería PVC para drenaje que cumpla con la Norma ASTM D-2241, o similar, la cual deberá forrarse en toda su longitud con geotextil no tejido 1600 o equivalente. Toda la tubería plástica deberá ser aprobada por LA SUPERVISIÓN antes de su instalación.

En general, la desviación de cualquier hueco de drenaje de su posición en cualquier sitio, no deberá ser mayor de 10% de la longitud del hueco en ese sitio. Para los huecos de drenaje dentro del cuerpo de la presa, la desviación no deberá ser mayor del 5% de la longitud del hueco.

Para garantizar que los rumbos e inclinaciones de los huecos que se están ejecutando de acuerdo con el diseño, El Contratista deberá implementar un sistema de medición de desviaciones de los huecos para drenaje, tipo *Sperry Sun* o similar, ejecutando una serie de mediciones a lo largo del hueco, espaciadas a distancias no mayores de 15 m a lo largo del hueco, en uno de cada cinco huecos, a menos que LA SUPERVISIÓN estipule algo diferente. El Contratista deberá mantener registros de todas las mediciones de desviación ejecutadas en formatos aprobados por LA SUPERVISIÓN y suministrar copia de tales registros de manera inmediata a LA SUPERVISIÓN para que ésta compruebe la desviación del hueco y puedan ordenar la perforación adicional en caso de que la desviación del hueco no esté dentro del rango de tolerancia especificado. Cuando los resultados de tales comprobaciones indiquen una desviación que exceda la especificada, El Contratista deberá, si así lo indica LA SUPERVISIÓN, perforar un hueco adicional, a su costo, adyacente al hueco de drenaje que haya sido perforado fuera de línea. La perforación de tales huecos adicionales será ejecutada por y a cuenta del Contratista y a satisfacción de LA SUPERVISIÓN. El Contratista deberá contar con un número suficiente de equipos de medición de desviaciones, de tal manera que pueda atender cada frente de perforación de manera independiente e igualmente contará con un suministro de repuestos adecuado para dichos aparatos de tal manera que el proceso de perforación de huecos de drenaje no sufra interrupciones ni retrasos. El Contratista deberá instalar las tuberías plásticas en los huecos que indique LA SUPERVISIÓN. La implementación del sistema de medición de desviaciones no tendrá pago por separado y El Contratista no tendrá derecho a extensiones en el plazo por este concepto.

#### *Huecos de drenaje en la presa y rebosadero*

- Huecos de drenaje desde la superficie

El Contratista deberá perforar en la roca huecos de drenaje donde lo indique LA SUPERVISIÓN, con el fin de asegurar la estabilidad de los taludes naturales o conformados, para los fines de drenaje en las áreas que LA SUPERVISIÓN lo requiera de acuerdo con los diámetros, las profundidades e inclinaciones indicadas en los planos o exigidas por LA SUPERVISIÓN.

- Huecos de drenaje desde obras subterráneas

El Contratista deberá perforar en la roca huecos de drenaje desde las obras subterráneas con los diámetros, las inclinaciones, rumbos y en los sitios mostrados en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN. En caso de que sea requerido, tales huecos de drenaje deberán ser perforados o conformados a través del hormigón convencional o proyectado colocado previamente contra la superficie de la roca.

- Lagrimales a través de hormigón convencional y hormigón proyectado

El Contratista deberá ejecutar perforaciones a través del hormigón convencional o proyectado con un diámetro de 37 mm, como se muestra en los planos o lo indique LA SUPERVISIÓN. Las perforaciones deberán penetrar entre 30 cm y 50 cm en roca, según lo indique LA SUPERVISIÓN, y podrán tener una longitud máxima de 1,0 m.

#### 10.3.3.10 Huecos de exploración y de chequeo

Los huecos de exploración y de chequeo deberán tener un diámetro mínimo equivalente a la corona NQ. Se deberán perforar con barrena de doble tubo, broca de diamante y ensanchadores que permitan el recobro máximo posible de núcleos en los sitios y a las profundidades requeridas por LA SUPERVISIÓN y se deberán hacer tanto desde la superficie como desde obras subterráneas para conocer las características de los materiales existentes o verificar la efectividad de las operaciones de inyección. La profundidad de los huecos no excederá de 80 m. El Contratista suministrará los equipos completos, adecuados y necesarios para ejecutar las perforaciones dentro de los plazos exigidos por LA SUPERVISIÓN.

Antes de iniciar la perforación, cada taladro deberá contar con la aprobación de LA SUPERVISIÓN para lo cual será necesario que cada equipo tenga los elementos requeridos para perforar, en forma tal que se obtenga un recobro lo más completo posible.

El Contratista deberá entregar a LA SUPERVISIÓN a más tardar 24 horas después de terminada una perforación, copia del registro original de campo de los operadores, llevado diariamente durante la ejecución del mismo. Este informe deberá contener todos los datos referentes a tipo de taladro, barrenas y brocas utilizados, pérdidas de agua, número, profundidad y longitud de cada muestra así como todos los detalles referentes al desarrollo del trabajo.

Las muestras deberán sacarse cuidadosamente de la barrena y colocarse directamente sin alterar su posición relativa, en cajas metálicas construidas para tal fin, de acuerdo con lo estipulado en el numeral 10.3.3.2 de estas especificaciones.

Todas las marcas entre avances deberán ser claras y legibles. El Contratista deberá tener permanentemente cajas disponibles para almacenar las muestras.

Las perforaciones en roca deben hacerse en avances cortos; es decir, se debe cuidar de extraer la barrena a intervalos no mayores a 1,5 m a menos que se esté atravesando roca lo suficientemente sana y fresca, en la cual el porcentaje de recobro sea superior al 90%, en cuyo caso la longitud de cada avance puede ser igual a la longitud de la barrena que se esté utilizando. Si ocurre bloqueo, acunamiento o atascamiento en el frente de corte de la broca de perforación o dentro de la barrena, se debe extraer la barrena, así el avance haya sido demasiado corto, para evitar que ocurra desajuste o molimiento del testigo.

Cuando el recobro obtenido en un avance de la perforación sea inferior a 85% de la longitud perforada en dicho avance o cuando al volver a introducir la barrena se encuentre que en el fondo de la perforación se ha acumulado material de carga proveniente del derrumbamiento de las paredes de la perforación, se deberá proceder a retirar la barrena y a bajar la tubería de revestimiento hasta la profundidad alcanzada anteriormente y a retirar cualquier material de carga existente en el fondo de la perforación antes de introducir nuevamente la barrena para continuar la perforación.

Durante el período de ejecución de cada perforación se deberá leer la profundidad del nivel freático al empezar el primer turno de trabajo de cada día.

LA SUPERVISIÓN le podrá pedir al Contratista que perfore huecos de exploración en cualquier sitio dentro del área del proyecto donde se estén realizando los trabajos de inyección, o en cualquier otra zona de la obra.

#### 10.3.3.11 Huecos para instalación de instrumentos

Los huecos para instalación de instrumentos deberán llevarse a cabo de acuerdo con lo mostrado en los planos y con las indicaciones de LA SUPERVISIÓN. Todo el costo del suministro de equipos, materiales y mano de obra para la ejecución de estos huecos se medirá y pagará de acuerdo con lo estipulado en este capítulo.

#### 10.3.4 Pruebas con agua a presión

Cuando LA SUPERVISIÓN lo solicite, El Contratista deberá llevar a cabo pruebas con agua a presión en los huecos para inyección, en los de exploración y en los de chequeo a las profundidades y en la secuencia que indique LA SUPERVISIÓN con el fin de determinar la permeabilidad de la roca y la efectividad de las operaciones de inyección.

LA SUPERVISIÓN indicará las presiones a usar en las pruebas con agua a presión pero en general no excederán 10 bares. En los huecos de exploración y de chequeo El Contratista deberá llevar un monitoreo electrónico en tiempo real de la presión y el caudal de agua inyectado en las pruebas con agua a presión, con un equipo similar al empleado para las inyecciones de la presa. Igualmente deberá producir los registros impresos de los resultados de las pruebas ejecutadas en un formato aprobado por LA SUPERVISIÓN.

El Contratista deberá determinar periódicamente y registrar el nivel freático en la vecindad de un hueco que se va a probar hidrostáticamente, midiéndolo en aquel que se va a probar o en huecos vecinos que se hayan ejecutado para trabajos de inyección, en los huecos para las inyecciones y en todas las perforaciones de chequeo.

Las pruebas con agua a presión en una perforación parcial o total hecha en la roca, se deberán llevar a cabo en la siguiente forma:

- Inmediatamente antes de iniciar las pruebas con agua a presión, el hueco deberá limpiarse cuidadosamente con agua y aire con el fin de remover todos los sedimentos, rebabas de taladro, lodo y cualquier otra sustancia extraña. La operación de lavado deberá continuar hasta cuando el agua retorne completamente clara o se considere que la perforación se encuentra completamente limpia.
- Se deberán insertar y expandir empaques sencillos o dobles en el hueco según lo indique LA SUPERVISIÓN a la profundidad establecida por ésta.
- Se deberá bombear agua limpia en el hueco, entre uno y otro empaque, o entre un empaque y el fondo del hueco a través de las válvulas que se requieran para regular la presión del agua inyectada y el flujo.
- Las pruebas se deberán ejecutar a varias presiones, midiendo el caudal correspondiente a cada cambio de presión. Para cada cambio de presión, el bombeo de agua deberá continuarse hasta cuando el flujo de agua inyectada pueda mantenerse constante durante el tiempo que se especifica en la Cuadro 10.2, o como lo indiquen LA SUPERVISIÓN.

Se deberán utilizar los siguientes incrementos de presión y tiempo para medir el flujo de agua, donde la presión (P) será la que indique LA SUPERVISIÓN:

**CUADRO 10.2**

Presión (P)	Tiempo transcurrido (minutos)
P-1 = P/4	5
P-2 = P/2	5
P-3 = P	5
P-2 = P/2	5
P-1 = P/4	5

Cuando al probar un tramo de perforación se presente pérdida excesiva de agua durante la ejecución de una prueba con agua a presión, sin que se registre presión alguna en el manómetro y en el PC, se deberá suspender la prueba y proceder a inyectar la etapa de acuerdo con la curva GIN que LA SUPERVISIÓN indique para estos casos. Si los consumos de lechada son excesivos y aún no se registra presión alguna en el manómetro o en el PC, LA SUPERVISIÓN podrá dar por terminada la inyección al llegar al volumen límite preestablecido, o bien ordenar continuar con la inyección con una mezcla a la cual se le adicionará un aditivo expansor a fin de engrosar la mezcla hasta obtener rechazo a la presión y volumen indicados por LA SUPERVISIÓN, tal como se establece en el numeral 10.3.6.1.

### 10.3.5 Conexiones para inyecciones

#### 10.3.5.1 Tubería para inyecciones

Si El Contratista lo requiere o LA SUPERVISIÓN lo ordena, en cualquier hueco para inyecciones se empotrará en el hormigón y en la roca un tubo metálico de longitud no inferior a 0,50 m y de un diámetro no menor a 75 mm, roscado en su extremo exterior de manera que permita perforar los huecos para inyecciones con el diámetro establecido en el numeral 10.3.3. Este tubo se anclará al hormigón y la roca mediante la inyección de una lechada con proporción 0,4:1 o con mortero en volumen.

El Contratista colocará tubería metálica en fuentes de agua, grietas, materiales de relleno, vetas o cualesquiera otras imperfecciones de la roca, según lo indique LA SUPERVISIÓN, de manera que se pueda inyectar a través de tales tubos. Los tubos que se coloquen en el hormigón deberán terminar por lo menos 10 cm dentro de la superficie; se deberá añadir al tubo para inyecciones una unión corriente y un niple forrado en papel con el fin de facilitar su remoción una vez aplicadas las inyecciones; el niple deberá sobresalir del hormigón por lo menos 10 cm.

Los espacios que queden entre los tubos para inyecciones y la roca o el hormigón en los que estén empotrados, deberán sellarse cuidadosamente con lechada u otro material apropiado con el fin de evitar la entrada de mortero u otras sustancias extrañas antes de aplicar las inyecciones. Los tubos que se aflojen a causa de anclajes inadecuados o por negligencia del Contratista deberán ser reemplazados por éste a su costa.

Todos los tubos y accesorios que se vayan a empotrar en hormigón deberán limpiarse de manera que queden completamente libres de suciedad, grasa o lechada inmediatamente antes de empotrarlos en el hormigón. Los tubos y accesorios deberán ensamblarse y colocarse cuidadosamente; asimismo, deberán asegurarse firmemente en su posición final y protegerse contra deterioro mientras se coloca el hormigón.

#### 10.3.5.2 Conexiones para inyecciones

Se considera como conexión para inyección la actividad relacionada con el suministro e instalación de los accesorios necesarios para el lavado y para la inyección en un hueco tales como tuberías, mangueras, tapones, empaques y acoples, así como los medidores de flujo y los manómetros, todo de acuerdo con lo especificado.

Se considera conexión para inyección solamente la que se efectúa en los huecos para inyección y en los huecos de exploración y de chequeo que sean probados e inyectados según lo indique LA SUPERVISIÓN, incluyendo aquellos que no tomen lechada. La conexión para inyección cubre toda la actividad en los huecos indicados relacionada con el suministro e instalación de la tubería y accesorios para inyección y se considera una sola conexión para cada hueco, aunque El Contratista por su propia voluntad, por indicación de LA SUPERVISIÓN, por falta de equipo o por suspensión de las actividades de inyección, haya retirado la tubería y accesorios de un hueco y según indicaciones de LA SUPERVISIÓN sea necesario volver a inyectar en dicho hueco o rellenar en toda su longitud un hueco determinado. Se considera solamente una conexión por cada hueco de inyección de exploración y de chequeo independientemente del número de etapas, de la longitud, del número de empaques, del consumo de mezcla, del número de pruebas con agua a presión, del número de veces que El Contratista tenga que conectar los equipos de inyección a cada hueco, o de cualquier otro factor que prolongue las actividades de inyección en un hueco determinado. El Contratista deberá estar preparado para ejecutar inyecciones simultáneas hasta en tres huecos por los cuales se estén presentando resurgencias

de lechada proveniente de un hueco que está siendo inyectado. Para tal fin deberá contar con el equipo y accesorios necesarios para llevar a cabo dicha operación, incluyendo bifurcaciones metálicas y bombas de inyección que garanticen la presión de inyección en cada uno de los huecos inyectados en forma simultánea.

### **10.3.6 Inyecciones a Presión**

#### 10.3.6.1 Generalidades

LA SUPERVISIÓN dirigirá y supervisará todos los trabajos relacionados con la aplicación de inyecciones a presión y podrán ordenar la utilización de resinas y/o mezclas químicas para ejecutar las inyecciones.

LA SUPERVISIÓN podrá exigir al Contratista que use las técnicas de inyección por etapas o de inyección con empaques, dependiendo de las condiciones de la roca o de los resultados de inyecciones realizadas anteriormente en una zona dada.

Las inyecciones de la cortina profunda y de las inyecciones de consolidación de la presa, se efectuarán empleando el método GIN (Grouting Intensity Number) tal como se describe en el numeral 10.2.2.23.

El criterio de terminación o número GIN para las inyecciones será el indicado por LA SUPERVISIÓN después de efectuar las pruebas iniciales y podrá variar durante las operaciones de inyección. En general, la inyección de un hueco o etapa será considerada terminada cuando la trayectoria de inyección del gráfico Presión vs Volumen alcance la curva GIN especificada para la etapa con un caudal de bombeo menor a 5,0 l/min, correspondiente a la mínima velocidad práctica del equipo de bombeo. Sin embargo, se podrán presentar condiciones especiales que requieran ser inyectadas con mezclas, presiones o volúmenes diferentes a los establecidos en el criterio general GIN, para lo cual LA SUPERVISIÓN indicará al Contratista en el sitio los parámetros a utilizar para estos casos especiales. Igualmente, si LA SUPERVISIÓN lo estima conveniente, podrá ordenar la suspensión temporal de la inyección hasta el fraguado de la lechada, sin que esta situación sea motivo de reclamación del Contratista.

Cuando se haya terminado de perforar un grupo de huecos, El Contratista deberá probar con agua a presión los huecos que indique LA SUPERVISIÓN, en secciones aisladas o en la totalidad perforada de cada hueco. La prueba con agua a presión se deberá llevar a cabo según lo estipulado en el numeral 10.3.4.

#### *Lavado con agua a presión*

Inmediatamente antes de iniciar la aplicación de inyección en una etapa de un hueco, tal etapa deberá ser limpiada usando aire y agua a presión a través de un tubo de diámetro aproximadamente igual a la mitad del diámetro de la perforación y que se extienda hasta el fondo de la etapa. Toda la roca descompuesta y material blando que se encuentre deberá ser lavado con agua y aire a presión para remover tanto material como sea posible. Tal material podrá ser expulsado de uno o más huecos por medio de agua y aire introducido bajo presión en un hueco adyacente.

Las operaciones de inyección para cualquier hueco se deberán empezar después de limpiar el hueco con aire y agua a presión por un período de tres minutos a cinco minutos. Durante esta operación que está comprendida dentro de la actividad denominada lavado con agua a presión, El Contratista deberá efectuar la medición del consumo de agua durante cada minuto. El Contratista podrá ejecutar los lavados a presión utilizando empaque sencillo, lo que le permitirá independizar esta actividad de las inyecciones posteriores.

Aquellos huecos en los cuales no se pueda levantar la presión requerida durante el lavado con agua a presión se deberán lavar por un período de tres minutos a cinco minutos, o por un período de tiempo que a juicio de LA SUPERVISIÓN sea suficiente para remover el relleno de las fracturas.

#### *Proporción de mezclas*

Por lo menos 60 días calendario antes de iniciar el programa de inyecciones, El Contratista deberá bajo la supervisión y dirección de LA SUPERVISIÓN, llevar a cabo el diseño y prueba de inyección en campo de las mezclas de lechadas y morteros que se utilizarán en las inyecciones. El diseño de las mezclas se hará mediante la ejecución de mezclas de prueba utilizando los mismos equipos que empleará durante los trabajos de inyección para la preparación de las mezclas en los cuales se variarán las proporciones de los componentes de tal forma que se obtengan mezclas estables (exudación de 5% antes de 2 horas) durables (mínima resistencia a la compresión de 90 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días de edad y de 130 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de edad) y adecuadamente fluidas, de acuerdo con tiempos mínimos de fluidez medidos con el cono Marsh y establecidos por LA SUPERVISIÓN. Adicionalmente se efectuarán ensayos para determinar la densidad de la mezcla, la cohesión, los tiempos de fraguado inicial y final y la compatibilidad cemento-aditivo. El Contratista deberá suministrar todos los materiales, el personal y el equipo necesarios para la ejecución de estos ensayos, para lo cual no habrá medida ni pago por separado.

El tiempo de mezclado será por lo menos de 1,5 minutos a partir del momento en que se hayan colocado todos los materiales en el mezclado. La mezcla se deberá mantener permanentemente en suspensión homogénea mediante el uso de los agitadores mecánicos hasta que termine la inyección. La proporción de mezcla para la lechada variará en general entre 0,6:1,0 y 0,8:1,0 (agua: cemento por peso) y para el mortero entre 1:1:1 y 1:1:3 (agua: cemento: arena). De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas ejecutadas para la evaluación y comportamiento de las mezclas de inyección, LA SUPERVISIÓN definirá el tipo y los porcentajes de superplastificante a emplear en las mezclas seleccionadas.

LA SUPERVISIÓN podrá considerar la posibilidad de utilizar mezclas químicas para ejecutar las inyecciones, si las condiciones geológicas así lo exigen. En este caso El Contratista deberá realizar tales inyecciones de acuerdo con los procedimientos y equipos establecidos para el tipo de resina y/o mezcla química que se decida utilizar. El único pago que reconocerá LA SUPERVISIÓN por este cambio será el reembolso del valor de las resinas y/o mezclas químicas al precio real de suministro en el sitio donde estas se utilicen.

#### *Inyección con empaques*

Cuando se use el procedimiento de inyección con empaques se deberá fijar un empaque en el extremo inferior del tubo de suministro de mezcla; luego se deberá insertar dicho tubo en el hueco perforado haciéndolo llegar hasta la profundidad prescrita por LA SUPERVISIÓN, donde se deberá expandir el empaque y a continuación se deberá aplicar la inyección hasta el límite GIN seleccionado, dejando el empaque expandido el tiempo necesario para disipar cualquier contrapresión de la etapa; luego se repetirá la operación hasta completar la inyección en toda la longitud del hueco. De acuerdo con el desarrollo de la inyección de una etapa cualquiera, LA SUPERVISIÓN podrá ordenar esperar el fraguado de la lechada antes de continuar con la siguiente etapa.

A menos que LA SUPERVISIÓN indique lo contrario, la longitud de cada una de las etapas inyectadas con empaques deberá ser de 5,0 m. Normalmente la inyección deberá progresar desde el fondo hacia la superficie, pero cuando se presente inestabilidad o derrumbe continuado de uno o más huecos debido a las malas condiciones del material, LA SUPERVISIÓN podrá solicitar al Contratista, o éste podrá proceder con la aprobación de LA SUPERVISIÓN, la inyección desde la boca del hueco o de la etapa en la cual se presentó la inestabilidad hacia abajo.

#### *Inyección por etapas*

En las inyecciones por etapas, El Contratista deberá limpiar la primera etapa del hueco para inyección, lavando o reperfando nuevamente tan pronto como la mezcla en la roca adyacente al hueco haya fraguado suficientemente como para que no se lave con el agua de perforación. Toda reperfación que se necesite para despejar una etapa en el hueco antes de perforar la siguiente etapa deberá ser hecha por El Contratista a su propio costo y a satisfacción de LA SUPERVISIÓN, salvo en los casos en que se deje fraguar la lechada por orden de LA SUPERVISIÓN.

*Aplicación de las mezclas*

En general los huecos para las inyecciones de la cortina profunda y las cortinas de consolidación de la presa se inyectarán con una sola mezcla empleando el método GIN.

Para todas las etapas, la inyección debe iniciarse a caudales bajos, entre 5,0 l/min y 10 l/min, observando la presión en la pantalla del PC. Si se obtienen presiones altas desde el principio, la inyección deberá continuarse a bajo ritmo de bombeo hasta alcanzar la curva GIN límite. Si por el contrario, se observa un registro bajo de presión desde el principio, El Contratista podrá aumentar gradualmente el ritmo de bombeo hasta valores máximos de 20 l/min. En ningún caso deberá aumentarse el ritmo de bombeo cuando se observe aumento de presión. Cuando la trayectoria de inyección del gráfico Presión vs Volumen indique que se aproxima el fin de la aplicación de mezcla en la etapa, El Contratista deberá reducir el ritmo de bombeo de tal forma que la terminación automática de la inyección se produzca a caudales de 5,0 l/min o según lo indique LA SUPERVISIÓN. LA SUPERVISIÓN definirá las condiciones en las que se debe esperar el fraguado de una etapa terminada antes de continuar con la siguiente. Por lo general, la aplicación de lechada en la siguiente etapa podrá iniciarse una vez se verifique que no hay contrapresión de la etapa recientemente inyectada.

Cuando en la inyección de una etapa se alcance el límite de volumen especificado a muy baja presión, indicativo de la presencia de fracturas muy abiertas en la fundación, LA SUPERVISIÓN definirá al Contratista la acción a tomar: dar por terminada la inyección, dejar fraguar la lechada y continuar con la siguiente etapa; continuar con la inyección con la adición de un aditivo expansor hasta obtener una presión y volumen indicados por LA SUPERVISIÓN o suspender temporalmente el bombeo y lavar el hueco para una nueva aplicación posterior en la misma etapa.

En general las intensidades GIN variarán entre 1000 bar-l/m y 5000 bar-l/m y las presiones máximas no excederán 30 bares. Los consumos límites variarán por lo general entre 200 l/m y 1000 l/m pero LA SUPERVISIÓN podrá ordenar la continuación de las inyecciones que estime conveniente, como se indicó en el numeral 10.3.6.1.

Si durante la inyección de un hueco se observa que la mezcla sale por la superficie de la roca o del hormigón, ya sea en superficies de excavaciones subterráneas, en corte abierto o del terreno natural, tales escapes o resurgencias deberán ser taponados o calafateados por cuenta del Contratista según lo indique LA SUPERVISIÓN, sin detener el proceso de inyección o haciéndolo brevemente mientras se ejecuta el calafateo. Si las resurgencias persisten o son de un caudal tal que el calafateo resulta infructuoso, LA SUPERVISIÓN podrá ordenar la suspensión del proceso de inyección durante el tiempo que se requiera para que al reiniciar la inyección, hasta que hayan cesado tales resurgencias de lechada. Como medida de seguridad contra desplazamientos de la roca, especialmente cuando se inyecta cerca de la superficie, LA SUPERVISIÓN podrá exigir la reducción de la presión de bombeo, el bombeo intermitente o la suspensión temporal del bombeo sin que estas operaciones representen ningún extracosto para EL PROPIETARIO.

Si durante el monitoreo de las inyecciones mediante computador, las gráficas indican fracturamiento hidráulico definido como una caída brusca y permanente de la presión y un aumento súbito del caudal, la inyección deberá ser suspendida y El Contratista deberá informar de inmediato a LA SUPERVISIÓN. Seguidamente la inyección se podrá reanudar a una presión bajo unos parámetros GIN diferentes; si se observa un nuevo fracturamiento antes de que la trayectoria de inyección alcance la línea límite seleccionada, la inyección de la etapa se debe terminar dejando fraguar la lechada para luego continuar con la siguiente etapa.

Si durante la inyección de cualquier hueco se observa que la mezcla fluye por uno o más huecos adyacentes, El Contratista deberá conectar en forma inmediata dicho(s) hueco(s) simultáneamente con el primero. Para tales circunstancias El Contratista deberá estar preparado para inyectar simultáneamente hasta un total de cuatro huecos tomando las precauciones para evitar daños a la roca con las altas presiones resultantes. Si hubiere escapes importantes en huecos adicionales, éstos deberán taponarse temporalmente y luego, antes de que fragüe la mezcla deberán inyectarse a las presiones requeridas.

Durante la inyección El Contratista deberá tomar todas las precauciones para evitar que el equipo y los circuitos de inyección se obstruyan inyectando periódicamente agua al sistema.

El criterio de cierre para la terminación de las inyecciones en un sector determinado de la fundación será indicado por LA SUPERVISIÓN y podrá variar durante las operaciones de la inyección.

#### 10.3.6.2 Inyecciones de consolidación

Las inyecciones de consolidación en la fundación del plinto de la presa o en cualquier otra parte de la obra, se realizarán siguiendo los criterios establecidos en el numeral 10.3.6.1 de este capítulo. La localización exacta, profundidad y secuencia de inyección serán establecidas por LA SUPERVISIÓN.

LA SUPERVISIÓN definirá los parámetros GIN de las inyecciones de consolidación. Estos valores podrán variar de acuerdo con los resultados de las pruebas de campo y las condiciones de la roca de fundación encontradas.

#### 10.3.6.3 Cortina profunda de inyecciones

Las inyecciones para la cortina profunda de la presa se efectuarán empleando el método GIN con base en las curvas y parámetros establecidos por LA SUPERVISIÓN.

La aplicación de la inyección se deberá llevar a cabo en la secuencia indicada en los planos o establecida por LA SUPERVISIÓN. La secuencia, parámetros y métodos de inyección descritos en este capítulo pueden ser variados por LA SUPERVISIÓN durante el progreso de la obra con el fin de ajustar los trabajos a las condiciones de la roca de fundación.

Cuando en una perforación se pierda el agua o se encuentre flujo artesiano, el hueco deberá ser inyectado en una o más etapas como lo determine LA SUPERVISIÓN y en las profundidades donde se haya perdido el agua o se haya encontrado flujo a presión.

LA SUPERVISIÓN definirá los criterios para la ejecución de huecos secundarios, terciarios, etc., y el criterio de cierre para la terminación de las inyecciones en un sector determinado de la fundación. Estos criterios podrán ser variados por LA SUPERVISIÓN durante la construcción de acuerdo con las condiciones encontradas. Estos cambios no darán derecho al Contratista a compensación alguna ni a aumento en los plazos de construcción.

La separación de los huecos primarios en la fila de la cortina profunda podrá variar de acuerdo con los resultados que se obtengan a medida que progresen los trabajos. El Contratista no tendrá derecho a compensación alguna ni aumento en los plazos de construcción en razón de tales cambios.

En caso que LA SUPERVISIÓN lo juzgue necesario, se podrán ordenar inyecciones profundas desde superficie. Los huecos para inyecciones profundas deberán ser inyectados utilizando el método de inyección por empaques con la separación y ubicación que indique LA SUPERVISIÓN. En el proceso de inyección deberán ser utilizados los criterios establecidos en el numeral 10.3.6.1 de este capítulo. Los huecos desde superficie deberán ser inyectados con los parámetros límites que indique LA SUPERVISIÓN.

#### 10.3.6.4 Inyecciones de contacto

Las inyecciones de contacto se realizarán con el objeto de llenar todos los espacios vacíos existentes entre el hormigón y la superficie de roca, o entre el hormigón de primera etapa y el hormigón de segunda etapa o entre el hormigón y el acero en zonas de blindaje. En los sitios previamente establecidos durante las operaciones de colocación del hormigón de revestimiento y de acuerdo con lo mostrado en los planos y con las indicaciones de LA SUPERVISIÓN se colocarán tubos para aplicar las inyecciones.

LA SUPERVISIÓN establecerá en la obra la proporción de la mezcla de lechada o mortero que deba aplicarse en las inyecciones de contacto, la cual no se dará por terminada mientras que en opinión de LA SUPERVISIÓN no se hayan llenado totalmente, todos los espacios vacíos. En general la inyección de contacto no será considerada completa hasta que el hueco rechace a la presión máxima establecida por LA SUPERVISIÓN, con un caudal de bombeo menor de 2,0 /min

La presión máxima para aplicar las inyecciones de contacto entre la roca y el hormigón de revestimiento será definida por LA SUPERVISIÓN y deberá estar comprendida entre 1,0 kg/cm<sup>2</sup> y 5,0 kg/cm<sup>2</sup>.

La lechada y las proporciones de la mezcla que se usarán para las inyecciones de contacto serán definidas por LA SUPERVISIÓN.

Las inyecciones de contacto entre el blindaje y el hormigón deberán hacerse siguiendo las instrucciones para su aplicación y utilizando las presiones que indique LA SUPERVISIÓN.

Las inyecciones de contacto entre el hormigón de revestimiento y la superficie de roca se deberán iniciar conectando los tubos de suministro de mezcla a los huecos localizados en los sitios más bajos y con los huecos restantes abiertos y libres de obstrucciones.

Posteriormente, se deberá inyectar mezcla en los espacios vacíos hasta cuando el hueco no admita más mezcla a la presión requerida por LA SUPERVISIÓN. Si durante la aplicación de las inyecciones la mezcla fluye a través de un hueco abierto, y esta mezcla es de consistencia similar a la de la inyectada, este hueco abierto deberá taparse. Cuando un hueco no admita la mezcla inyectada en la forma especificada deberá cerrarse por medio de una válvula de cierre o por cualquier otro método aprobado, y el tubo de suministro deberá conectarse al hueco inmediatamente superior o al hueco de que indique LA SUPERVISIÓN. Después de haber terminado la aplicación de inyecciones en un hueco, deberá cerrarse la válvula hasta cuando la mezcla haya endurecido suficientemente y sea retenida en el hueco.

Cuando se haya vaciado el hormigón por detrás del blindaje de acero, LA SUPERVISIÓN llevará a cabo ensayos con instrumentos apropiados a fin de determinar si existen o no espacios vacíos entre el blindaje de acero y el hormigón. Cualquier espacio vacío hallado por LA SUPERVISIÓN deberá llenarse con lechada a través de huecos perforados en el blindaje de acero que intercepten los vacíos. Estos huecos deberán perforarse y roscarse adecuadamente, en forma tal que los nipples para la lechada puedan ser fijados de acuerdo con las instrucciones de LA SUPERVISIÓN. En cada espacio vacío se aplicarán inyecciones de lechada a presiones que no excedan de 2,0 kg/cm<sup>2</sup> hasta cuando la lechada fluya a través de un segundo hueco debidamente localizado de manera que sirva como conducto de ventilación. Cuando el espacio vacío se haya llenado con lechada a satisfacción de LA SUPERVISIÓN, el hueco de ventilación deberá taponarse hasta cuando la lechada haya fraguado.

LA SUPERVISIÓN podrá variar los procedimientos de aplicación de las inyecciones de contacto de acuerdo con las condiciones encontradas para lograr que el mayor número de vacíos entre el hormigón y la roca o entre los hormigones de primera y segunda etapa queden completamente llenos con la mezcla. Todos los huecos perforados a través de hormigón y toda la tubería embebida en el hormigón con el fin de aplicar las inyecciones de contacto, deberán ser llenados posteriormente con mortero.

#### 10.3.6.5 Inyecciones de consolidación

Las inyecciones de consolidación se llevarán a cabo usando una mezcla única cuya relación agua-cemento será la que indique LA SUPERVISIÓN. Los parámetros de las inyecciones de consolidación en las obras subterráneas serán definidos por LA SUPERVISIÓN.

#### 10.3.6.6 Inyecciones radiales

Las inyecciones radiales se deberán efectuar siguiendo los criterios establecidos en el numeral 10.3.6.1 de este capítulo.

#### 10.3.6.7 Inyecciones durante excavación de obras subterráneas

Si al ejecutar las perforaciones piloto o de exploración se encuentra que interceptan zonas en que haya flujo apreciable de agua, o se encuentran materiales inestables susceptibles de ser mejorados mediante la aplicación de inyecciones, LA SUPERVISIÓN podrá ordenar al Contratista que inyecte mezcla a presión en perforaciones piloto o de chequeo y, si es el caso, que perfore e inyecte mezcla en nuevos huecos a fin de reducir el flujo de agua o de mejorar la estabilidad de los materiales por excavar.

Las proporciones de las mezclas a inyectar serán definidas por LA SUPERVISIÓN, quien también establecerá la necesidad de usar arena o compuestos químicos.

Una vez terminada la aplicación de inyecciones en un frente de excavación, se deberá demorar la excavación del tramo siguiente hasta cuando la lechada haya fraguado suficientemente como para que no sea expulsada de los huecos. El Contratista no tendrá derecho a compensación adicional o prórroga de los plazos por causa de este requerimiento.

#### 10.3.6.8 Inyecciones de huecos de exploración y de chequeo

La inyección de los huecos de exploración y de chequeo que ordene LA SUPERVISIÓN se deberá efectuar siguiendo los criterios establecidos en el numeral 10.3.6.1 de este capítulo. En la inyección de los huecos de chequeo se deberán tener en cuenta los mismos criterios utilizados en las distintas etapas de la inyección de los huecos. En todas las etapas de inyección de los huecos de exploración y de chequeo se deberán efectuar pruebas con agua a presión, según lo especificado en el numeral 10.3.4 de este capítulo.

#### 10.3.6.9 Inyecciones de juntas

El Contratista deberá dejar sistemas de tubería delgada, de un diámetro interior no menor a 25 mm, embebida en el hormigón para inyectar las juntas de contracción en los sitios mostrados en los planos o donde lo indique LA SUPERVISIÓN.

La inyección se deberá hacer con lechada aplicada en tal forma que pase directamente a la junta y la llene por completo.

No menos de 60 días antes de iniciar la construcción de estructuras donde se requieran inyecciones de juntas, El Contratista deberá presentar, para aprobación de LA SUPERVISIÓN, el diseño completo del sistema de inyección de juntas.

Los tubos para esta inyección deberán marcarse claramente para identificar el sistema y el circuito de los cuales forman parte. Todas las conexiones a la superficie deberán marcarse con rótulos plásticos y con los números y letras de identificación indicados por LA SUPERVISIÓN.

Cada circuito de un sistema de inyección de juntas deberá limpiarse con aire a presión o por cualquier otro método aprobado por LA SUPERVISIÓN, después de su instalación y antes de colocar hormigón a su alrededor. La limpieza se deberá llevar a cabo hasta que todo el circuito se encuentre completamente libre de obstrucciones. Los tubos iniciales de los circuitos deberán cubrirse con tapas adecuadas para evitar la entrada de cualquier sustancia extraña hasta que se utilicen para hacer pruebas con agua a presión y para inyectar las juntas.

Las juntas deberán inyectarse con lechada de cemento a una presión máxima de 3,0 Kg/cm<sup>2</sup>. En el momento que se vaya a inyectar la lechada que se use y la presión que se aplique, serán determinadas por LA SUPERVISIÓN.

Antes de inyectar una junta, ésta se deberá lavar con aire y agua a presión. Todas las infiltraciones accesibles que se descubran antes de la inyección deberán ser calafateadas o detenidas en forma satisfactoria. La lechada deberá inyectarse en el sistema hasta que se renueve toda el agua y el aire y aparezca la lechada a la presión con que se esté bombeando por las salidas de la ventilación. Las líneas de ventilación deberán entonces cerrarse y la presión final deberá mantenerse hasta que la contrapresión de la lechada se haya disipado.

#### 10.3.7 Registros

El Contratista deberá llevar registros de las pruebas con agua en las perforaciones para inyección, de las cantidades de materiales y los recursos utilizados y de cualquier otro dato resultante de las actividades de perforación e inyección, y deberá tenerlos disponibles para cuando los solicite LA SUPERVISIÓN. La presencia de un inspector enviado por LA SUPERVISIÓN para llevar registros de las operaciones de perforación e inyección no exonerará al Contratista de su obligación de llevar todos los registros antes mencionados.

### **10.3.8 Reparación y limpieza**

El Contratista deberá proporcionar los medios adecuados para evacuar y retirar toda la mezcla sobrante en las operaciones de inyección y deberá limpiar y restaurar a su estado inicial todas las superficies de hormigón por las cuales haya corrido la mezcla.

Después de terminar las inyecciones, El Contratista deberá sacar todos los accesorios removibles de las tuberías embebidas en el hormigón. Los huecos para tales conexiones deberán rellenarse y terminarse como se especifica en el Capítulo 11 para la reparación de hormigón dañado o defectuoso.

## **10.4 MEDIDA Y PAGO**

### **10.4.1 Generalidades**

La parte de la obra por ejecutar a los precios unitarios de los ítems 11 de la Lista de Cantidades y Precios consistirá en la ejecución de todo lo requerido para llevar a cabo las inyecciones a presión y los huecos de drenaje, de exploración y de chequeo y deberá incluir el suministro de todos los materiales instalaciones, equipo y mano de obra necesarios para completar esta parte de la obra y todos los trabajos relacionados con la misma, que no tendrán medida ni pago por separado.

### **10.4.2 Trabajos que tendrán medida y pago por separado**

Los siguientes trabajos que se deben realizar para completar esta parte de la obra se medirán y pagarán según se establece a continuación:

Suministro de materiales, elaboración y colocación de hormigón convencional, según lo especificado en el Capítulo 11.

Suministro de materiales, elaboración y colocación de hormigón proyectado según lo especificado en el Capítulo 9.

Ejecución desde excavaciones subterráneas de huecos piloto, según lo especificado en el Capítulo 4.

Las perforaciones para la instalación de pernos, barras de anclaje y de tendones de anclaje, según lo especificado en el Capítulo 8.

Suministro e instalación de pernos y barras de anclaje, las cuales se pagarán según lo especificado en el Capítulo 8.

Suministro e instalación de instrumentación geotécnica según lo especificado en el Capítulo 14.

Suministro e instalación de malla metálica, según lo especificado en el Capítulo 13.

A menos que LA SUPERVISIÓN ordene lo contrario, la cortina de inyecciones profundas en el área de la presa será ejecutada desde el plinto y bajo los ítems de pago especificados en este capítulo.

### **10.4.3 Trabajos que no tendrán medida ni pago por separado**

No habrá medida ni pago por separado por las siguientes partes de la obra relacionadas con las inyecciones a presión y huecos de drenaje cuyo costo deberá estar incluido en los precios unitarios de los ítems 11 cotizados por El Contratista.

Todas las operaciones y materiales para las inyecciones de contacto e inyecciones de juntas de acuerdo con lo especificado en el numeral 10.3.6.

El suministro de equipos adicionales mencionado en el numeral 10.3.2.2 de este capítulo para ejecutar las perforaciones para inyecciones y drenajes.

Todo el equipo, materiales y mano de obra requeridos para la elaboración de las mezclas de prueba y los ensayos de campo establecidos en el numeral 10.3.6.1 para el diseño de las mezclas de lechada y mortero.

Los computadores, sistemas de computación y todo el sistema de automatización requerido para llevar el control de los parámetros de las inyecciones por el método GIN, para las inyecciones de la cortina profunda y de consolidación de la presa y para los ensayos con agua a presión.

La limpieza, identificación y protección de los huecos de inyecciones y de drenaje.

Todas las operaciones de lavado con agua a presión.

Las conexiones para pruebas con agua a presión y las conexiones para inyecciones de contacto y de juntas.

La mezcla desperdiciada por El Contratista o rechazada por LA SUPERVISIÓN.

Los aditivos utilizados por El Contratista para su propia conveniencia aunque el uso de tales materiales haya sido aprobado por LA SUPERVISIÓN.

Las uniones utilizadas para la instalación de tuberías plásticas en los huecos de drenaje.

El equipo, los aditamentos y el personal necesarios para la medición de los rumbos e inclinaciones de las perforaciones para inyecciones y drenajes ejecutadas y la comprobación de que dichas perforaciones se ejecutaron de acuerdo con los rumbos e inclinaciones de las de diseño.

Todos los huecos que sufran desviaciones mayores que las especificadas en este capítulo o aquellos que deban abandonarse por taponamientos, derrumbes o cualquier otra causa imputable al Contratista.

Huecos de drenaje que sean necesarios reperfilar o reemplazar por haberse obstruido por trabajos de inyección realizados en las vecindades de huecos de drenaje perforados previamente.

Todos los trabajos necesarios para evacuar las aguas, mezclas o lodos que retornen de las perforaciones durante el proceso mismo de la perforación o durante las pruebas de agua a presión o el lavado de los huecos.

Todos los trabajos para calafatear adecuadamente las fugas de lechada que se produzcan a través de fisuras en la roca o en el hormigón proyectado o de juntas de construcción en el hormigón convencional o de terreno natural, en superficies en corte abierto o subterráneas.

La identificación de cajas metálicas, empaque, manejo y transporte de las muestras recuperadas en los huecos de exploración y de chequeo y para ensayos de mecánica de rocas.

Todos los demás trabajos que deberá ejecutar El Contratista para cumplir lo especificado en este capítulo y que no son objeto de ítems separados de pago.

#### **10.4.4 Requisitos para la medida y pago**

LA SUPERVISIÓN autorizará la medida y pago de los ítems enumerados en la Sección 10.5, cuando El Contratista haya completado a satisfacción de LA SUPERVISIÓN y todo de acuerdo con estas especificaciones, los siguientes trabajos.

Entrega de los registros de inyección, de pruebas con agua a presión, de las cantidades de materiales utilizados de cada uno de los huecos para inyección ejecutados.

Cumplimiento de lo indicado en este capítulo, planos y las instrucciones de LA SUPERVISIÓN respecto al rumbo e inclinación, profundidad, longitud, diámetro de los huecos para las perforaciones para inyecciones y drenajes.

#### 10.4.5 Medida

La medida para el pago de los ítems 10.1 a 10.5 de la Lista de cantidades y precios será el número de metros lineales de perforación ejecutados a satisfacción de LA SUPERVISIÓN.

La perforación de huecos para inyecciones con equipo de rotación o percusión será medida por el número de metros lineales perforados a satisfacción de LA SUPERVISIÓN conforme a lo establecido en el numeral 10.4.4 de esta sección.

Donde se requiera perforar de nuevo en un hueco para inyección en el cual la mezcla se ha dejado fraguar por indicación de LA SUPERVISIÓN, el 50% de la longitud total en metros lineales reperfectorados será añadida a la longitud inicial medida para el pago. Donde El Contratista conforme huecos para inyección mediante el empotramiento de tuberías en el hormigón, la longitud de huecos así conformada será incluida en la medida para pago, pero no se hará medida adicional o pago para cualquier sistema utilizado para conformar el hueco en lugar de perforar.

La perforación de huecos para extraer núcleos en huecos de chequeo y exploración a las profundidades ordenadas, será medida como se establece en el numeral 10.4.4 de esta sección.

Las tuberías para revestimiento y drenaje, forradas en geotextil cuando LA SUPERVISIÓN lo solicite, para instalar en huecos de drenaje, perforaciones de chequeo, exploración, piloto y dentro del cuerpo de la presa, serán medidas por el número de metros lineales de tubería instalada, a satisfacción de LA SUPERVISIÓN.

La arena para inyecciones será medida por el número de toneladas de arena seca utilizada para inyecciones de acuerdo con las órdenes de LA SUPERVISIÓN.

La medida para pago de las conexiones para inyecciones incluyendo las conexiones de los huecos perforados y probados hidrostáticamente que no reciban las inyecciones, será hecha por el número de conexiones para inyección hechas a los huecos de chequeo, de exploración y de inyección. Dicha medida será hecha solamente una vez para cada hueco al cual El Contratista conecte realmente el equipo para inyecciones e inyecte mezcla según lo exija LA SUPERVISIÓN. No se hará pago o medida adicional para pruebas hidrostáticas, ni para conexiones de inyecciones de juntas o contactos.

La medida de pago para probar hidrostáticamente los huecos para inyección, para chequeo y de exploración, será hecha por el tiempo en horas que el agua se inyecte en los huecos para pruebas hidrostáticas como lo exija y lo apruebe LA SUPERVISIÓN. No habrá pago por separado para el equipo de registro computarizado de los ensayos con agua a presión.

Las inyecciones a presión serán medidas por el número de litros realmente inyectados en la roca a través de los huecos de inyección, según el volumen registrado electrónicamente en el sistema computarizado de control, pero convertido a sacos de cemento de 0,5 Km (50 kgf) de peso, de acuerdo con el peso específico del cemento utilizado.

El suministro de instalación de tubería metálica para inyecciones de juntas de diámetro interior no menor de 38 mm deberá medirse por el número de metros de tubería metálica y accesorios embebidos en el hormigón para inyecciones de juntas. Tal medida deberá hacerse a lo largo del eje de la tubería y de los accesorios y no se hará medida o pago adicional por las uniones, acodamientos, salidas u otros accesorios necesarios para los circuitos de inyección y/o ventilación.

El superplastificante se medirá por el número de kilogramos realmente inyectados, de acuerdo con las presentes especificaciones.

#### 10.4.6 Pago

Para efectos de pago la longitud final del hueco se subdividirá en los intervalos establecidos en los ítems que se enumeran en la sección 10.5.

Ejemplo: Una perforación para inyección desde superficie, de 75 m de profundidad se pagará así:

Entre 0,0 m a 15 m: se pagan 15 m con el Ítem 10.1.1

Entre 15 m a 40 m: se pagan 25 m con el Ítem 10.1.2

Entre 40 m a 75 m: se pagan 35 m con el Ítem 10.1.3

La parte de la obra por llevar a cabo a los precios unitarios de los Ítems 10.1 y 10.2 de la Lista de cantidades y precios, consistirá en la perforación de huecos para inyección con las longitudes y dirección mostradas en los planos o indicados por LA SUPERVISIÓN y deberá incluir la conformación de huecos mediante tuberías para inyecciones en el hormigón donde sea práctico, el lavado, la limpieza, el rotulado y la protección de los huecos, tal como se especifica. Queda establecido que la perforación de huecos para inyecciones de contacto no se paga por separado.

La parte de la obra para ser hecha a los precios unitarios de los Ítems 10.3 de la Lista de cantidades y precios, deberá consistir en la perforación de huecos, para extraer núcleos en los huecos de chequeo y de exploración, incluyendo el lavado la limpieza el rotulado, la protección de los huecos, el empaque en cajas metálicas, la entrega de los núcleos y el registro de perforación.

No habrá distinción en el pago para huecos de chequeo y exploración perforados desde la superficie o desde excavaciones subterráneas.

La parte de la obra para ser ejecutada a los precios unitarios de los Ítems 10.4 de la Lista de cantidades y precios consistirá en perforar huecos de drenaje desde la superficie y deberá incluir el chequeo de la desviación direccional de los huecos, lavado de los mismos y mantenerlos libres de obstrucción hasta el final de la obra, todo según las especificaciones.

El pago por la perforación de lagrimales a través de hormigón convencional o proyectado del ítem 10.5 que penetren por lo menos 0,50 m en la roca deberá incluir la limpieza de los mismos y mantenerlos libres de obstrucción hasta el final de la obra todo según las especificaciones, se hará con el ítem 10.6 de la Lista de cantidades y precios.

La parte de la obra para ser ejecutada al precio unitario del Ítem 10.6 de la Lista de cantidades y precios, consistirá en el suministro la instalación el ranuramiento si es necesario, y de tuberías en los huecos de drenaje las perforaciones de chequeo exploración y piloto todo según las especificaciones. No se hará pago por separado de las uniones.

La parte de la obra que se ejecutará al precio unitario del Ítem 10.7 de la Lista de cantidades y precios incluirá el suministro de arena para mortero como lo exija LA SUPERVISIÓN y deberá incluir: muestreo, ensayos, transporte, protección y almacenamiento de la arena de acuerdo con las especificaciones; queda establecido que la arena para las inyecciones de contacto no será pagado por separado.

La parte de la obra que se ejecutará al precio unitario del Ítem 10.8 de la Lista de cantidades y precios, consistirá en la instalación de conexiones para inyecciones a los huecos para inyección y para chequeo, perforados en roca, y deberá incluir suministro e instalación de empaques y todas las mangueras y accesorios para conectar el equipo de inyección, manómetros y medidores de caudal a los huecos, todo como se especifica. Queda establecido que las conexiones para inyecciones de contacto no serán pagadas por separado.

La parte de la obra que se hará al precio unitario del Ítem 10.9 de la Lista de cantidades y precios, consistirá en probar hidrostáticamente los huecos de exploración y de chequeo para inyecciones como lo ordene LA SUPERVISIÓN y deberá incluir las conexiones e instalación de los empaques para varias etapas en cada hueco como sea el caso, todo como se especifica.

La parte de la obra para ser hecha al precio unitario del Ítem 10.10 de la Lista de cantidades y precios, consistirá en inyectar mezcla en los huecos para inyecciones a las presiones y en las etapas que indique LA SUPERVISIÓN, suministrar cemento, hacer conexiones para inyecciones de juntas, hacer circular agua a través de las juntas adyacentes donde sea necesario sellar filtraciones en las superficies de hormigón y de roca, reparar y limpiar las superficies de fundación y de hormigón, todo como se especifica.

La parte de la obra para ser efectuada al precio unitario del Ítem 10.11 incluye el suministro, en el sitio del proyecto, del superplastificante requerido para las inyecciones de la cortina profunda

de inyecciones y las inyecciones de consolidación de la presa y demás sitios que indique LA SUPERVISIÓN.

La parte de la obra para ser hecha a los precios unitarios del Ítem 10.12 de la Lista de cantidades y precios, consistirá en el suministro e instalación de la tubería y los accesorios, incluyendo las operaciones de lavado, limpieza y rotulación de los tubos todo según las especificaciones.

### 10.5 ÍTEMS DE PAGO

Todo el costo de los trabajos especificados en este capítulo deberá estar cubierto por los precios unitarios cotizados por El Contratista para los siguientes ítems:

Ítem	Descripción	Unidad de Medida
10.1	Huecos superficiales para inyecciones en cualquier dirección.	
10.1.1	Perforación de huecos desde la superficie con profundidades hasta 15 m	m
10.1.2	Perforación de huecos desde la superficie con profundidades mayores de 15 m y hasta 40 m	m
10.1.3	Perforación de huecos desde la superficie con profundidades mayores de 40 m y hasta 80 m	m
10.2	Huecos desde excavaciones subterráneas para inyección en cualquier dirección	
10.2.1	Perforación de huecos desde excavaciones subterráneas con profundidades hasta 20 m	m
10.2.2	Perforación de huecos desde excavaciones subterráneas con profundidades mayores de 20 m y hasta 60 m	m
10.3	Perforación de huecos de chequeo y exploración en cualquier dirección	
10.3.1	Perforación de huecos de chequeo y exploración con profundidades hasta 40 m	m
10.3.2	Perforación de huecos de chequeo y exploración con profundidades mayores de 40 m y hasta 80 m	m
10.4	Huecos de drenaje desde la superficie en cualquier dirección	
10.4.1	Perforación de huecos con profundidades mayores de 1,0 m y hasta 20 m	m
10.4.2	Perforación de huecos con profundidades mayores de 20 m y hasta 60 m	m
10.5	Perforación de huecos para lagrimales	m
10.6	Tubería plástica para drenaje	m
10.7	Suministro de arena para inyecciones	tf
10.8	Conexiones para inyecciones	
10.8.1	Conexiones para inyecciones desde la superficie	un
10.8.2	Conexiones para inyecciones desde obras subterráneas	un
10.9	Ensayos con agua a presión	hr
10.10	Inyecciones a presión	sacos de cemento (0,50 kN)
10.11	Suministro de superplastificante	kN
10.12	Tubería metálica para inyecciones de juntas	m