

REPÚBLICA DE PANAMÁ
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS



RESOLUCIÓN No 028
De 1 de abril de 2024

"Por medio de la cual se anexa un capítulo a la edición 2002 del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras, Caminos, Calles y Puentes y obras afines en toda la República de Panamá".

EL MINISTRO DE OBRAS PÚBLICAS,
en uso de sus facultades legales,

CONSIDERANDO:

Que mediante la Ley No. 11 de 27 de abril de 2006, se reformó la Ley No. 35 de 30 de junio de 1978, que reorganiza el Ministerio de Obras Públicas y la Ley No. 94 de 1973, sobre contribución por valorización y dicta otra disposición, establece entre las funciones del Ministerio de Obras Públicas la misión de llevar a cabo los programas e implementar la política de construcción y mantenimiento de las obras públicas de la Nación con infraestructuras, tales como carreteras, calles, puentes y drenajes pluviales, entre otras.

Que de conformidad con el artículo 3 literal c de la Ley 35 de 1978, le corresponde al Ministerio de Obras Públicas dictar las normas técnicas y diseño y construcción de calles, carreteras y puentes y revisar para aprobar o improbar los planos y especificaciones para la construcción de estas obras.

Que mediante Resolución No. 050-02 de 26 de julio de 2002 se aprueba la edición 2002 del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras, Caminos, Calles, Puentes, y obras afines en toda la República de Panamá.

Que mediante Resolución No. 080-08 de 15 de octubre de 2008 se crea el Comité Técnico (CT) para la revisión y actualización del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes con el objetivo de periódicamente revisar y actualizar el Manual de conformidad con los cambios que conlleve las buenas prácticas de la ingeniería y la evolución tecnológica en materia de construcción.

Que mediante nota DIAC-CT-241-2023 de 8 de marzo de 2023 el Director de la Dirección de Administración de Contratos en calidad de Presidente del Comité Técnico y el Secretario remiten capítulo 80 Barras y Mallas Rígidas de FRP, para la confección de la Resolución que corresponde.

Que de conformidad con el artículo 3 literal p de la Ley 35 de 1978, modificada por la Ley 11 de 2006, se faculta al Ministerio de Obras Públicas para dictar los reglamentos que sean necesario para el cumplimiento de sus fines.

RESUELVE:

PRIMERO: ANEXAR un nuevo capítulo a la versión 2002 del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras, Caminos, Calles y Puentes y obras afines en toda la República de Panamá, tal como se describe en el Anexo I denominado Capítulo 80 **BARRAS Y MALLAS RIGIDAS DE FRP** que forma parte integral de esta Resolución.

SEGUNDO: Esta Resolución empieza a regir a partir de su promulgación.

“Por medio de la cual se anexa un capítulo a la edición 2002 del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras, Caminos, Calles y Puentes y obras afines en toda la República de Panamá”

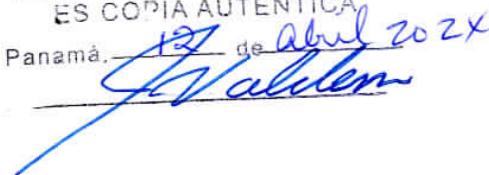


FUNDAMENTO DE DERECHO: Ley No. 35 de 30 de junio de 1978 modificada por la Ley No. 11 de 27 de abril de 2006, Resolución 050-02 de 26 de julio de 2002, Resolución No. 080-08 de 15 de octubre de 2008.

Dado en la ciudad de Panamá, a los primero (1) días del mes de Abril de dos mil veinticuatro (2024).

PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE,


RAFAEL J. SABONGE V.
Ministro
RJS/mab/yam

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
ES COPIA AUTÉNTICA
Panamá, 12 de Abril 2024


ANEXO DE RESOLUCIÓN 028 DE 1 DE ABRIL DE 2024
Página 1 de 8



CAPÍTULO 80

BARRAS Y MALLAS RÍGIDAS DE FRP

1-DESCRIPCIÓN

Este capítulo aborda el uso, representación, ensayo y colocación en obra de los Materiales Compuestos ó Polímeros Reforzados con Fibra (FRP por sus siglas en inglés: Fiber Reinforced Polymer). El mismo se estudia en dos aplicaciones diferentes:

- Como barras o cables de refuerzo de FRP rectas o dobladas para el armado de elementos de concreto estructural ya sea proyectado, hormigonado en el lugar o prefabricado, tanto en refuerzo activo (pre y postensado) como pasivo (concreto armado).
- Como mallas rígidas de FRP planas o dobladas para el armado de elementos de concreto estructural ya sea proyectado hormigonado en el lugar o prefabricado.

El uso de estos será de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con los planos o como sea establecido por el Ingeniero residente.

2-MATERIALES

Los FRP en barras, cables o mallas rígidas para ser usados como refuerzo del concreto están compuestos por una matriz de polímero tipo epóxico reforzado longitudinalmente con fibras continuas. Estas últimas son responsables de aportar la resistencia y módulos de deformación a la barra, mientras que el polímero se encarga de aglomerar las fibras, realizar la transferencia de esfuerzo de las fibras externas a las internas y dar protección mecánica y química al material de la construcción.

Las fibras a emplear en las barras serán de calidad certificada, con continuidad y lubricadas con material compatible con el polímero a utilizar. En calidad de aglomerante, se permite el uso de compuestos poliméricos basado en resina epoxi como ED- 20, CYD- 128 o sus análogos. Además, podrán tener en su composición, endurecedores, modificadores y aditivos especiales como el anhídrido metiltetrahidroftálico y pigmentos para cumplir con los requerimientos físico-mecánicos exigidos.

Para garantizar las posibilidades de almacenaje sin necesidad de techado por un tiempo razonable en obra, se exigirán barras pigmentadas de color negro para neutralizar los efectos de los rayos UV en las fibras. Las probetas expuestas a 1300 horas de radiación solar directa, equivalentes a 3 meses de almacenamiento en obra expuesto, no tendrán una disminución de la resistencia mayor del 5%.

Relativo a la resistencia a los agentes químicos agresivos el material será capaz de tener una pérdida de resistencia menor del ¼ de su valor inicial después de estar sumergido por un periodo de 6 meses en una solución alcalina de pH entre 12.6 y 13 a una temperatura de 60°C o por un periodo de 30 días en una solución alcalina de pH entre 12.6 y 13 a una temperatura de 100°C. Este valor en ningún caso será menor de 600 MPa. Además, el material será inerte ante el ataque de sales cloradas o sulfurosas, ácidos sulfúrico y clorhídrico y óxidos de nitrógeno.

Las barras deberán cumplir con las especificaciones mínimas especificadas en la tabla 1. Estas propiedades serán ensayadas según los procedimientos contenidos en la ACI-440.3R-04 "Guide Test Methods for Fiber-Reinforced Polymers (FRPs) for Reinforcing or Strengthening Concrete Structures" o en las diversas ASTM.

Tabla 1: Propiedades mínimas del FRP

Propiedad	Mínimo aceptado	
	Valor	Unidad
Resistencia a la tracción longitudinal, no menos de	1000	MPa
módulo de deformación, no menos de	55	GPa
Adherencia, no menos de	12	MPa
Resistencia a la cizalladura, no menos de	150	MPa
Resistencia a compresión, no menos de	400	MPa

ANEXO DE RESOLUCIÓN 028 DE 1 DE ABRIL DE 2024
Página 2 de 8



Limite de resistencia de la adherencia con el concreto después de mantenerla en un medios alcalino, no menos de	10	MPa
Reducción del limite de resistencia a la tracción después de mantenerla en un medios alcalino, no más de	25	%
Conductividad térmica, no más de	0.35	W/m ² K
Resistencia a la acción directa de los rayos UV, no menos de	900	horas
Color exterior	Negro	-
Conductividad eléctrica	no	-
Densidad	no más de	2.2 g/cm ³
	no menos de	1.9 g/cm ³
Corrug (Ver Tabla 4)	Hebra tejida helicoidal y polimerizada con la barra	
Temperatura de transición vítrea, no menos de	120	°C
Fracción volumétrica de fibra, no menos de	75	%
Grado de curado	97	%

En la tabla 2 se relacionan los posibles ensayos a realizar sobre el material, así como las normas ASTM o el epígrafe de la ACI440.3R-04 que contiene la descripción del mismo.

El material tiene otras propiedades intrínsecas que pueden ser necesarias en ciertos diseños como son la transparencia electromagnética y el no ser conductor de la electricidad. Las mismas serán de vital importancia en pistas aeroportuarias, estaciones eléctricas, sistemas de transmisión de señales de cualquier tipo, salas de imagenología y similares.

Las mallas rígidas de FRP estarán compuestas por barras con las mismas propiedades descritas anteriormente, además deberán cumplir con características propias para el uso en el concreto. Para el ensayo de las mallas rígidas de FRP se deberán seguir las mismas regulaciones y normativas que para las barras de FRP.

Tabla 2: Ensayos para FRP y normativa a aplicar.

Propiedad	Normativa	
	ASTM	ACI 440
Área de sección transversal	—	B.1
Resistencia a la tracción longitudinal y módulo de deformación	D 3916	B.2
Adherencia	A 944	B.3
	D 7913	
Resistencia a la cizalladura	D 5379	B.4
	D 3846	
	D 2344	
	D 4475	
Resistencia a la compresión	D 695	—

ANEXO DE RESOLUCIÓN 028 DE 1 DE ABRIL DE 2024
 Página 3 de 8



Durabilidad ante condiciones extremas	—	B.6
Coeficiente de expansión térmica	D 831	—
	D 696	
Temperatura de transición vítrea	E 1356	—
	E 1640	
	D 648	
	E2092	
Fracción volumétrica	D 3171	—
	D2584	
Grado de curado	E 2160	

Los cables para pre y postensado de FRP deberán tener la resistencia a la tracción y el módulo de elasticidad para cumplir su cometido. De igual manera deben pasar pruebas de doblado según ACI-440.3R-04 test B.5 y de relajación según las ASTM D 2990 y E 328 o según la ACI-440.3R-04 test B.9.

3-GEOMETRÍA

Las barras se suministrarán en diámetros medidos en milímetros con valores nominales según tabla 3.

Tabla 3: Diámetros nominal, área nominal y diámetro exterior de las barras de FRP

Diámetro Nominal (mm)	Área Nominal (mm ²)	Diámetro exterior (mm)	Observaciones
2.5	4.9	3.0	Solo para mallas rígidas
3	7.0	3.5	Solo para mallas rígidas y estribos
4	12.5	4.5	—
6	28.2	7	—
8	50.2	9	—
10	78.5	11	—
12	113.0	13	—
14	153.9	15	—
16	201.0	17	—
18	254.4	19	—
20	314.1	21	—
24	452.3	25.5	—
28	615.7	29.5	—
32	804.2	33.5	—

El diámetro nominal y área nominal de las barras en ningún caso será inferior al establecido en la documentación del producto. Se entiende por diámetro nominal el diámetro uniforme de la barra de FRP atendiendo al volumen de la barra sin considerar las corrugas. Es el



ANEXO DE RESOLUCIÓN 028 DE 1 DE ABRIL DE 2024
 Página 4 de 8

diámetro que aparecerá en el código de la armadura y se emplea en los cálculos de las características físico-mecánicas y en los cálculos de las estructuras. El área nominal de la sección transversal es el área de la sección transversal equivalente al área de la sección transversal de la barra redonda sin la corruga del propio diámetro nominal, en esta área no se interrumpen las fibras continuas de la mecha estructural de refuerzo y toda ella es capaz de tomar esfuerzos. El diámetro exterior es el mayor diámetro que es posible medir en una barra teniendo en cuenta las corrugas.

Podrán disponerse barras de diámetros mayores según requerimientos específicos de la obra. Las mismas cumplirán con las especificaciones de diámetro y área entregadas por el fabricante.

Adicionalmente, para dar mayor adherencia al concreto se provee a la barra se una corruga en espiral conformada por una mecha de fibra empapada en polímero que se cura y endurece de conjunto con la barra (Ver Tabla 4). Esa espiga tiene, adicionalmente, la función de confinar las fibras que conforman la barra, otorgándole mayor estabilidad ante cargas de compresión y generando una cohesión adicional a la otorgada por el polímero. La misma tendrá una altura y espaciamiento de acuerdo con la tabla 4. Dicha hélice estará firmemente unida al cuerpo de la barra y formará parte inseparable de la misma. No se aceptarán barras que no presenten corrugas a relieve para garantizar la adherencia al concreto. Tampoco serán aceptadas barras que para formar las corrugas hayan sido sometidas a maquinado, torneado, rebajado o pulido de cualquier tipo que corte o seccione parte de las fibras estructurales del cuerpo de la barra.

Tabla 4: Dimensiones de las corrugas de barras de FRP.

Diámetro nominal de la barra de FRP	Altura de la corruga	Paso de la hélice que forma la corruga
Menor o igual que 6 mm	0.5 mm	De 5 a 7 mm
Igual a 8 mm	0.75 mm	De 5 a 8 mm
Entre 10 mm y 12mm incluidos ambos	1 mm	De 7 a 10 mm
Entre 14 mm y 16mm incluidos ambos	1.2 mm	De 7 a 12 mm
Entre 18 mm y 24mm incluidos ambos	1.5 mm	De 8 a 13 mm
Mayor que 24mm	2 mm	De 9 a 15 mm

Los cables de pre y postensado podrán ser de fibras torcidas para lograr la flexibilidad necesaria en estos refuerzos. En los cables para pre y post tensado, el efecto de torcido de la fibra para lograr la flexibilidad genera una espiral que es suficiente para garantizar la adherencia mecánica, por lo que no será necesario la presencia de corruga helicoidal.

Las barras se suministrarán en tiras de hasta 12m de largo con una tolerancia de 50mm en su longitud total. Los diámetros menores de 12mm se podrán servir en rollos de 100m de longitud que cumplirán con un diámetro de doblado según la ecuación 1.

$$d_c = 2d \frac{E_f}{f_u} \dots\dots\dots \text{ecuación 1}$$

donde:

d : diámetro de la barra a servir

E_f : módulo de deformación lineal de la barra a servir

f_u : resistencia última a la tracción de la barra a servir

Para la conformación de barras dobladas de FRP para estribos y otras aplicaciones se suministrarán los elementos doblados de fábrica. No se doblarán barras de FRP en obra con un diámetro menor que d_c (ecuación 1). Para el diseño de las barras de FRP dobladas desde fabrica se seguirán las regulaciones de la norma ACI-440.5R-08 "Specification for Construction with Fiber-Reinforced Polymer Reinforcing Bars". Los diámetros mínimos de doblado de las barras antes del proceso de polimerización de la resina se reflejan en la tabla 5. El diámetro de doblado de la barra será tenido en cuenta en la obtención de la

ANEXO DE RESOLUCIÓN 028 DE 1 DE ABRIL DE 2024
Página 5 de 8



tensión última de trabajo de las barras de FRP según lo establecido en las normas de cálculo.

Tabla 5: Diámetro de doblados de barras de FRP antes de polimerizar.

Diámetro nominal de la barra de FRP a doblar	Diámetro de doblado mínimo interior
Menor o igual que 24mm	Tres veces el diámetro nominal de la barra
Mayor que 24mm	Cuatro veces el diámetro nominal de la barra

Mallas de FRP

Las mallas rígidas de FRP estarán constituidas por barras de diámetros pequeños, entre 2.5mm y 8mm. Para garantizar la adherencia en la masa de concreto las barras que componen la malla no podrán ser pegadas, siendo obligatorio que en las intercepciones de las barras se tejan una dentro de la otra y hayan sido polimerizadas de conjunto. De esta manera las fibras de las barras que se colocan en una dirección se abrirán para permitir el paso de las fibras de la barra en la dirección perpendicular, entretejiéndose y quedando una unión rígida y sólida, sin posibilidades de rotura por desprendimiento de una barra de la correspondiente perpendicular. La polimerización de, al menos la barra que se abre para dejar paso a la barra continua será posterior al trenzado de la malla, garantizando que no queden fibras partidas o micro-fisuras en dicha unión. En las mallas rígidas de FRP las barras componentes tendrán espaciamientos regulares que podrán ser diferentes entre las dos direcciones perpendiculares o en los extremos de las mallas a requerimientos del diseño o el Ingeniero Residente.

Las mallas podrán suministrarse en paños planos de dimensiones transportables en camiones estándar o en rollos de hasta 100m de longitud y ancho adecuado para su transportación y manipulación. Para el enrollado de las mallas en carretes se cumplirá con el diámetro de doblado de la ecuación 1. Las mallas se podrán doblar antes de la polimerización para conformar esquinas entre 10° y 180°. El radio de doblado de las mallas cumplirá con los mínimos establecidos en la tabla 6.

Tabla 6: Diámetro de doblados de mallas rígidas de FRP antes de polimerizar.

Diámetro nominal de la barra de FRP a doblar en la malla rígida	Diámetro de doblado mínimo interior
Menor o igual que 3mm	Dos (2) veces el diámetro nominal de la barra que se dobla
Mayor que 3mm	Tres (3) veces el diámetro nominal de la barra que se dobla

4-CALCULO Y DISEÑO

Para el cálculo y diseño de las estructuras de concreto reforzado con FRP se emplearán las prescripciones de la norma ACI 440.1R-15 "Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Bars" para el caso de las edificaciones. En el caso de puentes y obras de infraestructura se empleará la norma AASHTO-GFRP, 2018- 2^{da} edición "AASHTO LRFD Bridge Design Guide Specifications for GFRP-Reinforced Concrete". Los elementos pre y pos-tensados de concreto se calcularán según la ACI 440.4R-04 "Prestressing Concrete Structures with FRP Tendons". En caso de existir una edición posterior a la referenciada se empleará la más actual editada por el organismo normalizador de referencia.

Para el cálculo de secciones de concreto reforzado con FRP se aceptarán las hipótesis siguientes:

- Las secciones planas antes de deformarse continúan siendo planas hasta el agotamiento, por lo cual existe compatibilidad de deformaciones.
- Se acepta adherencia perfecta entre las barras de FRP y el concreto que las envuelve.

ANEXO DE RESOLUCIÓN 028 DE 1 DE ABRIL DE 2024

Página 6 de 8

- La máxima deformación unitaria del concreto a compresión es de 0.03.
- Se desprecia toda contribución del concreto a tracción.
- El comportamiento del refuerzo FRP a tracción es lineal hasta su rotura. Por tanto, la ecuación constitutiva de este material responde a la ley de Hooke en todo el rango de deformaciones.



El diseño debe cumplir con los criterios de resistencia y rigidez establecidos en las normas de referencia. Se acepta para el concreto reforzado con FRP tanto el estado límite último por tracción del refuerzo como por compresión del concreto. Esto es posible por el comportamiento elástico hasta la rotura del FRP y su módulo de deformación que permite tener deformaciones y agrietamientos antes de la rotura que alerten de su proximidad. Por otra parte, los diagramas momento curvatura en ambos tipos de fallas presentan comportamientos dúctiles, lo cual ha sido avalado por estudios teóricos y ensayos físicos realizados (M. A. Adam, M. Said, A. A. Mahmoud and A. S. Shanour, "Analytical and Experimental Flexural Behavior of Concrete Beam Reinforced with Glass Fiber Reinforced Polymer Rebar", International Journal of Construction Builder Material, 84(8), 2015 // D. Shantha Kumara, R. Rajkumar, "Experimental investigation on flexural behavior of concrete beam with glass fiber reinforced polymer rebar as internal reinforcement", International Journal Chemistry Science: 14(S1), 2016 // J.A. Sánchez Hernández, "Evaluación de los criterios de diseño de vigas de concreto sub-reforzadas con varillas de GFRP", Revista PAKBAL, Núm. 46, diciembre 2019)

Para esfuerzos de cortante, compresión, tracción y torsión también se dispone de formulación recogida en la normativa que deberá ser cumplida. En el caso de pilotes y estructuras enterradas se despreciarán los efectos de esbeltez y pérdida de estabilidad en toda la longitud que el elemento este en contacto con el terreno.

Los estados límites de servicio también deben ser cumplidos de acuerdo con las normativas de diseño. Para ello se deberán completar los requisitos de anchos máximos de fisura y deformaciones máximas. El cubrimiento mínimo será de 10mm para garantizar la adherencia de la masa de concreto en todo el perímetro de las barras, en los casos de elementos armados con barras de diámetro menor o igual de 4mm se podrá reducir el cubrimiento a 5mm.

Podrán emplearse diseños híbridos que mezclen refuerzo de FRP y barras o cables de acero. Para el diseño se utilizarán las ecuaciones de equilibrio de la sección y compatibilidad de deformaciones. En estos diseños se aprovecharán las mejores propiedades de cada material para obtener un elemento óptimo, ejemplo de ello puede ser el incluir acero en los nudos la estructura para generar ductilidad ante cargas sísmicas o el empleo de vigas de grandes luces de pretensado de acero con refuerzo pasivo (refuerzo de piel y estribos) de FRP para maximizar su resistencia ante ambientes agresivos.

5- EMBALAJE E IDENTIFICACION

Las barras rectas y dobladas de FRP, los rollos de barras y cables, así como las mallas ya sean en planchas o en rollos, se identificarán por un chapilla o identificativo que especifica diámetro nominal, características físico-mecánicas fundamentales, en caso de ser elementos doblados el esquema al que corresponde, cantidad de elementos, longitud unitaria y total, peso unitario y total, lote y fecha de producción.

Los atados de barras rectas de FRP tendrán una longitud máxima de 12m y contendrán tantas barras como estime el productor o comercializador. Las mismas estarán unidas firmemente mediante elementos mecánicos que impidan su desplazamiento o independización del mazo al cual corresponden. No se colocarán en el mismo atado barras de diferentes calidades, longitud, diámetro o cualquier otra característica. Cada atado tendrá firmemente unido a él la identificación o chapilla que lo identifica.

Las barras rectas de FRP suministradas en rollos tendrán una longitud máxima de 100m y se atarán firmemente para evitar que se abran durante el traslado, manipulación o almacenamiento. Los rollos cumplirán con el diámetro interior mínimo del carrete d_c (ecuación 1). Cada rollo tendrá firmemente unido a él la identificación o chapilla que lo identifica.

Los mazos de barras dobladas de FRP serán de elementos de un solo esquema de doblado. Los mismos estarán unidas firmemente mediante elementos mecánicos que impidan su desplazamiento o independización del mazo al cual corresponden. No se colocarán en el mismo mazo barras de diferentes esquemas de doblado calidades, longitud, diámetro o cualquier otra característica.

Las mallas rígidas de FRP suministradas en planchas se podrán atar por grupos de hasta 20 planchas. Las mismas estarán unidas firmemente mediante elementos mecánicos que impidan su desplazamiento o independización del grupo al cual corresponden. No se

ANEXO DE RESOLUCIÓN 028 DE 1 DE ABRIL DE 2024
Página 7 de 8

colocarán en el mismo grupo mallas de diferentes diámetros, espaciamentos dimensiones, calidades o cualquier otra característica.

Las mallas rígidas de FRP suministradas en rollos tendrán una longitud máxima de 100m y se atarán firmemente para evitar que se abran durante el traslado, manipulación o almacenamiento. Los rollos cumplirán con el diámetro interior mínimo del carrete de (ecuación 1). Cada rollo tendrá firmemente unido a él la identificación o chapilla que lo identifica.



6-CONSTRUCCIÓN

El refuerzo de FRP utilizado, será dimensionado, conformado, colocado según aparece en los planos y aprobado por el Ingeniero residente. La calidad de las barras o mallas rígidas de FRP a emplear en los elementos de concreto reforzado será la indicada en la documentación de proyecto, de acuerdo con el presente reglamento y aprobada por el Ingeniero Residente. Se aplicará lo estipulado en la norma ACI-440.5R-08 "Specification for Construction with Fiber-Reinforced Polymer Reinforcing Bars" para los procesos de ejecución de elementos de concreto reforzado con barras, cables o mallas de FRP. Todo el refuerzo de FRP, estará libre de suciedad, aceite, pintura y grasa al momento de su colocación, a menos que sea un cable de pos-tesado no adherido. Los cortes podrán realizarse en obra, con una sierra o a mano dada las características del material. Los dobleces en ángulo no se podrán realizar en obra a menos que sean diámetros de doblado mayores que d_c (ecuación 1), por lo que deberán preverse desde la etapa de diseño y ser solicitados para se realicen durante la producción de las barras.

Los empalmes de barras y mallas rígidas de FRP se harán en los lugares indicados en los planos, verificado por el Ingeniero Residente y cumpliendo las normas de referencia. La colocación de las barras de FRP, se hará fijándolas de tal manera que se mantengan firmemente en el lugar indicado en los planos, durante el proceso de vaciado del concreto, evitando que se desplacen cuando se coloque o vibre el concreto. Para ello las barras serán atadas entre sí con alambres recocidos, recubiertos de plástico u otros medios apropiados, clips, zunchos o similares y las distancias entre capas de barras o entre estas y los encofrados se mantendrán por medio de separadores plásticos o de mortero, tirantes, tensores o cualquier otro método aprobado por el Ingeniero Residente. Los sillines que separan el refuerzo de FRP de los fondos de hormigonado deben ser de plástico o un material aprobado por el Ingeniero Residente, por encontrarse en contacto con la superficie exterior y se ubicarán espaciados de manera tal que no ocurran deformaciones previas o durante el hormigonado de los armados.

Para el almacenaje de barras o mallas de FRP las mismas podrán separarse del terreno para evitar que se adhiera tierra u otros materiales que afecten la correcta adherencia entre el concreto y el refuerzo. Para ello se dispondrán durmientes de madera, plástico, metal u otros similares que apruebe el Ingeniero residente. Estos apoyos serán 2 como mínimo y estarán dispuestos a $\frac{1}{4}$ de la longitud de las barras de los extremos de las mismas. Cuando se trasladen las barras en grupos o mazos, los puntos de agarre serán también de acuerdo a lo indicado.

El Contratista suministrará las muestras de FRP necesarias para ser probadas en el laboratorio, cuando el Ingeniero Residente así lo requiera. El costo de las muestras y las pruebas correrá por cuenta del Contratista.

Los refuerzos verticales de columnas, muros etc. no serán fabricados hasta que las cotas de las fundaciones hayan sido establecidas en campo y aceptadas por el Ingeniero Residente. La sustitución de un tamaño de barra por otro especificado, solo será permitida por autorización escrita del Ingeniero Residente, previa consulta con el ingeniero estructural responsable del diseño. Las barras sustituto deben tener un área equivalente al área diseñada o mayor, y estar conforme con los requerimientos de la normativa de cálculo aplicada. Las barras deben ser amarradas en todas las intersecciones excepto donde el espaciado sea menor de 30 cm en ambas direcciones, en cuyo caso las intersecciones alternas deben ser amarradas. No se permitirá la colocación de barras en las capas de concreto conforme avanza el trabajo, ni el ajuste de las barras durante el vaciado de concreto.

Si los tamaños de barras son sustituidos a solicitud del Contratista y dan como resultado que sea más el refuerzo utilizado que el especificado, solo será incluida en la medida del pago la cantidad especificada en los planos. A menos que se especifique en los planos todas las barras menores de 10 mm de diámetro, deben ser traslapadas en una distancia de 30 diámetros o mayor y deben amarrarse en toda la longitud del traslape. Las barras mayores de 10 mm de diámetro deben ser traslapadas de acuerdo a los reglamentos de la norma de cálculo aplicada.

Para los anclajes de los cables se utilizarán placas y cuñas diseñadas para este tipo de material. Se prohíbe emplear cuñas para cables de acero en los anclajes de FRP a menos

ANEXO DE RESOLUCIÓN 028 DE 1 DE ABRIL DE 2024
Página 8 de 8



que se ensaye y demuestre que las mismas no deterioran la barra en el proceso de tesado y acañamiento.

7-MEDIDA

El refuerzo de FRP debidamente colocado de acuerdo con estas especificaciones y aprobado por el Ingeniero Residente, será medido por metros lineales clasificados por diámetros. No se medirá el refuerzo utilizado para atar, sujetar, sostener, ubicar o separar el refuerzo de FRP de los encofrados, de otras barras o de cualquier otra pieza.

8-PAGO

El pago de las barras rectas o dobladas y los cables de pre o postensado se hará por Metro lineal (ML) de FRP debidamente colocado en base a los precios unitarios establecidos en el Contrato, para este detalle.

El pago de las mallas rectas o dobladas se hará por Metro Cuadrado (M²) de FRP debidamente colocado en base a los precios unitarios establecidos en el Contrato, para este detalle.

Para las barras recta o dobladas y las mallas rígidas este pago constituirá compensación total por el suministro, conformación de jaulas, amarre de estribos, colocación en cofres con sus separadores y distanciadores, así como cualquier otro trabajo necesario para la ejecución satisfactoria cumpliendo las especificaciones descritas en este capítulo, incluyendo todos los materiales, mano de obra, equipo y herramientas, empleadas en su ejecución.

Para los cables de pre y postensado el pago constituirá compensación total por el suministro, colocación de ductos, tesado, anclaje e inyección de la pasta de cemento, así como cualquier otro trabajo necesario para la ejecución satisfactoria cumpliendo las especificaciones descritas en este capítulo, incluyendo todos los materiales, mano de obra, equipo y herramientas, empleadas en su ejecución.

El pago se hará para el siguiente detalle:

- a) Barra de FRP tipo por ML.
- b) Cable de pre o postensado de FRP tipo..... por ML.
- c) Malla rígida de FRP tipo..... por M²