



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

**GERENCIA DE INGENIERÍA Y PROYECTOS
OPERACIONALES**

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

**“DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL Y PLAN DE RENOVACION
DE CABLES DE MEDIA TENSIÓN Y TRACCIÓN PARA METRO S.A.”**

**DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL Y PLAN DE RENOVACION DE
CABLES DE MEDIA TENSIÓN Y TRACCIÓN PARA METRO S.A.**

INDICE

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS	3
1. ANTECEDENTES.....	4
2. IDENTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO.....	5
3. OBJETIVO.....	5
4. ALCANCE DE LA CONSULTORÍA	5
4.1 ENSAYOS DE CABLES DE MEDIA TENSIÓN (20 kV).....	6
4.2 ENSAYOS DE CABLES DE TRACCIÓN (750 VCC)	6
4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	7
4.4 ELABORACIÓN DE INFORMES	7
5. SECUENCIA DE ACTIVIDADES Y METODOLOGÍA A UTILIZAR.....	7
5.1 SECUENCIA DE LAS ACTIVIDADES.....	7
5.2 METODOLOGÍA POR ACTIVIDAD	8
6. INFORMES.....	9
6.1 INFORME PARCIAL CABLES DE MEDIA TENSIÓN	9
6.2 INFORME PARCIAL CABLES DE TRACCIÓN	9
6.3 INFORME FINAL - PLAN DE RENOVACIÓN.....	9
7. DESARROLLO DE LA CONSULTORIA.....	9
7.1 PLAN DE TRABAJO.....	9
7.2 INFORME DE AVANCE.....	10
7.3 REUNIONES DE TRABAJO.....	10
7.4 REVISIONES DE METRO	10
8. EQUIPO DE TRABAJO	10
9. REQUISITOS DE PARTICIPACIÓN.....	11
10. INFORMACIÓN A ENTREGAR CON LA OFERTA TÉCNICA.....	11
11. ANEXOS.....	12

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS

S/E AT	Subestación de Alta Tensión
CT	Contactador Terminal
SAT	Interruptor de Aislamiento Telemando
FV	Interruptor Foso de Visita
SER	Subestación de Rectificación

1. ANTECEDENTES

Metro S.A. posee una Subestación de Alta Tensión, en adelante la S/E AT, desde la cual se distribuye la energía eléctrica para las Líneas 1, 2 y 5.

La S/E AT recibe el suministro eléctrico en 110 kV desde el anillo de distribución de Chilectra, y mediante tres transformadores, de 40 MVA cada uno, se baja el nivel de tensión a 20 kV para alimentar las barras de tracción y alumbrado. Las subestaciones de rectificación son alimentadas en forma radial desde las barras de tracción mientras que las subestaciones de alumbrado y fuerza son alimentadas desde las barras de alumbrado en configuración anillo.

La falla de un alimentador de tracción de 20 kV puede traer como consecuencia el aumento del intervalo de operación de trenes. La falla de un alimentador de alumbrado de 20 kV puede traer problemas en las estaciones por pérdida de iluminación y de equipos electromecánicos. El caso extremo se vivió el 14 de noviembre de 2014, en que una falla masiva de cables de media tensión obligó a paralizar la operación de las líneas 1, 2 y 5.

Los alimentadores de 20 kV de las instalaciones más antiguas corresponden a cables tripolares de aislamiento de papel impregnado en aceite de 120 mm². En las instalaciones más nuevas, se utilizan tríadas de cables monopolares de aislamiento termoestable de 95 mm². Los cables de aislamiento papel impregnado en aceite llevan en operación más de 30 años, mientras que los cables de aislamiento termoestable se utilizan desde hace 20 años.

A nivel de tracción en corriente continua, los equipos de vía permiten habilitar maniobras especiales según se requiera. Por ejemplo, servicios parciales ante evento operacional en algún sector de la línea. Si algún cable de tracción de estos equipos falla, se producen problemas en la operación de trenes.

Por ejemplo, si falla el cable del contactor terminal (CT), los trenes están obligados a realizar la maniobra ante-estación para poder completar la vuelta, lo que impacta en el intervalo de trenes. Si el cable que falla corresponde a un seccionador de aislamiento de telecomandado (SAT), se podría dejar sin alimentación eléctrica una sección de la línea, lo que también impacta en el intervalo de trenes.

La última falla de cables de tracción se produjo el 6 de enero de 2017, que afectó a la Línea 4 y obligó a implementar servicio parcial entre las estaciones Tobalaba-Vicente Valdés y Sótero del Río-Puente Alto.

Las fallas de cables de media tensión y de tracción son poco frecuentes, pero como se mencionó, su ocurrencia puede perturbar a la operación dependiendo la característica de la avería. El último estudio de cables de media tensión fue realizado el año 2004. Los cables de tracción no han sido sometidos en forma masiva a un diagnóstico de su estado y actualmente se realiza solo una revisión e inspección visual, y mediciones puntuales ante dudas en el mantenimiento preventivo, y mantenimiento correctivo (reemplazo) cuando fallan o por detección de deterioro en ellos.

2. IDENTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO

El estudio a los cables de media tensión y tracción tiene como objetivo principal, entregar un plan de renovación o intervención para mejorar la fiabilidad y disponibilidad del suministro de energía eléctrica y en su desarrollo se requiere:

- Determinar su estado actual
- Tener una estimación de su vida útil remanente
- Identificar puntos críticos a lo largo de su tendido y definir prioridades de actuación
- Elaborar un plan de renovación o intervención

Respecto a los cables de media tensión, el principal problema detectado es la obsolescencia de los cables en los tramos más antiguos de Línea 1 y Línea 2, los que llevan más de 30 años en operación.

Respecto a los cables de tracción, se requiere priorizar los cables de los aparatos de vía (SAT, CT y FV), los chicotes de continuación de las zonas de maniobra y los cables de salida de las subestaciones de rectificación.

3. OBJETIVO

El Consultor deberá realizar un estudio que permita evaluar el estado actual de los cables de media tensión y de tracción en corriente continua. En particular, el objetivo de la consultoría es:

- Conocer el estado de la aislación de los cables de media tensión y de tracción.
- Estimar la vida útil remanente de los cables
- Elaborar un plan de renovación de cables y recomendar medidas de mantenimiento

El presente documento tiene como objetivo establecer los alcances y requerimientos mínimos de los trabajos que debe realizar el consultor como parte del proyecto **“DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL Y PLAN DE RENOVACION DE CABLES DE MEDIA TENSIÓN Y TRACCIÓN PARA METRO S.A.”.**

4. ALCANCE DE LA CONSULTORÍA

El Consultor tendrá como parte del alcance de sus trabajos realizar mediciones en terreno, análisis de resultados y elaboración de informes, los cuales consideran como mínimo y sin ser exhaustivo, lo siguiente:

4.1 Ensayos de cables de media tensión (20 kV)

Los ensayos a realizar en cada cable de media tensión son los siguientes:

- Resistencia de aislación
- Índice de polarización
- Reflectometría diferencial
- Tensión aplicada de baja frecuencia
- Descargas parciales

Los cables de media tensión que serán sujetos de ensayo son los siguientes:

- Alimentador A105 – Bucle Alumbrado San Pablo-Los Héroes Vía 1
- Alimentador A202 – Bucle Alumbrado San Pablo-Los Héroes Vía 2
- Alimentador A102 – Bucle Alumbrado La Moneda-Los Dominicos Vía 1
- Alimentador A205 – Bucle Alumbrado La Moneda-Los Dominicos Vía 2
- Alimentador T202 – Grupo A SER Neptuno
- Alimentador T103 – Grupo A SER Las Rejas
- Alimentador T104 – Grupo A SER Estación Central
- Alimentador T101 – Grupo A SER La Moneda
- Alimentador T204 – Grupo A SER Universidad Católica
- Alimentador T107 – SER Huelén
- Alimentador T207 – Grupos A/B SER Pedro de Valdivia
- Alimentador T102 – SER El Golf
- Alimentador T105 – Grupo A SER Escuela Militar
- Alimentador A104 – Bucle Alumbrado Toesca- La Cisterna Vía 1
- Alimentador A203 – Bucle Alumbrado Toesca- La Cisterna Vía 2
- Alimentador T205 – SER Mapocho
- Alimentador T208 – SER Los Héroes
- Alimentador T109 – SER Parque O'Higgins
- Alimentador T108 – SER Franklin
- Alimentador T209 – SER Departamental
- Alimentador T210 – SER Talleres Lo Ovalle
- Alimentador T211 – SER Mirador Azul

4.2 Ensayos de cables de tracción (750 Vcc)

Los ensayos a realizar en cada grupo de cables de tracción son los siguientes:

- Resistencia de aislación y evaluación del estado de la cubierta exterior.

Los grupos de cables que serán sujetos de ensayo son los siguientes:

- Cables de tracción FV y CT San Pablo L1
- Cables de tracción FV y CT Escuela Militar
- Cables de tracción SAT Estación Central

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL Y PLAN DE RENOVACION DE CABLES DE MEDIA TENSIÓN Y TRACCIÓN PARA METRO S.A.

- Cables de tracción SAT La Moneda
- Cables de tracción SAT Universidad de Chile
- Cables de tracción SAT Baquedano L1
- Cables de tracción SAT Tobalaba L1
- Cables de tracción SAT El Golf
- Cables de tracción SAT Los Héroes L2
- Cables de tracción SAT El Llano
- Cables de tracción SAT Lo Ovalle
- Cables de tracción a la salida de SER Las Rejas
- Cables de tracción a la salida de SER Estación Central
- Cables de tracción a la salida de SER La Moneda
- Cables de tracción a la salida de SER Escuela Militar
- Cables de tracción a la salida de SER Los Héroes
- Cables de tracción a la salida de SER Franklin

4.3 Análisis de resultados

Una vez realizados los ensayos corresponde el análisis de los resultados en función de las directrices dadas por las normas:

- | | |
|---|-----------------------------|
| ▪ Resistencia de aislación e índice de polarización | : IEEE 43-2013/IEEE 95-2002 |
| ▪ Reflectometría diferencial | : IEEE Std 1234-2007 |
| ▪ Tensión aplicada de baja frecuencia | : IEEE 400.2-2004 |
| ▪ Descargas parciales | : IEEE 400.3-2006/IEC 60270 |

4.4 Elaboración de informes

El Consultor debe contemplar la elaboración de informes parciales, un informe final y un plan de renovación junto a recomendaciones de mantenimiento.

5. SECUENCIA DE ACTIVIDADES Y METODOLOGÍA A UTILIZAR

En lo que sigue, se presentan las actividades que como “mínimo” se espera desarrolle el Consultor, quién las podrá ampliar según lo estime conveniente en base a su experiencia.

5.1 Secuencia de las actividades

La secuencia que se considera desarrollar en las actividades es la siguiente:

- Ensayos de cables de media tensión
- Análisis de resultados y elaboración de informe parcial
- Ensayos de cables de tracción
- Análisis de resultados y elaboración de informe parcial
- Elaboración del informe final y de un plan de renovación de cable junto a las recomendaciones de mantenimiento

5.2 Metodología por actividad

Para la realización del estudio de diagnóstico se contará con recursos internos proporcionados por Metro S.A. y recursos externos a cargo del Consultor.

Los recursos externos, por parte del Consultor, corresponden a: personal capacitado para realizar la desconexión y conexión de los cables, instrumentos de medición, personal capacitado para operar los instrumentos y realizar las mediciones correspondientes, especialistas adecuados que se encargarán de interpretar los resultados de las mediciones y elaborarán los informes y el plan de renovación.

- **Metodología para los ensayos**

Los ensayos tienen por finalidad determinar las características de la aislación y su grado de deterioro actual, como anticipo a una etapa de falla.

La fecha de cada ensayo se definirá en un cronograma acordado previamente entre Metro S.A. y el Consultor. Cada ensayo se ingresará al programa de trabajo de Metro S.A. con una semana de anticipación, en base al cronograma. Dentro de esa semana se coordinarán los accesos a recintos técnicos y las solicitudes de equipos fuera de servicio. El Jefe de Proyecto de Metro S.A. velará por que el Consultor tenga todo listo y dispuesto para poder realizar el ensayo en la fecha programada. Los ensayos serán realizados en horario nocturno, y se debe considerar que algunos deberán ser realizados los fines de semana (noche de sábado para domingo).

Junto al Plan de Trabajo y Cronograma, el Consultor deberá entregar un documento, para aprobación de Metro S.A. previo al inicio de las pruebas, que explique cómo será realizado el ensayo, indicando los medios materiales y humanos que se utilizarán y una evaluación de los eventuales problemas que puedan surgir de manera de prever los medios que permitan reponer el servicio de los cables una vez completada la jornada de trabajo, asegurando en todo momento la correcta funcionalidad de los cables y la continuidad de la operación de la red de Metro.

- **Metodología para la elaboración de informes parciales**

Una vez realizados los ensayos, sus resultados se enviarán a los especialistas del Consultor para que procedan a su interpretación y análisis de manera de que puedan elaborar los informes parciales y entregar una primera evaluación acerca del estado actual de los cables.

- **Metodología para la elaboración del informe final y plan de renovación**

El informe final es básicamente un refundido de los informes parciales, incorporando los eventuales comentarios u observaciones de Metro S.A., y una estimación de la vida útil de los cables listados en los numerales 4.1 y 4.2 del presente documento. Como documento aparte o como anexo del informe final, el Consultor presentará un

plan de renovación que deberá estar justificado en los resultados de los ensayos y en su experiencia.

6. INFORMES

Son tres el número de informes que se esperan como entregables y que servirán para medir el avance y el resultado final del estudio.

6.1 Informe parcial cables de media tensión

Este primer informe contendrá un resumen del estado de los cables de media tensión que se deduce de los resultados obtenidos de los ensayos realizados. Con esta primera visión del estado de los cables, se propondrán acciones correctivas (reemplazo de cables) y recomendaciones para el mantenimiento de los cables de media tensión (limpieza de canalizaciones, protección mecánica de algún sector u otra).

6.2 Informe parcial cables de tracción

El segundo informe es idéntico al del punto anterior, pero para los cables de tracción. Es decir, contendrá un resumen del estado de los cables de 750V que se deduce del análisis y estudio de los resultados obtenidos en los ensayos. Se espera la propuesta de acciones correctivas y recomendaciones para el mantenimiento.

6.3 Informe final - Plan de renovación

Con la emisión de este informe se cumplirá el último hito del proyecto. Este informe incorporará los resultados y conclusiones de los informes parciales mencionados anteriormente, debidamente revisados y ampliados si se considera necesario.

Los resultados específicos que se consideran más relevantes y que irán en este informe son:

- Un plan de renovación de cables, que indicará las intervenciones que se deben realizar a los cables junto a una estimación de presupuesto y plazo de ejecución, considerando que esto no afecte la operación de la red.
- Para cada cable (o grupo de cables) ensayado, se indicarán los años de vida útil remanente.

7. DESARROLLO DE LA CONSULTORIA

7.1 Plan de Trabajo

Al inicio del Contrato, el consultor deberá presentar un “Plan de Trabajo” donde indique claramente las actividades contempladas para la ejecución del estudio y la forma en que se ejecutará, detallando la Metodología a utilizar. Este plan se debe desarrollar teniendo en

cuenta que el plazo de realización del estudio no sea mayor a 16 semanas contadas a partir de la entrada en vigencia del contrato respectivo.

7.2 Informe de Avance

El contratista deberá presentar un informe de avance quincenal con la siguiente información:

- Estado de avance en Gantt (% y cumplimiento de hitos)
- Cronograma actualizado
- Análisis de desfase frente a la planificación presentada en la propuesta y las medidas propuestas para recuperar la programación según lo previsto en el Plan de Trabajo y el cronograma de ensayos.

7.3 Reuniones de Trabajo

Con el fin de poder llevar un control del desarrollo del estudio, el Consultor debe contemplar como mínimo reuniones semanales de avance. Por cada reunión, el Consultor deberá emitir una minuta que incluirá los temas tratados, acciones, responsables y las acciones comprometidas. Estas minutas deberán ser enviadas a los participantes de la misma para su revisión y aprobación luego de un plazo no superior a dos días hábiles de celebrada la reunión, emitiendo posteriormente una versión final en un plazo no mayor a dos días hábiles, la que será entregada al Administrador de Contrato para incluir en los antecedentes del mismo.

7.4 Revisiones de Metro

El Consultor debe considerar en su programación que cada documento entregado a Metro contará con un proceso de revisión de 5 días hábiles. Si las observaciones de Metro no son subsanadas a satisfacción, podrán generarse nuevas revisiones de versiones C, D o posteriores, aplicándose el mismo plazo, se recomienda considerar al menos dos revisiones por documento, además Metro recibirá para su revisión, documentos en versión B en adelante.

8. EQUIPO DE TRABAJO

Para el desarrollo del estudio, el consultor deberá conformar un equipo de trabajo, el cual a lo menos deberá considerar:

- Un Jefe de Proyecto
 - Ingeniero Civil, con al menos 5 años de experiencia en las especialidades requeridas para el desarrollo de la consultoría y experiencia en Jefatura de Proyectos.
- Un Ingeniero Especialista

**DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL Y PLAN DE RENOVACION DE
CABLES DE MEDIA TENSIÓN Y TRACCIÓN PARA METRO S.A.**

- Ingeniero Civil Eléctrico con un mínimo de 5 años de experiencia en el ensayo y diagnóstico de cableado de media y baja tensión en sistemas industriales.
- Personal de apoyo para la conexión y operación del instrumental.
- Personal de apoyo para la des-conexión y conexión de cables de media y baja tensión.

El consultor será responsable de contar con todos los especialistas que el permitan materializar los servicios contratados, los cuales deben ser presentados en su oferta.

En los caso que el Consultor desee reemplazar a un profesional declarado deberá someter a aprobación por parte de Metro S.A dicho cambio, teniendo en cuenta que debe cumplir con el perfil requerido en la presente especificación.

9. REQUISITOS DE PARTICIPACIÓN

El Proponente o alguno de sus Miembros, en el caso que estén constituido por más de una empresa, deberán acreditar:

- Presentar todo el personal solicitado en el punto 8
- Contar con personal que hubiese desarrollado ensayos y diagnósticos de cableado de media y baja tensión, de acuerdo a los estándares exigidos en el presente documento, en los últimos 5 años. Para certificar el cumplimiento de este requisito, se deberán adjuntar los certificados emitidos por el mandante pertinente a quien se prestaron servicios. Tanto la experiencia como los certificados deberán adjuntarse en el Formulario de las bases administrativas.

10. INFORMACIÓN A ENTREGAR CON LA OFERTA TÉCNICA

El consultor, en su “Oferta Técnica”, deberá presentar:

- Un “Plan de Trabajo” según lo descrito en el punto 7.1, y
- El Currículum Vitae de todos los miembros del “Equipo de Trabajo” que conformará para ejecutar el estudio.

11. ANEXOS

ANEXO I – Diagrama unilineal de la red de media tensión

ANEXO II – Esquemas de tracción de Línea 1 y Línea 2

ANEXO III – Longitud de los alimentadores de media tensión

▪ Alimentador A105 : 9750 m	▪ Alimentador T102 : 6900 m
▪ Alimentador A202 : 7740 m	▪ Alimentador T105 : 7690 m
▪ Alimentador A102 : 8550 m	▪ Alimentador A104 : 11400m
▪ Alimentador A205 : 8290 m	▪ Alimentador A203 : 11400 m
▪ Alimentador T202 : 6930 m	▪ Alimentador T205 : 2600 m
▪ Alimentador T103 : 5000 m	▪ Alimentador T208 : 800 m
▪ Alimentador T104 : 2670 m	▪ Alimentador T109 : 1920 m
▪ Alimentador T101 : 300 m	▪ Alimentador T108 : 3600 m
▪ Alimentador T204 : 2050 m	▪ Alimentador T209 : 6900 m
▪ Alimentador T107 : 3760 m	▪ Alimentador T210 : 8500 m
▪ Alimentador T207 : 5500 m	▪ Alimentador T211 : 11760 m