

ANEXO 2

Informe técnico elaborado por ARCADIS denominado N°4896-6620-PI-INF-001 “BASES ESTUDIO DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL LAMADUCTOS”.

Acredita cumplimiento de medida provisional de la letra c) del Resuelvo Primero de la Res. Ex. N° 384/2018, consistente en encargar un estudio de estabilidad estructural de todos los lamaductos que se encuentran ubicados en la faena Caserones.

4896 ASESORÍA DE INGENIERÍA A OPERACIONES RELAVES & AGUA

N°4896-6620-PI-INF-001

BASES ESTUDIO DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL LAMADUCTOS

ABRIL 2018

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	C.Larenas	P. Vargas	C. Díaz	Coordinación Interna
	Fecha	13.04.2018	13.04.2018	13.04.2018	
B	Nombre Firma	C.Larenas	P. Vargas	C. Díaz	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	16.04.2018	16.04.2018	16.04.2018	
0	Nombre Firma	C.Larenas	P. Vargas	C. Díaz	Aprobado Cliente
	Fecha	18.04.2018	18.04.2018	18.04.2018	

CONTACTO

CAROLYN DIAZ C.
JEFE DE PROYECTO

T +56 2 2381 6143
e carolyn.diaz@arcadis.com

Arcadis.
Av. Antonio Varas 621
Providencia, CP 7500966
Santiago | Chile

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES Y APORTES DEL MANDANTE	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Aportes del Mandante	3
3. OBJETIVOS.....	3
4. DEFINICIONES.....	4
5. ALCANCE	4
6. GENERAL	4
7. ETAPAS DEL ESTUDIO	6
7.1. Desarrollo del Estudio	6
7.1.1. Programa de la Ejecución de Trabajo.....	6
7.1.2. Visitas a Terreno	6
7.1.3. Medición de Espesores y Evaluación Las Uniones flaneadas	6
7.1.4. Tasa de Abrasión	9
7.1.5. Plan de Acción	9
7.1.6. Costos para la Ejecución del Plan de Acción	10
7.2. Informe y Presentación Final	11
8. SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	11
9. PLAZOS DE DESARROLLO DEL TRABAJO	11

1. INTRODUCCIÓN

El yacimiento Caserones perteneciente a Sociedad Contractual Minera Minera Lumina Copper Chile (SCMMLCC o MLCC), localizado en la comuna de Tierra Amarilla, sector de alta cordillera ubicado a unos 130 km al Sureste de la ciudad de Copiapó, Región de Atacama, requiere disponer de una capacidad de almacenamiento total de 1,036 millones de toneladas de relaves (Mt). La solución técnica, económica y ambiental de disposición de los relaves considera su disposición en dos depósitos separados: (i) un acopio de arenas (fracción gruesa) con una capacidad de almacenaje aproximada al final de su vida útil de 570 Mt, ubicado inmediatamente aguas abajo de la Planta, en el sitio denominado Caserones Bajo, y (ii) un depósito de relaves finos (lamas) con una capacidad de almacenamiento proyectado al final de su vida útil de aproximadamente 478 Mt, ubicado en el sitio denominado La Brea.

MLCC requiere la realización de un estudio que determine la estabilidad estructural de las tuberías del sistema de transporte de Lamas, ya sea en acueducto o en presión.

Este documento indica las bases mínimas para la realización de este estudio.

2. ANTECEDENTES Y APORTES DEL MANDANTE

2.1. Antecedentes

Los antecedentes son suministrados en conjunto con este documento y cualquier otra información requerida debe ser solicitada a MLCC.

Lista de Antecedentes suministrados:

- Sketch Estudio de Estabilidad Estructural Lamaductos 4896-6620-RE-SKT-0001.

2.2. Aportes del Mandante

Los aportes del mandante se muestran a continuación:

- Planos y documentos de Ingeniería
- Registros de Mantenimiento de los Lamaductos
- Registros de Operación de los Lamaductos
- Accesibilidad de los puntos de medición (movimiento de Tierra para acceso de los puntos a medir con instrumentación)
- Alimentación y Alojamiento al interior de las instalaciones de MLCC.

Todo lo no señalado anteriormente requerido para este estudio, debe ser suministrado por el contratista y el apoyo requerido debe ser solicitado a MLCC.

3. OBJETIVOS

El objetivo del estudio es analizar los Lamaductos que se encuentren ubicados en el proyecto minero Caserones, con el fin de determinar su estabilidad estructural.

4. DEFINICIONES

A continuación, se establecen las siguientes definiciones:

Mandante: Sociedad Contractual Minera Minera Lumina Copper Chile (SCMMLCC)

Contratista: Empresa de Ingeniería que se adjudique este estudio.

Sub - Contratista: Empresa subcontratada por el Contratista que realice trabajos específicos en este estudio.

Estabilidad Estructural: Estado de la tubería instalada, en términos de resistencia mecánica, considerando la operación más desfavorable de las lamas.

Puntos de Medición: Puntos x-espaciados en el trazado de tubería.

Puntos Perimétrales: Puntos θ -espaciados en el perímetro de la sección transversal de la tubería.

5. ALCANCE

El alcance de este estudio es determinar el estado estructural de las tuberías que conducen lamas en las dependencias de la Mina Caserones.

En particular se debe determinar la estabilidad de las siguientes líneas:

- 1) Tramo 1: Inicia en el Cajón de Traspasos 6610-DI-002 y finaliza en el cajón Portal Sur 6620-ZC-002.
- 2) Tramo 2 y 2B: Inicia en el Cajón Portal Sur 6620-ZC-002 y finaliza en Cajón Portal Sur 6620-ZC-010.
- 3) Tramo 3: Inicia en el Cajón Portal Sur 6620-ZC-014 y finaliza en Cajón Distribuidor 6620-ZI-024.
- 4) Tramo 4: Inicia en el Cajón Distribuidor 6620-ZI-024 y finaliza en el Cajón Distribuidor 6620-DI-023.
- 5) Tramo 4B: Inicia en el Cajón Distribuidor 6620-DI-023 y Finaliza en la descarga en el Muro.
- 6) Tramo 5: Inicia en el Cajón Distribuidor 6620-ZI-024 y Finaliza en la descarga Lateral.
- 7) Tramo 6: Inicia en el Cajón Distribuidor 6620-ZI-024 y Finaliza en la descarga en la Cola.
- 8) Tramo 6B: Línea By Pass de la Tramo 6.

El estudio comprende como mínimo y no limitado a:

- a) Revisión de Antecedentes
- b) Realizar una Estrategia para el desarrollo del estudio
 - a. Visitas a Terreno:
 - b. Medición de espesores
 - c. Análisis para determinar tasas de abrasión.
 - d. Plan de Acción.
 - e. Programa de las Actividades y Entregables asociados.
- c) Informe y Presentación Final, y los documentos que respalden el estudio.

6. GENERAL

El Sistema de Transporte de Lamas inicia en el Cajón de Traspaso 6610-DI-002 y finaliza en las descargas en el Depósito de Lamas.

El Tramo 1 se inicia en el Cajón de Traspaso 6610-DI-002 ubicada en la zona de los espesadores y descarga en una tubería en acueducto de 800mm, con una pendiente de 0.8% y una longitud de 2.847m, y finaliza en el Cajón 6620-ZC-002 (entrada del túnel).

El Tramo 2 se inicia en el Cajón Portal Sur 6620-ZC-002 ubicada en la entrada del Túnel y descarga en una tubería en acueducto de 800mm, con una pendiente de 2.0 % y una longitud de 3.666m, hasta la salida del túnel. En esta salida inicia el Tramo 2B que continua en acueducto en una tubería de 800mm con una pendiente de 0,8% y una longitud de 1.842m hasta el Cajón Portal Sur 6620-ZC-010 ubicado en la entrada a los rápidos.

El Tramo 3 se inicia en el Cajón Portal Sur 6620-ZC-014 ubicado en la salida de los rápidos y descarga en un acueducto de 800mm, con una pendiente de 0,8 % y una longitud de 451 m hasta el Cajón Distribuidor de Lamas "LA BREA" 6620-DI-024.

El Tramo 4 se inicia en el Cajón Distribuidor de Lamas "LA BREA" 6620-DI-024 y descarga en una tubería de 14" (acueducto – presión) con una longitud de 2.825 m, hasta el Cajón Distribuidor 6620-DI-023.

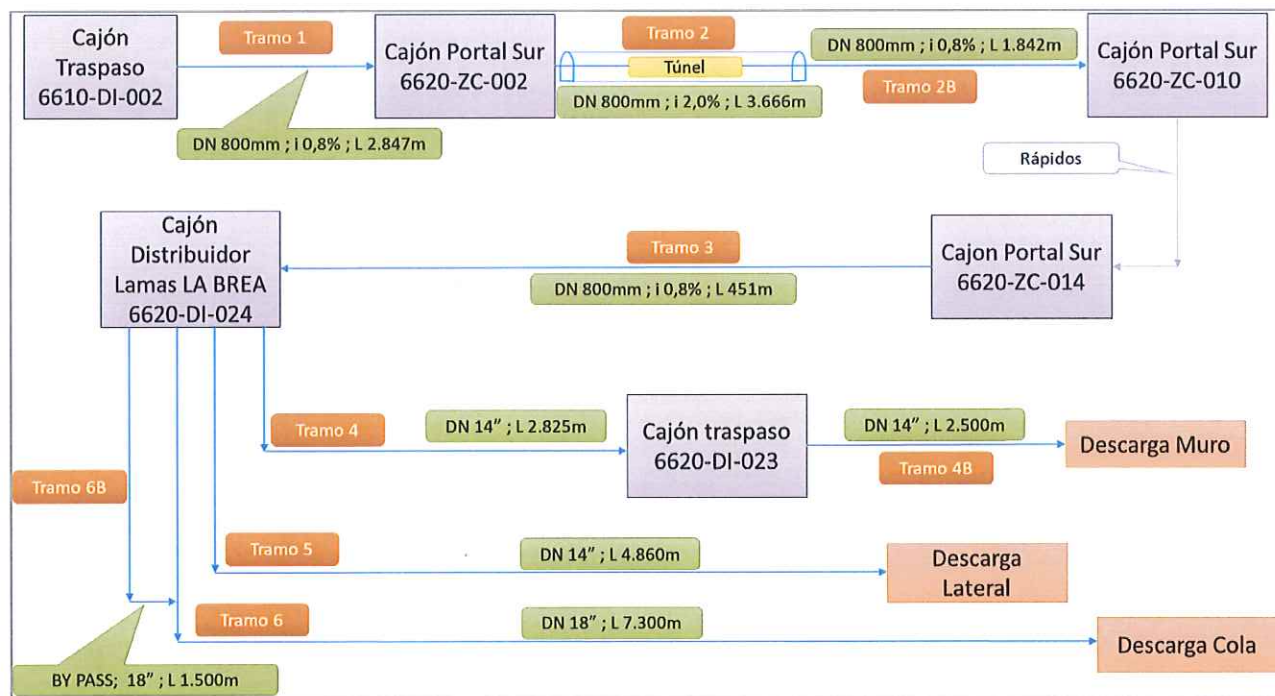
El Tramo 4B se inicia en el Cajón Distribuidor 6620-DI-023 y descarga en una tubería de 14" (acueducto – presión) con una longitud de 2500 m hasta La descarga al Muro.

El Tramo 5 se inicia en el Cajón Distribuidor 6620-DI-023 y descarga en una tubería de 14" (acueducto – presión) con una longitud de 4.860 m hasta la descarga lateral al Depósito.

El Tramo 6 se inicia en el Cajón Distribuidor 6620-DI-023 y descarga en una tubería de 18" (acueducto – presión) con una longitud de 7.300 m hasta la descarga a la Cola del Depósito.

El Tramo 6B Tubería By Pass ubicada al inicio del trazado del Tramo 6, que corresponde a una tubería de 18" (acueducto – presión) con una longitud de 1.500 m.

Figura 6-1 Esquema del Sistema de Transporte de Lamas.



Los tramos indicados están definidos de acuerdo a los planos de ingeniería, cambios efectuados en terreno deberán ser levantados en el desarrollo del estudio, luego de la revisión de antecedentes incluida en la estrategia de desarrollo del estudio.

7. ETAPAS DEL ESTUDIO

Las bases del estudio para la de Análisis de Estabilidad Estructural de las Tuberías se muestran a continuación

- i. Desarrollo del Estudio
- ii. Informe y Presentación Final.

7.1. Desarrollo del Estudio

Para el desarrollo del estudio de estabilidad estructural se deben considerar como mínimo, los siguientes aspectos:

7.1.1. Programa de la Ejecución de Trabajo

Se debe entregar una planificación de los documentos y actividades a realizar para el desarrollo del estudio.

7.1.2. Visitas a Terreno

La identificación de las líneas (ver Anexo A) y puntos singulares adicionales a la Tabla 7-1 para el desarrollo éste estudio, y la accesibilidad para medir con instrumentos, deben ser corroboradas en una Visita a Terreno. Las secciones de la disposición de tuberías se encuentran en la Figura 7-2.

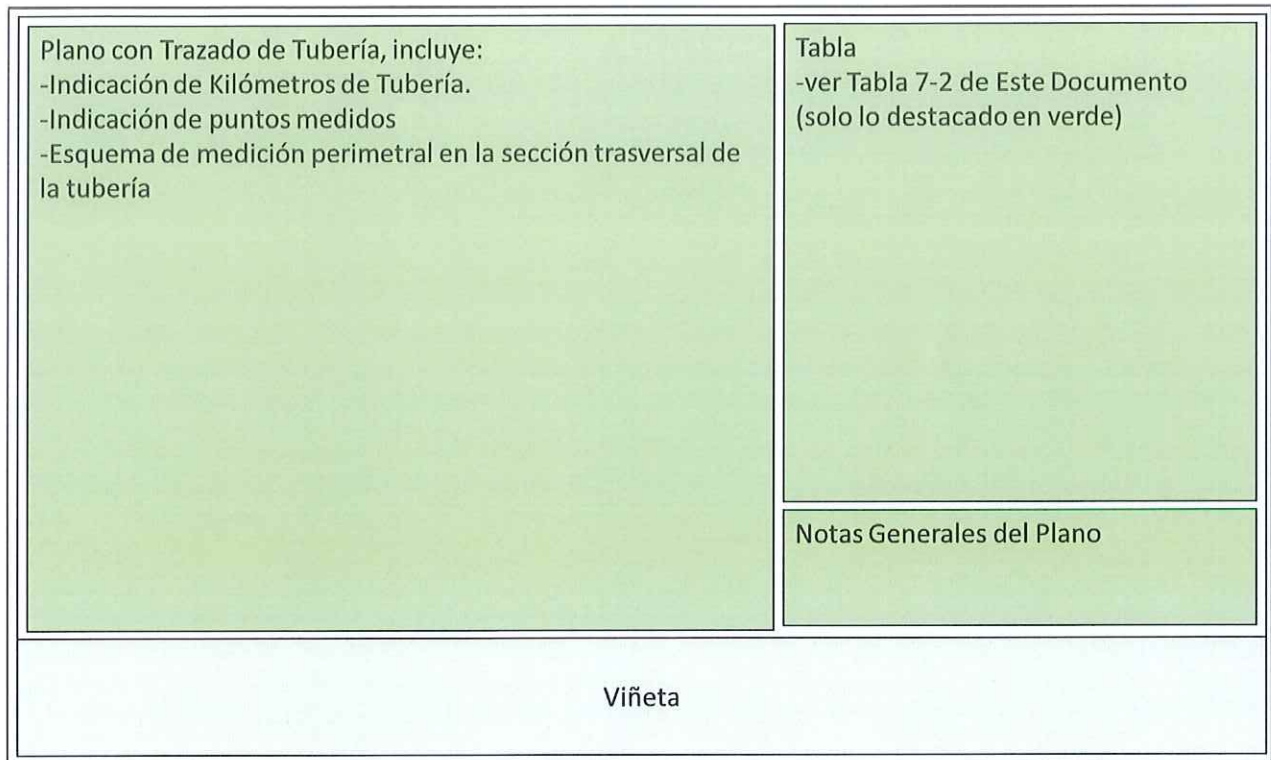
Las distancias DL espaciadas para la medición, informadas en el Tabla 7-1, deben ser corroboradas en la Visita a Terreno y preparadas en planos suficientes para la identificación en la etapa de medición.

7.1.3. Medición de Espesores y Evaluación Las Uniones flaneadas

La medición de espesores deberá ser realizada con personal y equipamiento certificado, y se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- En la Visita a Terreno se debe determinar si existe accesibilidad para mediciones en terreno, de lo contrario se debe solicitar a MLCC, la liberación de la accesibilidad a dichos puntos.
- Los puntos de medición de espesores deben ser determinados por el Contratista utilizando como base mínima el Anexo A de este documento.
- Los instrumentos, deben ser previamente calibrados con probetas de la materialidad de las tuberías a medir.
- El Contratista deberá entregar como resultado los planos de medición de espesores de acuerdo con la Figura 7-1.

Figura 7-1 Esquema de Distribución del plano con Resultados de las mediciones.



La medición de espesores deberá tener los siguientes criterios como mínimo:

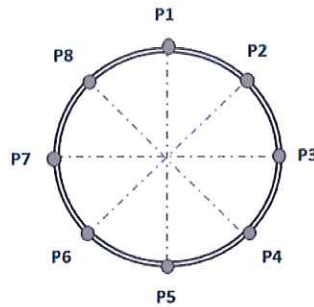
- Se debe escoger el espaciamiento entre puntos de medición de acuerdo con el comportamiento hidráulico y a la linealidad del trazado de la tubería. El espaciamiento máximo de 200m.
- En los puntos singulares donde existan cambios de direcciones y posibles zonas de desgaste acelerado se debe disminuir los espaciamientos entre puntos y aumentar la densidad de puntos perimetrales.
- Los puntos perimetrales que medir se dividirán de acuerdo la operación de esta, acueducto o en presión (ver Tabla 7-1 / Operación).

Además de la medición de espesor, se debe evaluar las uniones mecánicas y ver que su estado este de acuerdo con la norma de dimensionamiento y a los requerimientos de presión de la línea. Los mínimos puntos que medir se encuentran en la Tabla 7-1.

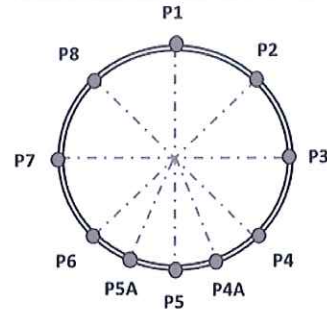
Tabla 7-1 Base Mínima de Puntos a Medir (*).

TRAMO	DESDE	Hasta	Inicio	Término	DN	Seccion Tipo	Operación	Medicion Requerida		
			KP	KP				Puntos	ΔL (m)	Total Secciones
1	DI-002	ZC-002	0+000	1+842	800	A	Acueducto	Tipo2	200	9
2	ZC-002	Salida Tunnel	0+000	3+666	800	A	Acueducto	Tipo2	50	73
2B	Salida Tunnel	Pto (+400m)	0+000	0+400	800	B	Acueducto	Tipo2	50	8
	Pto (+400m)	ZC-010	0+400	1+842	800	B	Acueducto	Tipo2	200	7
3	ZC-14	DI-024	0+000	0+451	800	B	Acueducto	Tipo2	200	4
4	DI-024	Pto (1+500m)	0+000	1+500	14"	C	Presion y Acueducto	Tipo 2	50	120
	Pto (1+500m)	Pto (2+064m)	1+500	2+064	14"	D	Presion y Acueducto	Tipo 2	50	33
	Pto (2+064m)	DI-023	2+064	2+825	14"	H	Presión	Tipo 1	200	8
	DI-023	Pto (0+900m)	0+000	0+900	14"	H	Presion y Acueducto	Tipo 2	200	10
4B	Pto (0+900m)	Dscarga Muro	0+900	2500	14"	H	Presión	Tipo 1	200	16
	DI-024	Pto (1+500m)	0+000	1+500	14"	C	Presion y Acueducto	Tipo 2	50	120
5	Pto (1+500m)	Pto (2+064m)	1+500	2+064	14"	D	Presion y Acueducto	Tipo 2	50	33
	Pto (2+064m)	Dscarga Lateral	2+064	4+860	14"	E	Presión	Tipo 1	200	28
	DI-024	Pto (1+500m)	0+000	1+500	18"	C	Presion y Acueducto	Tipo 2	50	120
6	Pto (1+500m)	Pto (2+064m)	1+500	2+064	18"	D	Presion y Acueducto	Tipo 2	50	33
	Pto (2+064m)	Pto (4+860m)	2+064	4+860	18"	E	Presión	Tipo 1	200	28
	Pto (4+860m)	Dscarga Cola	4+860	7+300	18"	F	Presión	Tipo 1	200	24
	DI-024	Pto (1+500m)	0+000	1+500	18"	C	Presion y Acueducto	Tipo 2	50	120
6B	By Pass Tamo 6	By Pass Tamo 6	0+000	1+500	18"	C	Presion y Acueducto	Tipo 2	50	120

TIPO 1 - Presión

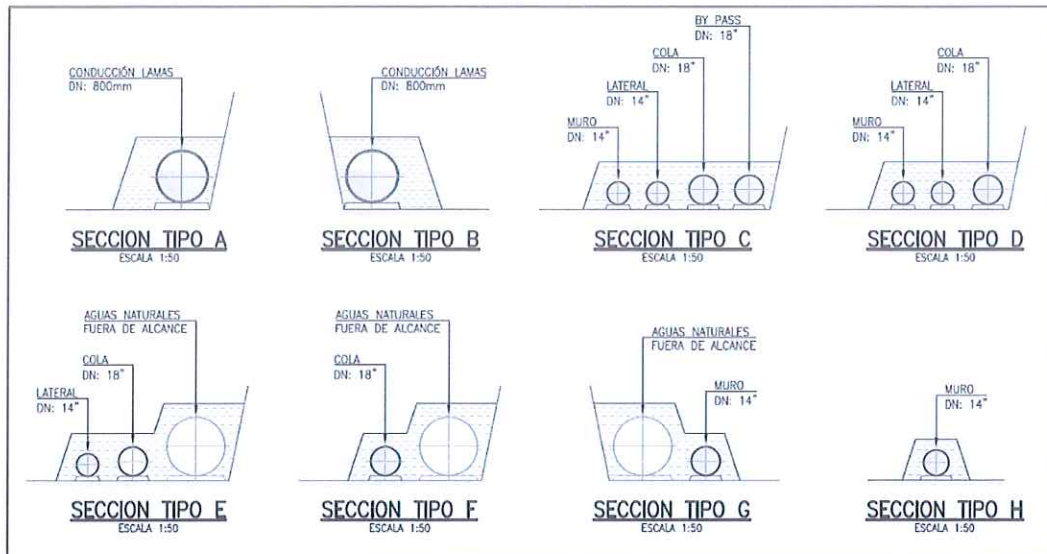


TIPO 2 - Acueducto



(*) Sección Tipo se encuentra detallada en la Figura 7-2.

Figura 7-2 Secciones Tipo.



7.1.4. Tasa de Abrasión

Para establecer una tasa de abrasión se deberá realizar estudios que permitan establecer la relación desgaste versus tiempo, considerando la operación y el mantenimiento efectuado a las líneas estudiadas, y/u otro método para determinar estas tasas de abrasión (Determinado por el Contratista) en función de las velocidades de flujo a lo largo del trazado.

El análisis operacional y de mantenimiento, debe ser coordinado con a MLCC.

7.1.5. Plan de Acción

Los criterios de plan de acción deben informarse en un documento, previamente a la ejecución del plan y deben ser aprobados por MLCC.

Se debe realizar un plan de acción indique el diagnóstico de las tuberías en su totalidad, en relación con el estado estructural de la misma, de acuerdo con la Tabla 7-2 a modo de ejemplo.

Tabla 7-2 Formato General Reporte con Diagnóstico.

Medición	TRAMO	TIPO	Descripción	XP	DN	Material	Puntos Perimetrales										P. Resist. Actual bar	P. Resist. Req. bar	Regimen Hidráulico	Diagnóstico	Plan de Acción	Tasa de Abrasión Esperada (mm/año)	Acción Posterior/ Tiempo Esperado
							P1	P2	P3	P4	P4A	P5	P5A	P6	P7	P8							
L1	1	Tubería	Inicio del Trazado	D=000	800mm	HDPE PE80	37.93	37.83	37.75	37.11	36.6	21.3	32.66	35.97	37.35	37.79	3.1	3.2	Acueducto	Espeor insuficiente	Rotación 180°	0.5	Reemplazo/6 años
F1	1	Flange	Inicio del Trazado	D=000	800mm	HDPE PE80											S/I	PN6	Acueducto	Stub End Filtra/soldadura Insuficiente	Cambio / Stub End PN6		Reemplazo/6 años

- 1) Medición: se debe indicar el número de medición o Flange medido, anteponiendo una L para el caso de la tubería y una U para el caso de Unión.
- 2) Tramo: se debe indicar el tramo donde se está reportando la medición y/o Hallazgo.
- 3) Tipo: se debe indicar el tipo de punto analizado como Tubería, Flange, entre otros.
- 4) Descripción: Particular del punto que se está midiendo

- 5) KP: Kilometro de Tubería donde se está haciendo la medición y/o reportando el Hallazgo.
- 6) DN: Diámetro Nominal de la Tubería.
- 7) Material: Material de la tubería o componente de Piping.
- 8) Puntos de Medición Perimetrales: correspondientes a la medición de espesor de las tuberías.
- 9) P. Resist. Actual: Presión Resistente Actual de la Tubería, determinada con el mínimo espesor.
- 10) P. Resist. Req.: Presión Resistente Requerida de la Tubería, determinada con el espesor mínimo de requerido por el sistema.
- 11) Diagnóstico: se debe indicar el diagnóstico del punto medido, los diagnósticos pueden ser: Filtración, Ruptura, Espesor Insuficiente, aplastamiento, vida útil menor a un año, entre otros.
- 12) Plan de Acción: se debe indicar el Plan de Acción del punto medido, los Planes de Acción pueden ser: Mantener, Rotación, Reemplazo por el mismo, Reemplazo por otro material, Reubicación, entre otros. Esta no debe limitar las capacidades del sistema hidráulico.
- 13) Tasa de Abrasión esperada: esta es determinada a partir del estudio de abrasión, y debe ser utilizada para calcular la vida útil esperada.
- 14) Acción Posterior y Tiempo Esperado: Aquí se indica cual es la acción posterior al plan de Acción, y cuando se espera ejecutar.

Además, se debe entregar Formato con Plan de Acción, de acuerdo con la Tabla 7-3 a modo de ejemplo:

Tabla 7-3 Plan de Acción.

TRAMO	DESDE	HASTA	Largo Total (m)/ cantidad (un)	DN	Tipo	Acción	Material	Observación
1	0+000	0+215	215	800mm	Tubería	Reemplazo	HDPE PE80 PN6	
1	0+100	-	1	800mm	Stub End	Reemplazo	Stub End PN6	
1	0+100	-	28	1 5/8"	Esparragos	Reemplazo	ASTMA193	
1	0+215	2+847	2632	800mm	Tubería	Mantener	HDPE PE80 PN4	PN4 (equivalente espesor actual)

- 1) Tramo: se debe indicar el tramo donde se está reportando el Plan de Acción.
- 2) Desde: Kilometro de Tubería inicial de aplicación del plan de acción.
- 3) Hasta: Kilometro de Tubería Final de la aplicación del plan de acción.
- 4) DN: Diámetro Nominal de la Tubería.
- 5) Tipo: se debe indicar el tipo de punto analizado como Tubería, Flange, entre otros.
- 6) Acción: indicar el tipo de acción a realizar: Reemplazo, Mantener, Rotar entre otros.
- 7) Material: Material de la tubería o componente de Piping.
- 8) Observación: indicar, si aplica, las observaciones particulares a la medida a tomar.

De ser necesario, para un mejor entendimiento, se debe adjuntar documentos y planos que complementen las tablas

7.1.6. Costos para la Ejecución del Plan de Acción

Se debe entregar una planilla de CAPEX y OPEX asociada al plan de acción, de acuerdo con cada uno de los tramos analizados.

7.2. Informe y Presentación Final

El Informe Final debe contener en forma resumida y anexada todas las etapas del estudio, y debe indicar los resúmenes de los resultados obtenidos divididos por tramo, en términos técnicos y económicos.

Además, se debe generar una presentación final donde se señalen el resumen de los resultados con los principales hallazgos. Esta debe ser presentada y coordinada su presentación presencial a MLCC.

8. SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Todas las tareas deben estar sujetas a los estándares de seguridad de MLCC, y se deben cumplir a cabalidad.

Los trabajos desempeñados al interior de MLCC deberán cumplir con las disposiciones generales de H&S de SCMMMLCC y de la Superintendencia respectiva. Y todo trabajo se realizará una vez aprobada la siguiente documentación:

- Hoja de planificación de tareas **HPT**.
- Procedimiento específico de Trabajo **PETRA**.
- Permiso de Ingreso al Área.

El contratista deberá proveer a cada uno de sus trabajadores, de los equipamientos de protección personal adecuados para la tarea a realizar. Además, solicitar MLCC, los accesos y equipamientos necesarios para complementar las tareas.

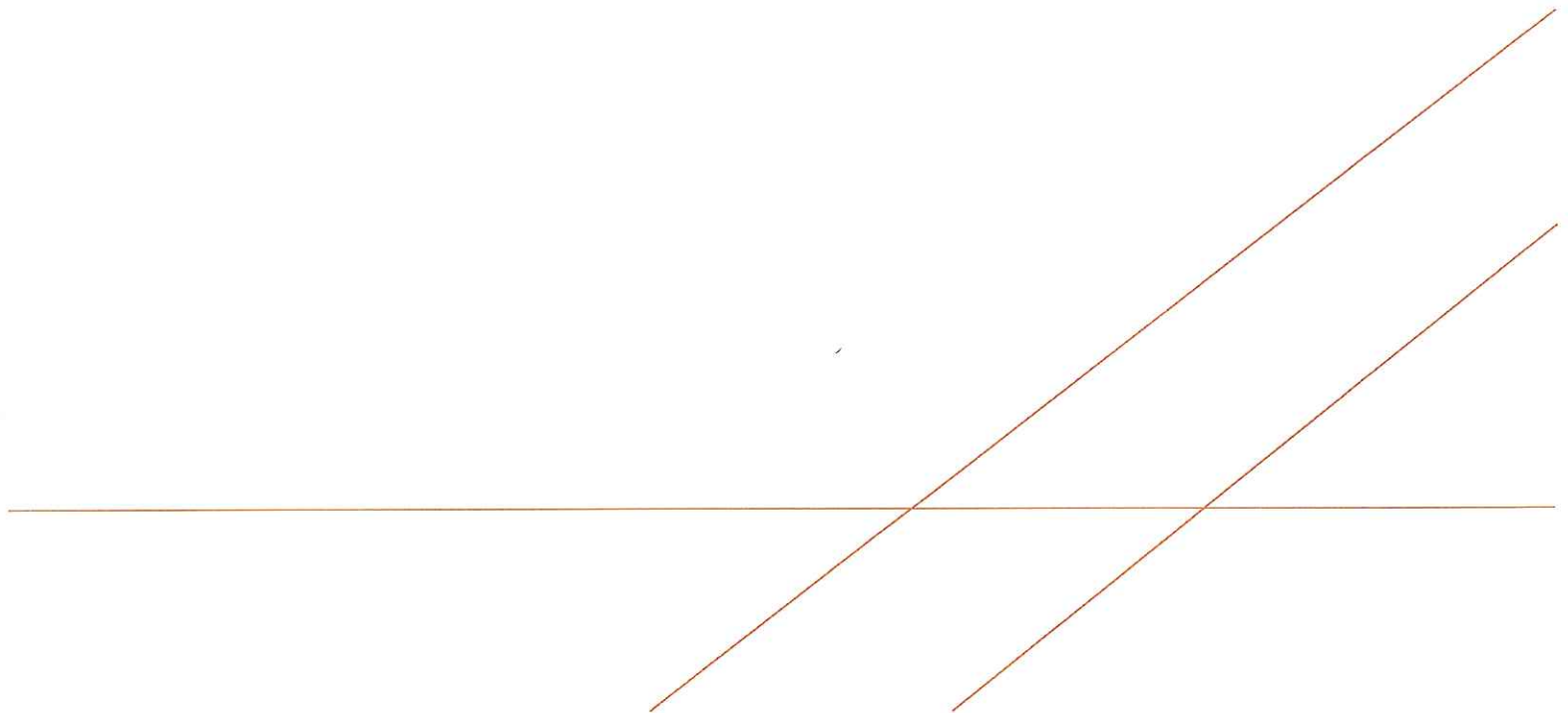
9. PLAZOS DE DESARROLLO DEL TRABAJO

El plazo de ejecución del estudio debe ser de 10 semanas.

La fecha de inicio del estudio deberá ser acordada con MLCC.

ANEXO A

Sketch General Estudio de Estabilidad Estructural Lamaductos



Arcadis

Av. Antonio Varas 621
Providencia, Santiago
T: +56 2 2381 6000

arcadis.com

