

Sistema SikaWrap®

Pliego General de Condiciones Técnicas para la realización de refuerzos de estructuras mediante el Sistema SikaWrap® a base de tejidos de fibra de carbono.

Índice:		Página
0.	Disposiciones Generales	3
1.	Objeto	3
2.	Prescripciones Generales	
	2.1. Campos de aplicación	3
	2.2. Características generales del Sistema SikaWrap®	3
	2.3. Limitaciones del Sistema SikaWrap®	3
3.	Materiales empleados	
	3.1. Productos base	3
	3.1.1. Sikadur® 330	3
	3.1.2. Láminas SikaWrap® 231 C	4
	3.2. Productos complementarios	4
	3.2.1. Sikadur® 41 Mortero	4
	3.2.2. Sikadur® 31	4
	3.2.3. Sikadur® 52 Inyección	5
	3.2.4. Sikadur® Primer EG (Phosphate)	5
	3.2.5. Sikafloor® 156	5
	3.2.6. Sikadur® 42 Anclajes	6
4.	Ensayos	
	4.1. Ensayos del Sikadur® 31	6
	4.2. Ensayos del Sikadur® 41 Mortero	6
	4.3. Ensayos del Sikadur® 52 Inyección	6
	4.4. Ensayos del Sikadur® 42 Anclajes	7
5.	Diseño del refuerzo	
6.	Requerimientos generales para la ejecución del refuerzo	
	6.1. Requerimientos exigibles al soporte	7
	6.2. Condiciones atmosféricas	8
7.	Trabajos previos a la puesta en obra del refuerzo	
	7.1. Preparación del soporte	8
	7.1.1. Saneado	8
	7.1.2. Limpieza	8
	7.1.3. Pasivación de armaduras	9
	7.1.4. Regeneración	9
	7.1.4.1. Espesor superior a 5 mm	9
	7.1.4.2. Espesor inferior a 5 mm	9

8. Puesta en obra	8.1. <u>Aplicación del adhesivo sobre el soporte</u>	10
	8.2. <u>Aplicación del tejido SikaWrap[®] sobre el soporte</u>	10
	8.3. <u>Presión del tejido con un rodillo</u>	10
	8.4. <u>Recubrimiento del tejido</u>	10
	8.4.1. <u>Recubrimiento por cuestiones estéticas</u>	10
	8.4.2. <u>Recubrimiento como protección contra incendios</u>	10
9. Puesta en carga		10

10. Consumos		11
---------------------	--	----

11. Control de calidad	11.1. <u>Previo a la ejecución de los trabajos</u>	11
	11.2. <u>Finalizados los trabajos de ejecución</u>	11

12. Varios	12.1. <u>Útiles y herramientas</u>	11
	12.2. <u>Velocidad de polimerización</u>	11
	12.3. <u>Medidas de seguridad</u>	11

13. Asistencia técnica		11
-------------------------------	--	----

Anejo de Método de Cálculo		12
-----------------------------------	--	----

0. Disposiciones generales

Los sistemas que seguidamente se van a desarrollar pueden ser utilizados, si fuera necesario, conjuntamente y como solución mixta, con otros sistemas **Sika**[®], en reparación y refuerzo de estructuras.

1. Objeto

El presente **Pliego de Condiciones** tiene por objeto establecer las especificaciones bajo las que se deben realizar los trabajos de cálculo y refuerzo de estructuras mediante el pegado, con resina epoxi, de tejidos de fibra de carbono. Este sistema es el denominado **SikaWrap**[®].

2. Prescripciones generales

2.1. Campos de aplicación

El sistema **SikaWrap**[®] es adecuado para el refuerzo de estructuras hechas con los siguientes materiales:

- Hormigón armado
- Fábrica de ladrillo
- Madera

Dentro de las estructuras de los tipos anteriores, su campo de aplicación es el refuerzo de elementos sometidos a cortante y a flexión, y también como refuerzo de pilares sometidos a compresión por zunchado de los mismos.

El sistema **SikaWrap**[®] sirve para incrementar el momento resistente de elementos estructurales que necesitan ser reforzados por:

- Reparación de daños
- Cambios de los usos de la estructura
- Incremento de la capacidad portante
- Prevención de daños causados por movimientos sísmicos
- Cambios de normativa y especificaciones
- Cualquier otra causa que haya llevado al elemento estructural a unas condiciones de seguridad insuficientes

2.2. Características generales del Sistema **SikaWrap**[®]

El principio de refuerzo mediante el sistema **SikaWrap**[®] se basa en la aportación, al elemento estructural, de un material con muy buenas propiedades mecánicas. Esta aportación logra incrementar la capacidad resistente del elemento estructural. La transmisión de tensiones entre el soporte y el laminado se realiza mediante un pegado continuo con una resina epoxi.

El sistema **SikaWrap**[®] está compuesto por los siguientes productos:

- La resina epoxi **Sikadur**[®] **330**, que se utiliza como adhesivo
- El tejido **SikaWrap**[®] constituido por fibra de carbono, que es el elemento resistente.

2.3. Limitaciones del sistema

El sistema **SikaWrap**[®] no es adecuado para:

- Efectuar refuerzos en la zona comprimida de un elemento a flexión. Para este tipo de refuerzos hay que recurrir a recrecidos de hormigón (Pliego de Condiciones P.C.24)

3. Materiales empleados

3.1. Productos base

3.1.1. **Sikadur**[®] **330**

Adhesivo de dos componentes a base de resinas epoxi. No contiene disolventes. El producto una vez endurecido posee altas resistencias mecánicas, excelente adherencia y muy buen comportamiento frente a ataques químicos.

Datos técnicos:

Color:	<ul style="list-style-type: none">• Componente A = Blanco• Componente B = Gris
Proporciones de mezcla (partes en peso):	<ul style="list-style-type: none">• Componente A = 4• Componente B = 1
Densidad:	Aprox. 1,31 kg/l
Vida de la mezcla:	A 15 o C: 90 minutos A 35 o C: 30 minutos
Módulo de flexión:	3800 N/mm ²
Adherencia al hormigón:	>3 N/mm ² (rotura del hormigón)
Resistencia a tracción:	30 MPa
Presentación:	En lotes predosificados de 5 Kg

El **Sikadur® 330** es un producto de alta calidad, destinado al pegado de las láminas formadas por fibra de carbono tejida, al hormigón, fábrica de ladrillo y madera.

3.1.2.

Láminas de SikaWrap® 231 C

Tejidos a base de fibras de carbono de alta resistencia. Constituyen el elemento resistente del sistema.

Datos técnicos:

Colores:	Negro
Peso:	Aprox. 1,2 kg/l
Espesor de diseño del tejido:	0,13 mm
Resistencia a la tracción:	3500 N/mm ²
Módulo de elasticidad:	230.000 N/mm ²
Alargamiento en rotura:	1,5%
Presentación:	Rollos de 300 mm x 50 m

3.2. Productos complementarios

3.2.1.

Sikadur® 41 Mortero

Mortero tixotrópico, a base de resinas epoxi, de tres componentes, exento de disolventes.

Datos técnicos:

Color:	Gris
Densidad:	Aprox. 1,9 Kg/l
Vida de mezcla (20 ° C):	Aprox. 30-60 min.
Resistencias mecánicas:	A compresión: 600-800 Kg/cm ²
A flexotracción:	300-400 Kg/cm ²
Proporciones de mezcla (partes en peso):	<ul style="list-style-type: none">• Presentación: Lotes de 2 y 12 Kg.

El **Sikadur® 41 Mortero** se utiliza como mortero de reparación de estructuras de hormigón, tanto en superficies horizontales como en verticales y techos. Para la regularización de superficies antes de reforzar mediante pegado con chapas metálicas.

3.2.2.

Sikadur® 31

Adhesivo tixotrópico de dos componentes, a base de resinas epoxi. No contiene disolventes y se fabrica en dos tipos: Normal y Rápido. El producto una vez endurecido posee altas resistencias mecánicas, excelente adherencia y muy buen comportamiento frente a ataques químicos.

Datos técnicos:

Color:	Gris
Proporciones de mezcla (partes en peso):	<ul style="list-style-type: none">• Componente A = 3• Componente B =1

Densidad:	Aprox. 1,6 Kg/l
Vida de mezcla (20 ° C):	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo Normal: 30 – 45 minutos • Tipo Rápido: 15 – 30 minutos
Presentación:	En envases predosificados de: <ul style="list-style-type: none"> • 1,2 Kg, 6 Kg y 15 Kg el Tipo Normal • 1 Kg el Tipo Rápido

3.2.3.

Sikadur® 52 Inyección

Producto para inyecciones de dos componentes, a base de resinas epoxi, muy fluido y exento de disolventes.

Datos técnicos:

Color:	Amarillo transparente
Proporciones de mezcla (partes en peso):	<ul style="list-style-type: none"> • Componente A = 2 • Componente B = 1
Densidad:	Aprox. 1,09 Kg/l
Vida de mezcla (20 o C):	Aprox. 50 – 90 minutos
Presentación:	Lotes de 1 Kg.

Está especialmente indicado para el relleno por inyección o vertido, de grietas y fisuras sin movimiento, con una anchura máxima de 5 mm. No tiene retracción ni ejerce acción nociva sobre los elementos a unir.

3.2.4.

Sikadur® Primer EG (Phosphate)

Imprimación anticorrosiva de dos componentes, a base de resinas epoxi, muy fluido y exento de disolventes.

Para la aplicación, homogeneizar por separado los dos componentes. A continuación verter el componente B en el recipiente del componente A y batir durante 2-3 minutos hasta conseguir una masa homogénea.

El **Sikadur® Primer EG (Phosphate)** se puede aplicar con brocha, rodillo de pelo corto, pistola convencional o airless.

Datos técnicos

Color:	Rojo óxido
Proporciones de mezcla (partes en peso):	<ul style="list-style-type: none"> • Componente A = 9 • Componente B = 1
Densidad:	Aprox. 1,7 Kg/l
Vida de mezcla (20 o C):	Aprox. 8 horas
Presentación:	Lotes de 5 Kg

3.2.5.

Sikafloor® 156

Imprimación a base de resinas epoxi, de dos componentes, de baja viscosidad, especialmente recomendada para soportes porosos y no muy compactos.

Para la aplicación se mezclarán los dos componentes A y B íntimamente hasta obtener una masa homogénea, procurando introducir la menor cantidad de aire, para lo que se empleará preferiblemente una batidora eléctrica de baja velocidad (600 r.p.m.).

La aplicación puede efectuarse con brocha o con rodillo.

Datos técnicos:

Color:	Ámbar, transparente.
Proporciones de mezcla (partes en peso):	<ul style="list-style-type: none"> • Componente A = 3 • Componente B = 1
Densidad:	1,1 Kg/l
Vida de mezcla (20 o C):	Aprox. 30 minutos
Presentación:	En lotes predosificados de 5 y 10 Kg

3.2.6.

Sikadur® 42 Anclajes

Es un mortero de altas resistencias mecánicas, de tres componentes, a base de resinas epoxi sin disolventes y cargas de granulometría especial, para colocar por vertido, dada su fluidez y facilidad de colocación.

Datos técnicos

Color:	Gris
Proporciones de mezcla (partes en peso):	<ul style="list-style-type: none">• Componente A = 2• Componente B =1• Componente C =12
Densidad:	Aprox. 1,9 Kg/l
Vida de mezcla (20 °C):	aprox. 45-60 minutos
Presentación:	En envases predosificados de 1,5 Kg, 5 Kg y 15 Kg

El **Sikadur® 42 Anclajes** es un producto de altas resistencias mecánicas y sin retracción. Es idóneo principalmente para:

- Fijación de pernos y anclajes en posiciones verticales.
- Relleno bajo placas de apoyo en puentes o bancadas de máquinas.
- Relleno de grandes grietas y oquedades en el hormigón.

4. Ensayos

4.1. Ensayos del Sikadur® 31

ENSAYOS	RESULTADOS (Kg/cm ²)
Resistencia a compresión	755 ± 24
Resistencia a flexo tracción	405 ± 36
Adherencia al hormigón	>45
Resistencia a la cizalla	44,1

- Ensayos del laboratorio GEOCISA • Encargo n o : 6401-89-33 (C)/7.854-76

4.2. Ensayos del Sikadur® 41 Mortero

ENSAYOS	RESULTADOS (Kg/cm ²)
Resistencia a compresión	915 ± 30
Resistencia a flexotracción	336 ± 28
Modulo de elasticidad	170.000

- Ensayos del laboratorio GEOCISA • Encargo Nº: 6401 – 89 – 33 (E)

4.3. Ensayos del Sikadur® 52 Inyección

ENSAYOS	RESULTADOS (Kg/cm ²)
Resistencia a compresión	700 ± 900
Módulo de elasticidad (flexión)	2365 ± 103
Adherencia por tracción al hormigón (tras 10 días a 20 °C)	> 30 (rompe el hormigón)
Adherencia por tracción al acero (tras 10 días a 20 °C)	Aprox. 100 (previo chorreado)

- Ensayos del laboratorio GEOCISA • Encargo Nº: 773-91

4.4. Ensayos del Sikadur® 42 Anclajes

ENSAYOS	RESULTADOS (Kg/cm ²)
Resistencia a compresión	829 ± 1
Resistencia a flexo tracción	407 ± 9

- Ensayos del laboratorio GEOCISA
- Encargo n o: 6401-89-33 (G-1)

RESISTENCIA AL ARRANCAMIENTO DE ANCLAJES				
PROBETA		BARRA CORRUGADA (AEH-5000-S)		
Dc (mm)	H (mm)	Dp (mm)	la (mm)	Patilla
100	200	12	100	<i>Si: Caso I</i>
		8	100	<i>No: Caso II</i>
RESULTADO	Caso I: Rotura de la barra de acero al aplicar un esfuerzo de 7760 + 35 kg			
	Caso II: Rotura de la barra de acero al aplicar un esfuerzo de 3555 kg			

- Ensayos del laboratorio GEOCISA
- Encargo n : 3302 – 92-33

5. Diseño del refuerzo

Para los cálculos estructurales necesarios para el diseño del refuerzo con el sistema **SikaWrap®**, el proyectista debe seguir la normativa existente aplicable en cada caso. En concreto, para el cálculo de refuerzos de estructuras de hormigón armado se deben seguir las directrices de la Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón Armado o en Masa.

En el Anejo de Método de Cálculo que aparece al final del presente **Pliego de Condiciones** se expone un procedimiento que puede servir de guía para el diseño de refuerzos de elementos de hormigón armado. Dicho procedimiento ha sido elaborado por **Sika**.

6. Requerimientos generales para la ejecución del refuerzo

6.1. Requerimientos exigibles al soporte

Las condiciones que debe cumplir el soporte son las siguientes:

La resistencia al arrancamiento realizada mediante ensayo SATEC debe ser mayor de 1,0 Mpa (10 Kg/cm²).

La planeidad de las superficies debe ser tal que las irregularidades sean menores de 0,5 mm.

La porosidad superficial cumplirá:

- Superficie del poro: = 3 cm²
- Profundidad: = 5 mm
- Extensión: = 10 % de la superficie total

Para el estado de la superficie se comprobarán los siguientes aspectos:

- Alcalinidad: grado de carbonatación
- Humedad: < 4 %
- Manchas:
 - aceites, grasas, productos de curado para obra reciente.
 - moho, vegetación, etc. en obras viejas.
- Defectos: humedad, fisuras, cavidades, desconchados, etc.

6.2. Condiciones atmosféricas

La velocidad de polimerización de las resinas epoxi está relacionada con la temperatura de aplicación. Cuando las temperaturas sean superiores a las recomendadas, la vida de mezcla se acorta, sucediendo lo contrario cuando son inferiores. (Ver Hojas Técnicas).

A veces las necesidades de trabajo obligan a utilizar varios lotes uno detrás de otro. Se recomienda no mezclar el siguiente lote hasta no terminar el anterior para no reducir el tiempo de manejabilidad.

7. Trabajos previos a la ejecución

7.1. Preparación del soporte

7.1.1. Saneado

Las superficies a tratar se presentarán de tal manera que en el momento de ejecutar los trabajos de refuerzo, estén en perfectas condiciones, para lo cual se eliminarán las lechadas superficiales, manchas, suciedad, partes mal adheridas, restos de otros oficios, etc., mediante repicado, cincelado, escarificado, abujardado o cualquier otro procedimiento manual o preferiblemente mecánico, hasta conseguir un soporte que reúna las condiciones idóneas, en cuanto a cohesión y rugosidad, que garanticen la buena adherencia físico-química del producto de pegado.

7.1.2. Limpieza

Realizadas las operaciones de saneado y con el fin de obtener superficies totalmente limpias, éstas se someterán a cualquiera de los sistemas que a continuación se indican:

— Chorro de arena

Es la más indicada para este tipo de trabajos. Consiste en proyectar sobre el soporte un chorro de arena de sílice mediante un compresor de caudal variable en función de la distancia al soporte, con una presión de 7 atms. aproximadamente. La granulometría de la arena estará comprendida entre 1 y 2 mm. y el operario que realice el trabajo actuará provisto de una escafandra protectora ventilada con aire fresco.

- Clemco Modelo 1028
- Clemco Modelo 2452
- Graco
- Atlas Copco

— Agua a alta presión

Consiste en proyectar sobre el soporte agua con una presión mínima de 150 atms mediante un equipo especial, a través de una lanzadera provista de una boquilla adecuada y con una presión en bomba controlada con un manómetro.

Maquinaria recomendable:

- Kelly F-200
- Dima 2400/2800 Senior
- Woma 1502
- Nilfish

— Chorro de agua-arena

Sistema combinación de los otros mencionados, en el que se utiliza básicamente el equipo de chorro de agua a alta presión y una lanza de proyección con un dispositivo que permite incorporar la arena de sílice en la boquilla. (Efecto Venturi).

Maquinaria recomendable:

- Urvapor PX 200
- Otros tipos
- Pistola de aire comprimido, con agujas
- Limpieza con chorro de vapor

- Limpieza con llana
- Tratamiento con ácidos

Si se emplea cualquiera de los dos últimos tipos indicados, se comprobará posteriormente que la cohesión del soporte, (interna y en superficie) no ha sido afectada por el tratamiento (choque térmico o ataque químico).

7.1.3.

Pasivación de armaduras

Esta unidad de obra será aplicable en el caso de que, al sanear y chorrear el soporte, aparecieran armaduras al aire.

Sobre las zonas con armaduras al descubierto se realizará una limpieza con chorro de arena, grado Sa 2 1/2 según Norma SIS 05 59 00.

Una vez chorreadas se soplarán con aire a presión limpio y seco, para eliminar la arena y el polvo depositados.

A continuación se procederá a la protección de los mismos frente a la corrosión mediante la aplicación de dos capas de **Sikadur® Primer EG (Phosphate)**, imprimación anticorrosiva de dos componentes, a base de resinas epoxi curadas con poliamidas y fosfato de zinc, con un consumo aproximado de 250-300 g/ m² para un espesor de película seca de 80-100 micras.

Se debe dejar transcurrir al menos 24 horas desde la aplicación del **Sikadur® Primer EG (Phosphate)** hasta la regeneración.

Sobre la segunda capa, aún fresca, se puede espolvorear arena de cuarzo de granulometría 0,4 a 0,7 mm con objeto de garantizar la adherencia del mortero de regeneración.

7.1.4.

Regeneración

Sobre las superficies que hayan perdido espesor de recubrimiento se realizará una regeneración cuyas funciones son, por un lado, restituir el perfil original al elemento, y por otro, regularizar las superficies con el fin de que el espesor de resina epoxi sea mínimo.

Asimismo, se prestará especial atención a las superficies que vayan a recibir los laminados del refuerzo debe ser tal que las irregularidades sean menores de 0,5 mm.

Sobre las zonas en las que se haya perdido espesor de recubrimiento será preciso regenerarlas a base de resinas epoxi. Previamente se realizará la imprimación del soporte con el fin de garantizar la adherencia.

La elección del producto a utilizar viene condicionada por el espesor a aplicar.

7.1.4.1.

Espesor superior a 5 mm

Como capa de adherencia e imprimación sobre el soporte se aplicará mediante brocha o rodillo, una mano de **Sikafloor® 156**. El consumo varía en función del soporte, pero como valor medio puede estimarse 250 g/m².

La regeneración de las zonas que hayan perdido espesor podrá realizarse mediante la aplicación de **Sikadur® 41 Mortero mortero** tixotrópico de tres componentes, predosificado, a base de resinas epoxi y cargas, exento de solventes. La colocación del producto puede realizarse mediante paleta, paletín o espátula. El consumo es de 1,9 Kg/m² y mm de espesor.

7.1.4.2.

Espesor inferior a 5 mm

Si el espesor fuera inferior a 5 mm la regeneración y regularización se realizará mediante **Sikadur® 31**, producto de dos componentes a base de resinas epoxi, exento de disolventes.

8. Puesta en obra

8.1. Aplicación del adhesivo sobre el soporte

El **Sikadur® 330** es un producto de dos componentes a base de resinas epoxi, que no contiene disolventes.

Para su aplicación, mezclar los dos componentes con una batidora eléctrica de baja velocidad (máx. 600 r.p.m) al menos durante dos minutos, hasta conseguir una pasta totalmente homogénea y de color gris claro.

Una vez limpiadas las superficies mediante chorro de arena u otro procedimiento y regularizadas, se procederá a la aplicación sobre el soporte, usando una paleta o brocha de la resina **Sikadur® 330**, en una cantidad aproximada de 0,7 a 1,2 Kg/m², dependiendo de la rugosidad del soporte.

8.2. Colocación del SikaWrap® sobre el soporte

Colocar el tejido **SikaWrap®** sobre la resina en la dirección adecuada, embebiendo el tejido en la misma, presionando hasta que la resina salga por los huecos del tejido. Es importante conseguir que las fibras queden lo más rectas posibles, para lo cual hay que estirar con fuerza los tejidos.

8.3. Eliminación de los huecos o burbujas de aire

Una vez colocado el tejido sobre la superficie, se procede a repartir la resina con un rodillo hasta lograr una superficie homogénea y la completa eliminación de los huecos y burbujas de aire. Al final debe quedar una superficie continua de pegado, sin burbujas de aire entre el tejido y el soporte.

Debido al poco peso del tejido, no es necesario que sean apeados y se sostienen en el soporte desde el principio.

8.4. Recubrimiento del SikaWrap®

Como recubrimiento final, se aplicará una capa adicional de resina con un consumo aproximado de 0,5 Kg/m². La forma de aplicación más adecuada es con rodillo.

Si se quiere se puede espolvorear sobre aquella arena de cuarzo que actuará de capa de agarre para posteriores recubrimientos cementosos.

8.4.1. Recubrimiento por cuestiones estéticas

Si se necesitara por razones estéticas, se puede recubrir el refuerzo con pinturas como el **Sikagard® 62** ó el **Sikagard® 550 Elastocolor**.

8.4.2. Recubrimiento como protección contra incendios

Si se deseara proteger el refuerzo contra el fuego, se recomienda la utilización de placas ignífugas tipo **PROMATEC - L**, de la firma **PROMAT**. También se pueden utilizar pinturas ignífugas, previa comprobación de la adherencia y compatibilidad con el laminado mediante ensayos previos.

9. Puesta en carga

El adhesivo va adquiriendo sus resistencias desde el momento en que es colocado hasta conseguir el endurecimiento total a los 7 días. Por lo tanto es necesario esperar 7 días hasta sobrecargar el elemento estructural a su carga máxima, pudiendo cargarse previamente con sobrecargas inferiores que no hagan superar el límite de resistencia del adhesivo en cada momento.

10. Consumos

PRODUCTO	CONSUMOS
— Sikadur® 330	0,7 – 1,2 Kg / m ²
— Sikadur® 31	1,7 Kg/m ²
— Sikadur® 41 Mortero	1,7 Kg/m ² y mm de espesor
— Sikadur® 42 Anclajes	1,9 Kg/m ² y mm de espesor
— Sikadur® 52 Inyección	1,09 Kg/l de mezcla
— Sikadur® Primer EG (Phosphate)	0,250 – 0,300 Kg/m ² (espesor teórico de película seca: 80-100 micras)
— Sikafloor® 156	0,200 – 0,300 Kg/m ²

11. Control de Calidad

11.1. Previo a la ejecución de los trabajos

Se deberán hacer controles tales como:

- Ensayos de resistencias mecánicas del hormigón.
- Ensayos de estabilidad y polimerización correcta del adhesivo:
 - Relación resina – endurecedor correcta
 - Temperatura de aplicación (como regla general se puede admitir que una elevación de temperatura de 10 ° C duplica aproximadamente la velocidad de reacción).

11.2. Finalizados los trabajos de ejecución

Se pueden hacer controles tales como:

Ensayos de adherencia por tracción directa.
Pruebas de carga.

12. Varios

12.1. Útiles y herramientas

Los útiles y herramientas se limpiarán inmediatamente después de su empleo con **Sika® Colma Limpiador**, pues los productos citados en este **Pliego de condiciones** una vez endurecidos sólo podrán eliminarse por medios mecánicos.

12.2. Velocidad de polimerización

La velocidad de polimerización de las resinas epoxi está relacionada con la temperatura de aplicación. Cuando las temperaturas sean superiores a las recomendadas, la vida de mezcla se acorta, sucediendo lo contrario cuando son inferiores. (Ver Hojas Técnicas).

A veces las necesidades de trabajo obligan a utilizar varios lotes uno detrás de otro. Se recomienda no mezclar el siguiente lote hasta no acabar el anterior para no reducir el tiempo de manejabilidad.

12.3. Medidas de seguridad

Las resinas epoxi pueden afectar a la piel y a las mucosas, por lo que se aconseja utilizar guantes de goma y gafas protectoras durante su manipulación. En caso de contacto con los ojos, lavarlos con abundante agua limpia y acudir rápidamente a un médico. Lavarse las manos con agua y jabón.

13. Asistencia técnica

Para cualquier aclaración, rogamos consulten con nuestro Departamento Técnico.

ANEJO DEL CÁLCULO

1. Principio del refuerzo con SikaWrap®

- 1.1. Alcance del método de refuerzo con SikaWrap®
- 1.2. Principios de cálculo
- 1.3. Esfuerzos y deformaciones existentes que deben ser considerados
- 1.4. Diagrama tensión – deformación del tejido SikaWrap®
- 1.5. Coeficientes de seguridad del elemento estructural
- 1.6. Códigos nacionales
- 1.7. Origen del desarrollo teórico

2. Cálculo del confinamiento

- 2.1. Geometría de la columna
- 2.2. Confinamiento
- 2.3. Resistencia a compresión del hormigón confinado

3. Cálculo a cortante

- 3.1. Refuerzo para incrementar la resistencia a cortante de las columnas de hormigón
- 3.2. Comprobación de los elementos sin reforzar
- 3.3. Predimensionamiento del refuerzo con el sistema SikaWrap®

1. Principio del refuerzo con SikaWrap®

1.1. Alcance del método de refuerzo con SikaWrap®

El método de cálculo que se propone es aplicable a elementos de hormigón armado sometidos a cortante y a flexión, y también como refuerzo de pilares por zunchado de los mismos.

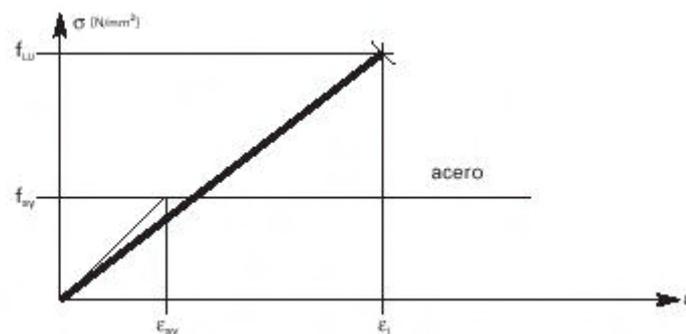
1.2. Principios de cálculo

- Los diagramas de tensión-deformación que se consideran son los de la norma EHE o actualizaciones posteriores de la misma.
- El diagrama tensión – deformación del laminado SikaWrap® es el que muestra la figura del apartado 1.4 de este Anejo.
- Las deformaciones de las armaduras son iguales a las del hormigón que lo envuelve.
- Las deformaciones del SikaWrap® son iguales a las del hormigón al que está pegado.
- Se llega al agotamiento de los materiales por el valor de su deformación.

1.3 Esfuerzos y deformaciones existentes que deben ser considerados

La estructura se encuentra normalmente sometida a esfuerzos y deformaciones cuando se aplica el Sistema SikaWrap®. Por lo tanto las deformaciones iniciales en el hormigón y en el acero se deben tener en consideración al hacer los cálculos.

1.4 Diagrama tensión – deformación del sistema SikaWrap®



1.5 Coeficientes de seguridad del elemento estructural sin reforzar

El elemento estructural sin reforzar debe tener un coeficiente de seguridad mayor que 1, para las cargas normales sin mayorar. Con esto se pretende entre otras cuestiones evitar el colapso súbito en caso de fuego que haga perderse el refuerzo.

1.6 Códigos nacionales

En base a las asunciones se debe utilizar la normativa aplicable en España para este tipo de estructuras (EHE o actualizaciones posteriores).

1.7 Origen del desarrollo teórico

La teoría del cálculo para el Sistema de refuerzo **SikaWrap**[®] está basada en estudios y ensayos desarrollados por la Universidad de California, San Diego (USCD).

2. Cálculo del confinamiento

2.1 Geometría de la columna

En el conjunto de los esfuerzos de confinamiento que proporciona la envoltura de una columna con **SikaWrap**[®] el que tiene el efecto más significativo es la geometría de la propia columna.

Las envolturas circulares en columnas circulares son las más efectivas. Proporcionan una resistencia uniforme circunferencialmente a la expansión radial de la columna. Las envolturas no circulares no son tan eficientes en el desarrollo de resistencias radiales. Las columnas elípticas y octogonales (si el lado del octógono es pequeño) son consideradas de la familia circular. Las envolturas rectangulares (incluidas las cuadradas) sólo proporcionan fuerzas internas en las esquinas, no obstante aportan un confinamiento significativo. La envoltura de columnas rectangulares o cuadradas con **SikaWrap**[®] está limitada a aquellas cuya relación $h/b < 1,5$.

Para columnas rectangulares con $h/b > 1,5$ y h y/o b mayor de 600 mm, la envoltura con **SikaWrap**[®] no debería realizarse hasta no poseer más datos experimentales que lo avalen.

Para las columnas rectangulares se diseña un diámetro D^* que es equivalente al diámetro de las columnas circulares D . La expresión que nos proporciona ese valor es:

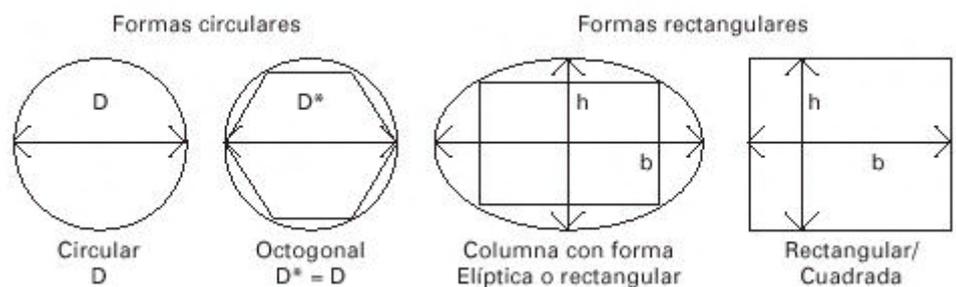
$$D^* = \frac{b^2}{2h} + \frac{h^2}{2b}$$

Donde:

D : diámetro exterior de la columna

D^* : diámetro equivalente de la columna (ver figura)

h, b : dimensiones de las columnas circulares y ovales

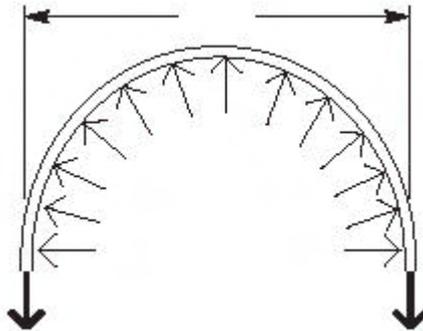


2..2.. Confinamiento

Las envolturas del **SikaWrap**[®] proporcionan un confinamiento pasivo; la tensión lateral límite es activada sólo cuando la columna comienza su expansión lateral (dilatación) debida al efecto Poisson, por la compresión y la fisuración vertical de la columna en la cara tensionada de la misma. Si la fibra reforzada está en principio en la dirección del aro, las envolturas de **SikaWrap**[®] pueden ser consideradas como equivalentes a un refuerzo circular continuo y esta analogía es apropiada para el diseño.

La configuración de las fibras más eficiente para el desarrollo del esfuerzo de confinamiento es la orientación de las fibras en dirección transversal (perpendiculares a la longitud de la columna). Esta configuración maximiza el confinamiento del hormigón y proporciona un cortante adicional a la columna.

En la figura se muestran las fuerzas que actúan en la mitad de un elemento confinado:



La tensión última de confinamiento, f_L , proporcionada por una envoltura circular de **SikaWrap**[®] puede expresarse como:

$$f_L = \frac{2f_{LU}t_L}{D} = \frac{2E_L\varepsilon_L t_L}{D}$$

Donde:

f_{LU} : Resistencia última del **SikaWrap**[®] (MPa)

t_L : Espesor del **SikaWrap**[®] (mm)

E_L : Módulo de elasticidad del **SikaWrap**[®] (MPa)

D : diámetro de la columna (mm)

ε_L : Deformación última del **SikaWrap**[®] (mm/mm)

2..3 . Resistencia a compresión del hormigón confinado

Las columnas tras su envoltura con el sistema **SikaWrap**[®] sufren una variación de su resistencia a compresión. Los valores modificados para la resistencia a compresión de la columna (f'_{cc}), basados en el teórico confinamiento, podrían ser usadas en las fórmulas convencionales de resistencia a la carga axil nominal.

$$f'_{cc} = f'_c \left[2,25 \sqrt{1 + 7,9 \frac{f_L}{f'_c}} - 2 \frac{f_L}{f'_c} - 1,25 \right]$$

Donde:

f'_{cc} : Resistencia a compresión del hormigón confinado (MPa)

f'_c : Resistencia a compresión del hormigón (MPa)

f_L : Tensión última de confinamiento (MPa)

3. Cálculo a cortante

3.1. Refuerzo para incrementar la resistencia a cortante de las columnas de hormigón

El concepto aquí descrito está desarrollado para evitar el fallo por cortante mediante el control de la dilatación y desarrollo de la fisura y proporcionando una resistencia adicional a cortante.

Para las aplicaciones de refuerzo el objetivo es incrementar la resistencia a cortante para equipararla a las nuevas condiciones de carga (V_u).

3.2 Comprobación de los elementos sin reforzar

Las comprobaciones a realizar de acuerdo a la filosofía de la Normativa Española (estado límite de agotamiento) son:

- a) Comprobación a compresión

Se comprueba en el apoyo, donde el cortante sea máximo.

$$V_{rd} = V_{u1}$$

- b) Comprobación de dimensionamiento

Se comprueba para una sección situada a una distancia de un canto útil del apoyo.

$$V_{rd} = V_{u2}$$

3.3. Predimensionamiento del refuerzo con el sistema SikaWrap®

La resistencia a cortante proporcionada por el sistema SikaWrap® es:

$$\begin{aligned} \emptyset_L \cdot V_L &= \emptyset_L \cdot t_L \cdot e_L \cdot E_L \cdot D && \text{Circular} \\ \emptyset_L \cdot V_L &= \emptyset_L \cdot t_L \cdot 2 \cdot e_L \cdot E_L \cdot D^* && \text{Rectangular} \end{aligned} \quad (1)$$

Donde:

\emptyset_L = Coeficiente de reducción de la resistencia del SikaWrap®. En nuestro caso 0,45

e_L = Tensión en la envoltura recomendada como admisible, tal que mantenga unida la trabazón.
Su valor es 0,004.

Sabiendo que:

$$V_u = V_{u1} + V_{u2} + \emptyset_L V_L = V_{u1} + V_{cu} + V_{su} + \emptyset_L V_L \quad (2)$$

Donde:

V_u : Cortante debido a las nuevas condiciones de carga

V_{u1} : Esfuerzo a cortante por compresión oblicua del alma

V_{cu} : Contribución del hormigón a la resistencia a esfuerzo cortante

V_{su} : Resistencia a cortante proporcionada por el refuerzo de acero

De la expresión (2) podemos despejar el valor de $f_L V_L$ y sustituirlo en la expresión (1) obteniendo el valor del espesor de envoltura requerido t_L (mm).

$$t_L = \frac{V_u - V_{u1} - V_{cu} - V_{su}}{\emptyset_L \cdot e_L \cdot E_L \cdot D} \quad \text{Circular}$$

$$t_L = \frac{V_u - V_{u1} - V_{cu} - V_{su}}{\emptyset_L \cdot 2 \cdot e_L \cdot E_L \cdot D} \quad \text{Rectangular}$$