

CAPÍTULO 2. PROCESO DE REHABILITACIÓN

2.1 Descripción del proyecto.

Un proyecto nace al descubrir una necesidad⁶, en este caso, la necesidad de proveer a la población una estructura segura y funcional, que garantice la comunicación vía terrestre en esta zona de gran importancia económica. Con ello en mente, y tras el análisis de los resultados de los estudios realizados y la aplicación de la ingeniería de detalle necesaria para el diseño geométrico y estructural, surge el proyecto constructivo para la rehabilitación del Puente la Isla (Ver Figura 2.1).

Por su magnitud, el proyecto constructivo de rehabilitación para el puente la Isla, fue dividido en dos etapas principales:

- Recimentación de la estructura.
- Rehabilitación de la superestructura.

Este proyecto fue elaborado por la compañía de Administración de Servicios Técnicos a la Construcción (ASERTEC) bajo la supervisión de la Subgerencia de Ingeniería de Proyectos perteneciente a la Gerencia de Construcción y Mantenimiento de la Subdirección Regional Sur de Petróleos Mexicanos.

⁶ Gido y Clements (2003). *Administración Exitosa de Proyectos*. Editorial Thomson. México, DF.

2.1.1 Descripción del proyecto de Recimentación de la estructura.

El diseño de la recimentación de la estructura se elaboró tomando en cuenta la transferencia del 100% de las cargas a la nueva cimentación, por medio de trabes de transferencia. Esto se debe a que, por falta de información no se le puede asignar un porcentaje de colaboración a la cimentación actual, y por otro lado, la verificación de las condiciones y de las características actuales tendría un costo elevado.

Aunque el único apoyo que presenta un asentamiento es el No. 3 se propone el reforzamiento de los demás apoyos intermedios del puente mediante la nueva cimentación, para así, avalar la seguridad de los usuarios y prolongar la vida útil de esta estructura.

La solución del proyecto para la recimentación del Puente “La Isla” es a base de pilotes, los cuales serán colocados en grupos de 12 a los costados de los apoyos intermedios del puente, según las especificaciones del proyecto. La elección de los pilotes, como dispositivo de cimentación, es común en este tipo de obra ya que estos elementos transmiten las cargas de la estructura a estratos profundos más resistentes que los mantos superficiales⁷. Cada pilote será precolado en la superficie con concreto reforzado y después hincado en su lugar definitivo, de acuerdo a los planos estructurales, para la conformación de la nueva cimentación profunda de la estructura.

Cabe destacar que por las condiciones del subsuelo (Ver tabla 1.3 Estratigrafía y Características del terreno en el apéndice A), el tipo de pilotes que se emplearon para este proyecto de recimentación son pilotes de fricción, los cuales obtienen la mayor parte de su

⁷ Crespo (2000). *Mecánica de suelos y Cimentaciones*. Editorial Limusa. México, DF.

resistencia de la fricción superficial, sin olvidar que en este tipo de suelos su resistencia es generada también por adhesión⁸.

Asimismo, con las capacidades de carga resultantes y considerando los valores calculados de la socavación en cada uno de los apoyos, resultan profundidades de desplante de los pilotes de 19.59 m. para los apoyos 3,4 y 5, para el apoyo 2 se considera de 24.09 m. por tener probabilidad de socavación. Así se logra de manera efectiva, que aún, durante una avenida máxima, el fuste del pilote se mantenga en contacto con el suelo con una longitud mínima de 16.50 m.

Además, para ligar los pilotes en grupo, se diseñó una zapata cuadrada que tiene por objetivo distribuir de manera uniforme los esfuerzos provenientes de la estructura a los pilotes. También, con el propósito de contar con un apoyo para la llegada de las trabes de transferencia, esta zapata cuenta con un cabezal, el cual está provisto de topes antisísmicos para absorber las acciones generadas en caso de un sismo.

Las trabes de transferencia tienen como objetivo ligar a la superestructura con la subestructura, transmitiendo así, las cargas de la estructura a la nueva cimentación. Estas trabes son de concreto presforzado, lo cual implica la aplicación de una carga compresiva al elemento, previa a la aplicación de las cargas anticipadas por el diseño, en forma tal que se reduzcan o se eliminen los esfuerzos de tensión que de otra forma ocurrirían en el elemento⁹.

⁸ Das, Braja (2001). Principios de Ingeniería de Cimentaciones. Editorial Thomson. México, DF.

⁹ Nilson, Arthur (1990). *Diseño de Estructuras de Concreto presforzado*. Editorial Limusa. México, DF.

El presfuerzo de las traveses se lleva a cabo mediante su postensado, es decir, son tensadas después de que el concreto haya endurecido y que hayan adquirido suficiente resistencia. Esta medida aumenta la capacidad de carga del elemento, admite contar con mayores claros, mejora su capacidad de servicio y permite una estructura más esbelta¹⁰. Sin embargo, por las grandes cargas a las que está sujeta esta estructura, cada uno de los cuatro apoyos intermedios del puente contarán con dos traveses de transferencia. Las cuales estarán apoyadas en los cabezales de las zapatas y ligadas a la estructura mediante barras de presfuerzo tipo Mackalloy.

En conjunto, estas actividades garantizan la transferencia del 100% de las cargas de la superestructura a la nueva cimentación, complementando así, la etapa de recimentación de la estructura del proyecto constructivo para la rehabilitación del puente la Isla.

2.1.2 Descripción del proyecto de rehabilitación de la superestructura.

La segunda parte del proyecto constructivo se refiere a la etapa de rehabilitación de la superestructura, la cual fue diseñada con el objetivo de aumentar la capacidad resistente del puente y mantener a la estructura en las condiciones con las que fue proyectada. Por consiguiente, esta etapa fue dividida en dos fases principales: el reforzamiento de la superestructura y el mantenimiento de la misma.

La fase de reforzamiento de la superestructura se elaboró tomando en cuenta que la estructura debía soportar las cargas vivas de tránsito para vehículos tipo T3-S2-R4 y HS-20 los cuales, como se mencionó con anterioridad, pueden transmitir cargas puntuales a la

¹⁰ Leonhardt, Fritz (1986). *Estructuras de Hormigón Armado, Tomo V, Hormigón Pretensado*. Editorial El Ateneo. Buenos Aires Argentina.

Para la consumación de la fase de reforzamiento de la superestructura, se incluyen los trabajos de renivelación de la superestructura en el apoyo No.3 y el cambio de apoyos de cada trabe. La renivelación del apoyo No.3 se llevó a cabo mediante la colocación de calzas de concreto con el propósito de contrarrestar el asentamiento en este apoyo. Por su parte, el cambio de apoyos de las trabes se realizó bajo el reemplazo de los apoyos existentes por apoyos de neopreno con placas de acero, que por sus características permiten combinar rigidez y amortiguamiento en el mismo elemento. Con ello, además de mejorar la transferencia de las fuerzas de la superestructura a la subestructura, aísla y disipa los desplazamientos de traslación y rotación a los que esta sujeto la estructura². En conjunto, estas dos actividades anularán los quiebres bruscos del perfil, corrigiendo el alineamiento vertical del puente y regulando la rasante del mismo.

Por otro lado, la fase de mantenimiento del puente pretende restablecer las condiciones de servicio de la estructura con el mejor nivel posible. Para ello, esta fase comprende las siguientes actividades: cambio de juntas de dilatación, reencarpetamiento de la superestructura y sus accesos, recuperación de los conos de derrame y trabajos de mantenimiento menor.

El cambio de juntas de dilatación se efectúa mediante la sustitución de las juntas existentes por nuevas, lo cual provee una transición suave entre los módulos del puente, evita la filtración de agua y otras sustancias químicas que oxidan y corroen los elementos de la subestructura; y también permite el desplazamiento longitudinal de la estructura y la transmisión de cargas entre ella¹⁴.

¹⁴ Ibidem #10

Por su parte, el reencarpetamiento de la superestructura y sus accesos se elabora mediante la colocación de una nueva carpeta asfáltica, por lo que la carpeta existente fue removida. Esto proporciona a la estructura una nueva superficie de rodamiento que distribuye de manera uniforme las cargas vivas actuantes en la estructura a la losa, y además, mejora la impermeabilidad en ellas.

La recuperación de conos de derrame incluye para el apoyo No.1 la construcción de un talud y su recubrimiento con concreto reforzado; para el apoyo 6, implica la limpieza de este para su conservación. Estos trabajos tienen el propósito de brindar a la cimentación del puente en estos apoyos, una protección contra la erosión y socavación provocada por el cauce del río.

Las tareas a seguir para el mantenimiento menor son las siguientes: limpieza de la estructura y sus accesos; acondicionamiento de parapetos y guarniciones; construcción y colocación de tapas de registro; señalización y pintura; mantenimiento y renovación de barreras de seguridad; y por resane de imperfecciones de la estructura. Estas actividades complementan la etapa de rehabilitación de la superestructura, con los cuales se garantiza una mayor capacidad de carga del puente y se brinda los usuarios mejores condiciones de servicio.

Finalmente, con las tareas de mantenimiento, reforzamiento de la superestructura y Recimentación de la estructura se pretende consumir el proyecto constructivo para la rehabilitación del puente La Isla, brindando a la estructura mayor resistencia para soportar las cargas que actúan en ella y recuperando en su totalidad la funcionalidad y seguridad de la estructura.

2.2 Alcances del proyecto.

Los alcances del proyecto constructivo para la rehabilitación del puente La Isla se muestran a continuación:

1) Recimentación de la estructura:

- Construcción e instalación de pilotes de concreto reforzado, incluyendo su hincado en el sitio.
- Construcción en sitio de zapatas y cabezales de concreto reforzado.
- Construcción en sitio de trabes de transferencia de concreto presforzado.
- Colocación y tensado de barras tipo Mackalloy para ligar a la superestructura con las trabes de transferencia.

2) Rehabilitación de la superestructura:

- Reforzamiento longitudinal y a cortante de trabes tipos AASHTO mediante la colocación de fibras de carbono (CFRP).
- Reforzamiento transversal de los tableros mediante el pretensado exterior de los diafragmas extremos de cada tablero.
- Renivelación de la superestructura en el apoyo No.3 con calzadas de concreto reforzado.
- Cambio de apoyos de las trabes por apoyos de neopreno con placas de acero.
- Cambio de juntas de dilatación.
- Reencarpetamiento de la superestructura y sus accesos.

- Recuperación de los conos de derrame en los accesos.
- Mantenimiento menor de la superestructura.

Para la ejecución de estas actividades se deben de cumplir las Normas y Especificaciones Generales de Construcción de Petróleos Mexicanos (PEMEX). Además, con el fin de evitar incidentes y accidentes en las instalaciones de la obra los trabajos se debe llevar a cabo bajo los requerimientos mínimos de seguridad, salud ocupacional y protección ambiental, que exige el Manual de Seguridad Industrial y Protección Ambiental de Petróleos Mexicanos.

2.3 Beneficios del proyecto.

El proyecto de rehabilitación del Puente la Isla beneficia de forma directa a más de 8,000 vehículos ligeros y 1,000 vehículos pesados que transitan diariamente por esta estructura. Además, la realización de este proyecto ayuda al progreso de más de 2,000 habitantes de la zona.

Además, la recuperación de esta estructura, garantiza la comunicación por vía terrestre de las comunidades de Reforma y Cactus, Chiapas, las cuales son zonas petroleras muy importantes, con el estado de Tabasco. En consecuencia, la rehabilitación de este puente, ofrece una red vial para la transportación en general y se convierte en una plataforma substancial para el crecimiento económico de esta región.

2.4 Proceso Constructivo.

El proceso constructivo para la rehabilitación del puente la Isla está delimitado, como el proyecto lo especifica, por dos tareas principales: la recimentación de la estructura y la rehabilitación de la superestructura. Para una mejor comprensión, en este apartado se muestra, de forma ilustrativa, el procedimiento constructivo a seguir para las actividades que conforman este proyecto de rehabilitación.

2.4.1 Proceso constructivo de la Recimentación de la estructura.

Como se ha mencionado con anterioridad, la Recimentación de la estructura fue diseñada para transmitir el 100% de las cargas que actúan sobre el puente a la nueva cimentación. Para cumplir con esta especificación se diseñó una cimentación a base de pilotes de concreto reforzado los cuales transmitirán las cargas de la estructura a estratos más resistentes que lo superficiales. Estos pilotes estarán unidos entre sí a través de una zapata, que a su vez servirá como apoyo para la llegada de las trabes de transferencia. Estas trabes tienen como objetivo ligar a la estructura con la nueva cimentación, garantizando así, la transmisión del 100% de las cargas.

Los pilotes de concreto reforzado que fueron diseñados para la recimentación del puente la Isla tienen una sección transversal cuadrada de 0.50 m. por lado, una longitud de 29 m. para las pilas No. 3, 4 y 5 y para la pila No.2 una longitud de 33.60 m. Además, deben tener una resistencia a la compresión simple de 250 kg/cm^2 .

Por sus dimensiones y para un mejor manejo, cada pilote es construido en dos tramos: de 14.5 m. para los pilotes de 29 m. de longitud y para los pilotes de 33.60 m. de longitud se construyen dos tramos de 16.8 m. Posteriormente estos tramos son unidos mediante una junta de soldadura a tope de dos placas, previamente fijas a los extremos del pilote (Ver Figura 2.2). Para analizar la unión entre los tramos de pilotes y el refuerzo de los mismos, consultar en el apéndice B el plano No.4 Plano Estructural Pilotes y Zapatas (Plano 1 de 3).

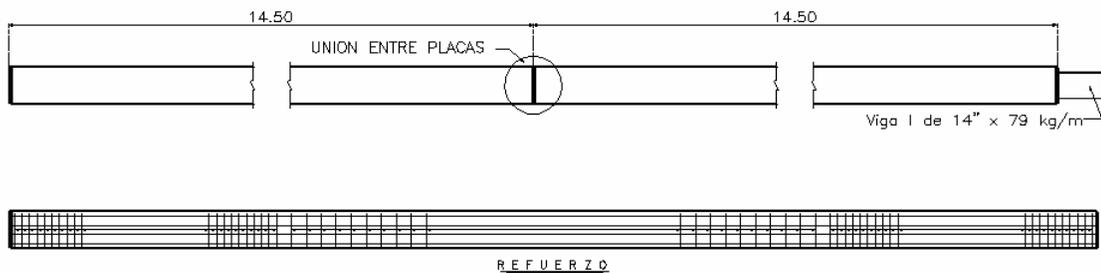


Figura 2.2 Unión en Pilotes y su refuerzo.

Fuente: Plano estructural de cimentación, ASERTEC, 2005.

Además, cada pilote tiene una punta de acero a base de viga I de 14" x 79 kg/m, lo cual aumenta la resistencia a fricción, avalando el buen funcionamiento de estos elementos. Cabe mencionar que estos pilotes son precolados en la superficie, y una vez alcanzada su resistencia de diseño de 250 kg/cm^2 , se procede al hincado de los mismos hasta una profundidad de desplante de -19.59 m. para las pilas 3, 4 y 5; y de -24.09 m. para la pila No. 2 (Ver Figura 2.3). Este procedimiento se realiza con ayuda de un martinete capaz de generar la energía de impacto suficiente para llegar hasta la elevación marcada por el proyecto.

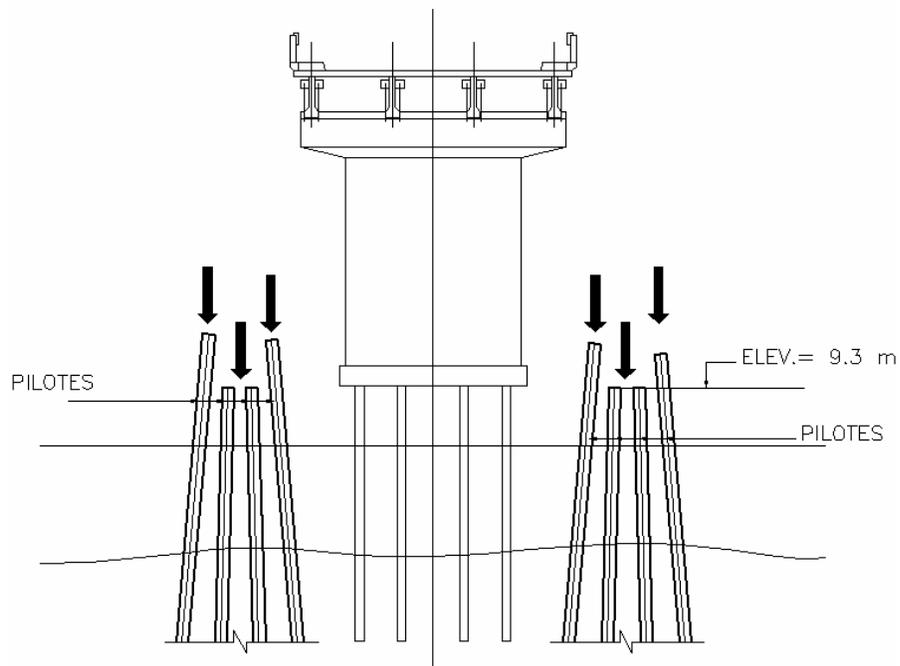


Figura 2.3 Hincado de Pilotes.

Fuente: Plano de procedimiento constructivo de Recimentación, ASERTEC, 2005.

Asimismo, para facilitar el hincado de los pilotes y reducir al mínimo los desplazamientos en los suelos blandos se realiza una perforación previa a esta actividad. Para la ejecución de estos trabajos se utiliza un martillo diesel y una perforadora rotatoria, respectivamente, los cuales deben cumplir las especificaciones del proyecto. En cada pila del puente se hincan 24 pilotes, 12 aguas arriba y 12 aguas abajo, dando un total de 96 pilotes por construir e hincar.

Al terminar el hincado de los pilotes, se procede a la demolición de 45 cm., aproximadamente, de las cabezas de los pilotes (Ver Figura 2.4). Esta actividad consiste en la fractura del concreto hasta el nivel marcado para exponer el acero de refuerzo y obtener una superficie uniforme que sirva de liga entre los pilotes y la zapata.

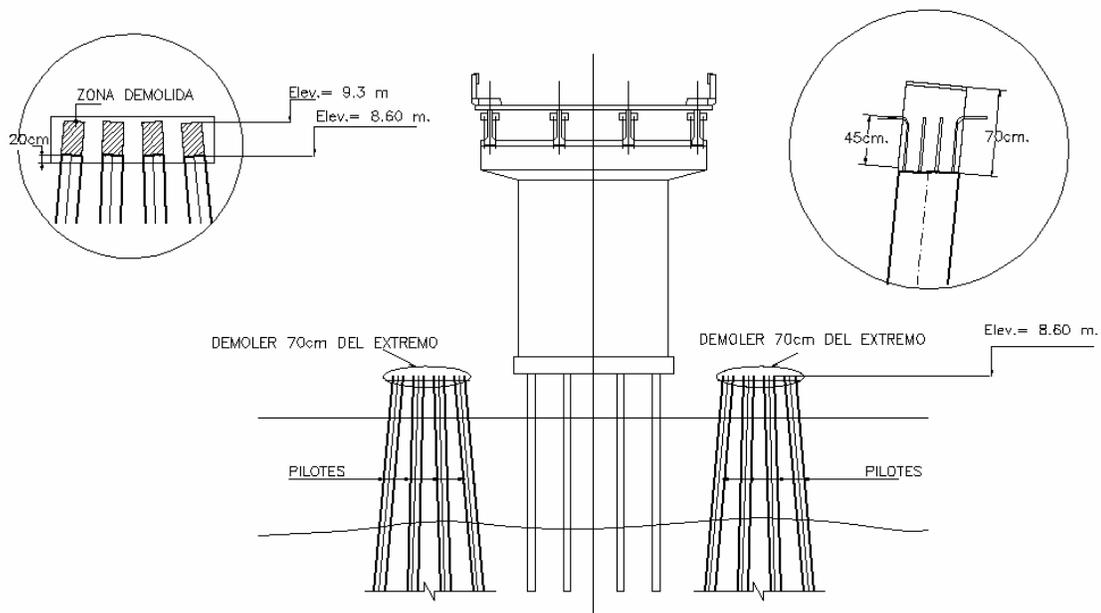


Figura 2.4 Preparación de pilotes para construcción de zapata-cabezal de cimentación.

Fuente: Plano de procedimiento constructivo de Recimentación, ASERTEC, 2005.

Las zapatas tienen como objetivo unir a los 12 pilotes en un solo grupo y distribuir de manera uniforme las cargas de la estructura entre ellos. Estas zapatas tienen una base cuadrada de 4.0 m. por lado, una altura de 1.20 m. y están construidas a base de concreto reforzado con una resistencia a la compresión simple de 250 kg/cm^2 . Asimismo, estos elementos están provistos de un cabezal que tiene como propósito servir de apoyo a las trabes de transferencia. Los cabezales cuentan con una sección transversal rectangular de 4.0 m. x 1.70 m. y una altura de 0.8 m. (Ver Figura 2.5). Para analizar a fondo las dimensiones, el armado del acero de refuerzo y otras especificaciones de las zapatas y cabezales, consultar en el apéndice B los planos No.4, 5 y 6 Planos estructurales de pilotes y Zapatas.

Por otro lado, se comienzan los trabajos de perforación de 52 agujeros en los apoyos intermedios del puente (Ver Figura 2.5). Las labores de perforación consisten en barrenar el fuste del cuerpo de la pila en todo su espesor, siguiendo la geometría indicada

en el proyecto, obteniendo agujeros que albergan los cables de presfuerzo que ligan a las traves de transferencia con la estructura.

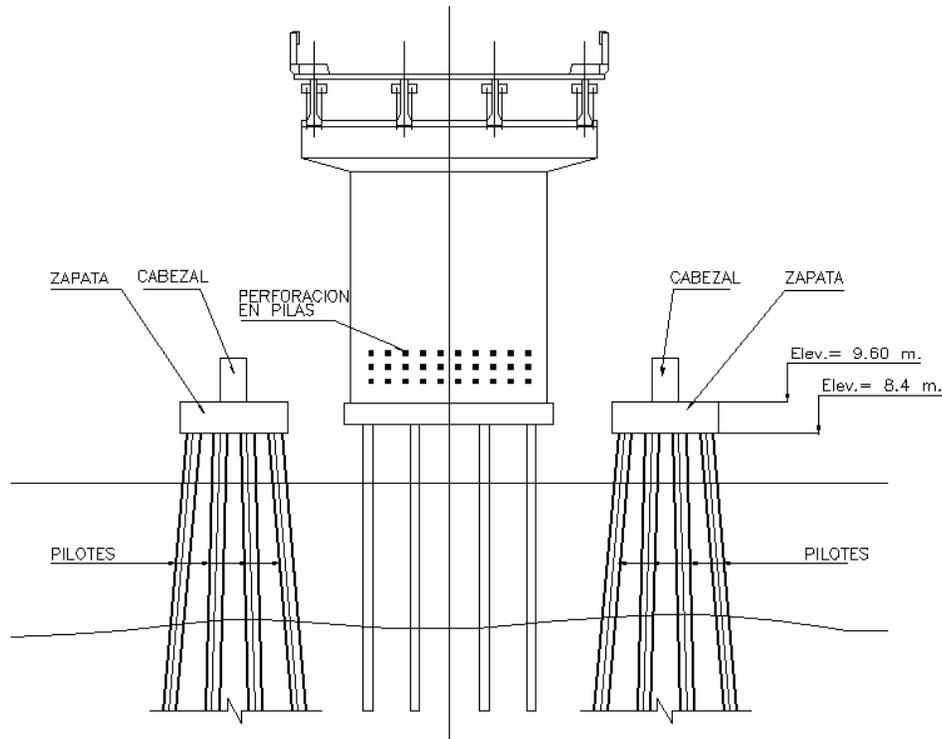
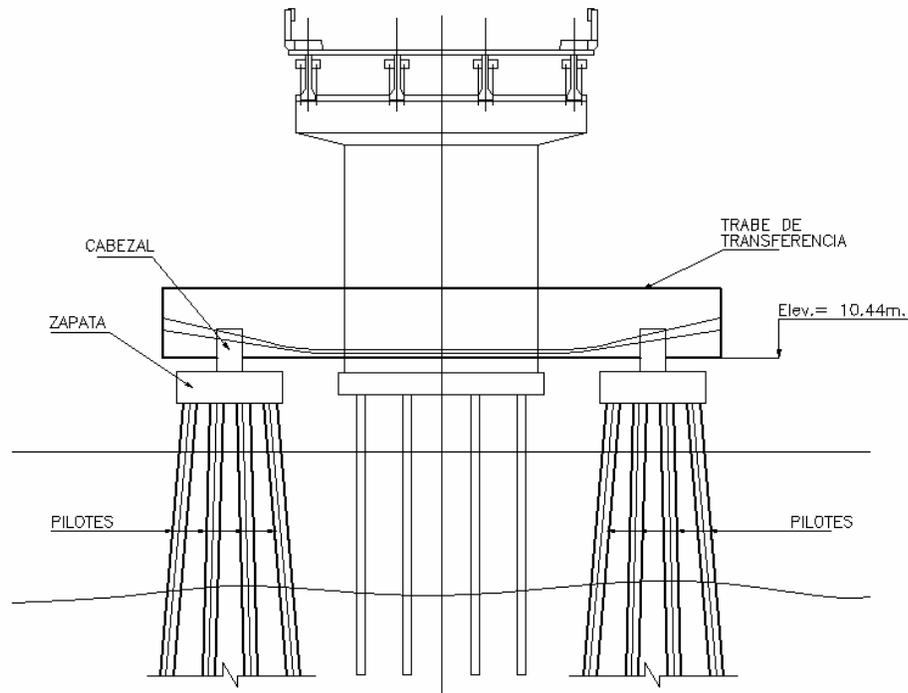


Figura 2.5 Construcción de zapata-cabezal y perforación de pilas.

Fuente: Plano de procedimiento constructivo de Recimentación, ASERTEC, 2005.

Al concluir los trabajos de perforación de agujeros y la construcción de zapatas y cabezales, se procede a la construcción de dos traves de transferencia para cada pila (Ver Figura 2.6), las cuales tienen como objetivo transmitir las cargas de la estructura a la nueva cimentación. Estos elementos tienen una base de 1.30 m., un peralte de 2.20 m., una longitud de 18.00 m. y son construidas con concreto hidráulico con un $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$. En los planos No.7, 8, 9 y 10 Planos estructurales de Traves de transferencia, localizados en el apéndice B, se encuentran para su estudio las especificaciones a seguir para la construcción de estos elementos.



2.6 Colado de Traves de Transferencia.

Fuente: Plano de procedimiento constructivo de Recimentación, ASERTEC, 2005.

Además, con la finalidad de obtener una resistencia mayor a esfuerzos de tensión, estas traves son tensadas longitudinalmente, mediante gatos hidráulicos, con acero de presfuerzo con un límite de ruptura igual o mayor a $19,000 \text{ kg/cm}^2$ (Ver Figura 2.7). Cabe mencionar que estas traves están equipadas con topes antisísmicos, ubicados en los cabezales, con el objetivo de absorber los esfuerzos provocados por un sismo.

Finalmente, al concluir la construcción de las traves y su postensado, se procede al tensado de presfuerzo de las barras Mackalloy con gatos hidráulicos (Ver Figura 2.7). Por otro lado, mediante la ejecución esta actividad se avala la unión de la estructura con la nueva cimentación y la transmisión del 100% de las cargas. De la misma manera, finalizan los trabajos de recimentación de la estructura para la rehabilitación del puente La Isla. Para un mejor análisis del proceso a seguir para la recimentación, éste, se encuentra anexo en el apéndice B, en el plano No.11 Procedimiento Constructivo de recimentación.

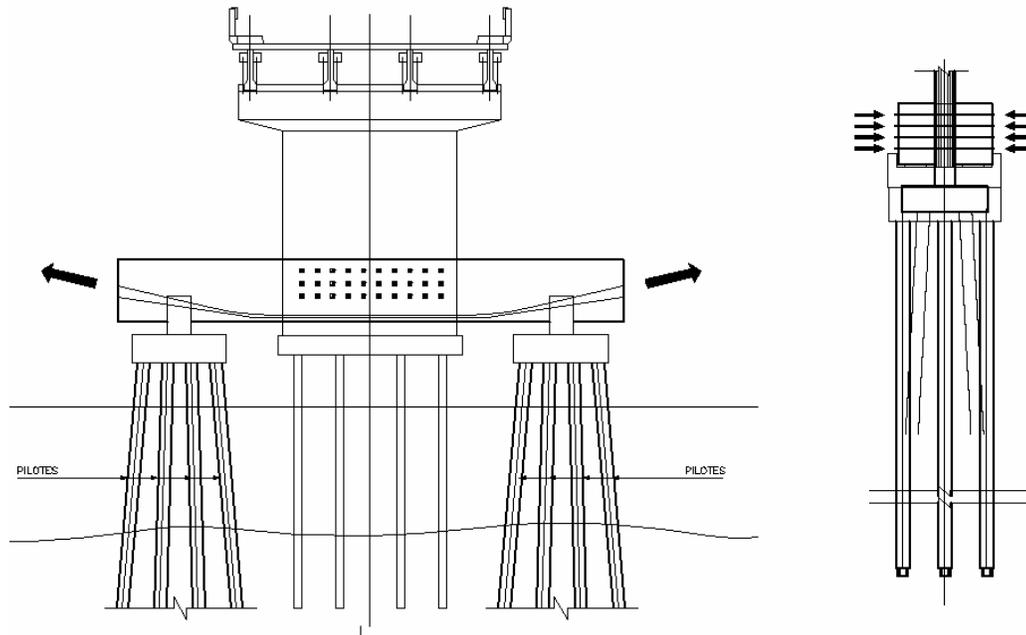


Figura 2.7 Tensado de Presfuerzo longitudinal y transversal.

Fuente: Plano de procedimiento constructivo de Recimentación, ASERTEC, 2005.

2.4.2 Procedimiento constructivo para la rehabilitación de la superestructura.

La rehabilitación de la superestructura, como se ha señalado anteriormente, tiene como objetivo principal aumentar la capacidad resistente de la superestructura y mejorar las condiciones de servicio de la estructura. Para cumplir estas especificaciones, esta etapa fue dividida en dos partes: el reforzamiento de la superestructura y el mantenimiento de la misma. El procedimiento constructivo para la realización de estas actividades se muestra a continuación.

El reforzamiento de la superestructura se efectúa mediante la ejecución de las siguientes actividades: reforzamiento longitudinal y a cortante de las traveses tipo AASHTO, reforzamiento transversal de tableros, nivelación del apoyo No.3 y cambio de apoyos.

El reforzamiento longitudinal y a cortante de las traveses tipo ASSHTO de concreto reforzado es de forma pasiva, es decir, no se introduce a la estructura acciones o deformaciones que modifiquen su estado tensional. Éste reforzamiento pasivo se realiza mediante la colocación de mallas de fibra de carbono (CFRP), lo cual garantiza una resistencia adicional a las traveses sin provocar esfuerzos adicionales en ellas.

Para la colocación de las fibras de carbono se debe limpiar perfectamente la superficie donde se pondrán las capas de reforzamiento de acuerdo a las especificaciones. Este procedimiento se realiza por medio de un escarificado fino eliminando la capa de la superficie, de tal manera de dejar una superficie rugosa con variaciones de 1mm. En caso de presentarse oquedades de más de 5mm, se debe resanar con mortero hidráulico de baja contracción (grout) con las mismas características de resistencia que el concreto existente. Además, con el objetivo de evitar quiebres bruscos que afecten el buen funcionamiento de las fibras, se redondean 2 cm. las aristas (Ver Figura 2.8).

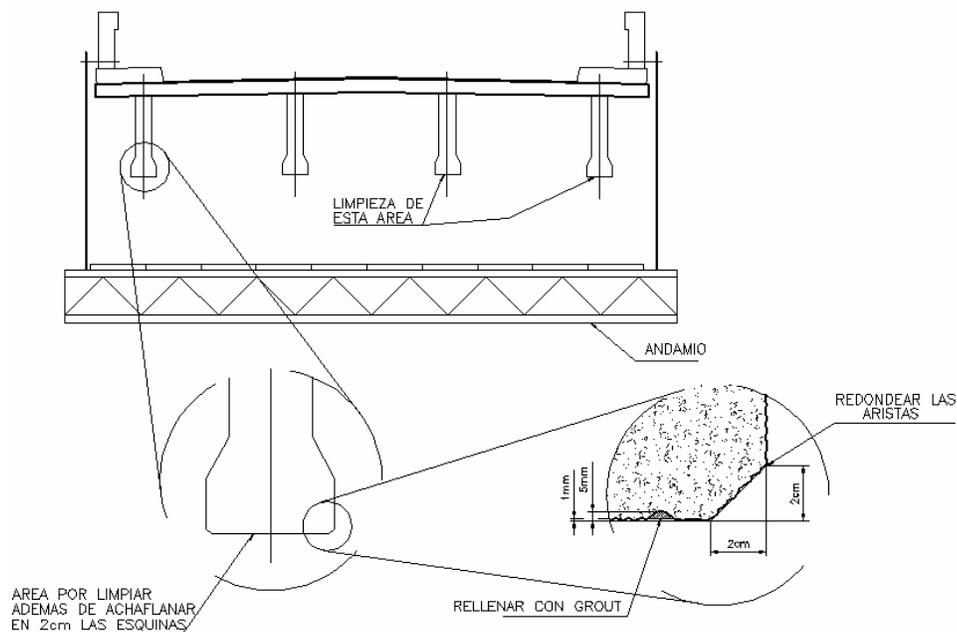


Figura 2.8 Limpieza y redondeo aristas de traveses.

Fuente: Plano de procedimiento constructivo para el Reforzamiento de traveses, ASERTEC, 2005.

Para reforzar las traveses longitudinalmente se colocan tres capas de fibra de carbono de 30 cm. de ancho a lo largo del elemento. Dos de ellas son ubicadas de tal manera que abarquen el costado inferior y la base de las traveses; y la tercera capa cubre únicamente la base de estos elementos (Ver Figura 2.9).

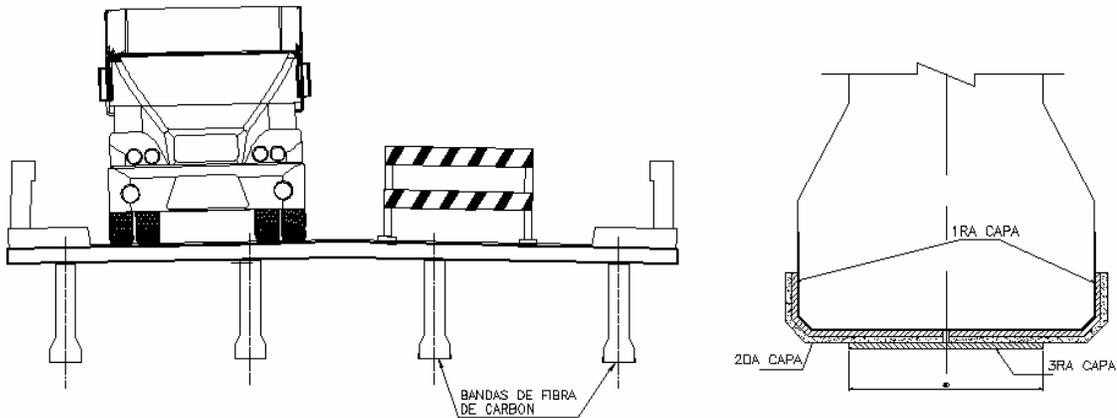


Figura 2.9 Reforzamiento longitudinal con fibras de Carbono.

Fuente: Plano de procedimiento constructivo para el Reforzamiento de traveses, ASERTEC, 2005.

El refuerzo contra cortante de las traveses se efectúa a través de la colocación de bandas de fibra de carbono de 7.5 cm. de ancho a los costados de la trabe, con una inclinación de 45° cubriendo el cuerpo del alma de las traveses principales. La distribución de estas mallas se muestra en la Figura 2.10.

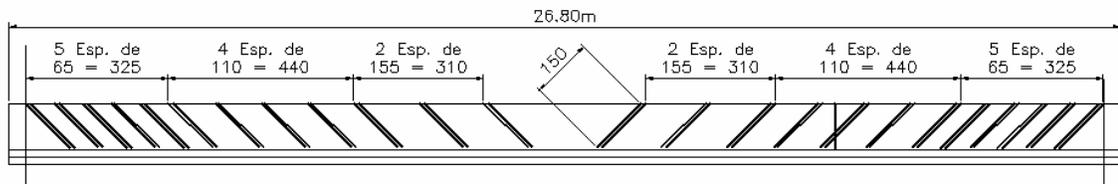


Figura 2.10 Reforzamiento a cortante con fibras de Carbono.

Fuente: Plano de procedimiento constructivo para el Reforzamiento de traveses, ASERTEC, 2005.

Las fibras de carbono que se utilizan para el reforzamiento longitudinal y a cortante de las trabes tienen las siguientes características: un espesor medio de 0.43 mm., módulo de elasticidad de 105 Gpa y una tracción a la rotura (con ancho de cadena de 1 cm.) de 600 N. Además, cabe mencionar, que las mallas de fibra de carbono son adheridas a las trabes mediante resina epóxica, la cual se aplica según las indicaciones del proveedor. También, estas capas de tejido deben colocarse sin pliegues y sin estiramiento excesivo, y finalmente se debe colocar una capa de resina de cierre. Este procedimiento se encuentra para su estudio en el apéndice B, plano No.12 Reforzamiento de trabes.

Por otro lado, el reforzamiento transversal de los tableros se lleva a cabo mediante un pretensado exterior de los diafragmas extremos del tablero. Para ello, se procede a la demolición de aleros para la colocación de los bloques de anclaje. Además, se realizan perforaciones de 2" de diámetro en las trabes; y ventanas en los diafragmas extremos; para así permitir el paso del ducto de polietileno de alta densidad que contiene los cables de presfuerzo (Ver Figura 2.11).

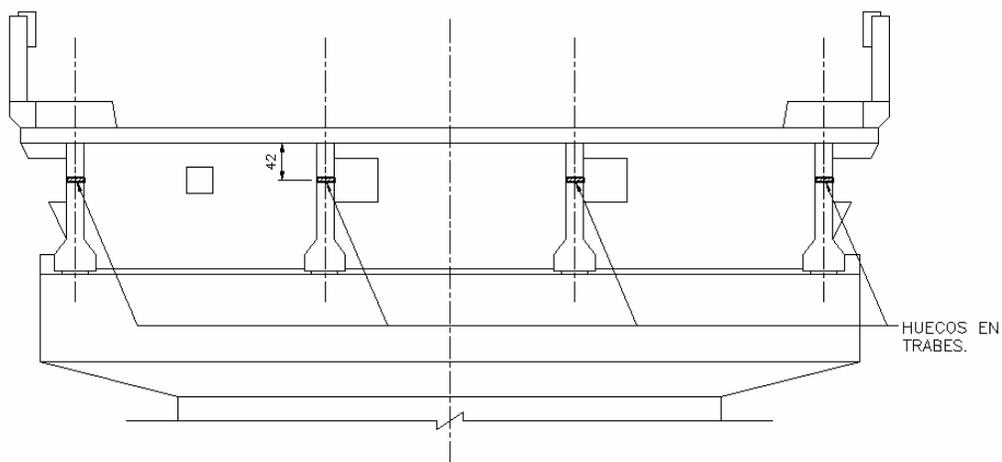


Figura 2.11 Demolición de aleros y perforación de Trabes.

Fuente: Plano de procedimiento constructivo para presfuerzo en diafragmas, ASERTEC, 2005.

Después de concluir estas actividades, se colocan bloques de anclaje de concreto hidráulico con una resistencia a la compresión de 350 kg/cm^2 . Además, se introducen dos cables de presfuerzo tipo 4T15 en cada diafragma extremo y se procede al colado de las ventanas con concreto hidráulico con un $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ (Ver Figura 2.12).

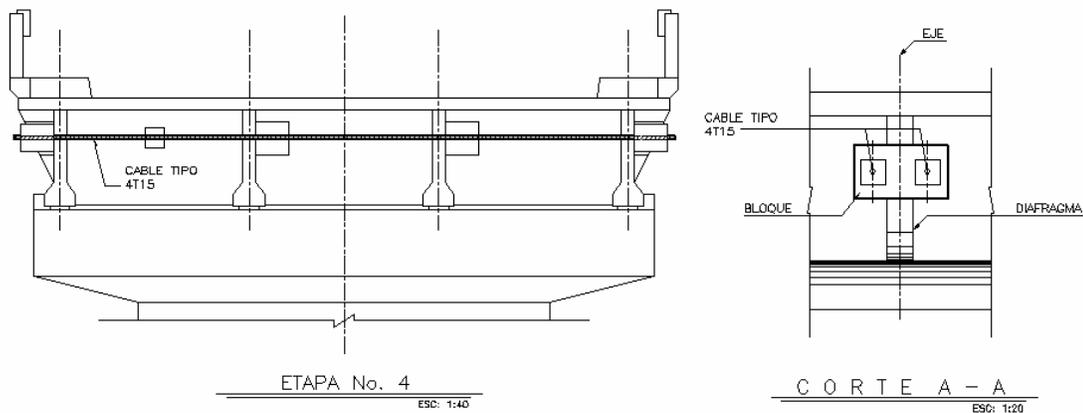


Figura 2.12 Colocación de bloques de Anclaje y cables de presfuerzo.

Fuente: Plano de procedimiento constructivo para presfuerzo en diafragmas, ASERTEC, 2005.

Cuando el concreto de las ventanas alcanza el 80% de su $f'c$, se realiza el postensado de los diafragmas, mediante el tensado de los cables de presfuerzo al 80% de su resistencia ultima de 83.9 toneladas (Ver Figura 2.13). Con ello, se concluyen los trabajos de reforzamiento transversal de los tableros. El plano No.13 Reforzamiento transversal ubicado en el apéndice B, se muestra los pasos a seguir para realizar este procedimiento.

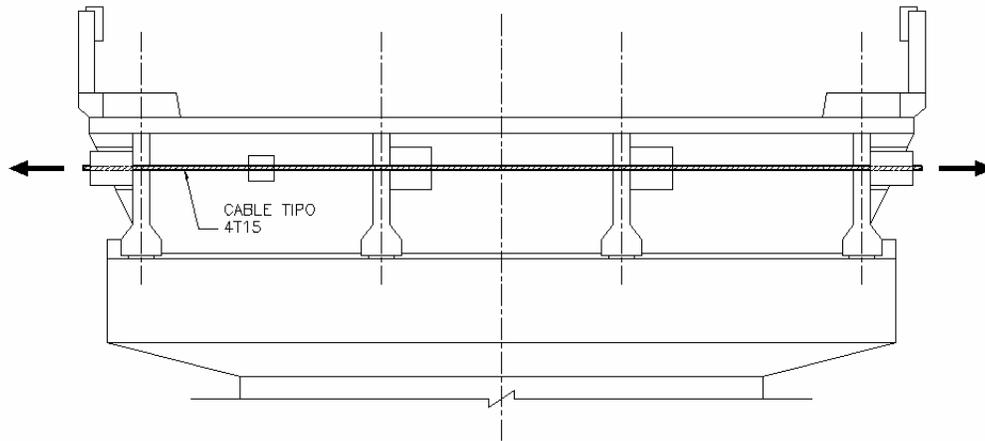


Figura 2.13 Postensado de diafragmas.

Fuente: Plano de procedimiento constructivo para presfuerzo en diafragmas, ASERTEC, 2005.

Por otra parte, para la nivelación de la superestructura en el apoyo No.3 y el cambio de los apoyos de neopreno en cada eje se deben levantar los tableros mediante gatos hidráulicos. Este procedimiento se realiza de la siguiente manera:

Primer paso. Demolición de dos ventanas en la base de los diafragmas extremos para el alojamiento de los gatos hidráulicos (Ver Figura 2.14).

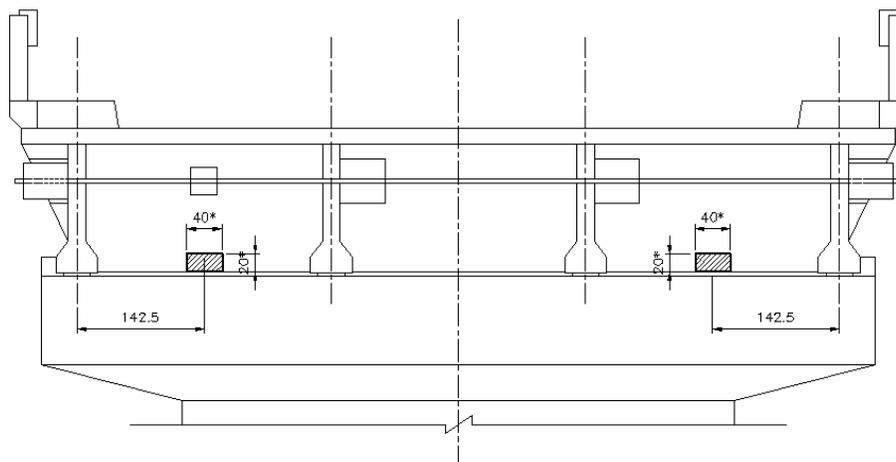


Figura 2.14 Demolición de ventanas.

Fuente: Plano de procedimiento constructivo para cambio de apoyos, ASERTEC, 2005

Segundo paso. Colocación de gatos bajo el diafragma en la posición indicada, se levanta la superestructura hasta la altura necesaria para colocación de calzas provisionales de concreto reforzado de 15 cm. x 15 cm. x 5 cm. (Ver Figura 2.15).

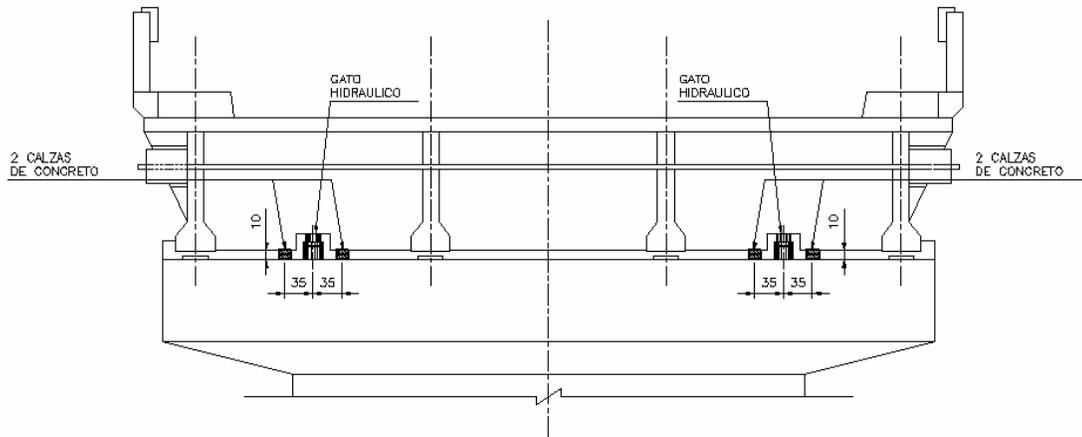


Figura 2.15 Colocación de gato hidráulico y calzas provisionales.

Fuente: Plano de procedimiento constructivo para cambio de apoyos, ASERTEC, 2005.

Tercer paso. Se realiza el retiro momentáneo de los gatos para la colocación de calzas debajo de ellos para aumentar su altura (Ver Figura 2.16).

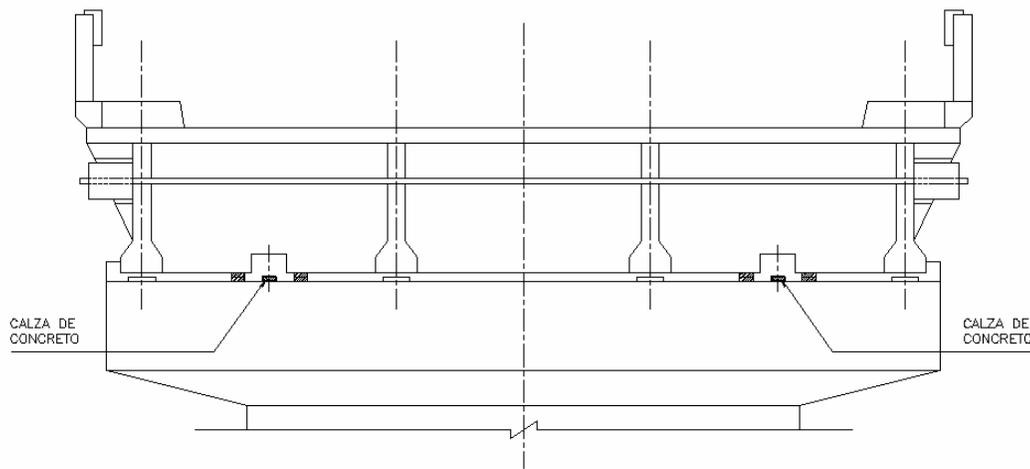


Figura 2.16 Retiro Momentáneo de gatos y colocación de calzas.

Fuente: Plano de procedimiento constructivo para cambio de apoyos, ASERTEC, 2005.

Cuarto paso. Nuevamente se colocan los gatos y se levanta la superestructura, para la adición de calzas alojadas debajo de los diafragmas.

Quinto paso. Se procede al retiro de los apoyos existentes y a la limpieza de la zona donde son colocados los apoyos de neopreno definitivos. De ser necesario se debe llevar a cabo la reparación de la cara inferior de la trabe, si esta lo requiere.

Sexto paso. Colocación de nuevos apoyos de neopreno, móviles o fijos, dependiendo el eje en que se encuentre (Ver Figura 2.17).

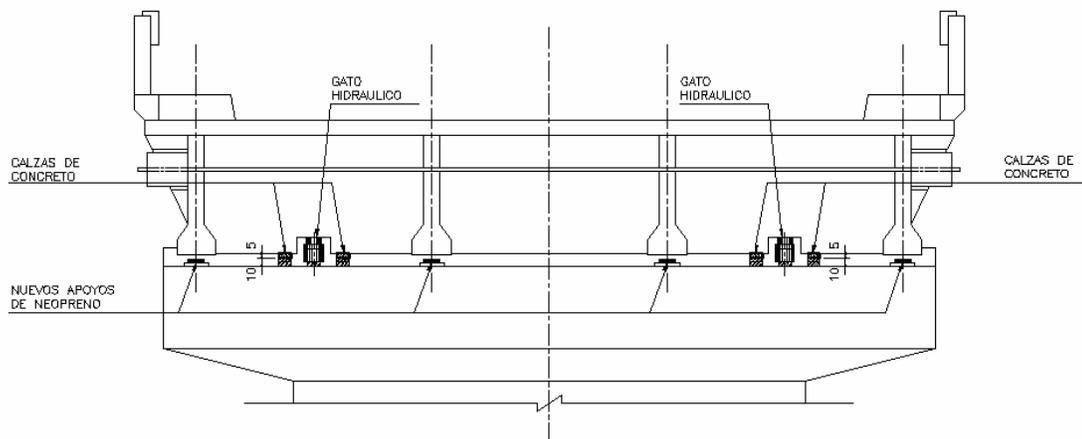


Figura 2.17 Colocación de Apoyos de Neopreno.

Fuente: Plano de Procedimiento Constructivo para Cambio de Apoyos, ASERTEC, 2005.

Séptimo paso. Una vez que las placas de apoyo definitivo estén bajo las traves, se levanta la superestructura nuevamente y se retiran las calzas provisionales, para asentar finalmente la estructura de manera definitiva.

Para efectuar este procedimiento se debe vigilar que los gatos desarrollen la misma fuerza para garantizar una elevación del tablero uniforme. También, hay que cuidar el descenso de las traveses para no modificar la pendiente de diseño del puente.

Por su parte, la renivelación de la superestructura en el apoyo No.3 se ejecuta siguiendo la misma secuela de pasos. Sin embargo, se deben de colocar además de los apoyos de neopreno, dos bancos de concreto reforzado de 50 cm. x 50 cm. x 12.5 cm. para la recuperación del asentamiento de 25 cm. que tiene la superestructura en este apoyo, consolidando la nivelación del puente (Ver Figura 2.18).

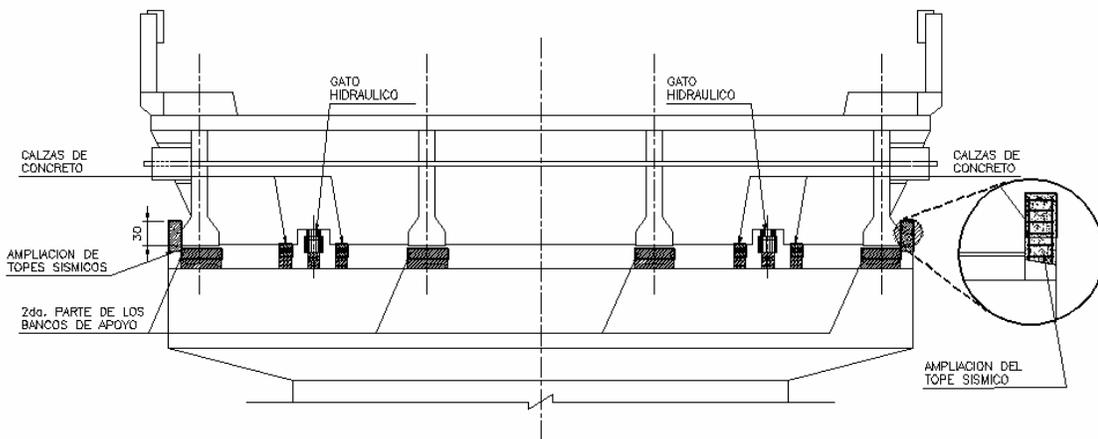


Figura 2.18 Renivelación Apoyo No.3.

Fuente: Plano de Procedimiento Constructivo para Cambio de Apoyos, ASERTEC, 2005.

Además, con el propósito de brindar mayor seguridad a la estructura, se amplía en este apoyo 30 cm. a los toques antisísmicos situados a los lados de los tableros. De esta forma, se dan por terminadas las tareas de reforzamiento de la superestructura para la rehabilitación del puente La Isla, aumentando la capacidad resistente de la estructura. Para realizar un análisis a fondo de estos trabajos, este procedimiento se muestra en el plano

No.14 Cambios de apoyo y renivelación en apoyo No.3, el cual se localiza en el apéndice B de este trabajo.

La segunda etapa para la rehabilitación de la superestructura consiste en los trabajos de mantenimiento para la recuperación de buenas condiciones de servicio de esta estructura. En esta etapa, se incluyen las siguientes tareas: cambio de juntas de dilatación, reencarpetamiento de la superestructura y sus accesos, recuperación de los conos de derrame, y por último, los trabajos de mantenimiento menor.

Las juntas de dilatación existentes son renovadas por nuevas juntas tipo MEX T-50, las cuales brindan una transición suave entre los módulos el puente y permiten el desplazamiento longitudinal de la superestructura (Ver Figura 2.19).

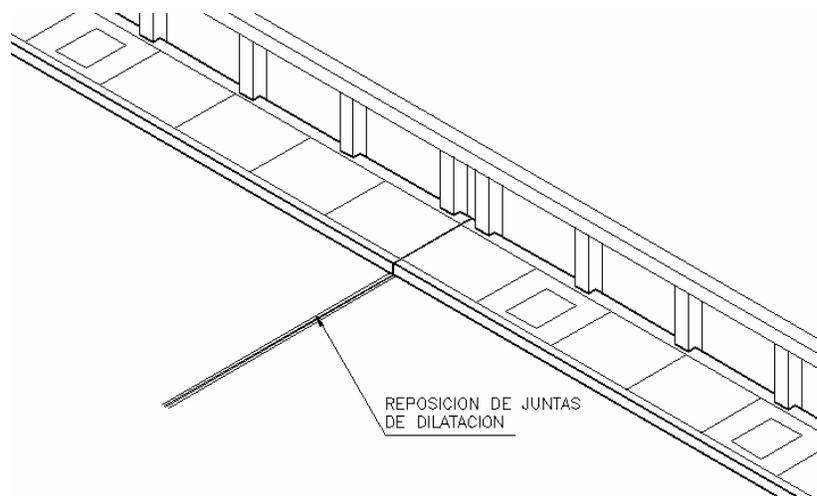


Figura 2.19 Reposición de Juntas de Dilatación.

Fuente: Plano de Procedimiento Constructivo de Mantenimiento, ASERTEC, 2005.

Para la ejecución de esta actividad se debe remover y demoler un ancho de 20 cm., a los lados de la junta de dilatación, de la carpeta asfáltica y del concreto hidráulico

adyacentes a este dispositivo. Al terminar esta tarea, se retiran los ángulos y la placa de acero de la junta existente y se procede al habilitado y colocación del nuevo dispositivo de junta incluyendo las conexiones, el ajuste de tornillos y todos los procesos para su instalación. Por último, para recuperar la zona debilitada en las juntas, se coloca concreto hidráulico con un $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ en la losa superior y cuando este alcanza su resistencia se coloca el perfil de neopreno.

Por otra parte, el reencarpetamiento de la superestructura se efectúa de la siguiente forma: se retira la carpeta asfáltica existente por medios mecánicos hasta llegar al concreto terminado de la losa de la superestructura. Después, se realiza un barrido general para poder aplicar el riego de liga, el cual debe efectuarse con emulsión asfáltica catiónica en proporción de 0.6 de litro por metro cuadrado aproximadamente. Posteriormente se debe construir, tanto en la superficie de la losa de la superestructura como en los accesos, una carpeta de concreto asfáltico con un espesor de 5 cm. la cual se compacta al 95%.

El concreto asfáltico que se emplea para el reencarpetamiento, debe ser una mezcla en caliente elaborada en planta con material pétreo con un tamaño máximo de 19 mm (3/4") y cemento asfáltico AC-20 o similar, y debe contar con una dosificación aproximada de 125 kg por metro cúbico de material pétreo seco y suelto. Asimismo, este concreto debe estar diseñado por el procedimiento Marshall y resistir un tránsito diario de más de 2,000 vehículos pesados.

Los trabajos para la recuperación del cono de derrame en el apoyo No.1, se ejecutan mediante la reposición del talud deslavado, que se encuentra enfrente del caballete, con material de banco compactado al 90% Proctor dejando un talud de 1.5:1 (Ver Figura 2.20).

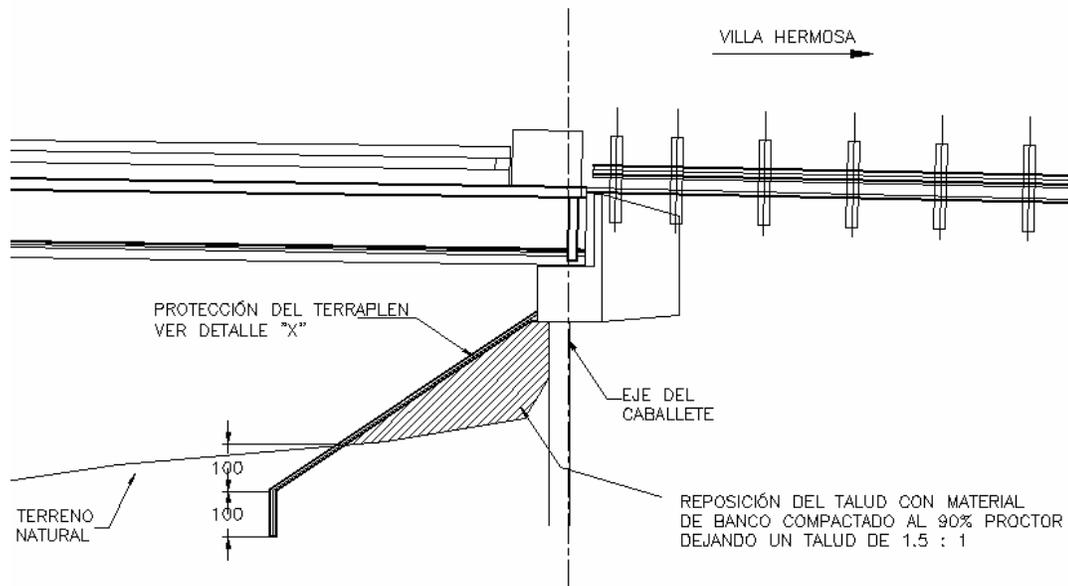


Figura 2.20 Recuperación de Cono de Derrame en Apoyo No.1.

Fuente: Plano de Procedimiento Constructivo de Mantenimiento, ASERTEC, 2005.

Después de la compactación del cono de derrame se procede a la excavación requerida para realizar el empotramiento de los dentellones para la protección del cono de derrame. Al término de estas actividades, se construye la losa de protección del terraplén y de los lavaderos para evitar la filtración de agua y otras sustancias al terraplén.

La losa de protección tiene un espesor de 10 cm., es construida con concreto hidráulico con un $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ y está reforzada con malla electrosoldada 66-6/6. Para la unión entre los caballetes y la losa de protección se coloca una junta de cartón asfaltado de 2 cm. de espesor (Ver Figura 2.21). Es preciso determinar que en el cono de derrame para el apoyo No.6 solo se efectúan trabajos de limpieza y resane de imperfecciones con mortero hidráulico de baja contracción (grout).

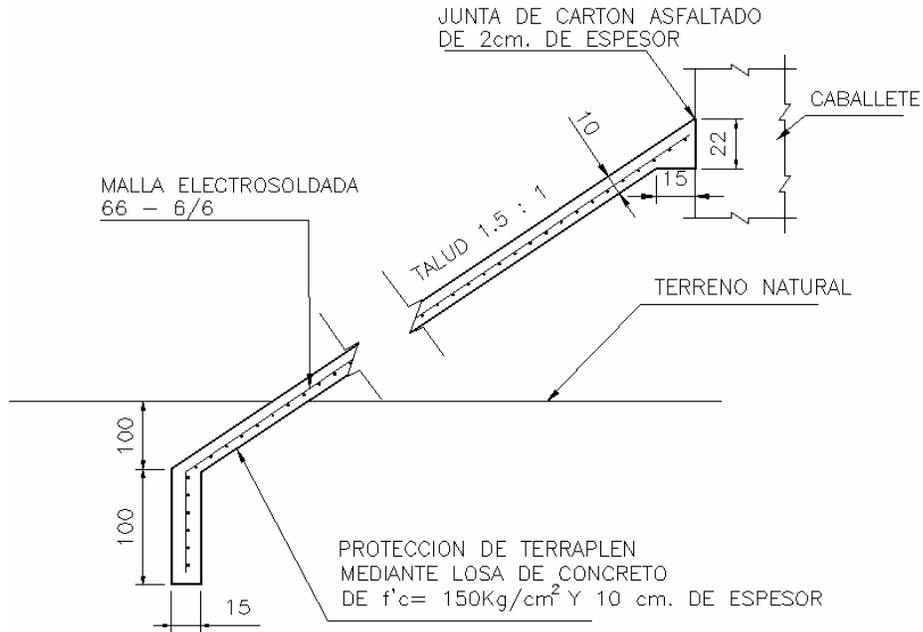


Figura 2.21 Losa de protección de cono de derrame (Detalle X).

Fuente: Plano de Procedimiento Constructivo de Mantenimiento, ASERTEC, 2005.

Finalmente, las actividades que se llevan a cabo de mantenimiento menor (Ver Figura 2.22) de la superestructura son los siguientes:

- Limpieza de la estructura y sus accesos.
- Reacondicionamiento de parapetos, guarniciones y banquetas.
- Construcción y colocación de tapas de registro.
- Señalización y pintura.
- Mantenimiento y renovación de barreras de seguridad.

Con la realización de estas tareas se mejoran las condiciones de servicio de la estructura, dando por terminada la fase de mantenimiento de la superestructura. Para un mejor análisis de los trabajos a realizar para el mantenimiento de la superestructura, este

procedimiento se encuentra a la vista en el apéndice B, en el plano No.15 Procedimiento constructivo de Mantenimiento. De la misma forma, se concluye la etapa de rehabilitación de la superestructura y la terminación de este proyecto de recuperación del puente La Isla.

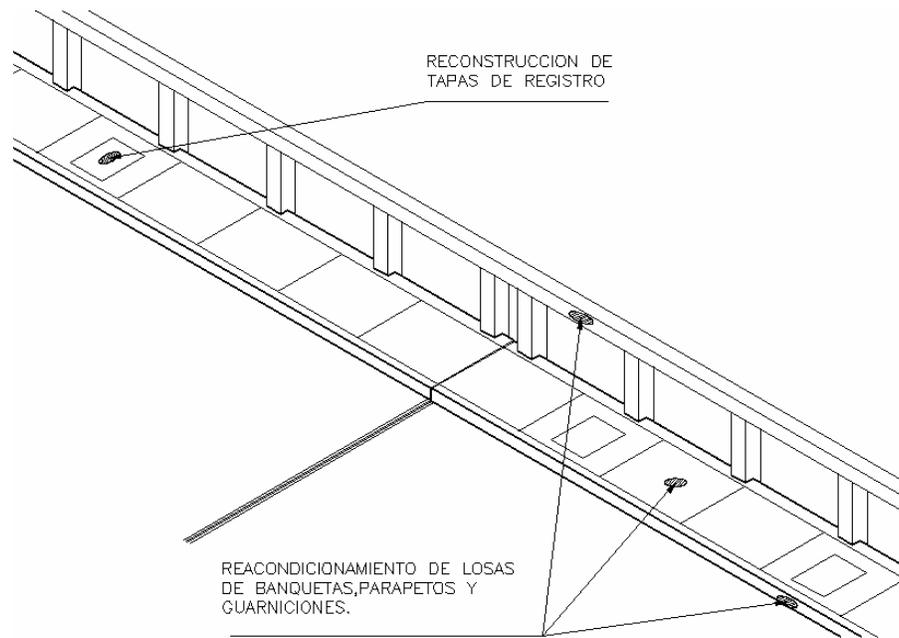


Figura 2.22 Mantenimiento menor.

Fuente: Plano de Procedimiento Constructivo de Mantenimiento, ASERTEC, 2005.

En el siguiente capítulo de este trabajo, se realiza una descripción sobre las técnicas y métodos utilizados para la ejecución en obra de cada actividad que conforma el procedimiento constructivo del proyecto de Rehabilitación del Puente La Isla. De esta forma, se muestra un ejemplo de solución para este tipo de problemática que va creciendo día a día en el país.