





**Tabla VI. Formato 4.8 estimación de medidas de mitigación del componente operativo-administrativo**

FORMATO 4.8 ESTIMACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL COMPONENTE OPERATIVO-ADMINISTRATIVO					
EFEECTO ESPERADO <sup>1</sup>	LISTADO DE CAUSAS QUE PROVOCARÍAN EL EFECTO ESPERADO		MEDIDA DE MITIGACIÓN A IMPLEMENTARSE		
1	Desabastecimiento de agua	1.1	Colapso de componentes físicos	1.1	Conformar comité de emergencias
2	Distribución de agua de mala calidad	1.2	Falta de recursos humanos, técnicos y materiales, para atender emergencia	1.2	Desarrollar planes de concientización a las autoridades administrativas sobre la importancia de los suministros de agua
		1.3	Falta de coordinación interinstitucional para facilitar la rehabilitación del suministro de agua	1.3	Elaborar planes de emergencia
				1.4	Implementación del plan de emergencia operacional para aislar sectores
				1.5	Elaborar planes de operación y mantenimiento en emergencias
				1.6	Mejorar equipamiento para facilitar comunicación en caso de desastres
				1.7	Destinar fondos para manejo de emergencias
				1.8	Establecer normas y procedimientos a seguirse en caso de emergencias y desastres
				1.9	Mantener base de datos de proveedores y convenios comerciales para suministro de repuestos
				2.0	Mantener inventario del sistema (incluye planos y memoria de diseño)

**Fuente: OPS. Metodología para el análisis de vulnerabilidad de agua potable. Caso aplicado al sistema de Gualán. Pág. 60.**

En el formato 4.8, que se refiere a la mitigación del componente operativo administrativo, se puede ver cómo en base a la evaluación del sistema de agua potable, se encuentra que el problema principal ante un desastre natural sería el desabastecimiento de agua potable y mala calidad de la poca agua que se pudiera brindar a la comunidad de Gualán; también se enumera una serie de medidas inmediatas de mitigación.

Para el caso particular de este estudio, se hará referencia al formato 7.1 de la metodología de análisis de vulnerabilidad en el sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Gualán, en donde se estiman las medidas de emergencia que deben realizarse en la captación.

**Tabla VII. Formato 4.8 estimación de medidas de emergencia del componente captación**

FORMATO 4.8  
ESTIMACION DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL COMPONENTE CAPTACIÓN

EFFECTO ESPERADO	LISADO DE CAUSAS QUE PROVOCARÍAN EL EFECTO ESPERADO	MEDIDA DE MITIGACION A IMPLEMENTARSE
1 Daño parcial de estructuras	1.1 Arrastre de piedras y árboles por crecidas del río	1.1 Construcción de disipadores de energía
	1.2 Volteo de presa de captación al incrementarse las velocidades de flujo	1.2 Rediseño de muro de presa de captación (disipadores y cimacio)
2 Obstrucciones de tuberías o estructuras	2.1 Arrastre de hojas y material flotante	2.1 Protección de cuenca
3 Modificación de la calidad del agua	3.1 Erosión de taludes de la cuenca del río, aguas arriba del punto de captación	2.1 Protección de cuenca
	3.2 Arrastre de arena de el lecho del río, por incremento de velocidad del	2.2 Construcción de disipadores de energía
4 Disminución de la cantidad de agua	4.1 Obstrucciones de la tubería de toma	2.1 Construcción de sistemas de autolimpieza de rajas para evitar taponamientos
5 Desacoples de tubería	5.1 Por el choque de rocas y árboles en uniones de tubería con estructuras	2.1 Protección de tuberías expuestas
6 Destrucción de accesos a infraestructura	6.1 Derrumbes de taludes en carreteras	3.1 Coordinación interinstitucional MICVI (carreteras)
	6.1 Incremento de nivel de dos ríos que deen de atravesar para llegar a la obra de captación.	3.2 Coordinación interinstitucional MICVI (carreteras)

**Fuente: OPS. Metodología para el análisis de vulnerabilidad de agua potable. Caso aplicado al sistema de Gualán. Pág. 57.**

Como se puede observar, las medidas de emergencia inmediatas más importantes a implementarse en su orden serían:

- Construcción de captación provisional
- Limpieza de captación dañada y tuberías bloqueadas
- Construcción de disipadores de energía
- Y por último reubicación y construcción de nueva captación.

Del estudio y por medio del análisis realizado, se pudo establecer que la oficina de aguas tiene conocimiento de la coordinación interinstitucional que se debe tener en caso de emergencias y desastres, se tiene claridad de las instituciones que pueden apoyarles en caso de ocurrir algún desastre que afecte la prestación del servicio de agua.

Dentro de las instituciones que pueden apoyar a la oficina de aguas, en caso de emergencia, se mencionaron las siguientes:

- a) Municipalidad de Gualán
- b) Bomberos Voluntarios
- c) Secretaría Ejecutiva (CODEDUR)

Es importante decir que el operador del servicio es el departamento de aguas de la municipalidad de Gualán y que no cuenta con planes de atención de emergencias, programas de planificación, planes de mitigación ni comisión para formulación de los planes de mitigación.

A pesar de esto es importante mencionar que cuentan con personal para darle un mantenimiento mínimo a la captación y tubería de conducción, y existe personal capacitado para la operación de la planta de tratamiento de agua potable; asimismo cuentan, con un manual para el manejo de la misma. En la operación del sistema se involucran seis personas, que desarrollan actividades de fontanería, operación y administración del sistema.

En caso de emergencias se adhieren al comité local de emergencias, el cual es coordinado por la CONRED.

## 5.5 Propuesta para la protección de la captación de agua de Gualán

Para el caso concreto de la protección de la captación de agua potable ante los desastres naturales anteriormente mencionados en este estudio, se propone el siguiente diseño de un muro por gravedad, con concreto ciclópeo, para proteger la captación de agua del departamento de Gualán, departamento de Zacapa:

Predimensionamiento del muro:

Altura (H):

Altura necesaria: 2 metros.

Altura mínima de cimentación de base (h): 0.60 m

$$H = 2 \text{ m.} + 0.60 \text{ m.} = 2.60 \text{ m.}$$

Altura de cresta de muro: 0.45 m, por simplicidad en primer Predimensionamiento.

Base del muro (B): 0.60 (H)

$B = 0.60 (2.60) = 1.56 \text{ m}$ , para fines constructivos se redondeará a 1.60 m.

$$B = 1.60 \text{ m.}$$

\* Peso específico del suelo a orillas de la captación (arcilla con piedra):

$$\gamma_s = 2.1 \text{ Ton/m}^3$$

\* Peso específico del concreto ciclópeo mínimo:

$$\gamma_c = 3.2 \text{ Ton/m}^3$$

\* Ángulo de fricción interna del suelo (del talud natural que corresponde a una pendiente en relación de 2 de altura por 3 de base):

$$\Phi = 34^\circ$$

\* Coeficiente  $\mu$  del suelo en la base del muro (arcilla con piedra):

$$\mu = 0.40$$

\* Valor soporte del suelo:

$$V_s = 22 \text{ Ton/m}^2.$$

\* Factor de seguridad del cálculo FS = 1.5

Cálculo de presiones o empujes activos y pasivos que actuarán en el muro:

De Rankine se tiene que:

$$K_a = \frac{1 - \text{sen}\Phi}{1 + \text{sen}\Phi} \quad \text{y} \quad K_p = \frac{1 + \text{sen}\Phi}{1 - \text{sen}\Phi}$$

Donde:

$K_a$  = coeficiente de presión activa.

$K_p$  = coeficiente de presión pasiva.

$\Phi$  = ángulo de fricción interna.

entonces:

$$K_a = \frac{1 - \text{sen}(34)}{1 + \text{sen}(34)} = 0.2827$$

$$K_a = \frac{1 + \text{sen}(34)}{1 - \text{sen}(34)} = 3.54$$

Al calcular las componentes horizontales de la presión activa y pasiva:

$$\overline{Pp\gamma} = K_p * \gamma_s * h \text{ y } \overline{Pa\gamma} = K_p * \gamma_s * H$$

Donde:

$K_p$  = coeficiente de presión pasiva.

$\gamma_s$  = Peso específico del suelo.

$h$  = altura de cimentación.

$H$  = altura total del muro.

Entonces:

$$\overline{Pp\gamma} = 3.54 * 2.1 \text{Ton/m}^3 * 0.60 \text{ m.}$$

$$\overline{Pp\gamma} = 4.46 \text{ Ton/m}^2$$

$$\overline{Pa\gamma} = 0.2827 * 2.1 \text{ Ton/m}^3 * 2.60 \text{ m.}$$

$$\overline{Pa\gamma} = 1.54 \text{ Ton/m}^2.$$

Con estos datos se calculan los empujes totales:

$$Pp\gamma = \frac{1}{2} \overline{Pp\gamma} * h \quad \text{y} \quad Pa\gamma = \frac{1}{2} \overline{Pa\gamma} * H$$

donde:

$\overline{Pp\gamma}$  = Componente horizontal pasiva de empuje de suelo.

$\overline{Pa\gamma}$  = Componente horizontal activa de empuje de suelo.

h = altura de cimentación.

H = altura total del muro.

Entonces:

$$Pp\gamma = \frac{1}{2} * 4.46 \text{ Ton/m}^2 * 0.6 \text{ m.}$$

$$Pp\gamma = 1.34 \text{ Ton/m}$$

$$Pa\gamma = \frac{1}{2} * 1.54 \text{ Ton/m}^2 * 2.6$$

$$Pa\gamma = 2.002 \text{ Ton/m}$$

Al calcular momentos de empuje activo y pasivo al pie del muro:

$$Mp\gamma = Pp\gamma * \frac{1}{3}h \quad \text{y} \quad Ma\gamma = Pa\gamma * \frac{1}{3}H$$

Donde:

$P_{p\gamma}$  = empuje pasivo total.

$P_{a\gamma}$  = empuje activo total.

h = altura de cimentación.

H = altura total del muro.

Entonces:

$M_{p\gamma} = 1.34 \text{ Ton/m} * \frac{1}{3} 0.60 \text{ m}$

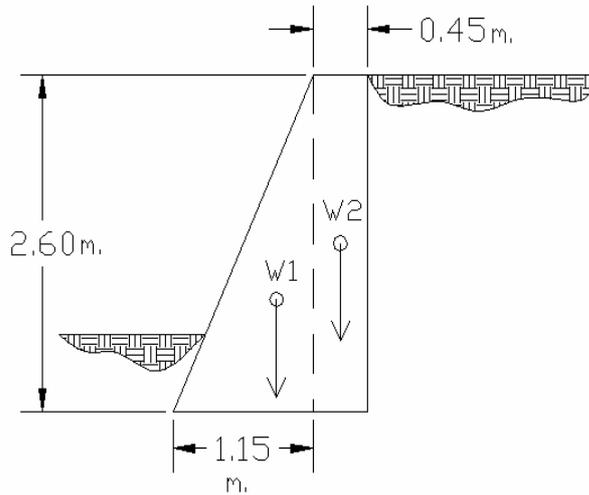
$M_{p\gamma} = 0.268 \text{ Ton-m/m.}$

$M_{a\gamma} = 2.002 \text{ Ton/m} * \frac{1}{3} 2.60 \text{ m}$

$M_{a\gamma} = 1.735 \text{ Ton-m/m.}$

Cálculo de peso muerto del muro, por medio de sus centros de gravedad.

**Figura 17. Diagrama de peso muerto del muro, por medio de sus centros de gravedad.**



Fuente: Jorge Estuardo González. Trabajo de graduación.

Al calcular la sumatoria de momentos, aplicados al pie del muro:

**Tabla VIII Sumatoria de momentos aplicados al muro de concreto ciclópeo**

Figura	Área (m <sup>2</sup> )	$\gamma$ (Ton / m <sup>3</sup> )	W (Ton/m)	Brazo (m)	M (Ton-m/m)
1	1.495	3.2	4.78	0.77	3.67
2	1.17	3.2	3.7	1.375	5.15
		$\Sigma$	8.48	$\Sigma$	8.82

Fuente: Jorge Estuardo González. Trabajo de graduación

## VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD CONTRA VOLTEO

$$\text{(Factor de seguridad de volteo)} F_{sv} = \frac{Mp\gamma + Mw}{Ma\gamma}$$

Donde:

$Mp\gamma$  = Momento pasivo del suelo

$Ma\gamma$  = Momento activo del suelo

$Mw$  = Sumatoria de momentos por peso propio del muro.

Entonces:

$$F_{sv} = (0.268 \text{ Ton-m/m} + 8.82 \text{ ton-m/m}) / 1.735 \text{ Ton-m/m}$$

$$F_{sv} = 5.23$$

Como el valor de 5.23 es mayor que el factor de seguridad 1.5, el muro resiste contra volteo.

## VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD CONTRA DESLIZAMIENTO

$$\text{(Factor de seguridad de deslizamiento)} F_{sd} = \frac{Pp\gamma + (\mu * W)}{Pa\gamma}$$

Donde:

$Pp\gamma$  = empuje pasivo total.

$Pa\gamma$  = empuje activo total.

$\mu$  = Coeficiente de fricción del suelo.

W = carga del muro.

Entonces:

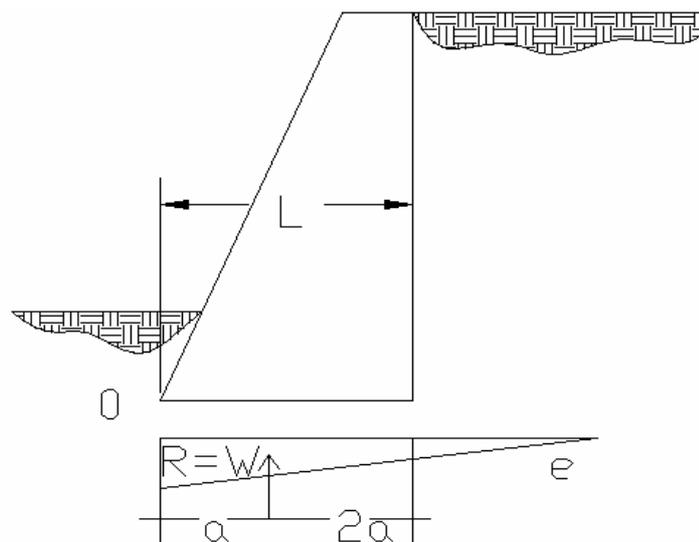
$$Fsd = [1.34 \text{ Ton/m} + (0.4 \cdot 8.48) \text{ Ton/m}] / 2.002$$

$$Fsd = 2.36.$$

Como  $Fsd = 2.36$  es mayor que el factor de seguridad 1.5 el muro resiste contra deslizamiento.

## VERIFICACIÓN DE LA PRESIÓN MÁXIMA BAJO LA BASE DEL MURO

**Figura 18. Diagrama de presión bajo la base del muro**



Fuente: Jorge Estuardo González. Trabajo de graduación.

Donde la excentricidad es igual a:

$$e = (L/2) - a, \text{ en donde el término } a \text{ es: } a = (M_{p\gamma} + M_w - M_{a\gamma}) / W$$

donde:

$M_{p\gamma}$  = Momento pasivo del suelo

$M_{a\gamma}$  = Momento activo del suelo

$M_w$  = Sumatoria de momentos por peso propio del muro.

$W$  = carga del muro.

Entonces:

$$a = (0.268 \text{ Ton-m/m} + 8.82 \text{ Ton-m/m} - 1.735 \text{ Ton-m/m}) / 8.48 \text{ Ton/m}$$

$$a = 0.867 \text{ m}$$

$$\text{Como } 3a = (3 * 0.867) = 2.601 \text{ m.}$$

$2.601 > L = 1.60$ , entonces se concluye que no existen presiones negativas.

Al haber obtenido  $a$ , entonces:

$$e = (1.60 \text{ m} / 2) - 0.867 \text{ m.}$$

$$e = -0.067.$$

Las presiones (q) máxima y mínima en el terreno serán:

$$q = \frac{W}{L} \pm \frac{W * e}{s}, \text{ donde } s = \text{módulo de sección lineal} = 1/6 * L$$

$$q = \frac{8.48}{1.60} \pm \frac{8.48 * (-0.067)}{1/6 * 1.6}$$

$$q \text{ max.} = 3.97 \text{ Ton/m}^2$$

$$q \text{ min.} = 6.63 \text{ Ton/m}^2$$

de estos resultados, y al saber que el  $V_s = 22 \text{ Ton/m}^2$  se concluye que:

$q \text{ max} = 3.97 \text{ Ton/m}^2 < 22 \text{ Ton/m}^2$ , por lo tanto se comprueba la hipótesis

$q \text{ min} = 6.63 \text{ Ton/m}^2 > 0$ , por lo tanto se comprueba la hipótesis

Como la presión máxima es menor que el valor soporte del suelo, y la presión mínima es mayor que cero, se concluye que el muro resiste a la presión bajo su base.

De estos cálculos se concluye que las dimensiones del muro por gravedad con concreto ciclópeo serán de:

$$H = 2.60 \text{ m.}$$

$$B = 1.60 \text{ m.}$$

$$b = 0.45 \text{ m.}$$

Se utilizará concreto ciclópeo, con piedra no mayor a un diámetro de 8" y un peso específico de 3.2 Ton/m<sup>3</sup>

## CONCLUSIONES

1. Las especificaciones técnicas para la protección de las fuentes de agua ante desastres y emergencias son sellos sanitarios, brocales, filtros de grava y arena; protecciones físicas, tales como rejillas, muros de contención, muros perimetrales, cunetas, contracunetas y compuertas. Estas estructuras deben garantizar seguridad, estabilidad y funcionamiento de las captaciones de agua en caso de un desastre natural o terrorismo.
2. Los principales fenómenos naturales a los cuales está expuesta la captación de agua del municipio de Gualán son en su orden huracanes, sismos, inundaciones y deslizamientos. Durante el Mitch los daños más severos, causados a la captación fueron debido a las inundaciones y deslizamientos.
3. En caso de un evento natural de tal magnitud que la captación de agua de Gualán fuera dañada parcial o totalmente, ésta podría trasladarse aguas arriba, en donde el río no esté enclavado entre montañas y el flujo del mismo es laminar.

4. De la metodología de análisis de vulnerabilidad (MAV) en el sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Gualán, se puede establecer que la municipalidad de la localidad, por medio de su departamento de aguas, no cuenta con planes de atención de emergencias, programas de planificación, planes de mitigación, ni comisión para formulación de los planes de mitigación ante un desastre natural, entre los cuales deberían de estar las medidas de mitigación-operativo administrativo, y técnico.
5. La captación de agua no cuenta con un sistema de medición de caudales ni para toma de muestras de calidad del agua.
6. Las especificaciones constructivas dictadas por UNEPAR e INFOM, en cuanto a los materiales constructivos utilizados en los componentes de la captación son cumplidos en forma parcial.
7. Ninguna de las obras hidráulicas cumple con las especificaciones de concreto, en especial con la especificación ACI-350.

## RECOMENDACIONES

1. La Municipalidad de Gualán debe construir obras de protección para los elementos de la captación de agua, muros de contención, disipadores de energía, rejillas, cunetas, contracunetas y muros perimetrales, para garantizar la continuidad del servicio de agua potable ante un desastre natural o algún evento terrorista. Estas obras deben de cumplir con las normas de diseño y especificaciones constructivas del INFOM, UNEPAR y AGIES.
2. Crear una comisión para la formulación de los planes de mitigación, de atención de emergencias y programas de planificación, ante un desastre natural; siguiendo la metodología de análisis de vulnerabilidad (MAV), esto en el departamento de aguas de la municipalidad de Gualán.
3. La municipalidad de Gualán debe dar seguimiento, a través de la unidad técnica, a lo planteado en esta investigación, para evitar que los desastres o eventos naturales sean magnificados.



## BIBLIOGRAFÍA

1. **American Concrete Institute. *Manual of concrete Practice*.** Part 4 ACI-350. EUA 2002.
2. Cabrera Seis, Jadenón Vinicio. Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones I. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 1994. 178 Págs.
3. Del Cid Colindres, Erika Paola. Protección de líneas de conducción de agua para consumo humano ante desastres naturales y emergencia. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad Rafael Landivar, Facultad de Ingeniería, 2004. 92 Págs.
4. **Desastres naturales y zonas de riesgo en Guatemala.** ASDI. UNICEF, 2001. 94 p. [Boletín /05/04](#).
5. **Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales.** Instituto de fomento municipal (INFOM/UNEPAR). 2da. revisión. Guatemala 27 de junio de 1997. 66 Págs.
6. **Guías para la calidad del agua Potable.** Ginebra. OMS, 1995. 2a. Edición. 195 Págs.
7. **La protección de las captaciones.** OMS, 1997. Copenhague, Dinamarca 20 p.
8. **Normas generales para diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable.** Instituto de fomento municipal, departamento de estudios y diseño (INFOM). Guatemala febrero de 1979. 45 Págs.
9. Seaman, John. **Epidemiología de desastres naturales.** México, D.F. Harla, 1989.



## **Anexo I**

### **RECOPIACIÓN DE ESPECIFICACIONES GENERALES EXISTENTES PARA CAPTACIONES DE AGUA POTABLE.**

#### **INFOM EAC-01**

##### **Limpia, chapeo y destronque**

###### **Definición.**

Son las operaciones previas al inicio de los trabajos en la obra, con el objetivo de eliminar toda clase de vegetación y material desechable.

###### **Descripción.**

Consiste en el chapeo, remoción y eliminación de toda clase de vegetación y desechos que estén dentro de los límites de la obra, con el fin de realizar y facilitar los trabajos de obra civil, comprende además la preservación de la vegetación que deba conservarse, a efecto de evitar daño en la obra y en la propiedad privada. Para la línea de conducción debe estimarse como mínimo la limpieza de 1m. a cada lado del eje de la línea.

###### **Requisitos de ejecución.**

El supervisor previamente designará los límites del área de limpia, chapeo y destronque, si no se indicara en algún documento.

Disposición y eliminación de producto de limpia, chapeo y destronque.

El producto indeseable de la limpia y chapeo se dispondrá en sitios adecuados, procediendo a su incineración o entierro en lugares debidamente autorizados en forma escrita por sus propietarios.

### **INFOM EOC-11**

#### **Cimientos de piedra.**

- a. Se construirán de las dimensiones y materiales especificados en los planos. Si no existiese especificación especial respecto a materiales, podrán ser hechos con piedra de cantera, laja, etc., evitando el uso de piedra bola. Las piedras deberán ser seleccionadas y serán colocadas de tal forma que la transmisión de sus cargas sea normal a sus caras, evitando así, los planos inclinados que provoquen posible deslizamiento.
  
- b. En la fabricación de este tipo de cimiento se usarán piedras sanas y no intemperizadas, sin reventaduras y con un peso mínimo de 3 Kg., y un mortero (cemento-cal-arena), procurando utilizar la menor cantidad de mortero en el acomodamiento de la piedra.

### **INFOM EOC-41**

#### **Concreto.**

Mezcla de cemento Pórtland, modificado tipo I (PM) o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, grueso y agua, con o sin aditivos.

Al concreto que tiene acero de refuerzo, ya sea preesforzado o no, diseñado suponiendo que ambos materiales actúan juntos para resistir las fuerzas a las que son sometidos, se le denomina concreto reforzado o concreto preesforzado.

## **INFOM EOC-42**

### **Materiales.**

Para la fabricación de concreto se emplean los siguientes materiales:

a. Cemento. Deberá cumplir con los siguientes requisitos:

a.1 Cumplir con las especificaciones para cemento Pórtland tipo I (PM) de norma COGUANOR NGO 41001, o ASTM C 595.

a.2 el cemento que se utilice deberá ser de marca de reconocida calidad y aprobada por INFOM, de no ser así deberá utilizarse hasta que haya sido aprobado por el CII e INFOM.

b. Agregados.

b.1 Agregado fino

Este material estará formado por arena de río, o por arena de trituración, que sea consistente, libre de cantidades dañinas de arcilla, cieno, desechos orgánicos y sales minerales que afecten la calidad del concreto. En general los agregados finos deben cumplir con las especificaciones de agregados para concreto COGUANOR NGO 41007 o ASTM C 33.

### c. Agua.

c.1 El agua empleada en el mezclado del concreto deberá ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero de refuerzo.

c.2 Se podrá utilizar agua potable sólo en el caso de los cilindros de mortero para pruebas y que deberá tener resistencias a los 7 y 28 días de por lo menos el 90% de la resistencia de muestras similares hechas con agua potable y cumplir con la resistencia mínima especificada para el proyecto. La comparación de la prueba de resistencia debe hacerse en morteros idénticos, excepto por el agua de mezcla, preparados y probados de acuerdo con la norma ASTM C 109.

### d. Aditivo.

Se denomina aditivos a todo el material distinto de agua, agregados o del cemento hidráulico, utilizado como ingrediente del concreto y que se añade a éste antes de o durante su mezclado con el fin de modificar sus propiedades.

d.1 Los aditivos reductores de agua, retardantes y acelerantes, deberán cumplir con las especificaciones para aditivos químicos para concreto (ASTM C 494).

d.2 Los aditivos inclusores de aire deben cumplir con las especificaciones para aditivos inclusores de aire para concreto.

d.3 La ceniza volante u otros deberán cumplir con las especificaciones para ceniza volante puzolanas naturales; cruzadas o calcinadas para usarse en concreto de cemento Pórtland. (ASTM C 616).

d.4 Debe demostrarse que el aditivo es capaz de mantener la misma composición y comportamiento en el concreto en toda la obra donde se use el producto en las proporciones establecidas.

### **INFOM EOC-43**

#### **Acero de refuerzo**

a. El acero de refuerzo debe ser corrugado, excepto para cables o barras No. 2. Las varillas de refuerzo serán grado 40, a menos que se indique lo contrario en los planos del proyecto y debe cumplir con una de las siguientes especificaciones, excepto en lo dispuesto en el inciso b. A continuación.

a.1. Especificaciones para varillas corrugadas y lisas de acero de lingote para refuerzo del concreto (ASTM A 615).

a.2. Especificaciones para varillas corrugadas y lisas de acero y riel para refuerzo del concreto (ASTM A 616).

a.3. Especificaciones para varillas corrugadas y lisas de acero eje para refuerzo del concreto (ASTM A 617).

a.4. Especificaciones para varillas corrugadas de acero de baja aleación para refuerzo del concreto (ASTM A 706).

b. Las varillas corrugadas de refuerzo deben estar de acuerdo con las siguientes excepciones a las especificaciones de la ASTM que se indican el inciso anterior:

b.1. Para las normas ASTM A 615, 616, y 617, los requisitos para la prueba de doblado de todas las varillas desde la No. 3 hasta la No. 11 deben hacerse en base a dobleces de 180 grados en varillas de sección transversal completa alrededor del gancho, cuyos diámetros se especifican en la tabla V-1.

## **INFOM EOC-62**

### **Concreto ciclópeo**

Definición.

Es una combinación de concreto hidráulico y piedra grande, de tamaños entre límites de 0.10 y 0.30 m.

Descripción.

Este trabajo consiste en la preparación, colocación y curado de una combinación de concreto hidráulico ( $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  a los 28 días), con piedras sólidas.

## **INFOM EOC-63**

### **Preparación del concreto ciclópeo**

a. La preparación de la mezcla de concreto deberá cumplir con las especificaciones de concreto hidráulico que sean aplicables.

b. Las piedras deberán lavarse para eliminar la tierra, arcilla, o cualquier otro material extraño.

c. Las piedras deberán humedecerse en tal forma, que se garantice el proceso de fraguado normal, para evitar pérdidas de agua en el concreto por absorción del material pétreo.



## **ANEXO II**

### **NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN PARA LA REPÚBLICA DE GUATEMALA AGIES NR-4: 2001 REQUISITOS ESPECIALES PARA VIVIENDA Y OTRAS CONSTRUCCIONES MENORES**

#### **CAPÍTULO 4**

#### **ESPECIFICACIONES PARA MATERIALES**

##### **4.1 Generalidades**

4.1.1 Los materiales deben ser de buena calidad para garantizar una adecuada resistencia y capacidad de la vivienda para absorber los efectos de las cargas externas e internas.

4.1.2 Materiales frágiles, poco resistentes, con discontinuidades se rompen fácilmente ante la acción de un terremoto, por lo que deben evitarse. Muros de adobe, ladrillo o block sin reforzar, sin vigas ni columnas, son muy peligrosos, por lo que su empleo no se recomienda.

## 4.2 Cemento

4.2.1 Los cementos Pórtland, generalmente, se fabrican en cinco tipos; el Tipo I es empleado más comúnmente en la construcción de vivienda, aunque también se emplea el Pórtland Tipo I Modificado, que contiene puzolana.

4.2.2 El cemento debe estar en su empaque original, fresco y al utilizarse se debe asegurar que conserve sus características de polvo fino sin grumos.

4.2.3 El cemento se debe almacenar en un lugar techado, que proteja al mismo de la lluvia y de la humedad, sin contacto con paredes o muro que puedan humedecerlo.

4.2.4 En los trabajos pequeños, y en forma temporal, se puede permitir el almacenamiento al aire libre, en cuyo caso debe proporcionarse una plataforma separada del suelo, con amplia cubierta impermeable.

4.2.5 El cemento en sacos, no debe ser apilado durante su transporte o almacenamiento, en pilas de más de 8 sacos de alto.

4.2.6 El cemento no debe almacenarse por un tiempo mayor de dos meses.

4.2.7 No puede usarse el cemento que se haya dañado por exposición a la humedad, que haya fraguado parcialmente, o que tenga terrones o esté endurecido, y debe ser rechazado el uso del contenido total del saco de cemento o del recipiente o bulto del mismo y ser retirado inmediata y definitivamente de la obra. No puede usarse el cemento recogido de los sacos rechazados o usados, o provenientes de la limpieza de los mismos.

### 4.3 Acero

Este material se usa en varias formas varillas de refuerzo, pernos, clavos, perfiles estructurales, etc.

#### 4.3.1 Varillas de refuerzo

4.3.1.1 Se prefieren corrugadas porque mejora de adherencia entre el concreto y el acero.

4.3.1.2 La resistencia del refuerzo puede ser grado 40, grado 60 o grado 70 (alta resistencia).

4.3.1.3 El refuerzo grado 33 o comercial no debe usarse para aplicaciones estructurales, en vista que no posee ductilidad ni uniformidad. Únicamente para aplicaciones secundarias como aceras, bordillos. Etc.

4.3.1.4 Las varillas de refuerzo grado 40 y/o grado 60 se identifican por números, los más usados en la construcción de vivienda son:

**Tabla IX. Varillas de refuerzo por números, las mas usadas**

Número	Diámetro	
	(Pig.)	Observaciones
2	1/4	Usado para estribos de soleras, mochetas y cimientos trapezoidales
3	3/8	Usado para el refuerzo longitudinal de cimientos, soleras, mochetas y para estribos de vigas y columnas
4	1/2	Usado para refuerzo longitudinal de vigas, columnas, soleras, mochetas y cimientos

Fuente: AGIES. NR-4 inciso 4.3.1.4

4.3.1.5 Las varillas de grado 70 normalmente se usan en diámetros milimétricos. La disponibilidad de los diámetros dependerá de los fabricantes o importadores, pero usualmente se manejan diámetros desde 3.80 mm hasta 6.41 mm en la versión corrugada.

4.3.1.6 En algunas situaciones particulares será necesario cambiar de tipo de refuerzo. Para ello deberá tomarse en cuenta el tipo de elemento estructural donde se empleará para obtener los diámetros equivalentes. Por ejemplo, para soleras, mochetas y cimientos, el cambio de refuerzo longitudinal se basará en una equivalencia de fuerzas (multiplicación de áreas por esfuerzos), mientras que para estribos se modificará el espaciamiento acordemente.

4.3.1.7 No emplear varillas usadas anteriormente o rescatadas de escombros, porque pueden tener fallas en su resistencia.

4.3.1.8 Se permite cierta cantidad de oxidación en los refuerzos si no está floja o suelta y no hay pérdida apreciable de área transversal.

4.3.1.9 Antes de vaciar el concreto se debe revisar que el refuerzo esté limpio de herrumbre suelta, incrustaciones y escamas, grasa, aceite, rebabas, mortero seco y otro recubrimiento que pueda afectar la adherencia.

4.3.1.10 El refuerzo debe ser firmemente sostenido durante la colocación y fraguado del concreto. Las barras deben amarrarse en todas las intersecciones, excepto en el caso de espaciamientos menores de 30 centímetros, en el cual se amarrarán las intersecciones alternas.

4.3.1.11 El alambre usado para amarre debe tener un diámetro de 0,0625 ó 0.0800 pulgadas (1.5875 a 2.032 mm), o calibre equivalente. No se permite el soldado de las intersecciones de barras de refuerzo.

4.3.1.12 La posición del refuerzo dentro de las formaletas debe mantenerse por medio de tirantes, bloques, ataduras, suspensiones y otros soportes aprobados. Los bloques deben ser de mortero de cemento prefabricado, de calidad, forma y dimensiones aprobadas. Las silletas de metal que entren en contacto con la superficie exterior del concreto, deben ser galvanizadas.

Las camas de las barras deben separarse por bloques de mortero de cemento u otros medios igualmente adecuados. No es permitido el uso de guijarros, pedazos de piedra o ladrillos quebrados, tubería de metal o bloques de madera. Los estribos verticales deben estar siempre alrededor del refuerzo principal de tensión y adheridos adecuadamente a él.

4.3.1.13 El empalme en las barras será permitido donde lo indiquen los planos. Hasta donde sea factible, los empalmes en tensión deben localizarse alejados de los puntos de momento máximo o de las zonas de altos esfuerzos de tensión.

4.3.1.14 A menos que se indique de otra forma en los planos, la longitud del traslape en tensión, no debe ser menor de 24 y 36 diámetros de barra para barras de grados 40 o menos y grado 60 respectivamente, ni menor de 30 centímetros.

4.3.1.15 Los empalmes en zonas donde el esfuerzo crítico es de compresión y cuando se utilice concreto de 210.kg/cm<sup>2</sup> o mayor, el traslape debe ser no menor de 20 y 24 diámetros para barras grados 40 o menos, y grado 60 respectivamente, ni menor de 30 centímetros. En concreto de clase inferior a 210.kg/cm<sup>2</sup>, las longitudes de traslape anteriores deben incrementarse en 1/3.

4.3.1.16 En los empalmes de traslape, las barras deben colocarse en contacto entre sí y amarrarse con alambre, de tal manera, que mantengan la alineación de las mismas y su espaciamiento, dentro de las distancias libres mínimas especificadas, en relación a las demás barras y a las superficies del concreto.

4.3.1.17 Las varillas no deben quedar torcidas ni tener curvaturas no específica al fundir el concreto.

4.3.1.18 El acero de refuerzo debe almacenarse por encima del nivel del terreno, sobre plataformas, largueros, bloques y otros soportes de madera u otro material adecuado y debe ser protegido hasta donde sea posible contra daños mecánicos y deterioro superficial, incluyendo los efectos de la intemperie y ambientes corrosivos.

4.3.1.19 Las barras de refuerzo deben ser dobladas en frío.

4.3.1.20 A menos que los planos lo muestren en otra forma, los dobleces deben hacerse de acuerdo con los requisitos siguientes:

- Los estribos y las barras de amarre o sujeción del refuerzo deben doblarse alrededor de un pasador de un radio no menor del diámetro del estribo o barra.
- Los dobleces para las otras barras 3 ó 4, tendrán radios en el interior de la pasador no menores de 2.5 veces el diámetro de la barra.

#### 4.3.2 Herrajes

4.3.2.1 Pernos, clavijas y espigas. Los pernos comunes maquinados, clavijas y espigas pueden ser de hierro forjado o de acero de carbono intermedio.

Las arandelas pueden ser de hierro fundido de segunda fusión, o hierro fundido maleable o cortadas de lámina de hierro forjado o lámina de acero de carbono intermedio. Los pernos comunes maquinados deben tener cabezas y tuercas cuadradas.

4.3.2.2 Clavos. Los clavos deben ser de alambre de acero liso y de forma estándar.

4.3.2.3 Conectores para madera. Los conectores para madera pueden ser de los siguientes tipos según se especifique en los planos: conectores de anillo partido; conectores de anillo dentado; conectores de placas de corte o conectores de malla de escarpías.

4.3.2.4 Galvanizado del herraje. Todo el herraje debe ser galvanizado conforme ASTM A 153 a menos que se especifique en otra forma.

### 4.3.3 Estructomallas

4.3.3.1 También es posible usar combinaciones de refuerzos de alta resistencia para fundiciones de muros y losas; el más común es la estructomalla o malla electro soldada, cuyo módulo de espaciado es generalmente de 15 centímetros o 6 pulgadas. Su resistencia normalmente es grado 70. Sus diámetros varían según cada fabricante.

4.3.3.2 Las planchas de malla de alambre soldado de refuerzo, deben traslaparse unas con otras, lo suficiente para mantener una resistencia uniforme y deben amarrarse debidamente en los extremos y bordes.

El traslape en las mallas de alambre liso, no debe ser menor del espaciamiento de la malla, en la dirección del traslape, más 5 centímetros. En las mallas de alambre corrugado, el traslape debe calcularse de acuerdo con el Reglamento ACI 318, pero en ningún caso será menor de 30 centímetros.

#### 4.3.4 Perfiles estructurales

El acero se produce en formas preestablecidas, las más conocidas son las de alma llena o sección I, canales o costaneras, angulares, tubos, *joists*, etc. Dichas secciones pueden ser roladas de molino, o bien hechizas.

Los elementos deben protegerse de la corrosión aplicando 2 manos de pintura anticorrosiva.

#### 4.4 Agregados

Los agregados constituyen el 75% del volumen de una mezcla típica de concreto. El término agregados comprende las arenas, gravas naturales o piedra triturada, utilizadas para preparar morteros y concretos.

4.4.1 La limpieza, sanidad, resistencia y forma de las partículas son importantes. Los agregados se consideran limpios si están libres de arcilla, limo, mica, materia orgánica (tierra), sales químicas o granos recubiertos.

4.4.2 Las partículas planas y alargadas (longitud mayor que 5 veces el espeso promedio) deben evitarse porque perjudican la trabajabilidad del concreto, resultando mezclas con más arena, cemento y agua. El porcentaje no debe sobrepasar el 15% en peso.

4.4.3 La granulometría y el tamaño máximo de los agregados son importantes debido a su efecto en la dosificación, trabajabilidad, economía, porosidad y contracción del concreto.

4.4.4 La grava o pedrín no debe ser frágil ni tener tamaños mayores a 7 cm.

#### 4.5 Piedra

4.5.1 La piedra normalmente se usa para fabricar concreto ciclópeo. Es una combinación de concreto de cemento Pórtland y de piedra grande de tamaño no mayor de 30 centímetros. El concreto puede ser hasta de una resistencia de 175. kg/cm<sup>2</sup>.

4.5.2 Las piedras puede consistir en piedra partida o canto rodeado, de buena calidad, de preferencia en su estado natural (con caras sin labrar), limpia, dura, sana, durable, libre de agregaciones, fracturas, grietas y otros defectos estructurales que tiendan a reducir su resistencia a la intemperie.

4.5.3 Se conservará libre de suciedad, aceite, mortero seco y otras sustancias que afecten su adhesión con el concreto.