

**EMPRESA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS METRO S.A.
METRO DE SANTIAGO**

**LICITACIÓN INGENIERÍA BÁSICA Y ASESORÍA ESPECIALIZADA
REHABILITACIÓN DE TRENES NS74**

**VOLUMEN 2
TÉRMINOS DE REFERENCIA**



**SANTIAGO DE CHILE
MARZO DE 2012**

BASES TÉCNICAS

PROYECTO : REHABILITACIÓN DE TRENES NS74

ESTUDIO : INGENIERÍA BÁSICA

ÍNDICE

	Página
DEFINICIONES.....	3
1. Introducción.....	5
2. Descripción global del proyecto de rehabilitación de trenes NS74	7
3. Objetivo	9
4. Alcance	10
4.1. Ingeniería Básica	11
4.2. Asesoría técnica especializada (acompañamiento).....	20
4.3. Exclusiones	21
5. Organización y personal	21
5.1. Organización.....	21
5.2. Volumen de trabajo.....	21
5.3. Perfiles del personal.....	21
6. Plan de trabajo	24
6.1. Planificación inicial	24
6.2. Reuniones de trabajo.....	25
6.3. Informes mensuales de estado de avance	25
7. Responsabilidades.....	26
7.1. Responsabilidad del Consultor	26
7.2. Responsabilidad de Metro	26
8. Plazos.....	27
Anexos.....	27
A.1. Objetivo y alcances del proyecto de rehabilitación de trenes NS74.....	27
A.2. Asuntos	31
A.3. Informes.....	34
A.4. Análisis de estudios	34
A.5. Ingeniería básica	34

DEFINICIONES

- Asuntos:** temas no resueltos dentro del alcance del proyecto.
- Bases administrativas:** documento que contiene de manera general y/o particular, los aspectos administrativos, económicos y técnicos del proceso compra.
- Consultor:** empresa o consorcio de ingeniería. En caso que su propuesta sea aceptada por Metro S.A., en virtud del Contrato contrae la obligación de ejecutar los alcances del estudio que en él se estipulen asumiendo las responsabilidades que ese documento le impone.
- Contratista:** empresa especializada en la fabricación y/o integración de equipos y sistemas de trenes que debe tener experiencia en rehabilitación de trenes (Metros). Esta empresa estará a cargo de la ejecución de la ingeniería de detalle y ejecución de la rehabilitación de los trenes NS74. A su vez, tendrá la responsabilidad de ejecutar las obras civiles del taller de rehabilitación y su correspondiente habilitación (equipos globales y específicos) para llevar a cabo las tareas de rehabilitación de los trenes.
- Entregable:** documento tangible y verificable que el Consultor debe desarrollar y someter a la verificación y validación de Metro S.A. dentro de los plazos acordados en los presentes términos de referencia y/o el Contrato.
- Ingeniería básica:** desarrollo en detalle del alcance del proyecto, plan de ejecución y estimación del presupuesto necesario para ejecutar el proyecto. Preparación de la documentación base para la ingeniería de detalle y la contratación de la ejecución del proyecto.
- Ingeniería de detalle:** primera etapa de la fase de ejecución del proyecto que contempla la revisión de la ingeniería básica, a fin de convertir esta información en el diseño detallado del proyecto (mediante planos, planillas, memorias de cálculo, especificaciones técnicas, etc.) de forma que se pueda llevar a cabo en forma lógica el alcance del proyecto, cumpliendo con los requerimientos técnicos y funcionales especificados en la ingeniería básica.
- LCC:** costo de ciclo de vida, denominado LCC por su acrónimo en inglés (Life Cycle Cost). Corresponde al balance entre el rendimiento de los indicadores RAMS de un sistema y los costos de desarrollo y propiedad del sistema (definición de acuerdo a la norma EN50126).
- Proponente-1:** empresas o consorcios que participen en la licitación de la “Ingeniería Básica y Asesoría Especializada Rehabilitación de Trenes NS74” cuyo objetivo y alcances se describen en los presentes Términos de Referencia.
- Proponente-2:** empresas o consorcios que participen en la licitación de la ejecución del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74.
- RAMS:** indicadores de Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad, llamados

indicadores RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety) por su acrónimo en inglés y definidos según la norma EN 50126.

Términos de referencia: documento que establece de manera general y/o particular especificaciones, descripciones, requisitos y características de la compra.

1. Introducción

La flota de trenes NS74 está constituida por 49 trenes (de 5 coches cada uno) de rodado neumático fabricados por Alstom, que circulan hoy en Línea 2 y Línea 5 del Metro de Santiago. Estos trenes tienen un diseño y tecnología asociada de la década de los 60 y se pusieron en circulación en tres grupos, el primero de éstos el año 1975, como se muestra en la Tabla 1.

La formación actual de los trenes NS74 se muestra en la Figura 1, consta de 5 coches no interconectados de los cuales dos son motrices con cabina (M), uno es motriz sin cabina (N) y dos son remolque denominados (R) y (P), incluyendo este último el equipo de pilotaje automático.

En la actualidad los índices de desempeño del material rodante NS74 son inferiores a los obtenidos con una tecnología actualizada, presentando también problemas de obsolescencia de ciertos equipos y sistemas, así como un alto consumo energético. Esto representa un gran esfuerzo y un aumento continuo de los costos para mantener los trenes operando al índice de disponibilidad exigido por el Metro de Santiago.

En consecuencia, se requiere diseñar un plan de rehabilitación de los trenes NS74 que cubra la especificación de la totalidad de sistemas y equipos del material rodante que deberán modificarse o reemplazarse con el objetivo de: extender su vida útil en 20 años, alcanzar una tasa de averías similar a la de un tren actual y elevar el nivel de confort de los usuarios de este material rodante. El plan de rehabilitación en cuestión debe considerar, a la vez, factores referentes a las necesidades estructurales, operacionales, logísticas y de mantenimiento asociadas a la rehabilitación de los trenes.

Metro S.A. ha evaluado distintos aspectos de la rehabilitación de los trenes NS74 mediante diversos estudios previos, por lo cual el proponente-1 que se adjudique el presente contrato, de ahora en adelante llamado el “Consultor”, deberá revisar, verificar e integrar los documentos, o parte de estos, que sean relevantes para desarrollar cada uno de los documentos y análisis solicitados por Metro S.A., con el objetivo de alcanzar un diseño del proyecto coordinado y consistente en todos los aspectos.

Tabla 1 - Resumen de antecedentes de los coches NS74.

Material Rodante	Nº Coches	Año	Antigüedad	Sistema de Rodado	Fabricante
NS-74	135	1975	36	Neumático	Alstom
	60	1976	35	Neumático	Alstom
	50	1981	30	Neumático	Alstom

La consideración de las necesidades estructurales asociadas a la rehabilitación de los trenes se refiere al análisis de la capacidad y características que debe tener el taller donde se efectuarán los trabajos. Éstos deberán ejecutarse en Santiago de Chile, en un taller de propiedad de Metro S.A. que actualmente no

cumple con los requerimientos necesarios para llevar a cabo las actividades de rehabilitación. En consecuencia, el Consultor deberá verificar y analizar todos los detalles relacionados con la ampliación y distribución (layout) de este taller, estudio que será entregado por Metro S.A. al Consultor, además de completar los requerimientos y características que pudiere estimar convenientes y que no hubieren sido considerados por Metro S.A.

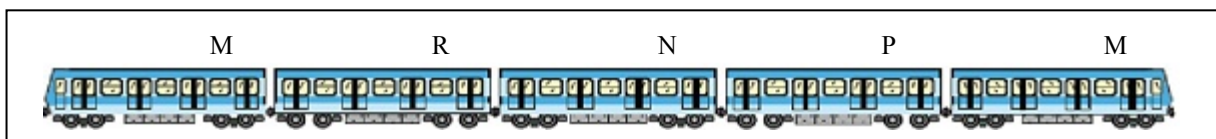


Figura 1 -Configuración actual de los trenes NS74.

Operacionalmente, el plan de rehabilitación debe generar el menor impacto posible en el modelo de operación de la red de Metro de Santiago durante el proceso de intervención de los trenes, especialmente en las líneas L2 y L5 en las que circulan los trenes NS74. Este modelo operacional será entregado por Metro S.A. al Consultor.

En términos del mantenimiento y logística, el plan de rehabilitación debe priorizar la intervención de los trenes que posean elementos en estado crítico de obsolescencia, estableciendo los requerimientos de capacitación a operadores y las características que deben tener los manuales de mantenimiento de los trenes rehabilitados. A la vez, se debe considerar los requisitos de integración entre el mantenimiento de trenes intervenidos y trenes no modificados.

En conclusión, la Ingeniería Básica del Proyecto de Rehabilitación de los Trenes NS74, cuyo alcance se define en el presente documento, debe tener un nivel de desarrollo tal que otorgue todos los elementos y antecedentes necesarios que permitan a Metro S.A. establecer y definir el contrato de ejecución para la rehabilitación de los trenes NS74 y la construcción del taller donde se realizarán los trabajos (a cargo del Contratista), considerando aspectos del material rodante, estructurales, operacionales, logísticos, de mantenimiento y cualquier otro necesario que permita la ejecución por parte de un tercero de la rehabilitación de los trenes y la construcción del taller, sin alterar el funcionamiento normal de la red de Metro S.A. La profundidad y el nivel de detalle de la Ingeniería Básica del Proyecto de Rehabilitación deben permitir a Metro S.A. licitar y contratar la ejecución del proyecto, sin recurrir a nuevas asesorías.

Para cada sistema de especialidades, el Consultor deberá entregar en volúmenes independientes, proposiciones de: Especificaciones Funcionales, Especificaciones Técnicas Generales, Especificaciones Técnicas Particulares, listados y cubicación de obras y equipos, planos, normas y procedimientos de montaje, bases de medición y pago, presupuesto, definición de interfaces, plan general de recepción provisional, etc. En resumen, todos aquellos documentos y antecedentes necesarios que permitan licitar el contrato de ejecución del proyecto de Rehabilitación de los Trenes NS74.

En el siguiente capítulo se hace una descripción global del proyecto de rehabilitación, para informar al proponente-1 acerca de las características del proyecto del cual debe desarrollarse la ingeniería básica.

2. Descripción global del proyecto de rehabilitación de trenes NS74

- Objetivo:** prolongar 20 años la vida útil funcional técnica y estética de los trenes NS74 alcanzando índices de rendimiento similares a los de un tren nuevo antes del 28 de Febrero de 2017 (28/02/2017).
- Alcance:** en la Tabla 2 se presenta una descripción global de las principales motivaciones y alcances del proyecto de rehabilitación, los que se exponen en mayor detalle en el anexo A.1.

La intervención de los trenes NS74 requiere su detención, lo que modifica considerablemente la oferta de servicio al no poseer Metro S.A. trenes de reserva durante la hora punta. En consecuencia, existe una limitación en la cantidad de trenes que pueden reformarse simultáneamente, lo que a su vez influye en los plazos de finalización del proyecto. Metro S.A. considera que la intervención simultánea de 4 trenes permite cumplir a la vez con la oferta de servicio estipulada por la empresa y con los plazos del proyecto. Para efectos logísticos, la Ingeniería Básica debe considerar que los trenes a modificar tendrán, al inicio de las intervenciones, una formación de: 24 trenes de 7 coches, 12 trenes de 6 coches y 2 trenes de 5 coches. Uno de estos trenes de 5 coches no forma parte del parque NS74, por ende, no será intervenido durante la rehabilitación, sin embargo se utilizará para suplir en parte la pérdida de oferta ocasionada por la detención de los trenes NS74. La formación definitiva del parque de trenes NS74, al término del proceso de rehabilitación, será de 35 trenes de 7 coches. Para lograr esta formación se requerirá la transformación de 7 coches motrices tipo N a coches remolques tipo R.

Se debe considerar que la ejecución de las modificaciones a los trenes NS74 no debe alterar las operaciones normales de mantenimiento de los trenes de la misma flota que sigan en operación (rehabilitados o no), ni de las otras flotas que posee Metro S.A. que están actualmente o estarán durante el proceso de rehabilitación NS74 en explotación. En consecuencia, no podrían utilizarse para llevar a cabo las intervenciones los talleres en los que Metro S.A. realiza actualmente el mantenimiento de sus flotas de trenes. Esto compromete la habilitación de un espacio físico dispuesto para ejecutar las modificaciones. Metro S.A. posee actualmente un espacio físico que fue utilizado como taller de armado de los trenes NS07 hasta el año 2009, sin embargo, este taller no cumple con la capacidad ni equipamientos requeridos para efectuar las intervenciones de rehabilitación. Por lo tanto, el Consultor debe incluir en las especificaciones del proyecto la ampliación y el cambio de distribución (o layout) del taller, empleando el espacio disponible en los sectores aledaños a éste o la construcción de un taller adicional fuera de las instalaciones de Metro S.A., si fuera necesario, para cumplir con los objetivos y alcance del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74 dentro de los plazos estipulados.

Por otro lado, las modificaciones de los trenes deben ser ejecutadas por personal especializado, sin alterar las operaciones normales de mantenimiento de los equipos de la flota NS74 que sigan en funcionamiento y/o de las otras tecnologías de trenes que posee Metro S.A. Esto implica la incorporación de una empresa externa especializada en equipos de trenes, haciendo énfasis en el requisito de poseer experiencia previa en el tipo de modificaciones descritas en el anexo A.1.

Adicionalmente, Metro S.A. requiere que el Consultor, por medio de los análisis dirigidos por sus especialistas, verifique y valide técnicamente el alcance del proyecto (anexo A.1), de la misma forma,

debe realizar propuestas de solución a los temas aún no resueltos del proyecto, denominados de aquí en adelante como “asuntos”, los que se detallan en el anexo A.2 con una descripción o guía de los temas que debe tratar el Consultor para generar a Metro S.A. una propuesta de tecnología a utilizar.

Tabla 2 - Motivación y alcances globales del proyecto de rehabilitación de trenes NS74

Motivación	Alcance
Reemplazo de elementos para asegurar la extensión de vida útil	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio del cableado de baja, media y alta tensión. - Cambio de pivotes de la unión caja – boguie.
Modernizar estéticamente los trenes y ascender el estándar de servicio a los pasajeros.	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio del diseño de la máscara frontal de los trenes. - Cambio de la pintura exterior de los trenes. - Mejoramiento de la distribución (layout) del compartimiento de pasajeros. - Mejoramiento de la ventilación o incorporación de aire acondicionado (A/C).
Acercar las condiciones de trabajo de los conductores.	<ul style="list-style-type: none"> - Modernización del panel de conducción. - Mejoramiento de la ventilación o A/C de cabina.
Mejorar la información a pasajeros.	<ul style="list-style-type: none"> - Incorporación de sistema de comunicación Pasajeros/Conductor. - Incorporación de información visual y auditiva.
Potenciar el ahorro energético y de costos operativos.	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de la cadena de tracción con frenado recuperativo. - Cambio y reforzamiento de la producción de media tensión. - Reforzamiento de la producción de aire comprimido. - Incorporación de tecnología LED, de baja disipación de calor, en el alumbrado.
Asistir a la conducción y el mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Incorporación de sistema de auto diagnóstico. - Incorporación de sistema de conteo de pasajeros.
Establecer una configuración (nº de coches por tren) de mayor capacidad a la actual y estándar.	Configuraciones de 7 coches (implica modificar 6 coches motrices para pasarlos a remolques).
Eliminar equipos obsoletos.	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de la alimentación de media y alta tensión. - Cambio de los motores de compresores.
Incrementar la fiabilidad y disponibilidad de los trenes.	Mejoramiento de los sistemas de puertas, tracción, pilotaje automático, aire comprimido, entre otros (según anexo 1).
Mejorar el servicio a los pasajeros.	<ul style="list-style-type: none"> - Incorporación de sistema CCTV (circuito cerrado de televisión). - Incorporación de intercirculación o sistema de cobertura entre las puertas de pasada entre coches para aumentar la sensación de seguridad en caso de evacuaciones.

En conclusión, el diseño del plan de rehabilitación solicitado a través de la consultoría que se describe en este documento, debe definir las intervenciones a los trenes NS74, cerrando definitivamente el alcance de la rehabilitación y su cronograma en correspondencia con el objetivo y alcances del proyecto (anexo A.1), las características del personal a cargo de realizar estas modificaciones y las tareas y equipos necesarios para habilitar el taller donde éstas se llevaran a cabo.

El proyecto considera rehabilitar 2 trenes prototipos, uno de aspectos técnicos y otro de interiorismo y acondicionamiento exterior, en los cuales se probará la ingeniería de detalle desarrollada por el ejecutor de las obras de rehabilitación de los trenes NS74, de aquí en adelante llamado Contratista. Luego de las pruebas de verificación, validación y aceptación de estos trenes modificados, se dará inicio a la rehabilitación de los otros trenes en un proceso en serie, considerando que sólo podrán retirarse de operación el equivalente a cuatro (4) trenes en su configuración previa al inicio del proyecto. Es posible que Metro S.A. agregue uno (1) o dos (2) trenes adicionales para ser intervenidos simultáneamente, lo que será definido antes del inicio del Contrato de Ingeniería Básica.

La ejecución del proyecto de rehabilitación de los trenes NS74 contempla al menos las siguientes etapas, las que en algunos casos pueden ocurrir de forma simultánea o traslapada entre ellas:

- Ingeniería de detalle del proyecto de rehabilitación de los trenes NS74.
- Intervención de 2 trenes prototipo.
- Pruebas tipo de verificación, validación y aceptación de los trenes prototipo.
- Operación comercial de los trenes prototipo.
- Reingeniería de prototipos.
- Aprobación de los trenes prototipo.
- Rehabilitación y pruebas de verificación, validación y aceptación de cada tren de la serie de trenes.
- Operación de los trenes rehabilitados y aceptados que vayan saliendo de la serie.
- Seguimiento y control del funcionamiento de los trenes rehabilitados que estén en operación.
- Mantenimiento de los trenes rehabilitados.

3. Objetivo

El presente documento tiene por objetivo dar a conocer los antecedentes y requerimientos que el proponente-1 deberá considerar para el desarrollo de su propuesta y que posteriormente el Consultor deberá considerar en el desarrollo de la Ingeniería Básica dirigida a diseñar el plan de rehabilitación de los trenes NS74, considerando el taller para ejecutar las modificaciones; y la asesoría técnica especializada, dirigida a acompañar a Metro en el proceso de evaluación y selección del Contratista, encargado de ejecutar el proyecto de rehabilitación. Metro S.A., contempla, en forma opcional, que la asesoría técnica especializada se extienda hasta la Ingeniería de Detalle y/o hasta la validación de los dos (2) trenes prototipo. Si bien los plazos definitivos de estas etapas estarán estipulados en el cronograma final del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74, se estima que la ingeniería de detalle y la construcción de los trenes prototipo tendrán un plazo de 5 y 20 meses, respectivamente, ambos a partir de la fecha de inicio del contrato de ejecución del proyecto.

En términos generales, la consultoría especificada en este documento contempla:

- a) El desarrollo de la Ingeniería Básica consistente en efectuar todos los trabajos y procesos necesarios para la correcta obtención de cada uno de los entregables descritos en los presentes Términos de Referencia y Bases Administrativas.

La ingeniería básica del proyecto de rehabilitación de los trenes NS74 se divide en dos sistemas principales, material rodante y taller de rehabilitación, y consiste en:

1. **Material Rodante NS74:** desarrollar toda la documentación y especificaciones técnicas necesarias para licitar la ejecución de la rehabilitación de trenes NS74.
2. **Taller de rehabilitación:** validar y/o plantear observaciones a los estudios de ampliación del taller donde se ejecutará la rehabilitación de los trenes NS74, los cuales serán entregados por Metro S.A. al Consultor.
Adicionalmente, se requiere desarrollar la documentación y especificaciones técnicas de los equipos y herramientas globales del taller que permitan llevar a cabo la ejecución de las tareas de rehabilitación de los trenes de forma íntegra y segura, que debe considerar el Contratista en la habilitación del taller.

Toda la documentación generada por el Consultor deberá permitir a Metro S.A. llamar al proceso de licitación de ejecución del proyecto de Rehabilitación de Trenes NS74, sin la necesidad de recurrir a nuevas asesorías.

- b) Ejecutar una asesoría técnica especializada dirigida a acompañar y asesorar a Metro S.A. durante todo el proceso de licitación de la ejecución del proyecto de rehabilitación de trenes NS-74, desde su inicio en la redacción de los términos de referencia, bases administrativas y el contrato, hasta la evaluación de los proponente-2 y finalmente la selección del Contratista (más adelante se detallan algunos escenarios adicionales de acompañamiento cuya inclusión en la propuesta será obligatoria para el proponente-1, sin embargo su contratación quedará condicionada a la voluntad de Metro S.A.).

La asesoría técnica especializada se refiere al acompañamiento durante el proceso de licitación de la ejecución del proyecto de rehabilitación del material rodante NS74, es decir, el proceso de licitación para la selección del Contratista. El Consultor deberá asesorar a Metro S.A. en la evaluación de las propuestas efectuadas por el proponente-2, revisando y evaluando las mismas a fin de determinar la mejor alternativa para Metro S.A.

4. Alcance

El alcance de la consultoría especificada en este documento abarca dos frentes de acción principales, éstos son la ingeniería básica del proyecto de rehabilitación de los trenes NS74 (material rodante y taller de rehabilitación de los trenes) y el acompañamiento durante la licitación de la ejecución del proyecto de rehabilitación de los trenes NS74 o hasta donde Metro S.A. determine, de acuerdo a las ofertas opcionales.

A continuación se describen brevemente los documentos específicos (entregables) que el Consultor deberá desarrollar asociados a cada uno de estos sistemas principales de ingeniería básica. Cada uno de estos entregables deberá ser entregado a Metro S.A. en formato físico y digital (Microsoft Office sin protección de escritura en el caso de documentos alfanuméricos y a acordar entre Metro S.A. y el Consultor en el caso de otros documentos).

4.1. Ingeniería Básica

En este capítulo se describen brevemente los entregables que el consultor deberá generar como parte de la Ingeniería Básica del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74, los que se describen con mayor detalle en el anexo A.5.

4.1.1. Material rodante NS74

1. Ingeniería básica del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74.

- 1.1. Informe de estado del arte actual:** se deberá entregar un documento que describa el estado del arte de los sistemas considerados en los alcances del proyecto, expuestos en el anexo A.1. Este documento se describe con mayores detalles en el anexo A.5.1.1.2.
- 1.2. Informe de referencias (Benchmark):** corresponde al documento de descripción del alcance de rehabilitaciones de trenes en otros países del mundo e informaciones acerca de éstas, tales como monto de la inversión, cantidad de coches intervenidos, duración de la intervenciones, descripción de la operación de los trenes pre y post rehabilitación, vida útil de los trenes pre y post rehabilitación, antigüedad de los trenes al momento de las modificaciones, rendimiento operativo pre y post rehabilitación y recomendaciones de la experiencia de los Metros en los que se realizaron las rehabilitaciones.
- 1.3. Programa de visitas a otras rehabilitaciones:** el Consultor deberá proponer y programar, de ser aceptadas por Metro S.A., visitas a rehabilitaciones de trenes en otros Metros que hayan tenido un alcance similar al del proyecto de rehabilitación de trenes NS74, expuesto en el anexo A.1.
- 1.4. Integración de la documentación:** Toda la documentación (estudios, análisis, manuales, planos, especificaciones, etc.) que se requieran para la especificación del proyecto, deberá ser integrada por el Consultor, solicitándola de acuerdo a requerimientos a Metro S.A.
- 1.5. Informe de certificación y/o rechazo de estudios previos a la Ingeniería Básica del proyecto de rehabilitación de trenes NS74:** Metro S.A. someterá a validación del Consultor los estudios

e informes enumerados en el anexo A.3. El Consultor debe informar por escrito mediante este informe la validación y/o rechazo de cada uno de los análisis expuestos en el anexo A.3.

En el caso específico del “Estudio de verificación de vida útil remanente de cajas y chasis de boguie tren NS74 de Metro S.A.”, su aceptación o rechazo deriva en condiciones especiales:

1.5.1. Aceptación: el informe de aceptación debe incluir la metodología de validación utilizada y los resultados y conclusiones obtenidas.

1.5.2. Rechazo: será responsabilidad del Consultor analizar el estado de la caja y chasis de boguie a fin de determinar la vida útil remanente de estos elementos del tren. El análisis deberá efectuarse mediante modelación de las estructuras por elementos finitos y medición de las cargas de operación actuales por strain gauge para describir correctamente el estado de esfuerzos y deformaciones medidas de las estructuras, a fin de determinar la vida útil de las estructuras originales. La vida útil remanente de las estructuras se deberá estimar por medio de técnicas de la mecánica de la fractura. Si como resultado del estudio se determina una vida útil remanente inferior a 25 años, se deberán identificar las zonas a intervenir para lograr dichos incrementos de vida útil, proyectando las acciones a llevar a cabo y las reparaciones o reforzamientos, en caso de ser necesario, que permitan extender la vida de estos elementos del tren.

1.6. Normativa asociada: corresponde al documento que indica todas las normas (CENELEC, ISO/IEC, francesas, etc.) que deben cumplirse en el diseño, fabricación, montaje, pruebas de validación e integración de los equipos y sistemas de los trenes intervenidos en el proceso de rehabilitación, de acuerdo al alcance del proyecto expuesto en el anexo A.1, con los asuntos expuestos en el anexo A.2 ya resueltos.

1.6.1. Especificación de los requerimientos RAMS del proyecto: el consultor deberá desarrollar el documento de especificación de los RAMS de acuerdo al procedimiento descrito en la norma europea EN 50126. En el anexo A.5.1.2.3 se exponen con mayor detalle los requisitos de este documento.

1.6.2. El consultor deberá especificar y detallar las normas bajo las cuales se implementarán las funciones de seguridad dentro de los sistemas considerados en los alcances del proyecto de rehabilitación (anexo A.1).

1.7. Análisis técnico y económico de los asuntos y propuesta de tecnología a utilizar: corresponde al documento de análisis técnico y económico de los sistemas catalogados como “asuntos” dentro del alcance del proyecto de rehabilitación de trenes NS74, expuestos en el anexo A.2. Dentro de las conclusiones derivadas del análisis técnico y económico de cada uno de los asuntos, el Consultor deberá realizar por escrito una propuesta de la tecnología a utilizar, incluyendo la justificación y los parámetros de evaluación considerados. Además deberá asesorar a Metro S.A. en la selección de las alternativas.

1.8. Especificaciones técnicas: consiste en fijar los requisitos básicos de concepción, diseño, fabricación, montaje y pruebas de verificación y validación que deberán obedecerse en la

reforma, rehabilitación y/o reemplazo de los equipamientos y sistemas de los trenes NS74, así como la integración con los sistemas que permanecerán en los trenes, para dar cumplimiento a los objetivos y alcance del proyecto de rehabilitación, expuesto en el anexo A.1, con los asuntos del alcance (anexo A.2) ya resueltos. En consecuencia, la fecha de entrega de este informe será posterior a la resolución de los asuntos del alcance del proyecto de rehabilitación. En el anexo A.5 se exponen con mayor detalle los requisitos de este documento. Estas especificaciones constituirán las bases técnicas o términos de referencia en los que deberá basarse el Contratista para la ejecución del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74.

1.9. Planilla de ciclo de vida de equipos y sistemas: el Consultor deberá desarrollar una planilla que describa la vida útil estimada de cada uno de los equipos, órganos y sistemas considerados en el alcance del proyecto expuesto en el anexo A.1, con los asuntos del alcance (anexo A.2) ya resueltos, considerando su interacción e integración con los equipos y sistemas que no serán modificados ni reemplazados.

1.10. Plan de ejecución y control del proyecto de rehabilitación de trenes NS74.

1.10.1. Plan de ejecución de las intervenciones: documento que describe las condiciones básicas de ejecución de las intervenciones asociadas a la rehabilitación de los trenes NS74 que deberá considerar el proponente-2 en su oferta para dar cumplimiento a las normativas de montaje e instalación de los equipos y componentes del tren.

1.10.2. Plan de inspección de las intervenciones: documento que describe las condiciones de inspecciones y controles de calidad que el Contratista debe contemplar en cada etapa de ejecución de las intervenciones consideradas para dar cumplimiento a los objetivos y alcances del proyecto de rehabilitación, expuesto en el anexo A.1 con los asuntos (anexo A.2) ya resueltos.

1.10.3. Listado de los protocolos de ensayos y pruebas y criterios pasa/no pasa: el Consultor debe describir los protocolos mínimos de pruebas y ensayos de verificación y validación de las intervenciones asociadas a la rehabilitación de los trenes, de acuerdo al alcance del proyecto de rehabilitación (anexo A.1) definido, es decir, con los asuntos (anexo A.2) resueltos, que el proponente-2 debe indicar en su oferta. Este documento debe incluir las pruebas en bancos y pruebas tipo de equipamientos y sistemas principales, como las de integración, estáticas y dinámicas sobre el tren, al igual que los criterios de aprobación (rangos pasa/no pasa) que Metro considerará en la evaluación de las ofertas de ejecución del proyecto. Este listado debe ser consecuente con el documento de pruebas, ensayos y puesta en marcha que el Consultor defina a partir de las indicaciones descritas en el anexo A.5.1.2.5.

1.10.4. Plan de desarrollo de las pruebas de verificación y validación: el Consultor debe describir las condiciones (estáticas, en Vía de Pruebas, de la línea, sectores energizados, cantidad de trenes probados simultáneamente, etc.) bajo las cuales se pueden desarrollar las

pruebas de verificación y validación de los trenes rehabilitados, a partir de los antecedentes que se acuerden en el documento descrito en el anexo A.5.1.2.5.

1.10.5. Plan de puesta en servicio y operación de los trenes rehabilitados:

1.10.5.1. Plan de capacitación: documento que describe los alcances del plan de capacitación mínimo que deberá elaborar y dictar el Contratista, detallando los requerimientos de capacitación acerca de la operación y el mantenimiento de los trenes rehabilitados, los que deben estar orientados al personal de Metro S.A.

1.10.5.2. Propuestas de modelo de mantenimiento: el Consultor debe proponer las condiciones contractuales, modo de mantenimiento e indicadores mínimos bajo las cuales se ejecutará el mantenimiento de los trenes rehabilitados. Las características de este documento de detallan en el anexo A.5.2.

1.10.5.3. Garantías: el Consultor debe proponer las garantías del cumplimiento con los índices de RAMS exigidos, que el proponente-2 deberá considerar en su propuesta a fin de proteger a Metro S.A. ante el incumplimiento de los requisitos RAMS en los que puedan incurrir los trenes rehabilitados.

1.10.5.4. Soporte técnico: documento que describe los requerimientos de soporte técnico que el Contratista deberá entregar continuamente a Metro S.A. durante todas las etapas de ejecución del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74, hasta el término del Período de Garantía de todo el suministro. Además, se detallarán los requerimientos de documentación y manuales que el proponente-2 deberá considerar en su oferta, los cuales estarán orientados tanto al mantenimiento (correctivo, preventivo y predictivo) y reparación de los equipos del Material Rodante, como a la utilización de éstos en operación. Se indicarán los requerimientos de diagnóstico tales como, rutinas, indicadores, herramientas de prueba, procedimientos, equipos de prueba, etc.; necesarios para la operación y el mantenimiento de los trenes NS74 rehabilitados.

1.11. Listado de entregables de cada etapa de la ejecución del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74: documento que indica cada uno de los entregables principales (componentes, características, funciones, procesos, etc.) y auxiliares (manuales, cursos, procedimientos, dibujos, planos, etc.) del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74, incluyendo su medida de desempeño, correspondiente a los criterios cuantificables para determinar la aceptación del entregable.

1.12. Listado de documentos técnicos conforme a obra (as built): el Consultor debe generar el listado de los documentos técnicos (planos, manuales de mantención, operación y verificación de los equipos y sistemas modificados, etc.) que deberá solicitar Metro S.A. al Contratista, en correspondencia con las intervenciones a realizar al tren para dar cumplimiento a los objetivos y alcance del proyecto de rehabilitación (anexo A.1) con los asuntos (anexo A.2) ya resueltos.

2. Bases técnicas de licitación de la ejecución del proyecto de rehabilitación de trenes NS74.

2.1. Especificación técnica de la oferta: documento que fija los requisitos básicos de concepción, diseño, fabricación, montaje y pruebas de validación que deberán obedecerse en la reforma y rehabilitación de los equipamientos y sistemas de los trenes NS74, así como la integración con los equipos que permanecerán en los trenes, de acuerdo a los alcances mínimos y opcionales (contratación opcional para Metro pero oferta obligatoria para el proponente-2) del proyecto de rehabilitación que se defina a partir de los estudios y análisis desarrollados en la ingeniería básica. Este documento debe considerar toda la información que el proponente-2 requiere para el desarrollo de su propuesta de ejecución del proyecto de rehabilitación y debe incluir, en términos generales, al menos la información que se enumera a continuación:

2.1.1. Objetivo del proyecto (proporcionado por Metro S.A.).

2.1.2. Alcance del proyecto (de acuerdo a los presentes términos de referencia).

2.1.3. Extensión y límite del proyecto (de acuerdo al cronograma consolidado a construir en el proceso de Ingeniería Básica).

2.1.4. Características actuales y condiciones generales de los trenes (constructivas, de funcionamiento, de operación, de conducción, de mantención, de integración con los sistemas de automatismo, vías, señalización, alimentación de tracción, etc.).

2.1.5. Requisitos de la normativa a cumplir y los documentos a desarrollar (a desarrollar en el proceso de Ingeniería Básica).

2.1.6. Requisitos de funcionamiento de los equipos: corresponde al desglose de las condiciones de funcionamiento de los equipos y sistemas a modificar durante el proceso de rehabilitación de los trenes NS74.

2.1.7. Condiciones de fabricación y validación de equipos: documento que describe las condiciones, normativa, pruebas de validación, características y requisitos mínimos que deben cumplir los equipos y partes de los trenes, necesarios para dar cumplimiento al alcance del proyecto definido en el anexo A.1 con los asuntos del anexo A.2 ya resueltos, y a los indicadores RAMS que el proponente-2 deberá considerar en su propuesta.

2.1.8. Condiciones del programa RAMS (programa RAM y plan de seguridad): documento que describe las condiciones básicas que debe considerar el proponente-2 en su propuesta, para asegurar el cumplimiento de los requisitos RAMS especificados durante la ingeniería básica (punto 1.6.1). Estos requerimientos del programa RAMS deben basarse en la norma EN50126 y especificarse de acuerdo a los objetivos y alcance del proyecto de rehabilitación (anexo A.1) con los asuntos (anexo A.2) resueltos, conteniendo a lo menos los ítems enumerados en el anexo B de la norma mencionada.

2.1.9. Condiciones de estimación del costo de ciclo de vida (LCC): documento que describe las condiciones que debe considerar el proponente-2 en su propuesta para ejecutar la estimación del LCC durante el diseño de las intervenciones asociadas al proyecto de rehabilitación, en función del cumplimiento de los requisitos RAMS determinados durante la ingeniería básica (punto 1.6.1).

2.1.10. Condiciones de evaluación del LCC: documento que describe las condiciones que debe considerar el proponente-2 en su propuesta para evaluar el LCC durante la operación/mantenimiento de los trenes NS74 rehabilitados y a lo largo de todo el ciclo de vida, contrarrestándolo con los requisitos RAMS comprometidos en la oferta de ejecución de las intervenciones asociadas a la rehabilitación de los trenes NS74.

2.2. Formularios y propuestas de postulación técnica: corresponden a los formularios técnicos (derivados a partir de las especificaciones funcionales y técnicas desarrolladas por el Consultor) a partir de los cuales Metro S.A. evaluará al proponente-2 en el cumplimiento con las especificaciones de las bases técnicas en la licitación de la ejecución de la Rehabilitación de Trenes NS74. Se deben incluir al menos los siguientes formularios:

2.2.1. Propuesta del programa RAMS: formulario en base a las condiciones del programa RAMS (punto 2.1.8) donde el proponente-2 debe declarar la metodología del programa RAMS que ofrece implementar para facilitar el cumplimiento con los requerimientos RAMS especificados durante la ingeniería básica (punto 1.6.1).

2.2.2. Formulario de estimación del LCC: formulario en base al punto 2.1.9 donde el proponente-2 declara su metodología de estimación del LCC y su compromiso con el cumplimiento de los requisitos RAMS de los trenes rehabilitados.

2.2.3. Formulario de evaluación del LCC: formulario en base al punto 2.1.10 donde el proponente-2 debe declarar su metodología de evaluación del LCC de los trenes rehabilitados y su aseguramiento del cumplimiento del LCC comprometido durante la etapa de diseño de las intervenciones a los trenes NS74.

2.2.4. Formulario de compromiso de consumo energético: formulario donde el proponente-2 debe declarar el consumo energético de la cadena de tracción, en base a las variables definidas en el anexo A.5.1.2.6.

2.2.5. Especificación de proveedores: formulario donde el proponente-2 debe incluir los proveedores de cada uno de los equipamientos y sistemas que pondrá en su oferta.

2.2.6. Formulario de ciclo de vida de equipamientos y sistemas: formulario donde el proponente-2 debe declarar la vida útil estimada de cada uno de los equipamientos y sistemas a modificar propuestos según el alcance del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74, considerando su integración con los equipos y sistemas del tren que no serán intervenidos en la rehabilitación, para dar cumplimiento a los RAMS ofrecidos.

2.2.7. Formulario de protocolos de ensayos y pruebas y criterios pasa/no pasa: formulario para describir los protocolos de pruebas y ensayos que el proponente-2 debe indicar en su oferta, en base al listado de protocolos definido por el Consultor en la ingeniería básica (punto 1.10.3).

2.2.8. Propuesta de gestión de obsolescencia: documento que establece la forma en que se solicitará al proponente-2, que presente su modelo de gestión de la obsolescencia, durante el ciclo de vida declarado de cada uno de los equipos y sistemas de los trenes NS74.

2.2.9. Formulario de documentos técnicos conforme a obra (as built): indica los documentos conforme a obra mínimos que el proponente-2 deberá considerar en su oferta, de acuerdo al listado generado por el Consultor en la ingeniería básica del proyecto, (punto 1.12).

2.2.10. Formulario del plan de inspección: contempla las condiciones de inspecciones y controles de calidad a efectuar en cada etapa de ejecución del proyecto que el proponente-2 debe considerar y entregar en su oferta.

2.2.11. Formulario del plan de capacitación: formulario donde el proponente-2 declara y describe el plan de capacitación, orientado al personal de Metro S.A. que propone dictar y evaluar, detallando las propuestas de capacitación tanto en la operación de los trenes rehabilitados como en el mantenimiento de éstos.

3. Bases administrativas de licitación de la ejecución del proyecto de rehabilitación de trenes NS74.

A pesar que la redacción de las bases administrativas de licitación del proyecto de ejecución de la rehabilitación de los trenes NS74 será de responsabilidad de Metro S.A., el Consultor debe proponer los siguientes ítems:

- 3.1.** Perfil profesional mínimo del Contratista y sus profesionales (organización).
- 3.2.** Propuesta de forma de pago.
- 3.3.** Criterios laborales a cumplir.
- 3.4.** Garantías y marco legal.
- 3.5.** Multas al Contratista por incumplimiento de los compromisos asumidos.
- 3.6.** Análisis de impacto medio ambiental.

4. Manual de evaluación de ofertas técnicas.

El Consultor debe desarrollar un manual de evaluación de la oferta propuesta por el proponente-2 que contenga los parámetros, criterios y fórmulas de evaluación de cada uno de los formularios especificados en el punto 2.2. Este manual de evaluación debe ser capaz de revisar en detalle y con detenimiento las propuestas técnicas que presente el proponente-2 durante el proceso de evaluación técnica, con el objeto

de lograr una nivelación, o bien, la descalificación definitiva de una o más propuestas. Además deberá permitir efectuar mediante formularios y el uso de ponderadores la medición de cada uno de los requerimientos solicitados y su nivel de cumplimiento. Debe ser capaz de:

- Identificar aquellas propuestas técnicas que “Califican para la Apertura Económica”, que se encuentren en concordancia con las estipulaciones consignadas en los Documentos de la Licitación,
- Identificar aquellas propuestas técnicas que demuestren un nivel técnico plenamente aceptable, que satisfagan claramente las características técnicas especificadas para los suministros,
- Identificar aquellas propuestas técnicas que cumplan con los plazos de entrega requeridos para el proyecto e
- Identificar aquellas propuestas técnicas que demuestren experiencia en la ingeniería de detalle, rehabilitación y puesta en servicio de material rodante rehabilitado y de integración de éste con otros sistemas requeridos para su operación.

Con estos antecedentes, si se estima conveniente, se solicitará al proponente-2 una declaración escrita en la cual se compromete a resolver las desviaciones y, además, que cuenta con la capacidad técnica para lograrlo, conforme a los requerimientos de Metro S.A.

Aquellas propuestas técnicas que superen la etapa anteriormente descrita, serán evaluadas técnicamente mediante formularios con ponderadores que agrupen cada uno de los afectos técnicos solicitados en las Especificaciones Técnicas y que permitan diferenciarlas.

En resumen, la evaluación técnica debe considerar los siguientes alcances:

- Realizar una evaluación de las propuestas técnicas, según Formularios establecidos en el punto 2.2 y/u otros que el Consultor estime convenientes, verificando el grado de cumplimiento de los requerimientos estipulados en los documentos técnicos de la licitación, generados durante la Ingeniería Básica descrita en el presente documento.
- Identificar las ventajas y desventajas de la propuesta técnica (entregada por el proponente-2).

4.1.2. Taller de rehabilitación

Metro S.A. no cuenta con un taller habilitado para llevar a cabo la ejecución de las actividades de rehabilitación, por lo tanto, el Consultor deberá especificar las características y requerimientos mínimos que deberá tener el taller de rehabilitación para cumplir con los objetivos y alcance del proyecto (anexo A.1) con los asuntos (anexo A.2) resueltos, en los plazos estipulados por Metro S.A. y bajo las condiciones de disponibilidad de trenes a intervenir simultáneamente que Metro disponga.

Metro S.A. posee un taller que actualmente no cumple con los requerimientos (capacidad y equipamientos) necesarios para llevar a cabo las actividades de rehabilitación, sin embargo posee una superficie libre en sus sectores aledaños, por ende puede ser ampliado y modificado para tales efectos.

Metro S.A. posee estudios preliminares de la habilitación de este taller, los que se someterán al análisis y validación por parte del Consultor en base a su experiencia y conocimiento de los talleres rehabilitación de material rodante.

El Contratista tendrá la responsabilidad de ampliar y/o modificar el taller de propiedad de Metro S.A. o, si lo prefiere, habilitar un taller alternativo fuera de los recintos de Metro S.A. a fin de llevar a cabo las actividades de rehabilitación de los trenes NS74.

Los documentos entregables relacionados con la habilitación del taller se describen a continuación, siguiendo con la numeración de entregables definida en el sub-subcapítulo anterior (punto 4.1.1):

5. Verificación y recomendaciones.

Corresponde al documento escrito donde el Consultor verifica los estudios y análisis previos de la ampliación del taller de rehabilitación (serán entregados al Consultor por parte de Metro S.A.). Este documento debe ser suministrado en las especificaciones técnicas del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74, en caso que el Contratista opte por esta alternativa.

6. Distribución (layout) del taller de rehabilitación.

Corresponde al documento que establece la distribución óptima del taller, tanto de capacidad construida como de distribución de los equipamientos y las líneas de producción en las que serán intervenidos y modificados los trenes sometidos a la rehabilitación.

7. Especificaciones técnicas para la licitación de la adquisición, montaje y pruebas de validación de equipos.

Documento que describe las especificaciones técnicas a considerar en el proceso de compra de los equipos y herramientas globales con los que se habilitará el taller de rehabilitación, las que deberá considerar el proponente-2 en su propuesta.

4.1.3. Proyecto general

Los documentos entregables relacionados con el análisis global del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74 se describen a continuación, siguiendo con la numeración de entregables utilizada en los sub-subcapítulos anteriores (puntos 4.1.1 y 4.1.2).

8. Presupuesto del proyecto de Rehabilitación de trenes NS74.

El Consultor deberá definir los presupuestos básico y opcional en base a los intervenciones de los trenes NS74 que permitan cumplir con los objetivos y alcance del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74 (anexo A.1), con los asuntos (anexo A.2) resueltos, considerando equipos nuevos que cumplan con las normas europeas y considerando también costos financieros, reales, seguros, impuestos, consumibles, etc.

9. Cronograma del proyecto.

El Consultor deberá elaborar un cronograma del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74 que incluya las etapas de ejecución de la ampliación y habilitación del taller y las etapas de ejecución del proyecto expuestas en el capítulo 2 (ingeniería de detalle, intervención de dos trenes prototipo, pruebas, etc.). El nivel de detalle asociado a tal documento, debe ser tal que contenga cada una de las tareas y procesos necesarios para dar cumplimiento a los objetivos y alcance del proyecto (anexo A.1) con los asuntos (anexo A.2) ya resueltos.

10. Propuesta de transferencia de conocimientos.

El proponente-1 deberá proponer un plan de transferencia de conocimientos oral y escrito, en el que considere la capacitación y preparación del personal de Metro S.A. tendente a adquirir los conocimientos necesarios para evaluar las propuestas recibidas para ejecutar el proyecto Rehabilitación de Trenes NS74 y al control de este mismo durante su ejecución, en concordancia con los documentos elaborados durante la Ingeniería Básica y la normativa mínima requerida, así como las cartillas y documentos que permitan a Metro S.A. efectuar la inspección de la ejecución del proyecto.

4.2. Asesoría técnica especializada (acompañamiento)

La asesoría técnica especializada se define como el servicio de acompañamiento que el Consultor deberá prestar a Metro hasta la adjudicación de la ejecución del proyecto de rehabilitación, es decir, durante la evaluación de las propuestas de ejecución del proyecto de Rehabilitación, asumiéndose cargo de la revisión y evaluación de las propuestas, en concordancia con los requisitos solicitados en la Ingeniería Básica y posteriores Bases de Licitación del proyecto de Rehabilitación. La inclusión de este acompañamiento en la propuesta relacionada con el presente proceso de licitación, y la ejecución del mismo por parte del Consultor, es de carácter obligatorio.

A continuación se definen algunos escenarios de acompañamiento opcionales que el proponente-1 deberá incluir en su propuesta, y cuya contratación será opcional para Metro S.A.:

Opcional 1: adicional a lo expuesto anteriormente, incluye la asesoría técnica durante la Ingeniería de Detalle del proyecto, hasta la validación y aceptación de ésta, proceso en el cual el Consultor deberá revisar y evaluar la concordancia del estudio desarrollado con los requerimientos solicitados en la Ingeniería Básica del proyecto de Rehabilitación y con la propuesta mediante la cual el Contratista fue adjudicado.

Opcional 2: adicional a lo expuesto en el “Opcional 1”, incluye la asesoría de acompañamiento a Metro S.A. durante todo el proceso de ejecución, verificación, validación y aceptación de los trenes prototipo, proceso en el cual el Consultor deberá revisar y evaluar la concordancia de la ejecución de las obras y los procedimientos con la Ingeniería de Detalle de la Rehabilitación de los trenes NS-74 aceptada por Metro S.A.

4.3. Exclusiones

La consultoría descrita en el presente documento no deberá incluir dentro de su alcance la creación de las bases administrativas de licitación, sus formularios ni el contrato con los cuales se licitará la ejecución del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74, siendo su elaboración responsabilidad de Metro S.A.

5. Organización y personal

5.1. Organización

El Consultor deberá poseer una organización que contenga al menos:

- **Director del Proyecto Ingeniería Básica** (subcapítulo 4.1) y **Asesoría Técnica Especializada** (subcapítulo 4.2): es el responsable global del trabajo a realizar y debe asegurar la integridad y coherencia de los productos descritos en el alcance (punto 4). Dentro de sus responsabilidades se incluye la correcta integración de los sistemas material rodante NS74 y taller de rehabilitación y los documentos de licitación y especificaciones técnicas, respectivamente.
- **Especialistas:** responsables de los sistemas involucrados del tren y/o del taller, en su especialidad y de la coordinación con los otros sistemas o equipos, asegurando la entrega de información en los plazos establecidos. En particular, el Consultor deberá incluir como mínimo los siguientes Especialistas, cuyos perfiles se describen en la Tabla 3:
 - o Ingeniero de Material Rodante.
 - o Ingeniero de Material Rodante, especialidad Eléctrico.
 - o Ingeniero de Material Rodante, especialidad Mecánico y Estructuras.
 - o Ingeniero de Material Rodante con experiencia en implementación de la norma europea EN50126, referente a la aplicación de RAMS en material ferroviario.

5.2. Volumen de trabajo

El volumen de Especialistas deberá ser acorde a la demanda de trabajo y a su metodología propuesta para dar cumplimiento a los requerimientos expuestos en el capítulo 4 dentro de los plazos estipulados, debiendo los proponentes entregar en su oferta la estructura de organización para este proyecto y el currículum de los especialistas.

5.3. Perfiles del personal

5.3.1. Generalidades

Los requerimientos expuestos en este apartado hacen referencia a los perfiles profesionales del personal, que a juicio de Metro S.A., son necesarios para llevar a cabo adecuadamente las actividades correspondientes al desarrollo de la Ingeniería Básica descrita en el alcance del presente documento (capítulo 4), sin desmedro de la obligación que tiene el proponente-1 de dimensionar el personal que considera necesario para cumplir con los objetivos y el alcance de los trabajos solicitados a partir de esta licitación, dentro de los plazos establecidos.

Los perfiles expuestos en este documento no se refieren a la cantidad de personas que deben designarse para la ejecución del contrato, sino que se limita a definir el nivel de conocimiento y experiencia laboral de el o los profesionales que deben participar en el desarrollo del proyecto. En función de lo anterior, el Consultor podrá decidir si algunos de los perfiles están representados en una misma persona, o bien, se necesita más de una persona con el mismo perfil para cumplir a cabalidad con las actividades o tareas requeridas para ejecutar y desarrollar la Ingeniería Básica del proyecto de Rehabilitación y sus entregables asociados; y la asesoría especializada en sus formatos obligatorio y opcionales, ambos descritos en el capítulo 4. Como restricción se tiene que un especialista no podrá cubrir más de dos perfiles especificados.

Los perfiles descritos en la Tabla 3 corresponden a los perfiles del personal que Metro considera como clave en el desarrollo de las actividades solicitadas en el presente documento.

En caso que el Consultor considere necesaria la incorporación de ayudantes de los ingenieros especialistas descritos en la Tabla 3, de nivel inferior (de acuerdo a la descripción expuesta en la Tabla 3), éstos no podrán desarrollar funciones que involucren tomar definiciones, decidir funcionalidades o ser contraparte activa de Metro S.A. Éstos sólo podrán desarrollar tareas de baja criticidad para Metro S.A., de escritura o revisión de algunos documentos para colaborar a los plazos del proyecto.

La incorporación de este tipo de ayudantes no reemplaza la necesidad de contar con los especialistas declarados en el subcapítulo 5.1 de este documento.

5.3.2. Tipos de perfiles

En la Tabla 3 se exponen los perfiles mínimos solicitados para el Director del Proyecto y los Ingenieros Especialistas, cuya experiencia y especialización debe ser acorde al sistema que desarrollará en la ingeniería (columna Experiencia y Años de Experiencia) y una formación relacionada con el área de trabajo.

Como requisito adicional al nivel de conocimiento y experiencia de los profesionales descritos en la Tabla 3, es estrictamente necesario que el Director del Proyecto propuesto por el Consultor posea dominio del idioma español oral y escrito. Si algunos de los especialistas no posee dominio del español deberá ser interpretado por otra persona del equipo, de un nivel técnico adecuado.

El personal definido en la Tabla 3 debe validar la capacidad y distribución (layout) del o los talleres necesarios para llevar a cabo las actividades de rehabilitación expuestas en el alcance del proyecto (anexo A.1) con los asuntos del anexo A.2 ya resueltos, en base a su experiencia en proyectos de material rodante.

Tabla 3 – Perfiles del personal del Consultor.

Perfil	Experiencia	Años de Experiencia
Director del Proyecto	Haber estado a cargo al menos de dos (2) proyectos en el área de material rodante con un presupuesto mayor o igual a MMUSD 1,0.	Al menos 7 años en proyectos de material rodante.
Ingeniero Material Rodante.	Haber trabajado en al menos un (1) proyecto de rehabilitación de material rodante.	Al menos 7 años en proyectos de material rodante.
Ingeniero Eléctrico.	Haber trabajado en al menos un (1) proyecto de rehabilitación de material rodante.	Al menos 7 años en proyectos para líneas de metro.
Ingeniero Senior Mecánico.	Haber trabajado en al menos un (1) proyecto de rehabilitación de material rodante.	Al menos 7 años en proyectos para líneas de metro.
Ingeniero experto en aplicación de RAMS ferroviarias.	Haber trabajado en al menos un (1) proyecto de rehabilitación de material rodante aplicando la norma EN50126.	Al menos 7 años en proyectos para líneas de metro.

5.3.3. Presencia del personal en Chile

Respecto al lugar de permanencia del personal del Consultor, el personal clave deberá trabajar en Santiago de Chile a tiempo completo y participar en todas las tareas que competen a su área. Metro S.A. asignará un lugar físico dentro de sus instalaciones, con capacidad para dos personas, para facilitar la coordinación y el intercambio de información entre el personal de Metro y el personal del Consultor.

6. Plan de trabajo

6.1. Planificación inicial

Con la finalidad de estructurar el inicio del desarrollo del proyecto de Ingeniería, posterior a la carta de asignación del contrato, el Consultor y Metro S.A. deberán fijar dentro de los diez primeros días de trabajo, la realización de una planificación conjunta, con el fin de establecer entregables, actividades, fechas y contenidos de común acuerdo entre las partes. Como producto de esta actividad se desprenderán los siguientes documentos:

- Resumen de entregables.
- Estructura de desglose del trabajo (EDT).
- Estructuración de equipos de trabajo.
- Matriz de responsabilidades.
- Cronograma de trabajo, incluyendo las etapas de creación, revisión y aprobación de documentos.
- Riesgos y asuntos (temas no resueltos) del proyecto Ingeniería Básica.
- Dirección del proyecto (comunicación, reportes, toma de decisiones, etc.).

Estos documentos serán utilizados por el equipo de Metro S.A. como guía para el seguimiento y control del desarrollo de la Ingeniería Básica, con el fin de mantener un conocimiento adecuado del estado de avance del proyecto, así como fiscalizar el cumplimiento con las fechas acordadas entre los equipos de Metro S.A. y del Consultor.

En la estructura de desglose del trabajo, se identificarán claramente las principales tareas que se llevarán a cabo para desarrollar cada uno de los documentos entregables que el Consultor se compromete a desarrollar mediante la firma del Contrato.

En el cronograma de trabajo se deberán incluir los plazos de creación y correcciones por parte del Consultor, y de revisión y aprobación por parte de Metro, de los documentos entregables en sus diferentes versiones, que el Consultor compromete desarrollar al ser adjudicado, a fin de lograr los plazos acordados entre éste y Metro S.A en el Contrato. Este cronograma deberá fijar claramente los responsables de cada documento y las fechas de entrega para someterlos a la aprobación de Metro S.A., considerando los plazos para revisión por parte de Metro y las correcciones correspondientes por parte del Consultor, las veces que sea necesario hasta lograr el cumplimiento con los requerimientos de Metro S.A.

La gestión y entrega de los documentos entregables que debe desarrollar el Consultor, se define en el Contrato.

6.2. Reuniones de trabajo

De manera de fomentar al máximo la participación de Metro S.A., asegurar la incorporación de requerimientos y un adecuado control de avance, se deberá establecer un programa semanal de reuniones, incluyendo reuniones técnicas, de integración, de coordinación, evaluación y control según programación, con el objeto de asegurar la incorporación de los requerimientos y el aporte de la experiencia de Metro S.A. en las definiciones y documentos de la consultoría.

En esta instancia, se materializará la transmisión de antecedentes, discusión técnica, toma de conocimientos, aclaraciones y otros temas afines, por lo que será de carácter obligatorio la presencia permanente del Consultor por medio del Especialista respectivo.

Por parte de Metro S.A. las reuniones deberán contar con la presencia del equipo de trabajo constituido para cada uno de los temas de acuerdo a la planificación y la matriz de responsabilidad.

Metro S.A. se reservará el derecho para programar reuniones extraordinarias en la medida que estime necesario profundizar algunos antecedentes relevantes para el correcto desarrollo del proyecto.

Para cada una de las reuniones sostenidas, el Consultor deberá realizar una minuta, que será visada por ambas partes, donde se registrarán los acuerdos y compromisos alcanzados, de forma tal de enviarla a todos los participantes de la reunión y otros interesados.

6.3. Informes mensuales de estado de avance

Con el fin de asegurar el correcto control e información por parte de Metro S.A., el Consultor deberá entregar informes mensuales sobre el estado de avance del proyecto, los que deben incluir al menos los siguientes contenidos:

- Estado de Avance.
- Temas futuros a resolver.
- Análisis de las rutas críticas.
- Cronograma actualizado de la Ingeniería Básica.
- Análisis de desvíos respecto a línea base que se construya de acuerdo a lo detallado en el punto 6.1.

7. Responsabilidades

7.1. Responsabilidad del Consultor

La labor del Consultor comprenderá la elaboración e integración de todos los documentos y elementos descritos en el alcance (capítulo 4). La formulación de estos documentos se realizará con una activa participación de Metro S.A. para permitir una complementación conceptual efectiva en la identificación de los requerimientos del proyecto, de sus prescripciones y los alcances del mismo (anexo A.1).

En caso que el documento entregado no esté conforme con los requerimientos de Metro S.A., el Consultor deberá preparar uno nuevo que incluya los cambios requeridos.

Adicionalmente, el Consultor deberá revisar y corregir, si fuese necesario, cualquier documento que Metro S.A. entregue a éste con el fin de colaborar, haciéndose responsable de que el contenido sea el adecuado para su incorporación a los documentos de licitación de la ejecución del proyecto de Rehabilitación.

El Consultor se deberá comprometer a prestar colaboración e intercambio de información técnica con Metro S.A. para el correcto desarrollo y coordinación de los trabajos, y en especial en los aspectos relacionados con proyectos, estudios, realizaciones y programas.

El Consultor debe desarrollar, ejecutar y cumplir todos aquellos trabajos, tareas, estudios, proyectos, informes y asesorías que constituyen la Ingeniería Básica de la Rehabilitación del Material Rodante NS74.

Adicionalmente, el Consultor acompañará a Metro S.A. en el proceso de licitación de la ejecución del proyecto de Rehabilitación, revisando, analizando y evaluando las ofertas de los proponente-2.

De manera adicional, si es que Metro así lo estipula, el Consultor asesorará a Metro S.A. durante la ejecución de los trenes prototipos hasta su aprobación y/o durante la ejecución de la Ingeniería de Detalle del proyecto de Rehabilitación, hasta su aprobación, de acuerdo a lo definido en el subcapítulo 4.2.

7.2. Responsabilidad de Metro

METRO S.A., por medio de la Jefatura del Proyecto, participará activamente de las definiciones, aclaraciones, entrega de antecedentes y otros requerimientos necesarios para la formulación de los documentos entregables por parte del Consultor. Todos los documentos, planos, esquemas, etc. generados serán sometidos a la revisión y aprobación de Metro S.A. con antelación a su incorporación en los documentos de licitación de la ejecución del proyecto de Rehabilitación.

8. Plazos

El plazo contemplado para el desarrollo de la Ingeniería Básica del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74, cuyo alcance se describe en el sub-capítulo 4.1, es de cuatro (4) meses.

Anexos.

A.1. Objetivo y alcances del proyecto de rehabilitación de trenes NS74

- Objetivo:** prolongar 20 años la vida útil funcional, técnica y estética de los trenes NS74 alcanzando índices de rendimiento similares a los de un tren nuevo antes del 28 de Febrero de 2017 (28/02/2017).
- Alcance:** el alcance de las intervenciones que contempla el proyecto de rehabilitación de los trenes NS74 se ideó de forma de asegurar el cumplimiento del objetivo declarado anteriormente, considerando criterios de obsolescencia de equipos y componentes del tren, ahorro energético, seguridad de los pasajeros y de los sistemas del tren, confiabilidad de la flota NS74 y mejoramiento del estándar de servicio a los pasajeros (imagen y confort).

Para cada uno de los criterios antes señalados se considera que se deben intervenir los equipos y sistemas indicados más adelante. Si bien algunos de ellos entran en más de un criterio, se efectúa la siguiente clasificación:

A.1.1. Obsolescencia de equipos y componentes del tren.

Se considera la intervención, cambio o adición de los siguientes sistemas:

- **Cambio de la alimentación de media tensión:** Actualmente se posee un equipo motor/generador rotatorio (estatodina), que alimenta en media tensión en 250 V, 250 Hz. Se considera incorporar un convertidor estático de tensión comercial chilena (250 V, 50 Hz), dimensionado para alimentar todos los sistemas de media tensión actuales, más los que se incluirán en las especificaciones. Los dimensionamientos deben considerar opciones con o sin incorporación de aire acondicionado.
- **Cambio de los motores de compresores para reforzar la producción de aire comprimido:** Los motores actuales de los compresores son de corriente continua, alimentados desde la tensión de red a 750 Vcc. Se considera cambiarlos por motores asíncronos, alimentados desde el convertidor estático.

Recientemente se cambiaron las unidades compresoras (cabezales) de los trenes NS74, las cuales no se renovarían otra vez, por lo que el motor a incorporar debe ser compatible con tales unidades.

- **Sistema de control del tren:** Fiabilización o cambio (en caso de ser recomendable) de los sistemas de control de los distintos equipos e integrados del tren, actualmente efectuado en base a bloques de relés.

- **Control de frenado:** Fiabilización o cambio (en caso de ser recomendable) de los sistemas de control de los distintos equipos e integrados del tren, actualmente efectuado en base a bloques de relés. Adicionalmente, fiabilizar o cambiar el control de frenado neumático EMD actual.

- **Interfaz tren-automatismo:** Los periféricos e interfaces actuales del sistema de control automático del tren (SACEM diseñado por Alstom) son de tecnología antigua y de baja fiabilidad, por lo que se considera el cambio por sistemas de alta fiabilidad. Particular análisis de compatibilidad debe contemplarse, con el cambio de la cadena de tracción.

A.1.2. Ahorro energético y de costos operativos.

Contempla las intervenciones descritas a continuación:

- **Cambio de la cadena de tracción con frenado recuperativo:** Cambio del actual sistema, en base a control de árbol de levas tipo JH, por un sistema en base a electrónica de potencia de alto estándar de desempeño y tecnología actual con control en base a IGBT, ya sea manteniendo la cadena continua actual y modificando a control tipo Chopper o cambiando a cadena asíncrona (cambiando motores) e incorporando control VVVF.

- **Reforzamiento de la producción de aire comprimido:** Además del cambio de motores de compresores, se debe considerar la fiabilización o cambio de secadores de aire, la verificación de estanques de aire comprimido y electroválvulas de puertas para evaluar su cambio.

- **Incorporación de tecnología LED, de baja disipación de calor, en el alumbrado:** Considerando los avances técnicos y de eficiencia energética y de costos de esta tecnología, se contempla la implementación de esta tecnología en el alumbrado normal y de socorro del compartimiento de pasajeros compartimiento de pasajeros y cabinas de conducción, así como en la señalización (fanales) del tren. Esto será una condición opcional dentro del Proyecto.

A.1.3. Confiabilidad de la flota NS74.

Contempla las siguientes modificaciones:

- **Mejoramiento de los sistemas de puertas:** Contempla la revisión y fiabilización de los sistemas de conjugación, overhaul de las hojas de puertas y reforzamiento de carriles. Para el caso del accionamiento, es necesario analizar, en la ingeniería básica del proyecto, la conveniencia de cambiar el accionamiento de

las puertas desde neumático a eléctrico o mantener el sistema actual. De ser conveniente en términos técnico/económicos mantener el accionamiento neumático, se debe contemplar el control individual y bloqueo mecánico de las puertas, que representan una mejora respecto al sistema actual que posee control por coche sin posibilidad de bloqueo mecánico individual.

- **Tracción, periféricos de interfaz tren/automatismo, alimentación de media tensión y de aire comprimido:** Sistemas explicados anteriormente bajo otro concepto, pero de los cuales se requiere un mejoramiento importante en la fiabilidad.

- **Incorporación de sistema de información para ayudar a la conducción y el mantenimiento:** Se requiere incorporar un sistema que registre la condición o estado y la falla (en caso de existir) de los principales equipos y sistemas del tren, mediante DDU al Conductor. Es necesario que el personal de mantenimiento sea capaz de analizar el estado de los equipos y sistemas, mediante el retiro de los registros (vía conexión con un notebook), para tomar las decisiones de realizar o no intervenciones de mantenimiento.

A.1.4. Seguridad operacional de los trenes y de pasajeros.

Abarca las siguientes intervenciones:

- **Cambio de los cableados de baja, media y alta tensión:** El cableado de los trenes se encuentra actualmente en menor o mayor grado de deterioro en la aislación. El proyecto debe considerar el cambio de los cableados de baja, media y alta tensión, cumpliendo con las normas ferroviarias establecidas.

- **Cambio de algunos pivotes de la unión caja – boguie:** En base a las estadísticas de fisuras de piezas, a los procesos de reparaciones efectuados y a un estudio que Metro S.A. entregará al Consultor, se deben cambiar algunos de los pares pivotes unión caja/boguie.

- **Incorporación de sistema CCTV (circuito cerrado de televisión):** Este sistema se incorporará como opcional (contrato opcional para Metro pero propuesta obligatoria para el proponente-2), integrado a sistemas de información a pasajeros PA y PIS. Se podrá incorporar o no al alcance definitivo del proyecto de rehabilitación de trenes NS74, de acuerdo al análisis de los valores de inversión involucrados, entre otros factores.

- **Incorporación de intercircularción o sistema de paso de pasajeros en puertas entre coches para casos de evacuaciones:** Los trenes NS74 poseen una configuración de coches no interconectados. La incorporación de pasillos de intercircularción entre coches dentro del alcance de esta rehabilitación está sujeta a un estudio a fin de evaluar las modificaciones sobre la estructura de los coches que puedan requerirse. De resultar no viable la incorporación de intercircularción, se debe incorporar un sistema que permita el desplazamiento de pasajeros de un coche a otro con el tren detenido, facilitando la evacuación de los clientes y/o personal ante un evento (Black out u otras circunstancias).

- **Sistema de conteo de pasajeros:**

Se debe especificar un sistema que permita obtener la carga de pasajeros por coche y tren en diversos horarios. En forma local, en una primer instancia, pero que sea escalable para control centralizado.

A.1.5. Imagen y confort.

- **Cambio del diseño de la máscara frontal de los trenes:** Se debe modificar el diseño actual del frontal de los trenes para darles un aspecto más moderno, que guarde relación con el diseño externo a considerar en el resto del tren. Metro S.A. entregará al Consultor el estudio previo efectuado.

- **Cambio de la pintura exterior de los trenes:** Pintado de los coches, en base a la imagen corporativa definida por Metro S.A. para todas sus flotas.

- **Mejoramiento de la distribución (layout) del compartimiento de pasajeros:** El salón de pasajeros debe tener un aspecto como el de un tren nuevo. Para ello se propone un cambio en la distribución, número y diseño de asientos, cambio de piso, cambio de distribución y aumento de pasamanos de sujeción, cambio de paneles internos, modificaciones de la tecnología de iluminación (LED) y su reubicación en el salón de pasajeros.

Idealmente se espera que la redistribución de los asientos de pasajeros vaya acompañada de un cambio en la dirección de éstos. Actualmente poseen una dirección paralela a la sección transversal del tren, y se espera que ocupen finalmente una distribución longitudinal.

El diseño de la distribución del compartimiento de pasajeros deberá considerar en los cálculos mecánico-estructurales la capacidad máxima de carga de pasajeros, limitada por los neumáticos portadores. Metro S.A. entregará al Consultor el estudio previo efectuado.

- **Incorporación de aire acondicionado (A/C) en el compartimiento de pasajeros:** como opcional en el proyecto se considera la incorporación de A/C en el compartimiento de pasajeros y las cabinas de los conductores.

- **Mejoramiento de la ventilación o A/C de cabina:** Para la licitación se deberá contemplar oferta obligatoria para el mejoramiento de la ventilación actual de cabina y propuesta opcional que contemple la instalación de aire acondicionado.

- **Modernización del panel de conducción:** Se debe mejorar la distribución y modernización del panel de conducción, incorporando DDU del tipo Touch Screen, con los niveles de información de estado y fallas de los sistemas a definir durante la ingeniería básica del proyecto.

- **Incorporación de sistema de comunicación Pasajeros/Conductor y de información visual y auditiva:** Sistema integrado de comunicación a pasajeros, en forma obligatoria Como se indicó anteriormente, adicionalmente y en forma opcional se debe incorporar sistema CCTV, integrado a los sistemas anteriores.

A.1.6. Configuración (nº de coches por tren) 7 coches.

Los trenes NS74 poseen actualmente una configuración de 5 coches por tren. A inicios del 2013, el material rodante NS74 circulará por las líneas L2 y L5 de Metro en formación de 24 trenes de 7 coches, 12 trenes de 6 coches y 1 tren de 5 coches. La formación de salida (post modificaciones de reconfiguración), contempla una formación homogénea de 7 coches por tren, lo que hace necesario modificar 7 Coches motrices N a remolques R.

A.2. Asuntos

Los asuntos corresponden a temas no resueltos dentro del alcance del proyecto, de forma que Metro S.A. requiere antecedentes específicos adicionales a fin de definir su preferencia ante los sistemas en cuestión. El Consultor deberá desarrollar a cabalidad los temas, mediante un estudio y análisis técnico y económico de los asuntos, generando finalmente una propuesta de tecnología a utilizar. A continuación de detallan los temas que Metro S.A. considera como asuntos pendientes en la definición del alcance definitivo del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74.

A.2.1. Cadena de tracción continua versus asíncrona.

Este análisis debe considerar al menos los siguientes parámetros:

- Análisis de inversiones.
- Análisis de costo de ciclo de vida (LCC).
- Análisis de eficiencia y consumo energético.
- Análisis de impacto en la estructura del boguie y puente diferencial.
- Análisis de RAMS, en especial de la fiabilidad de los trenes medido por el coche kilómetros promedio entre fallas, denominado MCKBF (Mean Car Kilometer Between Failures) por su acrónimo en inglés.
- Análisis de impacto en SACEM con cambio de la cadena de tracción.
- Propuesta de tecnología a utilizar en base a los aspectos anteriores.

A.2.2. Puertas con actuador neumático versus eléctrico.

Este análisis debe considerar al menos los siguientes parámetros:

- Análisis de inversiones.
- Análisis de costo de ciclo de vida (LCC).
- Análisis de eficiencia.
- Análisis de impacto de esfuerzos en el sistema de conjugación de las puertas.
- Análisis de RAMS, en especial de la fiabilidad de los trenes medido por el coche kilómetros promedio entre fallas, denominado MCKBF (Mean Car Kilometer Between Failures) por su acrónimo en inglés.
- Propuesta de tecnología a utilizar en base a los aspectos anteriores.

A.2.3. Propuesta de modificaciones en el tren para la implementación de CBTC.

Se debe considerar las modificaciones, reservas de cableado, de espacios y de condiciones a considerar en caso de una eventual modificación desde el sistema SACEM a CBTC, en el período de vida útil de 20 años considerada para el tren.

A.2.4. Propuesta de implementación de CCTV.

Este sistema, que se incorporará como opcional en las especificaciones de licitación de la ejecución del proyecto de rehabilitación de trenes NS74, deberá integrarse a los sistemas de información a pasajeros PA y PIS. Durante la fase de ingeniería básica desarrollada por el Consultor, el sistema deberá dimensionarse considerando opciones de registro de datos y con el objetivo funcional único de monitoreo a bordo de tren (el conductor controla las cámaras), pero con la posibilidad de ser escalable a control mediante monitoreo en forma centralizada.

A.2.5. Propuesta de sistemas de auto-diagnóstico.

Considerando un futuro proyecto de centralización de seguimiento del estado de los trenes de la red de Metro S.A., el Consultor debe proponer los registros mínimos que el sistema de ayuda al mantenimiento debe disponer, para un adecuado monitoreo predictivo de estado de los trenes NS74 rehabilitados.

A.2.6. Propuesta de sistema de comunicación a pasajeros.

- Información auditiva y visual (opcional).
- Intercomunicador conductor/pasajero.

A.2.7. Evaluar la incorporación de aire acondicionado.

Como opcional, los trenes NS74 rehabilitados incorporarán aire acondicionado en el compartimiento de pasajeros y mejoramiento de la ventilación o A/C en las cabinas de conductores. En consecuencia, el Consultor debe dimensionar los aspectos previos de evaluación. A continuación se mencionan con una breve descripción los factores mínimos que el Consultor debe considerar en el estudio:

- Opciones de equipos: tipos, marcas, potencias de consumo, dimensiones adaptadas al tren.
- Modificaciones estructurales a considerar: cálculos de ingeniería, mediciones de esfuerzos, dimensionamiento de soportes adicionales.
- Consumos de energía adicionales que implicará el uso de A/C en los trenes NS74 al sistema.
- Aumento SER: evaluar un eventual aumento o reforzamiento de las sub estaciones de rectificación de alimentación de energía a la red de tracción, en las líneas donde operarán los trenes.
- Modificaciones en estaciones e interestaciones: considerar las modificaciones que requerirán las estaciones e interestaciones actuales en túnel, para no aumentar la temperatura por efecto del aire caliente que saldrá desde los trenes.

A.2.8. Propuesta de mantención o recambio de estanques de almacenamiento de aire comprimido.

El Consultor debe analizar, mediante métodos de determinación de espesor mínimo u otro, si es necesario cambiar o mantener los estanques de almacenamiento de aire comprimido, considerando los 20 años de vida adicional que deberán operar. En caso de cambio el Consultor debe indicar las alternativas de equipos que permitirían cumplir con el objetivo del proyecto. En caso que no fuere necesario modificar los estanques ahora, pero sí más adelante, el Consultor debe informar a Metro S.A. la vida útil remanente de los estanques de A/C evaluada en los trenes.

A.2.9. Propuesta de cambio de zapata de madera a zapata de composición.

Las actuales zapatas de frenado de los trenes NS74 son de madera. El Consultor debe proponer alternativas de zapatas de composición como reemplazo de las actuales, cuyo funcionamiento sea equivalente al de estas últimas, es decir, manteniendo las distancias de frenado y los factores de desaceleración de los trenes, entre otros.

A.2.10. Propuesta de cambio de cilindros de frenado.

Actualmente los trenes NS74 poseen un sistema de frenado mecánico en base a timonería de baja fiabilidad y control. El consultor debe efectuar análisis de la conveniencia técnico/económica de modificar a cilindros de frenado y las repercusiones que ello puede tener en la estructura y vida útil remanente de los chasis de boguie.

A.2.11. Análisis de aumento de capacidad de carga en base a neumáticos portadores.

Los neumáticos portadores de trenes NS74 poseen una condición de carga máxima de 5.600 Kg (marca Michelin modelo 345/85 R 16 XPM TL o marca Bridgestone modelo 13,50/85 R16 VSE9Z). El Consultor debe efectuar análisis, para evaluar la posibilidad de aumentar la capacidad de carga actual de los trenes, vía aumento en la presión de inflado de los neumáticos portadores, considerando las variables de seguridad. Este análisis servirá de información de entrada para evaluar la redistribución de los asientos en el compartimiento de pasajeros. Tal análisis debe contemplar la nueva estructura de pesos con los nuevos equipamientos, versus la actual.

A.2.12. Pivotes de la unión caja – boguie.

En base a las estadísticas de fisuras de piezas y a los procesos de reparaciones efectuados, además de un estudio que entregará Metro S.A. al Consultor, este último debe recomendar la cantidad de pares pivotes unión caja/boguie que deben cambiarse, especificándolo en las bases técnicas del proyecto Rehabilitación de Trenes NS74.

A.2.13. Motriz inactiva.

El Consultor debe analizar la continuidad operativa del tren NS74, en su configuración de 7 coches por tren, al existir una motriz inactiva.

A.2.14. Análisis de incorporación de intercircularción.

El Consultor debe analizar la factibilidad técnico – económica de incorporar intercircularción entre los coches de los trenes NS74, realizando una propuesta a Metro S.A. Técnicamente debe analizar las modificaciones a la estructura de los coches que se requerirían, proponiendo distintas alternativas entre las que Metro S.A. elegiría la más viable. Si Metro S.A. opta por no incorporar intercircularción, el Consultor debe proponer un sistema tipo goma externa que mejore la percepción de seguridad de los pasajeros, facilitando su desplazamiento seguro entre un coche y otro del tren detenido.

A.3. Informes

Los informes que previamente Metro S.A. ha efectuado y que entregará al Consultor son los siguientes:

- Estudio de verificación de vida útil remanente de cajas y chasis de boguie tren NS74 de Metro S.A., CADETECH Design and Engineering, Julio 2011.
- Análisis de vida útil de trenes NS74, Lahmeyer Internacional, Mayo 2004.
- Peritaje y estudio de viabilidad para alcanzar una vida útil de 40-45 años del material NS-74, Alstom, 2005.
- Estudio previo de rehabilitación de Trenes NS74, efectuado por CAF.
- Estadística de fisura de pivotes y análisis y modelamiento de esfuerzos en pivotes. Efectuado por CADETECH.
- Layout y diseños de interiorismo propuestos para trenes NS74.

A.4. Análisis de estudios

El consultor deberá validar los estudios entregados o efectuar observaciones a ellos. De no validarlos, deberá contemplar efectuarlos nuevamente, si ellos son condición para la ejecución del Proyecto.

A.5. Ingeniería básica

A.5.1. Material rodante NS74

A.5.1.1. Generalidades

A.5.1.1.1. Descripción del proyecto

Definir los requerimientos y restricciones que delimitan el proyecto, describir las bases técnicas y funcionales y resumir el alcance de los trabajos que el Contratista debe desarrollar como parte del Proyecto, incluyendo el diseño, fabricación, suministro, instalación, pruebas de verificación y validación y puesta en servicio.

A.5.1.1.2. Informe de estado del arte actual

Se deberá entregar, mediante presentaciones y documentación, el estado del arte de modificaciones que contemplen procesos de Reforma o Rehabilitación de Trenes en operación, entendiendo como estado del arte todos aquellos desarrollos de última tecnología realizados a un producto, que han sido probados en la industria y han sido acogidos y aceptados por diferentes fabricantes. Se deberá entregar una presentación asociada a 5 fabricantes de Material Rodante que han llevado a cabo procesos de Rehabilitación de Trenes, coordinando visitas técnicas, si fuera el caso. Esto con el objetivo que Metro S.A. adquiera conocimientos relacionados con las tecnologías y funcionalidades generales y particulares respecto de cada uno de los sistemas modificados. Entre los sistemas a considerar se tienen a lo menos:

- Caja y Pintura

- Diseño de interiorismo
- Cadena de Tracción
- Sistema de Puertas
- Sistema Informático Embarcado
- Sistema de Freno
- Ventilación o Aire Acondicionado
- Comunicación a pasajeros y sistema CCTV.
- Sistema de automatismo (actualmente SACEM y eventualmente CBTC a futuro)

A.5.1.1.3. *Criterios de diseño*

Definir los requerimientos y restricciones generales que delimitan el proyecto de rehabilitación del material rodante, describiendo las bases técnicas y funcionales, la integración de los sistema nuevos y los que permanecerán en los trenes y proponer soluciones de implementación.

A.5.1.2. Requerimientos técnicos generales

A.5.1.2.1. *Compatibilidad Electromagnética.*

El Consultor define los requerimientos de compatibilidad Electromagnética (EMC) que deben cumplir los sistemas y equipos que hacen parte del material rodante, para funcionar satisfactoriamente a lo largo de toda la líneas actuales de Metro y de los talleres y cocheras, cumpliendo con la obligación de no afectar o ser afectado por el equipamiento perteneciente a las dependencias de Metro, como perteneciente a dominio público y/o privado.

A.5.1.2.2. *Especificación de Interfaces.*

El Consultor debe realizar el estudio y definición de todas las interfaces que el sistema de control automático del tren (SACEM) y el material rodante deben prever con otros sistemas. Además, el Consultor debe diseñar un procedimiento de habilitación simple para el sistema CBTC que quede implementado en el tren rehabilitado, en el caso que a futuro Metro optara por esa alternativa para los trenes NS74. Lo anterior, contemplando la integración de sistema nuevos y los que permanecerán en los trenes.

A.5.1.2.3. *Especificaciones de Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad (RAMS)*

En este ítem se describe el procedimiento de especificación de las condiciones actuales de operación, fiabilidad, mantenimiento y reparación, seguridad y disponibilidad, entre otros, y los requerimientos RAMS objetivo del proyecto en base a la norma europea EN 50126. El documento solicitado debe tener al menos las siguientes consideraciones, que se desglosan con mayor detalle en el anexo A de la norma EN50126:

- Identificación del proyecto.
- Descripción general del sistema.
- Condiciones operacionales y ambientales.
- Fiabilidad.

- Mantenimiento y reparación.
- Seguridad.
- Disponibilidad.

Este documento debe entregar toda la información necesaria para que el proponente-2 pueda elaborar el programa de RAMS del proyecto de rehabilitación de los trenes NS74, en base a las indicaciones de la norma europea EN 50126. Se debe considerar que los indicadores de fiabilidad solicitados, deben ser similares a los de un tren nuevo de la red de Metro S.A.

A.5.1.2.4. Especificaciones técnicas

Corresponde al documento donde se fijan los requisitos básicos de concepción, diseño, fabricación, montaje, integración y pruebas de validación que deberán obedecerse en la reforma y rehabilitación de los equipamientos y sistemas de los trenes NS74, de acuerdo al alcance del proyecto de rehabilitación, expuesto en el anexo A.1, con los asuntos del alcance (anexo A.2) resueltos y en concordancia con los indicadores RAMS (anexo A.5) y la normativa de equipos, trabajos y procedimientos y normativas generales que deberán cumplir los trenes rehabilitados en su explotación (punto 1.6).

- **Características generales de los trenes:** documento que describe las características constructivas y de funcionamiento de los equipos y sistemas principales de los trenes NS74, las condiciones de operación y de mantenimiento de los trenes NS74.
- **Materiales y componentes:** Especificar las características de los materiales y componentes que se empleen en cada una de las modificaciones del tren y sus órganos, indicando las normas que deberá cumplir cada uno de ellos. Se deberá incluir las exigencias sobre los revestimientos de protección y pintado de los materiales y componentes, teniendo en cuenta los ciclos térmicos a los que serán sometidos, y las condiciones ambientales en las que deberán desempeñarse durante la vida útil prevista para el material rodante.
- **Órganos y Sistemas:** Especificar las características que debe tener cada uno de los equipos, órganos y sistemas del tren intervenidos, de acuerdo a los alcances del proyecto, que permitan a éste brindar las prestaciones exigidas de acuerdo al modelo Operacional actual. Las características de los equipos, órganos y sistemas modificados deberán contemplar las holguras y redundancias necesarias para que los impactos de averías sean mínimos en las prestaciones del tren, además de evitar que un funcionamiento al límite de la capacidad de los equipos impacte en la vida útil de los mismos.
- **Modificaciones estructurales:** el Consultor debe considerar los resultados obtenidos del “Estudio de verificación de vida útil remanente de cajas y chasis de boguie tren NS74 de Metro S.A.”, ya sea el estudio validado (punto 1.5.1) o el análisis efectuado (punto 1.5.2) por el Consultor, para determinar las modificaciones estructurales a realizar en las cajas y/o chasis de boguie, a fin de dar cumplimiento a los alcances del proyecto, expuestos en el anexo A.1.

A.5.1.2.5. Pruebas, ensayos y puesta en marcha

En este documento se definen todos los ensayos que se realizarán a los trenes rehabilitados y a los equipos de éstos, ya sea ensayos de tipo y ensayos de serie, entre otros, especificando también los correspondientes rangos pasa/no pasa.

A.5.1.2.6. Metodología de verificación del consumo energético

Documento en el cual el Consultor define las variables a considerar para verificar el consumo energético de la cadena de tracción y la metodología a aplicar para medir este consumo. Se definen también los requerimientos máximos de consumo energético que se le solicitarán al proveedor y la metodología de verificación de este consumo.

A.5.1.2.7. Plan de mantenimiento

Documento donde el Consultor debe definir los requerimientos que se le solicitarán al proveedor respecto al modo de utilización, mejores prácticas de uso y mantención, procedimientos de mantenimiento y operación, requerimientos de capacitación del personal, mediciones de indicadores de fiabilidad, entre otros.

A.5.1.2.8. Capacitación

El Consultor debe definir las características mínimas de los alcances del plan de capacitación que deberá elaborar y dictar el Contratista. Este plan deberá detallar los requerimientos de capacitación de operación y mantenimiento del sistema, los que estarán orientados al personal de Metro S.A.

A.5.1.2.9. Soporte técnico

Documento que describe los requerimientos de Soporte Técnico que el Contratista deberá entregar continuamente a Metro S.A. durante todas las etapas del proyecto, hasta el término del Período de Garantía de todo el suministro. Además, se detallarán los requerimientos de documentación y manuales que el Contratista deberá entregar a Metro S.A., los cuales estarán orientados tanto al mantenimiento y reparación de los equipos del Material Rodante, como a la utilización de éstos en operación. Se indicarán los requerimientos de diagnóstico tales como, rutinas, indicadores, herramientas de prueba, procedimientos, equipos de prueba, etc.; necesarios para la operación y mantenimiento.

A.5.1.2.10. Herramientas y repuestos

Documento donde se establecen los requerimientos y estándares para las herramientas y repuestos que deben ser utilizados por el Contratista en la rehabilitación de los trenes NS74 y su operación posterior. Se establecen también las características particulares de las herramientas, equipos de mantenimiento y de pruebas que serán utilizados para el mantenimiento y pruebas de validación de los trenes.

A.5.1.2.11. Garantías

Documento que define cada una de las garantías que debe cumplir el material rodante, particulares, de conjunto, de operación inicial, de confiabilidad, de desgaste, de tratamientos protectores de superficie, etc. Se establecen las garantías por prestaciones intrínsecas definidas en la oferta del cambio del equipo de tracción - frenado, garantías por energía consumida en tracción, calentamiento de equipos bajo programa de operación, relación peso – potencia instalada u otras para el sistema ATC-MR. Se definen las condiciones para la simulación de la operación y consumo de energía.

A.5.2. Modelo de mantenimiento

A.5.2.1. Estrategias de mantenimiento

- **Ciclo de vida y obsolescencia:** En función de los requisitos RAMS, el Consultor debe definir los requerimientos de ciclo de vida para cada equipo y sistema a especificar por la ingeniería de detalle. Los requerimientos deben indicar la estructura de planificación de intervenciones, la estructura del costeo de ciclo de vida (LCC) y las condiciones de disponibilidad/suministro de repuestos, hardware y software que debe presentar el proponente-2 en su propuesta, de forma tal de asegurar el cumplimiento de los requisitos RAMS a lo largo del ciclo de vida del activo.

- **Política de externalización:** considerando el nuevo ciclo de vida de los activos, el modelo operativo futuro planificado para los trenes NS74 rehabilitados y los requisitos RAMS, se requiere definir la mejor alternativa de externalización y la continua optimización de costo/nivel de servicio, deben idealmente contar con un modelo, que permita analizar de manera estructurada sus efectos en las variables e indicadores críticos del mantenimiento.
 Se debe definir el mejor criterio de externalización de las actividades de mantenimiento, establecer las actividades a externalizar, los plazos, indicadores de fiabilidad, multas e incentivos, unidad de precio, entre otras. Particularmente el árbol decisional debe ser capaz de especificar escenarios de tercerización, en términos de actividades y plazos, costos estimados de una u otra opción, de acuerdo a los lineamientos de entrada. Con tales escenarios, el Consultor debe entregar a Metro S.A. una propuesta de externalización del mantenimiento de los trenes rehabilitados con bases técnicas de las opciones recomendadas.
 Una vez decidida la política por parte de Metro S.A. (en base a las opciones propuestas por el Consultor), se deberán construir los requerimientos para el contrato de cada externalización, estableciendo actividades, plazos, indicadores, multas e incentivos, traspaso de conocimiento, garantías asociadas al mantenimiento, estructura de pagos y otros que se estimen convenientes durante la ingeniería básica.

A.5.2.2. Requerimientos del mantenimiento

- **Especificaciones de entregables para mantenimiento:** para cada sistema, en base a norma EN-50126 y a los requisitos RAMS se deberán especificar los requerimientos de mantenimiento tales como seguridad, indicadores, procedimientos, manuales de mantenimiento, organigramas, capacitaciones, matriz de competencias del personal, planos, planes de mantenimiento, laboratorios y otros que permitan ejecutar el mantenimiento interna o externamente.

- **Política de repuestos:** en función de la política de mantenimiento y externalización, considerando los conceptos de gran revisión y pequeña revisión en los que Metro S.A. subdivide sus necesidades de mantenimiento, se debe establecer una política de abastecimiento de repuestos y las formas mínimas de fijar los stocks en función de los requerimientos RAMS y exigencias medio

ambientales, que contenga las obligaciones de repuestos contemplando la entrega de Prescripciones de Repuestos Mínimos.

- **Garantías de suministro:** el Consultor debe proponer las garantías y definir indicadores de aceptación del funcionamiento por equipo o sistema que deberá considerar el proponente-2 en su propuesta, de forma tal de garantizar las prestaciones comprometidas en el contrato de suministro por un período de tiempo determinado.
- **Normativa:** el Consultor debe elaborar los listados de normas aplicables al mantenimiento de cada sistema, y proveerlas a Metro S.A. en idioma español para facilitar el control durante la explotación y mantenimiento de los trenes NS74 rehabilitados.

A.5.2.3. Requerimientos de apoyo al mantenimiento

- **Análisis del Mantenimiento:** el Consultor debe especificar los requerimientos de indicadores, análisis, reportes y estudios que debe presentar el mantenedor durante la operación y mantenimiento de los trenes NS74 rehabilitados. Se deberán abordar las principales etapas del mantenimiento tales como priorización, análisis estadístico tipo Weibull, gestión de repuestos, indicadores RAM, análisis de averías y otros a proponer. Se deberá indicar la frecuencia recomendada para la entrega de esta información y los procesos de generación de la misma.
- **Transferencia de activos del proyecto a mantenimiento:** el Consultor definirá los requerimientos de información (planos as-built, especificaciones, pruebas, planes de mantenimientos etc.) que se deben entregar a mantenimiento para recepcionar cada uno de los trenes NS74 rehabilitados.
- **Requerimientos de información disponible en el tren rehabilitado:** el Consultor debe determinar la información que deberá estar disponible en los diferentes sistemas del tren rehabilitado, para ser extraída de forma remota o local por el personal de mantenimiento.