

CONSTRUCCIÓN ACUEDUCTO PUERTO REMOLINO MUNICIPIO DE TAMINANGO – DEPARTAMENTO DE NARIÑO



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLANTA DE TRATAMIENTO

CONSULTORES

ADRIANA CABRERA CHAVES
Ingeniera Sanitaria y Ambiental

ANDRÉS GUERRERO CABRERA
Ingeniero Civil

**SAN JUAN DE PASTO
AGOSTO DE 2016**

ESPECIFICACIONES DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE ACUEDUCTO PUERTO REMOLINO

1. NORMAS PARA LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA BÁSICA

1.1. El propósito de los estudio de ingeniería básica es desarrollar información adicional para que los diseños definitivos puedan concebirse con un mayor grado de seguridad.

Entre los trabajos que se pueden realizar a este nivel se encuentran:

- a. Estudios adicionales de caracterización del curso de agua que sean requeridos.
- b. Estudios geológicos, geotécnicos y topográficos.
- c. Estudios geológicos y geotécnicos requeridos para los diseños de cimentaciones de las diferentes unidades de la planta de tratamiento.
- d. Estudios de impacto ambiental con las acciones de mitigación de los impactos negativos identificados.
- e. Estudios de vulnerabilidad a desastres naturales frecuentes en la zona.

1.2. Todo proyecto de plantas de tratamiento de agua potable, deberá ser elaborado por un Ingeniero Sanitario, quien asume la responsabilidad de la puesta en marcha del sistema. El ingeniero responsable del diseño no podrá delegar a terceros dicha responsabilidad.

1.3. En el expediente técnico del proyecto, se debe incluir las especificaciones de calidad de los materiales de construcción y otras especificaciones de los elementos constructivos, acordes con las normas técnicas de edificación (estructuras).

La calidad de las tuberías y accesorios utilizados en la instalación de plantas de tratamiento de agua potable, deberá especificarse en concordancia con las Normas Técnicas Colombianas, relativas a Tuberías y Accesorios.

2. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS PARA DISEÑOS DEFINITIVOS

2.1. GENERALIDADES

2.1.1. Para el diseño definitivo de una planta de tratamiento se deberá contar como mínimo con la siguiente información básica:

- Levantamiento topográfico detallado de la zona en donde se ubicarán las unidades de tratamiento.
- Estudios de desarrollo urbano y/o agrícola que puedan existir en la zona seleccionada para el tratamiento.
- Datos geológicos y geotécnicos necesarios para el diseño estructural de las unidades, incluidos los datos del nivel freático.
- Datos hidrológicos del cuerpo de agua, incluidos los niveles máximos de inundación.
- Registros de la calidad de agua a tratar.
- Datos climáticos de la zona.
- Disponibilidad y confiabilidad del servicio de energía eléctrica (horas de servicio, costo, etc.).
- Disponibilidad y confiabilidad en el suministro de sustancias químicas.

2.1.2. El diseño definitivo de una planta de tratamiento de agua para consumo humano consistirá de dos documentos: el estudio definitivo y el expediente técnico.

Estos documentos deberán presentarse teniendo en consideración que la contratación de la ejecución de las obras deberá incluir la puesta en marcha de la planta de tratamiento.

❖ Los documentos a presentarse en el estudio definitivo comprenden:

- Memoria técnica del proyecto
- La información básica

- Dimensionamiento de los procesos de tratamiento
- Resultados de la evaluación de impacto ambiental y de vulnerabilidad ante desastres.
- Manual preliminar de operación y mantenimiento. Este documento deberá contener:
 - una descripción de los procesos de tratamiento y de sus procedimientos de operación inicial;
 - una descripción de los procesos de tratamiento y de sus procedimientos de operación normal;
 - relación del personal administrativo y de operación y mantenimiento que se requiera, con sus calificaciones y entrenamientos mínimos;
 - la descripción de la operación de rutina de los procesos de la planta, la misma que incluirá un plan de mediciones, registros de datos de campo y análisis que se requiera para el adecuado control de los procesos de tratamiento. En la misma forma se deben describir las acciones de evaluación intensiva en los procesos;
 - la descripción de la operación de la planta en condiciones de emergencia;
 - la descripción de acciones de mantenimiento preventivo de las instalaciones de obra civil y equipos mecánicos, eléctricos e instrumentales.

El manual de operación y mantenimiento definitivo será elaborado por el supervisor de la planta con esta información básica y los ajustes necesarios detectados en la evaluación de la puesta en marcha.

❖ El expediente técnico deberá contener:

- Planos a nivel de ejecución de obra, dentro de los cuales, sin carácter limitante debe incluirse:
 - Planimetría general de la obra, ubicación de las unidades de tratamiento e instalaciones existentes;
 - Diseños hidráulicos sanitario: de los procesos e interconexiones entre procesos, los cuales comprenden planos de planta, cortes perfiles hidráulicos y demás detalles constructivos;
 - Planos estructurales, mecánicos, eléctricos y arquitectónicos;
 - Planos de obras generales como obras de protección, caminos, arreglos interiores, laboratorios, vivienda del operador, caseta de guardianía, cercos perimétricos, etc.
 - Memoria descriptiva
 - Especificaciones técnicas
 - Análisis de costos unitarios
 - Metrados y presupuestos
 - Fórmulas de reajustes de precios
 - Documentos relacionados con los procesos de licitación, adjudicación, supervisión, recepción de obra y otros que el organismo competente considere de importancia.

2.1.3. Se detallan los criterios que se utilizarán para el dimensionamiento de las unidades de tratamiento y estructuras complementarias. Los valores que se incluyen son referenciales y están basados en el estado del arte de la tecnología de tratamiento de agua para consumo humano y podrán ser modificadas por el proyectista previa justificación sustentatoria basada en investigaciones y el desarrollo tecnológico.

2.4. COAGULANTES Y SUSTANCIAS QUÍMICAS

2.4.1. Alcance. Establece la determinación de la calidad y cantidad de coagulante requerida por el agua cruda, dosificación y almacenamiento.

2.4.2. Coagulantes empleados

❖ **Clase.** El proyectista deberá sustentar ante la autoridad competente el coagulante a utilizar. Se determinará, para cada tipo de agua a tratar, mediante ensayos de laboratorio de pruebas de jarras. Se recomienda, en general, el uso de sales metálicas, especialmente compuestos de Al^{3+} o Fe^{3+} . La cantidad de coagulante a dosificar será determinada mediante ensayos de laboratorio con

el agua a tratar. Se recomienda, como el método más eficaz, el sistema de simulación del proceso de coagulación, denominado prueba de jarras.

Deberán determinarse las dosis máximas y mínimas a dosificar para dimensionar las instalaciones de dosificación, considerando los parámetros que optimicen el proceso (pH, alcalinidad, concentración, etc.). Preferentemente, deberá elaborarse una correlación de dosis óptima versus turbiedad de agua cruda, la cual deberá incluirse en el manual de operación inicial.

2.4.3. Dosificación de coagulantes y otras sustancias químicas. El coagulante siempre deberá ser agregado en solución. Antes de ser aplicado, deberá tener la concentración óptima necesaria para mejorar la eficiencia del proceso. Esta concentración se deberá seleccionar mediante ensayos de laboratorio. Cuando estos ensayos no hayan sido efectuados, la concentración empleada deberá ser de 1 a 2%.

En instalaciones grandes podrá aceptarse que las instalaciones de dosificación produzcan una solución de mayor concentración, pero en este caso deberá preverse una inyección de agua en la tubería de conducción de la solución para diluirla a la concentración óptima, antes del punto de aplicación.

Deben considerarse dos tanques de preparación de solución para un período mínimo de operación de 8 horas, por cada sustancia que se requiera aplicar. Se debe considerar un agitador en cada tanque; en los tanques de preparación de la suspensión de cal, los agitadores deben poder operar en forma continua.

En cada tanque deberán considerarse instalaciones de ingreso de agua filtrada, salida de la solución, a una altura de por lo menos 10 cm del fondo, rebose y desagüe. El fondo del tanque deberá tener una pendiente pronunciada hacia la salida de la tubería de desagüe. Las tuberías de conducción de las soluciones pueden ser de acero inoxidable, mangueras de goma, plástico o PVC.

2.4.4. Dosificadores. Los equipos deberán seleccionarse con la suficiente flexibilidad para que estén en posibilidad de operar en condiciones extremas de dosificación que requiera la fuente. Estas condiciones extremas se definirán mediante la correlación mencionada en el ítem 5.7.2.2. El rango de operación deberá definirse dentro de los siguientes límites: Rango máximo Se determinará con la dosis máxima y el caudal máximo a tratar.

Dosis máxima: correspondiente a la mayor turbiedad o color representativo de la época de lluvia.

Caudal máximo: correspondiente al final del período de diseño.

Rango mínimo: Se determinará en función de la dosis mínima y al caudal de inicio de la primera etapa de diseño.

Dosis mínima: correspondiente a la turbiedad o color mínimo que se presente en la fuente.

Caudal mínimo: caudal correspondiente al inicio del período de diseño.

Tipo. Se utilizarán, preferentemente, sistemas de dosificación en solución por gravedad. Se utilizarán equipos de dosificación en seco, en sistemas grandes ($> 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$) y sólo en poblaciones en donde se pueda garantizar suministro eléctrico confiable y suficientes recursos disponibles para su adecuada operación y mantenimiento.

✓ En los dosificadores en seco (gravimétricos o volumétricos) el tanque de solución debe tener un periodo de retención mínimo de 5 a 10 min, cuando está operando con el rango máximo, para permitir una adecuada polimerización del coagulante, antes de su aplicación.

✓ Los dosificadores en solución, preferentemente deberán ser de los que operan bajo el principio de orificio de carga constante. Este tipo de dosificador puede ser diseñado y fabricado localmente. Se deberá efectuar un cuidadoso control de la exactitud del sistema de graduación de la

dosificación y de la calidad de los materiales que garanticen la duración del sistema en adecuadas condiciones de operación y mantenimiento.

- ✓ Todos los tanques de solución y los dosificadores deben estar interconectados de manera que se pueda alternar el uso de tanques y dosificadores.
- ✓ En todos los casos se considerará un mínimo de dos equipos. Si se emplean torres de disolución, no será necesario tener unidades de reserva.

2.4.5. Almacenamiento. El almacén de los productos químicos debe tener capacidad para una reserva comprendida entre un mes y seis meses. Dependiendo de la ubicación y características de la planta, deberá contar además con facilidades para la carga y descarga de los productos.

En relación al almacén, deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- El área neta deberá ser calculada considerando el consumo promedio de la sustancia a almacenar.
- El área del almacén deberá incluir un área de corredores perimetrales y centrales, para tener acceso a las diversas rumas de material y poder programar su empleo, de acuerdo al orden de llegada, esto es, primero el más antiguo.
- El nivel del piso del almacén debe estar por lo menos a 1 m por encima del nivel de la pista de acceso, para facilitar la descarga del material y protegerlo de las inundaciones. La puerta de entrada al almacén debe tener no menos de 1.6 m de ancho.
- Las pilas de material deben colocarse sobre tarimas de madera.
- Las ventanas sólo se ubicarán en la parte superior de los muros (ventanas altas)
- Los almacenes de sustancias químicas deben proyectarse siempre en la primera planta, para no recargar las estructuras del edificio de operaciones de la casa de químicos. En el caso de utilización de dosificadores en seco, en que el ingreso a las tolvas puede estar ubicado en el segundo o tercer piso del edificio, considerar un montacargas y un área de almacenamiento para 24 horas, al lado de las bocas de cargas de las tolvas.
- Cada sustancia química deberá tener un almacén especial o bien se deberá delimitar cada área con tabiques en un almacén común.

3. MEZCLA RÁPIDA

3.1. Alcance.

Establece el tiempo, gradiente de velocidad de mezcla y forma de obtener una distribución uniforme y rápida del coagulante en toda la masa de agua.

3.1.2. Requisitos generales. Si las características topográficas e hidráulicas de la planta lo permiten, sólo deberán usarse dispositivos de mezcla hidráulicos. Cualquiera que sea el dispositivo elegido, se debe garantizar una mezcla completa y casi instantánea.

- En mezcladores el cálculo hidráulico debe ser, en cada caso, el siguiente:
- Comprobar si se cumplen las condiciones hidráulicas para que la mezcla sea adecuada:
- Número de Froude de 4.5 a 9 (salto estable). En caso de canaleta Parshall, el número de Froude es de 2 a 3 (salto no estable).
- Gradiente de velocidad de 700 a 1,300 s⁻¹.
- Tiempo de retención instantáneo de menos de 0,1 a 7 s como máximo.
- Modificar la geometría de la unidad hasta que se consigan condiciones de mezcla apropiadas. Los mezcladores del tipo de resalto hidráulico son ideales para aguas que mayormente coagulan por el mecanismo de adsorción.

En el caso de unidades del tipo de resalto hidráulico la aplicación del coagulante deberá distribuirse uniformemente a todo lo ancho del canal.

Para el uso de difusores en canales de relativa profundidad, éstos deben diseñarse de tal manera

que el coagulante se distribuya en toda la sección de flujo. La reducción del área de paso provocada por el difusor, aumentará la velocidad y garantizará las condiciones de mezcla.

En los mezcladores el coagulante debe inyectarse en dirección al agitador. Este tipo de unidades sólo debe usarse en plantas donde el agua coagula mayormente mediante el mecanismo de barrido, ya que en este caso lo más importante son las condiciones químicas de la coagulación (dosis óptima) y no las condiciones de mezcla. Estas unidades no son adecuadas para aguas que coagulan mediante el mecanismo de absorción.

Deben empalmarse correctamente las líneas de flujo entre la unidad de mezcla y el floculador (aplicar la ecuación de Bernoulli) para evitar represar el resalto en el mezclador o producir una caída brusca del nivel de agua en el floculador.

En los casos en los que se requiera aplicar un polímero como ayudante de coagulación, la aplicación debe ser inmediatamente posterior a la aplicación del coagulante de sal metálica y en un punto en el que tenga una intensidad de agitación de 400 a 600 s⁻¹ para que se disperse sin que se rompan las cadenas poliméricas.

En el caso de que la fuente tenga estacionalmente ambos comportamientos (adsorción y barrido) se diseñará la unidad para las condiciones más críticas, es decir, para las épocas de coagulación por adsorción.

4. FLOCULACIÓN

4.1 Alcance Establece las condiciones generales que deben cumplir los floculadores.

4.2 Requisitos generales

En sistemas de más de 50 l/s de capacidad, los parámetros óptimos de diseño de la unidad, gradiente de velocidad (G) y tiempo de retención (T) deberán seleccionarse mediante simulaciones del proceso en el equipo de prueba de jarras. Para cada tipo de agua deberá obtenerse la ecuación que relaciona los parámetros del proceso, que es de la forma $G_n T = K$, donde (n) y (K) son específicos para cada fuente y sus variaciones.

En sistemas de menos de 50 l/s de capacidad, se puede considerar un rango de gradientes de velocidad de 70 a 20 s⁻¹ y un tiempo de retención promedio de 20 minutos. Los gradientes de velocidad deberán disponerse en sentido decreciente, para acompañar el crecimiento y formación del floculo. En todos los casos deberá diseñarse un sistema de desagüe que permita vaciar completamente la unidad.

4.3 Criterios para los floculadores hidráulicos

Unidades de flujo vertical

- La velocidad en los orificios de paso debe ser 2/3 de la velocidad en los canales verticales.
- El gradiente de velocidad en los canales verticales debe ser de alrededor de 20 s⁻¹
- La profundidad debe seleccionarse de tal forma que los tabiques del último tramo se entrecrucen, por lo menos, en 1/3 de su altura.
- La profundidad de la unidad es de 3 a 5 m. Se recomienda adoptar la misma altura del decantador para obtener una sola cimentación corrida y reducir el costo de las estructuras.
- En la base de cada tabique que debe llegar hasta el fondo, se deberá dejar una abertura a todo lo ancho, equivalente al 5% del área horizontal de cada compartimiento. Esto evita la acumulación de lodos en el fondo y facilita el vaciado del tanque.

- Se recomienda que los orificios de paso ocupen todo el ancho del compartimiento para evitar la formación de espacios muertos y cortocircuitos hidráulicos.
- En todos los casos, el flujo debe ingresar y salir de la unidad mediante vertederos, para mantener constante el nivel de operación.

5. SEDIMENTACIÓN CON COAGULACIÓN PREVIA

5.1 Alcance

Establece las condiciones generales que deben cumplir los sedimentadores con coagulación previa o decantadores, usados para la separación de partículas floculentas. Estas unidades deben ubicarse contiguas a los floculadores.

5.2. Requisitos

5.2.1 Sedimentadores de alta tasa. Este tipo de unidades solo se considerara para casos en que se garantice un buen nivel de operación y mantenimiento y para aguas con turbiedad alta (100 – 500 UNT) la mayor parte del tiempo, esto con el propósito de garantizar la formación del manto de lodos. Se adoptarán tasas superficiales entre 60 y 120 m³/(m².día), las que corresponden a velocidades entre 4 y 8 cm/min.

- La forma de estas unidades es cuadrada, rectangular.
- En la entrada: deberán colocarse elementos que permitan producir un ascenso uniforme del flujo y evitar chorros que puedan atravesar el manto de lodos y crear turbulencias.
- La recolección del flujo de agua decantada deberá ser uniforme; esto se puede conseguir mediante canales perimetrales o centrales, redes de canaletas (con bordes lisos o dentados), tuberías perforadas, orificios, etc.
- La remoción de lodos se podrá hacer de forma manual o automática. La unidad debe tener concentradores de lodos donde se ubicará la tubería de descarga. La pérdida de agua por fangos no debe ser superior de 2% del agua tratada.
- Tasa superficial. La tasa de aplicación a los decantadores se determinará en función de la velocidad de sedimentación de las partículas que deben ser removidas, según la relación:
 $V_s = Q / (f \cdot A)$
- Donde:
V_s = Velocidad de sedimentación en m/s
Q = Caudal que pasa para la unidad en m³/s
A = Área superficial útil de la zona de decantación en m².
f = Factor de área, adimensional.
El factor de área para unidades de flujo ascendente está determinado por la expresión:
 $f = [\text{Sen } \theta (\text{Sen } \theta + L \text{Cos } \theta)] / S$
- Donde:
θ = ángulo de inclinación de las placas.
L = Longitud relativa del módulo, mayor o igual a 12, adimensional (L = l/e ó L = l/d).
d = Diámetro interno de los elementos tubulares, en m.
e = Espaciamiento normal entre placas paralelas sucesivas, en m.
S = Factor de eficiencia (1,0 para placas paralelas paralelas, 4/3 para tubos circulares y 11/8 para tubos cuadrados), adimensional.
- La velocidad de sedimentación debe ser determinada mediante ensayos de laboratorio con el criterio que el efluente producido no tenga más de 2 UNT.
- La velocidad longitudinal máxima del flujo se calculará por $Do = (NR / 8)^{1/2}$ vs., donde NR : número de Reynolds.
- El NR entre placas tendrá un valor máximo de 500.
- La unidad puede tener forma rectangular o cuadrada.
- Los módulos de sedimentación deberán ser de materiales que resistan largo tiempo bajo el agua y de bajo costo unitario.
- Los módulos de placas podrán ser de asbesto-cemento, plástico o tela de polietileno.

- En lugares de alto riesgo sísmico y donde no exista garantía de un adecuado nivel de operación y mantenimiento, deberá evitarse el uso de planchas de asbesto cemento.
- Las placas de asbesto-cemento pueden usarse en su dimensión de 2,44 m de ancho por 1,22 de alto. Se podrá emplear espesores de 6 y 8 mm, siempre y cuando hayan sido fabricados con fibra de asbesto larga. En este caso, se debe considerar un apoyo central, además de los laterales.
- Las placas de asbesto están expuestas a la corrosión en todos los casos en que el cemento Portland es atacado y, en términos generales, cuando en el agua:
- La intensidad de la corrosión depende de cuánto se excedan estos límites, de la temperatura y de la presencia de otros iones. En estos casos deberá usarse otro material o se deberá proteger con una resina epóxica.
- Deberá darse preferencia al empleo de placas planas paralelas, con las que se consigue mayor longitud relativa y, por lo tanto, mayor eficiencia.
- También se podrá emplear lonas de vinilo reforzadas con hilos de poliéster (kp 500), de 0,57 mm de espesor; las lonas se cortarán en segmentos del ancho del tanque y 1,20 m de altura. Cada lona tendrá basta vulcanizada en sus cuatro lados y refuerzos en los laterales y parte inferior. Para el montaje de las lonas solicitar las recomendaciones del proveedor de tal manera que las lonas se instalen inclinadas a 60° y queden sumergidas bajo 1 m de agua. - Los módulos de decantación deberán estar inclinados a 60° con respecto a la horizontal.
- El flujo de agua floculada debe distribuirse uniformemente entre los módulos mediante canales y tuberías diseñados con los criterios específicos de distribución uniforme.
- La entrada de agua a los elementos tubulares o de placas inclinadas debe hacerse mediante orificios en canales longitudinales para asegurar una distribución uniforme del agua en toda el área superficial del decantador.
- El ángulo de inclinación de las celdas debe ser de 60° para permitir el deslizamiento de lodos hacia el fondo.
- La distancia entre placas esta en función de la velocidad del agua entre ellas, de manera que no sea mayor que la velocidad longitudinal máxima aceptable ($V_o = (NR / 8)^{1/2} V_s$, donde NR : número de Reynolds).
- Para evitar alteraciones del flujo y arrastre de flóculos, se recomienda que la altura mínima del agua sobre las placas sea de 0.65 m. Esta altura mínima sólo será aceptada si se está transformando un decantador convencional a uno tubular o de placas. En unidades nuevas se debe considerar 1,0 m.
- La recolección del agua decantada puede efectuarse mediante tubos con perforaciones o canaletas instaladas para conseguir una extracción uniforme.
- Las canaletas de recolección de agua decantada deben proporcionar un escurrimiento superficial libre. Los bordes de las canaletas deberán ser perfectamente horizontales para que la tasa de recolección sea uniforme; esto se consigue mediante vertederos removibles con láminas sobrepuestas ajustables que pueden ser niveladas durante la operación de puesta en marcha de la unidad. La colocación de estas láminas debe impedir el paso de agua en las juntas con la canaleta.
- El nivel máximo del agua en el interior de la canaleta de colección debe situarse a una distancia mínima de 10 cm, debajo del borde del vertedero.
- Los tubos perforados sumergidos deben ser diseñados con criterios de colección equitativa. Los orificios deben ubicarse en la parte superior de los tubos con una carga mínima de 10 cm. Los tubos deberán ser removibles para que puedan ser nivelados y extraídos con facilidad.
- El rango de las tasas de recolección varía entre 1,3 y 3,0 l/s.m. El criterio para seleccionar la tasa adecuada se basa en la calidad del floculo; para flóculos livianos (de color) y pequeños se recomienda el límite inferior del rango.
- La distancia entre las canaletas o tubos de recolección no debe ser superior a dos veces la altura libre del agua sobre los elementos tubulares o sobre la zona de lodos en los decantadores de flujo vertical.
- La remoción de los lodos decantados deberá efectuarse en forma hidráulica. Esto exige que el fondo del decantador sea inclinado con un ángulo superior a 50°, para formar un pozo en

forma de tronco de pirámide o de cono invertido, en cuyo extremo inferior debe situarse una abertura de descarga.

- En unidades de más de 5 m de longitud deberán considerarse varias tolvas unidas por un colector diseñado con criterios de colección equitativa.
- Las válvulas de descarga deben situarse en lugares de fácil acceso para su mantenimiento.
- La descarga, cuando es automática, debe tener un dispositivo que permita ajustar su tiempo de funcionamiento a las exigencias operacionales.
- Las tuberías para descarga de lodo deben ser diseñadas como múltiples de colección uniforme, con tolvas separadas:

6. FILTRACIÓN RÁPIDA

6.1 Alcance Establece las condiciones generales que deben cumplir los filtros rápidos.

6.2 Número de unidades

El número de unidades de filtración se determinará mediante un estudio económico o condiciones especiales del proyecto. El número mínimo será de cuatro unidades.

6.2.1 Dimensiones de las unidades filtrantes.

- **Profundidad.** Será una función de las alturas del sistema de drenaje del medio de soporte y medio filtrante, de la altura de agua sobre el medio filtrante y de la altura de borde libre. La altura de agua sobre el lecho filtrante es variable y depende del tipo de operación del filtro.
- **Largo y ancho.** La relación largo-ancho será determinada por un estudio económico o por las condiciones especiales del proyecto.

6.3. Filtros rápidos con lechos mixtos y múltiples

6.3.1 Tasa de filtración. Deberá fijarse de acuerdo al tamaño del material empleado y profundidad del lecho, preferentemente mediante ensayos en filtros piloto. Estos valores se encuentran entre los siguientes límites:

Mínima : $180 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{día})$ (1)

Máxima : $300 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{día})$ (2)

Normal : $200 - 240 \text{ m}^3/(\text{m}^2.\text{día})$ (3)

Material fino y bajo nivel de operación y mantenimiento

Material grueso y condiciones excepcionales de operación y mantenimiento.

Material grueso y condiciones normales de operación y mantenimiento.

6.3.2 Capa soporte del medio filtrante. Depende del tipo de drenaje empleado y deberá cumplir las especificaciones indicadas en los planos.

6.3.3 Medios filtrantes

- ❖ **Arena** El tipo de arena a usar, su tamaño efectivo y coeficiente de uniformidad deberán ser los indicados, el espesor de la capa de arena deberá ser de 1/3 del espesor total del lecho.

- ❖ **Antracita** Las características físicas del material deberán ser las indicadas.

La granulometría deberá seleccionarse de acuerdo al tamaño efectivo de la arena, de tal forma que no se produzca un grado de intermezcla mayor de 3. Para que esto se cumpla, el tamaño correspondiente al D90 de la antracita debe ser el triple del tamaño efectivo de la arena

El espesor deberá ser 2/3 de la altura total del lecho filtrante, puede variar entre 0,50 y 1,0 m.

Las características físicas deberán ser determinadas, preferentemente, en los rangos usuales se encuentran entre los siguientes valores: espesor mínimo de 0,45 m, tamaño efectivo de 0,75 a 0,9 mm, tamaño mínimo de 0,59 mm, tamaño máximo 2,38 mm y coeficiente de uniformidad menor o igual a 1,5.

6.4 Sistema de lavado

El lavado se podrá realizar con agua filtrada, o con aquella que cumpla las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas del agua potable.

- ❖ Se aceptarán los siguientes sistemas:
- ❖ Con flujo ascendente solo o retrolavado con agua.
- ❖ Retrolavado y lavado superficial.
- ❖ Retrolavado y lavado con aire.
- ❖ La cantidad de agua usada en el lavado no deberá sobrepasar el 3,5% del agua filtrada producida.
- ❖ La expansión del lecho filtrante cuando sólo se lava con agua, deberá encontrarse entre los siguientes límites:

Mínima: 10%(sólo para el material más grueso).

Máxima: 50%

Promedio: 25 a 30%

Tasa de lavado

Métodos para aplicar el agua de lavado

Las aguas de lavado podrán provenir de:

7. Tanque elevado

Deberá tener una capacidad suficiente para lavar consecutivamente dos unidades, por un periodo de 8 minutos a las máximas tasas de lavado previstas.

Ubicación del tanque. La altura del tanque sobre el nivel del lecho filtrante se calculará teniendo en cuenta que el caudal de diseño debe llegar hasta el borde superior de la canaleta de lavado, por lo cual, deberán considerarse todas las pérdidas de carga sobre ésta y el tanque.

En el caso de lavados con flujo ascendente y lavado superficial, la mayor presión que se necesita para este último, podrá darse con equipos de bombeo adicionales, sistemas hidroneumáticos u otros.

El equipo de bombeo deberá tener la capacidad adecuada para asegurar el suministro oportuno del volumen de agua que se necesita para hacer los lavados que se requieran por día. El tanque deberá estar provisto de un sistema automático de control de niveles y sistema de rebose y desagüe.

7.1 Sistema de bombeo directo.

Este sistema es muy vulnerable cuando las condiciones de operación y mantenimiento no son adecuadas y como la eficiencia de los filtros depende de las bondades del sistema de lavado, no se deberá considerar este tipo de solución cuando existan condiciones desfavorables. El lavado se hará por inyección directa de agua bombeada desde un tanque enterrado o cisterna. Deberá considerarse en forma especial las condiciones de golpe de ariete, caudal y altura dinámica de las bombas.

Deberán considerarse por lo menos dos bombas, cada una de ellas tendrá capacidad para bombear la totalidad del caudal de lavado, con una carga hidráulica mínima, considerando las pérdidas de carga hasta el borde superior de la canaleta de lavado.

Las bombas seleccionadas deberán adecuarse a las tasas de lavado mediante el uso de dispositivos reguladores de presión y caudal.

7.2 Lavado con flujo proveniente de las otras unidades

Para aplicar este sistema de lavado, los filtros deben agruparse en baterías con un número mínimo de 4 unidades. La presión de lavado será función de una carga hidráulica regulable mediante un vertedero, para mantener el medio granular con una expansión entre 25 y 30%. La carga hidráulica de lavado se determina mediante la pérdida de carga total durante esta operación, la cual depende del peso de los granos de arena y/o antracita y éste, a su vez, de la granulometría del material considerado, tipo de drenajes, etc y puede variar de 0,60 a 1,20 m, según el tamaño del material considerado. Esta pérdida de carga será calculada para cada caso utilizando los métodos disponibles.

La sección de cada filtro debe ser tal, que al pasar por ésta el caudal de diseño de la batería, se produzca la velocidad de lavado requerida para la expansión del medio filtrante. El número de filtros depende de la relación ente la tasa de filtración (V_f) y la velocidad de lavado (V_l). Es necesario que todos los filtros estén interconectados, ya sea mediante un canal lateral o a través del falso fondo.

7.3 Sistemas de recolección del agua de lavado

En el sistema de canal principal y canaletas laterales deberán cumplirse las siguientes condiciones: La distancia entre los bordes de dos canaletas contiguas no debe exceder de 2,1m. La distancia máxima del desplazamiento del agua no deberá exceder de 1,05 m. En unidades pequeñas en la que no se superen las condiciones anteriores, pueden omitirse las canaletas laterales.

El fondo de las canaletas deberá estar, por lo menos, 5 a 10 cm sobre el lecho filtrante expandido en su elevación máxima.

Capacidad de descarga de las canaletas

Deberá calcularse para la velocidad máxima del lavado previsto, considerando 30% de sobrecarga.

Nivel de carga en las canaletas

El borde libre mínimo en la canaleta debe ser de 0,10 m.

Dependiendo del tamaño de la planta, podrá justificarse un sistema de recuperación de agua de lavado.

7.4 Sistema de drenaje

7.4.1. Diseño. Deberá recoger el agua filtrada y distribuir el agua de lavado en la forma más uniforme posible, para ello es necesario que el agua ingrese a todo lo ancho del filtro, no se permitirá el ingreso concentrado en un punto, ya que favorece diferencias extremas en la distribución, y por tanto, en la expansión del lecho filtrante.

7.4.2 Tipo de sistema. Se deberá seleccionar sistemas confiables, resistentes, eficientes, que puedan ser contruidos localmente, sean económicos y que logren una uniforme distribución del flujo en el lecho filtrante, aceptándose una desviación menor o igual a 5%. Esto se logra cuando:

Donde:

A_c : sección transversal del falso fondo

A_L : sección de los orificios de distribución del drenaje.

n : número de orificios del sistema.

7.4.3 Sistemas de control de los filtros. El sistema de control de los filtros dependerá de la forma de operación de los mismos. Los filtros deben diseñarse para operar con tasa declinante para lograr mayor eficiencia, facilidad de operación y menor costo de operación del sistema.

7.4.4 Tasa declinante de filtración

- ✓ Los filtros con tasa declinante se controlan mediante vertederos. La operación será automática, y con las siguientes condiciones:
- ✓ Los ingresos de agua sedimentada a los filtros deben:
- ✓ Estar situados en un canal o conducto de interconexión.
- ✓ Tener secciones iguales.
- ✓ Estar ubicados por debajo del nivel mínimo de operación.

7.4.5 Carga hidráulica disponible en la instalación.

- ✓ La carga hidráulica se considerará por encima del nivel del vertedero de salida de la batería de filtros.
- ✓ La carga hidráulica se calculará de tal manera que al iniciar la carrera un filtro recién lavado, la tasa de filtración no exceda de 1,5 veces la tasa promedio de diseño.
- ✓ Esta carga decrece al incrementarse el número de filtros de la batería.
- ✓ Puede variar de 0,50 m para 4 filtros a 0,20 m para 8.
- ✓ Deberá presentarse el cálculo de esta carga, pudiendo utilizar programas de cómputo disponibles.
- ✓ Deberá considerarse un aliviadero regulable en el canal de distribución de agua sedimentada para limitar la carga hidráulica.
- ✓ El proyectista deberá incluir en el instructivo de arranque los procedimientos para la instalación de la tasa declinante durante la operación inicial.

7.4.6. Medidor de pérdida de carga. En cada unidad deberá colocarse un medidor de pérdida de carga, el que podrá consistir de un piezómetro en decímetros.

Se recomienda tener alarma visual o acústica cuando la pérdida exceda de un máximo preestablecido.

Los filtros de tasa declinante no requieren medidor de pérdida de carga, esto se puede determinar visualmente y su límite máximo debe estar limitado por un aliviadero regulable en el canal de distribución de agua sedimentada. Los filtros de tasa constante requieren un medidor de pérdida de carga en cada una de las unidades.

7.4.7. Válvulas. Las válvulas o compuertas requeridas para cada unidad filtrante serán las que correspondan al diseño adoptado. Las válvulas de accionamiento frecuente deberán ser tipo mariposa, sobre todo cuando la operación es manual.

Operación. El accionamiento de las válvulas o compuertas podrá ser manual, neumático o hidráulico, o una combinación de estos medios, dependiendo del tamaño de las instalaciones y de los recursos disponibles para la operación y mantenimiento. Para todos los casos de accionamiento se deberá contar con la alternativa de operación manual.

Dispositivo de seguridad En caso de accionamiento no manual, se deberá contar con dispositivos de seguridad para evitar cualquier maniobra inadecuada en el manejo de los filtros.

7.5 DESINFECCIÓN

7.5.1 Alcance. Establece las condiciones de aplicación del cloro como agente desinfectante para el agua, su dosificación y extracción de los cilindros.

7.5.2. Requisitos.

- ✓ **Demanda de cloro** Deberá determinarse por los ensayos correspondientes.
- ✓ **Cloro residual** El efluente de la planta deberá tener por lo menos 1 ppm de cloro residual o el necesario para que en el punto más alejado de la red exista no menos de 0.2 ppm En las

localidades en las que exista endemicidad de enfermedades diarreicas como el cólera, el residual en los puntos más alejados deberá ser de 0.5 ppm.

- ✓ **Tiempo de contacto** Se aceptará como mínimo entre 5 a 10 minutos. Siendo deseable un tiempo total de contacto de 30 minutos.

7.5.3. Cloradores. En todos los casos se considerará un mínimo de dos unidades para que estén en posibilidad de operar bajo condiciones extremas de dosificación.

- ✓ **De alimentación directa** La presión máxima en el punto de aplicación no debe exceder de 1.0 kg/cm^2 (15 lbs/pulg²). Su operación es poco confiable y solo deberá considerarse cuando no se disponga de energía eléctrica o línea de agua a presión.
- ✓ **De aplicación en solución al vacío** El agua de dilución debe aplicarse a una presión suficiente para vencer las pérdidas de carga de la tubería, pérdida de carga en el inyector y la contrapresión en el punto de aplicación. La concentración de la solución de cloro no será mayor de 3500 mg/l de cloro.
- ✓ **Extracción de cloro en cilindros** La extracción máxima de cloro para cilindros de 68 kg y 1000 kg es de 16 kg/día y 180 kg/día, respectivamente.

7.5.4. Compuestos de cloro

- ✓ **Hipocloritos** Se podrán utilizar como desinfectante los compuestos de cloro tales como el hipoclorito de calcio y el hipoclorito de sodio.
- ✓ **Hipocloradores** Estos productos siempre se aplicarán en solución. Se utilizará preferentemente dosificadores de orificio de carga constante, para que estén en posibilidad de operar bajo condiciones extremas de dosificación.

7.5.5. Requerimientos de instalación

- ✓ **Tuberías que conducen gas cloro** Pueden utilizarse tuberías de acero, cobre o materiales plásticos resistentes a la acción química del cloro gas seco.
- ✓ **Tuberías de conducción de soluciones cloradas** Se utilizará tuberías resistentes a la acción corrosiva del cloro gas húmedo o soluciones de hipoclorito. Esta recomendación incluye a los accesorios, válvulas y difusores que se encuentran en esta línea. Pueden ser de PVC, teflón u otro material recomendado por el Instituto del cloro

7.5.6. Manipulación y almacenamiento de cloro gas y compuestos de cloro

- ✓ **Manipulación** Los cilindros de hasta 68 kg deben moverse con un carrito de mano bien balanceado y una cadena protectora de seguridad tanto para cilindros llenos como vacíos. Los cilindros de una tonelada deben manipularse con grúa de por lo menos dos toneladas de capacidad. Este sistema debe permitir la transferencia del cilindro desde la plataforma del vehículo de transporte hasta la zona de almacenamiento y de utilización.
- ✓ **Almacenamiento** El tiempo de almacenamiento será el necesario para cubrir el lapso desde que se efectúa el pedido hasta que los cilindros llegan al almacén. Los cilindros de 68 Kg deben almacenarse y operarse en posición vertical, excepto los de una tonelada de capacidad. El nivel de ingreso al almacén debe coincidir con el nivel de la plataforma del vehículo de transporte de cilindros y el ambiente debe estar ventilado y protegido de los rayos solares. El sistema de ventilación debe estar ubicado en la parte baja de los muros. Puede considerarse para este efecto muros de ladrillo hueco o mallas de alambre.
- ✓ Si no hay una buena ventilación natural hay que considerar el uso de medios mecánicos de extracción del aire.
- ✓ También deberá utilizarse esta solución en casos existan instalaciones cercanas que puedan ser afectadas.

- ✓ Toda estación de cloración debe contar con una balanza para el control del cloro existente en los cilindros.
- ✓ **Seguridad** Toda estación de cloración deberá contar con equipos de seguridad personal para fugas de cloro gas.
- ✓ Estos podrán ser máscaras antigás o sistemas de aire comprimido.

Los equipos de protección deberán estar ubicados fuera de la caseta de cloración, pero muy cercanos a ella.

7.6. CONTROLES DE PLANTA

Establece lo controles mínimos que deben considerarse para la operación de una planta de tratamiento.

Medición

Se recomienda preferentemente sistemas de conducto abierto del tipo vertedero o canaletas Parshall, teniendo en cuenta la confiabilidad operacional de estos dispositivos.

El uso de instrumental de medición más complejo deberá sustentarse teniendo en cuenta los recursos disponibles localmente.

En los filtros se deberán tener en cuenta piezómetros para la medición de pérdida de carga y controles hidráulicos.

8. Características de los materiales de construcción de la planta de tratamiento

8.1. Localización y Replanteo El replanteo y la nivelación de las líneas y puntos secundarios será hecho por EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR inmediatamente después de la entrega de los planos de diseño por parte del ente contratante, todas las líneas y nivelaciones estarán sujetas a la revisión de LA INTERVENTORÍA, por tanto no se deberá iniciar ningún trabajo sin que el Interventor haya aprobado su localización, pero esto no exonerará al CONTRATISTA CONSTRUCTOR de su responsabilidad por la exactitud de tales líneas y niveles. EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR deberá colocar referencias de nivel en los sitios indicados por el ente contratante. Durante la construcción EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR deberá verificar periódicamente las medidas y cotas, cuantas veces sea necesario, para ajustarse al proyecto. Deberá disponer permanentemente en la obra de un equipo adecuado para realizar esta actividad cuando se requiera.

Medida y Pago. Los costos de mano de obra, equipo y materiales, y los costos de vigilancia que se requieran Para la realización de esta actividad deberá tenerlos en cuenta el Contratista como costos Indirectos de administración al elaborar la propuesta.

Ítem: Localización y Replanteo

Unidad de medida: Metro lineal (ml).

8.2. Señales y Protecciones

8.2.1. Señalización

La mayoría de accidentes de trabajo o de tránsito que ocurren en las vías públicas o en las obras en construcción se deben, además de fallas humanas, a la falta de una señalización y protección adecuada en dichos sitios.

En lo relacionado con la señalización y protección de zonas de trabajo el ente contratante se acoge a las disposiciones vigentes del Ministerio de Obras Públicas y Transporte, al Manual sobre dispositivos para el control del tránsito y carreteras del INVIAS, a las normas NTC 1461 y 1462, y además a las normas de las entidades reguladoras tales como: Secretaría de Transportes y Tránsito, Planeación, etc.

- Advertir con antelación suficiente la presencia de un peligro, facilitando su identificación por medio de indicaciones precisas.

- Determinar el tipo de señalización de acuerdo con el lugar, acatando las normas legales existentes para los trabajos que se van a realizar y el impacto comunitario que aquellos pueden producir en la ciudadanía.
- Crear conciencia de la necesidad de prevención y protección de las personas y brindarles los medios más prácticos y modernos para lograrlos.
- Unificar criterios de diseño, uso y localización, de común acuerdo con otras entidades competentes, de la señalización para todo el personal de la Empresa y sus Contratistas.

Tipo de señales.

Señales Preventivas.

Señales Reglamentarias.

Señales Informativas.

Ubicación de las Señales. Las señales preventivas y reglamentarias se colocan al lado derecho de la vía teniendo en cuenta el sentido de circulación del tránsito en forma tal que el plano frontal de la señal y el eje de la vía formen un ángulo comprendido entre 85 y 90 para visualizarlos fácilmente. En caso de que la visibilidad del lado derecho no sea completa, se colocará una señal adicional a la izquierda de la vía, para la ubicación, altura y distancia en zonas urbanas y rurales de las señales se seguirá lo estipulado en el capítulo 1 de manual sobre los dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras del INVIAS.

Medida y pago

Con el fin de aislar las zonas demarcadas para la ejecución de los trabajos, se utilizarán barreras móviles de cinta plástica reflectiva. Las barreras estarán formadas por dos (2) bandas horizontales de cinta reflectiva, sostenida a intervalos regulares por soportes verticales (truncos de pirámide) de 1.20 metros en altura distanciados cada tres (3) metros y que se mantengan firmes en los sitios en donde sean colocados y se pueden trasladar fácilmente cuando así se necesite. EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR deberá reemplazar inmediatamente los tramos de cinta dañadas, deterioradas y/o faltantes y realizar un mantenimiento permanente de las barreras para garantizar su limpieza, y cuando la situación lo requiera se deberá colocar vallas de señalización las cuales serán aprobadas por el INTERVENTOR.

El pago se realizará por metro lineal, de acuerdo a los precios unitarios incluidos en el formulario del contrato.

Ítem:

Señalización

Unidad de medida:

Metro lineal (ml).

9. MOVIMIENTO DE TIERRAS

9.1. Excavaciones.

Esta actividad comprende la ejecución de toda clase de excavaciones necesarias para la construcción de las obras de acuerdo con las líneas, pendientes y profundidades indicadas en los planos o requeridas durante el proceso constructivo. EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR deberá tomar todas las precauciones que sean necesarias y emplear los métodos de excavación más adecuados para obtener superficies de excavación regular y estable que cumplan con las dimensiones requeridas. Las excavaciones podrán ejecutarse por métodos manuales o mecánicos de acuerdo con las normas establecidas o las indicaciones de LA INTERVENTORÍA. Si los materiales encontrados a las cotas especificadas no son apropiados para el apoyo de las estructuras o tuberías, la excavación se llevará hasta la profundidad requerida previa aprobación de LA INTERVENTORÍA.

Antes de iniciar la excavación EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR investigará el sitio por donde cruzan las redes existentes de servicios. Si es necesario remover alguna de estas redes se debe solicitar a la dependencia correspondiente la ejecución de estos trabajos o la autorización para ejecutarlos. También se hará un estudio de las estructuras adyacentes para determinar y evitar los posibles riesgos que ofrezca el trabajo.

Con un mínimo de quince (15) días antes de iniciar la excavación en cualquier sector, EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR deberá someter a la aprobación de LA INTERVENTORÍA, los métodos de excavación que se propone emplear, el personal y equipos asignados, rendimientos, el programa de ejecución de los trabajos, la investigación de las interferencias, la localización y el manejo de las redes de agua, gas, teléfono, alcantarillado, energía afectadas por la obra, manejo de aguas, retiro de sobrantes, manejo del entorno ambiental etc.

El Contratista sólo podrá iniciar la excavación una vez que LA INTERVENTORÍA, haya aprobado tales procedimientos; si los métodos de excavación adoptados por el Contratista no son satisfactorios, el Contratista deberá hacer todos los cambios y ajustes en los procedimientos que sean

Control de Aguas Lluvias, de Infiltración y Servidas.

Durante las excavaciones para la instalación de las tuberías, colocación de concretos o morteros, colocación de entresuelos, cimentaciones y en general para todas las actividades propias del contrato donde se requieren condiciones controladas de humedad, EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR deberá disponer de los sistemas de drenaje de las aguas, de manera que la ejecución de cada una de las actividades del contrato puedan desarrollarse bajo condiciones apropiadas de humedad para el trabajo.

Protección de las Superficies Excavadas

El CONTRATISTA CONSTRUCTOR será responsable de la estabilidad de todos los taludes temporales y deberá soportar y proteger, a satisfacción del INTERVENTOR, todas las superficies expuestas de las excavaciones, hasta la terminación de la obra.

El soporte y protección incluirán el suministro, instalación y remoción de todos los soportes temporales, tales como los entibados y acodalamientos que sean necesarios, la desviación de aguas superficiales, y el suministro y mantenimiento de los sistemas de drenaje y de bombeo que se requieran para estabilizar los taludes y evitar que el agua penetre a las excavaciones, o para mantener los fondos de las excavaciones que servirán de base a las fundaciones, libres de agua por todo el tiempo que se requiera hasta terminar la construcción ó instalación, para inspección, para seguridad, o para cualquier otro propósito que el INTERVENTOR considere necesario.

Entibados en Madera para Excavaciones

Las excavaciones serán entibadas cuando sea necesario para prevenir el deslizamiento del material de los taludes de la excavación, evitando daños a la obra, a las redes o a estructuras adyacentes. El entibado debe proporcionar condiciones seguras de trabajo y facilitar el avance del mismo. Deben entibarse todas las excavaciones con profundidades mayores a 2,0 m y aquellas indicadas en los planos u ordenadas por LA INTERVENTORÍA.

Los entibados no se podrán apuntalar contra estructuras que no hayan alcanzado la suficiente resistencia. Si LA INTERVENTORÍA considera que en cualquier zona el entibado es insuficiente, podrá ordenar que se aumente. Durante todo el tiempo, EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR deberá disponer de materiales suficientes y adecuados para entibar.

EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR debe colocar el entibado a medida que avance el proceso de excavación y es responsable de la seguridad del frente de trabajo. Si EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR no ha recibido la orden de entibar cuando ello sea necesario, procederá a realizar esta operación justificándola posteriormente ante la misma INTERVENTORÍA.

En los casos en que se requiera colocar entibado se tendrá especial cuidado con la ubicación del material resultante de la excavación para evitar sobrecargas sobre éste. Dicho material se colocará en forma distribuida a una distancia mínima del borde de la excavación equivalente al 50% de su profundidad.

El entibado se colocará en forma continua (toda la pared cubierta) o discontinua (las paredes cubiertas parcialmente) según lo requieran las condiciones del terreno o de las vecindades. En este último caso se computarán, para efectos de pago, solamente las áreas netas cubiertas por el entibado.

Excavaciones de Zanjas y Apiques

Este trabajo comprende la remoción del material necesaria para la construcción de las redes de servicios. También incluye la excavación requerida para las conexiones domiciliarias, cámaras de inspección, cajas, apiques, nichos y cualquier excavación que en opinión de LA INTERVENTORÍA, sea necesaria para la correcta ejecución de las obras.

EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR deberá ejecutar las excavaciones de la zanja para la tubería de acuerdo con las secciones líneas, cotas y pendientes mostradas en los planos o indicadas por LA INTERVENTORÍA, EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR deberá estar preparado para excavar en cualquier clase de material, utilizando los métodos, equipos y herramientas apropiados.

Ancho de las Zanjas.

Las paredes de las zanjas se excavarán y mantendrán verticales y equidistantes del eje de instalación de la tubería. Cuando por efecto de la profundidad de excavación o por el tipo de material encontrado se requiera conformar taludes, la verticalidad de las paredes no se podrá variar hasta no superar los 0,30 m. por encima de la clave de la tubería que se va instalar o la altura necesaria para mantener la condición de zanja. A partir de este punto se excavará en talud previa autorización de LA INTERVENTORÍA.

Los anchos de zanjas en redes de acueducto y alcantarillado serán los que se indican a continuación:

Diámetro de la Tubería	Ancho de Zanja (m)
75 a 200 mm (3" a 8")	0,60
250 y 300 mm (10" y 12")	0,70

Los taludes deberán ser estables o estabilizados y protegidos según lo indicado en estas especificaciones y para su ejecución se han tenido en cuenta en los unitarios los sobreanchos de excavación, de acuerdo a la profundidad, necesarios para la correcta ejecución de la actividad.

Profundidad de las Zanjas.

Las zanjas para la colocación de las tuberías de redes de servicios tendrán las profundidades indicadas en los planos, incluyendo las requeridas para la cimentación. Cuando en la ejecución de las zanjas se emplee equipo mecánico, las excavaciones se llevarán hasta una cota de 0,20 m por encima de la indicada en los planos.

Excavaciones para Fundaciones de Estructuras.

Antes de iniciar estas excavaciones, se deberá ejecutar una nivelación y contra nivelación del terreno, para determinar los cortes indicados en los planos de construcción; de estas operaciones se deberá notificar a LA INTERVENTORÍA por anticipado para establecer un acuerdo sobre las medidas necesarias para el cálculo posterior de los volúmenes de material excavado.

Excavación de Zanja en Material Común y/o Conglomerado

Es aquella excavación que se utiliza para el tendió de redes, de acuerdo a los alineamientos anteriormente mencionados para la excavación en zanjas; los materiales excavados (común y conglomerado), para efectos de pago, sólo tienen una y única clasificación independientemente de su composición, dureza y naturaleza, excepto cuando expresamente se indique otra cosa en las especificaciones particulares del proyecto, la excavación se considera como seca.

Excavación Hasta dos (2) Metros de Profundidad

Es aquella que se realiza a una profundidad menor o igual a 2,00 m medidos desde la superficie original del terreno en el momento de la excavación.

Excavación Entre dos (2) y tres (3) Metros de Profundidad

Es la que se ejecuta a una profundidad *mayor* de 2 m y menor o igual a 3 m medidos desde la superficie original del terreno en el momento de la excavación.

Excavación Entre tres (3) y Cuatro (4) Metros de Profundidad

Es la que se ejecuta a una profundidad *mayor* de 3 m y menor o igual a 4 m medidos desde la superficie original del terreno en el momento de la excavación.

Excavación Mayor a Cuatro (4) Metros de Profundidad

Es la que se ejecuta a una profundidad mayor a 4 m. medidos desde la superficie original del terreno en el momento de la excavación.

Material de Excavación.

Excavación en Material Común: Se entiende por material común, todos aquellos depósitos sueltos o moderadamente cohesivos, tales como gravas, arenas, limos o arcillas, o cualesquiera de sus mezclas, con o sin constitutivos orgánicos, formados por agregación natural, que pueda ser excavados con herramienta de mano o con máquina pesada convencional para este tipo de trabajo. El contratista podrá utilizar el método de excavación que considere más conveniente para aumentar su rendimiento, puesto que este hecho por sí sólo no influirá en la clasificación del material.

Medida y pago

La medida de las excavaciones se hará por metro cúbico (m³) de material excavado, medido en su posición original, de acuerdo con los alineamientos, pendientes, cotas y dimensiones indicadas en los planos o autorizadas por LA INTERVENTORÍA. Para la medida de la excavación se aplicará la fórmula prismoidal al material "en el sitio", descontando el volumen de cualquier tipo de pavimento existente, y su pago se efectuará dependiendo del tipo de excavación, del material, de la humedad y de la profundidad, con o sin entibado, de acuerdo con lo establecido en el formulario de cantidades de obra y a los precios contemplados en el contrato.

Ítem: Excavación en material común h<2m

Unidad de medida: Metro cúbico (m³).

9.2. Rellenos compactados

9.2.1. Relleno con Material Seleccionado de la Excavación Compactado.

Se refiere este numeral a rellenos con materiales compactados por métodos manuales o mecánicos, en zanjas y apiques para construcción o mantenimiento de redes de servicios, drenajes o excavaciones realizadas alrededor de estructuras.

Podrá utilizarse para el lleno los materiales que a juicio de LA INTERVENTORÍA y previos análisis de laboratorio, presente propiedades físicas y mecánicas apropiadas para lograr una compactación que garantice la resistencia adecuada y el mínimo asentamiento

El espesor de cada capa y el número de pasadas del equipo de compactación estarán definidas por la clase de material, el equipo utilizado y la densidad especificada.

LA INTERVENTORÍA podrá exigir que el equipo reúna características determinadas de acuerdo con:

- Dimensiones de la excavación.
- Espesor total del lleno.
- Volumen total del lleno.
- Características del suelo de lleno.
- Resultados de los ensayos de compactación y de CBR.

Relleno Lateral y Cobertura (Atrache)

Es el constituido por materiales de relleno que no contenga limo orgánico, materia vegetal, basuras, desperdicios o escombros.

El atraque de tuberías, se deberá colocar y compactar a cada lado del tubo o tubos en capas horizontales no mayores de diez (10) centímetros de espesor final. La compactación se hará con pisones apropiados o planchas vibratorias y con la humedad óptima, a fin de obtener una compactación mínima del 90% del Proctor Modificado.

Medida y pago La medida de los rellenos compactados se hará por metro cúbico (m^3), con base en el volumen medido del material ya colocado y compactado hasta las líneas, pendientes y dimensiones mostradas en los planos o indicadas por LA INTERVENTORÍA. Su pago se efectuará dependiendo del tipo de lleno y de la procedencia del material, de acuerdo con lo establecido en el formulario de cantidades de obra y a los precios contemplados en el contrato.

En el caso de rellenos con material selecto de la excavación, el precio unitario comprenderá toda la clase de relleno

Ítem: Relleno con Material Seleccionado de la Excavación Compactado.
Unidad de medida: Metro cúbico (m^3).

9.2.3 Desalojo de sobrantes. Cuando el material sobrante proveniente de las excavaciones deba retirarse a un sitio fuera de las áreas de trabajo, EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR lo hará asumiendo la responsabilidad, por la disposición final del material en los botaderos por él determinados y debidamente aprobados por la autoridad competente durante la ejecución las obras. La cantidad de material a retirar será determinado por LA INTERVENTORÍA.

Medida y Pago

Ítem: Desalojo Material Sobrante incl Escombrera
Unidad de medida: Metro cúbico (m^3).

10. TUBERÍAS Y ACCESORIOS PARA PLANTA DE TRATAMIENTO.

10.1. Suministro, Transporte e Instalación de Tuberías y Accesorios de presión.

EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR efectuará bajo su responsabilidad el suministro, transporte, descargue, almacenamiento, acarreo dentro de la obra y colocación de las diferentes tuberías o accesorios indicados en el formulario de cantidades de obra, incluyendo el lubricante y los empaques de caucho cuando se requieran para su correcta instalación.

Se incluyen en este ítem las normas específicas sobre materiales e instalación de tuberías para el servicio de acueducto (redes, y conducciones), como también para la construcción de sus obras complementarias; como el suministro de cajillas, piezas especiales y accesorios, mano de obra, materiales y equipo y herramientas especiales necesarios para la construcción, instalación y puesta en funcionamiento del sistema de abastecimiento. Las tuberías y accesorios cumplirán con los requerimientos de las normas técnicas colombianas correspondientes, y en caso de que éstas no existan, con las normas AWWA, ASTM, u otras normas técnicas

Para todos los materiales de tuberías y accesorios, se harán cumplir la última revisión de las normas y especificaciones nacionales e internacionales. Otros aspectos no incluidos en estas normas cumplirán las especificaciones e información técnica del fabricante.

Las tuberías y accesorios se rotularán cumpliendo con lo establecido en la norma bajo la cual se fabriquen. Si en algún caso la norma no lo establece, deben venir rotulados como mínimo con marca, diámetro y presión de trabajo.

Tuberías y accesorios en acero

Tuberías. Cumplirán la norma AWWA C-200 de lámina de acero con soldadura eléctrica en espiral o longitudinal o para tubería sin costura.

El acero cumplirá las especificaciones de la ASTM, el espesor de la lámina se calculará con base en acero grado C de las especificaciones ASTM A 283 ó en los aceros según la ASTM A 53, A 106, A 120. El espesor mínimo de lámina admisible en conducciones y redes de distribución será de 6,4 mm.

Se pueden utilizar otras clases de acero, previa aprobación de LA INTERVENTORIA, indicando las especificaciones, el coeficiente de seguridad y la presión de trabajo.

Accesorios. Cumplirán las especificaciones AWWA C-208.

La prueba hidrostática (si se requiere) de las uniones se hará a la misma presión utilizada en la prueba de todo el sistema.

Recubrimiento. Las tuberías y accesorios se recubrirán interior y exteriormente de acuerdo con cualquiera de las siguientes especificaciones: AWWA C-203 (Alquitrán de Hulla), AWWA C-205 (mortero de cemento), AWWA C-210 (Alquitrán Epóxico), AWWA C 213 (FBE), AWWA C 214 (Forrada con cinta). Adicionalmente deben respetarse las especificaciones y ensayos establecidos por los fabricantes para los materiales y métodos de aplicación de los recubrimientos.

Utilización. La tubería de acero es utilizada usualmente en los siguientes casos:

- En viaductos.
- En la fabricación de "accesorios hechizos" (no comerciales) tales como tees, cruces, reducciones, codos, yees, etc., necesarios para la construcción de empalmes con alineamientos especiales.

En los anteriores casos se cumplirá con los procesos de limpieza y protección de la tubería ya mencionados.

Tuberías y accesorios en hierro dúctil (HD)

Normatividad Asociada: AWWA C-104, C-105, C-110, C-111, C-150, C-151; ISO 2531, 4179, 8179; ANSI B16.1.

Para las tuberías y accesorios fabricados en Hierro dúctil se tendrá en cuenta lo siguiente:

Tuberías. Cumplirán las especificaciones según la ISO 2531 y el diseño de espesor según la AWWA C-150. La presión de trabajo requerida se indicará en los planos de la obra o en el pliego de condiciones.

Prueba de Presión Hidrostática.

La prueba de presión hidrostática se hará en todas las redes que se instalen o donde lo indique LA INTERVENTORÍA, ejecutándose antes de hacer los empalmes a las redes existentes. Se realizará en tramos con una longitud máxima de 500 metros de tubería instalada, pero en el tramo en prueba la diferencia de presión entre el punto más bajo y el más alto no excederá del 50% de la presión de prueba del tramo. Durante esta prueba de presión deben tomarse precauciones de seguridad para proteger al personal y a la propiedad en caso de fallar la tubería. Las precauciones dependerán de la naturaleza de los materiales de la tubería, el diseño del sistema, el contenido volumétrico y la presión, ubicación y duración de la prueba.

Se utilizarán los equipos y accesorios adecuados para esta clase de labor, como motobomba, manómetros, tapones con los elementos necesarios para toma de presión, evacuación del aire, aseguramientos provisionales y demás que garanticen la efectividad de la prueba.

Medida y pago

La unidad de medida para el suministro, transporte e instalación por parte DEL CONTRATISTA CONSTRUCTOR, lo mismo que para el transporte e instalación de tuberías cuando el suministro lo hace el ente contratante será el metro lineal (ml) real de tubería colocada, es decir, sin incluir los accesorios instalados.

El precio unitario incluirá la tubería propiamente dicha con sus respectivos empaques (cuando es suministrada por EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR), los cargues, transportes, descargues, almacenamiento, manipuleo, cortada, biselada en ambos extremos, la instalación, la desinfección, la prueba de presión hidrostática, los equipos, mano de obra, herramientas y en general todos los costos directos e indirectos necesarios para ejecutar la actividad.

El pago de la tubería sólo se hará cuando se haya realizado la instalación de la misma con sus accesorios, la colocación y compactación de los rellenos y el afirmado y la aceptación de la prueba de presión hidrostática.

Ítem:	Suministro e Instalación Tubería PVC Presión d=1.1/2" U.S RDE 21
Ítem:	Suministro e Instalación Tubería PVC Presión d=2" a 10" U.M
Ítem:	Suministro e Instalación Tubería PVC Sanitaria d=1" a 10" U.S

Unidad de medida: Metro lineal (ml).

Válvulas de Compuerta.

Normatividad asociada: AWWA-C207, C509; ASTM A126, A276, A307, A395, A536; ANSI B 16.5.

Se toma como guía para la fabricación de las válvulas de compuerta la norma AWWA-C509. Adicionalmente deben cumplir lo siguiente:

Las válvulas de compuerta se utilizarán en redes de distribución y deberán ser diseñadas para soportar presión por ambos lados, en forma simultánea o alternada. Además, llevarán grabados en el exterior e integrados con el cuerpo de la válvula: marca, diámetro y presión de trabajo garantizada. Deberán tener completa hermeticidad cuando estén cerradas y estar diseñadas para permitir unas pérdidas mínimas de presión cuando estén abiertas.

El cierre de la válvula será dextrógiro, es decir, que la válvula cerrará cuando la rueda de manejo sea movida en el sentido de las manecillas del reloj. Estarán provistas de topes que impidan que el obturador continúe avanzando cuando la válvula esté completamente abierta o cerrada. Las válvulas incluirán rueda de manejo o tuerca de operación, de acuerdo con el sitio en el cual se vayan a instalar.

El cuerpo de la válvula, la tapa, el bonete y la compuerta serán de hierro gris de acuerdo con la norma ASTM A126 clase B, o hierro nodular de acuerdo con la norma ASTM A-395 o ASTM A536. La compuerta será en forma de cuña rígida y llevará recubrimiento elástico de caucho natural o sintético (Viton A, Perbunam, Neopreno, etc.). No se aceptarán compuertas con asientos paralelos. El vástago será del tipo no ascendente y fabricado en acero inoxidable según ASTM A-276. Las tuercas y tornillos serán de igual material que el vástago según ASTM A-307 cuando estén en contacto directo con el suelo, o de bronce de acuerdo con los materiales de la norma AWWA C-509.

Las válvulas serán fabricadas para una presión de trabajo de 1,38 MPa (200 psi) y probadas mínimo a 2,07 MPa (300 psi). En casos especiales las presiones de trabajo se determinarán en los planos o en el pliego de condiciones.

Las válvulas serán de extremo liso, campana o brida con sus respectivos empaques de caucho. Cuando sean de extremo brida, cumplirán las normas AWWA C-207 y ANSI B16,5.

Las válvulas deben ser operadas antes de su instalación para asegurarse de su funcionamiento mecánico y se colocarán en la intersección de la prolongación del borde interior del andén con el eje de la tubería, en una caja especial debidamente referenciada, cumpliendo con las normas y diseños de La Entidad.

Cuando se trate de instalación de válvulas en conducciones, éstas se colocarán en los sitios indicados en los proyectos o donde lo ordene el Interventor. Para la ejecución del trabajo, se requerirán las instrucciones del fabricante y las observaciones de la Interventoría.

Todas las válvulas tendrán revestimiento protector interior y exterior, consistente en una base de pintura anticorrosiva seguida de varias capas de pintura epóxica o epóxica-bituminosa o caucho clorado u otra adecuada, según lo indicado en la norma AWWA C-550 u otra reconocida y cumpliendo con instrucciones del fabricante de la pintura.

ROTULADO DE TUBERIAS Y ACCESORIOS

- No se permitirá o autorizará a ningún contratista la instalación de material que no tenga grabados en relieves o en placa (en el caso de tubería pueden ser pintados), los siguientes datos:
- Medidores: marca, diámetro, capacidad nominal, dirección del flujo y número de serie.
- Válvula de Diámetro 300 mm (12") o mayores: diámetro, presión de trabajo y numero de serie.
- Válvula de Diámetro 75 mm (3) a 250 mm (10"): marca, diámetro y presión de trabajo
- Válvula de Menos de diámetro 75 mm (3"): marca.
- Válvulas Reguladoras: de caudal o de presión, válvula de aguja, válvula de flujo anular, válvulas de cono o similares: marca, diámetro, presión de trabajo, flecha indicadora de la dirección de flujo y número de serie.
- Hidrantes: marca, diámetro y presión de trabajo.
- Tubería y Accesorios de Diámetro 75 mm (3") o Mayores: marca, diámetro y presión de trabajo o su equivalente como: clase RDE, cédula, y demás información que se considere necesaria.
- Tubería y Accesorios de Menos de Diámetro 75 mm (3'): marca.
- Bridas: Las normas de fabricación.
- Para todos los materiales el Contratista garantizará, mediante póliza de buena calidad y funcionamiento, las normas de fabricación que cumplen y el fabricante certificará las pruebas que se le han hecho a cada elemento en las fábricas, mediante el envío de copias de los protocolos respectivos.

Medida y Pago

La unidad de medida para el suministro, transporte e instalación por parte del CONTRATISTA CONSTRUCTOR, lo mismo que para el transporte e instalación de las válvulas cuando el suministro lo hace El ente contratante, será por unidad (Un) instalada y probada.

Su precio unitario incluye: la válvula propiamente dicho (cuando es suministrado por EL CONTRATISTA CONSTRUCTOR), los cargues, transportes, descargues, almacenamiento, manipuleo, la instalación, la desinfección, equipos, mano de obra, herramientas y en general todos los costos directos e indirectos necesarios para su correcta instalación, el anclaje se medirá y pagará por separado en el ítem correspondiente.

El pago de las válvulas sólo se hará cuando se haya realizado su instalación, la colocación y compactación de los anclajes, y la aceptación de la prueba de presión hidrostática cuando haya sido exigida.

Suministro e Instalación Ventosa 2" Incluye Construcción Caja 0.8x08*0.8 Repello y Tapa

Suministro e Instalación Purga 4" Incl. Construcción Caja 0.8x08*0.8 Repello y Tapa

Suministro e Instalación Válvulas Reguladoras de Presión 4" Incl. Construcción Caja

Suministro e instalación de Val. Comp. Sel. elas. Ext. Liso Vno A HD d=4"HDM

Suministro e instalación Val. Comp. Sel. elas. Ext. Liso Vno A HD d=6"SRM

Unidad de Medida: Unidad (Un).

10.2. CAJAS PARA VÁLVULAS

Cuando se trata de válvulas de compuertas instaladas en redes de distribución las cajas se construirán con la forma, características y dimensiones mostradas en los planos, utilizando los concretos y aceros especificados en los mismos y observando en su ejecución las recomendaciones de LA INTERVENTORÍA; en los sitios indicados en los planos o por LA INTERVENTORÍA. El concreto empleado en su construcción tendrá una resistencia a la compresión de 210 Kg/cm².

Medida y Pago

Se medirán y pagarán por unidad terminada y aprobada por LA INTERVENTORÍA. Su precio incluye todos los materiales indicados en el esquema o en los planos, tapa tipo chorote para tráfico

pesado, mano de obra, herramientas, equipos y todos los demás costos directos e indirectos requeridos para la construcción de la caja de acuerdo con los diseños.

Ítem: Caja Válvulas 0.7x0.7x1.0m Incl. Tapa Val. Chorote Trabajo Pesado
Unidad de Medida: Unidad (Un).

Este trabajo consiste en el suministro de materiales, fabricación, transporte, colocación, vibrado, curado y acabados de los concretos de cemento Portland, utilizados para la construcción de estructuras de drenaje, muros de contención, cabezales de alcantarillas, cajas de captación, aletas, sumideros y estructuras en general, de acuerdo con los planos del proyecto, las especificaciones y las instrucciones del Supervisor.

11. Materiales

11.1. Cemento

El cemento utilizado será Portland, el cual deberá cumplir lo especificado en la Norma Técnica Peruana NTP334.009, Norma AASHTO M85 o la Norma ASTM-C150. Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se empleará el denominado Tipo I o Cemento Portland Normal.

11.2. Agregados

Agregado fino: Se considera como tal, a la fracción que pase la malla de 4.75 mm (N° 4). Provenirá de arenas naturales o de la trituración de rocas o gravas. El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más del treinta por ciento (30%) del agregado fino.

El agregado fino deberá cumplir con los siguientes requisitos:

Contenido de sustancias perjudiciales

El siguiente cuadro señala los requisitos de límites de aceptación.

Características	Norma de Ensayo	Masa total de la muestra
Terrones de Arcilla y partículas deleznable	MTC E 212	1.00% máx.
Material que pasa el Tamiz de 75µm (N°200)	MTC E 202	5.00 % máx.
Cantidad de Partículas Livianas	MTC E 211	0.50% máx.
Contenido de sulfatos, expresados como ión SO_4		0.06% máx.
Contenido de Cloruros, expresado como ión Cl		0.10% máx.

Además, no se permitirá el empleo de arena que en el ensayo colorimétrico para detección de materia orgánica, según norma de ensayo Norma Técnica, produzca un color más oscuro que el de la muestra patrón.

Reactividad. El agregado fino no podrá presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento. Se considera que el agregado es potencialmente reactivo, si al determinar su concentración de SiO_2 y la reducción de alcalinidad R, mediante la norma ASTM C84, se obtienen los siguientes resultados:

La curva granulométrica del agregado fino deberá encontrarse dentro de los límites que se señalan a continuación:

Tamiz (mm)	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3 /8")	100
4,75 mm (N° 4)	95 -100
2,36 mm (N° 8)	80 -100
1,18 mm (N° 16)	50 - 85
600 mm (N° 30)	25 - 60
300 mm (N° 50)	10 - 30
150 mm (N° 100)	02 - 10

En ningún caso, el agregado fino podrá tener más de cuarenta y cinco por ciento (45%) de material retenido entre dos tamices consecutivos. El Modulo de Finura se encontrará entre 2.3 y 3.1.

Durante el período de construcción no se permitirán variaciones mayores de 0.2 en el Módulo de Finura con respecto al valor correspondiente a la curva adoptada para la fórmula de trabajo.

Durabilidad. El agregado fino no podrá presentar pérdidas superiores a diez por ciento (10%) o quince por ciento (15%), al ser sometido a la prueba de solidez en sulfatos de sodio o magnesio, respectivamente, según la norma

En caso de no cumplirse esta condición, el agregado podrá aceptarse siempre que habiendo sido empleado para preparar concretos de características similares, expuestos a condiciones ambientales parecidas durante largo tiempo, haya dado pruebas de comportamiento satisfactorio.

Limpieza. El Equivalente de Arena, medido según la Norma, será sesenta por ciento (65%) mínimo para concretos de $f'c \leq 210\text{kg/cm}^2$ y para resistencias mayores setenta y cinco por ciento (75%) como mínimo.

Agregado grueso. Se considera como tal, al material granular que quede retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4). Será grava natural o provendrá de la trituración de roca, grava u otro producto cuyo empleo resulte satisfactorio, a juicio del Supervisor.

Contenido de sustancias perjudiciales. El siguiente cuadro, señala los límites de aceptación. Sustancias Perjudiciales

Características	Norma de Ensayo	Masa total de la muestra
Terrones de Arcilla y partículas deleznable	MTC E 212	0.25% máx.
Contenido de Carbón y lignito	MTC E 215	0.5% máx.
Cantidad de Partículas Livianas	MTC E 202	1.0% máx.
Contenido de sulfatos, expresados como ión $\text{SO}_4 =$		0.06% máx.
Contenido de Cloruros, expresado como ión Cl		0.10% máx.

Reactividad El agregado no podrá presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento, lo cual se comprobará por idéntico procedimiento y análogo criterio que en el caso de agregado fino.

Durabilidad Las pérdidas de ensayo de solidez no podrán superar el doce por ciento (12%) o dieciocho por ciento (18%), según se utilice sulfato de sodio o de magnesio, respectivamente.

Abrasión L.A. El desgaste del agregado grueso en la máquina de Los Angeles no podrá ser mayor de cuarenta por ciento (40%).

Granulometría. La gradación del agregado grueso deberá satisfacer una de las siguientes franjas, según se especifique en los documentos del proyecto o apruebe el Supervisor con base en el tamaño máximo de agregado a usar, de acuerdo a la estructura de que se trate, la separación del refuerzo y la clase de concreto especificado.

La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto, deberá ser continua y asemejarse a las teóricas.

Forma. El porcentaje de partículas chatas y alargadas del agregado grueso procesado, determinados según la norma, no deberán ser mayores de quince por ciento (15%). Para concretos de $f_c > 210 \text{ Kg/cm}^2$, los agregados deben ser 100% triturados.

Agregado ciclópeo. El agregado ciclópeo será roca triturada o canto rodado de buena calidad. El agregado será preferiblemente angular y su forma tenderá a ser cúbica. La relación entre las dimensiones mayor y menor de cada piedra no será mayor que dos a uno (2:1).

El tamaño máximo admisible del agregado ciclópeo dependerá del espesor y volumen de la estructura de la cual formará parte. En cabezales, aletas y obras similares con espesor no mayor de ochenta centímetros (80cm), se admitirán agregados ciclópeos con dimensión máxima de treinta centímetros (30cm). En estructuras de mayor espesor se podrán emplear agregados de mayor volumen, previa autorización del Supervisor y con las limitaciones establecidas.

Agua. El agua por emplear en las mezclas de concreto deberá estar limpia y libre de impurezas perjudiciales, tales como aceite, ácidos, álcalis y materia orgánica.

El agua debe tener las características apropiadas para una óptima calidad del concreto. Así mismo, se debe tener presente los aspectos químicos del suelo a fin de establecer el grado de afectación de éste sobre el concreto.

Aditivos. Se podrán usar aditivos de reconocida calidad que cumplan con la norma ASTM C-494, para modificar las propiedades del concreto, con el fin de que sea más adecuado para las condiciones particulares de la estructura por construir. Su empleo deberá definirse por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con dosificaciones que garanticen el efecto deseado, sin perturbar las propiedades restantes de la mezcla, ni representar riesgos para la armadura que tenga la estructura. En las Especificaciones Especiales (EE) del proyecto se definirán que tipo de aditivos se pueden usar, los requerimientos que deben cumplir y los ensayos de control que se harán a los mismos.

Clases de concreto Para su empleo en las distintas clases de obra y de acuerdo con su resistencia mínima a la compresión, determinada según la norma MTC E 704, se establecen las siguientes clases de concreto:

Clase	Resistencia mínima a la compresión a 28 días
Concreto pre y post tensado A B	34,3 MPa (350 Kg/cm ²) 31,4 Mpa (320 Kg/cm ²)
Concreto reforzado C D E	27,4 MPa (280 Kg/cm ²) 20,6 MPa (210 Kg/cm ²) 17,2 MPa (175 Kg/cm ²)
Concreto simple F	13,7 MPa (140 Kg/cm ²)
Concreto ciclópeo G	13,7 MPa (140 Kg/cm ²) Se compone de concreto simple Clase F y agregado ciclópeo, en proporción de 30% del volumen total, como máximo.

11.3 Equipo. Los principales elementos requeridos para la elaboración de concretos y la construcción de estructuras con dicho material, son los siguientes:

11.3.1. Equipo para la producción de agregados y la fabricación del concreto. Se aplica lo especificado en donde sea pertinente. Se permite, además, el empleo de mezcladoras portátiles en el lugar de la obra. La mezcla manual sólo se podrá efectuar, previa autorización del Supervisor, para estructuras pequeñas de muy baja resistencia. En tal caso, las tandas no podrán ser mayores de un cuarto de metro cúbico (0,25 m³).

11.3.2 Elementos de transporte. La utilización de cualquier sistema de transporte o de conducción del concreto deberá contar con la aprobación del Supervisor. Dicha aprobación no deberá ser considerada como definitiva por el Contratista y se da bajo la condición de que el uso del sistema de conducción o transporte se suspenda inmediatamente, si el asentamiento o la segregación de la mezcla exceden los límites especificados señale el Proyecto.

Cuando la distancia de transporte sea mayor de trescientos metros (300m), no se podrán emplear sistemas de bombeo, sin la aprobación del Supervisor. Cuando el concreto se vaya a transportar en vehículos a distancias superiores a seiscientos metros (600 m), el transporte se deberá efectuar en camiones mezcladores.

11.3.4 Encofrados y obra falsa. El Contratista deberá suministrar e instalar todos los encofrados necesarios para confinar y dar forma al concreto, de acuerdo con las líneas mostradas en los planos u ordenadas por el Supervisor. Los encofrados podrán ser de madera o metálicas y deberán tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se formen combas entre los soportes y evitar desviaciones de las líneas y contornos que muestran los planos, ni se pueda escapar el mortero. Los encofrados de madera podrán ser de tabla cepillada o de triplay, y deberán tener un espesor uniforme.

- **Elementos para la colocación del concreto.** El Contratista deberá disponer de los medios de colocación del concreto que permitan una buena regulación de la cantidad de mezcla depositada, para evitar salpicaduras, segregación y choques contra los encofrados o el refuerzo.
- **Vibradores.** Los vibradores para compactación del concreto deberán ser de tipo interno, y deberán operar a una frecuencia no menor de siete mil (7 000) ciclos por minuto y ser de una intensidad suficiente para producir la plasticidad y adecuada consolidación del concreto, pero sin llegar a causar la segregación de los materiales. Para estructuras delgadas, donde los encofrados estén especialmente diseñados para resistir la vibración, se podrán emplear vibradores externos de encofrado.
- **Equipos varios.** El Contratista deberá disponer de elementos para usos varios, entre ellos los necesarios para la ejecución de juntas, la corrección superficial del concreto terminado, la aplicación de productos de curado, equipos para limpieza, etc.

11.4 Requerimientos de Construcción

11.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados. Al respecto, todos los procedimientos, equipos, etc. requieren ser aprobados por el Supervisor, sin que este exima al Contratista de su responsabilidad posterior.

Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo. Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Contratista entregará al Supervisor, muestras de los materiales que se propone utilizar y el diseño de la mezcla, avaladas por los resultados de ensayos que demuestren la conveniencia de utilizarlos para su verificación. Si a juicio del Supervisor los materiales o el diseño de la mezcla resultan objetables, el contratista deberá efectuar las modificaciones necesarias para corregir las deficiencias.

Una vez que el Supervisor manifieste su conformidad con los materiales y el diseño de la mezcla, éste sólo podrá ser modificado durante la ejecución de los trabajos si se presenta una variación inevitable en alguno de los componentes que intervienen en ella. El contratista definirá una fórmula de trabajo, la cual someterá a consideración del Supervisor. Dicha fórmula señalará:

- Las proporciones en que se deben mezclar los agregados disponibles y la gradación media a que da lugar dicha mezcla.

- Las dosificaciones de cemento, agregados grueso y fino y aditivos en polvo, en peso por metro cúbico de concreto. La cantidad de agua y aditivos líquidos se podrá dar por peso o por volumen.
- Cuando se contabilice el cemento por bolsas, la dosificación se hará en función de un número entero de bolsas.
- La consistencia del concreto, la cual se deberá encontrar dentro de los siguientes límites, al medirla según norma de ensayo

Tipo de Construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapata y Muro de cimentación armada	3	1
Cimentaciones simples, cajones, y sub-estructuras de muros	3	1
Viga y Muro Armado	4	1
Columna de edificios	4	1
Concreto Ciclópeo	2	1

La fórmula de trabajo se deberá reconsiderar cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- El tipo, clase o categoría del cemento o su marca.
- El tipo, absorción o tamaño máximo del agregado grueso.
- El módulo de finura del agregado fino en más de dos décimas (0,2).
- La naturaleza o proporción de los aditivos.
- El método de puesta en obra del concreto.

El Contratista deberá considerar que el concreto deberá ser dosificado y elaborado para asegurar una resistencia a compresión acorde con la de los planos y documentos del Proyecto, que minimice la frecuencia de los resultados de pruebas por debajo del valor de resistencia a compresión especificada en los planos del proyecto. Los planos deberán indicar claramente la resistencia a la compresión para la cual se ha diseñado cada parte de la estructura.

Al efectuar las pruebas de tanteo en el laboratorio para el diseño de la mezcla, las muestras para los ensayos de resistencia deberán ser preparadas y curadas de acuerdo con la norma y ensayadas según la norma de ensayo. Se deberá establecer una curva que muestre la variación de la relación agua/cemento (o el contenido de cemento) y la resistencia a compresión a veintiocho (28) días. La curva se deberá basar en no menos de tres (3) puntos y preferiblemente cinco (5), que representen tandas que den lugar a resistencias por encima y por debajo de la requerida. Cada punto deberá representar el promedio de por lo menos tres (3) cilindros ensayados a veintiocho (28) días.

La máxima relación agua/cemento permisible para el concreto a ser empleado en la estructura, será la mostrada por la curva, que produzca la resistencia promedio requerida que exceda la resistencia de diseño del elemento.

Resistencia Promedio Requerida

Resistencia Especificada a la Compresión	Resistencia Promedio Requerida a la Compresión
< 20,6 MPa (210 Kg/cm ²)	$f'c + 6,8 \text{ MPa (70 Kg/cm}^2\text{)}$
20,6 – 34,3 MPa (210 – 350 Kg/cm ²)	$f'c + 8,3 \text{ MPa (85 Kg/cm}^2\text{)}$
> 34,3 MPa (350 Kg/cm ²)	$f'c + 9,8 \text{ MPa (100 Kg/cm}^2\text{)}$

Si la estructura de concreto va a estar sometida a condiciones de trabajo muy rigurosas, la relación agua/cemento no podrá exceder de 0,50 si va a estar expuesta al agua dulce, ni de 0.45 para exposiciones al agua de mar o cuando va a estar expuesta a concentraciones perjudiciales que contengan sulfatos. Cuando se especifique concreto con aire, el aditivo deberá ser de clase aprobada según se indica en la cantidad de aditivo utilizado deberá producir el contenido de aire incorporado que muestra la Tabla siguiente:

Requisitos Sobre Aire Incluido

Resistencia de diseño a 28 días	Porcentaje aire incluido
280kg/cm ² -350kg/cm ² concreto normal	06 - 8
280kg/cm ² -350kg/cm ² concreto pre-esforzado	02 - 5
140kg/cm ² -280kg/cm ² concreto normal	03 - 6

La cantidad de aire incorporado se determinará según la norma de ensayo AASHTO-T152 o ASTM-C231.

La aprobación que dé el Supervisor al diseño no implica necesariamente la aceptación posterior de las obras de concreto que se construyan con base en dicho diseño, ni exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de las especificaciones y los planos. La aceptación de las obras para fines de pago dependerá de su correcta ejecución y de la obtención de la resistencia a compresión mínima especificada para la respectiva clase de concreto, resistencia que será comprobada con base en las mezclas realmente incorporadas en tales obras.

Preparación de la zona de los trabajos. La excavación necesaria para las cimentaciones de las estructuras de concreto y su preparación para la cimentación, incluyendo su limpieza y apuntalamiento, cuando sea necesario, se deberá efectuar conforme a los planos del Proyecto y de especificaciones.

11.5 Fabricación de la mezcla

11.5.1 Almacenamiento de los agregados. Cada tipo de agregado se acopiará por pilas separadas, las cuales se deberán mantener libres de tierra o de elementos extraños y dispuesto de tal forma, que se evite al máximo la segregación de los agregados. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. Los acopios se construirán por capas de espesor no mayor a metro y medio (1,50 m) y no por depósitos cónicos.

Todos los materiales a utilizarse deberán estar ubicados de tal forma que no cause incomodidad a los transeúntes y/o vehículos que circulen en los alrededores.

No debe permitirse el acceso de personas ajenas a la obra.

11.5.2 Suministro y almacenamiento del cemento. El cemento en bolsa se deberá almacenar en sitios secos y aislados del suelo en rumas de no más de ocho (8) bolsas. Si el cemento se suministra a granel, se deberá almacenar en silos apropiados aislados de la humedad. La capacidad mínima de almacenamiento será la suficiente para el consumo de dos (2) jornadas de producción normal.

Todo cemento que tenga más de tres (3) meses de almacenamiento en sacos o seis (6) en silos, deberá ser empleado previo certificado de calidad, autorizado por el Supervisor, quien verificará si aún es susceptible de utilización. Esta frecuencia disminuida en relación directa a la condición climática o de temperatura/humedad y/o condiciones de almacenamiento.

11.5.3 Almacenamiento de aditivos. Los aditivos se protegerán convenientemente de la intemperie y de toda contaminación. Los sacos de productos en polvo se almacenarán bajo cubierta y observando las mismas precauciones que en el caso del almacenamiento del cemento. Los aditivos suministrados en forma líquida se almacenarán en recipientes estancos. Ésta recomendaciones no son excluyentes de la especificadas por los fabricantes.

11.6 Elaboración de la mezcla. Salvo indicación en contrario del Supervisor, la mezcladora se cargará primero con una parte no superior a la mitad ($\frac{1}{2}$) del agua requerida para la tanda; a continuación se añadirán simultáneamente el agregado fino y el cemento y, posteriormente, el agregado grueso, completándose luego la dosificación de agua durante un lapso que no deberá ser inferior a cinco segundos (5 s), ni superior a la tercera parte ($\frac{1}{3}$) del tiempo total de mezclado, contado a partir del instante de introducir el cemento y los agregados.

Como norma general, los aditivos se añadirán a la mezcla de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Antes de cargar nuevamente la mezcladora, se vaciará totalmente su contenido. En ningún caso, se permitirá el remezclado de concretos que hayan fraguado parcialmente, aunque se añadan nuevas cantidades de cemento, agregados y agua.

Cuando la mezcladora haya estado detenida por más de treinta (30) minutos, deberá ser limpiada perfectamente antes de verter materiales en ella. Así mismo, se requiere su limpieza total, antes de comenzar la fabricación de concreto con otro tipo de cemento.

Cuando la mezcla se elabore en mezcladoras al pie de la obra, el Contratista, con la aprobación del Supervisor, solo para resistencias $f'c$ menores a 210Kg/cm^2 , podrá transformar las cantidades correspondientes en peso de la fórmula de trabajo a unidades volumétricas. El Supervisor verificará que existan los elementos de dosificación precisos para obtener las medidas especificadas de la mezcla.

Cuando se haya autorizado la ejecución manual de la mezcla (sólo para resistencias menores a $f'c = 210\text{Kg/cm}^2$), esta se realizará sobre una superficie impermeable, en la que se distribuirá el cemento sobre la arena, y se verterá el agua sobre el mortero anhidro en forma de cráter. Preparado el mortero, se añadirá el agregado grueso, revolviendo la masa hasta que adquiera un aspecto y color uniformes.

El lavado de los materiales deberá efectuarse lejos de los cursos de agua, y de ser posible, de las áreas verdes en conformidad

11.6.1 Operaciones para el vaciado de la mezcla. Descarga, transporte y entrega de la mezcla. El concreto al ser descargado de mezcladoras estacionarias, deberá tener la consistencia, trabajabilidad y uniformidad requeridas para la obra. La descarga de la mezcla, el transporte, la entrega y colocación del concreto deberán ser completados en un tiempo máximo de una y media ($1 \frac{1}{2}$) horas, desde el momento en que el cemento se añade a los agregados, salvo que el Supervisor fije un plazo diferente según las condiciones climáticas, el uso de aditivos o las características del equipo de transporte.

A su entrega en la obra, el Supervisor rechazará todo concreto que haya desarrollado algún endurecimiento inicial, determinado por no cumplir con el asentamiento dentro de los límites especificados, así como aquel que no sea entregado dentro del límite de tiempo aprobado. El concreto que por cualquier causa haya sido rechazado por el Supervisor, deberá ser retirado de la obra y reemplazado por el Contratista, a su costo, por un concreto satisfactorio. El material de concreto derramado como consecuencia de las actividades de transporte y colocación, deberá ser recogido inmediatamente por el contratista, para lo cual deberá contar con el equipo necesario.

11.6.2 Preparación para la colocación del concreto. Por lo menos cuarenta y ocho (48) horas antes de colocar concreto en cualquier lugar de la obra, el Contratista notificará por escrito al Supervisor al respecto, para que éste verifique y apruebe los sitios de colocación.

La colocación no podrá comenzar, mientras el Supervisor no haya aprobado el encofrado, el refuerzo, las partes embebidas y la preparación de las superficies que han de quedar contra el concreto. Dichas superficies deberán encontrarse completamente libres de suciedad, lodo, desechos, grasa, aceite, partículas sueltas y cualquier otra sustancia perjudicial. La limpieza puede incluir el lavado por medio de chorros de agua y aire, excepto para superficies de suelo o relleno, para las cuales este método no es obligatorio.

Se deberá eliminar toda agua estancada o libre de las superficies sobre las cuales se va a colocar la mezcla y controlar que durante la colocación de la mezcla y el fraguado, no se mezcle agua que pueda lavar o dañar el concreto fresco.

Las fundaciones en suelo contra las cuales se coloque el concreto, deberán ser humedecidas, o recubrirse con una delgada capa de concreto, si así lo exige el Supervisor.

11.6.3. Colocación del concreto. Esta operación se deberá efectuar en presencia del Supervisor, salvo en determinados sitios específicos autorizados previamente por éste. El concreto no se podrá colocar en instantes de lluvia, a no ser que el Contratista suministre cubiertas que, a juicio del Supervisor, sean adecuadas para proteger el concreto desde su colocación hasta su fraguado. En todos los casos, el concreto se deberá depositar lo más cerca posible de su posición final y no se deberá hacer fluir por medio de vibradores.

Los métodos utilizados para la colocación del concreto deberán permitir una buena regulación de la mezcla depositada, evitando su caída con demasiada presión o chocando contra los encofrados o el refuerzo. Por ningún motivo se permitirá la caída libre del concreto desde alturas superiores a uno y medio metros (1,50 m). Al verter el concreto, se compactará enérgica y eficazmente, para que las armaduras queden perfectamente envueltas; cuidando especialmente los sitios en que se reúna gran cantidad de ellas, y procurando que se mantengan los recubrimientos y separaciones de la armadura.

A menos que los documentos del proyecto establezcan lo contrario, el concreto se deberá colocar en capas continuas horizontales cuyo espesor no exceda de medio metro (0.5 m). El Supervisor podrá exigir espesores aún menores cuando lo estime conveniente, si los considera necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.

Cuando se utilice equipo de bombeo, se deberá disponer de los medios para continuar la operación de colocación del concreto en caso de que se dañe la bomba. El bombeo deberá continuar hasta que el extremo de la tubería de descarga quede completamente por fuera de la mezcla recién colocada.

No se permitirá la colocación de concreto al cual se haya agregado agua después de salir de la mezcladora. Tampoco se permitirá la colocación de la mezcla fresca sobre concreto total o parcialmente endurecido, sin que las superficies de contacto hayan sido preparadas como juntas, según se describe en la colocación del agregado ciclópeo para el concreto clase G, se deberá ajustar al siguiente procedimiento. La piedra limpia y húmeda, se deberá colocar cuidadosamente, sin dejarla caer por gravedad, en la mezcla de concreto simple.

En estructuras cuyo espesor sea inferior a ochenta centímetros (80 cm), la distancia libre entre piedras o entre una piedra y la superficie de la estructura, no será inferior a diez centímetros (10 cm). En estructuras de mayor espesor, la distancia mínima se aumentará a quince centímetros (15 cm). En estribos y pilas no se podrá usar agregado ciclópeo en los últimos cincuenta centímetros

(50 cm) debajo del asiento de la superestructura o placa. La proporción máxima del agregado ciclópeo será el treinta por ciento (30%) del volumen total de concreto.

Los escombros resultantes de las actividades implicadas, deberán ser eliminados únicamente en las áreas de disposición de material excedente, determinadas por el proyecto. De ser necesario, la zona de trabajo, deberá ser escarificada para adecuarla a la morfología existente.

11.6.4 Vibración. El concreto colocado se deberá consolidar mediante vibración, hasta obtener la mayor densidad posible, de manera que quede libre de cavidades producidas por partículas de agregado grueso y burbujas de aire, y que cubra totalmente las superficies de los encofrados y los materiales embebidos. Durante la consolidación, el vibrador se deberá operar a intervalos regulares y frecuentes, en posición casi vertical y con su cabeza sumergida profundamente dentro de la mezcla.

No se deberá colocar una nueva capa de concreto, si la precedente no está debidamente consolidada. La vibración no deberá ser usada para transportar mezcla dentro de los encofrados, ni se deberá aplicar directamente a éstas o al acero de refuerzo, especialmente si ello afecta masas de mezcla recientemente fraguada.

11.6.5 Juntas. Se deberán construir juntas de construcción, contracción y dilatación, con las características y en los sitios indicados en los planos de la obra o donde lo indique el Supervisor. El Contratista no podrá introducir juntas adicionales o modificar el diseño de localización de las indicadas en los planos o aprobadas por el Supervisor, sin la autorización de éste. En superficies expuestas, las juntas deberán ser horizontales o verticales, rectas y continuas, a menos que se indique lo contrario. En general, se deberá dar un acabado pulido a las superficies de concreto en las juntas y se deberán utilizar para las mismas los rellenos, sellos o retenedores indicados en los planos.

11.6.6 Agujeros para drenaje. Los agujeros para drenaje o alivio se deberán construir de la manera y en los lugares señalados en los planos. Los dispositivos de salida, bocas o respiraderos para igualar la presión hidrostática se deberán colocar por debajo de las aguas mínimas y también de acuerdo con lo indicado en los planos. Los moldes para practicar agujeros a través del concreto pueden ser de tubería metálica, plástica o de concreto, cajas de metal o de madera. Si se usan moldes de madera, ellos deberán ser removidos después de colocado el concreto.

11.6.7. Remoción de los encofrados y de la obra falsa La remoción de encofrados de soportes se debe hacer cuidadosamente y en forma tal que permita concreto tomar gradual y uniformemente los esfuerzos debidos a su propio peso.

Dada que las operaciones de campo son controladas por ensayos de resistencias de cilindros de concreto, la remoción de encofrados y demás soportes se podrán efectuar al lograrse las resistencias fijadas en el diseño. Los cilindros de ensayos deberán ser curados bajo condiciones iguales a las más desfavorables de la estructura que representan.

Excepcionalmente si las operaciones de campo no están controladas por pruebas de laboratorio el siguiente cuadro puede ser empleado como guía para el tiempo mínimo requerido antes de la remoción de encofrados y soportes:

- Estructuras para arcos.....14 días
- Estructuras bajo vigas14 días
- Soportes bajo losas planas.....14 días
- Losas de piso14 días
- Placa superior en alcantarillas de cajón.....14 días
- Superficies de muros verticales48 horas
- Columnas48 horas
- Lados de vigas24 horas

Si las operaciones de campo son controladas por ensayos de resistencia de cilindros de concreto, la remoción de encofrados y demás soportes se podrá efectuar al lograrse las resistencias fijadas en el diseño. Los cilindros de ensayo deberán ser curados bajo condiciones iguales a las más desfavorables de la estructura que representan. La remoción de encofrados y soportes se debe hacer cuidadosamente y en forma tal, que permita al concreto tomar gradual y uniformemente los esfuerzos debidos a su peso propio.

11.6.8. Curado. Durante el primer período de endurecimiento, se someterá el concreto a un proceso de curado que se prolongará a lo largo del plazo prefijado por el Supervisor, según el tipo de cemento utilizado y las condiciones climáticas del lugar. En general, los tratamientos de curado se deberán mantener por un período no menor de catorce (14) días después de terminada la colocación de la mezcla de concreto; en algunas estructuras no masivas, este período podrá ser disminuido, pero en ningún caso será menor de siete (7) días.

- **Curado con agua.** El concreto deberá permanecer húmedo en toda la superficie y de manera continua, cubriéndolo con tejidos de yute o algodón saturados de agua, o por medio de rociadores, mangueras o tuberías perforadas, o por cualquier otro método que garantice los mismos resultados. No se permitirá el humedecimiento periódico; éste debe ser continuo. El agua que se utilice para el curado deberá cumplir los mismos requisitos del agua para la mezcla.

- **Curado con compuestos membrana** Este curado se podrá hacer en aquellas superficies para las cuales el Supervisor lo autorice, previa aprobación de éste sobre los compuestos a utilizar y sus sistemas de aplicación. El equipo y métodos de aplicación del compuesto de curado deberán corresponder a las recomendaciones del fabricante, esparciéndolo sobre la superficie del concreto de tal manera que se obtenga una membrana impermeable, fuerte y continua que garantice la retención del agua, evitando su evaporación. El compuesto de membrana deberá ser de consistencia y calidad uniformes.

- **Acabado y reparaciones** A menos que los planos indiquen algo diferente, las superficies expuestas a la vista, con excepción de las caras superior e inferior de las placas de piso, el fondo y los lados interiores de las vigas de concreto, deberán tener un acabado. por frotamiento con piedra áspera de carborundum, empleando un procedimiento aceptado por el Supervisor.

Cuando se utilicen encofrados metálicos, con revestimiento de madera laminada en buen estado, el Supervisor podrá dispensar al Contratista de efectuar el acabado por frotamiento si, a juicio de aquél, las superficies son satisfactorias. Todo concreto defectuoso o deteriorado deberá ser reparado o removido y reemplazado por el Contratista, según lo requiera el Supervisor. Toda mano de obra, equipo y materiales requeridos para la reparación del concreto, serán suministrada a expensas del Contratista.

- **Limpieza final.** Al terminar la obra, y antes de la aceptación final del trabajo, el Contratista deberá retirar del lugar toda obra falsa, materiales excavados o no utilizados, desechos, basuras y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable para el Supervisor, toda propiedad, tanto pública como privada, que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo y dejar el lugar de la estructura limpio y presentable.

- **Limitaciones en la ejecución** La temperatura de la mezcla de concreto, inmediatamente antes de su colocación, deberá estar entre diez y treinta y dos grados Celsius (10°C - 32°C).

Cuando se pronostique una temperatura inferior a cuatro grados Celsius (4°C) durante el vaciado o en las veinticuatro (24) horas siguientes, la temperatura del concreto no podrá ser inferior a trece grados Celsius (13°C) cuando se vaya a emplear en secciones de menos de treinta centímetros

(30 cm) en cualquiera de sus dimensiones, ni inferior a diez grados Celsius (10°C) para otras secciones.

La temperatura durante la colocación no deberá exceder de treinta y dos grados Celsius (32°C), para que no se produzcan pérdidas en el asentamiento, fraguado falso o juntas frías. Cuando la temperatura de los encofrados metálicos o de las armaduras exceda de cincuenta grados Celsius (50°C), se deberán enfriar mediante rociadura de agua, inmediatamente antes de la colocación del concreto.

11.7 Aceptación de los Trabajos

11.7.1 Controles Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Contratista.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado previamente, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación, consolidación, ejecución de juntas, acabado y curado de las mezclas.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y mezcla de concreto durante el período de ejecución de las obras.
- Tomar, de manera cotidiana, muestras de la mezcla elaborada para determinar su resistencia.
- Realizar medidas para determinar las dimensiones de la estructura y comprobar la uniformidad de la superficie.
- Medir, para efectos de pago, los volúmenes de obra satisfactoriamente ejecutados.

11.7.2. Calidad del cemento Cada vez que lo considere necesario, el Supervisor dispondrá que se efectúen los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

11.7.3. Calidad del agua Siempre que se tenga alguna sospecha sobre su calidad, se determinará su pH y los contenidos de materia orgánica, sulfatos y cloruros, además de la periodicidad fijada para los ensayos.

11.7.4. Calidad de los agregados Se verificará mediante la ejecución de las mismas pruebas ya descritas en este documento. En cuanto a la frecuencia de ejecución, ella se deja al criterio del Supervisor, de acuerdo con la magnitud de la obra bajo control. De dicha decisión, se deberá dejar constancia escrita.

11.7.5. Calidad de aditivos y productos químicos de curado El Supervisor deberá solicitar certificaciones a los proveedores de estos productos, donde garanticen su calidad y conveniencia de utilización, disponiendo la ejecución de los ensayos de laboratorio para su verificación.

11.8 Calidad de la mezcla

11.8.1. Dosificación La mezcla se deberá efectuar en las proporciones establecidas durante su diseño, admitiéndose las siguientes variaciones en el peso de sus componentes:

- Agua, cemento y aditivos.....± 1%
- Agregado fino± 2%
- Agregado grueso hasta de 38 mm..... ± 2%
- Agregado grueso mayor de 38 mm..... ± 3%

Las mezclas dosificadas por fuera de estos límites, serán rechazadas por el Supervisor.

11.8.2 Consistencia El Supervisor controlará la consistencia de cada carga entregada, con la frecuencia indicada en las tablas, cuyo resultado deberá encontrarse dentro de los límites mencionados en la En caso de no cumplirse este requisito, se rechazará la carga correspondiente.

11.8.3. Resistencia El Supervisor verificará la resistencia a la compresión del concreto con la frecuencia indicada en las Tablas. La muestra estará compuesta por nueve (9) especímenes según el método, con los cuales se fabricarán probetas cilíndricas para ensayos de resistencia a compresión de las cuales se probarán tres (3) a siete (7) días, tres (3) a catorce (14) días y tres (3) a veintiocho (28) días, luego de ser sometidas al curado normalizado. Los valores de resistencia de siete (7) días y catorce (14) días sólo se emplearán para verificar la regularidad de la calidad de la producción del concreto, mientras que los obtenidos a veintiocho (28) días se emplearán para la comprobación de la resistencia del concreto.

El promedio de resistencia de los tres (3) especímenes tomados simultáneamente de la misma mezcla, se considera como el resultado de un ensayo. La resistencia del concreto será considerada satisfactoria, si ningún espécimen individual presenta una resistencia inferior en más de treinta y cinco kilogramos por centímetro cuadrado (35 kg/cm²) de la resistencia especificada y, simultáneamente, el promedio de tres (3) especímenes consecutivos de resistencia iguala o excede la resistencia de diseño especificada en los planos.

Si alguna o las dos (2) exigencias así indicadas es incumplida, el Supervisor ordenará una revisión de la parte de la estructura que esté en duda, utilizando métodos idóneos para detectar las zonas más débiles y requerirá que el Contratista, a su costo, tome núcleos de dichas zonas, de acuerdo a la norma.

Se deberán tomar tres (3) núcleos por cada resultado de ensayo inconforme. Si el concreto de la estructura va a permanecer seco en condiciones de servicio, los testigos se secarán al aire durante siete (7) días a una temperatura entre dieciséis y veintisiete grados Celsius (16°C - 27°C) y luego se probarán secos. Si el concreto de la estructura se va a encontrar húmedo en condiciones de servicio, los núcleos se sumergirán en agua por cuarenta y ocho (48) horas y se probarán a continuación.

Se considerará aceptable la resistencia del concreto de la zona representada por los núcleos, si el promedio de la resistencia de los tres (3) núcleos, corregida por la esbeltez, es al menos igual al ochenta y cinco por ciento (85%) de la resistencia especificada en los planos, siempre que ningún núcleo tenga menos del setenta y cinco por ciento (75%) de dicha resistencia.

Si los criterios de aceptación anteriores no se cumplen, el Contratista podrá solicitar que, a sus expensas, se hagan pruebas de carga en la parte dudosa de la estructura conforme lo especifica el reglamento ACI. Si estas pruebas dan un resultado satisfactorio, se aceptará el concreto en discusión. En caso contrario, el Contratista deberá adoptar las medidas correctivas que solicite el Supervisor, las cuales podrán incluir la demolición parcial o total de la estructura, si fuere necesario, y su posterior reconstrucción.

11.9. Calidad del producto terminado

Desviaciones máximas admisibles de las dimensiones laterales

- Vigas pretensadas y postensadas -5 mm a + 10 mm
- Vigas, columnas, placas, pilas, muros y estructuras similares de concreto reforzado..... -10 mm a + 20 mm
- Muros, estribos y cimientos -10 mm a + 20 mm

El desplazamiento de las obras, con respecto a la localización indicada en los planos, no podrá ser mayor que la desviación máxima (+) indicada.

Otras tolerancias

- Espesores de placas -10 mm a +20 mm

- Cotas superiores de placas y veredas -10 mm a +10 mm
- Recubrimiento del refuerzo..... $\pm 10\%$
- Espaciamiento de varillas -10 mm a +10 mm

Regularidad de la superficie

La superficie no podrá presentar irregularidades que superen los límites que se indican a continuación, al colocar sobre la superficie una regla de tres metros (3m).

- Placas y Andenes..... 4 mm
- Otras superficies de concreto simple o reforzado ... 10 mm
- Muros de concreto ciclópeo 20 mm

11.9.1 Curado. Toda obra de concreto que no sea correctamente curado, puede ser rechazada, si se trata de una superficie de contacto con concreto, deficientemente curada, el Supervisor podrá exigir la remoción de una capa como mínimo de cinco centímetros (5cm) de espesor, por cuenta del Contratista.

Todo concreto donde los materiales, mezclas y producto terminado excedan las tolerancias de esta especificación deberá ser corregido por el Contratista, a su costo, de acuerdo con las indicaciones del Supervisor y a plena satisfacción de éste. La evaluación de los trabajos de "Concreto" se efectuará de acuerdo a lo indicado en la Interventoría.

11.9.2. Medición. La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico, de mezcla de concreto realmente suministrada, colocada y consolidada en obra, debidamente aceptada por el Supervisor.

11.9.3. Pago. El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Supervisor. Deberá cubrir, también todos los costos de construcción o mejoramiento de las vías de acceso a las fuentes, los de la explotación de ellas; la selección, trituración, y eventual lavado y clasificación de los materiales pétreos; el suministro, almacenamiento, desperdicios, cargas, transportes, descargas y mezclas de todos los materiales constitutivos de la mezcla cuya fórmula de trabajo se haya aprobado, los aditivos si su empleo está previsto en los documentos del proyecto o ha sido solicitado por el Supervisor.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos por concepto de patentes utilizadas por el Contratista; suministro, instalación y operación de los equipos; la preparación de la superficie de las excavaciones, el suministro de materiales y accesorios para los encofrados y la obra falsa y su construcción y remoción; el diseño y elaboración de las mezclas de concreto, su carga, transporte al sitio de la obra, colocación, vibrado, curado del concreto terminado, ejecución de juntas, acabado, reparación de desperfectos, limpieza final de la zona de las obras y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados, las instrucciones del Supervisor y lo dispuesto en las actas pertinentes

Item de Pago	Unidad de Pago
A Concreto Clase A	Metro cúbico (m^3)
B Concreto Clase B	Metro cúbico (m^3)
C Concreto Clase C	Metro cúbico (m^3)
D Concreto Clase D	Metro cúbico (m^3)
E Concreto Clase E	Metro cúbico (m^3)
F Concreto Clase F	Metro cúbico (m^3)
G Concreto Clase G	Metro cúbico (m^3)

Ensayos y Frecuencias

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de Muestreo
Agregado Fino	Granulometría	MTC E 204	250 m³	Cantera
	Materia que pasa la malla Nº 200 (75 mm)	MTC E 202	1000 m³	Cantera
	Terrones de Arcillas y partículas deleznales	MTC E 212	1000 m³	Cantera
	Equivalente de Arena	MTC E 114	1000 m³	Cantera
	Reactividad	ASTM C-84	1000 m³	Cantera
	Cantidad de partículas livianas	MTC E 211	1000 m³	Cantera
	Contenido de Sulfatos (SO₄²⁻)		1000 m³	Cantera
	Contenido de Cloruros (Cl⁻)		1000 m³	Cantera
	Durabilidad	MTC E 209	1000 m³	Cantera
Agregado Grueso	Granulometría	MTC E 204	250 m³	Cantera
	Desgaste los Ángeles	MTC E 207	1000 m³	Cantera
	Partículas fracturadas	MTC E 210	500 m³	Cantera
	Terrones de Arcillas y partículas deleznales	MTC E 212	1000 m³	Cantera
	Cantidad de partículas Livianas	MTC E 211	1000 m³	Cantera
	Contenido de Sulfatos (SO₄²⁻)		1000 m³	Cantera
	Contenido de Cloruros (Cl⁻)		1000 m³	Cantera
	Contenido de carbón y lignito	MTC E 215	1000 m³	Cantera
	Reactividad	ASTM C-84	1000 m³	Cantera
	Durabilidad	MTC E 209	1000 m³	Cantera
	Porcentaje de Chatas y Alargadas (relación largo espesor: 3:1)	MTC E 221	250 m³	Cantera
Concreto	Consistencia	MTC E 705	1 por carga (1)	Punto de vaciado
	Resistencia a Compresión	MTC E 704	1 juego por cada 50 m³, pero no menos de uno por día	Punto de va