

	ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	 
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	Doc. No. CIPTS-18-805-D-AE-15 Rev. No. : 0 Pagina No. 1 of 17

MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR

1	28/Mar/2021	Para Implementación	AAV	FM/AV	ENA
			CIPTS	PROYECO-SEG	
0	17/Feb/2021	Para Revisión	AAV	FM/AV	ENA
			CIPTS	PROYECO-SEG	
NO. REV.	DÍA	DESCRIPCION	PREPARADO	REVISADO	APROBADO

	ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	 
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	Doc. No. CIPTS-18-805-D-AE-15 Rev. No. : 0 Pagina No. 2 of 17

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ALCANCE	3
3. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	3
4. DOCUMENTOS RELACIONADOS.....	5
5. MANTENIMIENTO DE PILAS	6
5.1. Resumen de la actuación	6
5.2. Expectativa de durabilidad	7
5.3. Acciones de Mantenimiento	8
6. MANTENIMIENTO DE VIGAS CABECERAS	9
6.1. Resumen de la actuación	9
6.2. Expectativa de durabilidad	12
6.1. Acciones de Mantenimiento	12
7. MANTENIMIENTO DE VIGAS, PRELOSAS Y DIAFRAGMAS.....	13
7.1. Resumen de la actuación	14
7.2. Expectativa de durabilidad	14
7.3. Acciones de Mantenimiento	15
8. MANTENIMIENTO DE PEDESTALES	16
9. MANTENIMIENTO DE TOPES SÍSMICOS.....	17

	ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	Doc. No. CIPTS-18-805-D-AE-15 Rev. No. : 0 Pagina No. 3 of 17

1. INTRODUCCIÓN

Habiendo terminado los trabajos del contrato de ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR, se hace necesario definir las acciones de mantenimiento a seguir en los próximos años. Además, este documento satisface el requerimiento contractual como parte de un *Informe Final*, descrito en la sección 6.4.5 del Pliego de Cargos del contrato.

En este documento se plasman las acciones recomendadas por el diseñador de las rehabilitaciones, conservando compatibilidad con los trabajos realizados, los daños observados y la expectativa de deterioros a futuro.

Similar al diseño de las rehabilitaciones, las acciones de mantenimiento son diferentes para cada componente mayor de la estructura: pilas, vigas cabeceras y por último el conjunto de vigas, prelosas, y diafragmas. Además, se presentan recomendaciones especiales para los topes sísmicos de la estructura.

2. ALCANCE

El alcance de este documento incluye los elementos rehabilitados dentro del presente contrato, es decir, pilas, vigas cabeceras, vigas (trabes), prelosas y diafragmas, pedestales y topes sísmicos.

No se incluyen en este documento otros elementos no intervenidos como la losa de rodadura, las barreras y las juntas.

3. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

El Corredor Sur, objeto de la actuación que nos ocupa, está ubicado junto a la Bahía de Panamá, entre la caseta de peaje de Atlapa y Costa del Este.

Se inauguró en el año 2.000 y tiene una longitud de aproximada de 2.200 m. Su tablero está compuesto por 6 carriles, 3 por sentido de circulación, siendo la anchura total unos 22 m.

En cada vano se disponen 8 vigas pretensadas NU1350 de 30 m de longitud, que apoyan sobre los cabeceros que a su vez se sustentan por 4 pilas de 1200 mm de diámetro.

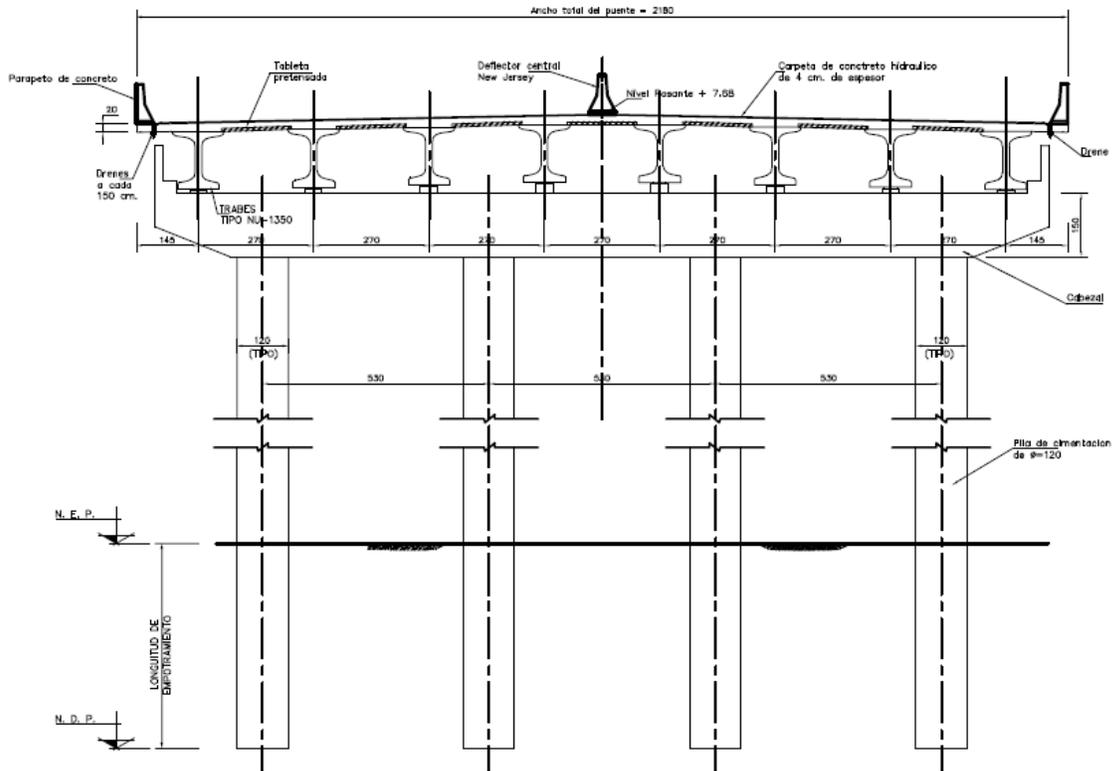


Figura 1: Sección Transversal Típica.

	ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	
		Rev. No. : 0

4. DOCUMENTOS RELACIONADOS

El ejecutor de los mantenimientos deberá familiarizarse con los siguientes documentos:

	Última Revisión	Fecha documento del	Código
RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS ENTRE EL APOYO 74 y 80	2	28/septiembre/2018	CIPTS-18-805-GP-EP-03
ESTUDIO PREVIO A LA REHABILITACIÓN DE TRAMO MARINO DE CORREDOR SUR, APOYOS 01 AL 73	2	24/Septiembre/2018	CIPTS-18-805-GP-EP-04
MEMORIA DESCRIPTIVA DE LOS MATERIALES	0	9/Agosto/2018	CIPTS-18-805-D-MD-01
METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA: REHABILITACIÓN DE PILAS	5	25/Marzo/2019	CIPTS-18-805-D-MC-01
METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA: REHABILITACIÓN DE VIGAS CABECERAS	6	18/diciembre/2019	CIPTS-18-805-D-MC-02
METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA: REHABILITACIÓN DE VIGAS, PRELOSAS Y DIAFRAGMAS	2	14/Noviembre/2018	CIPTS-18-805-D-MC-03
METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA: REHABILITACIÓN ESPECIAL VIGA 5, VANO 73-74	1	1/Octubre/2021	CIPTS-18-805-D-MC-05
METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA: REPARACIÓN DE PEDESTALES	2	25/Noviembre/2020	CIPTS-18-805-D-MC-06
METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE LA TRABE 4 VANO 6-5	0	26/Octubre/2021	CIPTS-18-805-D-MC-07
EVALUACIÓN DE EXTENSIÓN DE VIDA ÚTIL	2	29/Mayo/2019	CIPTS-18-805-D-AE-05
ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO: VIGA CABECERA 1	0	4/Octubre/2021	CIPTS-18-805-D-AE-14
Plan de Control de Calidad	4	7/Marzo/2019	CIPTS-18-805-GP-CU-01
Plano como construido de rehabilitación de pilas	3*	5/Octubre/2021	
Plano de rehabilitación de vigas cabeceras	1*	21/Dic/2021	
Plano como construido de rehabilitación de vigas, prelosas y diafragmas	1*	18/Febrero/2021	

*Corresponde a versión "como construido"

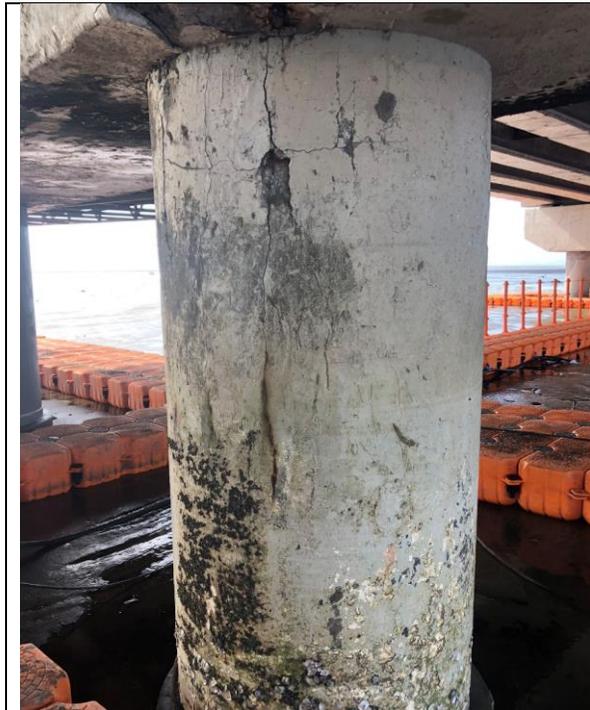
	ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	
		Rev. No. : 0

5. MANTENIMIENTO DE PILAS

5.1. Resumen de la actuación

El documento CIPTS-18-805-D-MC-01 contiene la información detallada de la metodología utilizada para la rehabilitación de pilas. De manera resumida, se siguieron los siguientes pasos:

1. Construcción de base de la pila: es un pedestal externo a la pila original, que sirve de apoyo de la rehabilitación del largo de la pila entre el lecho marino y la viga cabecera
2. Hidrodemolición superficial: en general se llegó hasta el plano del acero
3. Reposición de aceros
4. Aplicación de tratamiento anticorrosivo epóxico-cementicio
5. Aplicación de inhibidor de corrosión migratorio en los casos donde la hidrodemolición no llegó al plano del acero
6. Instalación de camisa de FRP
7. Colocación de concreto auto-compactante del recrecido



Pila antes de intervención



Pila luego de hidrodemolición

	ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	



Pila luego de reposición de acero y aplicación de tratamiento anti-corrosivo



Pila terminada

5.2. Expectativa de durabilidad

En el documento CIPTS-18-805-D-AE-05 se presenta en detalle el análisis de la durabilidad de las pilas rehabilitadas. En resumen, el encamisado tiene una durabilidad estimada de 10 años. Luego de eso, es posible que inicie una nueva fase de penetración de cloruros en el recrecido colocado. El recrecido, al estar compuesto por un concreto de alta compacidad, tiene una alta resistencia a la penetración de cloruros, lo que permite que nuevos procesos de corrosión no tomen lugar hasta unos 40 años después de la intervención. Esta estimación se realizó considerando un recubrimiento de 85mm de concreto autocompactante.

	ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	Doc. No. CIPTS-18-805-D-AE-15 Rev. No. : 0 Pagina No. 8 of 17

5.3. Acciones de Mantenimiento

Se recomienda la ejecución de las siguientes acciones de mantenimiento:

1. Años 0 al 10 luego de la intervención (2018-2030) o mientras duren las camisas:
 - Recorrido visual cada dos años: En este recorrido se debe constatar que se encuentre en buen estado el encamisado. Debe notarse que:
 - Es natural que se observe suciedad sobre el encamisado e incluso crecimiento de vida marina. No se recomienda remover la vida marina pues la propia remoción puede ocasionar más daño que la presencia de la vida marina.
 - Revisar que el pliegue de la camisa se mantenga cerrado.
 - Revisar que se mantiene la geometría cilíndrica y no se observan zonas convexas que puedan ser indicativos de procesos de expansión dentro de la camisa.
 - Revisar la presencia de daños físicos producto del impacto de objetos arrastrados por las corrientes. Esto es muy probable en la proximidad de la descarga del Río Abajo (entre cabezales 58 y 62).
 - Cualquier objeto amarrado intencionalmente o accidentalmente a las pilas debe ser removido.
 - Hacia el final de la vida útil de las camisas, si se llega a observar que las camisas inician a desprenderse de las pilas, es posible que sea conveniente coordinar la remoción de las camisas para evitar la contaminación del medio. Aunque el producto se mercadea como un producto con durabilidad de 10 años, hay aplicaciones con más de 20 años en servicio.
2. 10 años luego de la intervención o luego de remover las camisas (2030-)
 - Recorrido visual bi-anual: En el caso de que se programe la remoción de las camisas, se podrá inspeccionar directamente el concreto recrecido. El mismo deberá inspeccionarse como cualquiera otra estructura de concreto. Debe notarse que:
 - Se deben buscar indicativos de procesos de corrosión; como lo son las fisuras verticales, manchas de óxidos y desprendimientos del concreto.
 - De encontrarse agrietamientos, se recomienda documentar el ancho de los mismos y evaluar posibles alternativas en función del ancho. No todos los agrietamientos ameritan una acción correctiva.
 - El concreto del recrecido es altamente impermeable, por lo que el uso de tratamientos superficiales impermeabilizantes a futuro puede tener un aporte muy limitado y por ende no se considera necesario.

	ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	

6. MANTENIMIENTO DE VIGAS CABECERAS

6.1. Resumen de la actuación

El documento CIPTS-18-805-D-MC-02 contiene la información detallada de la metodología utilizada para la rehabilitación de vigas cabeceras. De manera resumida, se siguieron los siguientes pasos:

1. Tratamiento del fondo de la viga cabecera:
 - a. Hidrodemolición del concreto hasta el nivel del acero.
 - b. Reposición de aceros longitudinales y transversales.
 - c. Aplicación de tratamiento anti-corrosivo a las armaduras.
 - d. Aplicación de inhibidor de corrosión migratorio.
 - e. Colocación de armadura de GFRP.
 - f. Colocación del concreto auto-compactante en el fondo, subiendo la cara lateral en promedio unos 50cm.
 - g. Aplicación de compuesto curador del concreto.

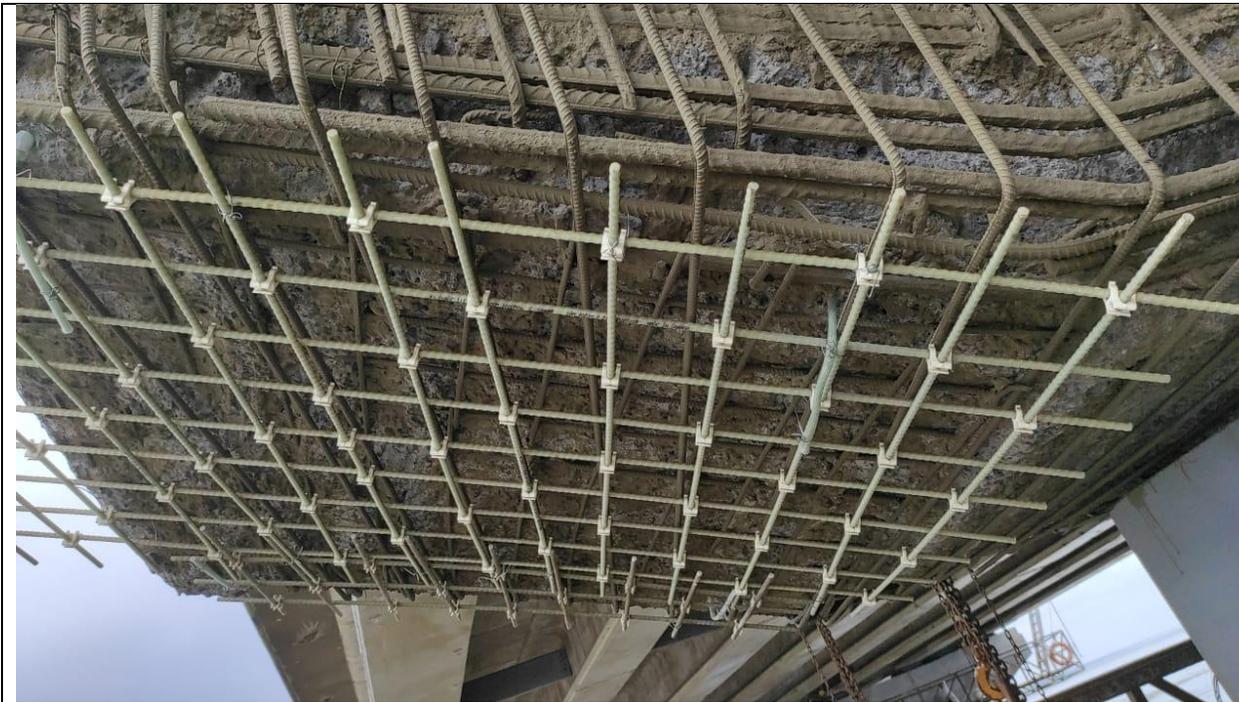


Fondo de viga cabecera antes de intervención



Fondo de viga cabecera luego de hidrodemolición, reposición de aceros y aplicación de pasivador

	ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	Doc. No. CIPTS-18-805-D-AE-15 Rev. No. : 0 Pagina No. 10 of 17



Colocación de malla de GFRP en fondo de viga cabecera

2. **Alternativa 1: Tratamiento de las caras laterales con daño generalizado:**
 - a. Hidrodemolición del concreto en mal estado, en general se llegó al plano del acero.
 - b. Reposición de aceros transversales.
 - c. Aplicación de tratamiento anti-corrosivo a las armaduras.
 - d. Aplicación de inhibidor de corrosión migratorio.
 - e. Colocación de armadura de GFRP.
 - f. Colocación del concreto auto-compactante en el fondo.
 - g. Aplicación de compuesto curador del concreto.

	ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	



Cara lateral luego de hidrodemolición, reposición de acero, aplicación de pasivador y colocación de armadura de GFRP



Cara lateral luego de colocación de recrido con concreto autocompactante

3. Alternativa 2 Tratamiento de las caras laterales sin daños generalizado:
 - a. Remoción del tratamiento superficial existente.
 - b. Aplicación de inhibidor de corrosión migratorio.
 - c. Aplicación de sellador de poros a base de micro-cristalización.



Viga Cabecera terminada con tratamiento Alternativa 2

4. Tratamiento de la cara superior:
 - a. Limpieza con chorro de agua a presión.
 - b. Aplicación de inhibidor de corrosión migratorio.
 - c. Reparaciones puntuales (repicado, pasivado y aplicación de mortero de reparación)

	ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	Doc. No. CIPTS-18-805-D-AE-15 Rev. No. : 0 Pagina No. 12 of 17

6.2. Expectativa de durabilidad

En el documento CIPTS-18-805-D-AE-05 se presenta en detalle el análisis de la durabilidad de las vigas cabeceras rehabilitadas. En resumen, en las vigas cabeceras se espera que en las zonas recrecidas con el concreto autocompactante transcurran por lo menos 20 años antes del inicio de nuevos procesos corrosivos.

6.1. Acciones de Mantenimiento

Se recomienda la ejecución de las siguientes acciones de mantenimiento luego de la intervención (2018 en adelante):

- Recorrido visual **cada año**: Debe ejecutarse como en cualquiera otra estructura de concreto. Debe notarse que:
 - Se deben buscar indicativos de procesos de corrosión; como lo son las fisuras verticales, manchas de óxidos y desprendimientos del concreto
 - De encontrarse agrietamientos, se recomienda documentar el ancho de los mismos y evaluar posibles alternativas en función del ancho. No todos los agrietamientos ameritan una acción correctiva. Los recrecidos de concreto tienen una malla de refuerzo de GFRP con un recubrimiento sobre ella de alrededor de 8cm y en ocasiones hasta 12cm. Esto significa que pueden observarse fisuras superficiales por la lejanía al plano del refuerzo, sin que estas penetren significativamente y representen una merma en la durabilidad esperada.
 - En el caso de encontrarse fisuras con un ancho promedio superior a los 0.3mm, se recomienda remediar las mismas. La selección del producto y método a utilizar para sellar este tipo de fisuras deberá ser consultado con un profesional idóneo.
 - El concreto del recrecido es altamente impermeable, por lo que el uso de tratamientos superficiales impermeabilizantes a futuro puede tener un aporte muy limitado.
- En las vigas cabeceras en las cuales el recrecido cubre parcialmente la cara lateral, en la zona tratada con el impermeabilizante por micro-cristalización, es importante notar que es posible que el impermeabilizante se desprenda con el tiempo. El producto utilizado impregna la superficie con puzolanas, ocasionando un sellado de poros por la formación de nuevos productos cementados (nuevo C-S-H) que crean una capa superficial mucho más impermeable. El desprendimiento del producto de impermeabilización en este caso ocurriría luego de terminado el proceso de impregnación y de que ya se hayan obtenido los beneficios principales de la aplicación de este producto. Por lo tanto, un desprendimiento del impermeabilizante (capa de unos 2mm de espesor, exterior al concreto original) no representa un daño que requiera intervención.

	ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR			
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	<table border="1"> <tr> <td>Doc. No. CIPTS-18-805-D-AE-15</td> </tr> <tr> <td>Rev. No. : 0</td> </tr> <tr> <td>Página No. 13 of 17</td> </tr> </table>	Doc. No. CIPTS-18-805-D-AE-15	Rev. No. : 0
Doc. No. CIPTS-18-805-D-AE-15				
Rev. No. : 0				
Página No. 13 of 17				

7. MANTENIMIENTO DE VIGAS, PRELOSAS Y DIAFRAGMAS

En este componente es importante notar que:

- La totalidad de las vigas, prelosas y diafragmas del viaducto suman aproximadamente 116,000 m² de superficie expuesta.
- El viaducto tiene casi 600 vigas, con mucha variabilidad en la calidad de los concretos, recubrimientos insuficientes (0-6mm) y poco recubrimiento prescrito en la etapa de diseño (25mm)
- A diferencia de la rehabilitación de pilas, la rehabilitación ejecutada en las vigas consistió mayormente en reparaciones puntuales y solo aplicación generalizada del inhibidor de corrosión migratorio. Esto fue justificado debidamente en función del nivel de daño observado en el estudio patológico (2016) y en los estudios previos al presente contrato de rehabilitación.
- Aunque mayormente el grado de contaminación por cloruros es lo suficientemente bajo para que la aplicación del inhibidor de corrosión migratorio detenga efectivamente los procesos de corrosión, existen zonas de diferentes tamaños y ubicaciones aleatorias en las que el concreto es de menor calidad y aparenta tener una concentración local de cloruros mayor que el resto de las vigas. Esta última observación emana del nivel de deterioro observado en armaduras en zonas localizadas. También se notó durante la rehabilitación, una mayor ocurrencia de estas zonas localizadas en los extremos de las vigas. Esto puede estar correlacionado con una mayor densidad de acero de refuerzo en estas zonas que implicó una mayor dificultad para la colocación adecuada del concreto por la congestión de aceros durante su fabricación.
- En nuestra estimación, el área de la superficie de concreto que corresponde a estas zonas localizadas con mayor contaminación de cloruros puede representar entre el 1% y el 5% de los 116,000m², esto corresponde a un área entre 1160 m² y 5800 m². Consecuentemente, aunque no es un problema generalizado del tramo marino, sí es de magnitud considerable y requerirá atención especial mediano plazo.
- Existe la posibilidad de ocurrencia de “anillos de corrosión” alrededor de zonas reparadas principalmente en las vigas. Cuando se efectúa una reparación a concreto reforzado, parte de una barra de acero de refuerzo queda inmersa en un medio muy protector como lo es el mortero de reparación, mientras que otras partes de la misma barra pueden estar inmersas en un medio corrosivo como lo es un concreto con un grado alto de contaminación por cloruros que no fue tratado. Esta diferencia en el medio que rodea la barra genera efectivamente una polaridad del proceso corrosivo, donde la corrosión ataca preferencialmente la porción de la barra que se encuentra inmersa en el medio corrosivo, inclusive a una tasa de corrosión mayor que la presente antes de las reparaciones. El efecto resultante es que se podría generar un proceso de corrosión acelerada en las zonas próximas a reparaciones.

	ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	

Para prevenir los efectos de anillos de corrosión, el estado del arte actual (ICRI 310.1R-2008) recomienda las siguientes acciones, ordenadas de mayor efectividad a menor efectividad:

1. Remover la totalidad del concreto contaminado, como se hizo en las pilas en este proyecto. Esta opción es imposible en el caso de las vigas, pues una remoción completa del concreto del fondo de las vigas supondría una pérdida del pre-esfuerzo en los cables y generaría un riesgo de colapso.
2. Aplicar tratamientos inhibidores de corrosión, como en efecto se hizo en este proyecto.

En el caso de que el tratamiento aplicado no sea efectivo en zonas localizadas, y se observen daños agresivos próximos a las reparaciones efectuadas, se recomienda considerar la implementación de protección catódica mediante ánodos de sacrificio en un sistema pasivo. El uso de ánodos de sacrificio requiere el uso de morteros de reparación compatibles con esa tecnología.

Existen otras alternativas como la remoción electroquímica de cloruros, pero esto requiere sistemas activos (aplicación de voltajes, rectificadores, etc.) que serían difíciles de implementar en el tramo marino del corredor sur.

7.1. Resumen de la actuación

El documento CIPTS-18-805-D-MC-03 contiene la información detallada de la metodología utilizada para la rehabilitación de vigas, prelosas y diafragmas. De manera resumida, se siguieron los siguientes pasos:

1. Limpieza generalizada con chorro de agua a presión
2. Aplicación generalizada de inhibidor de corrosión migratorio
3. Reparaciones puntuales:
 - a. Repicado de concreto suelto
 - b. Reposición de aceros con pérdidas significativas
 - c. Aplicación de pasivador de acero
 - d. Regenerado de la superficie con mortero de reparación

7.2. Expectativa de durabilidad

En el documento CIPTS-18-805-D-AE-05 se presenta en detalle el análisis de la durabilidad de las vigas, prelosas y diafragmas. De dicho documento extraemos la conclusión correspondiente:

“En el caso de las vigas pretensadas, pre-losas y diafragmas, es difícil cuantificar la nueva vida útil esperada. La aplicación del inhibidor de corrosión migratorio (MCI) es el tratamiento adecuado en función de las concentraciones de cloruros documentadas a la fecha. La aplicación del MCI tendrá varios efectos: elevará la concentración de cloruros requerida para el inicio de la corrosión y ralentizará el proceso de corrosión al dificultar el proceso electroquímico propio de la corrosión. En el estado de la ciencia actual, no existe

	ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	Doc. No. CIPTS-18-805-D-AE-15 Rev. No. : 0 Pagina No. 15 of 17

suficiente información para estimar confiablemente la extensión de la durabilidad. Las vigas requerirán de un seguimiento posterior mayor que los demás elementos.”

7.3. Acciones de Mantenimiento

Se recomienda la ejecución de las siguientes acciones de mantenimiento luego de la intervención (2018 en adelante):

- Recorrido visual cada seis meses: Debe ejecutarse como en cualquiera otra estructura de concreto. Se recomienda un recorrido inicial en lancha, y la identificación de zonas donde habría que instalar medios auxiliares adicionales para una inspección más detallada. Debe notarse que:
 - Se deben buscar indicativos de procesos de corrosión; como lo son las fisuras verticales en el alma y transversales en el ala inferior, manchas de óxidos y desprendimientos del concreto
 - Manchas de óxido puntuales (goteos de menos de 10mm de diámetro) deben ser documentados, pero no se considera que ameritan intervención.
 - Debe hacerse una diferenciación importante entre daños observados lejos de reparaciones realizadas y daños observados en inmediata proximidad a reparaciones realizadas (posible anillo de corrosión)
- En el caso de que se observen daños contiguos a reparaciones realizadas, se deberán conducir estudios adicionales en esa zona, incluyendo:
 - Medición de velocidad de corrosión en la zona reparada y en la zona próxima a la reparación
 - Medición de cloruros en la zona próxima a la reparación. Si la concentración en la zona próxima a la reparación excede el 1% por peso de cemento¹, la ocurrencia de anillos de corrosión es muy probable. Se recomienda tomar mediciones de cloruros en varios puntos alejándose de la zona reparada (a 0.50m, 1.0m, etc.) para determinar si es factible extender una zona de reparación hasta llegar a un concreto con contaminación aceptable.
 - Si se confirma la ocurrencia de anillos de corrosión, se recomienda considerar:
 - Extender la zona de reparación hasta encontrar un concreto con contaminación aceptable, o

¹ El inhibidor de corrosión migratorio aplicado en esta intervención declara en su ficha técnica un contenido máximo de cloruros en el concreto de 3.50 kg/m³ para asegurar su efectividad. Se asumió un contenido de cemento en las mezclas de concreto de 350 kg/m³. Siendo así, el producto inhibidor de corrosión sería efectivo para concretos con un contenido de cloruros de 1% (3.50/350) del peso de cemento.

	ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	Doc. No. CIPTS-18-805-D-AE-15 Rev. No. : 0 Pagina No. 16 of 17

- Implementar ánodos de sacrificio en la zona contaminada. Los ánodos de sacrificio tienen un periodo de vida proporcional a su masa, pero en general se esperan vidas útiles de 5-15 años con tamaños prácticos de ánodos.
- En el caso de daños que aparezcan en zonas alejadas a reparaciones anteriores, se recomienda implementar reparaciones puntuales (repicado, evaluación de pérdida de sección de acero, reposición/suplementación de aceros, pasivado, aplicación de morteros de reparación). Los daños que ameritan reparaciones puntuales son aquellos donde ya se evidencia expansión de los aceros refuerzo, que puede ser notable por fisuras paralelas a los aceros o por desconchamientos del recubrimiento.
- Considerando la concentración de cloruros al momento de la intervención del presente contrato, el tratamiento aplicado, las condiciones del medio y la calidad de los concretos de las vigas, recomendamos ejecutar reparaciones puntuales cada 3 años.

La intervención descrita en la sección 7.1 tomó lugar entre finales de 2018 y mediados de 2021. Al momento de la aceptación final de este proyecto, ya se evidenciaban nuevos daños en las vigas que habían sido intervenidas hace 2-3 años, a pesar de haber recibido el tratamiento con inhibidor de corrosión migratorio. Los daños adicionales también fueron reparados por el contratista, dejando ejecutado de esta forma el primer ciclo de mantenimiento de las vigas, prelosas y diafragmas.

En nuestra experiencia, los daños adicionales que puedan aparecer en el ciclo sugerido de 3 años requieren una intervención ejecutable en 6 meses, necesitando unas 30 personas con medios auxiliares como guindolas (12), carruajes para movilizar las guindolas de un extremo a otro de cada vano, camión grúa (2) y cierres parciales del tramo marino.

8. MANTENIMIENTO DE PEDESTALES

El mantenimiento de los pedestales debe ser concurrente con el de las vigas, prelosas y diafragmas.

Durante la rehabilitación, se identificaron pedestales con daños extraordinarios, cuya reparación estaba fuera del alcance de este contrato. Dichos pedestales requerirán reparaciones especiales. Las necesidades de mantenimiento de esos pedestales deberán definirse luego de su rehabilitación.

	ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR			
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DEL TRAMO MARINO DEL CORREDOR SUR	<table border="1"> <tr> <td>Doc. No. CIPTS-18-805-D-AE-15</td> </tr> <tr> <td>Rev. No. : 0</td> </tr> <tr> <td>Página No. 17 of 17</td> </tr> </table>	Doc. No. CIPTS-18-805-D-AE-15	Rev. No. : 0
Doc. No. CIPTS-18-805-D-AE-15				
Rev. No. : 0				
Página No. 17 of 17				

9. MANTENIMIENTO DE TOPES SÍSMICOS

En el proyecto se identificaron principalmente dos tipos de topes sísmicos:

- En los apoyos donde no hay juntas en la losa, existen 3 grandes topes sísmicos, embebidos en el diafragma que une las vigas que salen en ambas direcciones desde el apoyo.
- En los apoyos donde hay una junta en la losa de rodadura (cada 5 vanos en general), existen unos topes pequeños a ambos lados de cada trabe, haciendo un total de 32 topes sísmicos en cada viga cabecera.

En los topes sísmicos integrados a los diafragmas, el mantenimiento debe ser concurrente con el de las vigas, prelosas y diafragmas. No se anticipan mayores necesidades de mantenimiento para estos elementos.

En el caso de los topes sísmicos bajo las juntas de losa de rodadura, estos están siendo afectados por el estado deficiente de las juntas del pavimento. Para prevenir daños futuros a estos topes, es necesario rehabilitar las juntas de la losa de rodadura del tramo marino. En la condición actual de deterioro de las juntas, los topes están recibiendo impacto que se transmite por el tráfico vehicular constante, y los topes no están diseñados ni detallados para este tipo de esfuerzos.

Una vez se rehabiliten las juntas del tramo marino, el mantenimiento de los topes sísmicos será concurrente con el de las vigas, prelosas y diafragmas.