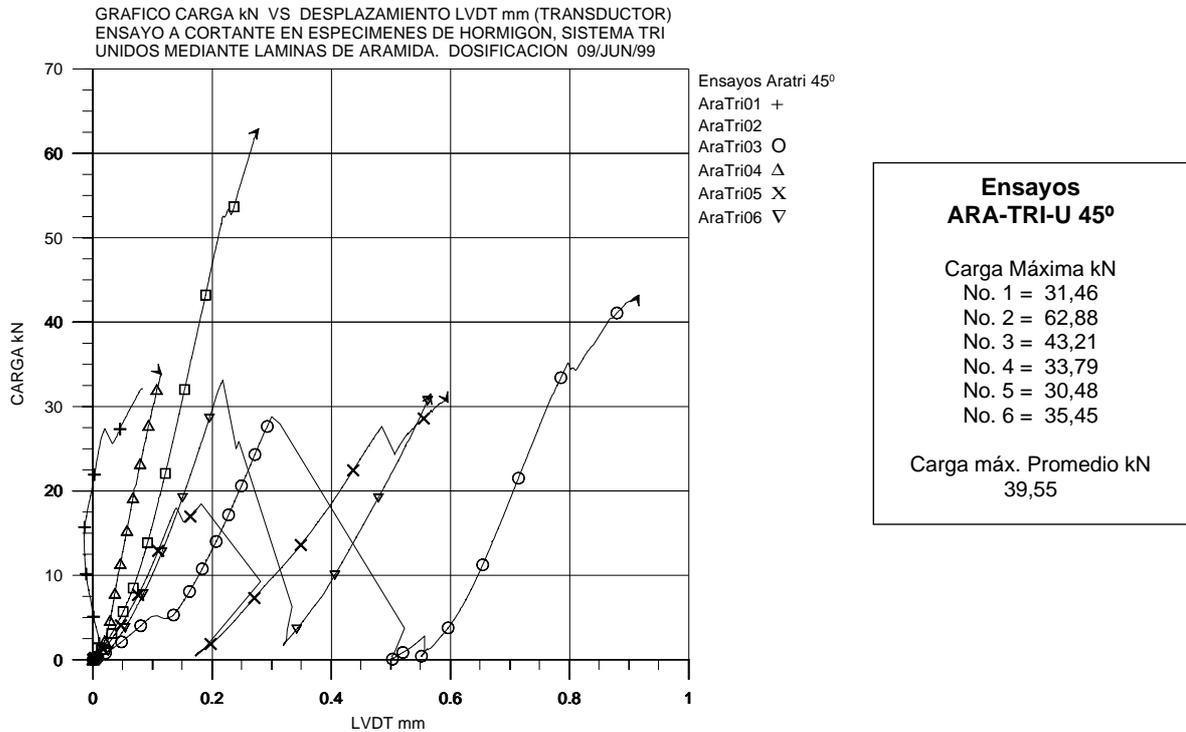


SISTEMA ARAMIDA TRI-UNIÓN A 45°

El gráfico A11 comprende todos los ensayos a cortante en probetas TRI Unión con láminas de Aramida adheridas longitudinalmente con una inclinación de 45°, donde se graficó “Carga (kN) vs. Desplazamiento LVDT (mm)”

GRÁFICO A11 ENSAYOS ARA-TRI-UNIÓN 45°

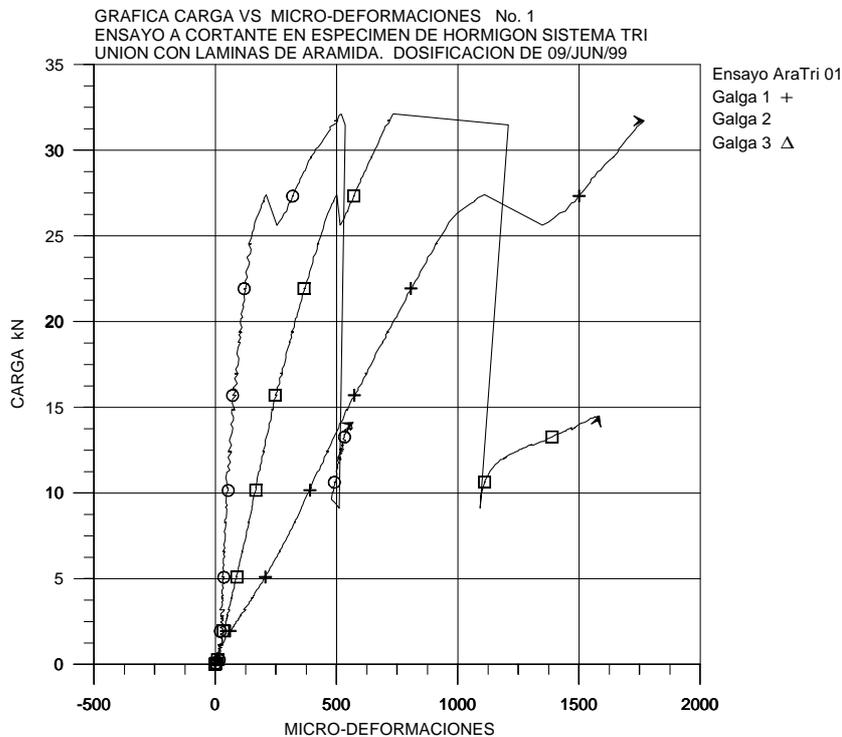


Las probetas de la serie de ensayos AraTri-U45° fueron diseñadas de tal forma que la fricción existente en la zona de contacto entre cada par de bloques de hormigón fuera mínima, prácticamente despreciable frente a la capacidad de carga tomada por las láminas de refuerzo.

Las siguientes seis gráficas muestran el comportamiento bajo tensiones de la láminas FRP mediante los gráficos "Carga (kN) VS Galgas (micro-deformaciones)" de cada ensayo.

ENSAYO ARA-TRI-UNIÓN 45° No. 01

GRÁFICO A12 ENSAYO ARA-TRI-UNIÓN 45° No. 01



Ensayo ARA-TRI-U 01

Carga Máx. 31,46 kN

Deformación máxima obtenida hasta la carga máxima.

Galga	Micro-Def. $\mu\epsilon$
1	1.780
2	738
3	523

Micro-Def. media = 1.014

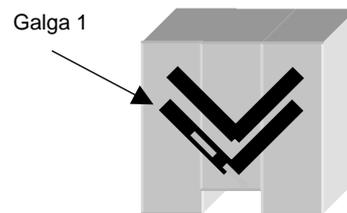
Descripción general del ensayo ARA-TRI-U 45° 01

Una diferencia importante entre las familias de ensayos Ara-Mon-Ref 45° y Ara-Mon-Rep 45° con respecto a los ensayos Ara-TRI-U 45° es que se presentó una menor adherencia entre las láminas de aramida y la resina de adherencia.

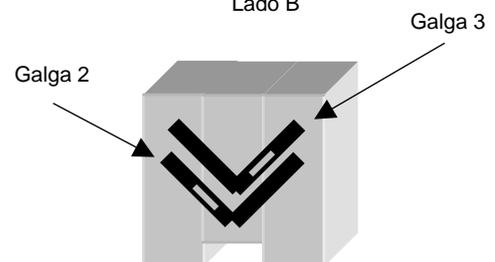
En cada uno de los ensayos se puede observar que uno de los lados se desprendió prácticamente toda la lámina junto con la resina y el hormigón adherido y en el otro lado gran parte de la resina quedó adherida al hormigón desprendiéndose de la lámina, tal como muestran en este caso las figuras A37, A42, A52, A58 y A63.

Este efecto es debido a que se presenta un pequeño giro del bloque central de la probeta, aunque el pistón tiene un desplazamiento únicamente vertical y la rótula se mantiene fija, se presenta un momento torsor que genera una fuerza perpendicular a la superficie de contacto entre las láminas y la resina.

Lado A



Lado B



Esquemas de ubicación de las galgas de deformación sobre las láminas de Aramida

FOTOS DE ENSAYO ARAMIDA-TRI-UNIÓN A 45° No. 01

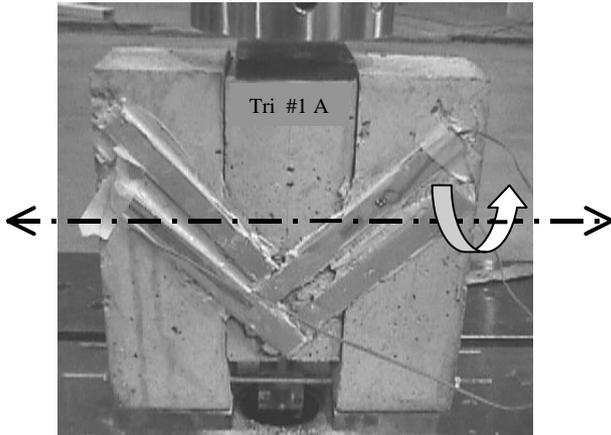


Fig. A35 Todas las láminas del lado "A" se desprendieron del bloque central de la probeta. Durante el ensayo se apreció que el bloque central de la probeta giro en el sentido que muestran la ilustración en la foto, lo cual generó esfuerzos perpendiculares a la superficie para los cuales no está diseñado el compuesto.



Fig. A36 Esta foto muestra el lado "B" de la probeta ya ensayada, en la cual se desprendió la lámina 2 totalmente y las tres láminas restantes se desprendieron de los bloques laterales a causa principal de esfuerzos perpendiculares a la superficie.



Fig. A37 Las laminas del lado "A" trabajaron más eficientemente ya que fue una cantidad menor de resina la que quedó adherida sobre la probeta.

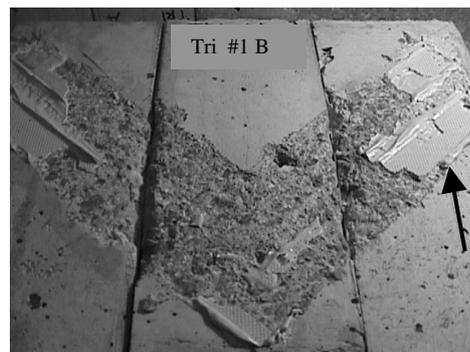


Fig. A38 La lámina señalada por la flecha fue la única que se desprendió durante el ensayo del bloque lateral a causa de una mala adherencia lámina resina.

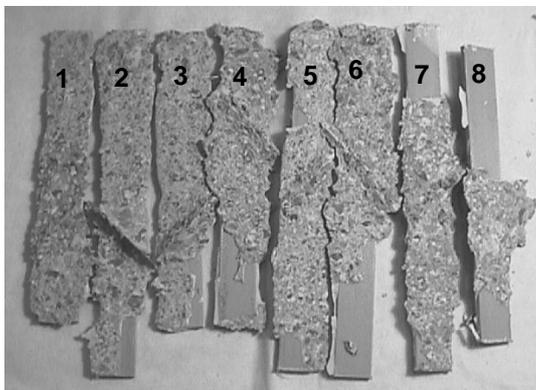


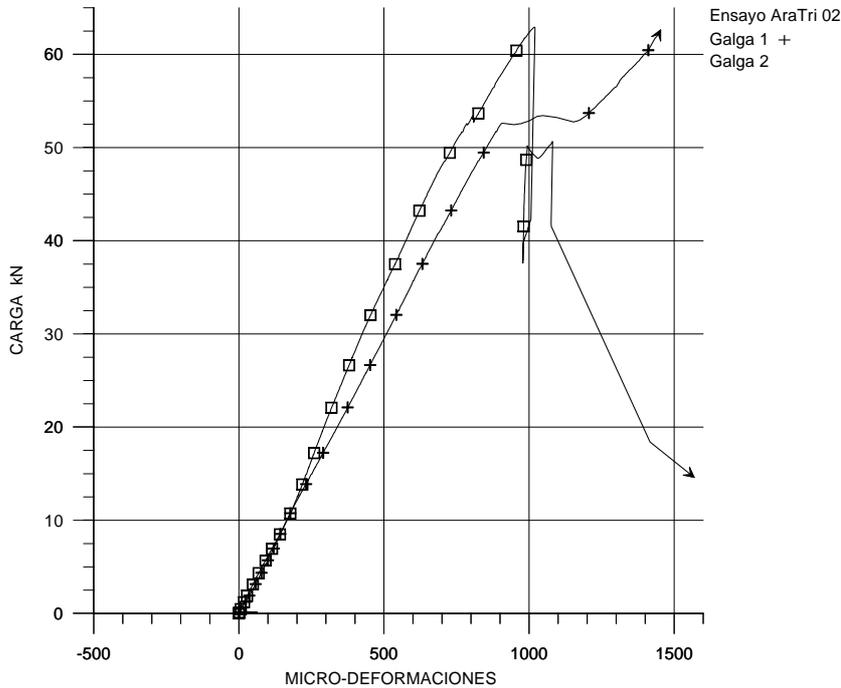
Fig. A39 Esta foto muestra en forma enumerada las láminas de aramida desprendidas del hormigón durante el ensayo, en las cuales se puede valorar la eficiencia de adherencia del compuesto Resina-Fibra a la superficie de hormigón en función de la cantidad de hormigón que fue desgarrado o desprendido bajo la acción de los esfuerzos cortantes y otro tanto por el momento torsor en el bloque central de la probeta.

Este ensayo presenta una adherencia del 82% del compuesto Fibra-Resina a la superficie de hormigón.

ENSAYO ARA-TRI-UNIÓN 45° No. 02

GRÁFICO 13 ENSAYO ARA-TRI-UNIÓN A 45° No. 02

GRAFICA CARGA VS MICRO-DEFORMACIONES No. 2
ENSAYO A CORTANTE EN ESPECIMEN DE HORMIGÓN SISTEMA TRI
UNION CON LAMINAS DE ARAMIDA. DOSIFICACION 09/JUN/99



Ensayo ARA-TRI-U 02

Carga Máx. 62,88 kN

Deformación máxima
obtenida hasta la carga
máxima.

Galga	Micro-Def. $\mu\epsilon$
1	1.430
2	1.020

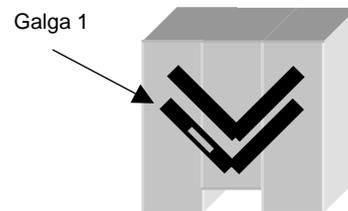
Micro-Def. media = 1.225

Descripción general del ensayo ATRI-U 45° 02

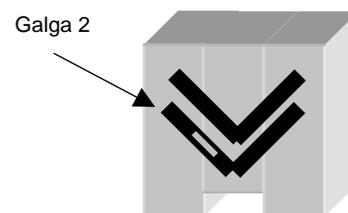
Este ensayo fue el que presentó la máxima capacidad de carga en esta serie de ensayos, con un comportamiento muy estable mostrando una linealidad en el trazo "Carga VS LVDT" en el gráfico A11. Esta probeta únicamente presentó un salto durante el ensayo al 83,5 % de la carga máxima, momento en el cual empezó a desprenderse la lámina No. 1, entonces la lámina No.3 con la galga 1 empezó a tomar parte de los esfuerzos que le correspondían a la lámina No. 1, lo cual se puede ver en el gráfico A13.

En este ensayo se presentó nuevamente el efecto del momento torsor sobre el bloque central de la probeta donde se aplico la carga del pistón.

Lado A



Lado B



Esquemas de ubicación de las galgas de deformación sobre las láminas de Aramida

FOTOS DE ENSAYO ARAMIDA TRI-UNIÓN A 45° No. 02

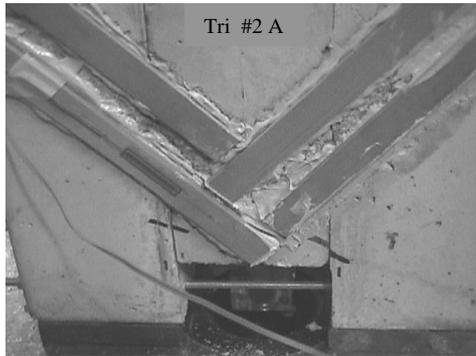


Fig. A40 El lado "A" de la probeta muestra el desprendimiento de la lámina 3 durante el ensayo.

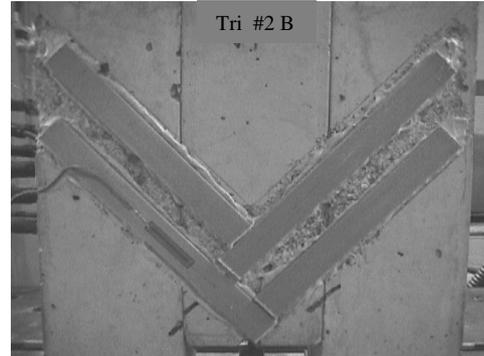


Fig. A41 Esta foto muestra el lado "B" de la probeta antes de ser ensayado.



Fig. A42 En esta foto se puede observar la resina que quedo adherida a la superficie del hormigón en el bloque central, muy probablemente debido a un pequeño momento torsor como se muestra en la foto de la figura A35

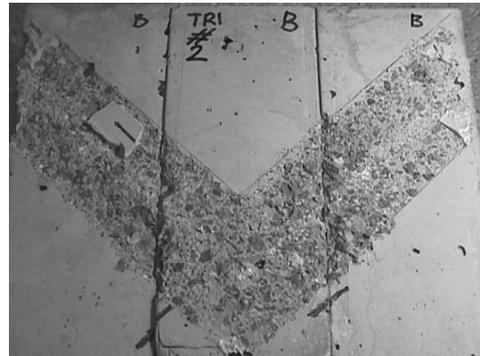


Fig. A43 Foto lado "B" donde se muestra que la mayor parte de la resina se desprendió junto con las láminas.

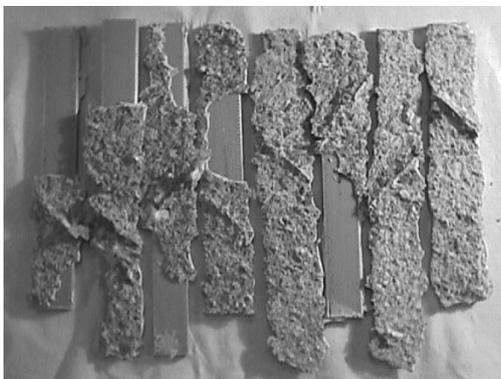


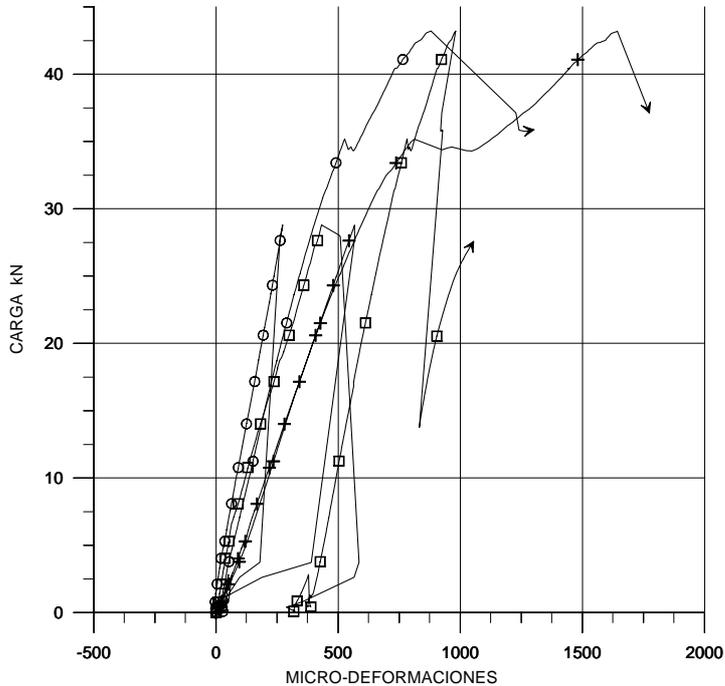
Fig. A44 Esta foto muestra las láminas de aramida desprendidas del hormigón durante el ensayo, en las cuales se puede valorar la eficiencia de adherencia del compuesto Resina-Fibra a la superficie de hormigón en función de la cantidad de hormigón que fue desgarrado o desprendido bajo la acción de los esfuerzos cortantes en la probeta.

Este ensayo presenta una adherencia del 68% del compuesto Fibra-Resina a la superficie de hormigón.

ENSAYO ARA-TRI-UNIÓN 45° No. 03

GRÁFICO A14 ENSAYO ARA-TRI-U 45° No. 03

GRAFICA CARGA KN VS MICRODEFORMACIONES No.3
ENSAYO A CORTANTE EN ESPECIMEN DE HORMIGON SISTEMA TRI
UNION CON LAMINAS DE ARAMIDA. DOSIFICACION DE 09/JUN/99



Ensayo Ara-Tri-03
Galga 1 +
Galga 2 □
Galga 3 ○

Ensayo ARA-TRI-U 03

Carga Máx. 43,21

Deformación máxima
obtenida hasta la carga
máxima.

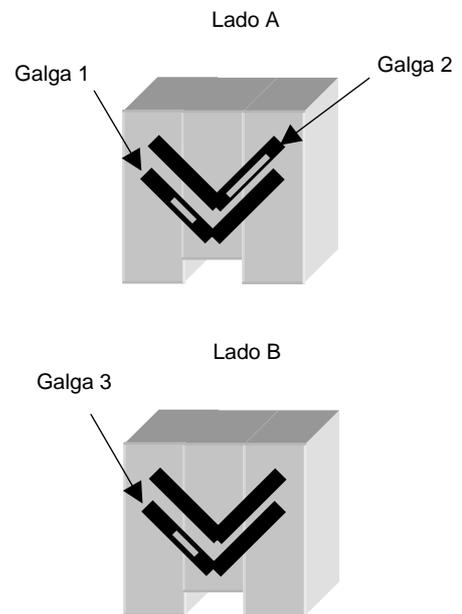
Galga	Micro-Def. µε
1	1.640
2	980
3	875

Micro-Def. media = 1.165

Descripción general del ensayo ATRI-U 45° 03

En este ensayo se presenta un salto a 28 kN, aproximadamente a 64% de la carga máxima, pero recuperando la carga posteriormente manteniendo prácticamente las mismas pendientes "Carga VS Micro-Deformación" que se muestra en el gráfico A14. Dicho salto de carga fue muy probablemente debido a un acomodamiento de todo el sistema de transmisión de carga. Posteriormente se presentó un salto a 35kN (Aprox. 81% de la carga máx.) donde empezó a desprenderse la lámina No.1 comenzando a pasar parte de su carga a la lámina No. 3 tal como se puede ver en el gráfico A14 al deformarse más rápidamente la galga 1.

Una vez alcanzada la carga máxima, la lámina No.3 se desprendió y las demás láminas empezaron a deformarse más rápidamente y la probeta empezó a perder carga rápidamente hasta que la probeta perdió la totalidad de su carga en forma frágil al pasar nuevamente por 35 kN de carga.



Esquemas de ubicación de las galgas de deformación sobre las láminas de Aramida

FOTOS DE ENSAYO ARATRI-UNIÓN 45° No. 03

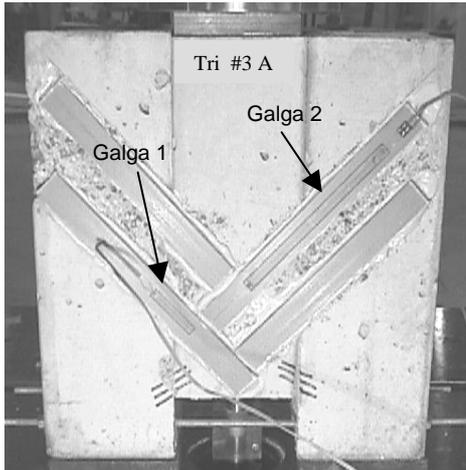


Fig. A45 Lado "A" foto antes de realizar el ensayo. La lámina No.3 fue la primera en desprenderse. La galga 2 presentó deformaciones ligeramente menores que la galga 1, lo cual está dentro de lo esperado.

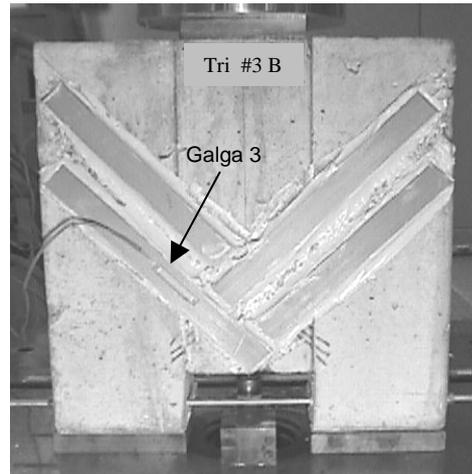


Fig. A46 Lado "B" Las galgas 2 y 3 colocadas en laminas en el mismo extremo, pero lados opuestos presentaron prácticamente la misma pendiente "Carga VS Micro-Deformación" con poca diferencia en sus micro-deformaciones al llegar a la carga máxima.

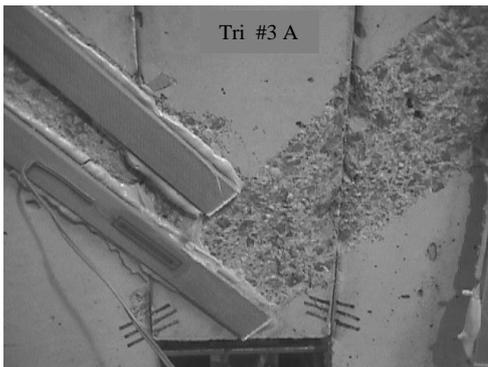


Fig. A47 La lámina No.3 presentó poca adherencia resina-fibra en su extremo superior, tal como lo muestra la Fig. A49, pero trabajó eficientemente en la zona de unión entre bloques.

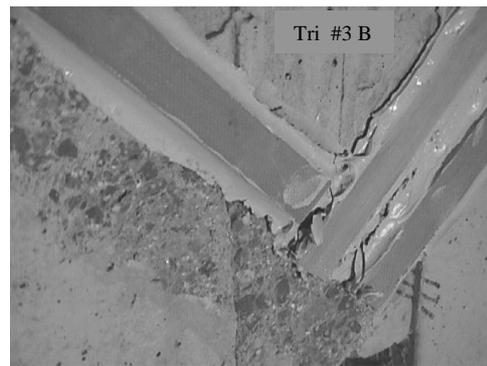


Fig. A48 La lámina 6 con la galga 3 presentó una buena eficiencia al desprender el mortero y fracturar parte de los áridos gruesos de la superficie del hormigón, en la zona de adherencia resina - hormigón.

En general las láminas desgarraron el hormigón en la zona de unión entre bloques.



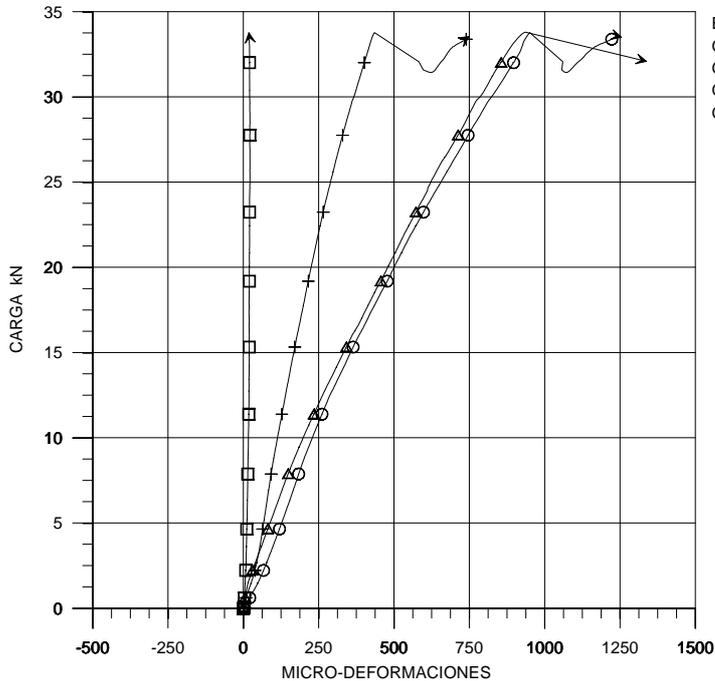
Fig. A49 Esta foto muestra las láminas de aramida desprendidas del hormigón durante el ensayo, en las cuales se puede valorar la eficiencia de adherencia del compuesto Resina-Fibra a la superficie de hormigón en función de la cantidad de hormigón que fue desgarrado o desprendido bajo la acción de los esfuerzos cortantes en la probeta.

Este ensayo presenta una adherencia del 70% del compuesto Fibra-Resina a la superficie de hormigón.

ENSAYO ARA-TRI-UNIÓN 45° No. 04

GRÁFICO A15 ENSAYO ARA-TRI-U 45° No. 04

GRAFICA CARGA VS MICRODEFORMACIONES No. 4
ENSAYO A CORTANTE EN ESPECIMEN DE HORMIGON, SISTEMA TRI
UNION CON LAMINAS DE ARAMIDA. DOSIFICACION 09/JUN/99



Ensayo AraTri 04
Galga 1 +
Galga 2 x
Galga 3 o
Galga 4 Δ

Ensayo ARA-TRI-U 04

Carga Máx. 33,79 kN

Deformación máxima
obtenida hasta la carga
máxima.

Galga	Micro-Def. $\mu\epsilon$
1	435
2	--
3	938
4	950

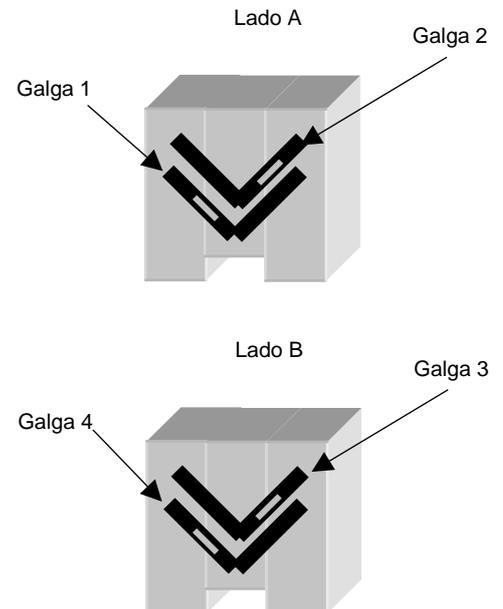
Micro-Def. media = 774

Descripción global del ensayo ATRI-U 45° 04

Este ensayo presentó un comportamiento estable sin saltos en su primer rampa de carga hasta llegar a la carga máxima. Las galgas No.3 y No.4 del lado "B" presentaron un comportamiento muy similar en el gráfico a15.

La lámina No.5 fue la primera en desprenderse de la probeta, seguida de la lámina No.7. La Fig. A54 muestra las láminas, colocadas en orden de la 1 a la 8 y se puede observar que la lámina 5 solo desgarró una pequeña capa de mortero en la zona de unión entre bloques lo cual supone una adherencia insuficiente, causando su rápido desprendimiento.

Durante los ensayos las probetas siempre presentan pequeños giros sobre el bloque central a causa del desprendimiento progresivo de las láminas produciendo flexiones independientemente de los esfuerzos a tracción en las láminas de refuerzo.



Esquemas de ubicación de las galgas de deformación sobre las láminas de Aramida

FOTOS DE ENSAYO ARA-TRI-U 45° No. 04

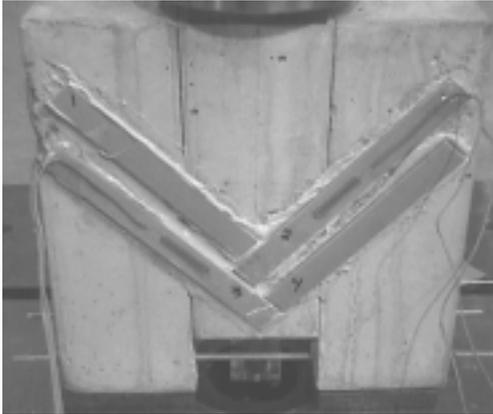


Fig. A50 Lado "A" foto previa al ensayo. La galga No.2 no registro deformaciones durante la primer rampa de carga y solo presentó una ligera deformación poco antes de que se perdiera totalmente la carga.

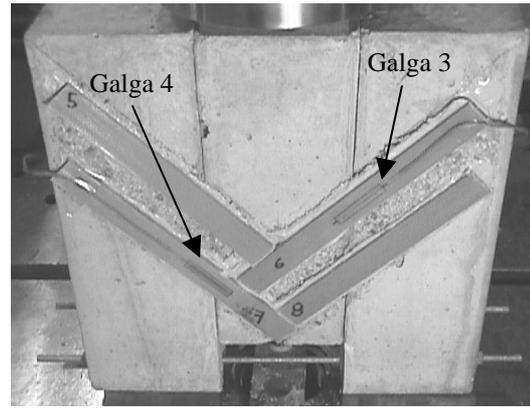


Fig. A51 Lado "B" foto previa al ensayo. Ambas galgas tuvieron un comportamiento muy similar en las deformaciones registradas durante la carga.

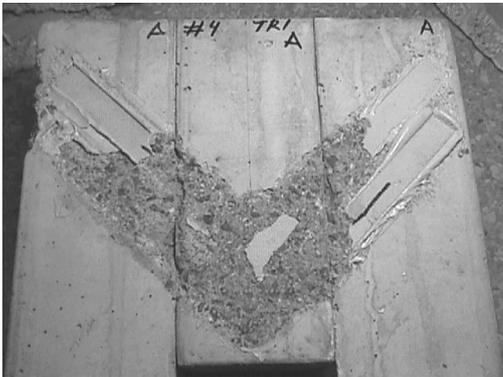


Fig. A52 Lado "A" Las láminas en forma aparente presentaron mala adherencia con la resina, pero se debe considerar también la existencia de esfuerzos a tracción perpendiculares a la superficie de contacto lámina-resina para los cuales es mínima la resistencia. Dichos esfuerzos fueron generados por el giro del bloque central que ayudo a desprender las láminas de los bloques laterales.

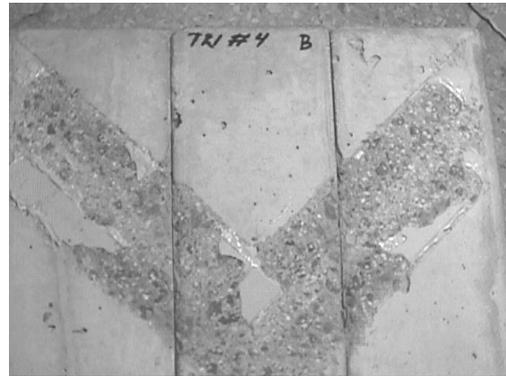


Fig. A53 Las láminas trabajaron en forma más eficiente que el lado "A". Los efectos del giro del bloque central incrementan los esfuerzos de tracción longitudinales rápidamente, lo cual se puede apreciar en el gráfico AraTri-U 45°-5 en el trazo de la lámina con la galga No.3. Al ser traccionadas repentinamente las láminas del lado "B" estas se desprendieron repentinamente.

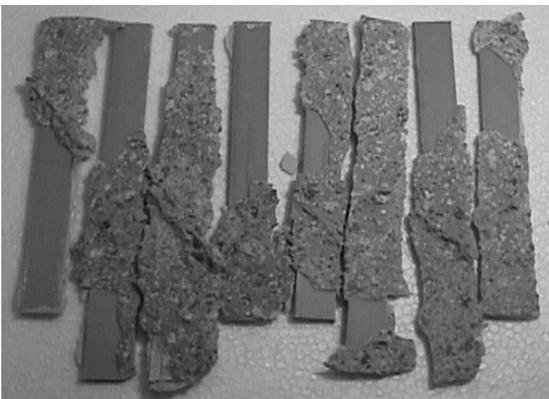


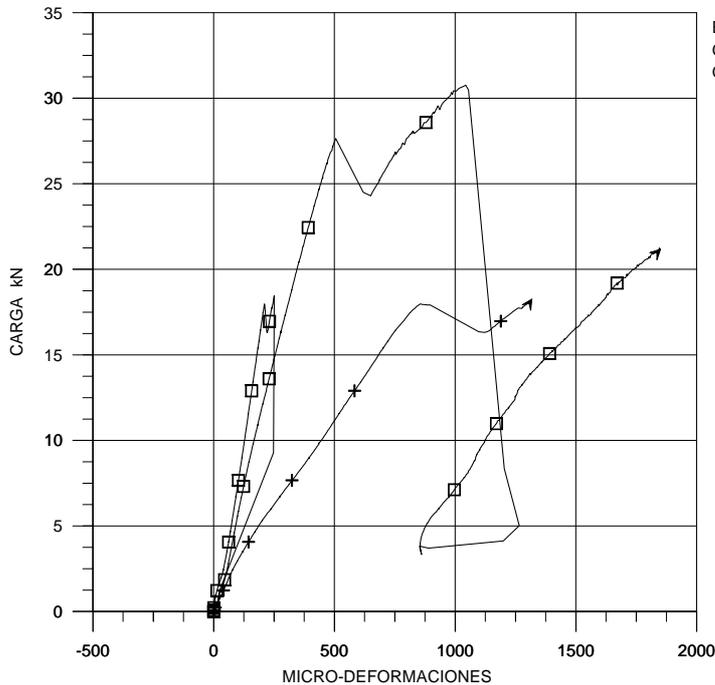
Fig. A54 Esta foto muestra las láminas de aramida desprendidas del hormigón durante el ensayo, en las cuales se puede valorar la eficiencia de adherencia del compuesto Resina-Fibra a la superficie de hormigón que fue desgarrado o desprendido bajo la acción de los esfuerzos cortantes en la probeta.

Este ensayo presenta una adherencia del 63% del compuesto Fibras-Resina a la superficie de hormigón.

ENSAYO ARA-TRI-UNIÓN No. 05

GRÁFICO A16 ENSAYO ARA-TRI-U 45° No. 05

GRAFICA CARGA kN VS MICRODEFORMACIONES No. 5
ENSAYO A CORTANTE EN ESPECIMEN DE HORMIGON, SISTEMA TRI
UNION CON LAMINAS DE ARAMIDA. DOSIFICACION 09/JUN/99



Ensayo AraTri 05
Galga 1 +
Galga 2

Ensayo ARA-TRI-U 05

Carga Máx. 30,48 kN

Deformación máxima
obtenida hasta la carga
máxima.

Galga	Micro-Def. $\mu\epsilon$
1	1.315
2	1.050

Micro-Def. media = 1.183

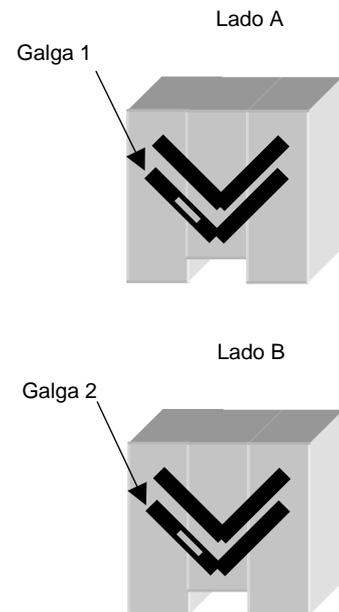
Descripción global del ensayo ATRI-U 45° 05

Este ensayo fue el que presentó la capacidad de carga más baja de toda la serie.

La lámina No.1 se desprendió seguida de la lámina No. 1, antes de alcanzar la carga máxima, a tan solo el 60% de dicha carga. Posteriormente al llegar al 91% de la carga máx. se desprendieron las láminas 2 y 4, esto explica el porque se obtuvo una carga tan baja.

Una vez alcanzada la carga máx. se desprendieron láminas del lado "B" perdiendo carga casi en su totalidad y posteriormente recupero carga hasta el 70 % de la carga máx. y finalmente colapsó la probeta al desprenderse las últimas láminas.

Las deformaciones tomadas en cuenta en el ensayo, son aquéllas registradas hasta antes de obtener la carga máxima que resistió la probeta.



Esquemas de ubicación de las galgas de deformación sobre las láminas de Aramida

FOTOS DE ENSAYO ARA-TRI-UNIÓN 45° No. 05

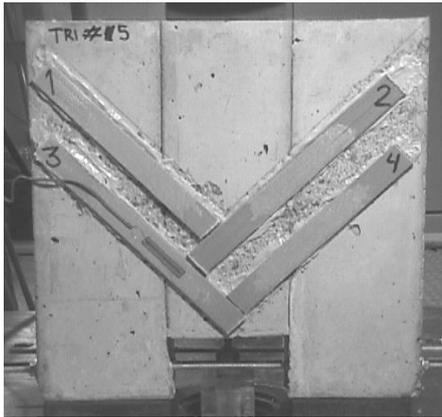


Fig. A55 Las láminas de refuerzo del lado "A" fueron las primeras en desprenderse de la probeta empezando por las láminas No.1 y No.3

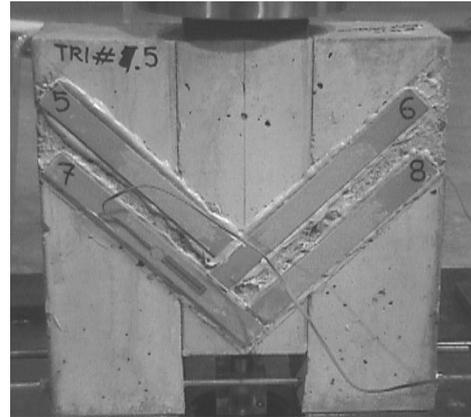


Fig. A56 Aunque aparentemente las láminas del lado "B" son las últimas que se desprendieron, registrando aun deformaciones posteriormente a la carga máxima.

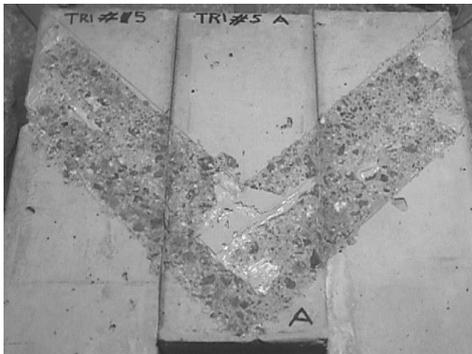


Fig. A57 Todas las láminas del lado "A" se desprendieron del bloque central. Al parecer la lámina No. 2 no presentó buena adherencia con el bloque central.

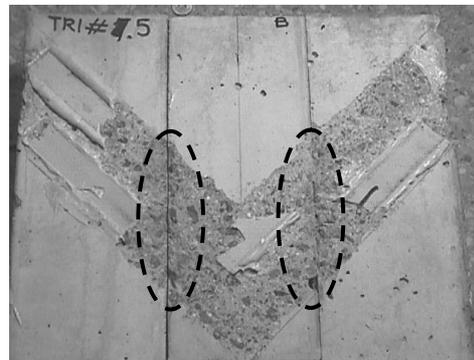


Fig. A58 Al parecer las láminas no presentaron buena adherencia ya que parte de la resina quedó adherida a la probeta, pero esto fue causado por el desprendimiento posterior al ensayo de las láminas.

La zona de mayores esfuerzos si presentó buena adherencia, ya que no quedó adherida resina sobre esta zona, tal como se muestran en las zonas encerradas con óvalos.

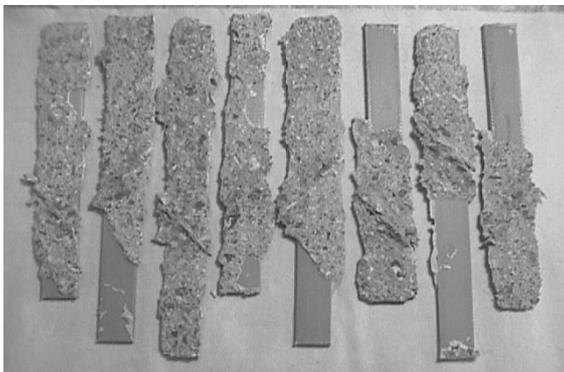


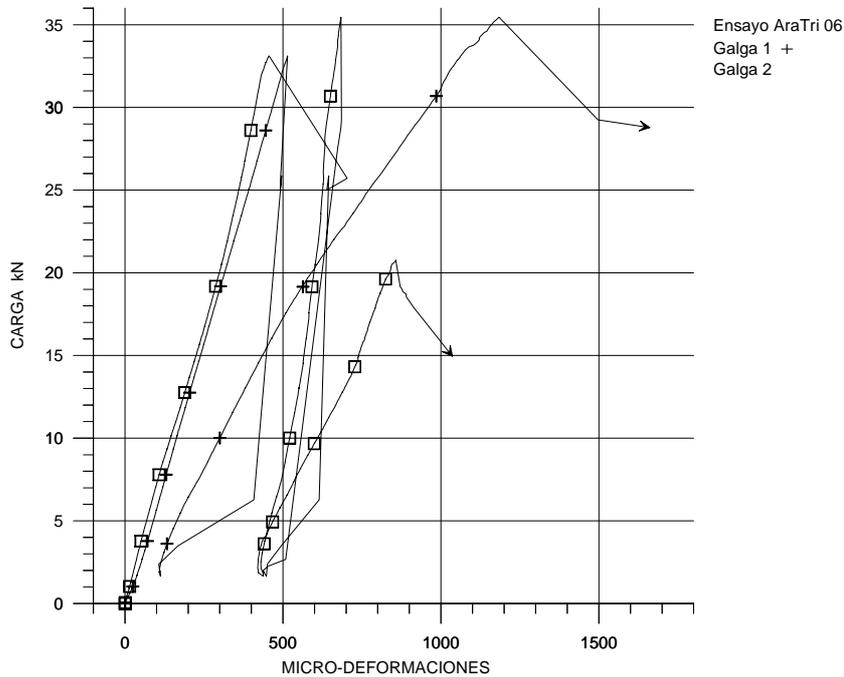
Fig. A59 Esta foto muestra las láminas de aramida desprendidas del hormigón durante el ensayo, en las cuales se puede valorar la eficiencia de adherencia del compuesto Resina-Fibra a la superficie de hormigón en función de la cantidad de hormigón que fue desgarrado o desprendido bajo la acción de los esfuerzos cortantes en la probeta en la zona de unión entre bloques.

Este ensayo presenta una adherencia del 68% del compuesto Fibra-Resina a la superficie de hormigón.

ENSAYO ARA-TRI-UNIÓN No. 06

GRÁFICO A17 ENSAYO ARA-TRI-U 45° No. 06

GRAFICA CARGA VS MICRO-DEFORMACIONES No. 6
ENSAYO A CORTANTE EN ESPECIMEN DE HORMIGON, SISTEMA TRI
UNION CON LAMINAS DE ARAMIDA. DOSIFICACION 09/JUN/99



Ensayo ARA-TRI-U 06

Carga Máx. 35,45 kN

Deformación máxima
obtenida hasta la carga
máxima.

Galga	Micro-Def. $\mu\epsilon$
1	1.175
2	670

Micro-Def. media = 923

Descripción global del ensayo ATRI-U 45° 06

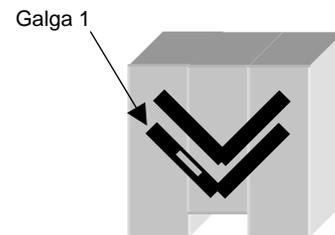
Durante la aplicación de carga en este ensayo se presentaron tres saltos de carga, de los cuales solo se graficaron los dos primeros, ya que en el segundo salto es donde se presentó la carga máxima. El tercer máximo fue de tan solo el 54% de la carga máxima.

El primer salto de carga se registro con el 93% de la carga máxima.

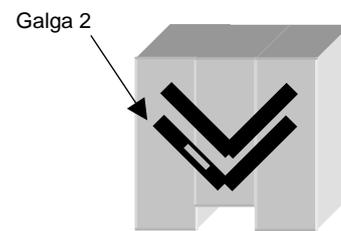
EL par de galgas colocadas en bloques extremos opuestos presentaron en la primer rampa de carga pendientes "Carga VS Micro-deformación" muy similares, lo cual supone un comportamiento muy uniforme de las láminas de refuerzo de ambos lados de la probeta hasta antes del primer salto de carga.

Se tiene una relación de carga-deformación de 33kN VS 500 $\mu\epsilon$ aproximadamente en la primer rampa de carga donde es más confiable analizar los esfuerzos transmitidos en forma uniforme a todas las láminas, porque en la segunda rampa los esfuerzos son repartidos en un numero inferior de láminas, a causa del desprendimiento de algunas de éstas.

Lado A



Lado B



Esquemas de ubicación de las galgas de deformación sobre las láminas de Aramida

FOTOS DE ENSAYO ARA-TRI-UNIÓN 45° No. 06

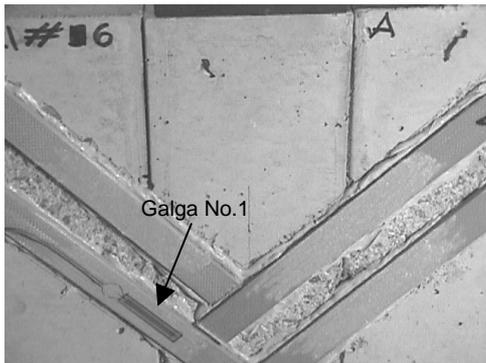


Fig. A60 Esta foto muestra el estado inicial de la probeta del lado "A" al igual que la siguiente figura.

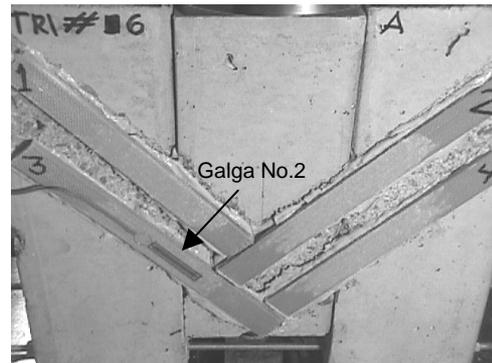


Fig. A61 Las galgas No.1 y No.2 de esta probeta están situadas en extremos opuestos pero en puntos análogos para verificar el comportamiento bajo esfuerzos en las laminas en su conjunto.

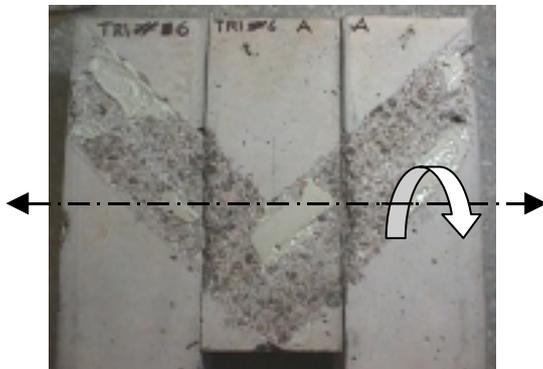


Fig. A62 después del salto de la primer rampa de carga se presentó un giro en el bloque central generando un momento torsor tal como lo indica la ilustración en esta figura.

La lámina No.3 a parte de los esfuerzos de tracción, también presentó flexión positiva

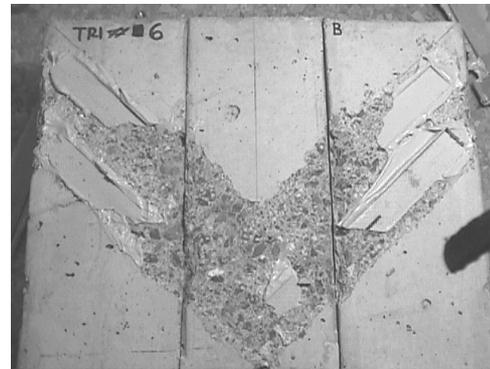


Fig. A63 Este ensayo fue el que presentó la peor eficiencia de adherencia fibra-resina a la superficie de hormigón en esta serie.

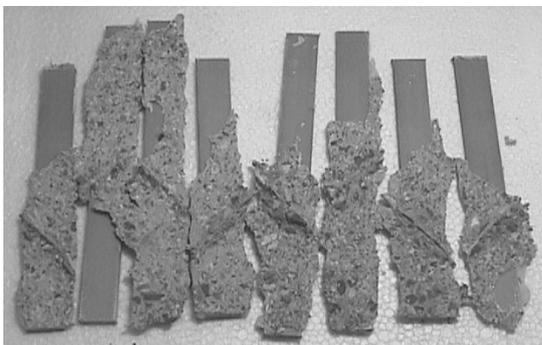


Fig. A64 Esta foto muestra las láminas de aramida desprendidas del hormigón durante el ensayo, en las cuales se puede valorar la eficiencia de adherencia del compuesto Resina-Fibra a la superficie de hormigón en función de la cantidad de hormigón que fue desgarrado o desprendido bajo la acción de los esfuerzos cortantes en la probeta.

Este ensayo presenta una adherencia del 56% del compuesto Fibra-Resina a la superficie de hormigón.

